



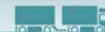
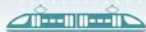
Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning



Veien mot nullutslipp i hurtigbåtsektoren

Sluttrapport

2070/2024



Tittel:	Veien mot nullutslipp i hurtigbåtsektoren - Sluttrapport
Tittel engelsk:	The route towards zero-emission high-speed passenger vessel services – Final report
Forfatter:	
Dato:	12.2024
TØI-rapport:	2070/2024
Antall sider:	21
ISSN elektronisk:	2535-5104
ISBN elektronisk:	978-82-480-2343-2
Oppdragsgivers p.nr.:	320659 (ZEVS)
Finansieringskilder:	Norges forskningsråd
TØIs p.nr.:	4992 – ZEVS
Prosjektleder:	Kenneth Løvold Rødseth
Kvalitetsansvarlig:	Kjell Werner Johansen
Ferdigstilling:	Trude Kvalsvik
Fagfelt:	Samfunnsøkonomiske analyser
Emneord:	Hurtigbåt; miljøkrav; nullutslippsfartøy

Kort sammendrag

Denne rapporten markerer slutten på det 4 år lange forskningsprosjektet *enabling Zero Emission passenger Vessel Services* (ZEVS). ZEVS er et kompetanse- og samarbeidsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd, og har hatt som mål å hjelpe myndighetene med å fatte velinformerte beslutninger i innfasingen av grønne båtsamband. Formålet til denne rapporten er å oppsummere de viktigste funnene fra ZEVS og andre tilknyttede utredninger for å gi et kortfattet kunnskapsgrunnlag om konsekvensene av nye miljøkrav til hurtigbåtsambandene i Norge.

Summary

This report marks the end of the research project *enabling Zero Emission passenger Vessel Services* (ZEVS). ZEVS is a Collaborative and Knowledge-building Project funded by the Research Council of Norway. It aims to give public authorities the necessary tools for making well-informed decisions regarding policies to promote adoption of zero emission passenger vessels. The purpose of this report is to summarize key findings from ZEVS and associated studies in order to provide a concise knowledge base concerning technical, economic and political feasibilities of zero emission requirements for high-speed vessel services in Norway.

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [Åndsverklovens](#) bestemmelser.



Om ZEVS-prosjektet

Kjære leser,

Denne rapporten markerer slutten på det 4 år lange forskningsprosjektet *enabling Zero Emission passenger Vessel Services* (ZEVS) som tok til i februar 2021. Prosjektet startet i det regjeringens Klimaplan for 2021-2030 ytret et ønske om lav- og nullutslippskriteria i nye anbud for hurtigbåter fra 2025. ZEVS har hatt som mål å hjelpe myndighetene med å fatte velinformerte beslutninger i innfasingen av grønne båtsamband, gjennom å styrke kunnskapen om mulighetsrommet for slike transportløsninger og hvordan miljøkravene bør utformes for å sikre kostnadseffektiv drift og å begrense eventuelle ulemper for passasjerene.

ZEVS er et kompetanse- og samarbeidsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd i samarbeid med brukerpartnere fra offentlig sektor og industrien: Kommunal- og moderniseringsdepartementet; Kystverket; Sjøfartsdirektoratet; Miljødirektoratet; Viken, Akershus, Rogaland, Møre og Romsdal og Nordland Fylkeskommune; Ruter; Skyss/Kringom; Brødrene Aa; Statkraft energi; Seam; Pascal Technologies og MHTech. Prosjektet er ledet av Transportøkonomisk institutt (TØI) og er utført i samarbeid med Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Institutt for energiteknikk (IFE) og belgiske KU Leuven. Kenneth Løvold Rødseth ved TØI har fungert som prosjektleder mens Ingrid Sundvor (TØI), Roger Skjetne (NTNU), Stine Fleischer Myhre (IFE), Øystein Ulleberg (IFE) og Jørgen Aarhaug (TØI) har ledet prosjektets arbeidspakker.

Prosjektledelsen retter en stor takk til alle forskere og studenter som har vært tilknyttet prosjektet. Som følge av deres innsats har ZEVS bidratt til 3 doktorgradsavhandlinger, 4 mastergradsoppgaver og publisert 9 vitenskapelige artikler så langt. I tillegg har prosjektet produsert flere rapporter, populærvitenskapelige arbeider og konferansebidrag. Mer informasjon om ZEVS finnes under <https://www.toi.no/zevs> og <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/320659>.

ZEVS har bidratt til en bedre forståelse av tekniske muligheter og tiltakskostnader for nullutslipp for utvalgte samband spesielt og for regionene generelt. Prosjektet har utviklet verktøy for energi- og utslippsberegning, optimering av infrastruktur- og transporttilbudet og visualisering av sambandsdata. ZEVS har også gjennomført case-studier for utvalgte samband og har diskutert finansiering av fylkenes merkostnader ved innfasing av nullutslippsteknologi.

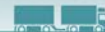
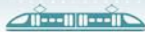
Formålet til denne rapporten er å oppsummere de viktigste funnene fra ZEVS og andre relevante utredninger for å gi et kortfattet og transparent kunnskapsgrunnlag om konsekvensene av nye miljøkrav til hurtigbåtsambandene i Norge. Kenneth Løvold Rødseth har vært redaktør for sluttrapporten, som er utformet basert på bidrag fra ZEVS-partnerne og Fremtidens Hurtigbåt.

Oslo, desember 2024

Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Kjell W. Johansen
Avdelingsleder



Innhold

Sammendrag

1	Visjon: Bakgrunn og politisk kontekst	1
1.1	Om passasjerbåter i Norge	1
1.2	Norges vei mot lavutslippssamfunnet	2
1.3	Finansieringen av fylkeskommunene	3
2	Oppskalering: Kunnskapsgrunnlag for dekarbonisering av sektoren	6
2.1	Hva er status for passasjerbåtenes energiforbruk og klimagassutslipp?	6
2.2	Kan hurtigbåtens energiforbruk, utslipp, og kostnader estimeres nøyaktig basert på offentlig tilgjengelige data?	8
2.3	Hvilken havneinfrastruktur krever utslippsfrie hurtigbåter i Norge?	9
2.4	Hvordan påvirker nullutslippsteknologi hurtigbåtenes rutetilbud?	10
2.5	Hva kan case studier lære oss om overgangen til nullutslippstransport?	12
2.6	Hva er den viktigste barrieren for innfasingen av nullutslippsbåter?	13
2.7	Oppsummering av hovedfunnene til ZEVS-prosjektet	14
2.8	Erfaringer fra prosjektet Fremtidens Hurtigbåt	15
3	Implementering	17
3.1	Tidslinje for nullutslippskravet	17
3.2	Kostnader ved nullutslippskravet	18
	Referanser	20

Veien mot nullutslipp i hurtigbåtsektoren

Sluttrapport

TØI rapport 2070/2024 • Oslo 2024 • 21 sider

Denne rapporten gir en kunnskapsstatus på veien mot utslippsfrie hurtigbåter. Kapittel 1 gir en kort beskrivelse av dagens hurtigbåtsamband samt relevant kontekst om miljøpolitikk og finansiering av sektoren. Kapittel 2 gir en kunnskapsstatus om nullutslippsbåter basert på forskning i ZEVS-prosjektet og *Fremtidens Hurtigbåt*, mens kapittel 3 gir en oversikt over framtidige anbudsperioder og forventede merkostnader ved nullutslippsbåter.

Norge har signert Parisavtalen som har som målsetning å redusere nasjonale og globale klimagassutslipp. I 2022 kom 8,4 prosent av Norges klimagassutslipp fra sjøfart og fiske, inkludert de rundt 100 eksisterende hurtigbåtsambandene i Norge. Det har tidligere vært varslet lav- og nullutslippskrav til ferjer og hurtigbåter med oppstart i ulike år. Fra 2025 har regjeringen innført nullutslippskrav til ferjer, men har foreløpig ikke stilt liknende krav til hurtigbåtene.

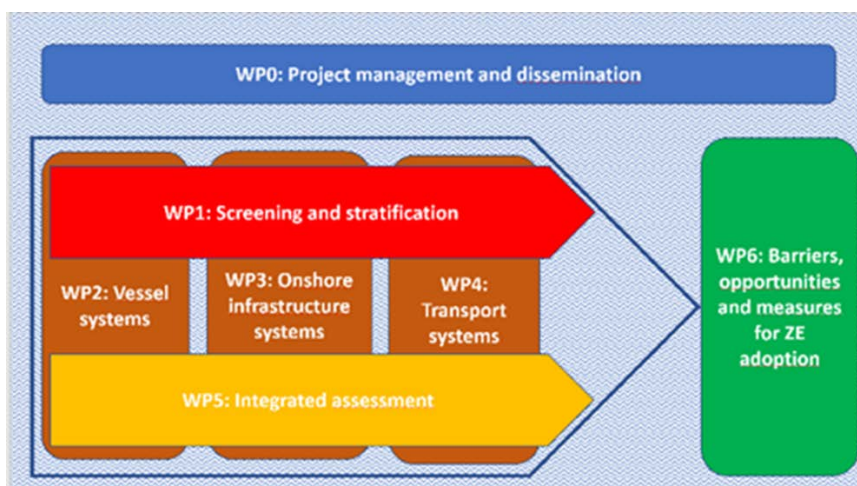
Denne rapporten markerer slutten på det 4 år lange forskningsprosjektet *enabling Zero Emission passenger Vessel Services (ZEVS)* som har hatt som mål å hjelpe myndighetene med å fatte velinformerte beslutninger i innfasingen av grønne hurtigbåtsamband. Rapporten gir en kort oppsummering av arbeidene i og funnene til ZEVS og *Fremtidens Hurtigbåt* for å gi en kortfattet kunnskapsstatus om grønne hurtigbåtsamband.

Kort om ZEVS-prosjektet

ZEVS er et kompetanse- og samarbeidsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd i samarbeid med brukerpartnere fra offentlig sektor og industrien. Prosjektet er ledet av Transportøkonomisk institutt (TØI) og er utført i samarbeid med Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Institutt for energiteknikk (IFE) og belgiske KU Leuven.

ZEVS sin arbeidspakkestruktur (WP-struktur) er gjengitt av figur S1. WP1 omhandler energiforbruket og utslippene til dagens flåte, og er ledet av TØI i samarbeid med Kystverket. Arbeidspakke 2 om nullutslippsfartøy er ledet av NTNU, mens arbeidspakke 3 om lade- og fylleinfrastruktur er ledet av IFE. Arbeidspakke 4 om planlegging av nullutslippstransport er ledet av TØI, mens arbeidspakke 5 om case-studier er ledet av IFE. TØI har ledet arbeidspakke 6 om finansiering og politikkvirkemidler for å realisere målet om bruk av nullutslippsfartøy i norske hurtigbåtsamband.

Detaljert informasjon om publikasjoner fra ZEVS finnes under <https://www.toi.no/zevs> og <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/320659>.



Figur S1: ZEVS-prosjektets organisering i arbeidspakker (WPer).

Kunnskapsstatus om utslippsfrie hurtigbåter

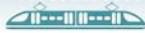
Denne rapporten gir en oversikt over hovedfunnene til prosjektene ZEVS og Fremtidens Hurtigbåt. Fremtidens Hurtigbåt II var et samarbeidsprosjekt mellom fylkeskommunene Nordland, Trøndelag, Vestland og Troms og Finnmark som pågikk i perioden 2021-2024. Prosjektet hadde som formål å legge til rette for utvikling av design for fremtidens hurtigbåt. En oppsummering av funnene fra prosjektene gir et godt bilde på kunnskapsstatusen om utslippsfrie hurtigbåter. Vi gjengir kort sentrale funn fra prosjektene i dette sammendraget, men viser til rapporten for utfyllende forklaringer og drøftinger av funnene samt henvisninger til publikasjoner fra ZEVS.

