



UiT Noregs arktiske universitet

Til lands, til vanns, og i luften med

Bærekraft og miljøgevinst gjennom autonome elektriske fartøy

Raymond Kristiansen og Bjarte Hoff

*Professor og førsteamanuensis
Institutt for elektroteknologi*

UiT
NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET



Vi skal bruke vår sentrale beliggenhet i nordområdene, vår faglige bredde, og vår tverrfaglige kompetanse til å møte fremtidens utfordringer.

Troverdighet, akademisk frihet, nærhet, kreativitet og engasjement skal prege forholdet mellom ansatte, mellom ansatte og studenter og mellom UiT og samarbeidspartnere.

uit.no

UiT Norges arktiske universitet
Postboks 6050 Langnes
9037 Tromsø
postmottak@uit.no
Sentralbord: 77 64 40 00

Drivkraft i nord
Strategi for UiT mot 2022





FNs BÆREKRAFTSMÅL

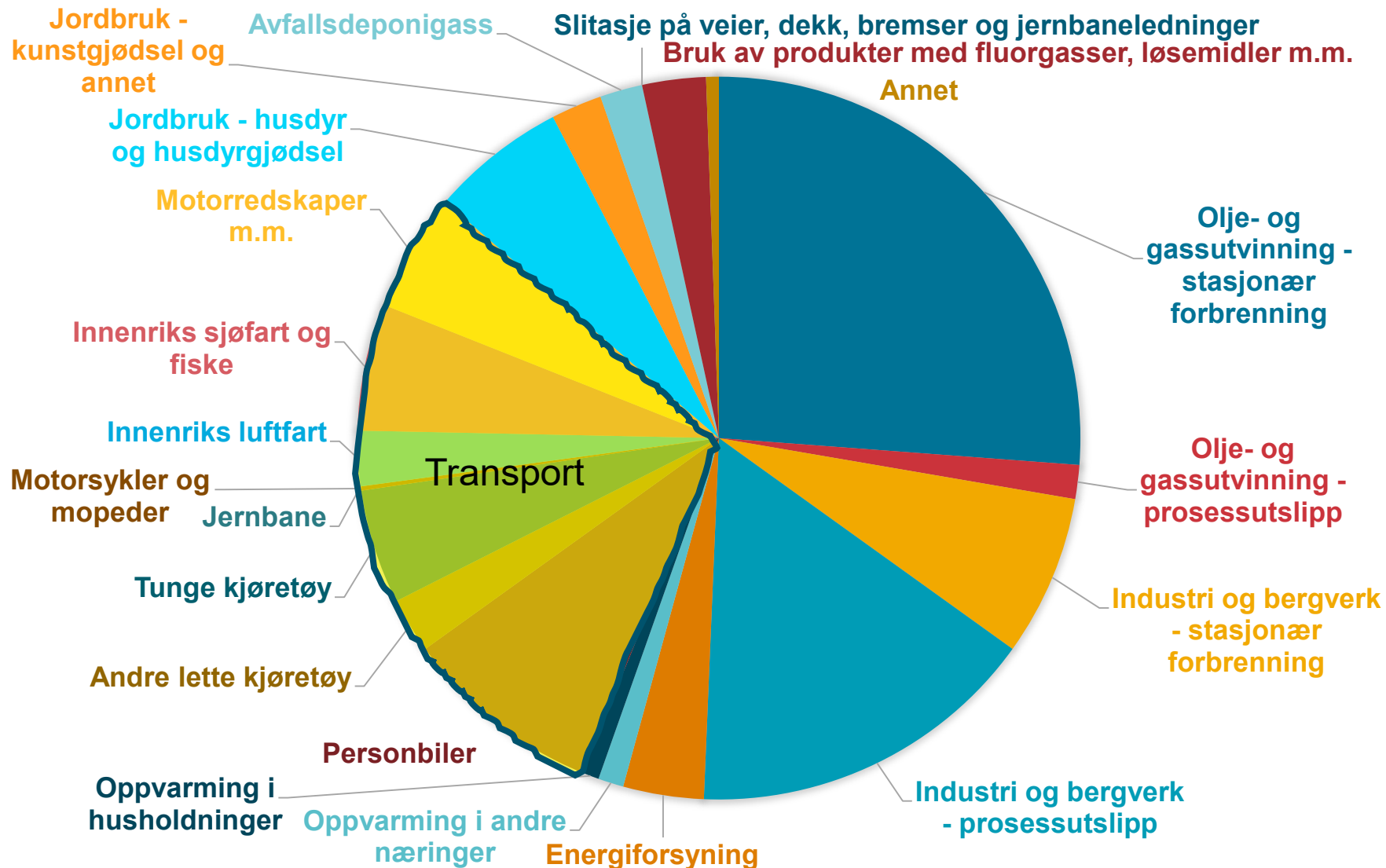


Elektrisk transport er ikkje noko nytt

- Oppfinnaren Thomas Parker –
Første elbil i produksjon i 1884 av
Elwell-Parker Company
- Første tyskproduserte elbil i 1888
av Andreas Flocken
- Første amerikansk elbil i 1891 av
William Morrison



