



Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

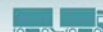
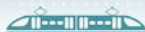


Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv

Underlag til en backcastingsprosess fram mot 2050

Erik Figenbaum, Inger Beate Hovi, Daniel Ruben Pinchasik,
Jostein Tvedt, Paal B. Wangsness

2116/2025



Tittel:	Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv : Underlag til en backcastingsprosess fram mot 2050
Tittel engelsk:	Cost Trajectories of Alternative Powertrains in a Future Perspective : Supporting Analysis for a Backcasting Process Towards 2050
Forfatter:	Erik Figenbaum, Inger Beate Hovi, Daniel Ruben Pinchasik, Jostein Tvedt, Paal B. Wangsness
Dato:	10.2025
TØI-rapport:	2116/2025
Antall sider:	56
ISSN elektronisk:	2535-5104
ISBN elektronisk:	978-82-480-1802-5
Finansieringskilder:	Statens vegvesen, Nye Veier, Jernbanedirektoratet, Bane Nor, Kystverket, Avinor
TØIs p.nr.:	5627 – Kostnadsutvikling for alternative fremdriftsteknologier
Prosjektleder:	Inger Beate Hovi
Kvalitetsansvarlig:	Frants Gundersen
Ferdigstilling:	Trude Kvalsvik
Fagfelt:	Transportteknologi og miljø
Emneord:	Transportkostnader, Nullutslipp, Backcasting, Framtidsperspektiv

Kort sammendrag

Rapporten er utarbeidet som et underlag for fase 2 av oppdraget Transportvirksomhetene har hatt for Samferdselsdepartementet i forberedelsene til neste nasjonale transportplan om å forbedre det faglige grunnlaget for å vurdere måloppnåelse og fremtidig transport-etterspørsel. Arbeidet diskuterer kostnadsmodeller og -utvikling for lastebiler og skip. For lastebiler er batterielektriske løsninger hovedsporet, med hydrogen som et mulig supplement for krevende transporter. Biogass spiller en større rolle i Norge enn i EU, men ses ikke som en langsiktig løsning. Kostnadsanalyser viser at batterielektriske lastebiler i dag er 2–2,25 ganger dyrere enn diesellastebiler, men forventes å nærme seg 1,2–1,3 ganger innen 2050. For skipsfart er drivstoff den viktigste kostnadsdriveren for skip, i motsetning til investeringskostnadene for fartøy. Usikkerhet rundt prisutvikling for karbonnøytrale drivstoff er imidlertid stor. Metanol, ammoniakk og andre hydrogenderivater vurderes som mest lovende for langdistanse, mens batterielektrisk fremdrift egner seg best for korte ruter. Myndighetenes virkemidler kan bli avgjørende for teknologiutvikling og valg av løsninger

Summary

The memo has been prepared as input to the study NTP 2029–2040. The work discusses cost models for trucks and ships. For trucks, battery-electric solutions are considered the main pathway, with hydrogen as a possible supplement for the most demanding transports. Biogas plays a larger role in Norway than in the EU but is not regarded as a long-term solution. Cost analyses show that battery-electric trucks are currently 2–2.25 times more expensive than diesel trucks but are expected to approach 1.2–1.3 times by 2050. For shipping, the uncertainty surrounding the future price development of carbon-neutral fuels is high. Methanol, ammonia, and other hydrogen derivatives are considered the most promising for long-distance transport, while battery-electric propulsion is best suited for short routes. Fuel costs are the dominant cost driver for ships, unlike the investment costs for vehicles. Government policy instruments may prove decisive for technological development and choice of solutions.

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.



Forord

Denne rapporten er en del av det faglige underlaget til fase 2 i metodeprosjektet som skal styrke analyseverktøyene i arbeidet med neste nasjonale transportplan. Målet med denne fasen er å utvikle og teste metoder for framskriving av kostnadsutvikling for sjø- og lastebiltransport, og å integrere disse i scenarioanalyser av hvordan godstransporten kan bli klimanøytral innen 2050.

Rapporten presenterer sentrale drivkrefter, antakelser og kostnadsutviklingsbaner som vil være viktige byggesteiner i videre modellering og beslutningsstøtte. Hovedmålgruppen er transportvirksomhetene og departementene, men rapporten vil også kunne være nyttig for forskningsmiljøer og andre aktører som arbeider med scenarier for godstransport.

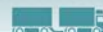
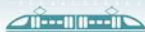
Rapporten er skrevet i samarbeid mellom Daniel Ruben Pinchasik (kapittel 2), Erik Figenbaum (kapittel 3), Jostein Tvedt (kapittel 4) og Paal Wangsness (kapittel 5). Inger Beate Hovi har vært prosjektleder, hatt ansvar for kapittel 1 og det overordnede innholdet, mens Oskar Andreas Kleven har vært oppdragsgivers kontaktperson.

Vi takker alle bidragsytere og oppdragsgiver for nyttige innspill underveis i arbeidet.

Oslo, oktober 2025
Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Frants Gundersen
Forskningssjef



Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn og formål.....	1
1.2	Rapportens innhold.....	1
1.3	Forkortelser brukt i rapporten.....	2
2	Alternative framdriftsteknologier i Nasjonal Godsmodell	3
2.1	Vegtransport.....	3
2.2	Sjøtransport.....	5
2.3	Analyse av ulike teknologivalg i NGM	9
3	Kostnadsbaner for vegtransport	10
3.1	Innledning.....	10
3.2	Teknologistatus og -utvikling.....	10
3.3	Markedsstatus og -utvikling	12
3.4	Barrierer	18
3.5	Teknologisk attraktivitet 2025 og 2030.....	19
3.6	Kostnader komponenter og systemer.....	21
3.7	Beregningsmetode og forutsetninger	23
3.8	Resultater	28
3.9	Diskusjon	30
4	Kostnadsbaner for sjøtransport	34
4.1	Innledning.....	34
4.2	Forventet kostnadsutvikling for CN-drivstoff.....	34
4.3	Karbonfangst, hybridisering og investeringsvalg	38
4.4	Enova: Virkemiddelapparatet og investeringsvalg.....	39
5	Kostnader i et 2050-perspektiv i NGM.....	41
5.1	Innledning.....	41
5.2	Hovedtrekkene i valgt løsning.....	41
5.3	Hvordan beregne de relevante kostnadsparametere til NGM	42
5.4	Andeler i de ulike fremtidsscenarioene	43
	Referanser	44
	Vedlegg.....	48
	Vedlegg 1. Kart over biogassfyllestasjoner	49
	Vedlegg 2. Kostnadsbaner lastebiler	50
	Vedlegg 3. ENOVA-støttede programmer innen maritim sektor med støttebeløp over NOK 50 mill., 2016-2024.....	55

Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv

Underlag til en backcastingsprosess fram mot 2050

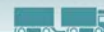
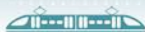
TØI rapport 2116/2025 • Forfattere: Erik Figenbaum, Inger Beate Hovi, Daniel Ruben Pinchasik, Jostein Tvedt, Paal B. Wangsness • Oslo 2025 • 56 sider

- Det er utviklet kostnadsmodeller for alternative framdriftsteknologier for lastebil og skip i Nasjonal godsmodell (NGM). Investeringskostnader er den viktigste kostnadsdriveren i vegtransport, mens drivstoffkostnader dominerer i sjøtransports.
- For lastebiler er batterielektriske løsninger hovedsporet, hydrogen vurderes for tunge transporter, og biogass har en midlertidig rolle i Norge fram mot 2030.
- For sjøtransport er metanol og ammoniakk de mest lovende drivstoffene for langdistanse, batterielektriske løsninger er aktuelle for kortere ruter, og karbonfangst kan forlenge bruk av fossilt drivstoff.
- Mot 2050 forventes elektriske lastebiler å bli billigere enn diesel i total kostnad, mens sjøtransport får økte merkostnader, avhengig av valg av energikilde.
- Arbeidet er et underlag til en tilbakeskrivingsprosess av transportnæringen til lavutslipps-samfunnet

Innledning

Utviklingen rundt grønn omstilling innen godstransport har utløst et behov for analysemuligheter knyttet til alternative framdriftsteknologier i Nasjonal Godsmodell (NGM). Arbeidet med dette ble igangsatt i 2023/2024, primært gjennom utvidelser og videreutvikling av kostnadsmodellene til NGM. Blant annet har det blitt etablert kostnadsmodeller for alternative fremdriftsteknologier for kjøretøy og skip. For kjøretøy inkluderer dette kostnadsmodeller for batterielektriske, hydrogenelektriske (brenselcelle) og biogassdrevne lastebiler. Hovedkilder har vært datasett fra ENOVA, en rekke arbeider innenfor FME MoZEEs og informasjon fra markedsaktører.

For skip er det utviklet kostnadsmodeller for en rekke teknologier (ulike forbrenningsmotorer, brenselceller og batteri-elektrisk drift) for både konvensjonelle og alternative drivstofftyper. Investeringskostnader for ulike skipstyper og teknologier er basert på et større regneopplegg som kombinerer dimensjonerende egenskaper ved skipet med dekomponerte kostnadsfaktorer fra litteraturen. Tilsvarende gjelder drivstoffkostnader. Resulterende kostnadsberegninger er pr i dag grove, grunnet stor usikkerhet og hittil få «alternative» skip i drift. For skip er imidlertid drivstoffkostnaden ved alternativ teknologi den dominante kostnadsdriveren. Dette



skiller seg fra vegtransport, hvor det særlig er investeringskostnaden som er drivende for de alternative teknologiene.

Lastebil og karbonnøytral fremdriftsteknologi

Det er konsensus blant lastebilaktørene om at hovedsporet for de-karbonisering av lastebiltransport er batterielektriske lastebiler. Hydrogen ses på blant aktører i EU som en komplementær teknologi for de aller mest krevende transportene. Biogass er ikke sett på som ett langsiktig alternativ i EU da biogass faller utenfor EUs CO₂-krav til tunge kjøretøy. I Norge er biogass del av det nasjonale målet om at det skal selges 100% nullutslippslastebiler fra 2030, og dette alternativet ser ut til å ta den rollen som aktørene innenfor EU tenker at kan fylles av hydrogen. Prisen på biogass ser ut til å justeres slik at dette alternativet kan konkurrere relativt bra mot diesellastebiler.

Kostnadsanalysene fokuserer på batterielektriske lastebiler i og med at det er hovedsporet, og det er ingen indikasjoner på at hydrogenløsninger kan bli konkurransedyktige mot diesellastebiler før tidligst utpå 2030-tallet. Batterielektriske løsninger vil uansett være billigere enn hydrogen, er betydelig mer energieffektive, og vil derfor tas i bruk før hydrogen i alle applikasjoner der det er mulig. Barrierer mot batterielektriske lastebiler er spesielt knyttet opp mot tilgang på, og kostnader for, ladeinfrastruktur i depoter, terminaler og langs veien, og totalkostnadene sammenlignet med diesel. Kostnadene for de batterielektriske lastebilene er i 2025 med beregningsmodellen estimert til å ligge på 2-2,25 ganger prisen for diesellastebiler, og vil falle til 1,5-1,7 ganger prisen av diesellastebiler i 2030, og videre til 1,4-1,5 ganger diesellastebiler i 2035 når mesteparten av de forventede kostnadsreduksjonene har blitt oppnådd. Frem mot 2050 viser modellen at ekstrakostnadene faller videre ned mot 1,2-1,3 ganger diesellastebilenes kostnad.

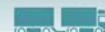
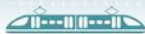
Usikkerheten er størst når det gjelder de faktiske batteriprisene som lastebilprodusentene betaler, hvordan batteriteknologien utvikler seg på lang sikt, og hvor raskt lastebilprodusentene ønsker nedbetalt kostnader knyttet til investeringer i teknologisk utvikling og innovasjon, utvikling av modeller, og i produksjonsanleggene. Faktiske salgspriser kan derfor på kort sikt ligge noe over de estimerte, men det forventes at prisene faller etter hvert som de største investeringene i forskning og produksjonsanlegg blir nedbetalt.

Skipsfart og karbonnøytral fremdriftsteknologi

Fremtidig prisbane for karbonnøytralt (CN) drivstoff for skipsfarten er høyst usikker – både i absolutte termer, relativt til fossile drivstoff, og i forhold til kostnaden på innsatsfaktorer i fremstillingen av CN-drivstoff. Faglitteraturen har i hovedsak fokusert på å etablere et rammeverk for valg av fremtidige fremdriftsløsninger. Litteratur som presenterer prognoser – både totalkostnad og forventet prisutvikling på ulike CN drivstoff – er begrenset.

For nærsjøfart er drivstoffalternativene flere enn for havgående fartøy. Langdistanse krever høy energitetthet, hvis ikke lastekapasiteten til skip skal bli skadelidende. Behovet for å kunne seile langt mellom hver bunkring favoriserer flytende hydrogenbaserte derivater som ammoniakk og metanol. Produksjonen av disse kan være basert på grått hydrogen, produsert fra naturgass – som bare gjennom karbonfangst er CN (blått hydrogen) – eller kan være basert på grønt hydrogen, produsert ved vannelektrolyse (e-hydrogen).

Karbonnøytralt drivstoff vil forbli dyrere enn fossilt drivstoff frem mot 2050, men prisforskjellen ventes å gradvis avta. Metanol, ammoniakk og andre hydrogenderivater peker seg ut som de mest lovende alternativene for langdistanse skipsfart. Batterielektrisk fremdrift vil i hovedsak være aktuelt for kortdistanse, lengre faste ruter og fergetrafikk. Biodrivstoff fremstår som mindre aktuelt på grunn av konkurrerende bruksområder. Dersom den teknologiske utviklin-



gen innen karbonfangst fortsetter, kan fossilt drivstoff forbli det dominerende alternativet for langdistanse skipsfart og for større skip i regional fart.

Myndighetenes insentivprogrammer – blant annet gjennom Enova – vil påvirke hvilken type drivstoff som vil bli dominerende i tiden fremover. Teknologisk utvikling, blant annet mulighet for karbonfangst, og investering i hybridløsninger kan medføre at fossilt drivstoff vil fortsatt ha en sentral plass i norsk og internasjonal skipsfart i årene fremover.

Kostnader i 2050 i NGM

NGM er i utgangspunktet basert på kostnadsminimering, men har ikke innebygget logikk for valg mellom ulike drivlinjer. For å kunne analysere hvordan godstransport kan bli klimanøytral mot 2050, er det derfor utviklet en løsning der drivlinjer indirekte implementeres gjennom vektete kostnadsparametere.

Metoden bygger på kostnadsmodeller for alternative drivlinjer i basisåret 2023, som framskrives til 2050, som beskrevet foran. Markedsandeler for ulike drivlinjer i 2050 hentes fra framskrivninger utført av DNV (for skip) og Statens vegvesen/Miljødirektoratet (for lastebiler). Disse brukes som vektter i NGMs kostnadsmodell. Dermed får hver kjøretøy- og fartøystype en egen kostnadsprofil basert på en kombinasjon av drivlinjer. Modellen fanger likevel ikke opp alle nyanser, for eksempel at enkelte fremdriftsteknologier kan være særlig godt egnet til bestemte bruksområder.

For lastebiler viser kostnadsframskrivingene at elektriske kjøretøy i 2050 kan ha 25–34 % lavere distansekostnader enn diesel, men 4–15 % høyere tidskostnader. For skip varierer merkostnadene for alternative drivstoff i 2050 fra 7 % lavere (LNG) til 183 % høyere (HVO) enn MGO.

Tre scenarier er lagt til grunn for kostnadsvektingen:

- Referansebane (2050): 64 % elektrifiserte lastebiler, ingen endring i skipsflåten drivstoffsammensetning.
- EU-banen (2050): Uendret lastebilandel fra referansebanen, men 80 % av skipene som er større enn 500 BT bruker klimanøytralt drivstoff i tråd med FuelEU Maritime.
- Strategibanene (2050): 100 % elektrifiserte lastebiler og 100 % klimanøytralt drivstoff i skipsflåten, med ammoniakk som viktig erstatning.

Disse drivlinje-vektete kostnadsparametere gjør det mulig å kjøre scenarioanalyser i NGM, og resultatene er presentert i Wangsness et al. (2025).

Cost Trajectories of Alternative Powertrains in a Future Perspective

Supporting Material for a Backcasting Process Towards 2050

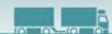
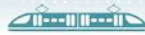
TØI Report 2116/2025 • Authors: Erik Figenbaum, Inger Beate Hovi, Daniel Ruben Pinchasik, Jostein Tvedt, Paal B. Wangsness • Oslo 2025 • 56 pages

- Cost models for alternative propulsion technologies for trucks and ships have been developed for use in the National Freight Model (NGM). Investment costs are the main driver in road transport, while fuel costs dominate in maritime transport.
- For trucks, battery-electric solutions are the main pathway, hydrogen is considered for heavy-duty applications, and biogas has a temporary role in Norway up to 2030.
- For shipping, methanol and ammonia are the most promising fuels for long-distance operations, battery-electric solutions are relevant for shorter routes, and carbon capture may prolong the use of fossil fuels.
- By 2050, electric trucks are expected to become cheaper than diesel in terms of total costs, while shipping will continue to face additional costs depending on the choice of fuel.
- The work serves as a basis for a backcasting process of the transport sector towards a low-emission society.

Background

This note has been prepared as supporting material for a preparing study to *NTP 2029–2040* of how to *improve the Analytical Basis for Assessing Goal Achievement and Future Transport Demand*.

Developments in the green transition within freight transport have triggered a need for analytical capabilities related to alternative propulsion technologies in the National Freight Model (Nasjonal Godsmodell – NGM). Work on this began in 2023/2024, primarily through expansions and further development of the NGM's cost models. Among other things, frameworks have been established for both trucks and ships using alternative propulsion technologies.



Cost models for CN modes of transport

For trucks, cost models have been implemented for battery-electric, hydrogen-electric (fuel cell), and biogas-powered trucks, covering both investment and operational costs. The main data sources have been datasets from ENOVA, a range of studies under FME MoZEEs, and information from market stakeholders.

For shipping, cost models have been implemented for various technologies (different combustion engines, fuel cells, and battery-electric propulsion) and a range of conventional and alternative fuel types. Investment costs for different vessel types and technologies are based on a larger computational framework that combines key ship characteristics with decomposed cost factors from literature sources. The same applies to fuel costs. At present, the resulting cost estimates are rough due to significant uncertainty and the limited number of "alternative" vessels in operation. Consequently, work on shipping has focused on preparing the cost model to allow for more analysis as the data and information base improves. However, what clearly emerges is that for ships, fuel cost is the dominant cost driver for alternative technologies. This contrasts with road transport, where investment costs, especially for electric vehicles, are the main driver.

Trucks and Carbon-Neutral Powertrain Technologies

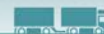
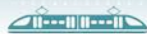
There is consensus among industry stakeholders that battery-electric trucks represent the main pathway for decarbonizing road freight. Hydrogen is seen, particularly by EU stakeholders, as a complementary technology for the most demanding transport applications. Biogas is not regarded as a long-term solution in the EU, as it falls outside the CO₂ regulations for heavy-duty vehicles. In Norway, however, biogas is included in the national goal of 100% zero-emission truck sales by 2030 and appears to be filling the role that EU actors expect hydrogen to take. Biogas prices are being adjusted in a way that allows this technology to compete reasonably well with diesel-powered trucks.

Cost analyses have focused on battery-electric trucks, as this is the main strategic path, and there are no signs that hydrogen solutions will become competitive with diesel trucks before sometime in the 2030s. Battery-electric solutions will, in any case, be cheaper than hydrogen, significantly more energy efficient, and will therefore be adopted earlier in all applications where feasible. The main barriers for battery-electric trucks relate to the availability and cost of charging infrastructure at depots, terminals, and along roads, as well as total cost compared to diesel.

Based on the current cost model, battery-electric trucks are estimated in 2025 to cost 2–2.25 times that of diesel trucks. This is expected to drop to 1.5–1.7 times by 2030 and to 1.4–1.5 times by 2035, as most of the anticipated cost reductions are realized. Towards 2050, the model indicates that the extra cost could fall further to 1.2–1.3 times the cost of diesel trucks. The greatest uncertainty lies in the actual battery prices paid by truck manufacturers, how battery technology evolves over time, and how quickly manufacturers aim to recoup investments related to R&D, model development, and production facilities. As a result, actual sales prices may be somewhat higher in the short term but are expected to fall as the major R&D and production investments are paid off.

Shipping and Carbon-Neutral Propulsion Technologies

The future price trajectory for carbon-neutral (CN) fuels in shipping is highly uncertain—in absolute terms, relative to fossil fuels, and in terms of input costs for CN fuel production. Academic literature has largely focused on establishing frameworks for selecting future



propulsion solutions. There is limited literature providing forecasts of total cost or expected price development for various CN fuels.

In short-sea shipping, there are more fuel options than in deep-sea shipping. Long-distance transport requires high energy density to avoid compromising cargo capacity. The need for vessels to sail long distances between bunkering favors liquid hydrogen-based derivatives such as ammonia and methanol. These fuels can be produced from grey hydrogen (from natural gas, becoming CN only through carbon capture, i.e., blue hydrogen), or from green hydrogen produced via electrolysis (e-hydrogen).

Carbon-neutral fuels will remain more expensive than fossil fuels up to 2050, but the price gap is expected to gradually narrow. Methanol, ammonia, and other hydrogen derivatives are emerging as the most promising alternatives for long-distance shipping. Battery-electric propulsion will mainly be relevant for short-distance operations, fixed routes, and ferry traffic. Biofuels appear less viable due to competing uses. If carbon capture technology continues to develop, fossil fuels could remain the dominant option for long-distance shipping and for larger vessels in regional operations.

Government incentive schemes—such as those administered by Enova—will influence which fuel types become dominant in the future. Technological developments, including carbon capture and hybrid solutions, could lead to fossil fuels retaining a central role in both Norwegian and international shipping in the years ahead.

Transport costs in 2050 in NGM

NGM is fundamentally based on cost minimization but does not include built-in logic for choice between different propulsion technologies. To enable analysis of how freight transport can become climate neutral by 2050, a solution has therefore been developed where propulsion technologies are indirectly implemented through weighted cost parameters.