En kartlegging av eksisterende samband

- Energiforbruket til dagens passasjerbåter varierer betydelig: Rundt 70 prosent av de eksisterende fartøyene som har betjent minst en passasjerbåtrute i 2019 har et årlig forbruk på under 2 gigawattimer (GWh) per år mens fartøyet med det høyeste forbruket har et årlig forbruk på over 12 GWh per år.
- Hoveddelen av energiforbruket til hurtigbåtene knytter seg til framdrift, og en betydelig andel av energiforbruket knytter seg til forflytning utenom ordinær rutedrift.
- Prosjektets beregninger av energibruk og utslipp fra dagens hurtigbåtsamband er gjort tilgjengelig i et kartverktøy under [Enabling Zero Emission passenger Vessel Services](#). En presentasjon av dette verktøyet er tilgjengelig under [ZEVS toolbox](#).

Tekniske muligheter for nullutslipp

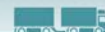
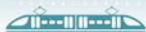
- Nullutslippsløsningene for passasjerfartøy som er vurdert i ZEVS-prosjektet – batterier med direkte lading, batteribytteknologi og hydrogenframdrift – er demonstrert å være teknisk mulig å ta i bruk i alle eksisterende norske samband, forutsatt at man tilpasser fartøydesignet til energitettheten til de aktuelle energibærerne.



- *Fremtidens Hurtigbåt* konkluderer med at en rekkevidde på 40-50 nautiske mil for hurtigbåter med passasjerkapasitet på opptil 180 passasjerer synes å være realistisk med dagens batteriteknologi. Tid til lading i havn er en viktig faktor, og som en tommelfingerregel bør man ha 30 minutter til å lade batteriene og ladeeffekten bør være rundt 2 MW.
- *Fremtidens Hurtigbåt* finner at elektriske hurtigbåter må designes for spesifikke ruter både hva hastighet, rekkevidde, passasjerantall og bølgeforshold angår. Dette er en stor endring i forhold til diesalbåter som gir mye større fleksibilitet.
- Marintekniske analyser i ZEVS viser at å ta i bruk hydrofoilteknologi gir et større potensiale for å betjene dagens ruter med nullutslippsteknologi uten bunkring underveis, sammenliknet med dagens katamaranfartøy.
- *Fremtidens Hurtigbåt* har dokumentert at hurtigbåter med nullutslipp kan ha vesentlig bedre energieffektivitet enn dagens hurtigbåter. Dette er primært oppnådd gjennom bruk av teknologier som løfter skroget helt eller delvis ut av vannet, enten ved luftputer (SES) eller hydrofoilbåter. Disse fartøyskonseptene er spesielt energieffektive ved høye hastigheter. Hurtigbåtrutene bør som minimum ha seilingshastigheter over 25 knop og gjerne over 35 knop.
- *Fremtidens Hurtigbåt* har levert to konsepter for hydrogendrevne fartøyer som tar 275 passasjerer og har en rekkevidde på rundt 160 nautiske mil og fart opp mot 40 knop. Begge konseptene benyttet SES – teknologi, og begge leverandørene har oppnådd foreløpig sikkerhetsgodkjenning av sine design.

Økonomiske muligheter for nullutslipp

- Kostnadsanalyse av landbasert lade- og fyllinfrastruktur viser at lokal hydrogenproduksjon og batteribyttesløsninger er kostnadseffektivt i områder med begrenset nettilgang og -kapasitet. Batteribytte er også en effektiv løsning når det er krav til store effektuttak, f.eks. grunnet lite tid til landligge i dagens ruteplaner.
- ZEVS har gjennomført flere beregninger av merkostnadene ved å velge nullutslipp, sammenliknet med kostnaden ved å betjene sambandene med fartøyer som benytter konvensjonelle drivstoff. Disse studiene tyder på at det er store variasjoner i merkostnader mellom sambandene, og at tiltakskostnadene i stor grad overstiger myndighetenes pris på 2 000 kroner per tonn CO₂ i 2030. En samlet beregning for 72 samband finner en gjennomsnittlig tiltakskostnad på 6 000 kr/tonn CO₂-ekv, med et spenn fra 2 000 til 20 000 kroner per tonn. Dette kostnadsspennet sammenfaller med liknende beregninger gjort i regi av ZEVS.
- Nye rute-, frekvens- og bunkersplaner som tar utgangspunkt i fartøyenes kostnads- og energibegrensninger vil være nødvendig for å begrense merkostnader knyttet til innfasingen av nullutslippsfartøy. Dette omfatter også en helhetlig kollektivtransportplanlegging og vurdering av mulighetene for å tilby alternativ kollektivtransport på hele eller deler av dagens hurtigbåtsamband.



Barrierer og muligheter for utslippsfrie hurtigbåter

- Fylkene identifiserer merkostnader ved nullutslippsbåter som den viktigste barrieren for å ta de i bruk. Innfasing av nullutslippsfartøy gir også mindre fleksibilitet i gjennomføring av fylkenes ruteproduksjon og stiller økte krav til deres bestillingskompetanse.
- Kostnadsanalyser viser betydelige forskjeller mellom sambandene i forhold til merkostnader ved innfasing av nullutslippsfartøy, noe som kan bidra til transportulikheter mellom fylkene. Funn i ZEVS tyder på at Vestland, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark vil bære en betydelig del av merkostnadene knyttet til innfasing av nullutslippsbåter.
- Fylkenes utgifter til hurtigbåter finansieres i hovedsak innenfor fylkeskommunenes ordinære økonomiske rammer, supplert med billettinntekter fra de reisende. Et hovedprinsipp i inntektssystemet for fylkeskommunene er finansieringsprinsippet, som innebærer at kommunesektoren samlet skal kompenseres for anslåtte merutgifter som følge av nye oppgaver og endringer i regelverk, som eksempelvis et krav til nullutslippsbåter. Fylkeskommunenes utgifter til båtruter inngår i dag i en felles delkostnadsnøkkel for kollektivtrafikk, mens det tidligere var et eget kriterium direkte knyttet til den enkelte fylkeskommunale båtrute.
- En gjennomsnittlig hurtigbåtkontrakt har en varighet på 8 år, og en stor andel av eksisterende hurtigbåtkontrakter skal fornyes innen 2029. En utsettelse av innføringen av kravet til nullutslipp i hurtigbåtsamband kan dermed medføre at omstillingen i hurtigbåtnæringen vil ta lang tid siden et miljøkrav normalt vil omfatte nye kontrakter.

1 Visjon: Bakgrunn og politisk kontekst

1.1 Om passasjerbåter i Norge

Det er om lag 1 000 fartøy i NOR-registeret som er klassifisert som passasjerfartøy, dvs. at de er sertifisert til å kunne frakte mer enn 12 passasjerer. De mest nærliggende eksemplene på passasjerfartøy er bilferjer, hurtigbåter, kystruteskip, utenlandsferjer og cruiseskip. I tillegg er det en rekke større og mindre fartøy som ambulansébåter, skyssebåter, veteranbåter, turistbåter, hvalsafaribåter, leirskolebåter og annet. Offentlig rutegående passasjertransport utføres i hovedsak av de fire store, nasjonale rederiene Boreal, Fjord1, Norled og Torghatten.

ZEVS-prosjektet har studert passasjerbåter og passasjerbåtsamband. Prosjektet omfatter dermed ikke bilferjesamband, kystruten, utenriksferjer og annen passasjertransport som ikke er rutebasert.



Figur 1.1: Utsnitt fra Kystverkets kartverktøy for eksisterende hurtigbåtsamband. Kilde: <https://storymaps.arcgis.com/stories/3eddfc5dd474735895e25e52b72b800>

Selv om passasjerbåter utgjør en avgjørende del av transportinfrastrukturen flere steder i landet, eksisterer det ingen generelle nasjonale retningslinjer for passasjerbåtruter. Det er et lovpålagt krav om skoleskys med båt der det er nødvendig, men utover dette finnes ingen pålegg om hvilke båtruter som skal opprettes, opprettholdes eller hvordan tilbudet skal dimensjoneres.

Tveter m.fl. (2020) har identifisert om lag hundre passasjerbåtruter og deler dem inn i følgende 6 kategorier:

1. **Life-line:** Båtrute som gir forbindelse til øy/område uten noen annen transportforbindelse
2. **Pendel:** Transport som brukes til eller fra arbeid/skole, men hvor det finnes alternativ transport
3. **Regional:** Lengre ruter som bidrar til å knytte regioner sammen
4. **Skoleskys:** Båtruter som tilbyr skoleskys
5. **Turist:** Båtruter som hovedsakelig benyttes til fritidsreiser
6. **Annet:** Ruter med spesielle typer frakt, f.eks. godsruiter eller postruter

I dette utvalget var om lag halvparten av rutene i kategorien *life-line*, mens 18 % var *pendel*, 14 % *regional* og 9 % *skoleskys*.

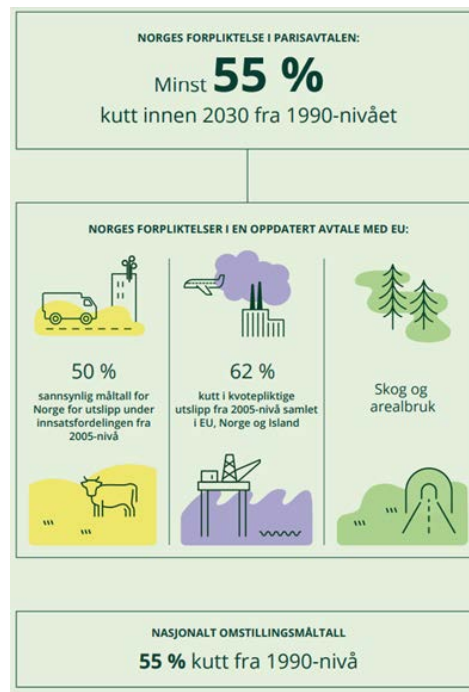
Samlet sett er det få passasjerer som benytter sambandene. Tveter m.fl. (2020) fant at 70 % av sambandene hadde under 100 passasjerer hver dag, mens 25 % av sambandene hadde mellom 100 og

800 passasjerer daglig. Ifølge Flotve og Farstad (2023) står sjøtransport kun for 2 % av det samlede persontransportarbeidet (dvs. antall personer og distansen de er transportert) i Norge. Dersom man kun ser på kollektivtrafikk, øker denne andelen til 7 %.

1.2 Norges vei mot lavutslippssamfunnet

Global oppvarming utgjør en alvorlig trussel, og Norge har derfor signert Parisavtalen som har som målsetning å redusere nasjonale og globale klimagassutslipp. Norges klimamål under Parisavtalen er at nasjonale klimagassutslipp skal reduseres med minst 55 prosent i 2030, sammenlignet med utslippsnivået i 1990. Målet er lovfestet i klimaloven. Regjeringen har uttrykt at den ønsker å oppfylle målet i samarbeid med EU.

I 2025 skal alle land melde inn klimamål for perioden etter 2030, og Norge arbeider også med et slikt mål. Norge har også lovfestet et mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050. Utslippene skal reduseres i størrelsesorden 90 til 95 prosent sammenlignet med utslippene i 1990, og ved vurdering av måloppnåelse skal det tas hensyn til norsk deltakelse i EUs klimakvotesystem.