Utslepp til luft 2017

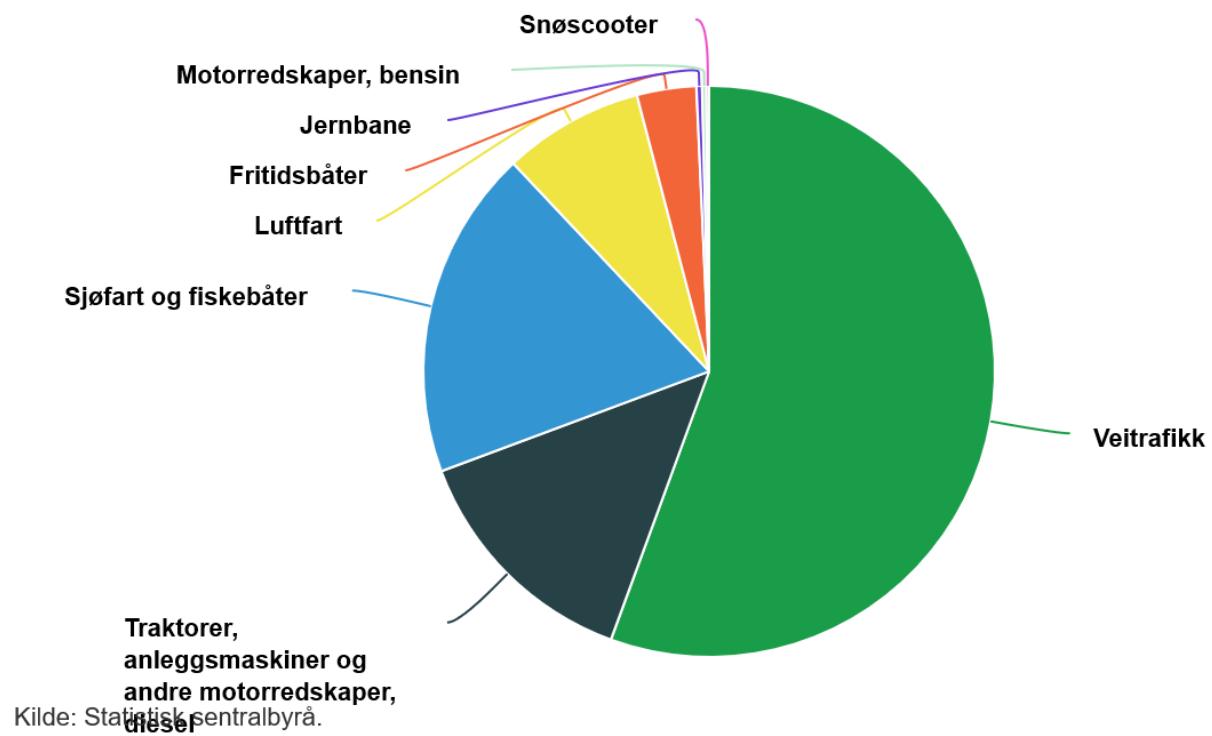


CO2 equivalentar
(untatt utanriks luftfart og sjøfart)

Kjelde: Statistisk sentralbyrå

Utslepp frå transport

Figur 3. Klimagassutslipp etter transportkilder¹. 2017. 1 000 tonn CO₂-ekvivalenter



Elektrisk drift i maritim sektor

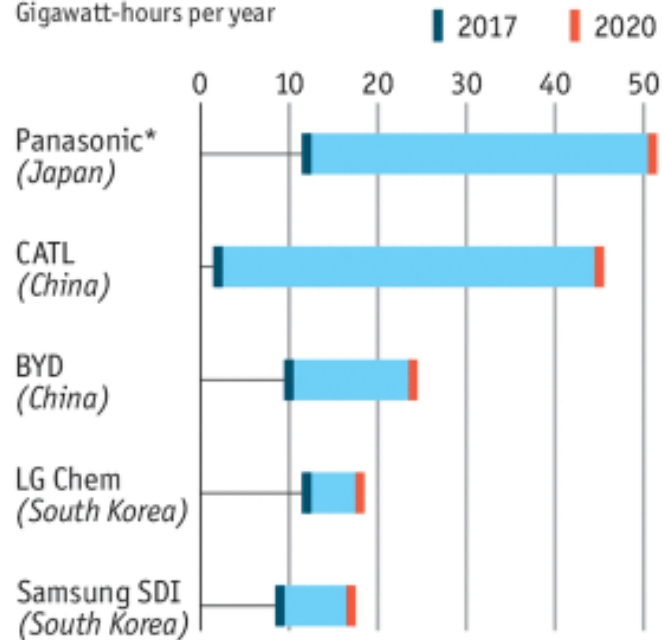


- Ein stegvis overgang via diesel-elektriske fartøy
- Forskjellen er om energien kjem frå dieselgenerator eller batteri

Prisreduksjon på batteri (for elbil)

Electric dreams

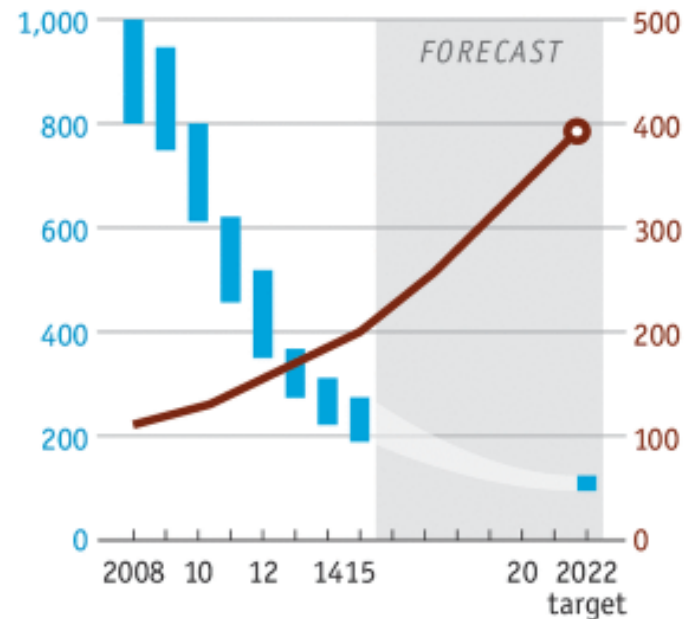
Manufacturing capacity
Gigawatt-hours per year



Sources: Cairn ERA; US Department of Energy

Economist.com

Battery cost
Worldwide, \$/kWh



*Includes Tesla gigafactory

Verdas første heilelektriske ferje



Bilde: Norled

- Produsert på Fjellstrand AS for Norled
- Elektrisk framdriftssystem av Siemens
- Batteri på 1040 kWh
- Overfart på 20 minuttar brukar 130 – 200 kWh

Utviklinga innan elektriske ferjer



- Verdas første elferje i 2015: Ampere
- Teknisk Vekeblad: 60 ferjer med batteri i 2021
- Statens Vegvesen: 71 ferjer med batteri i 2022, redusert utslepp tilsvarende 150 000 bilar
- Regjeringa: Alle (200) bilferjer på straum innan 2025
- I tillegg er det biodrivstoff og hydrogen

Oppdrettsnæringa blir elektrisk



Illustrasjon: ABB



[Sea trial movie](#)

- HMS:
- Ingen dieseleksos
- Redusert støy
- Mindre vibrasjonar

Miljø:

- Ingen lokale utslepp av CO₂
- Ingen NOX utslepp

Dieselbåt vs. GMV Zero (6.0)