The method builds on cost models for alternative propulsion technologies in the base year 2023, projected forward to 2050. Market shares for different propulsion technologies in 2050 are taken from projections by DNV (for shipping) and by the Norwegian Public Roads Administration and the Norwegian Environment Agency (for trucks). These are used as weights in NGM's cost model. As a result, each vehicle and vessel type is assigned its own cost profile based on a combination of propulsion technologies. The model does not, however, capture all nuances—for instance, that some technologies may be particularly well-suited for certain user cases.

For trucks, the cost projections indicate that electric vehicles in 2050 may have 25–34% lower distance-based costs than diesel, but 4–15% higher time-based costs. For ships, the additional costs of alternative fuels in 2050 range from 7% lower (LNG) to 183% higher (HVO) compared to MGO.

Three scenarios form the basis for the cost weighting:

- Reference pathway (2050): 64% electrified truck fleet, no change in the fuel mix of the shipping fleet.
- EU pathway (2050): Same truck share as in the reference pathway, but 80% of ships over 5,000 GT use climate-neutral fuels in line with FuelEU Maritime.
- Strategic pathways (2050): 100% electrified truck fleet and 100% climate-neutral fuels in the shipping fleet, with ammonia as a key substitute.

These propulsion-weighted cost parameters make it possible to run scenario analyses in NGM, with results presented in Wangsness et al. (2025).

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Overgangen til et lavutslippssamfunn vil innebære dyptgripende endringer i transportsektoren, særlig for godstransport. Tradisjonelle kostnadsmodeller, utviklet med utgangspunkt i fossilt drivstoff og forbrenningsmotorer, har begrenset evne til å fange opp strukturelle skifter som elektrifisering, nye energibærere og endrede reguleringer. I fase 2 av NTP-oppdrag 1 (2029–2040), som gjelder forbedring av det faglige grunnlaget for å vurdere måloppnåelse og framtidig transportetterspørsel, skal transportvirksomhetene gjennomføre et metodeutviklingsarbeid i tråd med føringene fra fase 1, gitt av Samferdselsdepartementet og Nærings- og handelsdepartementet. Oppdragsdokumentet understreker at dagens transportmodeller ikke er tilstrekkelige for å analysere tiltak og virkemidler som ligger utenfor historiske referanserammer.

Denne rapporten er utarbeidet som et underlag til dette metodeprosjektet, med formål å forbedre det faglige grunnlaget for analyser av kostnadsutvikling i godstransport fram mot 2050. Overgangen til nye drivlinjer og energibærere vil endre transportkostnadsbildet vesentlig, og det har derfor vært nødvendig å utvikle kostnadsmodeller for ulike teknologier i et framtidsperspektiv. Arbeidet bygger på kostnadsmodeller for alternative drivlinjer innarbeidet i Nasjonal godsmodell (NGM) for referanseåret 2023 (Grønland og Pinchasik, 2025), og er videreutviklet med framskrivninger fram mot 2050.

Et sentralt element i metodeutviklingen har vært å analysere scenarioer for hvordan transportnæringen kan bli klimanøytral innen 2050. Til dette arbeidet har Nasjonal godsmodell vært et sentralt analyseverktøy. Rapporten fokuserer spesielt på teknologistatus og kostnadsutvikling for lastebil- og sjøtransport, og drøfter hvordan drivkrefter som teknologi, energipriser og energieffektivitet for ulike energibærere og motorteknologier kan påvirke både kostnadsnivå og den relative attraktiviteten mellom transportformer.

Rapporten er avgrenset til kostnadsutvikling for lastebil- og sjøtransport. Jernbane og luftfart er ikke behandlet her. For jernbane er det elektrisitet som er alternativet til diesel, og det finnes allerede kostnadsmodeller for elektrisk jernbanetransport i NGM. Flyfrakt spiller en mindre rolle i innenrikstransport, og for fly regner EU og IATA bærekraftige drivstoff (SAF) som en nøkkelfaktor for å redusere utslipp fra luftfarten, siden elektrifisering og hydrogenløsninger vil ta lengre tid å skalere i kommersiell flytrafikk. Kostnadsutvikling for flyfrakt fram mot 2050 er beskrevet i Wangsness et al. (2025).

Samlet gir dette arbeidet et fundament for scenarioanalyser av hvordan godstransporten bør omstilles for å nå utslippsmålene fram mot 2050. Resultater fra scenarioanalysene er nærmere presentert i Wangsness et al. (2025).

1.2 Rapportens innhold

Denne rapporten består av fem kapitler. Etter denne innledningen presenteres i kapittel 2 hvordan dagens kostnadsmodeller for lastebil- og sjøtransport er bygget opp i NGM. Kapittel 3 beskriver utvikling og status for ny teknologi innen lastebiltransport, og hvordan dette kan påvirke kostnader og konkurransekraft fram mot 2025 og 2030.

Kapittel 4 ser nærmere på sjøtransport og kostnader for ulike karbonnøytrale drivstoff, basert på tilgjengelig kunnskap og forskningslitteratur. Til slutt, i kapittel 5, viser vi hvordan kostnadsutviklingen for alternative framdriftsløsninger kan brukes i NGM til å analysere framtidige scenarioer for godstransport.

1.3 Forkortelser brukt i rapporten

BET = Batterielektrisk lastebil (Battery Electric Truck)

BGT = Biogasslastebil (BioGas Truck)

CN = Karbonnøytral (Carbon Neutral)

DT = Diesellastebiler (Diesel Truck)

HFCET = Hydrogen-brenselcellelastebil (Hydrogen Fuel Cell Electric Truck)

HFO = Tung fyringsolje (Heavy Fuel Oil)

HICET = Hydrogen-forbrenningsmotorlastebil (Hydrogen Internal Combustion Engine Truck)

LH2 = Flytende hydrogen (Liquid Hydrogen)

LNG = Fytende naturgass (Liquefied Natural Gas, hovedsakelig brukt som drivstoff for skip)

LSMGO = Lavsvovel marin gassolje/diesel (Low-Sulphur Marine Gas Oil, hovedsakelig brukt som drivstoff for skip)

MGO = Marin gassolje/diesel (Marine Gas Oil, hovedsakelig brukt som drivstoff for skip)

NGM = Nasjonal godsmodell

VLSFO = Lavsvovel fyringsolje (Very Low Sulphur Fuel Oil, hovedsakelig brukt som drivstoff for skip)

2 Alternative framdriftsteknologier i Nasjonal Godsmodell

Utviklingen rundt grønn omstilling innen godstransport har utløst et behov for analysemuligheter knyttet til alternative framdriftsteknologier i Nasjonal Godsmodell (NGM). Med bakgrunn i godsmodellens struktur og logikk har dette hittil primært medført utvidelser og videreutvikling av kostnadsmodellene til NGM, som ett av modellens viktige byggestein.

Det første forberedende arbeidet med tilrettelegging av NGMs kostnadsmodeller for alternativ fremdriftsteknologi startet i 2023. Høsten 2024 ble det deretter satt i gang et prosjekt for å etablere, forbedre og oppdatere kostnadsmodellene mer generelt. Dette var knyttet til arbeidet med å etablere en ny versjon av Nasjonal godstransportmodell (NGM) som en del av forberedelsene til neste nasjonale transportplan. I dette arbeidet ble NGMs basisår oppdatert til 2023.

Parallelt med disse overordnede oppdateringer har det blitt gjort flere utviklinger i kostnadsmodellen også mht. alternative framdriftsteknologier. Blant annet ble det etablert opplegg for og inkludering av både kjøretøy og skip med alternative fremdriftsteknologier. Begge segmenter er under rask utvikling, noe som innebærer at det vil måtte gjøres regelmessige oppdateringer av tallgrunnlaget også i årene framover. Gitt markedsutviklingene hittil må det også bemerkes at kostnadsgrunnlaget for vegkjøretøy er mer robust enn for skipsfart. Kildene som er brukt for skipsfart er beheftet med adskillig større usikkerhet, noe som bl.a. skyldes vesentlig lavere modenhet, få representative skip i bruk med alternativ teknologi, dårligere tilgang til (konfidensielle) data og større variasjon mellom ulike skipstyper. For skipsfarten er også energikostnadene mer usikre (jfr. kapittel 4.2). Utover oppdateringsbehov for kostnadsfaktoren i tråd med markedsutviklingen framover, vil det i NGM-sammenheng måtte gjøres andre utviklinger i årene som kommer, f.eks. knyttet til hvor «alternative» skip faktisk vil kunne tas i bruk, eller logikk knyttet til at disse skip «velges» i modellen når valget ikke er gjort pga. kostnadsminimering, men f.eks. skyldes krav i regelverk eller fra kunder.

2.1 Vegtransport

For godstransport på vei ble det i 2023/2024 igangsatt og delvis implementert kostnadsmodeller for batteri-elektriske, hydrogen-elektriske (brenselcelle) og biogassdrevne lastebiler. Oppsettet følger samme struktur som var etablert for dieslbiler fra tidligere. Kostnadsverdier knyttet til alternativ fremdriftsteknologi er innhentet fra ulike kilder, hvor spesielt **investerings- eller kapitalkostnaden** har vært svært relevant. For batteri-elektriske kjøretøy er det lagt ned et større arbeid. Dette er basert på et datasett mottatt fra ENOVA, kombinert med omfattende arbeid innenfor [FME MoZEES](#), blant annet flere intervjuer mellom 2019-2024 (dokumentert i Hovi m.fl., 2019, Figenbaum m.fl., 2019 og Pinchasik m.fl., 2021, 2022, 2024). Pinchasik m.fl. (2024, spesielt kapittel 5) diskuterer også analysene basert på ENOVA-datasettet i mer detalj.

Datasettet fra ENOVA består av informasjon fra søknader om støtte til kjøp av batterielektriske lastebiler for perioden september 2022 til tidlig 2024, og inkluderer i prinsippet alle elektriske lastebiler som ble anskaffet i denne perioden i Norge. Basert på informasjonen i datasettet har det vært mulig å studere utvikling i priser over tid og sammenlikne priser for batteri-elektriske kjøretøy med dieselframdrift (av ENOVA betegnet som «referansekjøretøy»). Datasettet er detaljert med hensyn til akselkonfigurasjon, merke og modell. Dette har gjort det mulig å etablere estimer på investeringskostnader/merkestnader sammenliknet med dieslbiler og å differensiere mellom de ulike biltypene som dekkes i NGM. Informasjonen er supplert med informasjon fra intervjuer i Pinchasik m.fl. (2024) og oppdatert kostnadsinformasjon for bilkjøp i 2023 fra leasingselskap (Ayvens, 2025). Sistnevnte inkluderer nå, i tillegg til dieslbiler, også data fra et mindre antall batteri-elektriske lastebiler.

Som diskutert i mer detalj i kapittel 3, utvikler markedet seg raskt, bl.a. med hensyn til komponentpriser og investeringskostnader for spesielt batteri-elektriske lastebiler. Kostnadsfaktorene er dermed i rask utvikling og blir også raskt utdaterte. Dette forsterkes av at nyere batteri-elektriske lastebiler har kommet med større batterier, rekkevidder og andre spesifikasjoner. Tilsvarende har restverdier i markedet hittil blitt satt svært konservativt (lavt), noe som har medført høye kapitalkostnader. Dette forventes, etter hvert som bilparken vokser og batteriteknologien utvikles, å normalisere seg i retning av tilsvarende avskrivninger som for dieslbiler, slik tilfellet har vært for personbiler. En annen vesentlig faktor er ENOVA-støtten, som inntil ca. februar 2024 i praksis utgjorde 40 % av merkostnadene for batteri-elektriske lastebiler, sammenliknet med tilsvarende diesellastebiler. Etter dette ble ordningen endret til et konkurransebasert system med varierende resultater. Dette vil være en vesentlig faktor og øke kompleksiteten for oppdateringer av kostnadsmodellen framover.

Andre kostnadsfaktorer, herunder distanse-avhengige faktorer, er basert på en kombinasjon av kilder. Energiforbruket for batteri-elektriske lastebiler er beregnet basert på relativ energieffektivitet sammenliknet med dieslbiler og relativt energiinnhold. Priser på diesel og andre energikilder er i kostnadsmodellene satt som eksterne parametere for å sikre konsistens over de ulike transportformene og det er forutsatt en fordeling mellom depot- og hurtiglading på 80%/20%. Dette er foreløpig satt skjønnsmessig, basert på tilbakemeldinger i mange samtaler og intervjuer. Med utbygging av ladestasjoner underveis i transportkorridorer, og økt bruk av batterielektriske løsninger i langtransport, vil andelen hurtiglading kunne øke noe over tid.

For *biogassdrevne* lastebiler er investeringskostnader og forutsetninger om restverdi mm. basert på analyser av et tilsvarende ENOVA-datasett, supplert med informasjon fra de samme kildene som nevnt over for batteri-elektriske lastebiler. ENOVA-datasettet og de øvrige kildene har hatt stor grad av samsvar. Overordnet er merkostnadene for (bio)gassbiler både lavere og mer stabile enn for batteri-elektriske lastebiler. Drivstoffkostnaden er høyere, også høyere enn for dieslbiler, og både drivstoffkostnader og andre kostnadsfaktorer er basert på kildene nevnt over.

For *hydrogendrevne* biler inkluderer kostnadsmodellen faktorer for biler med brenselcelle. Disse faktorene er ganske grove, basert på estimater fra litteraturen. Det er kun noen få pilot-lastebiler med brenselcelle som har vært testet i Norge (fra 2016) og disse er ikke lenger representative. Som omtalt i mer detalj i kapittel 3 har nye lanseringer vært utsatt, og serieproduksjon i større skala ventes heller ikke før tidligst ca. 2030. Samtidig pågår det noe utvikling mot produksjon av hydrogenlastebiler med forbrenningsmotor, heller enn brenselcelle og elektrisk drivlinje. Disse bilene er foreløpig dyre¹, ikke i bruk utover noen få piloter, og har utfordringer med hensyn til både pris på kjøretøyet, pris på hydrogen, og ikke minst tilgjengelighet til fyllemuligheter. Alle ENOVA-søknader om støtte til innkjøp av slike kjøretøy har hittil blitt kansellert.

Basert på ovennevnte illustrerer tabell 2.1 fremføringskostnadene (pr time og pr kilometer) for hhv. dieseldrevne og batteri-elektriske lastebiler – slik disse ligger til grunn i kostnadsmodellen til NGM.

¹ Under et lanseringsarrangement i 2024 ble merkostnaden antydnet å være i samme størrelsesorden som for batteri-elektriske lastebiler på det øyeblikket. Lav energieffektivitet og høye priser for energikilden sammenliknet med batteri-elektriske lastebiler, gir også vesentlig høyere driftskostnader.

Tabell 2.1. Enhetskostnader per time og km for hhv. dieseldrevne og batteri-elektriske lastebiler. Basisår 2023.

Kjøretøy/biltype	DIESEL		BATTERIELEKTRISK	
	Tidskostnad (kr/time)	Distansekostnad (kr/km)	Tidskostnad (kr/time)	Distansekostnad (kr/km)
Stor varebil	397	5,84	453	4,46
Lett distribusjon	421	6,81	485	5,19
Tung distribusjon, kassebil	479	7,79	569	5,67
Tung distribusjon, containere	450	8,18	507	6,04
Semitrailer, kasse	607	11,52	672	8,73
Semitrailer, container	598	11,52	663	8,73
Tankbil (gjennomsnitt semitrailer og bil med henger)	741	11,10	822	8,16
Tørrbulkbil (vektet med og uten henger)	718	10,94	813	8,00
Tømmerbil med henger	755	14,55	831	10,63
Semitrailer for termotransport	646	10,84	748	7,97
Modulvogntog (25.25)	628	13,47	695	10,27

2.2 Sjøtransport

I likhet med biler er det for skip innarbeidet kostnadsfaktorer for alternative fremdriftsteknologier i NGMs kostnadsmodeller. Som for biler er dette foreløpig mest egnet for å gjøre illustrasjonsberegninger og sammenlikninger mot konvensjonell fremdrift, ettersom beregningslogikken i NGM tar utgangspunkt i kostnadsminimering. Modellen vil derfor i dagens struktur ikke *velge* skip med alternativ fremdriftsteknologi fordi de har høyere kostnader enn konvensjonelt drivstoff.

Sammenliknet med vegtransport er kostnadsfaktorene som er implementert i kostnadsmodellene for skip mye grovere. Fordi teknologiutviklingen for alternative teknologier for skip henger etter, finnes det foreløpig hovedsakelig kun grove estimater på kostnader, se også diskusjonen i kapittel 4. I kostnadsmodellen er det innarbeidet faktorer og valgmuligheter for ulike typer teknologi og for ulike typer drivstoff. Som illustrert i tabell 2.2 fordeler førstnevnte seg over ulike typer forbrenningsmotor (ICE), to forskjellige typer brenselcelle, batteri-elektrisk drift, i tillegg til en rekke forskjellige drivstofftyper. Ikke alle kombinasjoner mellom teknologi og drivstoff er mulig. Også batteri-elektrisk drift er foreløpig ikke realistisk i de fleste skipssegmenter.

Tabell 2.2: Alternative fremdriftsteknologier og drivstofftyper inkludert som valgmulighet i NGM.

Teknologier	Drivstofftyper
	HFO
	MGO
	E-diesel
	HVO
	Biodiesel
	E-biodiesel
	Metanol
	E-biometanol
	E-metanol
	Ammoniakk
	BioDME
	E-bioDME
	E-DME
	BioLBG
	BioLMG (metan)
	E-bioLBG
	E-bioLMG (metan)
	E-LMG (metan)
	Hydrogen
	Elektrisitet
• Forbrenningsmotor/ICE, egner seg for hhv. - o konvensjonelt marint drivstoff - o metanol - o DME/ammoniakk - o LMG/LBG - o Hydrogen • Brenselcelle (PEMFC) • Brenselcelle (SOFC) • Batteri-elektrisk	

Investeringskostnader for de ulike skipstypene i NGM og ved ulike teknologier er basert på et større regneopplegg som tar utgangspunkt i dimensjonerende egenskaper ved skipet. Dette er kombinert med kostnadsfaktorer som ble samlet gjennom en litteraturstudie av litteratur og dokumenter med fokus på dekomponering av ulike kostnader (bl.a. Korberg m.fl., 2021, Kanchiralla m.fl., 2022; 2023). Denne litteraturen er hittil (høsten 2025) relativt begrenset og estimater er beheftet med stor usikkerhet, se igjen kapittel 4. For drivstoffkostnader er det tatt utgangspunkt i relativ energieffektivitet mellom ulike kombinasjoner av teknologi og drivstofftype, herunder også forskjeller mellom 4- og 2-taktsmotorer. Dette ble kombinert med relative prisfaktorer basert på samme litteraturstudie. I årene framover vil bestillinger av faktiske skip med alternative drivstoff, videre arbeid i litteraturen og andre rapporter, mm., kunne gi grunnlag for oppdateringer av underlaget.

Tabell 2.3 illustrerer kostnader og kostnadsforhold for ulike fremdriftsalternativer innenfor sjøtransport, slik dette er lagt til grunn i kostnadsmodellen til NGM (for basisår 2023). Det minnes om at disse kostnadsberegningene pr i dag er grove, og arbeidet hittil har heller vært rettet mot *tilrettelegging av kostnadsmodellen for inkludering* av noen analysemuligheter når informasjonstilfanget og datagrunnlaget øker – alt ettersom bruk av alternative fremdriftsteknologier for skip på mer enn marginal skala forventes å ligge flere år fram i tid.

Det som imidlertid kommer fram, er at for skip er drivstoffkostnaden ved alternativ teknologi den dominante kostnadsdriveren. Drivstoffkostnadene har ved de fleste alternative teknologier vesentlig større betydning for transportkostnadene enn økte kapitalkostnader. Særlig gjelder dette for de alternativteknologiene som framstår som mest aktuelle i dag, hvor økningen i kapitalkostnaden er relativt begrenset (sammenliknet med konvensjonelle skip)². Dette skiller seg også fra vegtransport, hvor det for batteri-elektriske biler er høyere investeringskostnader som er kostnadsdrivende, mens energikostnaden er besparende sammenliknet med diesalbiler – og hvor det for biogassbiler er noe økte kostnader både mht. kapital- og driftskostnader.

² F.eks. relativt enkle endringer fra konvensjonelle motorer, eller bruk av hybridløsninger som er klaggjort for flere alternativer. Dette i motsetning til skip med f.eks. batteri eller brenselceller, hvor økningen i kapitalkostnader er mye større.

Tabell 2.3: Enhetskostnader for MGO-drevne skip (pr km og pr time), forholdstall vs. MGO for de øvrige teknologiene. Basisår 2023.