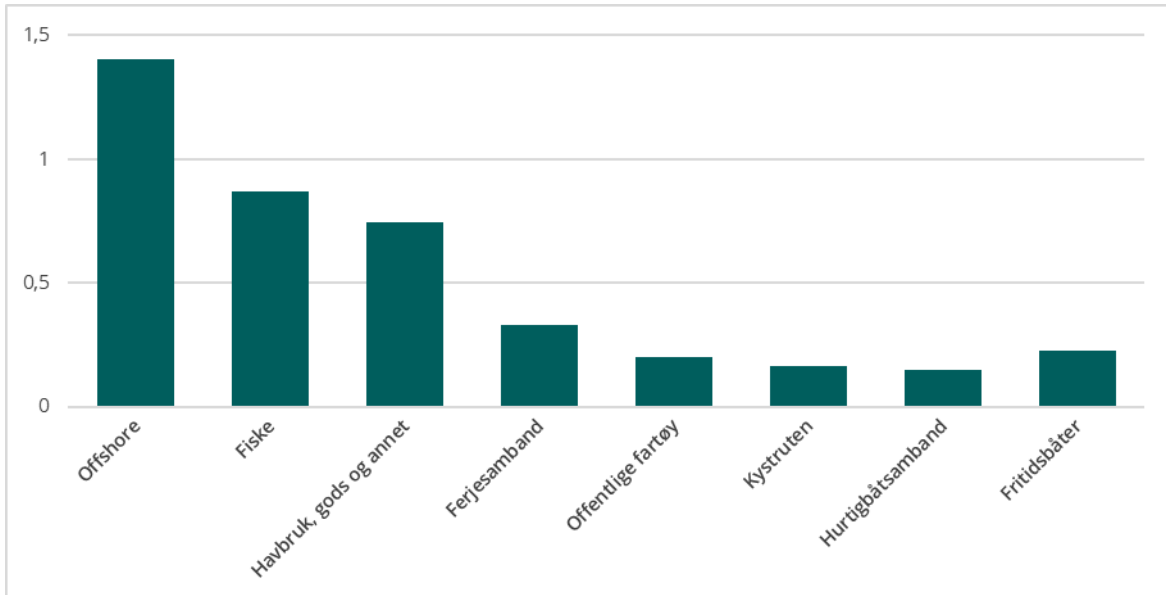


Figur 1.2: Nasjonale forpliktelser til utslippsreduksjon. Kilde: Regjeringen (2024)

2023 var det varmeste året noen gang registrert, og mobilisering i dette tiåret er avgjørende for å nå klimamålene. Vinduet for å nå målene i Parisavtalen er i ferd med å lukkes og tiden er knapp: For å begrense temperaturøkningen til 1,5 grader må globale utslipp av karbondioksid (CO₂) halveres innen 2030 (sammenliknet med 2019) og deretter nå netto null tidlig på 2050-tallet. Samtidig må også utslippene av andre klimagasser reduseres (IPCC, 2023). Dette krever raske og fundamentale endringer i hvordan energi brukes og produseres.

I 2022 kom 8,4 prosent av Norges utslipp fra sjøfart og fiske. Dette inkluderer postene *innenriks sjøfart*, *fiske* og *fritidsbåter* fra utslippsregnskapet. Offshoreskip (som ligger under *innenriks sjøfart* i denne statistikken) var segmentet med størst utslipp, fulgt av fiskefartøy, noe som er synliggjort av figur 1.3. Klimagassutslippene for sjøfart og fiske er 47 nå prosent høyere enn de var i 1990. I 2022 var utslippene på 4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Miljødirektoratet har delt utslippet for 2022 inn i ulike segmenter

etter beste tilgjengelige informasjon, hovedsakelig AIS¹-baserte estimater for energibruk. På grunn av begrenset oppdeling av historiske utslipp på ulike skipssegmenter, er det usikkert hvordan utslippene var fordelt mellom skipstyper i 1990, men det er særlig innen offshore og havbruk at utslippene har økt.



Figur 1.3: Utslipp i 2022 fra fiske, fritidsbåter og innenriks sjøfart fordelt på skips kategorier. Utslipp i millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Kilder: Tall for fiske og fritidsbåt er hentet fra SSB-statistikk. Fordelingen av utslipp fra innenriks sjøfart er anslått fra AIS-baserte utslippsberegninger og andre kilder.

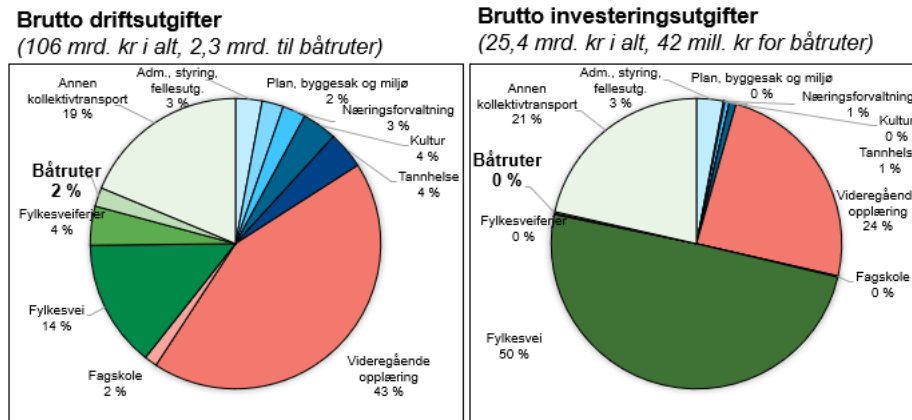
Det har tidligere vært varslet lav- og nullutslippskrav til ferjer og hurtigbåter med oppstart i ulike år. Fra 2025 har regjeringen foreslått å innføre et nullutslippskrav til ferjer. Regjeringen foreslår per 2024 ikke krav til hurtigbåter, men har istedenfor foreslått å øke rammen til *Hurtigbåtprogrammet* med 200 millioner kroner for 2025 som kan gis i nye tilsagn. Denne tilskuddsordningens formål er å fremme klimatiltak i kommuner, fylkeskommuner og Longyearbyen lokalstyre ved å støtte prosjekter som bidrar til reduksjon av klimagasser fra hurtigbåter.

Overgangen til nullutslippshurtigbåter medfører en betydelig merkostnad, noe vi belyser senere i denne rapporten. Den vil dermed ikke skje uten forsterkede virkemidler, som økt økonomisk støtte eller krav med kompensasjon. Fylkene har ikke økonomiske muskler til å dra denne utviklingen alene.

1.3 Finansieringen av fylkeskommunene

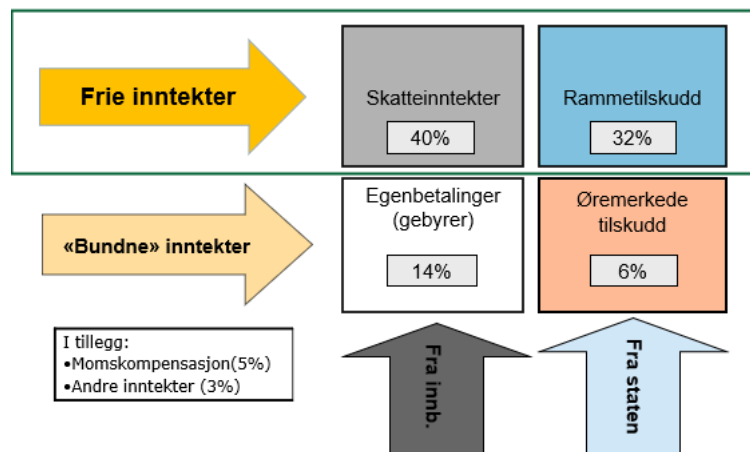
De fleste hurtigbåtrutene i Norge drives på oppdrag for og finansieres av fylkeskommunene. Deres driftsutgifter til hurtigbåter finansieres i hovedsak innenfor fylkeskommunenes ordinære økonomiske rammer, supplert med billettinntekter fra de reisende. Båtrutene utgjør 2 prosent av fylkenes samlede brutto driftsutgifter, som vist av figur 1.4.

¹ AIS står for Automatisk informasjonssystem. Dette systemet gir oversikt over skipstrafikken gjennom at fartøyene utveksler løpende informasjon om sin posisjon, kurs og fart.



Figur 1.4: Fylkenes samlede brutto drifts- og investeringsutgifter. Kilde: Fylkeskommuneregnskapet.

Den statlige styringen av kommuner og fylkeskommuner følger etablerte prinsipper for forholdet mellom staten og kommunesektoren (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2020). Et av hovedprinsippene er økonomisk og juridisk *rammestyring*. Rammefinansiering innebærer at kommunesektorens inntekter i hovedsak skal være frie midler som sektoren kan disponere fritt innenfor rammene av lov og forskrift. Et annet hovedprinsipp er *finansieringsprinsippet*, som bl.a. innebærer at kommunesektoren samlet skal kompenseres for anslåtte merutgifter som følge av nye oppgaver og endringer i regelverk.



Figur 1.5: Finansiering av kommunesektoren. Kilde: Utformet av Kommunal- og distriktsdepartementet i regi av ZEVS-prosjektet.

Figur 1.5 gir en overordnet framstilling av finansieringen av kommunesektoren. Fylkeskommunene finansieres i hovedsak gjennom skatteinntekter fra innbyggerne og rammetilskudd fra staten, som til sammen utgjør litt over 70 prosent av kommunesektorens samlede inntekter (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2024). Skatteinntekter og rammetilskudd omtales ofte som kommunesektorens frie inntekter, siden den enkelte kommune og fylkeskommune fritt kan prioritere bruken av midlene innenfor krav til tjenesteytingen gitt i lover og forskrifter.² De samlede frie inntektene til fylkeskommunene i 2024 er på om lag 91,8 mrd. kroner i 2024, ifølge anslagene i Prop. 1 S (2024–2025) for Kommunal- og distriktsdepartementet.

² Se NOU 2022: 10 *Inntektssystemet for kommunene*.

De frie inntektene omfordeles mellom kommunene gjennom *inntektssystemet*. Det overordnede målet med inntektssystemet er å utjevne fylkeskommunenes økonomiske forutsetninger, slik at forholdene legges bedre til rette for et likeverdig tjenestetilbud til alle innbyggere. To sentrale mekanismer som skal bidra til dette er utgiftsutjevningen gjennom *kostnadsnøkkelen* og *inntektsutjevningen* av skatteinntektene.

Kostnadsnøkkelen i inntektssystemet består av ulike kriterier med vekt. Kriteriene er forhold som kan forklare hvorfor kostnadene til ulike tjenester varierer mellom fylkeskommunene, mens vektene sier noe om hvor stor betydning de ulike forholdene har for kostnadsvariasjonen. Kostnadsnøkkelen brukes til å omfordele en gitt ramme mellom fylkeskommunene. Kriteriene i kostnadsnøkkelen brukes derfor til å forklare variasjoner i utgiftene mellom fylkeskommunene, og ikke til å fastsette nivået på utgiftene eller inntektene (Lunder mfl., 2022).

Et av hovedprinsippene for utgiftsutjevningen er at kriteriene i kostnadsnøkkelen i størst mulig grad skal være objektive, basert på offisiell statistikk og mulige å oppdatere jevnlig. Utgiftsutjevningen skal ikke være et insentiv- eller refusjonssystem.³

Utgiftsutjevningen i inntektssystemet omfatter videregående opplæring, tannhelse, kollektivtransport (inkl. fylkeskommunale båtruter), fylkesveiferjer og fylkesveier. Det er egne delkostnadsnøkler for de ulike tjenestene.

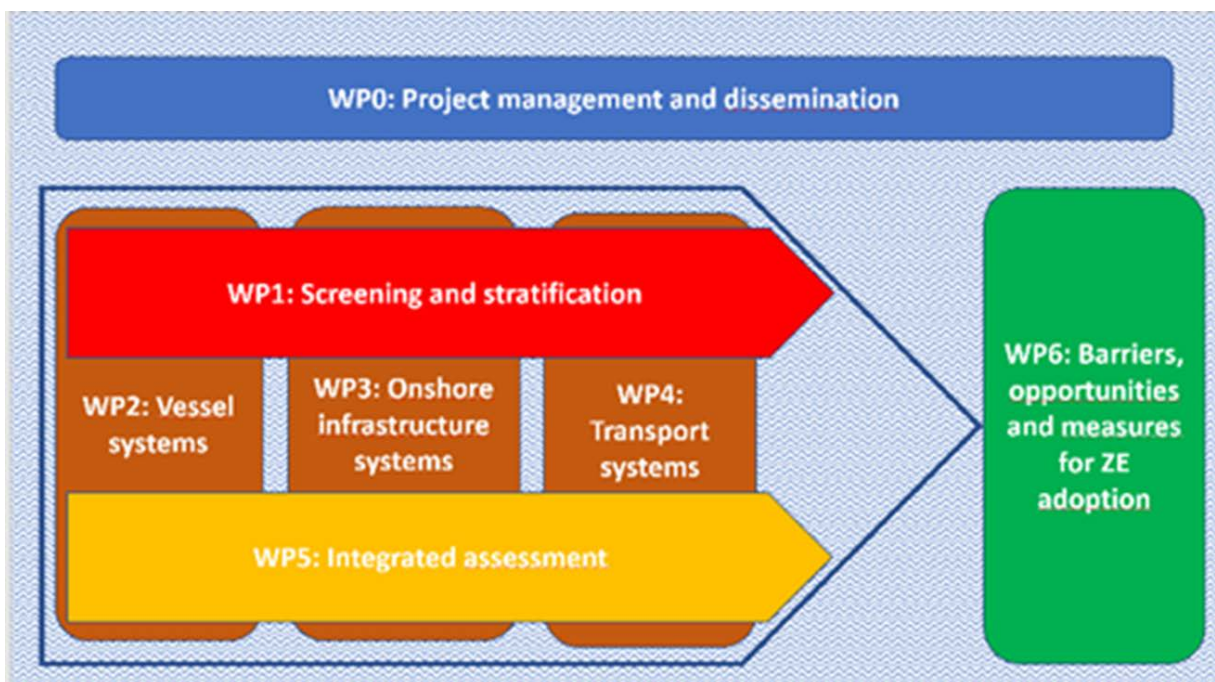
Kostnadsnøkkelen oppdateres jevnlig, og kriteriene knyttet til fylkeskommunale båtruter har variert over tid. I perioden 2022–2023 var det et eget kriterium direkte knyttet til den enkelte fylkeskommunale båt rute. Båtkriteriet ble avvirket fra og med 2024, og fylkeskommunenes utgifter til båtruter inngår i dag i en felles delkostnadsnøkkel for kollektivtrafikk. Se Lunder m.fl. (2022) for en oversikt over endringene i de ulike delkostnadsnøklerne over tid, og Prop. 112 S (2024–2025) *Kommuneproposisjonen 2024* for en omtale av hvordan utgiftene til båtruter er behandlet i dagens inntektssystem.