Konvensjonelt fartøy

Fremdriftslinje	Dieselmotor, gir, eksos og vribart propellanlegg
Energilager	Dieseltanker (4000 liter)
Hydraulikkpumpe	Hydraulikkpumpe drevet av dieselmotor
Støy	Kontinuerlig motorstøy
Luftforurensning	Årlig utslipp av 110 tonn CO2 og 1100 kg NOx
Driftsøkonomi	Kostnader for drivstoff og vedlikehold
Rekkevidde	660 nautiske mil ved 12 knop



Batterielektrisk fartøy

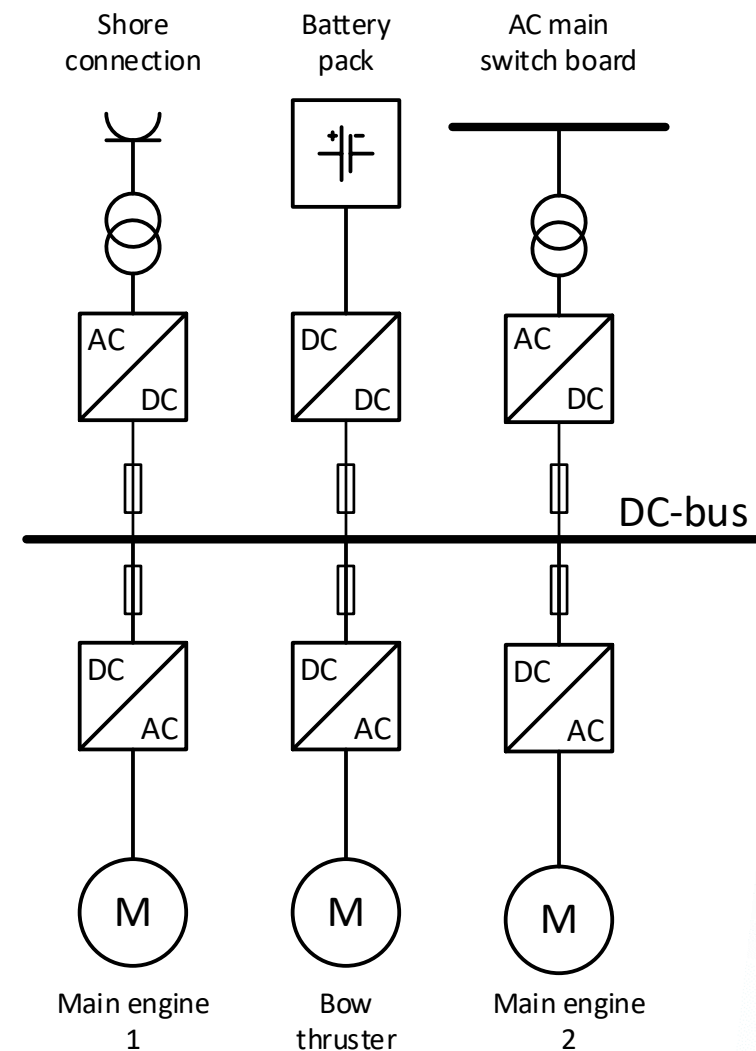
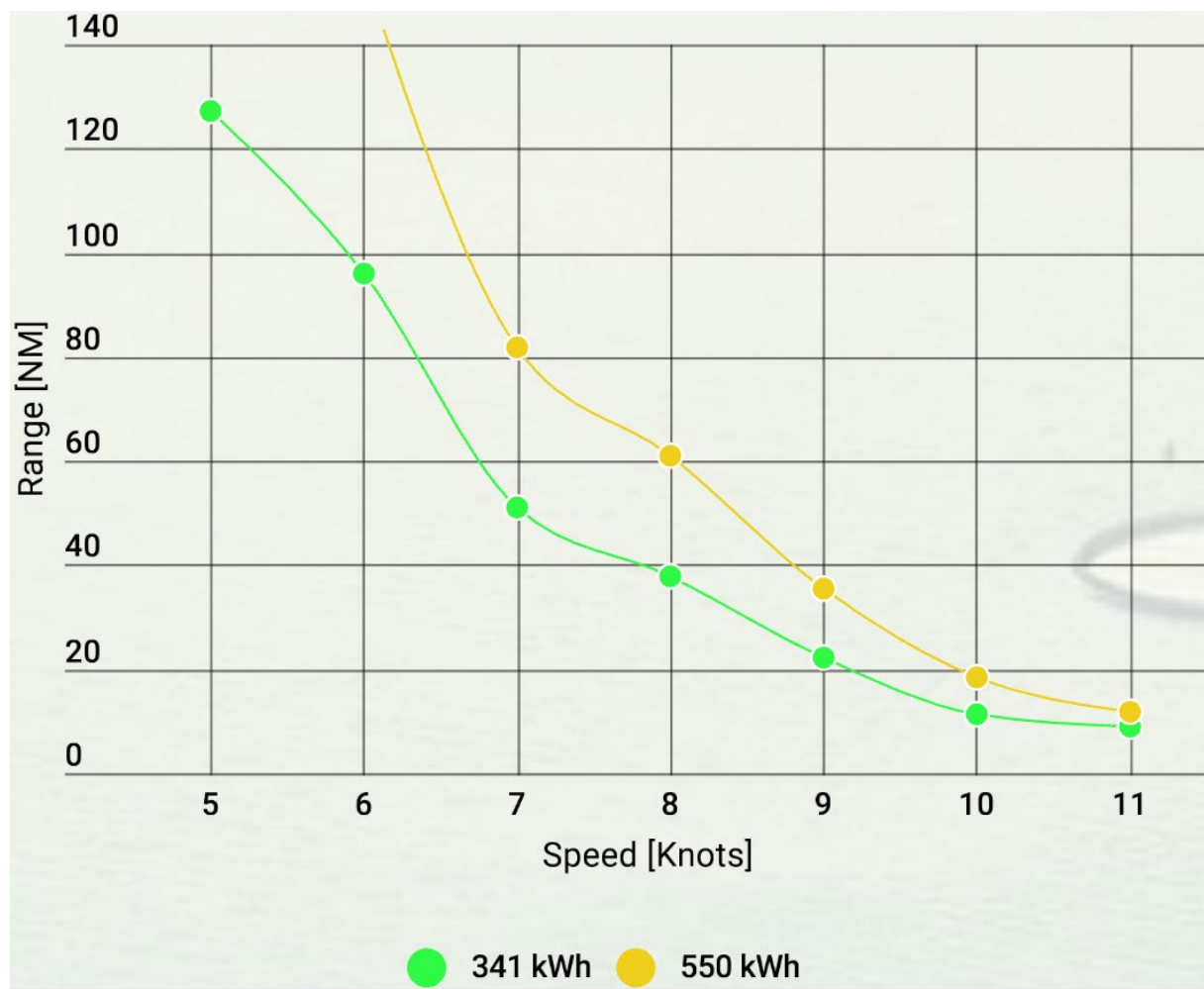
Fremdriftslinje	Elekromotor, frekvensomformer og fast propell (elektromotoren endrer rotasjonsretning ved reversering)
Energilager	Batteripakke (341 kWh / 6m3)
Hydraulikkpumpe	Hydraulikkpumpe drevet av elektromotor
Støy	Støyfritt arbeidsmiljø
Luftforurensning	Ingen utslipp
Driftsøkonomi	75% reduksjon i energikostnader og 90 % reduksjon i vedlikeholdkostnader
Rekkevidde	50 nautiske mil ved 8 knop