Fartøy/skipstype	Distansekostnad (MGO: kr/km; Øvrige teknologier: Forholdstall vs. MGO)						Tidskostnad (MGO: kr/time; Øvrige teknologier: Forholdstall vs. MGO)					
	MGO	LNG	H2	Ammoniakk	HVO	LBG	MGO	LNG	H2	Ammoniakk	HVO	LBG
Container LoLo, 9.000 dwt	144	564%	608%	477%	338%	457%	810	109%	114%	103%	100%	109%
Container LoLo, 4.800 dwt	97	564%	608%	477%	338%	457%	547	112%	119%	104%	100%	112%
Container LoLo, 21.000 dwt	220	564%	608%	477%	338%	457%	1 240	116%	125%	107%	101%	116%
Break bulk LoLo, 1.000dwt	46	564%	608%	477%	338%	457%	262	101%	103%	99%	98%	101%
Break bulk LoLo, 3.200 dwt	76	564%	608%	477%	338%	457%	427	105%	109%	101%	99%	105%
Break bulk LoLo, 5.000 dwt	91	564%	608%	477%	338%	457%	514	107%	111%	102%	99%	107%
Break bulk LoLo, 8.500 dwt	110	564%	608%	477%	338%	457%	619	111%	118%	104%	100%	111%
Break bulk LoLo, 15.000 dwt	148	564%	608%	477%	338%	457%	835	109%	115%	103%	100%	109%
Break bulk LoLo, 40.000 dwt	272	564%	608%	477%	338%	457%	1 537	107%	112%	103%	100%	107%
Tørrbulk, 2.500 dwt	76	564%	608%	477%	338%	457%	427	103%	106%	100%	99%	103%
Tørrbulk, 6.200 dwt	102	564%	608%	477%	338%	457%	576	106%	111%	102%	99%	106%
Tørrbulk, 26.000 dwt	194	564%	608%	477%	338%	457%	1 097	112%	118%	105%	101%	112%
Tørrbulk, 40.000 dwt	291	564%	608%	477%	338%	457%	1 641	112%	118%	105%	101%	112%
Tørrbulk, 60.000 dwt	329	564%	608%	477%	338%	457%	1 854	111%	118%	105%	101%	111%
Tørrbulk, 80.000 dwt	390	564%	608%	477%	338%	457%	2 199	109%	114%	104%	101%	109%
Kjøleskip, 3.000 dwt	238	564%	608%	477%	338%	457%	1 341	108%	113%	102%	99%	108%
Tankskip, 2.500 dwt	77	564%	608%	477%	338%	457%	433	101%	102%	100%	99%	101%
Tankskip, 6.500 dwt	92	564%	608%	477%	338%	457%	518	105%	108%	102%	100%	105%
Tankskip, 40.000 dwt	261	564%	608%	477%	338%	457%	1 472	110%	116%	104%	101%	110%
Tankskip, 73.000 dwt	288	564%	608%	477%	338%	457%	1 627	111%	117%	105%	101%	111%
Tankskip, 110.000 dwt	477	564%	608%	477%	338%	457%	2 691	111%	118%	105%	101%	111%
Tankskip, 160.000 dwt	590	564%	608%	477%	338%	457%	3 331	108%	113%	103%	101%	108%
Gasskip (for LNG), 5 200cbm, 3.900dwt	76	564%	608%	477%	338%	457%	427	102%	103%	101%	100%	102%
Gasskip (for LNG), 29 000cbm, 20.300dwt	148	564%	608%	477%	338%	457%	835	103%	105%	101%	100%	103%
Gasskip (for LPG), 35 000cbm, 30.000dwt	206	564%	608%	477%	338%	457%	1 164	105%	107%	102%	100%	105%
Gasskip (for LNG), 74 000cbm, 50.000dwt	244	564%	608%	477%	338%	457%	1 380	103%	105%	101%	100%	103%
Gasskip (for LNG), 150 000cbm, 95.000dwt	386	564%	608%	477%	338%	457%	2 178	105%	108%	102%	100%	105%
Kjem/prod tank, 8.000 dwt	140	564%	608%	477%	338%	457%	788	104%	107%	102%	100%	104%
Kjem/prod tank, 44.500 dwt	180	564%	608%	477%	338%	457%	1 017	105%	107%	102%	100%	105%
GC (kystskip sideport), 1.250 dwt	48	564%	608%	477%	338%	457%	272	103%	106%	100%	98%	103%
GC (kystskip sideport), 2.530 dwt	74	564%	608%	477%	338%	457%	420	112%	120%	104%	99%	112%

Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv

	Distansekostnad						Tidskostnad					
	(MGO: kr/km; Øvrige teknologier: Forholdstall vs. MGO)						(MGO: kr/time; Øvrige teknologier: Forholdstall vs. MGO)					
CC kystskip (LNG-drevet), 5.000 dwt	148	100%	100%	100%	100%	100%	148	122%	135%	109%	102%	122%
Sideport, levende dyr	98	564%	608%	477%	338%	457%	553	129%	150%	109%	98%	129%
RoRo (cargo), 5.000 dwt	91	564%	608%	477%	338%	457%	514	111%	118%	104%	101%	111%
RoRo (cargo), 10.070 dwt	249	564%	608%	477%	338%	457%	1 405	112%	119%	105%	101%	112%
RoRo (cargo), 15.990 dwt	392	564%	608%	477%	338%	457%	2 213	113%	121%	106%	101%	113%
Supply skip offshore, 4.000 dwt (total)	83	564%	608%	477%	338%	457%	471	107%	111%	102%	100%	107%

2.3 Analyse av ulike teknologivalg i NGM

Selv om kostnadsmodellen til NGM nå inneholder kostnadsmodellering for flere fremdriftsteknologier, er dette foreløpig mest egnet for å gjøre illustrasjonsberegninger og sammenlikninger av kostnadsnivå for de alternative fremdriftsteknologiene mot tilsvarende for forbrenningsmotorer for fossilbaserte drivstoff. Dette skyldes at selve beregningslogikken i NGM er basert på kostnadsminimering og det er foreløpig komplisert å inkludere valgfaktorer mellom alternative drivlinjer, f.eks. for dieslbiler vs. batteri-elektriske biler. Enkelt sagt er modellen foreløpig uegnet til selv å velge om det på en gitt relasjon skal kjøres med diesel- eller elektrisk framdrift. Framover er det derfor behov for å utvikle løsninger for valg av framdriftsteknologi.

Kapittel 5 gir derfor en beskrivelse av hvordan vi har innarbeidet kostnader for ulike drivlinjer i et 2050-perspektiv i dagens versjon av NGM, og hvordan dette er gjort for ulike strategibaner.

3 Kostnadsbaner for vegtransport

3.1 Innledning

Dette kapitlet beskriver teknologisk utvikling og kostnadsutvikling, med estimater for salgspris til bruker for alternative drivlinjer for lastebiler. Diesellastebiler er basis for beregningene. Alternativene som er vurdert, og som omfattes av den norske definisjonen av nullutslippslastebiler er:

1. Batterielektriske lastebiler (BET)
2. Hydrogen-brenselcelle Elektriske lastebiler (HFCET)
3. Hydrogen forbrenningsmotor lastebiler (HICET)
4. Biogass lastebiler (BGT)

Flytende biodrivstoff er ikke omfattet av den norske nullutslippsdefinisjonen. Hovedsporet for disse er biodrivstoffomsetningspåbudet som i praksis innebærer at en økende andel flytende biodrivstoff blandes inn i diesel. Plug-in hybrid lastebiler som kjører delvis på strøm og delvis på diesel er ikke omfattet av Norges nullutslippsmål for 2030, men vil være del av EUs mål om reduksjon av CO₂-utslipp fra gjennomsnittslastebilen (EU, 2024), og vil derfor kunne være en interessant teknologi i andre land.

Utviklingen innenfor teknologi og kostnader danner utgangspunkt for å lage standard konfigurasjoner som kostnadsberegnes i form av ekstrakostnader i forhold til diesel for følgende lastebilkategorier:

1. Bytransport og annen lokal transport og varedistribusjon (0-200 km)
2. Regional transport og varedistribusjon (200-300 km)
3. Langtransport 300-500 km
4. Langtransport over 500 km

Resultatene brukes inn i NGM for beregning av effekter av ulike typer politikk for å nå en klimanøytral godstransportnæring i 2050.

3.2 Teknologistatus og -utvikling

3.2.1 Diesellastebiler

Diesellastebiler er moden teknologi og har dermed lavere overhead-kostnader (både i absolutte tall og i prosent) i produksjonsleddet enn de alternative nullutslippslastebilene. Innføring av nye krav til avgassrensing på Euro 7 nivå fra 2028 (nye modeller) og 2029 (alle modeller) (Tiltak.no 2025) medfører økte kostnader for dieseldrevne lastebiler fra 2028 (antatt halve markedet) og 2029 (hele markedet) og estimater for disse kostnadene er inkludert i beregningene.

3.2.2 Batterielektriske lastebiler

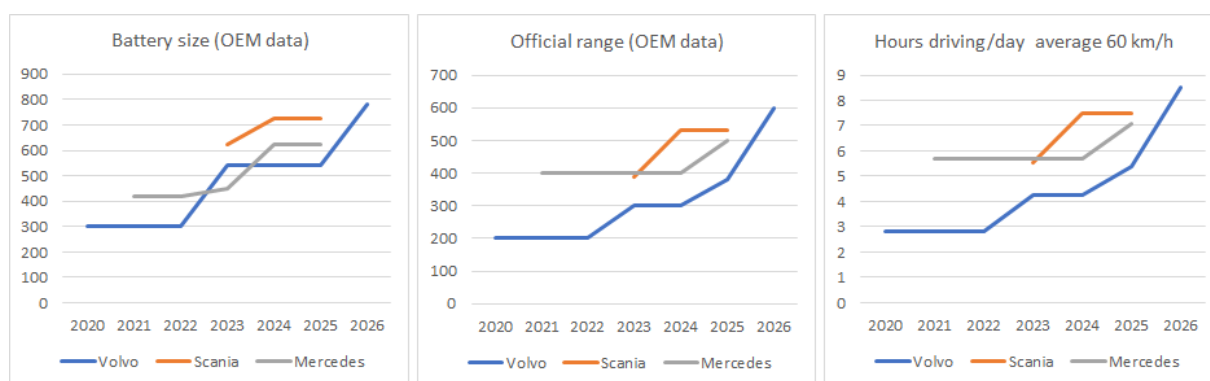
Batterielektriske lastebiler lagrer elektrisk energi overført fra kraftnettet i batterier. Energien er overført via en lader som enten er i lastebilen, i.e. AC lading 22 kW-43 kW, eller utenfor lastebilen fra DC ladere med ladeeffekt fra 50 kW til 1000 kW. I fremtiden vil ladeeffekten fra DC ladere øke ytterligere som dokumentert i personbilteknologiutviklingen der hurtiglading lå på 50 kW da de første moderne elbiler kom i 2011 til nye modeller som nå har 400 kW lading. Ladeeffektbehovet varierer etter hvor lastebilen lades.

I depoter der lastebilene i hovedsak vil lades (European Commission 2025), er det typisk behov for 50-100 kW DC ladere, i noen tilfeller opp til 150 kW for lastebiler med store batterier som brukes intensivt over 2 skift. Lastebiler for lokal bruk med begrenset batteristørrelse (inntil ca. 200-400 kWh) kan lades med AC-ladere i lastebilene med 22 kW fra samme type ladebokser som brukes for personbiler eller

med 43 kW ladeeffekt fra industrikontakter. 22 kW lading er billigste alternativ da samme type ladere og veggbokser brukes for personbiler og produseres i store volumer med resulterende lave kostnader. 43 kW ladere er dyrere enn 22 kW ladere. I beregningene er det antatt at alle lastebilene uansett type har 22 kW ladere installert slik at det er mulig å «nødlade» fra personbilladere og andre.

Batteristørrelsen i batterielektriske lastebiler tilpasses bruken da det er en svært kostbar komponent som i praksis utgjør prisforskjellen mellom diesellastebiler og batterielektriske lastebiler. I 2025 leveres lastebiler med inntil 600-640 kWh batterier (nominelt) og rekkevidde inntil 500 km under gunstige forhold, det vil si ikke fjelloverganger eller kalde vintre. I 2026 kommer Volvo med en lastebil med 780 kWh batteri med en rekkevidde over 600 km under optimale forhold. Under norske forhold må en regne med 30% lavere rekkevidde om vinteren. Ladeeffekt har fram til 2025 ligget på 150-350 kW, men 2025 modeller med de største batteriene er klargjort for å klare å ta imot opp mot 1 000 kW fra MW ladere. MW-ladestandarden har ikke vært ferdig definert så det må en ettermontering til for at de skal kunne lade så raskt. Fremtidige modeller for regional og langtransport vil ha MW-lading som en tilgjengelig opsjon ved kjøp av lastebilen. Produsentene dimensjonerer normalt lastebilbatterier for en levetid på rundt 10 år, men erfaringer fra personbilmarkedet tyder på at faktisk levetid kan være lengre. Lastebiler belaster imidlertid batteriet mer intensivt i daglig drift enn personbiler, noe som kan redusere levetiden. Levetiden avhenger også av batterikjemi: LFP-batterier, som blant annet benyttes av Mercedes, er mer robuste og forventes å vare lenger enn andre litium-ion-varianter. Det antas at lastebilteknologien vil følge samme utviklingsbane som personbiler, med økt batterikapasitet og raskere lading i årene fremover.

Drivsystemet har for de første el-lastebilene vært kombinert med modifiserte versjoner av girkasser fra diesellastebiler. Den nye generasjonen lastebiler fra 2025 anvender en e-aksling der motorene er plassert rett på innsiden av drivhjulene slik at det frigis plass i rammen for plassering av batterier der girkasse og kraftoverføringssystemet satt tidligere. For Mercedes del er det foreløpig bare mulighet for drift på en aksling, men det er under videreutvikling for drift på flere akslinger (Daimler 2025a). Dermed kan den totale batterikapasiteten økes. Figur 3.1 viser batteristørrelse, rekkevidde og brukstimer per dag ved kun nattlading, for batterielektriske lastebiler fra Scania, Volvo og Mercedes. Volvo ser ut til å ha en mer konservativ angivelse av rekkevidde enn de andre aktørene. Mercedes E-actros 600 i salg fra 2024 bruker LFP batterier som tillater 95% utnyttelse av kapasiteten, mens de andre produsentene anvender Li-Ion batterier som de tillater at utnyttes 70-85% for å oppnå lengst mulig levetid.



Figur 3.1: Annonisert batteristørrelse og rekkevidde Volvo, Scania og Mercedes. Maksimal effektiv kjøretid/dag på en lading.

Batterielektriske lastebiler optimaliseres for å dekke et aktuelt transportbehov gitt tilgjengelighet på ladeeffekt og kostnader for strøm i ulike lokasjoner og totalkostnader. Fleksibiliteten til å ta en stor variasjon av transportoppdrag er dermed mindre enn for diesellastebiler selv om et godt utbygd offentlig nettverk av lynladere (350 kW) og MegaWatt (600-1000 kW) ladere kan redusere ulempen.

Ladekostnader i depoter/terminaler og andre steder der bilene står over natten avhenger av utbyggings- og nettilkoblingskostnader, eventuelt behov for stasjonært batteri for lastutjevning for å minimere effekt eller muliggjøre nettilgang, effektkostnader, årskostnader, energiavgifter og energipriser. Effektkostnadene er definert ut fra månedens maksimale effektuttak og kan være betydelige, hos ELVIA 73 kr/kW/måned, og gjør det nødvendig å ha kontroll på maksimalt uttak av ladeeffekt for å få lavest mulige ladekostnader.

Strømpriser varierer i Norges 5 prissoner og gjennom året og døgnet (ved spotpris), og kostnader for effekt varierer mellom nettselskapene mellom sonene og internt i sonene, noe som regionalt og lokalt kan påvirke konkurranseforholdet mot diesellastebiler og andre alternativer.

3.2.3 Hydrogen-brenselcellelastebiler

Lastebil med hydrogen-brenselcelle bruker de samme elektriske drivsystemene som de batterielektriske lastebilene i kombinasjon med et forholdsvis lite batteri for effektutjevning og en brenselcelle som produserer strøm fra hydrogen lagret i hydrogentanker som fylles på en hydrogenfyllestasjon. Hydrogen må produseres fornybart for å være et reelt alternativ. I Norge gjøres dette med elektrolysører og elektrisitet fra kraftnettet, noe som resulterer i et stort energieffektivitetstap sammenlignet med direkte bruk i batterielektriske lastebiler. Lastebilprodusenter og andre aktører forventer at fyllestasjonene er offentlig tilgjengelige (NOW GMBH 2024a,b), men de kan også være internt på et depot slik som hos Asko i Trondheim.

Ingen lastebiler med hydrogen-brenselceller er per 2025 i serieproduksjon og i normalt salg, men det finnes busser i småserieproduksjon, og lastebilprototyper som testes ut. Brenselcellesystemer for lastebiler er planlagt industrialisert av Cellcentric, et samarbeid mellom Daimler (Mercedes) og Volvo trucks, som den dominerende aktøren. Cellcentric har stadig skjøvet på forventet start av serieproduksjon og det ser ikke ut til at europeiske produsenter kan komme på markedet med serieproduserte brenselcellelastebiler før tidligst utpå 2030-tallet, hvis de da er konkurransedyktige mot andre alternativer. For-serie lastebiler kan imidlertid komme på markedet i små volum til høye priser tidligere. Det er en liten serieproduksjon og brukt av noen lastebilprodusenter i Kina.

3.2.4 Hydrogen forbrenningsmotor lastebiler

Hydrogen i forbrenningsmotorer har de siste årene seilt opp som et alternativ som er billigere og raskere for lastebilprodusentene å få på markedet. De kan regnes som nullutslippslastebiler i klimasammenheng, men vil ha utslipp av NOx og små mengder partikler fra forbrenning av smøreolje. Forbruket av hydrogen vil være betydelig høyere enn for brenselcellelastebilene. De vil ha samme type hydrogentanker som brenselcellelastebilene. Det er i beregningene antatt samme tankstørrelse for begge teknologier, hvilket betyr at lastebilene med forbrenningsmotor må fylle hydrogen oftere.

3.2.5 Biogass lastebiler

Biogass lastebiler er relativt moden teknologi som har vært på markedet i mange år, men produksjonsvolumene er begrenset. Dieselmotorene ombygges til å kunne bruke metan (biogass eller naturgass) som lagres i bilen som gass (BGT) eller flytende (LBGT).

3.3 Markedsstatus og -utvikling

Markedet drives fram av EUs krav til redusert CO₂-utslipp fra nye lastebiler fram mot et mål om 90% reduksjon fra 2040, med mellommål om en reduksjon på 45% i 2030 og 65% i 2035 (Tiltak.no 2025). Ytterligere detaljer for ulike undersegmenter av kjøretøy er vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1: EUs CO₂-krav tunge kjøretøy per lastebilsegment, vektklasse og drivakselkonfigurasjon. Kilde: ICCT 2024.

	Vehicle bins	Vehicle group	Gross vehicle weight (t)	Axle configuration	2025	2030	2035	2040	Baseline year
Currently regulated trucks	Heavy lorries > 16 t with 4x2 and 6x4 axle configurations	4-UD, 4-RD, 4-LH, 5-RD, 5-LH, 9-RD, 9-LH, 10-RD, 10-LH	> 16	4x2, 6x2	15%	43%	64%	90%	2019
Newly added vehicles	Heavy lorries > 7.4t and ≤ 16 t	1s,* 1, 2, 3	> 7.4 - ≤16	4x2	0%	43%	64%	90%	2021
	Heavy lorries with special axle configuration	11, 12, 16	All weights	6x4, 8x4					
	Medium lorries	53, 54	> 5 - ≤7.4	4x2 (rear wheel drive)					2025
	Coaches and interurban buses	32-C2, 32-C3, 32-DD, 34-C2, 34-C3, 34-DD, 31-L2, 33-L2	> 3.5	2- and 3-axles					
	Primary vehicles of coaches and interurban buses		> 3.5	2- and 3-axles					
	Vocational vehicles	53v, 1sv, 1v, 2v, 3v, 4v, 5v, 9v, 10v, 11v, 12v, 16v	> 3.5	4x2, 6x2, 6x4, 8x4		0%			
Newly added trailers	Drawbar/centre-axle trailers ^b	111, 112, 113, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133	All weights	1-, 2-, and 3-axles	0%	10%	10%	10%	2025
	Semi-trailers ^c	421, 422, 423, 431, 432, 433, 611, 612, 621, 622, 623, 624, 625, 631, 632, 633	≥ 8	1-, 2-, and 3-axles	0%	7.5%	7.5%	7.5%	2025
Newly added buses	Urban buses	31-LF, 31-L1, 31-DD, 33-LF, 33-L1, 33-DD, 35-FE, 39-FE	> 3.5	2-, 3-, and 4-axles	0%	90%	100%	100%	2025

* The reference period for vehicle group 1s is 2025

^b Vehicle groups 111, 112, 121, 122, 123, 124, and 132 also have a second vehicle code, suffixed with a V, to signify if the vehicle is primarily designed for the transport of voluminous goods and has an internal height of more than 2.9 meters

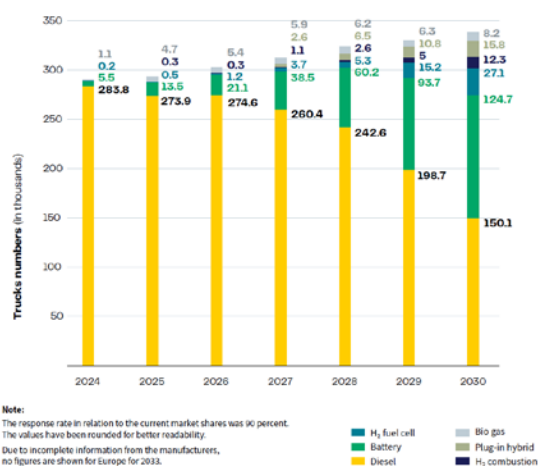
^c Vehicle groups 421, 422, 431, 432, 611, 612, 621, 623, 622, 624, 631, and 632 also have a second vehicle code, suffixed with a V, to signify if the vehicle is primarily designed for the transport of voluminous goods and has an internal height of more than 2.9 meters

EU-kravene inkluderer ikke biogass, men det er en åpning for hydrogen i forbrenningsmotorer. Batteri-elektriske lastebiler vil være hovedsporet som lastebilprodusenter og operatører av lastebiler vil følge fram mot 2030 (EU JRC 2025). Utviklingen har kommet lenger enn for hydrogenlastebiler og batteri-elektriske lastebiler vil ha lavere energikostnader og bedre energivirkningsgrad (NOW GMBH 2024a,b, EU Commission 2025), mens biogass drivstoff bare er begrenset tilgjengelig og ikke kan anvendes av mer enn rundt 6 000 langtransportlastebiler i Norge (egne estimater basert på tilgang til ca. 2,5 TWH biogass til transportformål). Tilgjengeligheten av biogass for tungtransport har økt betydelig som vist i kartet over fyllestasjoner i vedlegg 1.

I såkalt «Clean room talks» har NOW GMBH (tysk organisasjon for fremme av nullutslippsteknologier på vegne av staten) fått input fra lastebilprodusentene som i dag er operative i Europa om hvilken fordeling av drivsystemer de ser for seg fram mot 2030. Disse samtalenene viser at produsentene ser for seg at batterielektriske lastebiler vil dominere markedet for alternative drivlinjer som vist i figur 3.2, og at rike land i Europa, som Tyskland, vil ligge foran i utviklingen. I følge intervjuene (NOW GMBH 2024a,b) forventes det som vist i figur 3.2 at batterielektriske lastebiler vil utgjøre henholdsvis 72,4%/69%, Hydrogen-brenselcelle 15,7%/19,6%, Hydrogen forbrenningsmotor 7,1%/8,8%, og Biogass 4,8%/2,6% av det Europeiske/tyske markedet for nullutslippskjøretøy i 2030.