³ Jf. bl.a. omtale av inntektssystemet for fylkeskommunene i Prop. 112 S (2022–2023) *Kommuneproposisjonen 2024*.

2 Oppskalering: Kunnskapsgrunnlag for dekarbonisering av sektoren

Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av arbeidet i og hovedfunn fra *ZEVS-prosjektet* samt det komplementære prosjektet *Fremtidens hurtigbåt*. Formålet er ikke å gi en utfyllende beskrivelse av den aktuelle forskningen, men å trekke fram hovedkonklusjoner og å henvise interesserte lesere til sentrale publikasjoner fra ZEVS-prosjektet.

De følgende delkapitlene er strukturert i henhold til ZEVS sin arbeidspakkestruktur, også kalt WP-struktur basert på det engelske navnet *work package* (WP). Den er gjengitt av figur 2.1. WP1 omhandler energiforbruket og utslippene til dagens flåte, og er ledet av Transportøkonomisk institutt (TØI) i samarbeid med Kystverket. Arbeidspakke 2 om nullutslippsfartøy er ledet av Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), mens arbeidspakke 3 om lade/fylleinfrastruktur er ledet av Institutt for energiteknikk (IFE). Arbeidspakke 4 om planlegging av nullutslippstransport er ledet av TØI, mens arbeidspakke 5 om case-studier er ledet av IFE. TØI har ledet arbeidspakke 6 om finansiering og politikkvirkemidler for å realisere målet om bruk av nullutslippsfartøy i norske hurtigbåtsamband.



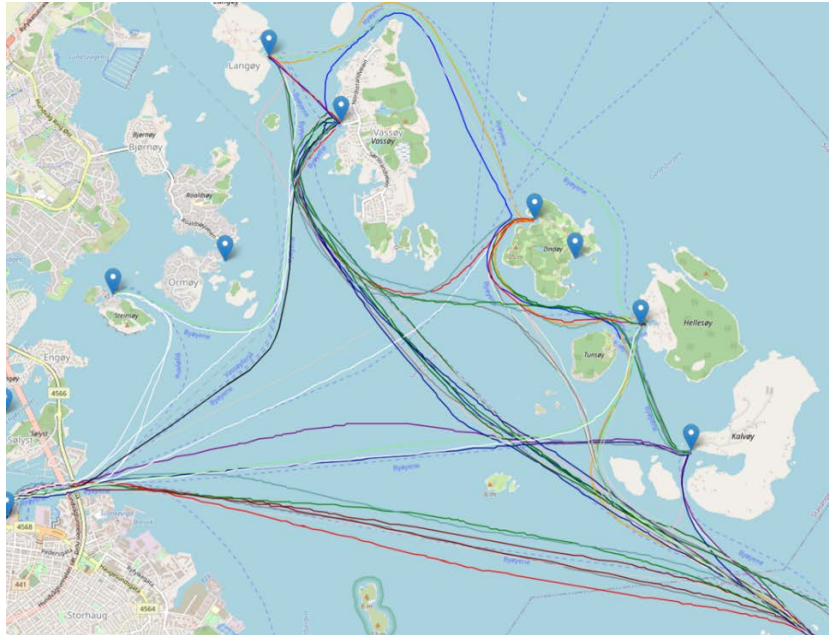
Figur 2.1: ZEVS-prosjektets organisering i arbeidspakker (WPer).

2.1 Hva er status for passasjerbåtenes energiforbruk og klimagassutslipp?

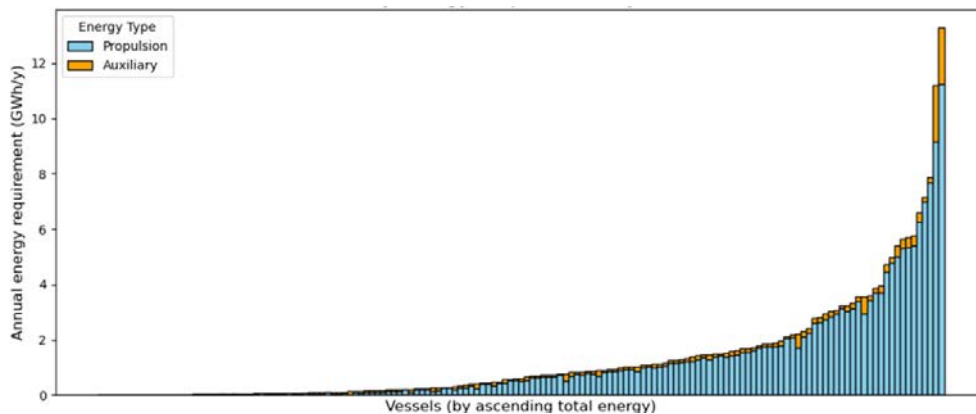
WP1 har gjort en kartlegging av passasjerbåtenes energiforbruk og klimagassutslipp. Den baserer seg på AIS-data som gjør det mulig å følge båtenes bevegelsesmønster.

TØI har utviklet verktøyet *AIS Energy and Emission Model* (AISEEM) i flere forskningsprosjekter. Verktøyet benytter AIS-data (jf. fotnote 1 for en forklaring av AIS) levert av Kystverket og informasjon om fartøyene – som motorstørrelse og servicefart – som inngangsdata til å estimere båtenes energiforbruk

og utslipp. I ZEVS har utviklingen av AISEEM vært knyttet til kobling mot informasjon om hurtigbåtenes ruter (jf. figur 2.2) og beregning av utslipp til luft gjennom utvikling av modellens utslippsmodul. AIS-data for over 500 fartøy ble analysert for å identifisere hvilke fartøy som i 2019 opererte på minst en rute (ved bruk av rutedata fra Entur.no for referanseåret). Rundt 153 fartøy ble med videre i utvalget hvorav 81 fartøy kan klassifiseres som hurtigbåter.



Figur 2.2: Eksempel på visualisering av båtbevegelser ved bruk av AIS-data. De blå markørene viser stopp som er identifisert for dette fartøyet i løpet av året. Kilde: AISEEM



Figur 2.3: Energiforbruk fra passasjerbåtene i utvalget i ZEVS. Kilde: AISEEM.

Resultatene (for 153 fartøy) viser at det er store forskjeller mellom båtenes energiforbruk og dermed bidrag til sektorens totale energiforbruk og utslipp; jf. figur 2.3. Rundt 70 prosent av fartøyene har et årlig forbruk på under 2 gigawattimer (GWh). Størstedelen av energiforbruket knytter seg til framdrift.

Analysen har også indentifisert at en relativ stor andel av energiforbruket *ikke* gjelder fartøyenes forflytning i ordinær rutedrift. Dette beror til en viss grad på manglende data og dermed feil i koblingen mot rutedataene, men også reelle forhold som at flere fartøy i løpet av et år er i annen aktivitet (f.eks.

turisme) samt pga. forflytning mellom steder / ulike ruter. Det siste kan tyde på at bedre rute- og logistikkplanlegging også kan være et viktig virkemiddel for å redusere energiforbruket i dagens flåte.

Et annet kjennetegn ved passasjerbåtenes aktivitet er at de til sammen er innom mange stopplokasjoner (totalt 1 265 lokasjoner er identifisert) og at stopptiden for mange av disse er svært kort (under 4 minutter). Dette er f.eks. relevant med tanke på mulighetene for lading ved betjeningen av de ulike rutene med batterielektriske fartøy.

Resultatene fra AISEEM er gjort tilgjengelig i et storymap / webverktøy utarbeidet av Kystverket under [Enabling Zero Emission passenger Vessel Services](#). En presentasjon av verktøyet er tilgjengelig under [ZEVS toolbox](#).

2.2 Kan hurtigbåtens energiforbruk, utslipp, og kostnader estimeres nøyaktig basert på offentlig tilgjengelige data?

WP2 har sett på dette spørsmålet ved å studere noen relevante delproblem:

Fartøyets skrogdesign og propulsjon: I ZEVS-prosjektet har vi utviklet metoder for å kunne gi et åpent, parameteriserbart design av en typisk hurtigbåt, både for konvensjonelle katamaraner og nye design av hydrofoilbåter. Disse metodene er implementert i en kode som effektivt kan benyttes i mulighetsstudier av ulike nullutslippsalternativer for spesifiserte ruter og operasjonsprofiler. Verktøyene gir en beregning av *utforming og nødvendige dimensjoner* av en hurtigbåt for å kunne bære et spesifisert passasjerantall med ønskede alternativer for null/lav-utslipp kraft- og energisystem ombord, for en spesifisert hastighet (typisk 30-35 knop). For hydrofoilmotører er det også foreslått metoder for å optimalt styre foilene i bølger for å minimalisere fartøyets motstand og bevegelser, som balanse mellom komfort og energiforbruk. Disse metodene er publisert i tidsskriftartiklene til Godø og Steen (2023) og Godø mfl. (2023a; 2024a; 2024b), og et eksempel på et katamaranfartøy simulert av beregningsverktøyene er gitt av figur 2.4.

AIS-analyser fra WP1 er benyttet sammen med verktøy utviklet i WP2 til å vurdere tekniske muligheter for nullutslippsløsninger i norske hurtigbåtsamband. Hovedfunnet fra dette studiet er at batterier med direkte lading, batteribytteteknologi og hydrogenframdrift er teknisk mulig for alle norske samband dersom man tilpasser fartøydesignet etter energitettheten til de aktuelle energibærerne. Analysene viser et signifikant større potensiale for å gjennomføre dagens ruter med nullutslippsteknologi uten bunkring underveis ved å ta i bruk hydrofoilteknologi, sammenliknet med katamaranfartøy.

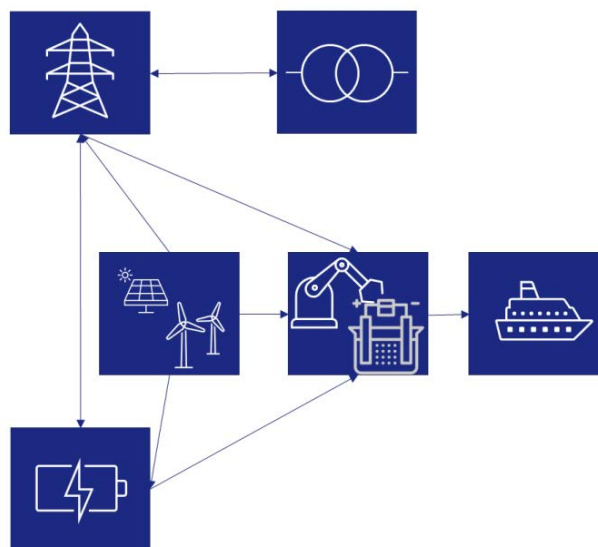


Figur 2.4: Illustrasjon av katamaran simulert ved bruk av modellverktøy utviklet i ZEVS WP2. Kilde: Godø mfl., 2024.