UiT var med å utvikla GMV Zero



- UiT utvikla EMS til GMV Zero (energy management system)

Typisk elektrisk framdrift på båt



Hybrid fiskebåt – «Angelsen Senior»



Strategisk satsing



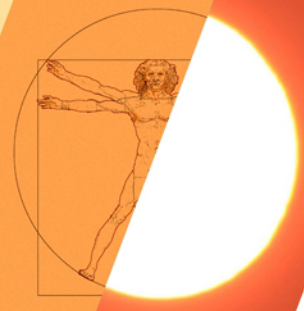
Ladeteknologi

for elektrifisert framdrift av
maritime fartøy og luftfart

- Eit-årig prosjekt finansiert av ARC – Arctic Center for Sustainable Energy
- Hovudmål: Identifisera framtidige forskings- og utviklingsmogelegheiter
- Besøk prosjektet si nettside for meir informasjon:
<https://site.uit.no/ladeteknologi/> eller <http://www.ladeteknologi.no>



ARCTIC CENTRE FOR
SUSTAINABLE ENERGY



Stor interesse for elbåt hos studentane

Søkte én til to – ansatte ni personer



LADING PÅ HJERNEN: BAK FRA VENSTRE: SURAJ TIMILSINA, JONAS NYSTAD, SIMON FJELLSTRÖM JENSEN, SHAMRAIZ KHAN, ABDALLA ALAAELDIN MAHMOUD ABDELLATIF. FORAN FRA VENSTRE: JEEWAN YOUSUF ADEEL. IKKE TIL STEDE: HAFEEZ ABOLADE OMOSANYA OG HENRIK FJELD NILSEN. FOTO: PRIVAT

UiT i Narvik søkte i utgangspunktet én til to forskningsassistenter til prosjekt. Etter stor interesse endte de opp med å tilsette hele ni.

Ladebehov og teknologi



Vessel	Battery capacity	Charging power	Charging solution
Karoline (Hybrid)	195 kWh	44 kW	63 A plug 400 V
Angelsen Senior (Hybrid)	270 kWh	50 kW 850 kW gen.	125 A 3~ 230 V
GMV Zero	350 kWh	2 x 87 kW	2 x 125 A plug 400 V
MF Folgefonn (Hybrid)	1000 kWh	1 MW	Inductive + NG3 plug
MF Ampere	1040 kWh	1.2 MW	ST.Pantograf Cavotec plug
MF Future of the Fjords	1800 kWh	2.1 MW	Cavotec plug
Color Hybrid	5000 kWh	7 MW	NG3 plug



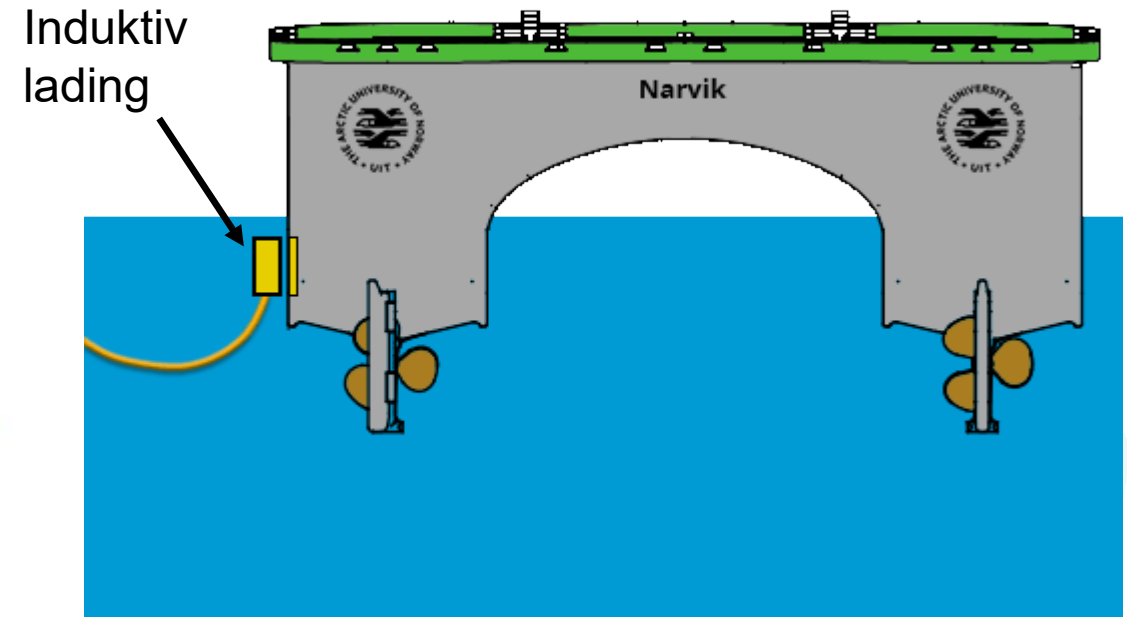
Induktiv (trådløs) lading



Illustrasjon: Henrik Fjeld Nilsen

- Mindre fartøy har større bevegelser ved kai enn f.eks. ferjer
- Utfordrande å posisjonera sende- og mottakarspole
- Fleire spolar i ei stripe kan vera ei løysing

Flytande ladepunkt



- Flytande ladepunkt kombinert med induktiv lading
 - Uavhengig av flo og fjøra
 - Unngår kompliserte og store system for posisjonering på kai