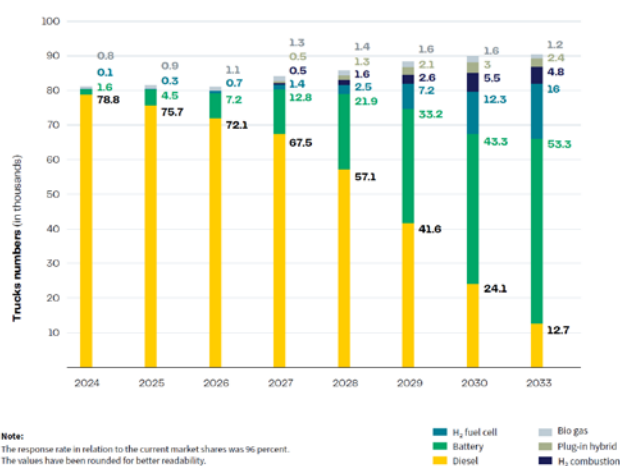
I estimatene er Plug-in hybrider holdt utenfor fordi de ikke er med i den norske definisjonen av nullutslippskjøretøy.

Forecast sales figures for heavy-duty vehicles (N3/> 12 t)
In Europe, according to manufacturer data



Source: Information from the truck manufacturers involved. Own representation.

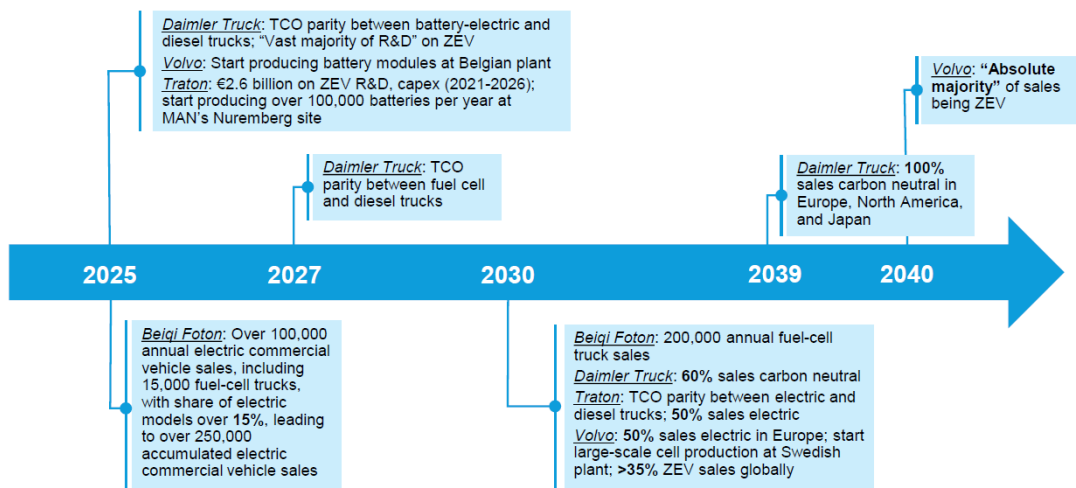
Forecast sales figures for heavy-duty vehicles (N3/> 12 t)
In Germany, according to manufacturer data



Figur 3.2: Resultater «Clean Room Talks» gjennomført av NOW GMBH (2024a). Markedsandeler for ulike drivsystemer til 2030/2033.

I EUs rapport om markedsklarhet for nullutslippslastebiler (EU 2025) regner de med at av de solgte nullutslippslastebilene fram til 2030 vil batterielektriske kjøretøy ha total dominans for de letteste lastebilene og for lastebiler med spesielle akselkonfigurasjoner, mens ca. 18% av de tyngste kan være Hydrogen-brenselcellestebiler. I så fall vil det da i Europa fram til 2030 bli solgt 357 000 batterielektriske lastebiler og 68 000 hydrogenlastebiler slik at EUs CO₂-krav blir oppfylt. Hydrogen i forbrenningsmotor nevnes som en mulighet som del av hydrogenlastebilene, men vurderes ikke nærmere pga. manglende informasjon. Andelen hydrogenlastebiler forutsetter at det blir tilstrekkelig billig hydrogen på markedet, slik at de kan klare å konkurrere i de tyngste vektclassene, men det noteres i rapporten at det ikke er tilfelle i dag, og at det er høyst usikkert om det blir mulig i fremtiden. Det er sterkt sprikende meninger om hydrogen hos aktørene som er intervjuet. Andelen hydrogenlastebiler må dermed anses som svært usikker og heller mer i retning av lavere enn høyere anslag. I en EU Joint Research Center Rapport (EU JRC 2025a) trekkes batterielektriske lastebiler frem som hovedsporet av aktører som har svart på en spørreundersøkelse/deltatt i en aktørworkshop. Hydrogen ses på som komplementær teknologi for de mest krevende transportene der batterielektriske lastebiler ikke strekker til enda.

Det er sannsynlig at kinesiske produsenter og enkelte produsenter i USA vil benytte teknologiskiftet til nullutslippsteknologier til å komme seg inn på det Europeiske markedet (EU 2025) med batterielektriske lastebiler der de har kostnads- og teknologisk konkurransekraft mot de europeiske produsentene, slik de har gjort allerede på personbilmarkedet. Dominansen i retning av batterielektriske lastebiler kan dermed bli enda større enn figur 3.2 indikerer. Det norske markedet er et tidlig marked og vil ligge foran i adopsjonen av nullutslippskjøretøy sammenlignet med Europa. Skal det norske nasjonale nullutslippmålet nås, er det nødvendig med en betydelig raskere overgang enn det produsentene tror vil skje i Europa og spesifikt i Tyskland. At Norge står utenfor EUs tollunion kan gjøre det enklere å nå målet fordi vi ikke må innføre straffetoll på batterielektriske lastebiler fra Kina dersom EU gjør det, på samme måte som vi ikke har toll på kinesiske elbiler i dag. Vi har også kontroll over egen avgiftspolitikken noe som kan muliggjøre avgifter på diesellastebiler for å få fart på omstillingen. Hydrogen vil få liten betydning for å nå 2030 målet da så godt som hele omstillingen i salget av nye lastebiler vil måtte være gjennomført før serieproduserte hydrogenlastebiler eventuelt kommer på markedet. Lastebilprodusentenes egne offisielle mål for nullutslippskjøretøy (BloombergNEF 2024) er vist i figur 3.3.



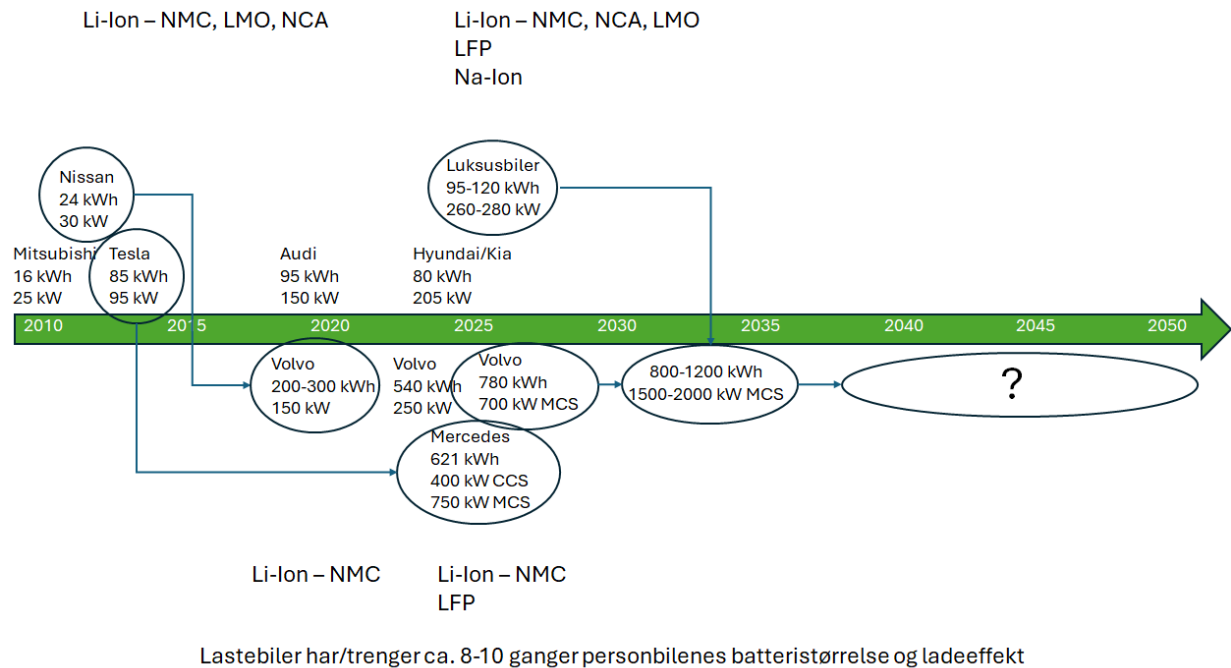
Source: BloombergNEF, company press releases. Note: 'TCO' refers to total cost of ownership, 'ZEV' is zero-emission vehicle, and 'R&D' is research and development.

Figur 3.3: Lastebilprodusentenes målsetninger. Kilde: BloombergNEF (2024).

Gitt disse forventningene og en antagelse om at også kinesiske og USA-baserte produsenter (TESLA) vil komme på markedet med batterielektriske lastebiler og ta markedsandeler, er det sannsynlig at innovasjonstakten og investeringene vil være betydelig høyere for videreutvikling av batterielektriske lastebiler enn for de andre alternativene. Norge vil kunne fortsette å utvikle markedet for alle typer nullutslippskjøretøy frem mot 2030 med hovedvekt på batterielektriske lastebiler og biogass der rekkevidden på de batterielektriske modellene blir for kort.

Ser vi på utviklingen på personbiler de siste 15 årene kan lenger rekkevidde og raskere lading forventes også for lastebilene som illustrert i figur 3.4. Det finnes nå personbiler på markedet som kan lades med ladeeffekter på opptil 300-400 kW (3-4 ganger batteristørrelse i kWh) og det kommer personbiler fra BYD på markedet med 100 kW batterier som tåler ladeeffekt på inntil 1 000 kW og ca 500 kW gjennomsnittlig opp til 60% ladetilstand (InsideEVs 2025). Hydrogenlastebiler kan derfor på sikt miste mye av, og kanskje hele, fordelene med raskere fylling av energi enn det som kan gjøres på batterielektriske lastebiler i dag. Spesielt ettersom det sjelden er behov for å lade opp hele batteriet underveis på en lenger transportetappe. Akkurat som med personbiler vil en lade så mye som behøves for å rekke fram til bestemmelsesstedet eller tilbake til depoet der det er tilgang til billigere lading enn langs veien. Rask lading for lastebiler på nivå opp mot personbiler forutsetter at slike løsninger i det minste er delvis overførbare, og at det er mulig å bygge ut ladeinfrastrukturen tilstrekkelig.

Megawattstandarden tillater lading opp til 3,7 MW, men foreløpig er det utviklet og under etablering ladere som leverer effekter i området 600-1400 kW. Det er ingen grunn til å tvile på at det vil komme batterielektriske lastebiler på markedet som vil kunne utnytte slike ladeeffekter, men lastebiler vil neppe få fullt ut like rask lading som personbilene pga. behovet for lengre levetid på batteriene. Batterier i lastebiler brukes i gjennomsnitt hardere enn i personbiler (med unntak av TAXIer) da mesteparten av batterikapasiteten brukes daglig, mens i personbiler brukes bare en liten del av batterikapasiteten daglig, og full batterikapasitet bare til fritidsreiser. Første generasjon elbiler med små batterier (2011-2016-årsmodeller utenom Tesla) anvendte en stor del av batterikapasiteten daglig, særlig om vinteren, men levetiden har likevel vært over 10 år. Det betyr at en kan forvente lang levetid også forbatteirene i de batterielektriske lastebilene. Serviceavtalen med batterigarantier på opptil 10 år kan kjøpes som tillegg.



Figur 3.4: Forventninger om batteristørrelser og ladefart ut fra erfaringer fra personbilmarkedet. Kilde: Forfatter.

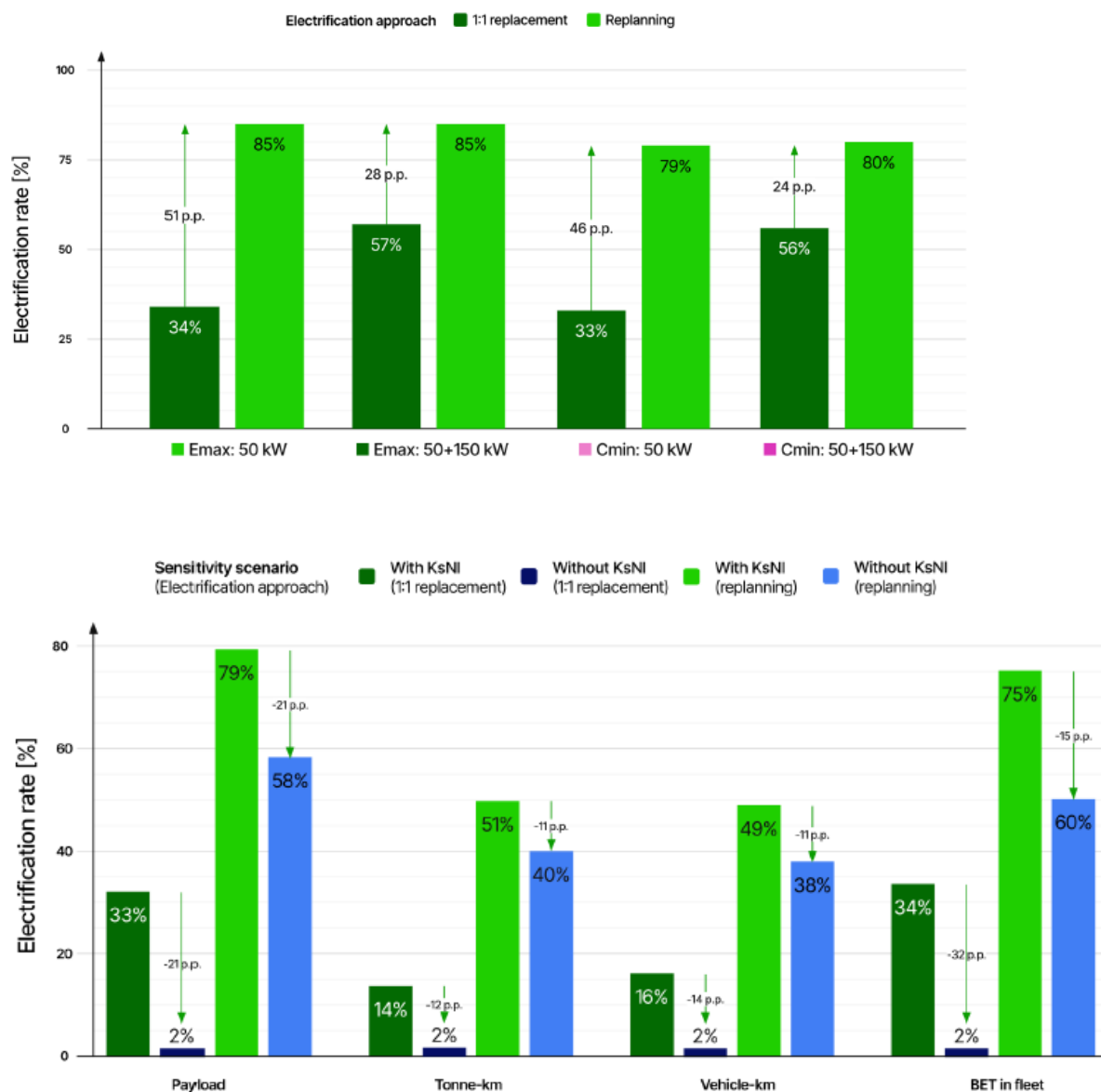
Selv om produsentene utvikler alle alternativer er det ikke gitt at alle alternativer slår gjennom eller tas i bruk i alle regioner. På EVS38 konferansen i Gøteborg i juni 2025 trakk Volvo Groups globale teknologi-direktør fram India som et land der det kan være aktuelt med hydrogenlastebiler fordi et svakt kraftnett umuliggjør ekstensiv bruk av el-lastebiler, mens mye sol kan gjøre det mulig å lage billig hydrogen (Volvo Group 2025). I samme presentasjon fremgikk det at Volvo (og dermed Mercedes) planlegger begrenset småserieproduksjon av brenselcellesystemer først fra 2030, som kan tolkes dithen at de heller ikke ser for seg et gjennombrudd for hydrogen de første årene av 2030-tallet.

Mercedes ser for seg, ut fra uttalelser under EVS38 konferansen (Daimler 2025a) og medieartikler, samt egne pressemeldinger (Cellcentric 2025a, Cellcentric 2025b), hydrogen som en mer langsiktig opsjon når/hvis billig nok fornybart basert hydrogen blir tilgjengelig i verdensmarkedet. Videre bygger interessen for hydrogen seg på at kundene deres vil ha mindre behov for å tilpasse driftsmønsteret ved stor-skala tilgjengelighet av hydrogen mens batterielektriske lastebiler kan innebære at lastebiloperatørene må gjøre tilpasninger og justeringer i driftsmønstre som kan være krevende og kostbare. I pressemeldingene fra Cellcentric som er Mercedes/Volvos felles selskap for produksjon av brenselceller fremgår det stor usikkerhet med hensyn på når og om det blir serieproduksjon, noe som overensstemmer med uttalelser fra Volvo om småserieproduksjon fra 2030. I siste pressemelding fra Mercedes skyves produksjonsstart til tidlig på 2030-tallet (Daimler 2025b), mens de i tidligere kommunikasjon har snakket om siste halvdel av 2020-tallet, så slutten av 2020-tallet, 2030 og nå altså etter 2030. Denne vinglingen bygger ikke tillit til at hydrogenlastebiler kommer på markedet.

Einride, Rewe og Fraunhofer (Engholm et al. 2025) fant i en analyse av distribusjonslastebiler at tilpasninger i driftsmønstre kan øke potensialet for batterielektriske lastebiler betydelig sammenlignet med en-til-en erstatning av diesellastebiler med batterielektriske lastebiler fordi en da kan elektrifisere med mindre batterier i lastebilene og dermed med lavere kostnader. Det blir mulig å utnytte batterikapasiteten bedre, samt at elektrifiseringen kan gjennomføres lønnsomt selv uten kjøpssubsidier som vist i figur 3.5. Ut fra dette kan en anta at det vil finnes aktører som vil ta i bruk denne type optimalisering for å tilby nullutslippstransport til konkurransedyktige priser. De vil kunne få et konkurransefortrinn som vil tvinge andre aktører til å følge etter. Optimalisering på dette nivået vil være komplekst og kreve avansert programvare og kompetanse som neppe vil etableres hos små aktører i transportbransjen. Innfø-

ringen av batterielektriske lastebiler kan dermed lede til en konsolidering til større enheter i transportbransjen.

Electrification rate for payload transported



Figur 3.5: Andel av lastebilflåte som elektrifiseres med og uten ruteoptimalisering for ulike varianter av depotlading (øverst) og hvordan subsidiering av ekstrakostnader³ for batterielektriske lastebiler påvirker resultatet (nederst). Kilde: Engholm et al. (2025).

På Mercedes sin stand på EVS38 forventet en av ekspertene på batterielektriske lastebiler at de vil utgjøre 80% av markedet i Europa mens det fortsatt kan være behov for dieseldrift i 10% av markedet. Dermed gjenstår evt. 10% som kan tas av hydrogen, mens biogass var han tvilende til, da det ikke var en favorisert opsjon i Tyskland. Han trakk også fram andre deler av verden og mulig billig produksjon i Midtøsten av solbasert hydrogen til lav pris som en mulig vei for hydrogen, mens Europeisk produsert

³ German funding program for climate friendly commercial trucks, covering up to 80% of the difference in purchase cost for a BET compared to a corresponding ICET and up to 80% of charging infrastructure investment costs. The program stopped issuing new funding calls in 2024, during the work of this study.

fornybart hydrogen kanskje lå for høyt i pris. Han sa videre at Mercedes E-actros 600 lastebilen bare er godkjent for 44-tonns totalvekt og med dagens størrelse på e-axle var det ikke plass til drift på 2-akslinger. Underforstått så jobbet de med å gjøre løsningen kompakt nok til å muliggjøre drift på flere akslinger. Forventet batterilevetid var svært lang, antydningvis 10 år og 1,5 millioner km selv med 1 MW ladesesjon underveis per dag og resten av ladingen i depot/terminal over natt eller døgnhviletiden. Basisgaranti på batterier er 4 år eller 400 000 km som kan utvides til 8 år eller 800 000 km. Med en e-trailer (tilhenger som har sitt eget batteri og drivsystem for redusert energiforbruk i trekkvognen) kan en E-Actros 600 trekkvogn oppnå rekkevidde på 800 km, men med tap av nyttelast pga. vekt på drivsystemet i e-traileren. Nyttelasten i E-Actros er 2 tonn mindre enn for diesel pga. 4 tonn ekstra vekt, minus 2 tonn ekstra tillatt totalvekt i EU regulativer. Overskuddsvarme brukes til kabinvarme og til batterivarmer. Temperaturen i batteriet holder seg oppe over natten pga. batteriets høye varmekapasitet.

Det synes ut fra informasjonen over, lite sannsynlig at brenselcellelastebiler vil bli konkurransedyktige mot batterielektriske lastebiler på 10 års sikt i Norge eller i Europa. Hydrogenlastebilene vil være kostbare og hydrogenprisen vil være høy selv med norske kraftpriser, med mindre en får subsidier per produsert og solgt kg hydrogen. Billig hydrogen fra Midtøsten og Asia finnes foreløpig ikke på markedet og er verdikjeder det vil ta lang tid å bygge opp. Kraftnettet i Norge begrenser i noen grad utbredelse av batterielektriske lastebiler pga. en ubalanse i tilgjengelig effekt og etterspurt effekt for ulike anvendelsesområder. Kraftnettet kan imidlertid forsterkes løpende etter hvert som elektrifiseringen av transport øker og bilparken langsomt erstattes med nullutslippskjøretøy.