Fartøyets hybrid-elektriske kraftsystem for energilagring og kraftoverføring: Basert på et fartøys design, vekt, og operasjon i oppgitt hastighet for en gitt rute beregner vi kraftbehovet på propellene til fartøyet. Dette tar hovedsakelig hensyn til stille vannsmotstand for fartøyet, men kan også inkludere motstand fra vind og bølger. Modeller er deretter etablert for å beregne fordelingen av den nødvendige elektriske kraften ombord, inkludert realistiske energitap i motorer og kraftomformere, opp til hovedtavlen i fartøyet. Deretter kan man vurdere ulike alternativer for energiforsyning, der vi har fokusert på brenselceller og batteribanker. Optimeringsalgoritmer er utviklet for *energistyring* som optimalt beregner fordeling av energiforsyning og allokering av kraft mellom energienhetene. Optimeringsalgoritmene minimerer totalt energiforbruk mens det tas hensyn til operasjonelle begrensninger for batteriene og brenselcellene slik som kapasiteter, *state-of-charge* og *depth-of-discharge* fra batteribankene, ratebegrensninger i brenselcellenes strømforsyning, samt ladestopp og/eller batteribytter. Optimeringsalgoritmene er utviklet spesifikt for effektiv beregning, dvs. resultatene skal oppnås i løpet av sekunder i stedet for timer. Optimeringsalgoritmene er basert på en kjent overordnet operasjonsprofil og kjøres derfor som et skrivebordsstudium. I tillegg har ZEVS utviklet en algoritme basert på *multi-horizon model predictive control* som kan implementeres som en energistyringsenhet (*energy management system - EMS*) og kjøres i sanntid ombord på fartøyet. Denne algoritmen vil predikere nødvendig operasjon for fartøyet fremover i tid og bruke dette til å kombinere batteriene og brenselcellene optimalt, gitt fremtidige behov for akselerasjoner og lasttopper, ladestopper og batteribytter, osv. En EMS-enhet må finnes om bord i passasjerfartøyer, og gir dermed det mest realistiske energibehovet for en hurtigbåt under utredning. Resultatene fra disse analysene er publisert i tidsskriftartiklene til Najjaran mfl. (2023) og Najjaran og Skjetne (2024a; 2024b).

2.3 Hvilken havneinfrastruktur krever utslippsfrie hurtigbåter i Norge?

WP3 har utviklet en optimeringsmodell med mål om å beregne nødvendig havneinfrastruktur med tilhørende kostnader til lading/fylling av nullutslippsfartøy. Dette er gjort for å kunne undersøke optimale havneinfrastruktursystemer for elektrifisering av hurtigbåter som tar hensyn til rutens behov og havnens plassering. Modellen er utviklet for å dekke både batterielektriske fartøy – hvor både lading og batteribytte er implementert – og hydrogendrevne hurtigbåter med mulighet for lokal hydrogenproduksjon og lagring. Modellen baserer seg på en tekno-økonomisk optimering av kostnader knyttet til lade-/fyllinfrastruktur. En illustrasjon av de viktigste komponentene i modellen er gitt av figur 2.5.



Figur 2.5: Beskrivelse av WP3s optimeringsmodell for landbasert lade-/fyllinfrastruktur. Kilde: IFE.

En kartlegging av den teknologiske utviklingen og kostnadene til lade- og bunkringsinfrastrukturen er blitt utført i samarbeid med ZEVS-partnerne Statkraft og Seam. Disse estimatene er brukt som grunnlag i analysene av nødvendig havneinfrastruktur. I tillegg har det blitt utført en kartlegging av kostnader knyttet til nettoppgraderinger og avstand fra nettanlegg til havner. En sentral problemstilling er at lading av hurtigbåter kan kreve mye strøm i løpet av kort tid, noe som kan gi betydelige merkostnader gjennom å skape et behov for å bygge ut nettkapasiteten.

Tidlig i prosjektfasen mottok WP3 input fra WP1 i form av energiberegninger for alle hurtigbåtrutene i Norge. Datasettet inneholder energibehovet i alle relevante havner. Denne informasjonen er benyttet i et kartleggingsarbeid i WP3 hvor målet er å identifisere hvilken havneinfrastruktur som er optimal med tanke på om fartøyet er batterielektrisk eller hydrogendrevet, lokasjonen til havnen og tilgang til strømnettet. Analysene viser at i områder hvor det er begrensninger på nettilkoplingen kan lokal hydrogenproduksjon være lønnsomt. De viser også at i områder hvor det er begrenset nettilgang samt kompliserte og ressurskrevende forhold for utbygging av nytt nett – som på øyer – vil batteribytte kunne være en effektiv løsning. Batteribytte er også en effektiv løsning når det er krav til store effektuttak (dvs. bruk av store energimengder i løpet av en kort tidsperiode).

Nordlandsekspressen er brukt som case for å optimalisere havneinfrastrukturen for en lang rute med tett rutetabell og korte opphold i havner. Relevante havner for lading og fylleinfrastruktur samt annen nødvendig informasjon ble kartlagt i samråd med Nordland fylkeskommune. Energietterspørselen til hurtigbåtene i sambandet har blitt beregnet i WP2 for både hydrogen-drevet og batterielektrisk hurtigbåt. En detaljert modellering har blitt utført for å se på nødvendig hydrogenfyllestasjon med lokal produksjon av hydrogen. Resultatene viser at en hydrogenløsning vil kreve et omfattende kaskadefyllingsystem med et toveiskompressorsystem for å fylle hurtigbåten innenfor tiden som er tilgjengelig, sett i forhold til den gjeldende ruteplanen. Lokal lagring av hydrogen er fordelaktig med tanke på fleksibilitet og for å redusere effektuttaket ved lokal hydrogenproduksjon. Ved å benytte lokal lagring av hydrogen i havnen kan kapasiteten til elektrolyseren reduseres, noe som også påvirker behovet for å utvide nettkapasiteten.

En masterstudent har vært påkoblet WP3 for å undersøke optimal forsyningskjede for hydrogen til Nordlandsekspressen. Masteroppgaven viser at lagring i havnen kan være fordelaktig med tanke på fleksibilitet, spesielt dersom transportruten for hydrogen fra produksjonsstedet til kaien er lang. Analysene viser nødvendigheten av å velge riktig transportmoduler for å transportere hydrogen basert på distanse, pris og etterspørsel.

I studiet av batterielektrisk drift av Nordlandsekspressen ble relevante havner for lading valgt i samråd med Nordland fylkeskommune. Analysene viser at batteribytte er fordelaktig når det kun er korte stopp i havnene, dvs. slik Nordlandsekspressen opereres i dag.

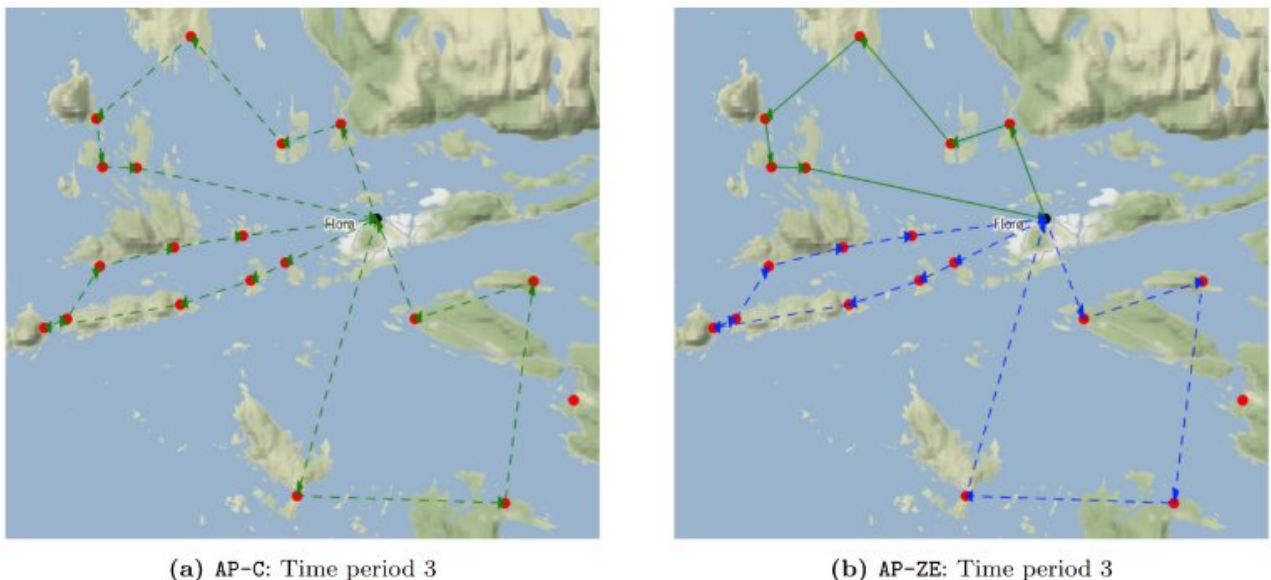
2.4 Hvordan påvirker nullutslippsteknologi hurtigbåtenes rutetilbud?

WP4 har utviklet optimeringsbaserte beslutningsstøtteverktøy for å forstå hvordan innfasingen av nullutslippsteknologi kan påvirke hurtigbåttilbudet. Fra et samfunnsøkonomisk ståsted er et optimalt rutetilbud der hvor transportbrukernes verdi av redusert reise- og ventetid tilsvarer operatørens kostnader ved å forbedre båttilbudet. Nullutslippsfartøy har kortere rekkevidde enn konvensjonelle fartøy, og innfasingen av grønne løsninger medfører betydelige investeringskostnader. Økte operatørkostnader trekker derfor i retning av at det samfunnsøkonomisk optimale tilbudet er «dårligere» ved bruk av nullutslippsfartøy kontra konvensjonelle fartøy.

Når fartøyenes rekkevidde reduseres kan det kreves flere fartøy enn tidligere for å opprettholde det eksisterende båttilbudet. Havre mfl. (2022) studerer optimal planlegging av hurtigbåttilbudet i Florø og Stavanger ved bruk av batterielektriske fartøy. Deres funn viser at det i noen tilfeller kan være

Økonomisk gunstig å øke antall fartøy for å beholde det eksisterende rutetilbudet, mens det i andre tilfeller vil være hensiktsmessig å tilby en lavere frekvens selv om dette går ut over passasjerenes velferd i form av økt reise- og ventetid. En frekvensreduksjon gir muligheter til å spare energi og mer tid til lading av fartøyet. Studien viser også at å redusere seilingshastigheten er et gunstig tiltak for å spare energi og å øke rekkevidden til batterielektriske fartøy. Dersom fartsreduksjoner finner sted når det er få passasjerer ombord, vil passasjerenes ulempe ved økt reisetid bli begrenset.

Flere eksisterende hurtigbåtsamband har lange rundturer med mange anløp underveis. Redusert rekkevidde med nullutslipp kan gjøre det aktuelt å endre båtrutene gjennom å anvende alternativ kollektivtransport på deler av strekningen. Havre mfl. (2024) utvikler et optimeringsbasert beslutningsstøtteverktøy for optimalt rutevalg og drift av batterielektrisk hurtigbåtsamband i Florø-bassenget. Studien viser at der den lange ruten utenfor Florø tidligere har vært operert av *ett* fartøy vil det være økonomisk gunstig å dele ruten i *to* delruter operert av hvert sitt batterielektriske fartøy; jf. Figur 2.6. Selv om dette er kostbart for operatøren muliggjør det en forbedring for passasjerene siden delrutene kan opereres med høyere frekvens enn tidligere. Studien til Havre mfl. (2024) viser også at verdien av å utelate anløp fra den eksisterende båtruten avhenger av den alternative kostnaden for operatør og passasjerer: Dersom alternativ transport innebærer betydelig økt reisetid for passasjerene, vil det bli vanskelig å korte ned eksisterende båtruter.