Elfly

Seter: 2

Batteri: 21 kWh

Motor: 60 kW

Cruise speed: 85 KIAS (157 km/h)

Flytid: ca. 1 time + 30min reserve (ca. 75 Nm, 139 km)

Driftskostnad: 15 kWh/h (bensinversjonen brukar 16 liter/h)



- Små elfly er på vei
- Ein kan anta flyene blir større ettersom teknologien og batterikapasiteten utviklar seg
- UiT har kjøpt inn to elfly til utdanninga på Bardufoss
- Avinor: Første el-rutefly kan vera på vengene i 2025

Kommersielle hybrid-fly under utvikling



E-Fan X (Airbus, Rolls-Royce, Siemens)

- I drift i 2022
- Estimert 30 % reduksjon i bruk av drivstoff

Kommersielle elfly under utvikling



Evation Alice

- Rekkevidde: 1000 – 1400 km
 - Hastighet: 482 km/h
 - Passasjerar: 9
 - Batteri: 900 kWh Li-ion
 - Motorar: 3 x 260 kW
-
- Planlagt prøvetur: 2019 (utsatt)
 - Introduksjon: 2021 - 2022

Elfly til privat bruk



FlyNano, elektrisk sjøfly under utvikling i Finland

- Seter: 1
- Hastighet: 120 km/h
- Batteri: 1,7 kWh
- Motor: 32 kW

- Seter: 2
- Hastighet: 240 km/h
- Batteri: 24 kWh
- Motor: 97 kW
- Rekkevidde: 1565 km (med hybrid diesel drift)

Verdens første elektriske amfibiefly

Med flyet Equator ønsker Tomas Brødreskift å gi flygere en sterkere følelse av å fly. Målet er å skape mer effektive maskiner og nye brukeropplevelser.

TEKST: LISE GRØNSKAR

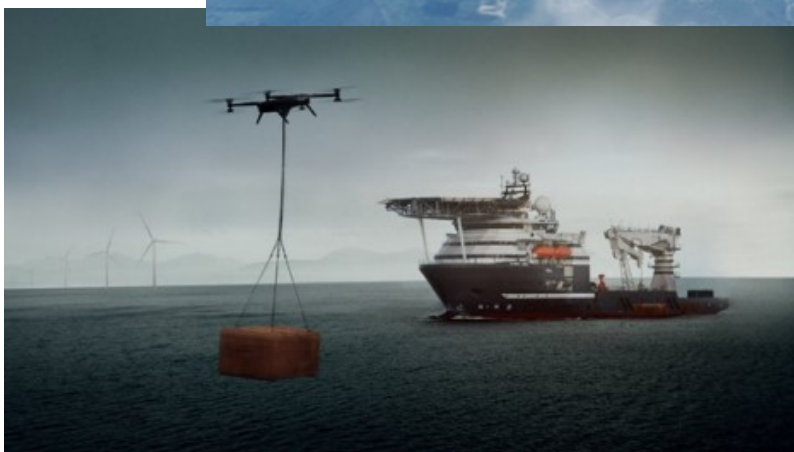


- Det eksistera og blir utvikla mange små fly til fritidsbruk



Fremtiden er autonom:

- Naturlig kombinasjon med elektrifisering gir utøkt miljøgevinst og bærekraft
- Betydelig forbedring i sikkerhet, pålitelig og transportkostnader



Autonomi på landjorda

- Personbiler og busser i kjente og ukjente omgivelser
- Godstransport med autonome vogntog og køkjøring (platooning)
- Mobile roboter for inspeksjon, transport og logistikk

https://www.youtube.com/watch?v=C8SH-U5_p5Q

https://www.youtube.com/watch?v=5iV_hB08Uns

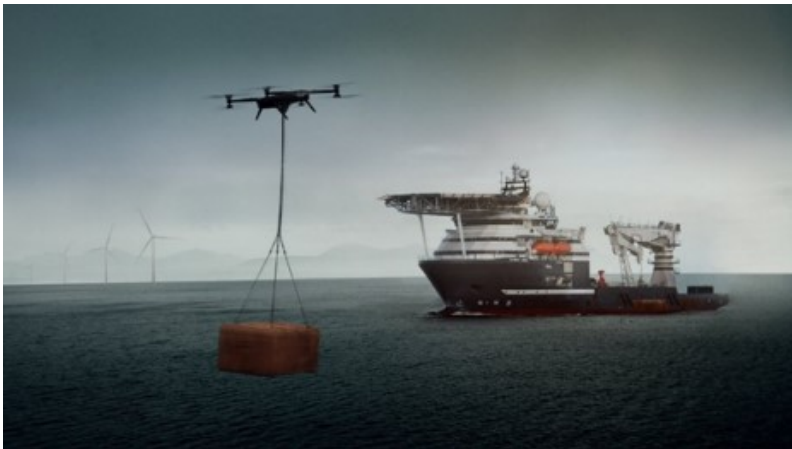


Autonome droner som allroundverktøy

- Mer enn bare bilder fra lufta
- Datainnsamler for inspeksjon og overvåkning
- Follow-me egenskaper for støtte på arbeidssted
- Mobil kran-funksjonalitet med mulighet for tunge og sikre løft
- Robotiserte operasjoner på steder med vanskelig tilgang

<https://www.youtube.com/watch?v=MvRTALJp8DM>

https://www.youtube.com/watch?v=jmKXCdEbF_E



Autonome skip

HIGHLIGHTS ▾



SAMFERDSEL.TOI

Autonome skip er på vei - Samferdsel

Autonom skipsfart er på full fart inn i norske farvann. Autonome skip vil gi reduserte transportkostnader i tillegg til miljøgevinster og sikkerhetsgevinster,

○ Visited



TU

Første skritt mot autonome skip: Fjord1-ferge på autopilot - Tu.no

Nytt automatisk styresystem skal redusere energibruk.

○ Visited



AFTENPOSTEN

Snart kan fergekapteinene slippe roret - Aftenposten

Snart kan fergekapteinene slippe roret.

○ Visited

Sjøulykker og hendelser (EMSA, 2017)

OVERVIEW OF KEY FIGURES

Key figures for the period 2011 - 2016



“In the 16539 marine casualties and incidents that happened from 2011 to 2016, the total number of ships involved was 18655.”