Hydrogen vil komme for sent på markedet til å bidra til oppfyllelse av det nasjonale målet om bare å selge nullutslippslastebiler fra 2030. Store deler av lastebilflåten vil være batterielektrisk innen hydrogen eventuelt kan bli en reell masseprodusert og konkurransedyktig opsjon et antall år etter 2030. Hydrogen kan være mer aktuelt i andre land med mye sol og dårlig kraftnett, i USA der hviletidene er kortere og håndhevet mer avslappet enn i Europa, og i land som ikke har kommet så langt i introduksjonen av nullutslippsløsninger hvis og når hydrogen evt. blir konkurransedyktig på pris.

3.4 Barrierer

Intervjuer av ulike aktører gjort for EU-kommisjonen (EU 2025) viser at i 2025 er de fem viktigste barrierene for å utvikle markedet for nullutslippslastebiler relatert til 1) kjøpspris, 2) usikker hydrogenpris, 3) nettkapasitet, 4) totalkostnader og 5) tillatelser for nettilknytning. I 2030 er det forventet at topp fem barrierer er endret til: 1) nettkapasitet, 2) usikker hydrogenpris, 3) tillatelser for nettilknytning, 4) kjøpspris og 5) usikkerhet i energipriser. Øvrig rangering er vist i figurene nedenfor.

Table 75: The importance of barriers today, responses by stakeholder group

	all	Vehicle OEMs	Part suppliers	Freight carriers	Shippers	Bus/coach operators	NGOs	Researcher/academic institution	DSOs / TSOs	CPOs	Technology providers	Electricity suppliers	Hydrogen
1. Purchase cost	4.4	3.7	4.3	4.5	4.8	4.8	4.3	4.5	4.8	4.5	4.3	4.8	4.6
2. Hydrogen price uncertainty	4.2	4.4	4.6	4.1	4.4	4.3	3.7	4.2	4.3	4.1	4.4	4.3	4.0
3. Grid capacity	4.2	4.4	4.3	4.5	4.7	2.7	3.3	3.2	4.3	4.7	4.2	4.3	4.2
4. Total cost of ownership	4.0	4.2	4.5	3.9	4.0	4.3	3.3	3.0	4.0	4.1	3.7	4.8	4.7
5. Grid connection permits	4.1	4.5	4.1	4.4	4.6	2.7	3.0	3.2	3.8	4.7	4.4	4.7	3.6
6. Lack of public recharging along the network during short (e.g. 45') breaks	4.0	4.7	4.2	4.1	4.2	2.7	3.5	4.5	4.3	4.2	4.3	3.7	3.3
7. Lack of financial incentives	3.8	4.0	3.7	3.7	3.9	4.8	3.7	3.3	3.8	3.7	3.7	3.8	4.9
8. Lack of public recharging along the network during long daily/weekly resting periods	3.7	4.8	4.0	4.1	3.8	2.3	3.5	4.2	3.3	3.6	3.8	3.0	2.7
9. Availability of financial tools	3.3	2.2	3.5	3.2	2.9	5.0	3.8	3.5	3.5	2.9	3.2	3.3	4.0
10. Uncertainty on the residual value of vehicle and components	3.4	3.0	3.2	3.7	4.1	3.5	2.2	3.7	3.3	3.3	3.5	3.3	3.7
11. Investment costs of private infrastructure (e.g. depot recharging)	3.4	3.3	3.2	3.7	3.6	3.8	3.2	3.7	3.5	2.6	2.9	3.5	3.2
12. Energy price uncertainty	3.3	3.9	3.8	3.5	3.6	3.3	3.0	3.0	2.8	2.9	3.3	3.0	3.6
13. Adaptation and operational changes efforts	3.2	3.4	3.0	3.5	3.8	3.3	3.0	3.2	2.8	3.1	3.1	3.8	3.1
14. Lack of opportunity recharging at warehouses/logistic centres/intermodal terminals (e.g. during loading/unloading)	3.3	3.7	3.4	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	2.8	3.1	3.2	3.3	2.3
15. Flexibility of operations	3.1	3.1	3.2	3.7	4.0	2.7	2.2	3.0	2.8	3.4	3.0	3.5	2.7
16. Dwell time/refuelling time	3.1	3.6	2.9	3.4	3.7	3.7	2.7	3.2	2.3	3.1	2.7	3.3	2.6
17. Lack of private recharging at own location/depot, overnight (slow charging)	3.1	3.4	3.4	3.1	3.1	3.5	3.2	2.8	2.8	3.0	2.8	3.7	2.2
18. Lack of mandatory standards for hydrogen refuelling	3.1	3.0	3.3	3.0	3.2	3.3	3.3	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0	2.6
19. Regulatory barriers	3.1	3.4	2.7	3.1	2.8	2.8	3.8	3.0	2.8	2.9	3.0	2.8	3.6
20. Vehicle range	3.1	3.4	3.1	3.9	3.5	3.3	1.8	3.0	2.3	3.1	2.9	3.5	2.3
21. Public vs private recharging electricity prices	3.1	3.1	3.6	3.2	3.8	2.5	3.5	3.5	2.3	2.6	3.2	2.3	2.3
22. Lack of private recharging at own location/depot, fast charging	3.1	3.4	3.1	3.1	3.2	4.0	2.7	3.5	2.5	2.7	2.9	2.7	2.0
23. Data exchange protocols and standards between vehicles, CPOs and grid operators	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.3	2.5	2.7	2.5	2.5	2.9	2.0	2.7
24. Reliability	2.6	2.3	2.7	3.1	2.9	3.0	1.5	2.0	3.0	2.9	2.7	3.5	2.9
25. Security of supply of raw materials and components	2.6	2.9	3.0	2.6	2.5	3.7	2.8	2.2	2.3	2.6	2.6	2.3	2.6
26. Lack of mandatory standards for recharging	2.5	2.3	2.8	2.7	2.5	2.5	2.7	2.2	2.0	2.6	2.7	2.7	2.2
27. Maintenance cost	2.4	1.8	2.5	2.3	2.4	3.0	2.2	2.0	2.5	2.3	2.4	2.8	3.0
28. Lack of mandatory standards for payments	2.4	2.2	3.1	2.7	2.8	2.0	2.7	2.2	1.8	2.1	2.2	1.8	1.8

Table 76: The importance of barriers in 2030, responses by stakeholder group

	all	Vehicle OEMs	Part suppliers	Freight carriers	Shippers	Bus/coach operators	NGOs	Researcher/academic institution	DSOs / TSOs	CPOs	Technology providers	Electricity suppliers	Hydrogen
1. Grid capacity	3.8	4.7	4.1	4.1	4.6	3.0	2.7	2.5	3.0	4.3	3.9	3.3	4.0
2. Hydrogen price uncertainty	3.7	3.8	4.1	4.2	4.1	4.0	2.8	3.5	3.7	3.4	3.6	3.3	3.6
3. Grid connection permits	3.6	4.5	3.7	4.1	4.2	2.7	2.3	2.7	3.0	4.1	3.8	3.3	3.6
4. Purchase cost	3.4	2.9	3.8	3.8	3.9	4.7	2.8	2.5	3.0	3.0	3.4	3.5	3.8
5. Energy price uncertainty	3.2	4.0	3.8	3.7	3.6	3.7	2.3	2.0	2.3	2.9	3.1	3.0	3.8
6. Total cost of ownership	3.0	3.2	3.5	3.4	3.1	4.0	2.3	1.7	2.0	2.7	2.9	3.3	3.8
7. Lack of financial incentives	2.9	2.9	3.5	3.1	2.9	4.7	1.8	2.5	2.7	2.9	3.2	2.0	3.6
8. Lack of public recharging along the network during short (e.g. 45') breaks	3.0	4.0	3.6	3.4	3.4	2.3	1.7	2.7	2.0	2.9	3.1	3.3	1.8
9. Lack of public recharging along the network during long daily/weekly resting periods	2.9	4.0	3.4	3.4	3.4	2.0	1.7	2.7	2.3	2.9	3.0	3.0	1.8
10. Availability of financial tools	2.6	2.2	2.9	2.8	2.6	4.7	2.7	1.8	2.3	2.4	2.6	2.3	3.3
11. Uncertainty on the residual value of vehicle and components	2.7	2.9	2.9	3.0	3.2	3.3	1.8	2.2	2.0	2.5	3.0	2.5	3.1
12. Investment costs of private infrastructure (e.g. depot recharging)	2.9	3.4	3.1	3.5	3.2	3.3	2.5	2.7	2.3	1.8	2.5	1.7	2.2
13. Public vs private recharging electricity prices	2.9	3.6	3.3	3.3	3.4	2.3	2.5	2.7	1.7	2.2	2.8	2.0	2.0
14. Regulatory barriers	2.7	2.5	2.6	3.1	2.6	4.3	2.0	2.3	2.0	2.4	2.6	2.0	3.0
15. Lack of opportunity recharging at warehouses/logistic centres/intermodal terminals (e.g. during loading/unloading)	2.6	3.2	3.0	2.9	2.9	2.7	1.8	2.0	2.3	2.4	2.6	2.7	2.0
16. Security of supply of raw materials and components	2.6	3.0	3.0	2.4	2.9	2.7	2.2	2.2	1.3	2.7	3.1	2.3	2.8
17. Lack of private recharging at own location/depot, fast charging	2.5	2.9	2.9	2.8	3.1	3.0	2.0	2.0	2.3	1.9	2.3	1.7	2.0
18. Flexibility of operations	2.5	2.2	2.6	3.3	3.5	2.7	1.7	2.3	1.7	2.3	2.2	2.5	1.9
19. Adaptation and operational changes efforts	2.4	2.1	2.4	3.0	3.5	2.7	1.8	2.0	2.0	2.2	2.4	2.8	1.9
20. Lack of private recharging at own location/depot, overnight (slow charging)	2.5	2.8	2.9	2.8	3.1	3.0	2.0	1.7	2.3	1.9	2.3	2.0	2.0
21. Dwell time/refuelling time	2.6	2.8	2.4	2.9	3.4	2.7	1.5	2.3	1.3	2.5	2.5	2.5	1.9
22. Lack of mandatory standards for hydrogen refuelling	2.2	1.7	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	1.7	1.7	1.9	2.4	2.0	2.0
23. Vehicle range	2.2	1.9	2.2	3.1	2.7	2.7	1.0	2.0	1.0	1.9	2.3	2.0	1.6
24. Maintenance cost	2.1	1.7	2.2	2.5	2.2	2.7	1.0	1.5	1.7	2.0	2.1	2.0	2.5
25. Reliability	2.1	1.7	1.9	2.7	2.5	2.7	1.5	1.8	1.3	1.9	2.1	2.3	1.9
26. Data exchange protocols and standards between vehicles, CPOs and grid operators	2.1	1.9	2.3	2.8	2.8	2.0	1.8	1.8	1.0	1.9	2.2	1.7	1.6
27. Lack of mandatory standards for recharging	2.0	1.9	2.2	2.6	2.7	2.0	1.8	1.5	1.0	2.0	2.5	1.7	1.6
28. Lack of mandatory standards for payments	2.0	2.0	2.3	2.5	2.8	2.0	1.5	1.5	1.3	1.8	2.6	1.3	1.8

Figur 3.6: Aktørenes vurdering av barrierer for batterielektriske lastebiler 2024 (venstre) og 2025 (høyre). Kilde: EU (2025).

I intervjuer har norske aktører (Hovi et al. 2019, Pinchasik et al. 2021; 2024) trukket fram tilgang til kjøretøy og kostnader som de største barrierene for utbredelse av nullutslippslastebiler. I 2024 var dette en mindre utfordring. Tap av nyttelast på grunn av batterier trekkes fram som en utfordring. Rekkevidde og pålitelighet ble også trukket fram som et forbedringspunkt, noe som har blitt betydelig bedre de siste årene. I tillegg ble det trukket fram at batteristørrelsen må kunne tilpasses transportørens driftsopplegg. Den raske teknologiske utviklingen kan være utfordrende i forhold til når man skal beslutte å ta i bruk nullutslippskjøretøy da det er usikkert hva kjøretøyene er verdt om 5 år. Tilgang til strøm og tilstrekkelig nettkapasitet (og rask nok tilknytting) ble trukket fram som en økende utfordring. Organisering av lading og kjøring og redusert fleksibilitet var også utfordringer. Aktørene ønsker også bedre tilgang til lavkostnad nattlading der lastebilen er parkert på døgnhvileplasser og i terminaler.

3.5 Teknologisk attraktivitet 2025 og 2030

I markedsklarhetsrapporten for EU (EU 2025) ble kjøretøyprodusentene og lastebiloperatørene spurt om hvordan de ser på teknologienes egnethet⁴ for å løse transportbehovene i transportbransjen med dagens tilgjengelige kjøretøy og kjøretøyene de forventer vil være tilgjengelige i 2030. Resultatene er vist i figur 3.7 og figur 3.8. Brenselcellekjøretøy er i 2025 bare i ordinært salg i bussegmentet slik at resultatet må tolkes varsomt. Batterielektriske lastebiler anses som egnet for lokal- og regionaltransport, og scorer høyest i alle segmenter i 2030 unntatt for langtransport over 500 km, der hydrogen anses som best egnet, men batterielektriske kjøretøy regnes også som gode/svært gode av de som vil

⁴ Spørsmålsformulering. Suitability of BEV expected to be on the market by 2030. Answers to the question: "To which extent do you think battery electric heavy-duty vehicles you plan to put on the market by 2030 will meet the operational requirements (performance, range, etc.) for the following specific intended use cases?"

tilby kjøretøy. For blandet transport, lokal distribusjon med innkommende last fra langtransport, kan dermed batterielektrisk drift gi synergieffekter uten store ulemper. Generelt gir bilprodusentene en høyere score for egnethet både i 2025 og i 2030. Lastebilprodusentene har mer informasjon enn en gjennomsnittlig lastebilbruker om lastebilenes egenskaper samt de tekniske begrensningene og mulighetene de vil ha i 2025 og 2030. Produsentene vurderer ut fra hva de tilbyr i dag, mens brukerne enten har erfaring med tidlige versjoner av nullutslippslastebiler eller ikke har testet dem i eget transportsystem ennå. Dette kan forklare forskjellene i vurderingene. Merk at andelen av lastebilbrukerne som tror at batterielektriske lastebiler kan fungere i 2030 (fair/good/excellent) er høyere enn de 45% som EU krever at CO₂-utslippet fra nye lastebiler skal reduseres med, med unntak av «vocational» kjøretøygruppen (anleggstransport, søppelbiler mm.). Det er langt flere blant brukerne som rater batterielektriske kjøretøy som «excellent» enn de som rater hydrogen-brenselcellekjøretøy som «excellent», til og med for langtransport over 500 km.



Figur 3.7: Bilprodusentenes svar på spørsmål om hvordan de seg på batterielektriske (venstre) og hydrogen-brenselcellestebilers (høyre) egnethet i forhold til brukernes behov i 2025 (øverst) og 2030 (nederst)). Kilde: EU (2025).

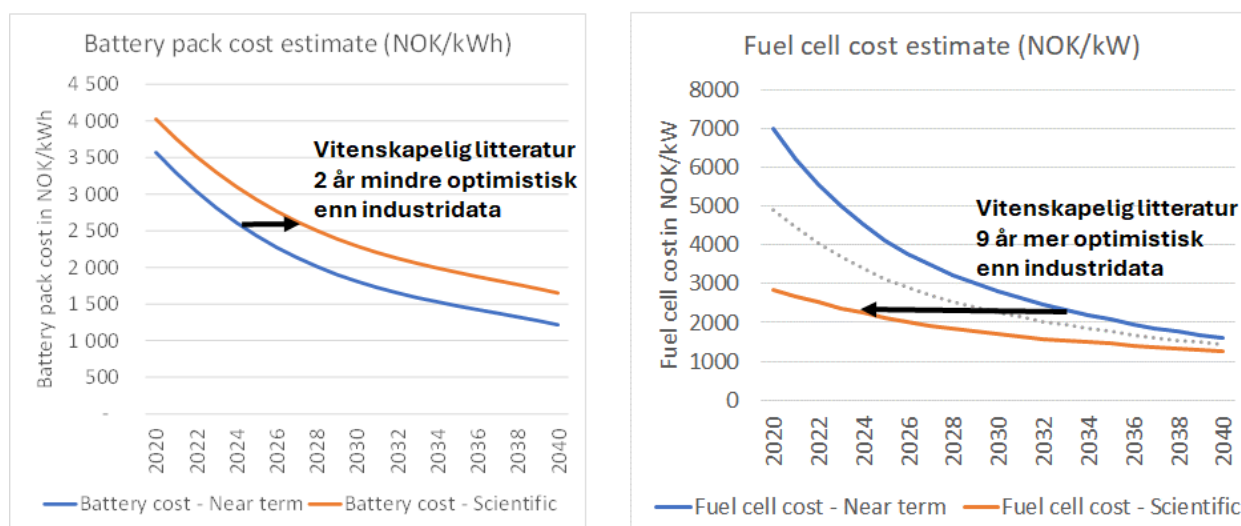


Figur 3.8: Lastebiloperatørenes svar på spørsmål om hvordan de ser på egnethet til batterielektriske (venstre) og hydrogen-brenselcellestebiler (høyre) i forhold til brukernes behov i 2025 (øverst) og 2030 (nederst). Kilde: EU (2025).

3.6 Kostnader komponenter og systemer

Kostnadene for batterielektriske lastebiler er i stor grad knyttet til batterikostnad. Brenselcellestebiler vil ha et mindre batteri for lastutjevning og brenselceller som konverterer hydrogen til strøm samt lagringstanker for hydrogen. Det elektriske drivsystemet vil i hovedsak være likt. Det er i litteraturen stor uenighet om kostnader for brenselceller og hydrogentanker, mens batterikostnader er mer samsvarende som dokumentert i en meta-analyse av Link et al. (2024) og som vist i figur 3.9. Dette skyldes at batterielektriske lastebiler er tilgjengelig på markedet og det er 15 år med erfaring med produksjon av batterielektriske personbiler i bilindustrien mens hydrogenlastebiler er på teststadiet og det finnes bare

teoretiske estimater på hvor mye de kan komme til å koste. Med unntak av Toyota og Hyundai sin halvhjertede hydrogenaktivitet og BMWs plan om å bruke et Toyota brenselcellesystem for å produsere noen få store SUTer, er det blant personbilprodusentene ingen interesse lenger for hydrogen. Peugeot og Renault (JV med Plug) som tilbød varebiler med hydrogen rekkeviddeforlengere har nå terminert produksjonen av disse for å sette søkelys på batterielektriske varebiler (Autocar 2025, Hyvia 2025). Hydrogensystemene i lastebiler vil dermed få lite hjelp fra utvikling og innovasjon i person- og varebil-markedene. Hydrogen har blitt testet ut i demonstrasjonsprogrammer for busser, men listen over feilslåtte satsinger med svært mye høyere kostnader enn dieselbusdrift er lang (Cleantechnica 2024). Dette svekker hydrogens muligheter for å nå fram for bruk i lastebiler.

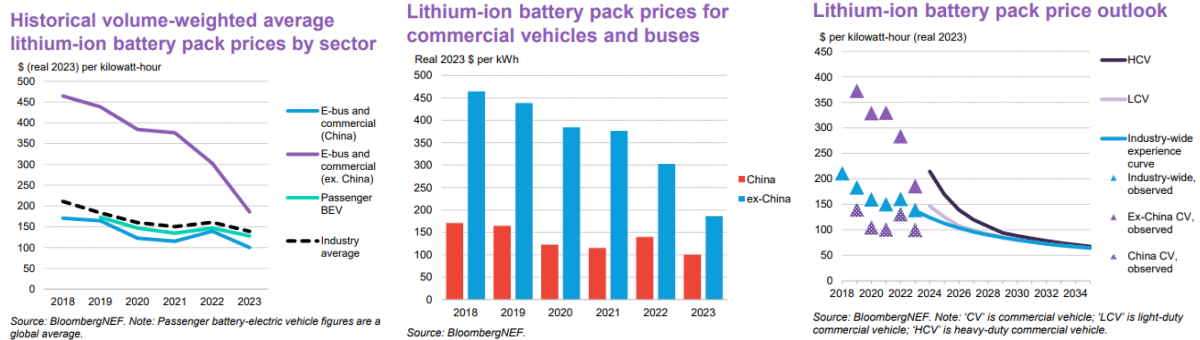


Figur 3.9: Kostnadsestimater for batterier (venstre) og brenselceller (høyre), 2020-2040. Kilde: Link et al. 2024

Ifølge intervjuene med lastebilprodusentene gjennomført av NOW GMBH (2024a,b) kostet batterielektriske lastebiler i 2024 2-3 ganger mer enn diesellastebiler. Fram mot 2030 forventes prisene å falle til 1,5-2 ganger prisen på diesellastebiler og derfra falle videre med teknologiutviklingen.

For Hydrogen-brenselcellelastebiler er estimatene for kostnadsdifferansen betydelig mindre optimistiske. De antar kostnader på ca. 3 ganger diesellastebiler i 2027, 2,5-3 ganger i 2030 og ca. dobbel pris i 2033. Når det gjelder maks salgspris på hydrogen for kostnadsparitet med total kostnader for operasjon med diesel varierte anslagene fra 5-6 Euro/kg og helt ned til 3 Euro/kg avhengig av hvilken lastebilprodusent som svarte. Hydrogenlastebiler med forbrenningsmotor vil ifølge de samme intervjuede ha betydelig lavere kostnader, bare litt over kostnadsnivået til diesellastebilene (ikke tallfestet nærmere), noe som kan virke litt optimistisk all den stund biogass lastebiler koster 25% mer enn diesellastebiler, har en ganske moden teknologi, og har betydelig billigere gasstanker som opererer med lavere trykk enn det hydrogenlastebilene vil ha.