Figur 2.6: Optimal rute for konvensjonell (venstre panel) og batterielektrisk (høyre panel) hurtigbåttransport ved Florø. Kilde: Havre mfl. (2024).

Et viktig hensyn i transportplanleggingen er negative effekter en endring i båttilbudet kan medføre for andre transportformer, spesielt i byområder der kjøp utgjør en betydelig samfunnskostnad. Rødseth mfl. (2023) studerer optimal planlegging av sambandet Vollen-Slemmestad-Aker brygge med batterielektrisk framdrift når det tas hensyn til at et redusert båttilbud kan føre til mer trafikk på E18 inn til Oslo sentrum. Denne studien finner at økningen i eksterne kostnader ved økt veitrafikk er lavere enn kostnadene ved å tilby transport ved hurtigbåt, noe som tyder på at fortsatt drift av sambandet ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Batteribytte og hydrogen kan tas i bruk i samband hvor rekkevidden blir en utfordring for batterielektriske fartøy. Hydrogen er en mindre moden teknologi som først vil bli konkurransedyktig når den har mange brukere. Berg mfl. (2023) analyserer optimalt valg av energibærer til hurtigbåtrutene i Nordland sammen med lokalisering av bunkringsinfrastruktur og optimering av verdikjeden for hydrogen. Denne studien peker på hydrogen som en dominerende energibærer i Nordland dersom

sambandene skal oppfylle nullutslippkravet. Overgangen til nullutslipp gir betydelige merkostnader for operatørene, og analysen peker på storskala hydrogenproduksjon og deling av bunkringsinfrastruktur mellom ruter som viktige ledd i en kostnadseffektiv båtdrift. Samlokalisering av bunkringsinfrastruktur kan medføre økt reise- og ventetid for passasjerene.

2.5 Hva kan case studier lære oss om overgangen til nullutslippstransport?

Hovedformålet til WP5 har vært å anvende og å validere modeller for simulering av energibehovet til hurtigbåter, energitilførselssystemer på land, og tekno-økonomiske modeller for systemet. Følgende systemdesign har blitt evaluert:

- 1) Batterielektrisk (100%)
- 2) Hydrogen og brenselceller (100%)
- 3) Hybrid system (batteri- og/eller hydrogenelektrisk).

Arbeidet i WP5 har blitt delt i to case studier, ett samband med hurtigbåter som krever relativt kort rekkevidde (Case 1) og ett som krever lang rekkevidde (Case 2). Arbeidet med Case 2 har vært mer omfattende enn Case 1.

Tabell 2.1: Oversikt over case analysert i WP5.

	Case 1 – Oslofjorden	Case 2 – Nordlandsekspressen
Rute	Aker Brygge – Vollen/Slemmestad	Bodø – Sandnessjøen (NEX I)
Avstand og tid	15 nautiske mil og 30 min (én vei)	100 nautiske mil og 5 timer (én vei)
Hurtigbåter	MS «Baronen» MS «Baronessen»	MS «Elsa Laula Renberg» MS «Regine Normann»
Operatør	Norled (del av Ruter)	Boreal (eier: Nordland fylkeskommune)
Formål	Evaluering av 100% batterielektriske hurtigbåter	Muligheter for batteri- og/eller hydrogenelektrisk drift

Resultater fra Case 1: Historiske data for dieseldrift på de opprinnelig dieseldrevne hurtigbåtene ble brukt til å validere AISEEM-modellen utviklet ved TØI. Validering av modeller utviklet i WP2 til beregning av energibehov for batterielektrisk drift var ikke mulig innenfor ZEVS sin prosjektperiode pga. forsinkelser i innfasingen av nullutslippsfartøy i hurtigbåtsambandene i Oslofjorden. En avtale mellom forskningspartnerne i ZEVS-prosjektet og Norled gjør det mulig å fullføre dette arbeidet i et oppfølgingsprosjekt så snart driftsdata foreligger. Kollektivselskapet Ruter er «problemeier» og har interesse av å videreføre dette arbeidet.

Resultater fra Case 2: Detaljerte beregninger er gjennomført med modellsystemet utviklet i WP2. Modellene og metodene utviklet i WP2 tar hensyn til begrensninger i landsystemene slik som lade- og fyllekapasiteter, noe som er demonstrert i mulighetsstudiene i WP5; se f.eks. artiklene til Najjaran og Skjetne (2024a), Godø mfl. (2024c) og Najjaran mfl. (2024).

Resultatene viser at batterielektrisk drift krever to batteribytter, mens hydrogenelektrisk drift kan dekke hele strekningen på én fylling. Detaljert tekniske beregninger utført av IFE på hurtigfylling av hydrogen viser at det vil være mulig å overføre 750 kg i løpet av en 45-minutters fylling. En annen modell utviklet ved IFE for planlegging og systemoptimering av energiinfrastruktur på land (ved kai) viser fordeler med lokal produksjon og lagring av hydrogen og robotisert batteribytte.

Konklusjon: Gjennom ZEVS sine case studier har det blitt utviklet en systematisk metode for analyse og evaluering av mulighetene for nullutslippshurtigbåter i Norge, med fokus på tekniske løsninger, energi-

infrastruktur og økonomiske vurderinger. En case studie på Nordlandsekspressen (NEX I) har belyst fordeler og ulemper med batteri- og hydrogenløsninger, inkludert tekniske, praktiske og økonomiske utfordringer. Både batterisystemer med batteribytte og hydrogen er mulige alternativer.

2.6 Hva er den viktigste barrieren for innfasingen av nullutslippsbåter?

WP6 har sett nærmere på muligheter, barrierer og tiltak for å implementere nullutslippshurtigbåter på ruter i fylkeskommunal regi. Arbeidspakken er implementert i nært samarbeid med brukerpartnerne i fylkeskommunene og har høstet av deres erfaringer.

Fylkene har gjort egne utredninger om bruk av nullutslippsteknologi i sine samband og det er tatt i bruk lav- og nullutslippsløsninger i enkelte samband: Ifølge tilnull.no fantes det 14 elektriske passasjerbåt-samband i Norge ved utgangen av 2024. Disse befinner seg i Nordland, Vestland, Rogaland, Oslo og Østfold. Fartøyet *Medstraum* som går i rute ved Stavanger regnes som den første helektriske hurtigbåten.

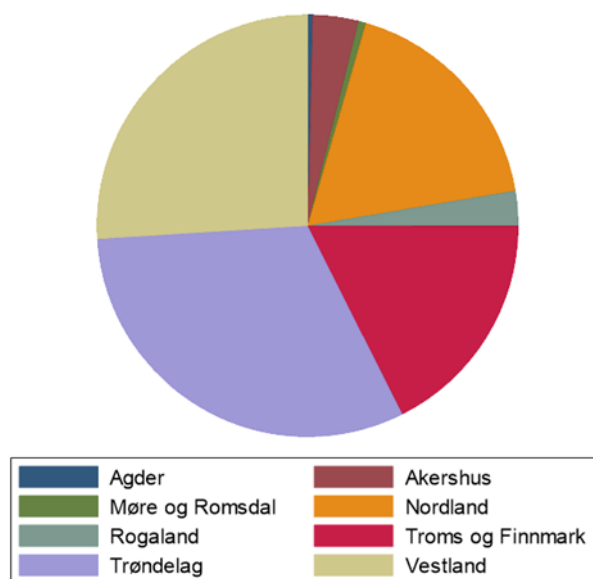
Fylkene melder om flere utfordringer forbundet med innfasingen av lav- og nullutslippsfartøy. Disse omfatter både tekniske utfordringer, bestillingskompetanse og finansiering av merkostnader. Blant tekniske utfordringer trekkes kommunikasjon mellom infrastruktur og fartøy og muligheter for tilstrekkelig nettoppgradering for å møte fartøyenes ladebehov fram som sentrale problemstillinger. Endringen i fartøyenes rekkevidde og bunkringsbehov oppleves også som utfordrende. Disse gir mindre fleksibilitet i gjennomføringen av ruteplanen og kan påvirke ruteproduksjonen negativt. Et eksempel på det sistnevnte er ruteendringer i *Byøyenesambandet* utenfor Stavanger etter at *Medstraum* ble satt i drift. Det har også vært teknologispesifikke utfordringer ved etableringen av batteribyttesløsninger til hurtigbåter og lokal motstand mot de store installasjonene som kreves for å ta i bruk denne teknologien.

Fylkene melder om at overgangen til nullutslippshurtigbåter øker kravene til deres egen kompetanse. Det skyldes at teknologiutviklingen har gått fort. Fra et driftsperspektiv kreves det et større fokus på driftsoppfølging, noe som gir et behov for fylkene å sette seg inn i fagfeltet selv. Et fylke nevner uenighet mellom leverandører av ny teknologi og fylkene om hva som faktisk er levert i henhold til kontrakt som et eksempel på nye krav til bestillingskompetanse for innkjøperne av hurtigbåttjenester.

Merkostnader knyttet til bruk av lav- og nullutslippsfartøy trekkes fram som en hovedbarriere, spesielt siden fylkenes budsjettammer i liten grad tar høyde for merkostnadene. Ett fylke melder om at fergebud er blitt avlyst fordi merkostnadene ved lav- og nullutslippsteknologi blir for høy. Det pekes på at ombygging av eksisterende fartøy til lav/nullutslippsfartøy har blitt dyrere enn ventet, samt at det er behov for mange lade/fyllepunkter i mer komplekse samband. Byggingen av større fartøy enn tidligere gir også press på brygge og merkostnader knyttet til utbygging av kai.

WP6 har utviklet et enkelt beregningsverktøy til å studere strategiske teknologivalg og tiltakskostnader i norske hurtigbåtsamband, for å gi kunnskap om forventede fordelingseffekter av et eventuelt krav til nullutslippstransport. Beregninger for 74 samband viser at hydrogen er best egnet for samband som operer rundturer på over 300 kilometer, men at batteriløsninger (lading eller batteribytte) er økonomisk gunstig for de fleste samband. De estimerte tiltakskostnadene per samband (dvs., merkostnadene ved å velge nullutslipp, sammenliknet med å benytte konvensjonelle drivstoff) varierer fra -399 til 32 965 kroner per tonn CO₂ spart, med et gjennomsnitt på 3 778 og median på 2 501 kroner per tonn. Disse beregningene ligger dermed over myndighetenes uttalte karbonpris på 2 000 kroner per tonn i 2030, og kan tyde på at krav til nullutslippsbåter ikke er kostnadseffektivt. Beregningene viser at andelen av totale tiltakskostnader vil være størst i Vestland, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark; jf. figur 2.7. Det skyldes både at disse fylkene har det største antallet samband per region, men også at gjennomsnittlige tiltakskostnader per samband er høyere i disse fylkene. Analysene tyder på at fylkene vil rammes ulikt av et krav til nullutslipp i norske hurtigbåtsamband, noe som igjen forventes å få

konsekvenser for finansieringen av fylkeskommunale tjenester gjennom inntektssystemet for fylkeskommunene.



Figur 2.7: Fordelingen av tiltakskostnader mellom regionene. Kilde: Rødseth mfl. (2024).