Figure 4: Number of ships involved in casualties

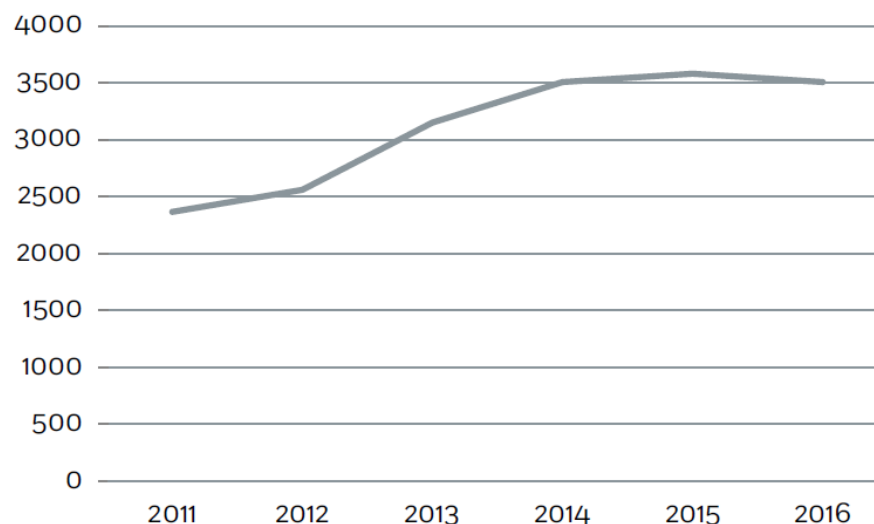
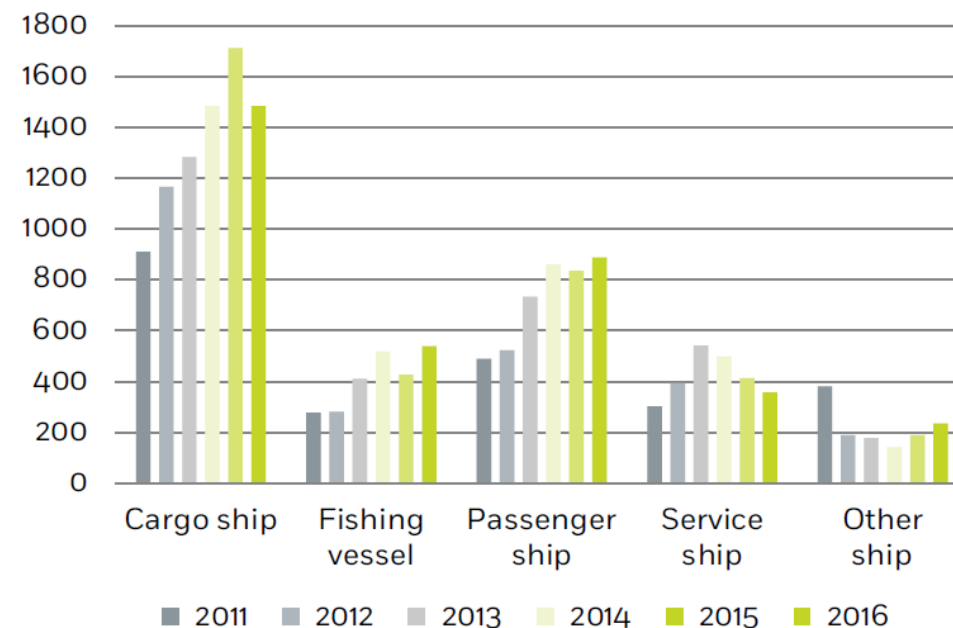


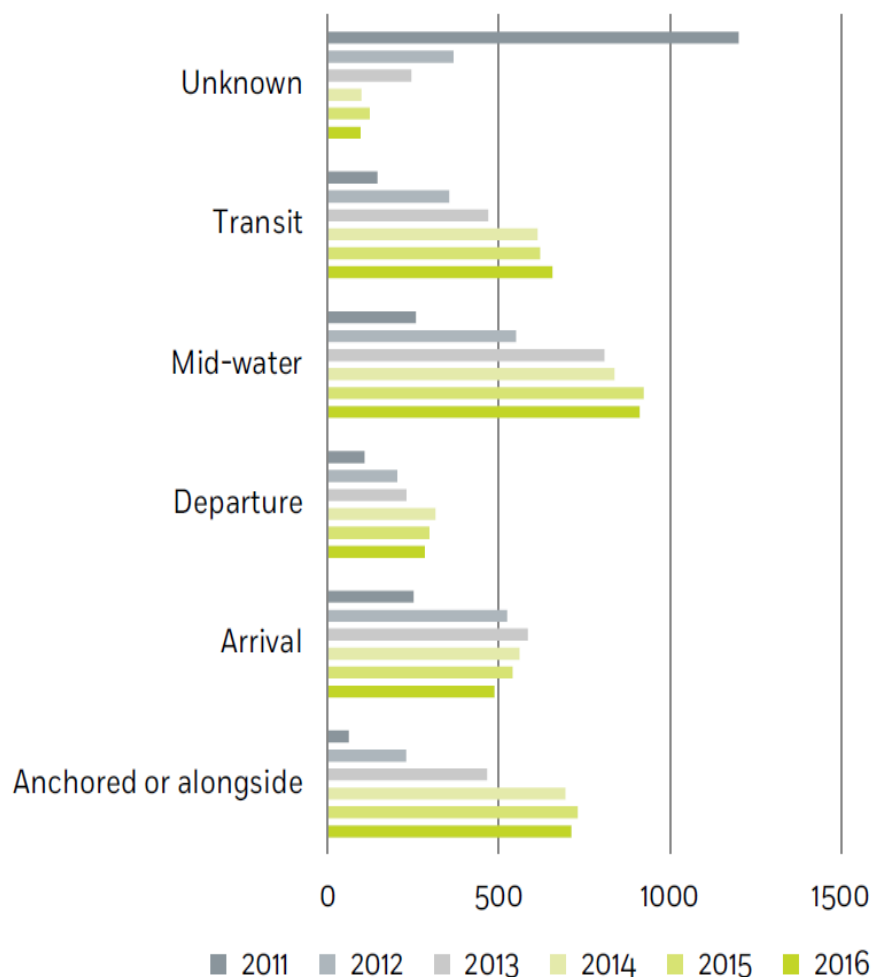
Figure 6: Distribution of ships involved by main category 2011-2016



“During the period 2011-2016, cargo ships were the main category involved (43%), followed by passenger ships (23%).”