BloombergNEF (2024) fant at batterikostnader i \$/kWh for lastebiler produsert i Europa har vært langt høyere enn for personbiler fram til 2025, men har de siste årene sunket raskt (i absolutte tall) mot personbilenes batterikostnader. BloombergNEF påpeker at prisene i Europa er betydelig høyere enn i Kina som vist i figur 3.10, i hovedsak pga. lavere volum, mer bruk av billigere LFP batterier i Kina, og større grad av spesifikt designede batteripakker for lastebilprodusentene i Europa. Prisforskjellene synker raskt i absolutte tall. BloombergNEF (2024) antar at lastebilenes batterikostnader fortsetter å falle og i 2035 ikke vil koste mer enn ca. 10% mer enn gjennomsnittet av batterier i alle kjøretøy.



Figur 3.10: Kostnadsutvikling batterier per transportsektor 2018-2023 (Venstre), busser og lastebiler 2018-2023 (midten) og gjennomsnitt 2018-2023 og forventet til 2035 (høyre). Kilde: BloombergNEF 2024

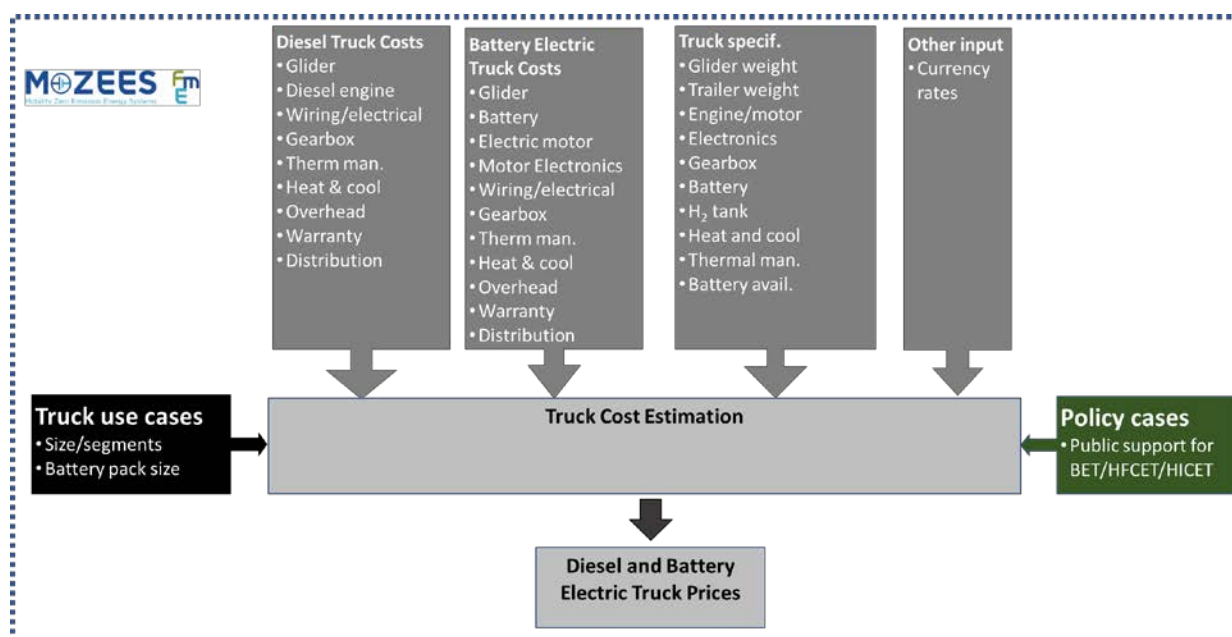
Elektriske drivsystemer er i ferd med å bli moden teknologi for personbiler, men har fortsatt potensial for teknologiske forbedringer og kostnadsreduksjoner for bruk i lastebiler. Girkassene har på de første el-lastebilene blitt tilpasset fra dieselmotorbruk til elmotorer mens modellene som nå kommer på markedet har kompakte e-aksel drivlinjer med små og rimeligere girkasser.

Produsentene av biogasslastebiler har lagt seg på et prisnivå for lastebilen som er ca. 25% over kostnaden for diesellastebiler. Ulike kilder har oppgitt ekstrakostnader fra helt ned til ca. 5% ved beregning av komponentkostnader (ICCT 2023a) til i området 20-50% ut fra markedspriser og aktørintervjuer (Hovi et al. 2019, Pinchasik et al. 2021, Miljødirektoratet 2020 (Klimakur), Stakeholder 2022).

Det er langt fram til 2050 og mange produksyklusser både for lastebilene og for komponenter som drivlinjer og batterier. En kan begrunne utviklingen de neste 10 årene som skissert i figur 3.10 med batterikapasiteter på 800-1200 kWh for de største lastebilene og ladeeffekter på opp mot 1,5-2,0 MW, men fra 2035 blir det spekulativt da innovasjoner vi i dag ikke kjenner til vil komme på markedet. Batteriinnovasjonene vil rette seg inn mot nye og billigere batterivarianter med materialer som er rimeligere og enklere å få tak i, men også mot mer energitette batterivarianter og varianter der mer av energikapasiteten på batteriet kan utnyttes uten at det går ut over levetiden. Høyere ladeeffekt oppnås gjennom bedre og større batterier, men også ved bedre kjølesystemer på kjøretøy og ladere. For at hydrogenlastebiler skal bli attraktive, må eventuelle innovasjoner som påvirker markedsutsiktene særlig måtte komme i produksjonen av hydrogenet. Uten tilgang til rimelig fornybart hydrogen vil hydrogenlastebiler i beste fall forbli en liten nisje, hovedsakelig interessant for store, integrerte aktører som trenger nullutslipp i de segmentene som ikke kan elektrifiseres, eller der batterielektriske løsninger er lite hensiktsmessige.

3.7 Beregningsmetode og forutsetninger

Beregningene i denne rapporten bygger på en kostnadsmodell utarbeidet av TØI som del av arbeidet i FME MoZEES. Delmodellen for beregning av kostnader for lastebilene er vist i figur 3.11. Modellen bruker kostnadsestimater for de ulike komponentene og delsystemene som inngår i lastebilene og summerer opp disse til en total kostnad med på slag for overhead, profitt og garanti- og distribusjonskostnader. Resultatene uttrykkes i prosent økning i lastebilenes kjøpspris sammenlignet med diesellastebiler (satt til 100%) for perioden 2023-2050. Det er antatt at ekstrakostnader i prosent av diesel er de samme for trekkvogner som for komplette lastebiler med standard enkelt kasseoverbygg.



Figur 3.11: Beregningsmodell for kostnader for ulike typer lastebiler med ulike drivlinjer

3.7.1 Forutsetninger lastebiler

De viktigste tekniske dataene som inngår i beregningen av kostnader for lastebilene er vist i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Tekniske data anvendt i kostnadsberegningene. Enheter framkommer av parenteser i forspalten.

	DT	BET	HFCET	HICET	BGT	Kommentar
Motoreffekt (kW)	500	500	500	500	500	335 for lokaltransport
Brenselcelle regional/langtransport (kW nominal)			360			240 for lokaltransport
Ekstern varmer for kabin (kW)	5	10	10	5	5	
Air condition (kW)	10	10	10	10	10	
Lader i kjøretøyet (kW)		22	7			
Batteripakke (base) lokal lastebil (kWh nominal)		400	33			
Batteripakke (base) regional lastebil (kWh nominal)		600	50			
Batteripakke (base) langtransport (kWh nominal)		800	50			
Batteripakke fremtidig langtransport (kWh nominal)		1000				
Tilgjengelig batterikapasitet base (% av nominal)		85%				
Dieseltank (liter)	1000					
Hydrogentank lokal lastebil (kg nominell)			50	50		
Hydrogentank regional/langtransport (kg nominell)			75	75		

3.7.2 Kostnader

Generelt er lastebilenes salgspris bygget opp av kostnader for komponenter og delsystemene som utgjør lastebilens sammensetning, flere typer overheadkostnader, profitt, og distribusjonskostnader som vist i tabell 3.3. Det er verdt å merke seg at alle kostnadene er volumavhengige. Det er betydelig dyrere å produsere få enheter fordi delekostnadene øker (opp til volum der skalaeffektene raskt avtar) og all overhead øker per produsert enhet, dels fordi produksjonen blir mindre automatisert og dels fordi forsknings-, utviklings-, sertifiserings-, garanti-, anleggs-, distribusjons-, og opplæringskostnader per

produsert enhet blir høyere. Det er dermed ikke nok å sammenligne bare kostnadene for kjøretøykomponentene.

For biogass utgjøres ekstrakostnadene som bringer prisen opp til markedsprisen som er typisk 125% av diesellastebilens pris, av ombygging av dieselmotorer til gassdrift, utvikling, sertifisering og testing av teknologien og bussen, samt at gasstanker er betydelig dyrere enn dieseltanker. Tall fra ICCT (2023) indikerer at ca. 150 000 kr av ekstrakostnad for biogasslastebiler i 2023 skyldes gasstankene, i.e., ca. 8 prosentpoeng av ekstrakostnaden. De øvrige 17 prosentpoengene av ekstrakostnaden i dagens salgspris må da komme fra ombygning av motor, og overheadkostnader som følge av små volumer. Hver gang avgasskravene endres eller det grunnleggende motordesignet videreutvikles må også gassmotorene oppdateres og re-sertifiseres, og kostnaden dekkes av de svært begrensede volumene som selges sammenlignet med volumene i salg av dieselmotorlastebiler. Dette viser at overheadkostnader er viktige og at de kan være betydelig høyere ved lave volumer i startfasen. For batterielektriske lastebiler har bilprodusentene investert i fabrikker for produksjon av drivsystemer, girkasser, batteripakkesammenstilling og videreutvikling av produksjonslinjen, slutttester etc.

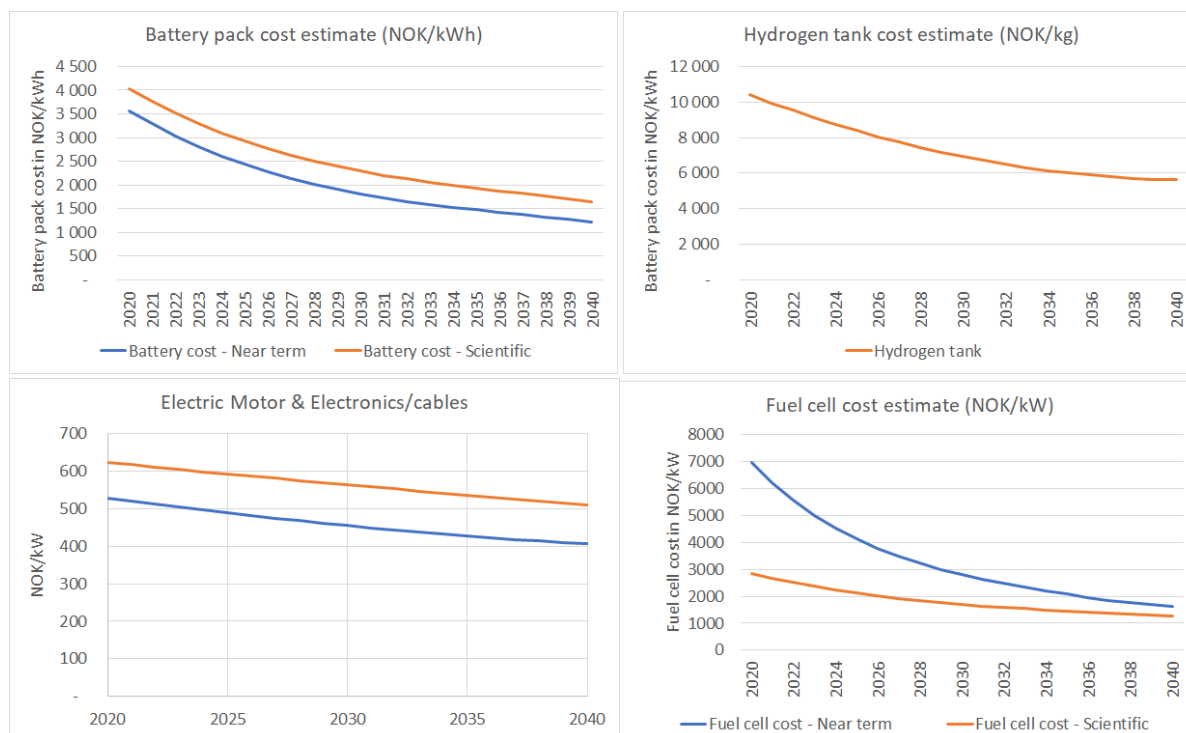
Disse ekstrakostnadene er i beregningsmodellen dekket inn som ekstraordinære kostnader på elektriske drivsystem, batterier, hydrogen-brenselceller og tanker osv. og inkludert i det generelle kostnadsestimatet for biogasslastebilene. EU-kravene indikerer at nullutslippskjøretøyenes markedsandel i Europa, i hovedsak batterielektriske lastebiler, må passere diesellastebilenes markedsandel mellom 2030 og 2035 og raskt økes videre da EU krever CO₂-utslippsreduksjoner på 45% i 2030, 65% i 2035 og 90% i 2040 (Tiltak.no 2025). Forbedringer på diesellastebilene kan bare gi små bidrag i denne sammenhengen da diesellastebiler i utgangspunktet er relativt energieffektive. Beregningene legger til grunn en ekstrakostnad på 14 % i 2023 for batterielektriske systemkomponenter og batterier. Denne forutsettes å avta lineært til 0 % i 2030, ettersom batterielektriske lastebiler da antas å kunne oppnå en dominerende markedsandel. Med denne justeringen bringes beregnet ekstrakostnad sammenlignet med diesellastebiler omtrent opp til observert nivå i markedet i 2023.

Tabell 3.3: Kostnadselementer for lastebiler med ulik fremdriftsteknologi.

	DT	BGT	BET	HFCET	HICET
Kjøretøykomponenter					
Glider (alt som ikke er drivsystem-/energisystemrelatert)	X	X	X	X	X
Dieselmotor	X	X			X
Dieselmotor ombygning		X			X
Avgassrensing Euro 6 inkl. i motorkostnad, Euro 7 beregnet separat	X	X			X
Elmotor og kraftelektronikk			X	X	
Elektriske kabler, DC-DC omformer og ladeinntak			X	X	
Batterilader			X	X	
Brenselceller og systemkomponenter				X	
Dieseltank	X				
Drivstoffslanger	X				
Gasstanker		X			
Gassrør og fyllestuss		X			
Hydrogentanker				X	X
Hydrogenrør og fyllestuss				X	X
Fremdriftsbatteri			X		
Hybridbatteri				X	
Elektrifisert klima- og varmeanlegg			X	X	
Klima- og varmeanlegg i forbrenningsmotorsystem	X	X			X

	DT	BGT	BET	HFCET	HICET
Volumavhengige overheadskostnader					
Montasjekostnader	X	X	X	X	X
Forskningskostnader	X	X	X	X	X
Produktutviklingskostnader	X	X	X	X	X
Sertifiserings- og testkostnader	X	X	X	X	X
Produksjonsanleggsinvesteringer	X	X	X	X	X
Garantikostnader	X	X	X	X	X
Opplærings- og kompetansekostnader					
Øvrige kostnader					
Avkastning og profitt	X	X	X	X	X
Volumavhengige distribusjons- og salgskostnad					
Importørkostnader	X	X	X	X	X
Forhandlerkostnader	X	X	X	X	X

Kostnadskurver for batterier, elmotor og elektronikk, Brenselceller og hydrogentanker er hentet fra Link et al. (2024) sin meta-analyse av kostnader der resultatene er fordelt på henholdsvis «Scientific» og «Near-term», der sistnevnte er basert på industri- og konsulentdata. For brenselceller og hydrogentanker forsinkes kostnadsreduksjonen når markedsintroduksjonen forsinkes da det er læringseffekter og økte produksjonsvolumer som driver ned kostnader. Kostnadsreduksjon for brenselceller, hydrogentanker og ekstraordinære utviklingskostnader forskyves derfor slik at de starter på 2023 kostnad når introduksjonen er antatt å starte fra ca. 2030. Brenselcellelastebilene nyter imidlertid godt av fallende kostnader for el-fremdrifts systemene til batterielektriske lastebiler som allerede er på markedet. Kostnadskurvene er vist i figur 3.12. Øvrige kostnader er vist i tabell 3.4.



Figur 3.12: Kostnadsutvikling og forutsetninger for batterier, el-drivsystem, brenselceller og hydrogentanker, inkluderer overhead. Kilde: Link et al. 2024.

Tabell 3.4: Kostnadsforutsetninger, basisår 2025. Enhet framgår av parenteser i forspalten.

DT	BET	HFCET	HICET	BGT	Kommentar	Kilder
Glider (alt utenom drivsystem relatert)						
Glider – Lokal transport (kNOK/bil)	406	406	406	406	Chassis, hjul, lys, førerhus mm.	Skalert fra regional lastebil
Glider – Regional transport (kNOK/bil)	606	606	606	606	Chassis, hjul, lys, førerhus mm.	Gj.sn. av: ICCT 2023b, Ricardo 2021, Roland Berger 2020, Mareev et al. 2018, Fries et al. 2017, Den Boer et al 2013
Glider – Langtransport (kNOK/bil)	606	606	606	606	Chassis, hjul, lys, førerhus mm.	Samme som regional lastebil
Diesel og hydrogen forbrenningsmotor lastebiler						
Dieselmotor, girkasse/retard. (NOK/kW)	1830				Inkl. Euro 6 avgassrensing	Fries et al. 2017
Euro 7 avgassr. (kNOK/liten lastebil)	39		39		Fra 2029	Skalert fra regional lastebil
Euro 7 avgassr. (kNOK/stor lastebil)	58		58		Fra 2029	Acea 2023, EU 2022, Roland Berger 2020
Klimaanlegg (NOK/kW i klimasystemet)	813		813		Fra 2029	ICCT 2022, Ricardo 2021
Dieseltank (kNOK)	10,3					
Ombygd dieselmotor til H2 (% av diesel)				200%	Reduseres til 120% ila 10 år	Eget estimat*
Hydrogen tanker (NOK/kg nominell)		Figur 3.12	Figur 3.12			Link et al. 2024
Batterielektriske og Hydrogen-brenselcellelastebiler						
Elmotor, elektronikk, kabler (NOK/kW)	Figur 3.12	Figur 3.12			Inkl. ladeinntak, DC-DC omfor.	Link et al. 2024
Girkasse, e-axle (kNOK/lastebil)	87	87				EPA 2023
Lader (NOK/kW)	682	635			Reduseres gradvis	ICCT 2022, Ricardo 2021
Klimaanlegg (NOK/kW kjølekapasitet)	813	813				ICCT 2022, Ricardo 2021
PTC heater (NOK/kW peak varme)	872	872				ICCT 2022, Ricardo 2021
Diesel PTC heater	1500					Eget estimat, ettermarkedsinstallasjon
Batteripakke el (NOK/kWh nominell)	Figur 3.12					Link et al. 2024
Batteripakke hybrid (NOK/kWh nominell)		3720			2030: ca. 2700, 2035: ca.2400	Fries et al. 2017
Kjøle/varme BET (NOK/kW motor)	244	244			Inkl. kjøling motor, kontroller	ICCT 2022, Ricardo 2021
Kjøle/varme FCET (NOK/kW motor)	105	105			Inkl. kjøling motor, kontroller	ICCT 2022, Ricardo 2021
Brenselcellesystem (NOK/kW Peak)		Figur 3.12			NOK/peak brenselcelleeffekt	Link et al. 2024
Hydrogen tanker (NOK/kg nominell)		Figur 3.12	Figur 3.12			Link et al. 2024
Overhead/garantikostnader						
Garanti glider og standardkomp.	3,6%	4,1%	4,1%	4,1%		EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Garanti forbrenningsmotor	3,6%			4,7%		EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Garanti el-drivsystem		4,7%	4,7%			EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Garanti brenselcelle			4,7%			EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Garanti batteripakke		4,7%	4,7%			EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021

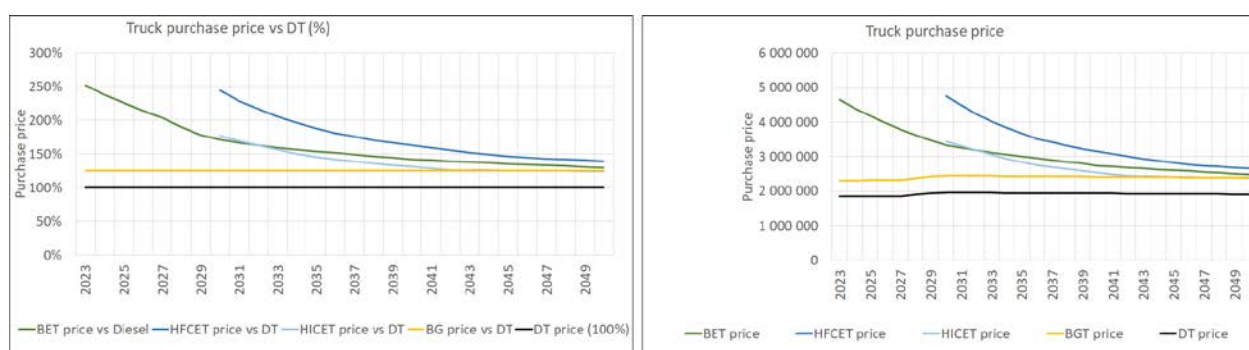
	DT	BET	HFCET	HICET	BGT	Kommentar	Kilder
Garanti H2 tanker			4,7%	4,7%			EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Overhead	35%	35%	35%	35%			EPA 2023, ICCT 2023b, Ricardo 2021
Extra overhead batteri/drivsystem		10%	10%	10%		Lineært fallende til 0% i 2030	Eget estimat, vekter opp total kostnad kjøretøy til faktisk pris i 2023-2024.
Extra overhead brenselceller			22%	22%		Lineært fallende til 0% i 2036	Eget estimat, vekter opp total kostnad kjøretøy til faktisk pris i 2023-2024.
Extra overhead hydrogentanker			22%	22%		Lineært fallende til 0% i 2036	Eget estimat, vekter opp total kostnad kjøretøy til faktisk pris i 2023-2024.
Salgskostnader							
Distribusjon og forhandlerkostnad	5%	5%	5%	5%	5%	Prosent av salgspris fra fabrikk	Eget estimat
Biogasslastebiler							
Salgspris biogasslastebiler (% av diesel)					125%		Anslag utfra: Hovi et al 2019, Pinchasik et al. 2021, Miljødirektoratet 2922/Klimakur 2030, Stakeholder 2022, ICCT 2023b

*Hele ekstrakostnaden for konvertering, unntatt hydrogentankene, er tillagt motorkostnaden og svært usikkert da ingen lastebiler er i salg.