2.7 Oppsummering av hovedfunnene til ZEVS-prosjektet

Blant de viktigste funnene til ZEVS-prosjektet er at

- Energiforbruket til dagens passasjerbåter varierer betydelig: Rundt 70 prosent av de eksisterende fartøyene som har betjent minst en passasjerbåtrute i 2019 har et årlig forbruk på under 2 GWh per år, mens fartøyet med det høyeste forbruket har et årlig forbruk på over 12 GWh. Størstedelen av energiforbruket knytter seg til framdrift, og en betydelig andel av energiforbruket knytter seg til forflytning utenom ordinær rutedrift.
- Nullutslippsløsningene for passasjerfartøy som er vurdert i ZEVS-prosjektet – batterier med direkte lading, batteribytte-teknologi og hydrogenframdrift – er *teknisk* mulig å ta i bruk i alle norske samband forutsatt man tilpasser fartøyledesignet til energitettheten til de aktuelle energibærerne.
- Marintekniske analyser viser et større potensiale for å gjennomføre dagens ruter med nullutslippsteknologi uten bunkring underveis ved å ta i bruk hydrofoilteknologi i stedet for dagens katamaranfartøy.
- Kostnadsanalyse av landbasert lade- og fyllinfrastruktur viser at lokal hydrogenproduksjon og batteribytte er kostnadseffektive løsninger i områder med begrenset nettilgang. Batteribytte er også en effektiv løsning når det er krav til store effektuttak, f.eks. grunnet lite tid til landligge i dagens ruteplaner.
- Nullutslippsfartøy har kortere rekkevidde enn konvensjonelle fartøy, og innfasingen av grønne løsninger medfører betydelige investeringskostnader. Økte operatørkostnader innebærer at det samfunnsøkonomisk optimale tilbudet vil være «dårligere» ved bruk av nullutslippsfartøy kontra konvensjonelle fartøy. Nye rute-, frekvens- og bunkersplaner som tar utgangspunkt i fartøyenes kostnads- og energibegrensninger vil være nødvendig for å begrense merkostnader knyttet til innfasingen av nullutslippsfartøy. Dette omfatter også en helhetlig kollektivtransportplanlegging

og vurdering av mulighetene for å tilby alternativ kollektivtransport på hele eller deler av dagens hurtigbåtsamband.

- Fylkene identifiserer merkostnader ved nullutslippsbåter som den viktigste barrieren for å ta de i bruk. Innfasing av nullutslippsfartøy gir også mindre fleksibilitet i gjennomføring av fylkenes ruteproduksjon og stiller økte krav til deres bestillingskompetanse.
- En kostnadsminimeringsanalyse viser betydelige forskjeller i merkostnader ved innfasing av nullutslippsfartøy mellom sambandene og derigjennom mellom fylkene. Vestland, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark forventes å bære en stor del av merkostnadene knyttet til innfasing av nullutslippsbåter.
- Et hovedprinsipp i inntektssystemet for fylkeskommunene er finansieringsprinsippet, som bl.a. innebærer at kommunesektoren samlet skal kompenseres for anslåtte merutgifter som følge av nye oppgaver og endringer i regelverk, som eksempelvis et krav til nullutslippsbåter.

2.8 Erfaringer fra prosjektet Fremtidens Hurtigbåt

Prosjektet Fremtidens Hurtigbåt II er et samarbeidsprosjekt mellom fylkeskommunene Nordland, Trøndelag, Vestland og Troms og Finnmark som pågikk i perioden 2021-2024. Fylkeskommunene er prosjekteiere og har mottatt betydelig økonomisk støtte fra Klimasats for å gjennomføre prosjektet.

Prosjektet hadde som formål å legge til rette for utvikling av design for fremtidens hurtigbåt slik at oppdragsgivere, i etterfølgende kommersielle anskaffelser, kan etterspørre bygging og evt. drift av mer energieffektive fartøy og hydrogendrevne fartøy.

Fremtidens hurtigbåt skal ha høy fart, være energieffektiv og ha null klimagassutslipp.

Oppsummering løp 1 - Energieffektivt design:

- Prosjektet har dokumentert at hurtigbåter med nullutslipp kan ha vesentlig bedre energieffektivitet enn dagens hurtigbåter. Målsettingen har vært en forbedring på over 30 prosent. Alle 4 designene som var med i alle fasene av prosjektet oppnådde dette målet, og de beste designene med god margin.
- Forbedringen er primært oppnådd gjennom effektteknologier som løfter skroget helt eller delvis ut av vannet, enten ved luftputer (SES) eller foiler (hydrofoilbåter).
- Det kan være store variasjoner i energieffektivitet mellom design som bruker samme type effektteknologi. Man skal derfor ikke ta forgitt at hurtigbåter med foil eller SES-teknologi er energieffektive. Det er designet av "hele" båten som er avgjørende.
- SES og foilteknologi er spesielt energieffektive ved høye hastigheter. Hurtigbåtrutene bør som minimum ha seilingshastigheter over 25 knop og gjerne over 35 knop.
- Rekkevidde er en kritisk faktor for design av hurtigbåter med batterier. Enhver økning i rekkevidde medfører større og tyngre batterier, med høyere innkjøpskostnader og lavere energieffektivitet.
- Rekkevidde på 40-50 nautiske mil for hurtigbåter med passasjerkapasitet på opptil 180 passasjerer synes å være realistisk med dagens batteriteknologi.
- Tid til lading i havn er også en viktig faktor. Som tommelfingerregel bør man ha 30 minutter for å lade batteriene og ladeeffekten bør være rundt 2 MW. Batteribytte er et alternativ, men dette gir andre utfordringer.

- Elektriske hurtigbåter må designes for spesifikke ruter både hva hastighet, rekkevidde, PAX og bølgeforhold angår. Dette er en stor endring i forhold til diesalbåter som har mye større fleksibilitet.

Oppsummering løp 2 – Hydrogendesign:

- Leverandørene av hydrogendesign har utviklet eller optimalisert skrog som er designet for fremdrift der kraften kommer fra brenselceller som driver vannjetmotorer. Begge design har benyttet SES – teknologi.
- Begge leverandørene har levert konsepter for fartøyer som tar 275 passasjerer og har en rekkevidde på rundt 160 nautiske mil og fart opp mot 40 knop, iht. prosjektets kravspesifikasjon. Dette er det bare dieseldrevne fartøyer som kan konkurrere med i dag.
- Sjøfartsdirektoratet som godkjenningssinstans vært involvert i flere sikkerhetsgjennomganger med selskapene. Dette har munnet ut i designenes endelige utforming både for skrog og fremdrift. Begge leverandører har oppnådd foreløpig sikkerhetsgodkjenning gjennom alternativ designprosess.

For mer informasjon om de ulike konseptene finnes de offentlige rapportene fra prosjektet tilgjengelig på Trøndelag fylkeskommunes hjemmesider: <https://www.trondelagfylke.no/vare-tjenester/samferdsel/utviklingsprosjekter/fremtidens-hurtigbat/>.

3 Implementering

I dette kapitlet synliggjør vi konsekvenser av et nullutslippskrav i hurtigbåtnæringen, både i form av hvor raskt miljøpolitikken kan virke og hvilke økonomiske konsekvenser den forventes å medføre. Dette er sentralt i forhold til finansieringsprinsippet, som innebærer at kommunesektoren samlet skal kompenseres for anslåtte merutgifter som følge av nye oppgaver og endringer i regelverk.

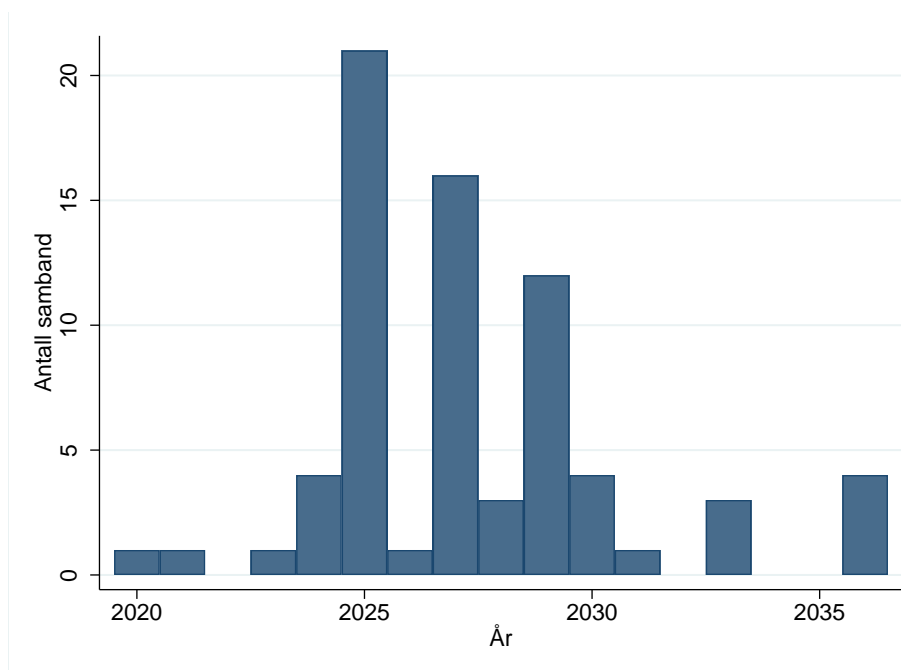
3.1 Tidslinje for nullutslippskravet

Vi legger til grunn at et nullutslippskrav kun vil omfatte nye anbud. For å belyse hvor raskt et nullutslippskrav vil virke har vi hentet inn informasjon om anbudsperioder for passasjerbåter fra Kollektivtransportforeningens markedsoversikt og bedt fylkeskommunene om å kvalitetssikre oversikten. På bakgrunn av denne informasjonen har vi laget en oversikt over antall samband som

- allerede har innført nullutslippsteknologi
- må fornye sin kontrakt med operatør i de kommende årene

Oversikten legger til grunn at alle opsjoner på forlengelse av eksisterende kontrakt utnyttes, og at det dermed ikke vil skje en kontraktendring før siste opsjon er utnyttet.

Figur 3.1 viser at de fleste av passasjerbåtkontraktene skal fornyes i løpet av 2025, 2027 og 2029. Det innebærer at en snarlig innføring av nullutslippskravet kan bidra til å kutte utslippene fra majoriteten av norske samband innen 2030. Samtidig vil det å utsette innføringen av kravet kunne lede til betydelige forsinkelser i sambandenes utslippsreduksjon: Kollektivtransportforeningens markedsoversikt viser at dagens kontrakter har en gjennomsnittlig varighet på 8 år. Dersom eksisterende kontrakter forlenges fra 2025 med dieseldrift og med samme varighet som tidligere kontrakter innebærer det at innføringen av et ev. nullutslippskrav om noen år kan lede til at brorparten av utslippskuttene ikke kommer før midten av 2030-tallet, og at hurtigbåtsektoren dermed ikke bidrar til oppnåelse av Norges klimaforpliktelser innen 2030.



Figur 3.1: Antall samband som har innført nullutslippsteknologi eller må fornye kontrakten, per år. Kilde: Kollektivtrafikkforeningens markedsoversikt og kvalitetssikring av fylkeskommunene.

3.2 Kostnader ved nullutslippskravet

Miljødirektoratet har anslått tiltakskostnader for nullutslipp på hurtigbåtsamband. *Tiltakskostnad* er forholdet mellom kostnader og utslippsreduksjon, formulert som kroner per tonn CO₂-ekv. redusert. I denne analysen definerer vi tiltakskostnad som fylkeskommunens merkostnad for nullutslipp sammenlignet med drift på fossile drivstoff. Denne typen tiltakskostnad er relevant for eksempel med tanke på størrelsesordenen for økonomisk kompensasjon for et eventuelt krav.

Metode

Vi estimerer tiltakskostnad for elektrifisering av hvert enkelt hurtigbåtsamband der vi har estimat på energibehov og utslipp. Energibehovet sammen med ruteplanen er dimensjonerende for batteristørrelse og ladeeffekt, og dermed investeringskostnader på fartøy og kai.