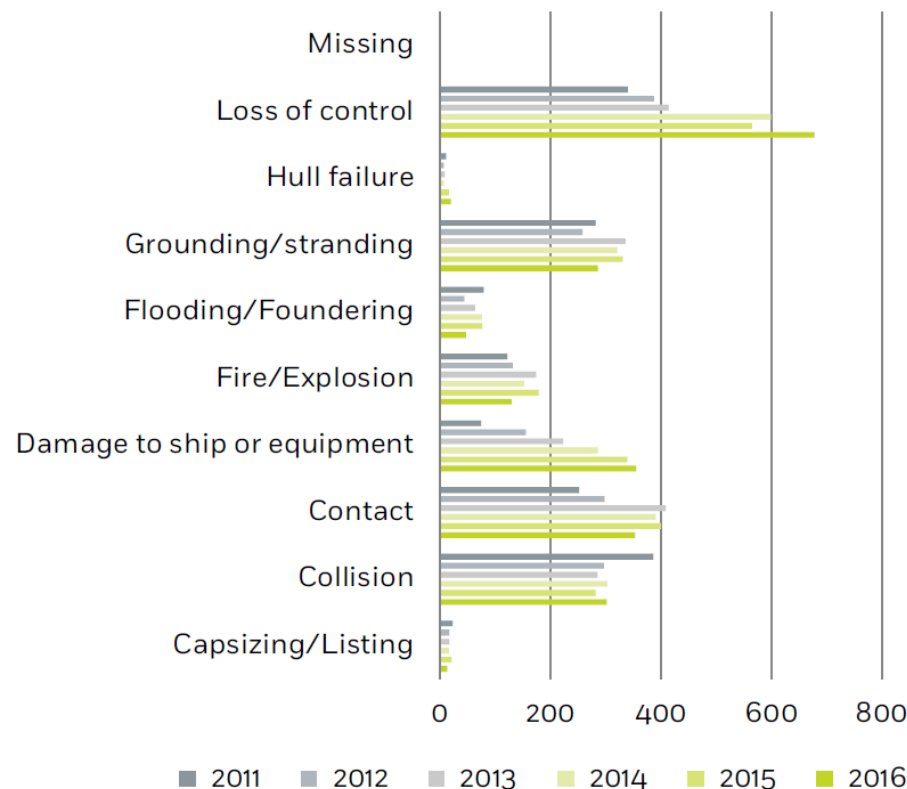
Sjøulykker og hendelser (EMSA, 2017)

Figure 16: Distribution of voyage segments



“While the departure is the safest segment (7%) for all types of ship, the “mid-water” is the least safe in general (26%).”

Figure 11: Distribution of casualty events with a ship



“The combination of contact (18%), collision (16%) and grounding/stranding (15.6%) shows that navigational casualties represent 50% of all casualties with ships.”

Forurensing, utslipp, ulykker

“Cargo ships are the worst”

Store fotavtrykk på miljø:

Ett containerskip forurensar like mye som
50 millioner biler

**Internasjonal shipping står for 2-3% av
menneskeskapte CO₂-utslipp**

Hvis shipping var eget land, ville det vært
den 6. største bidragsyter til globale utslipp
av CO₂

Havari gir store konsekvenser



Hva tjener vi på autonomi og elektrifisering?

Autonomi på sjøen har betydning for transportkostnader, miljø og sikkerhet. Rolls-Royce har beregnet at reduksjonen i transportkostnader på enkelte skipstyper kan være på opptil 30 %.

Reduserte bygge- og driftskostnader, positive miljøeffekter:

Ingen hotellseksjon, frigir plass til last, mindre behov for sikkerhetsutstyr, redusert energibehov, fornybar energi.

Økt transportsikkerhet gjennom fjerning av menneskelige feil

Lønnsomt med mindre skip med høyere frekvens, reduserer ledetid og logistikk-kostnader

Elektrisk drift gir miljømessig gevinst, lavere utslipp og redusert behov for vedlikehold



Og hva er utfordringene?

Krever betydelig endring i IMO regelverk:

Dokument for autonomi i skipsfart innen 2022

Endringer i nasjonale regelverk for nærskipsfart, forvaltet av Sjøfartsdirektoratet

Sjøfartsdirektoratet godkjenner nye skip og teknologiske løsninger

Nye krav til infrastruktur langs kysten og i sjøsikkerhetstjenesten:

Samhandling med autonome fartøy, nødslep, systemer for navigasjon og kommunikasjon, standardisering

Lite erfaring med autonome seilaser, tynt empirisk grunnlag for å vurdere ulykkesrisiko

Hacking, sårbarhet for terror/kapring

Teknologiske utfordringer, spesielt manøvrering og kommunikasjon



Og hvor ender vi opp?

Variabel grad av autonomi, fra fullautonome fraktesfartøy til semiautonome passasjerfartøy

Automatiserte tilknytningssystemer

Kommunikasjon som kombinasjon av automatisering og kunstig intelligens, beslutningsprosesser flyttes til land

Behov for ny type mannskap, flere kontrollfunksjoner



Yara Birkeland (Vard Brevik)

Elektrisk og autonomt containerskip

80 meter langt og 15 meter bredt med plass til ca 120 containere (108 20 TEU og seks 40 TEU), klar til testing første halvår 2020.

Erstatter 40.000 årlige vogntogturer med gjødsel fra Herøya til Brevik/Larvik, samlet distanse rundt 1 million kilometer med CO2-utslipp på 750 tonn.



Gradvis testing, fra brocontainer til overvåkning fra kontrollrom på land

Nattseilas i 6-7 knop, tilpasset Brevikstrømmen. Fullastet med 120 containere, er effektbehovet på kun 110 kW, tilsvarende to 70 HK påhengsmotorer ved 6,7 knop.

Automatisert antikollisjon og fortøyingssystem

<https://www.youtube.com/watch?v=Y4RTJpxz9hM&feature=youtu.be>

Autocrossing (Rolls Royce)

Fjord 1 skal krysse fjorden automatisk med 16 av sine ferger, mens Fosen Namsos Sjø har bestilt autocrossingsystemet fra Rolls-Royce til to av sine ferger.

Basert på fergenes sensorer, navigasjon, framdriftssystem med propellstyring.