3.8 Resultater

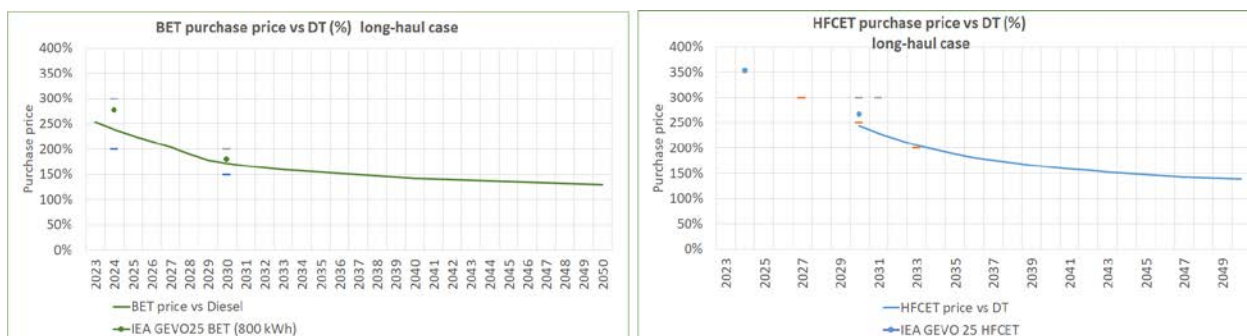
3.8.1 Kostnadsbaner

Figur 3.13 viser resultatene av beregningene i absolutte priser på langtransportlastebiler og priser relativt til diesellastebiler for langtransport. I denne beregningen er det antatt at hydrogen lastebiler tidligst kommer på markedet i 2030. HICET lastebiler kommer etter hvert ned på samme prisnivå som biogasslastebiler (125% fra 2042) mens HFCET har høyest pris av alle alternativene helt frem til 2050. Batterielektriske lastebiler med 800 kWh batterier er beregnet til å ligge ca. 250% i forhold til diesellastebiler i 2023, fallende til 225% i 2025, 175% i 2030, 154% i 2035, 142% i 2040 og 130% i 2050.



Figur 3.13: Beregnet relativ kostnadsforskjell (venstre) og absolutte kostnader (høyre) for langtransportlastebiler

I figur 3.14 er resultatene sammenlignet med estimater fra IEAs Global EV Outlook 2025 (GEVO 2025) og framtidige kostnadsestimater fra lastebilprodusentene rapportert til NOW GMBH (2024a,b) i «Clean-room» diskusjoner (i prosent av DT pris). Modellen beregner kostnader som er på linje med estimatene fra disse to sentrale kildene.

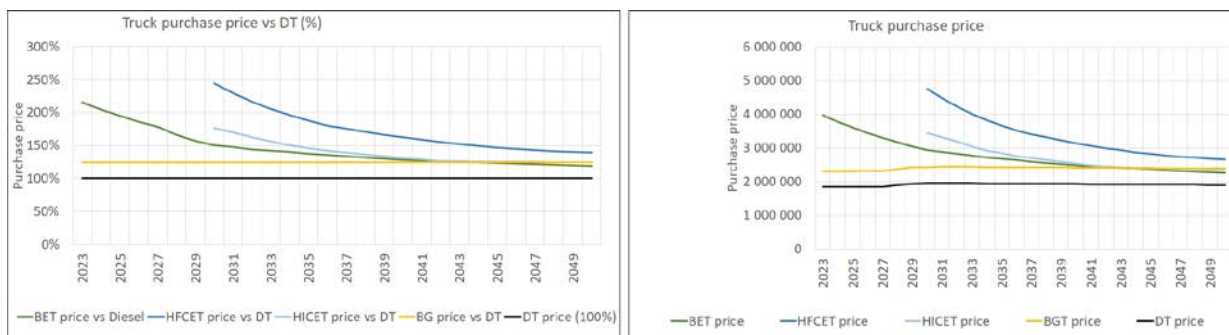


Figur 3.14: Prisestimer for langtransport lastebiler i absolutte og relative tall.

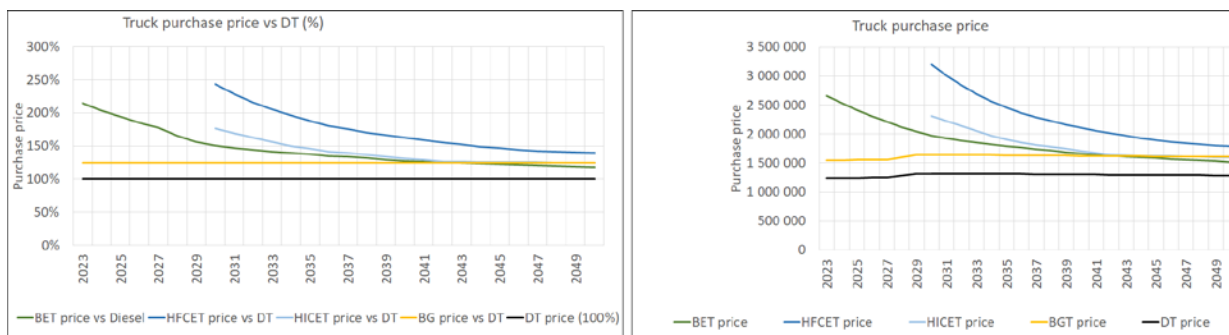
For fremtidige batterielektriske langtransportlastebiler med reell rekkevidde som dekker transporter over 500 km kan batterikapasiteten øke til 1,0-1,2 MWh. Kostnadene i forhold til diesel øker da 20-40 prosentpoeng i 2030, 16-33 prosentpoeng i 2035 og 13-27 prosentpoeng i 2040.

Diesel, biogass, hydrogen-brenselcelle og hydrogen forbrenningsmotor lastebiler for regional og langtransport er antatt å være like, mens de regionale batterielektriske lastebilene er antatt å ha ett mindre batteri (600 kWh). For lokal transport er kostnadene for alle lastebiler skalert ned til 2/3 med unntak av batteriet i BET, antatt å være på 400 kWh, som er kostnadsberegnet separat.

Resultatene for regionale lastebiler er vist i figur 3.15, mens figur 3.16 viser tilsvarende for lokaltransportlastebiler hvis kostnader i modellen skaleres til ca. 2/3 i.f.t. den regionale lastebilens kostnader. Prosentvis differanse mellom diesel og batterielektriske lastebiler blir omtrent lik i disse to segmentene.



Figur 3.15: Prisestimer for regionale lastebiler i absolutte og relative tall.

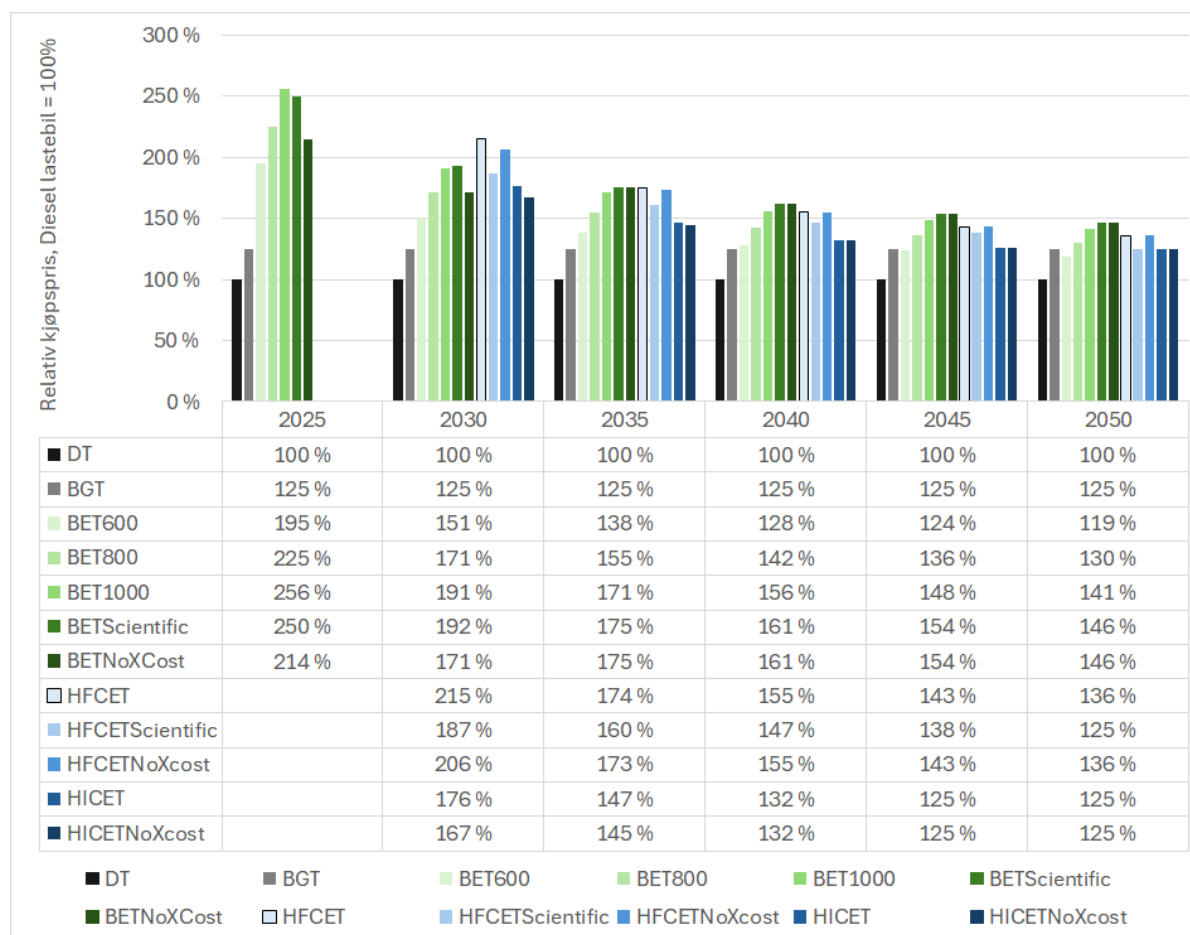


Figur 3.16: Prisestimer for lokaltransport lastebiler i absolutte og relative tall.

Vedlegg 2 inneholder tabeller med kostnadene.

3.8.2 Kostnadssensitivitet

Kostnadsanslagene for lastebilene er sensitive for batteristørrelse og kostnad og brenselcelle- og hydrogengtankkostnad som vist i figur 3.17. Sensitivitetene jevner seg ut på lang sikt. I 2025 er forskjellene i kostnadsanslag mellom høyeste og laveste estimat for alle batterielektriske og hydrogen alternativer til diesel sett under et 62% (prosentpoeng), i 2030 42%, i 2035 37%, i 2040 33%, i 2045 30%, og i 2050 27%.



Figur 3.17: Kostnad for alternative teknologier relativt til diesellastebil for ulike forutsetninger. NoXcost betyr uten ekstraordinære tidligmarkeds kostnader. Tallene etter BET er batteristørrelse i kWh. Scientific betyr at det er brukt estimater for forskningslitteraturen og ikke industri- (BET) eller gjennomsnittsestimater (HFCET).

3.9 Diskusjon

De største usikkerhetsmomentene i beregningene er knyttet til hvor raskt teknologiutviklingen vil skje. Et spesifikt spørsmål, som det i økende grad er grunn til å stille utfra økende kompetanse om kostnader for hydrogen, er om hydrogenlastebiler i det hele tatt vil komme på markedet, i tilfelle når, og om hydrogendrift vil være relevant i Norge i forhold til lastebilers totalkostnadsbilde.

Utviklingen i Europa drives i stor grad av EUs gjennomsnittskrav til CO₂-utslipp fra nye kjøretøy som bare kan nås dersom det selges høye andeler av nullutslippslastebiler (batterielektriske eller hydrogen) fram mot 2030 og at de dominerer markedet fra starten av 2030 tallet. Med en økonomisk presset bilindustri og sterk konkurranse fra kinesiske bilprodusenter, som forventes at spres fra busser til lastebiler, er disse kravene for tiden debattert. Bilindustrien og medlemsland med mye bilindustri ønsker endringer i innfasingen som kan forsinke markedsutviklingen og tilgangen på nullutslippsmodeller i Europa og

dermed også i Norge, samt medføre at kostnadene faller noe saktere enn forventet fordi volumene øker saktere.

Prisene beregnes med estimater for kostnader for deler og systemer som inngår i lastebilene, og påslag for antatt normal og ekstraordinær avkastning, distribusjonskostnader (importør og forhandler) og garantikostnader. Priser fastsettes imidlertid av produsenter som opererer i et marked og kan være høyere enn de estimerte hvis de tror det er mulig å ta høyere pris, og lavere hvis de ikke klarer å ta ut så høy pris, eller at pris settes for å klare EUs CO₂-krav til nye lastebiler. I beregningene er «Ekstraordinær avkastning» introdusert for å ta hensyn til at det i en overgangsfase er store ekstraordinære utviklingskostnader og investeringer i produksjonsanlegg, samtidig som det er usikkerhet rundt mulige salgsvolumer, noe som kan gjøre at investeringer ønskes raskt tilbakebetalt. Prisene kan da være høyere priser enn beregnet med normalavkastningskrav. Denne effekten forsterkes av den raske tekniske utviklingen mot nye batterier som muliggjør lenger rekkevidde. Antall år en modellvariant selges kan derfor være kortere enn for diesellastebiler, og det påløper høyere utviklings-, sertifiserings- og testkostnader per kjøretøy. Denne parameteren vektet opp den beregnede prisen til ca. observert markedspris. Hvor raskt nedskaleringen av denne ekstrakostnaden vil skje avhenger av hvor raskt bilprodusentene vil ha igjen sine investeringer, hvor stor risiko de vil ta og konkurrentenes strategi. et fremtidig inntog av kinesiske produsenter gjør det dessuten krevende å få tilbake disse investeringskostnadene.

Det er ikke kjent hva som skjer med priser i markedet når kinesiske produsenter starter salg i Europa og spesielt i Norge. Det mest trolige scenariet er at de på sikt etablerer seg med produksjon i Europa for å unngå toll og fordi markedsnærhet er viktig, blant annet for å kunne tilby effektive serviceavtaler og høy oppetid til lastebilflåteeiere. I starten kan kinesiske lastebiler bli importert fra Kina til Norge. Kostnadene vil da ligge under den som Europeiske produsenter tilbyr og produktene vil være konkurransedyktige slik en har sett i den raske markedsintroduksjonen av kinesiske bybusser i Norge og andre steder i Europa. Norge står utenfor EUs tollunion og eventuell EU-toll på nullutslippskjøretøy fra Kina vil ikke måtte innføres i Norge. Norge kan derfor, som for personbiler og varebiler, bli et attraktivt tidligmarked for kinesiske lastebilprodusenter, noe som kan øke kostnadspresset på de Europeiske leverandørene. Ved produksjon i Europa kan kinesiske produsenter fortsatt ha lavere kostnader enn europeiske produsenter pga. større volum i innkjøp av råmaterialer og batterier som i stor grad produseres i Kina, og forskning og utvikling kan spres på produkter solgt i store volum i Kina og på volumet i Europa.

Batteriprisene er i rask reduksjon, men batteriprisen for batteriene som sitter i modellene som til enhver tid er i salg ble avtalt trolig 1-2 år før modellen kom på markedet. I prisforhandlinger vil kjøper argumentere for fallende priser fremover i tid, men hvilken batteripris som faktisk ble avtalt da kontrakt om leveranser av et spesifisert omfang av batterier ble undertegnet er ikke kjent, og den kan være høyere enn batteriprisene rapportert av BloombergNEF, og andre som følger utviklingen i aktuelle priser i markedet. Andre kostnadsdrivere kan være hvis lastebilprodusentene krever spesielle spesifikasjoner og ikke kjøper standard battericeller. Det er for tiden overkapasitet i batteribransjen, så muligens er dagens observerte batteripriser som referert av BloombergNEF (2024) kunstig lave. Dermed kan også fremtidige kostnadsestimater for batterier være for lave. Samtidig gir overkapasiteten kraftige insitamenter for å redusere kostnader raskt slik at kostnadsreduksjoner kan komme raskere enn de normalt ville gjort. I 2025 er det antatt at batterier til lastebiler generelt koster 20% mer enn for personbiler og batterier produsert i Europa koster 20% mer enn i Kina per kWh. Det er et spørsmål om batterikostnadene per kWh for lastebiler i fremtiden kan komme ned på personbilenes kostnadsnivå eller permanent ligge noe over, og i tilfelle hvor mye, når teknologiene er fullt ut modne.

Det vil selv i 2030 kunne være deler av markedet som ikke kan dekkes av batterielektriske lastebiler enkelt-en. Der kan biogass ta markedsandeler mens det er urealistisk at hydrogen vil ta markedsandeler før tidligst utpå 2030-tallet i og med at lastebilprodusentene indikerer dette som tidligste tidspunkt for markedsintroduksjon. Biogasslastebiler bruker avgiftsfri biogass og har omtrent samme eller begrenset høyere km-kostnad enn diesellastebiler. Tilgjengelig biogass kan dekke ca. 10% av behovet for alle lastebiler i Norge (Miljødirektoratet 2020/Klimakur 2030) gitt at det ikke brukes i andre transport-

segmenter. BGT kan dermed dekke behovet som hydrogenlastebilene skulle fylle i Norge. EU ser ikke på biogass som en nullutslippsteknologi noe som reduserer sannsynligheten for fremtidig reduksjon av prisen på biogasslastebiler.

EUs Joint Research Center (EU JRC 2025a) har konsultert aktører som konkluderer med at det er konsensus rundt batterielektriske lastebiler som hovedsporet fremover, men interessentene tenker fortsatt at hydrogen kan utvikles til å bli et komplementært tilbud rettet inn mot de mest krevende langtransportene. Studien trekker fram systemiske utfordringer som må løses, herunder løsningenes skalerbarhet, og integrasjon av ladeinfrastruktur med kraftnettet. Totalkostnadsparitet styrer markedet og aktørene ser for seg at energikostnadene ikke bør overstige 0,3 Euro/kWh elektrisitet levert til lastebilen og hydrogen må ned på 5 Euro/kg. EUs innovasjon på nullutslippslastebilteknologi bør fokusere på forbedringer av batterielektriske lastebiler, mens noen ressurser bør gå til hydrogen for bruksområder der batterielektriske løsninger ikke strekker til. I en analyse av 153 EU-støttede prosjekter konkluderes det med (EU JRC 2025b) at videre forskning bør fokuseres på avanserte batteri- og brenselcelleteknologier, infrastruktur, sirkulærøkonomiaspekter, samt økonomiske og sosiale barrierer i et systemperspektiv.

Dersom batterielektriske lastebiler ikke fullt ut erstatter diesellastebiler vil investeringskostnadene underestimeres i beregningsmodellen. En teoretisk mulighet kan være å vekte opp kjøpspris med andel ekstra lastebiler. I praksis vil ikke dette nødvendigvis bli en realistisk modell for reelle kostnader da det er mer sannsynlig at batterielektriske lastebiler som selges brukes der de erstatter diesellastebiler en-til-en på kort sikt. Økende rekkevidde og raskere lading vil på lang sikt redusere skaleringsstørrelsen ned mot en, altså at batterielektriske lastebiler kan erstatte diesellastebiler en-til-en. Det er også vist gjennom forskning at omorganisering av transportene kan øke elektrifiseringspotensialet betydelig, selv med lastebiler med relativt små batterier, uten at det blir behov for flere kjøretøy totalt. Det er også en stor del av dagens transporter som ikke er vektbegrenset i utgangspunktet. Transport- og ladeorganisering er felt der en kan forvente at det vil utvikles innovative løsninger som vil øke elektrifiseringsgraden og hastigheten i omstillingen, og bidra til å redusere kostnadene for strømmen de batterielektriske lastebilene anvender.

Det er antatt at batterier varer ut lastebilens levetid, slik det har blitt etablert at de gjør i personbilene. Ved svært lange årlige kjøredistanser kan levetiden bli redusert ved at batterikapasiteten reduseres. Slike lastebiler vil i utgangspunktet ha lang rekkevidde. Redusert batterikapasitet behøver ikke å bety at batteriet nødvendigvis må byttes da det kan bli mulig å anvende lastebilen i transporter som krever kortere årlig kjørelengde, og det vil være mest økonomisk å endre bruken fremfor å bytte batteriene. Denne dynamikken brukes allerede i stor grad for diesellastebilene, der det er de nyeste bilene som brukes til de lengste transportene og når nye lastebiler kjøpes inn, settes gjerne lastebilene inn i annen drift med kortere daglige kjørelengder der det er hensiktsmessig. Levetid på batteriene opptil 10 år forventes av noen aktører og det er mulig å kjøpe serviceavtaler med 8 års garanti (Pinchasik et al. 2024, Daimler 2025a). Lastebiler har generelt kortere gjennomsnittlig levetid enn personbilene. Aktørene indikerer at det er viktig å beregne kostnader i et langtidsperspektiv for å regne hjem investering i batterielektriske lastebiler (Pinchasik et al. 2022).

Utfordringer med å skaffe tilstrekkelig nettkapasitet kan forsinke innfasingen av batterielektriske lastebiler. Det er spesielt utfordringer på Øst- og Sørlandet. Noen aktører, herunder Daimler, mener at mer infrastruktur kan bygges ut for tilgjengelige ressurser ved å bygge ut både lade- og hydrogeninfrastruktur. Til støtte for dette siterer de en rapport utarbeidet av Hydrogen Council med McKinsey-støtte (Hydrogen Council 2025). Denne analysen tar ikke hensyn til produksjonen av hydrogenet eller elektrisiteten, bare kostnaden for distribusjon fra produksjonssted og fyll-/ladestasjonen som overfører energien til kjøretøyet. Den generelle attraktiviteten til hydrogendrevne kjøretøy er i hovedsak avhengig av tilgang til billig og fornybart produsert hydrogen (elektrolyse), men også av en kraftig kostnadsreduksjon for lastebilene. Billig hydrogen må, fordi hydrogen først og fremst er et langtransportalternativ, være bredt tilgjengelig over hele landet for å kunne konkurrere mot batterielektriske løsninger.