Kostnadene ved overgangen til nullutslipp for et hurtigbåtsamband avhenger svært mye av det spesifikke ruteopplegget: Dette omfatter hvor lange overfartene er, hvor lenge fartøyet ligger til kai for lading, hvor mange turer i løpet av dagen m.m. De ulike kostnadselementene er i analysen beregnet slik:

- Investeringskostnad for batterifartøy er estimert fra dimensjonerende batteristørrelse samt et generelt påslag for batterielektrisk fartøy
- Kostnader for ladeanlegg er estimert med enhetskostnader per installert effekt, der ladeeffekten er basert på energibehov per overfart og antatt liggetid ved kai.
- I tillegg kommer nettoppgraderingskostnader. Disse er svært avhengige av lokale forhold, og er ikke generelle. Basert på gjennomsnittsverdier oppgitt i DNV GL (2020) sin rapport om merkostnader for ferjesamband har vi lagt til grunn at nettoppgraderingskostnadene er lik 50 % av kostnadene for ladeinfrastruktur.
- Drivstoffpris, strømpris og CO₂-avgift for 2024 er anslått basert på Miljødirektoratet (2024)

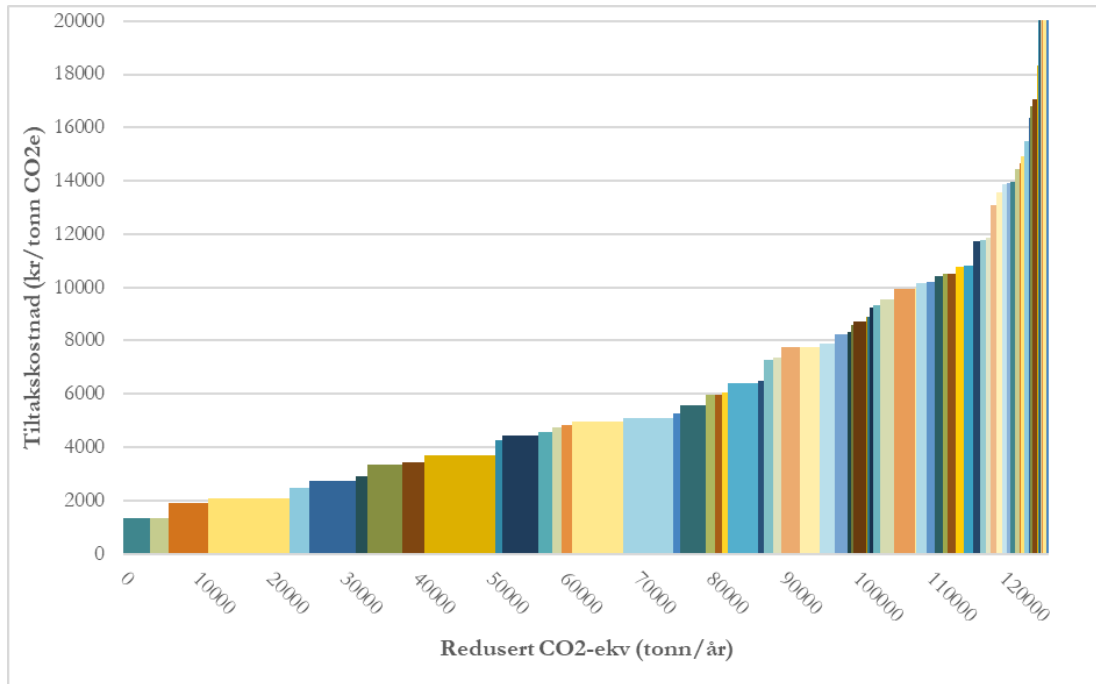
Mange av detaljene på sambandsnivå fanges ikke opp i den enkle modellen vår. Estimaten er derfor best egnet til å gi en pekepinn om størrelsesorden og spredning av tiltakskostnader for de ulike sambandene. Det ville være betydelig mer tidkrevende å beregne disse i detalj.

Resultater

Analysen til Miljødirektoratet omfatter 72 samband. Dette er ikke alle hurtigbåtsambandene i landet, men analysen dekker brorparten. Samlet årlig merkostnad for nullutslippsløsninger på alle samband er 740 millioner kroner. Litt over halvparten av investeringskostnadene er knyttet til bunkringsinfrastruktur, mens det resterende er fartøyinvesteringer. Samlet tiltakskostnad er omtrent 6 000 kr/tonn CO₂-ekv. Det er verdt å merke at analysen ikke tar hensyn til den tidsmessige innfasingen av nullutslipp, som heller vil skje gradvis i takt med oppstart av nye kontrakter. Resultatet er da et "øyeblikksbilde" av samlede merkostnader for nullutslipp på alle sambandene.

Merkostnadene vil trolig være høye i en overgangsperiode. Oppskalering av nullutslipp i store deler av flåten vil øke tilgjengeligheten av nullutslippsfartøy og infrastruktur, noe som kan gi lavere kostnader i fremtidige kontrakter.

Figur 3.2 viser reduserte utslipp og tiltakskostnadene per samband, sortert etter økende tiltakskostnad fra venstre mot høyre. Bredden på søylene viser utslippsreduksjonen og høyden viser tiltakskostnaden. Spennet i tiltakskostnader er stort, fra rundt 2 000 til over 20 000 kr/tonn CO₂-ekv. Rundt to tredeler av utslippet (rundt 80 000 tonn) kan reduseres med tiltakskostnader under 6000 kr/tonn CO₂-ekv. Sambandene med de høyeste tiltakskostnader er typisk samband med lav utslippsreduksjon grunnet relativt lav ruteproduksjon: I slike tilfeller oppnås mindre gevinster - i form av energibesparelser og utslippsreduksjoner – sammenliknet med de investeringene som gjøres.



Figur 3.2: Tiltakskostnader for alle analyserte samband, med akkumulerte reduserte utslipp langs den horisontale akse.

Usikkerheter og sammenligning med andre estimater

Analysen er forenklet og reflekterer ikke alle detaljer på sambandsnivå. Vi nevner noen momenter som bidrar til usikkerhet:

- Miljødirektoratet har ikke hatt tilgang til kvalitetssikrede data om dagens energiforbruk og utslipp for sambandene – dette er for det meste estimert med AIS-baserte modeller (AISEEM og Havbase, nå MarU).
- Kostnadsantagelser for nettoppgradering og ladeinfrastruktur er særlig usikre, da det er begrenset med erfaringsdata.
- Liggetid for lading er så langt som mulig anslått fra eksisterende ruteplaner. Vi har ikke vurdert andre ruteopplegg, som kan øke liggetider og redusere kostnader.

Selv om mer presise estimater for enkelt-samband må gjøres gjennom mer detaljerte vurderinger, er det store spennet i tiltakskostnader trolig reelt. Dette er også et funn fra andre analyser:

Blant prosjektene som har fått tilsagn gjennom hurtigbåtprogrammet i Klimasats, er det for eksempel et spenn fra 2 000 til 15 000 kr/tonn CO₂.

I en analyse utført av Menon (2023) er tiltakskostnaden for nullutslippshurtigbåter anslått å ligge i spennet 3 000 - 18 000 kr/tonn CO₂. Disse tallene er i stor grad basert på studien til Havre mfl. (2022) som gjør detaljerte beregninger av tiltakskostnader for hurtigbåtsamband i Florø og Stavanger. Studien til Havre mfl. (2024) finner en tiltakskostnad på 100 kroner per passasjer for sambandet i Florø.

Studien til Berg mfl. (2023) av alle hurtigbåtsambandene i Nordland viser et spenn på 0 – 30 000 kroner per tonn CO₂ per samband, med en gjennomsnittskostnad på 13 000 kroner per tonn.

Studien til Rødseth mfl. (2024) i WP6 finner tiltakskostnader fra -399 til 32 965 kroner per tonn CO₂ spart, med et gjennomsnitt på 3 778 og median på 2 501 kroner per tonn.

De store variasjonene følger av at sambandene er svært ulike med tanke på eksempelvis seilingslengder, oppholdstid ved kai og antall turer. Samlet viser studiene at tiltakskostnadene overstiger myndighetenes annonserte pris på CO₂ på 2 000 kroner per tonn i 2030.

Referanser

- B. L. Flotve & Farstad, E. (2023) Transportytelser i Norge 1946-2022, TØI-rapport 2003/2023.
- Berg, V.M., Borgmo, A.K., & Opheim, S.S. (2023). Strategic planning for optimal zero-emission passenger vessel services. Mastergradsoppgave, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet. Veiledere: Kjetil Fagerholt og Kenneth Løvold Rødseth. En artikkel basert på oppgaven er til fagfelleevaluering i Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.
- DNV GL (2020). Merknader som følge av lav- og nullutslippsløsninger i fylkeskommunale ferjesamband.
- Godø, J.M. & Steen, S. (2023). An Efficient Method for Unsteady Hydrofoil Simulations, based on Non-Linear Dynamic Lifting Line Theory. Ocean Engineering 288, p.116001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116001>
- Godø, J.M., Steen, S. & Barrett, D., Triantafyllou, M.S. (2024a). Active wave energy extraction by hydrofoil vessels through deep reinforcement learning-based flight control. Ocean Engineering 312, p.119236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119236>
- Godø, J.M., Steen, S. & Faltinsen, O.M. (2024b). A resistance model for hydrofoil fast ferries with fully submerged foil systems. Ocean Engineering 301, p.117503. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117503>
- Godø, J.M., Steen, S. & Faltinsen, O.M. (2023). An Efficient Method for Design and Powering Prediction of Fast Slender Catamarans. Ocean Engineering 286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.p.115589>
- Godø, J.M., Thorne, R., Sundvor, I. & Steen, S. (2024). Zero-Emission Fast Ferries: The Technical Feasibility of Conventional and Hydrofoil Vessels. Applied Energy. Under review.
- Havre H.F., Lien U., Ness M.M., Fagerholt K., & Rødseth K.L. (2022). Cost-effective planning and abatement costs of battery electric passenger vessel services. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 113, 103495.
- Havre H.F., Lien U., Ness M.M., Fagerholt K., & Rødseth K.L. (2024). Network design with route planning for battery electric high-speed passenger vessel services. European Journal of Operational Research, 315, 102-119.
- IPCC (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: [10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001)
- Kommunal- og distriktsdepartementet (2020). Statlig styring av kommuner og fylkeskommuner
- Kommunal- og distriktsdepartementet (2024). Rapport fra Det tekniske beregningsutvalg for kommunal og fylkeskommunal økonomi. Rapport, juni 2024.
- Lunder, Trond Erik m.fl. (2022). Forslag til nytt inntektssystem for fylkeskommunene fra 2024. Rapport fra ekspertutvalg.
- Menon (2023). Fylkeskommunale kostnader ved nullutslippskrav for ferger og hurtigbåter
- Miljødirektoratet (2024). Klimatiltak i Norge - kunnskapsgrunnlag 2024.
- Najjaran, S. & Skjetne, R. (2024a). Multi-Horizon Model Predictive Control for Energy Management in Zero-Emission High-Speed Passenger Vessels." IOP Publishing, J. Phys.: Conf. Ser. Vol.2867, p.012007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2867/1/012007>

Najjaran, S. & Skjetne, R. (2024b). Nested Optimal Energy Scheduling and Power Allocation for Zero-Emission High-Speed Passenger Vessels. Ocean Engineering. Under review.

Najjaran, S., Skjetne, R. & Godø, J.M.K. (2023). Optimal Energy Management for Zero-Emission High-Speed Passenger Vessels. Int. Conf. Offshore Mech. Arctic Eng., Vol. 86878, p. V005T06A036. DOI: <https://doi.org/10.1115/OMAE2023-104731>

Najjaran, S., Thorne, R.J., Sundvor, I. & Skjetne, R. (2024). Preliminary title: Feasibility Study of Zero-Emission High-Speed Passenger Vessels Using Nested Optimal Energy Scheduling and Power Allocation. Under preparation.

NOU 2022. 10 Inntektssystemet for kommunene.

Regjeringen (2024). Regjeringens klimastatus og -plan. Særskilt vedlegg til Prop. 1 S (2024–2025). URL: [Regjeringens klimastatus og -plan](#)

Rødseth K.L., Fagerholt K., & Proost S. (2023). Optimal planning of an urban ferry service operated with zero emission technology. Maritime Transport Research, 5, 100100.

Rødseth, K.L., Dong, B., Aarhaug, J. & Proost, S. (2024). Technical and economic feasibilities and distributional effects of zero emission requirements for passenger vessels. Under preparation.

Tveter, E., Rødseth, K. L., Rødal, J. H., Hoff, K. L. & Thune-Larsen, H. (2020) Forslag til nye kriterier for båter i inntektssystemet for fylkeskommunene, Møreforskning-rapport nr. 2003.

TØI er et anvendt forskningsinstitutt som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet driver forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, bøker, seminarer, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, ITS, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transportbehov og generell transportøkonomi. Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forskningssamarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeidere og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Postboks 8600 Majorstua
0349 Oslo
Norge

E-post: toi@toi.no

Kontoradresse:

Forskningsparken
Gautstadalléen 21

Hjemmeside: www.toi.no