Energieffektivitet: Optimalt pådrag og hastighet, optimal kurs

Automatisert seilas, men manuell operasjon mot/fra kai (med inkluderte sikkerhetsfunksjoner)



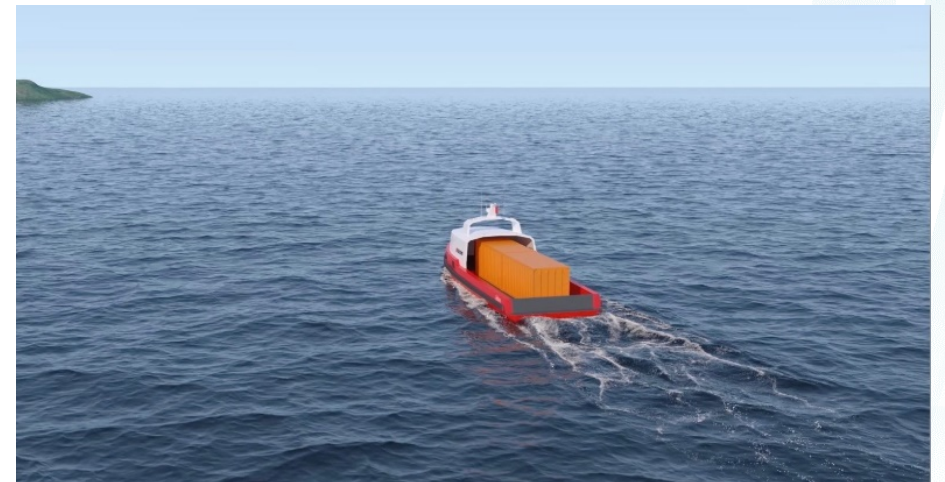
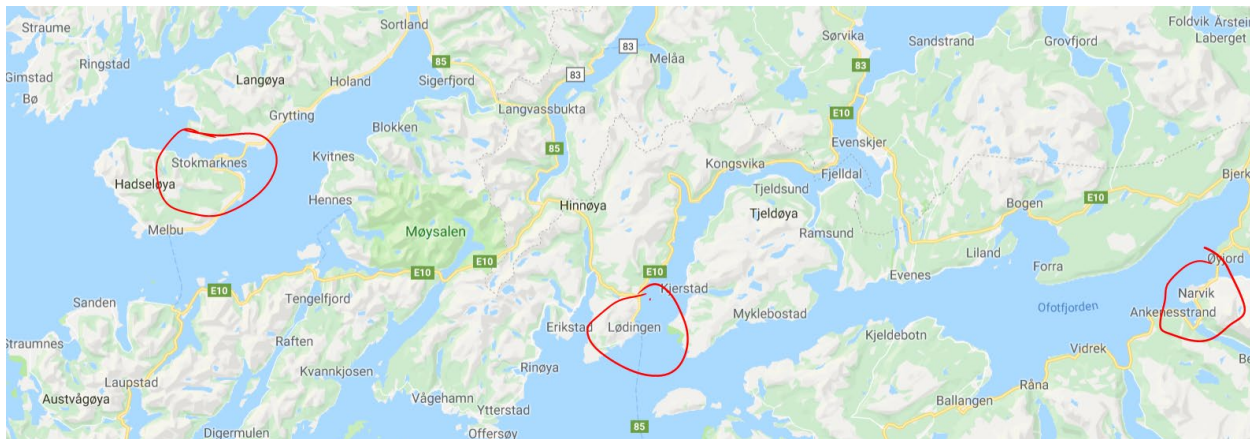
Autonom godstransport (Rakuten)

Autonom løsning for flytting av gods fra vei til sjø

Store containerskip for frakt over større avstander, kombinert med mindre båter for last mile distribusjon

Kan brukes for transnasjonal transport, men også godt alternativ for regional transport

<https://www.youtube.com/watch?v=m417W8JncCQ>



MilliAmpere – autonom miniferge i Trondheim



Verdens første førerløse passasjerferge, 10 meter lang og 3,5 meter bred

Fast krysning med inntil 12 personer mellom Ravnkloa og Vestre Kanalhavn i Trondheim.

Automatiserte dokkingstasjoner med ladekapasitet ved av/påstigning

Kort avstand og kjente omgivelser, men utfordring i pålitelig antikollisjonssystem

Autodock



Automatisert kailegging

Fra beslutningsstøtte til full autonomi

Automatisering av slepebåtoperasjoner;
instrumentering og teknologisk infrastruktur;
elektrifiserte støttebåter;
teknologi for havnelogistikk

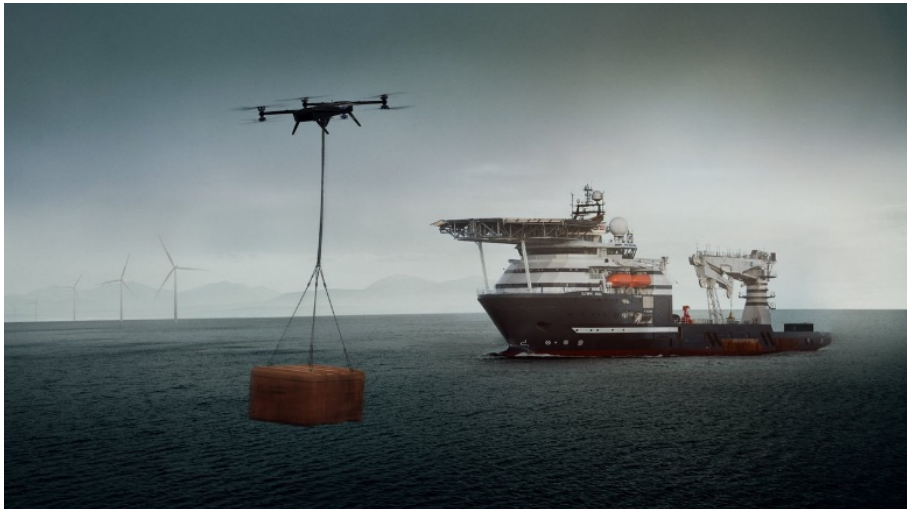
Økt sikkerhet, effektivitet,
gjennomstrømning, redusert kostnad

Automatisert last/loss

Effektiv og sikre kranoperasjoner med autonome droner

Tillater kraning over større avstander
Løftekapasitet 30 – 300 kg
Integrerte droneplattformer på dekk

Autonome, mobile krysslastplattformer



UiT / THE ARCTIC UNIVERSITY OF NORWAY