Den mulige markedsintroduksjonen for hydrogenlastebiler med brenselceller forskyves stadig. Først ble det sagt mot slutten av dette årtiet, så 2030, mens nå sier Mercedes begynnelsen av 2030-tallet. En årsak er nok at Daimler ser at tilstrekkelig billig hydrogen ikke blir tilgjengelig i markedet fram til og forbi 2030. Denne stadige forskyvningen indikerer at det ikke finnes markedsmuligheter for hydrogen i tungtransporten før billig hydrogen er tilgjengelig. Egne totalkostnadsberegninger tilsier ca. 50 kr/kg hydrogen for å kunne konkurrere mot diesellastebiler og ned mot 20-30 kr/kg for å konkurrere mot batterielektriske løsninger. Det er da forutsatt avgiftsfritt hydrogen, med unntak av en liten el-avgift, mens diesel er avgiftsbelagt med veibruksavgift og økende CO₂-avgifter og elektrisitet har en elektrisitetsavgift.

Hydrogenteknologiprisene, det vil si for brenselceller og hydrogentanker, baseres på forventninger om framtidige kostnader. Reelle framtidige kostnader for serieproduksjon er ukjent og salgspris kan overstige produksjonskostnad pga. usikkerhet om markedet og derav følgende behov for raskt å få tilbakebetalt investeringer i produksjons- og forskning- og utviklingskostnader. Det er også stor usikkerhet i kostnadene for HICET hvis de kommer på markedet.

Forventet kostnad for hydrogenlastebiler ved en eventuell markedsintroduksjon fra 2030 er høye og det vil ta flere år før kostnadene kan bli vesentlig redusert med mindre aktører er villige til å ta et tap i fht. kostnader for produktutvikling og investeringer i produksjon. I mellomtiden forverres hydrogens konkurransedyktighet av markeds- og teknologiutviklingen for batterielektriske lastebiler som er den teknologien som forventes av aktørene å ha bredest markedsappell og kan dekke alle segmenter fra 2030, selv om hydrogen kan være marginalt bedre i et 2030-perspektiv for de lengste flerskifts-transportene som med batterielektriske drift ville krevet høye andeler offentlig MW eller 350 kW lading. Mesteparten av innovasjon og forskningsmidler vil imidlertid gå til å utvikle batterielektriske løsninger og de vil nyte godt av utviklingen som skjer i personbilmarkedet og bærbare produkter som etterspør bedre batterier.

Beregningene gir på lang sikt et kostnadstillegg for hydrogenlastebiler med forbrenningsmotor på nivå med dagens biogasslastebiler (25%). ICCT (2023) angir kostnader for energilageret for en langtransport lastebil på biogass til å koste 14 760 euro i 2023 og 11 160 euro i 2040, mens det for hydrogen er estimater på henholdsvis 96 880 euro i 2023 og 41 472 euro i 2040, en forskjell på hhv. ca. 82 000 euro og ca. 30 000 euro. Samtidig er det også dyrere gassrør og fyllestusser mm. i hydrogenlastebilen. Kostnadslikhet må derfor eventuelt begrunnes i at hydrogenlastebilen produseres i betydelig større volumer enn biogasslastebilen, noe som er et mulig scenario i og med at biogasslastebiler ikke teller mot EUs CO₂-mål for lastebiler og det dermed bare blir begrenset bruk av biogasslastebiler i Europa.

Hydrogen i brenselceller vil på lang sikt forbli det alternativet som har høyest kjøpspris for selve lastebilen, mens hydrogen i forbrenningsmotor vil være det dyreste alternativet av alle i et totalkostnads-perspektiv. Det skyldes kombinasjonen av lav energieffektivitet for forbrenningsmotorer og at hydrogen vil være et kostbart energialternativ. Hydrogen i brenselceller vil kunne konkurrere mot diesel og biogass i et 2040-perspektiv, men da har batterielektriske lastebiler gjennomgått en omfattende utvikling som vil gjøre det vanskelig for hydrogen å konkurrere. Hydrogen kan imidlertid ha muligheter i begrensede anvendelser, for eksempel knyttet til spesielt lange transporter med bytte av sjåfør underveis, eller der store transportører kan klare å kutte siste rest av utslipp etter å ha batterielektrifisert så mye av bilflåten som de klarer.

4 Kostnadsbaner for sjøtransport

4.1 Innledning

Korberg et al. (2021) og Solakivi et al. (2022) er sentrale bidrag som analyserer kostnadsbildet for karbonnøytralt (CN) drivstoff. Begge vurderer et bredt spekter av energibærere, med underliggende CN-energikilder våt, tørr og oljeholdig biomasse og CN-fremstilt elektrisitet. Kanchiralla et al. (2022) og Kanchiralla et al. (2023) følger opp og i hovedsak bekrefter resultatene i Solakivi et al. (2022).

Korberg et al. (2021) studerer en lang rekke CN-drivstoff og beregner totalcost ved eierskap ved ulike fremdriftssystemer, for store ferger, stykkgoeds-, bulk- og containerskip. Konklusjonen er at batterielektrisk fremdrift kun er kostnadseffektivt for ferger, mens metanol, dimetyleter (DME; CH₃-O-CH₃) og ammoniakk er de mest konkurransedyktige alternativene for andre skipstyper.

Den industrielle utviklingen de siste årene bygger opp under Korberg et al. (2021). Riksvei- og fylkesferger er foreløpig eneste skipssegment i Norge som i stor utstrekning er utstyrt med batterielektrisk fremdrift. I regulær fart, over kortere distanse, er batterielektrisk fremdrift mulig også for bulk- og containerskip (for eksempel Berge Rederi og ASKO har initiativer rundt dette). For internasjonal langfart er næringens fokus i hovedsak på metanol-diesel og ammoniakk-diesel hybridmotorer og lavutslippsalternativer som LNG.

‘DNV Maritime Forecast to 2050’ begrenser seg til å gi anslag på samlet produksjons- og distribusjonskostnad for fire tradisjonelle fossile drivstoff og fem CN-drivstoff. De fossile drivstoffene er: tung fyringsolje (HFO), lavsvovel fyringsolje (VLSFO), marin gassolje/diesel (MGO) og flytende naturgass (LNG); og de CN er: CN-ammoniakk, CN-metanol, CN-LNG og CN-MGO. Dette utvalget er i tråd med utviklingen innen industrien.

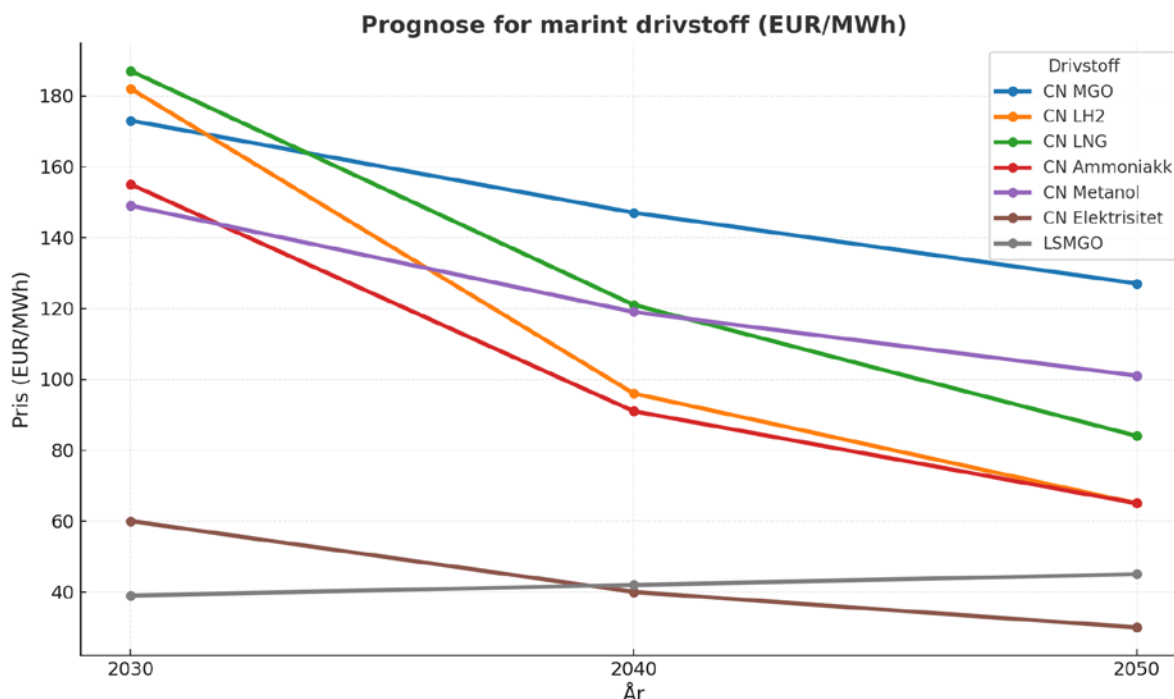
4.2 Forventet kostnadsutvikling for CN-drivstoff

Prisen for grønn elektrisitet er i flere studier, inklusive Korberg et al. (2021) og Solakivi et al. (2022), basert på forventet kostnadsutvikling i fornybar energi, særlig for havvind (faste installasjoner) og solkraft. Det er store sprik i anslagene. Prognosene viser gjennomgående et fall i såkalte ‘Levelized Cost of Electricity’⁵ (LCOE). Usikkerheten er imidlertid økt de siste årene, gitt siste tids tilbakeslag som høy kostnadsinflasjon og begrenset teknologisk fremskritt.

Tabell 4.1: Prisanslag marint drivstoff, EUR/MWh, 2030 – 2050. Datakilder: Solakivi et al. (2022) og DNV (2025).

	2030	2040	2050	Snitt 2030-2050	DNV - midtpunkt
CN-MGO	173	147	127	149	128
CN-LH2	182	96	65	114	121
CN-LNG	187	121	84	131	109
CN-ammoniakk	155	91	65	104	107
CN-metanol	149	119	101	123	110
CN-elektrisitet	60	40	30	43	
LSMGO	39	42	45	42	37.4

⁵ LCOE er et mål på gjennomsnittlig produksjonskostnad per produsert kilowattime (kWh) over hele levetiden til et kraftverk eller en annen energiteknologi. Det inkluderer: Investeringskostnader (f.eks. bygging av vindmøller, solparker, vannkraftverk, etc.), drifts- og vedlikeholdskostnader, levetid og produksjonsvolum (antall år anlegget er i drift og hvor mye strøm det produserer totalt).



Figur 4.1: Prognose for marint drivstoff, EUR/MWh, 2030 – 2050.

Tabell 4.1 og figur 4.1 gir anslag for prisen på CN-marint drivstoff for 2030, 2040 og 2050, samt for marin diesel (LSMGO/VLSFO). Valg av drivstoff i tabell 4.1 følger DNV 2025 «DNV Maritime Forecast to 2050» tabell A-2 (side 65). Anslagene er basert på Solakivi et al. (2022) – som igjen er basert på en bred litteraturstudie. Korberg et al. (2021) og Solakivi et al. (2022) oppgir, som nevnt, estimat på et bredt spekter av alternative karbonnøytrale eller nær nøytrale drivstoff. Korberg et al. (2021) konkluderer likevel med at:

“The results indicate that BE ferries can be cost-competitive to the alternative fuels investigated. For the three other ship categories, methanol, followed by DME and ammonia, show a low total cost of ownership.”

For karbonnøytral marin diesel (CN-MGO) er anslaget dannet av gjennomsnittet av prisen på e-diesel og biodiesel. E-diesel er et syntetisk drivstoff fremstilt av hydrogen (produsert med fornybar elektrisitet) og karbondioksid, som gjennom kjemisk syntese danner et diesel-lignende drivstoff. Det kan benyttes i eksisterende dieselmotorer og infrastruktur, og kan være nesten klimanøytralt dersom produksjonen baseres på fornybar energi og fangst av CO₂. Vektingen mellom e-diesel og biodiesel kan diskuteres. Prisen på e-diesel er anslått til å ligge høyere enn prisen på biodiesel, mens tilgangen på biodiesel vil trolig være begrenset. I en tidlig fase vil trolig biodrivstoff dominere, mens senere vil andelen e-drivstoff øke. Politisk kan det også være vanskelig å forsvare å benytte biodrivstoff til fremdrift av skip, da alternativverdi av biomassen som brukes til produksjon av biodrivstoff er høy. Med andre ord, ved en utstrakt bruk av biodrivstoff i internasjonal skipsfart vil prisen på dette drivstoffet trolig bli langt høyere enn det som er lagt til grunn i tabell 4.1.

For karbonnøytral metanol (CN-metanol) er anslaget dannet av gjennomsnittet av prisen på e-metanol og biometanol. Som for CN-MGO, er prisen på biometanol forventet å ligge lavere enn for e-metanol. Forskjell i prisanslag er spesielt stort for 2030, og noe lavere for 2050. Prisen på e-drivstoff er ventet å falle basert på en kombinasjon av teknologisk fremskritt, stordrift og redusert pris på elektrisitet. Prisen på biodrivstoff er ventet å være relativt stabil.

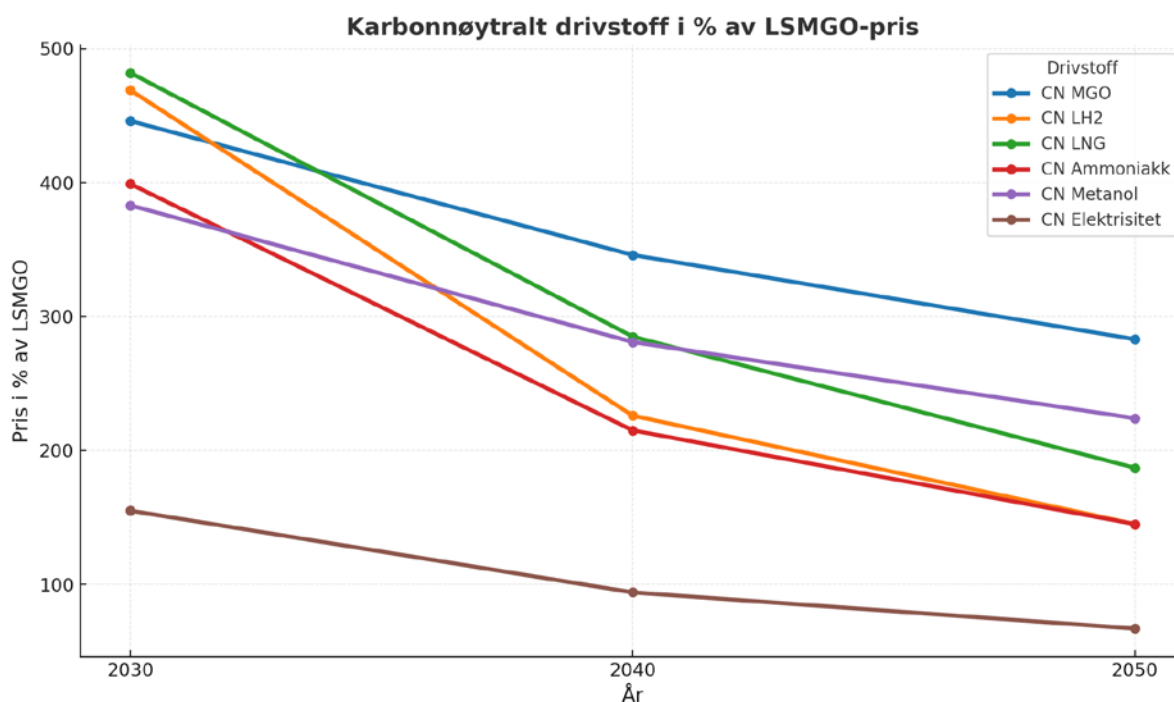
Dimetyleter (DME), som kan benyttes i dieselmotorer, produseres i dag hovedsakelig fra naturgass eller metanol. For at DME skal være karbonnøytralt (CN-DME), må det produseres fra biogen metanol – det vil si metanol basert på biologisk materiale som inngår i det naturlige karbonkretsløpet, i motsetning til fossile kilder. Kostnadene for CN-DME vil derfor trolig i fremtiden ligge tett opp mot, men noe over, kostnadene for CN-metanol.

‘Dual-fuel’-ammoniakk er et noe mer komplisert fremdriftssystem enn dimetyleter og metanol hybrider. Fremover er det grunn til å vente at kapitalkostnaden for disse systemene vil konvergere mot nivået på konvensjonell fossil teknologi – med ammoniakk marginalt mer kapitalkrevende enn dimetyleter og metanol. Risikoen for alvorlig personskade relatert til bruken av ammoniakk er høy. En større ulykke med ammoniakk kan gjøre dette alternativet mindre aktuelt på sikt.

Dagens teknologi, og begrensede utsikter til store teknologiske skift, tilsier at batterielektrisk drift og hydrogenbasert brenselcelleteknologi vil være forbeholdt spesialisert og mindre tonnasje. Kapitalkostnaden for disse alternativene er klart høyere enn for konvensjonelt drivstoff, metanol/dimetyleter og ammoniakk.

Tabell 4.2: Prisanslag marint drivstoff, EUR/MWh, 2030 – 2050, i % av prisen på LSMGO. Datakilde: Solakivi et al. (2022) og DNV (2025).

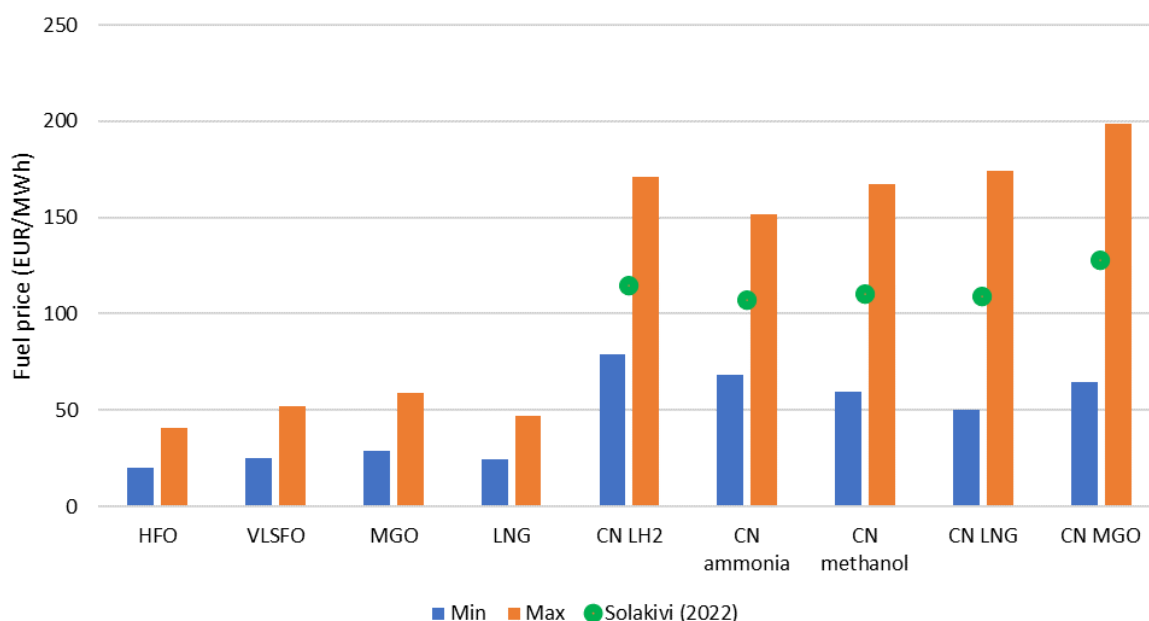
	2030	2040	2050	Snitt 2030-2050	DNV - midtpunkt
CN-MGO	446%	346%	283%	354%	342%
CN-LH2	469%	226%	145%	272%	324%
CN-LNG	482%	285%	187%	311%	291%
CN-ammonia	399%	215%	145%	246%	285%
CN-methanol	383%	281%	224%	292%	294%
CN-electricity	155%	94%	67%	103%	



Figur 4.2: Prisanslag karbonnøytralt drivstoff i % av prisen på LSMGO-pris, 2030 – 2050.

Tabell 4.2 og figur 4.2 viser samme prisanslag som tabell 4.1, men her oppgitt i prosent av prisprognosen for marin diesel med lavt svovelinnhold (LSMGO/VLSFO). I 2050 er karbonnøytralt flytende hydrogen (CN-LH2) og ammoniakk prismessig gunstigst, med 45 % høyere kostnad enn fossil MGO. For begge disse drivstoffene er anslagene optimistiske i forhold til dagens kostnadsbilde – drevet av stordrift i produksjon, distribusjon og fallende pris på grønn elektrisitet. Anslagene til Solakivi et al. (2022) er noen år gamle. DNVs (2025) anslag er oppgitt som maks.- og min.-nivåer for perioden 2030-2050. I tabellen er DNVs tall oppgitt som midtpunkt av disse anslagene. DNVs midtpunkt er i hovedsak i tråd med Solakivi et al. (2022) sitt snitt for perioden 2030 – 2050. For hydrogen og ammoniakk er DNV noe mindre optimistiske enn Solakivi et al. (2022) At LCOE for havvind har falt mindre enn ventet bygger opp under antagelsen om at Solakivi et al. sine anslag for 2050 kan være noe optimistiske.

Anslagene for fossil MGO (VLSGO/VLSFO) er i Solakivi et al. (2022) basert på historiske prisnivå og anslag fra IEA. Prisen på råolje er volatil. Det er grunn til å tro at OPEC og andre oljeproduserende land vil tilpasse produksjon og prispolitikk til graden av det grønne skiftets suksess. Hvis Europa og Kina, som har begrensede råoljereserver, lykkes med å frembringe grønn energi til en moderat pris, vil dette trolig bidra til at fremtidig oljepris vil falle. Dette vil bidra til å gjøre fossilt brennstoff konkurransedyktig selv ved høye miljøavgifter og et eventuelt vellykket grønt skift.

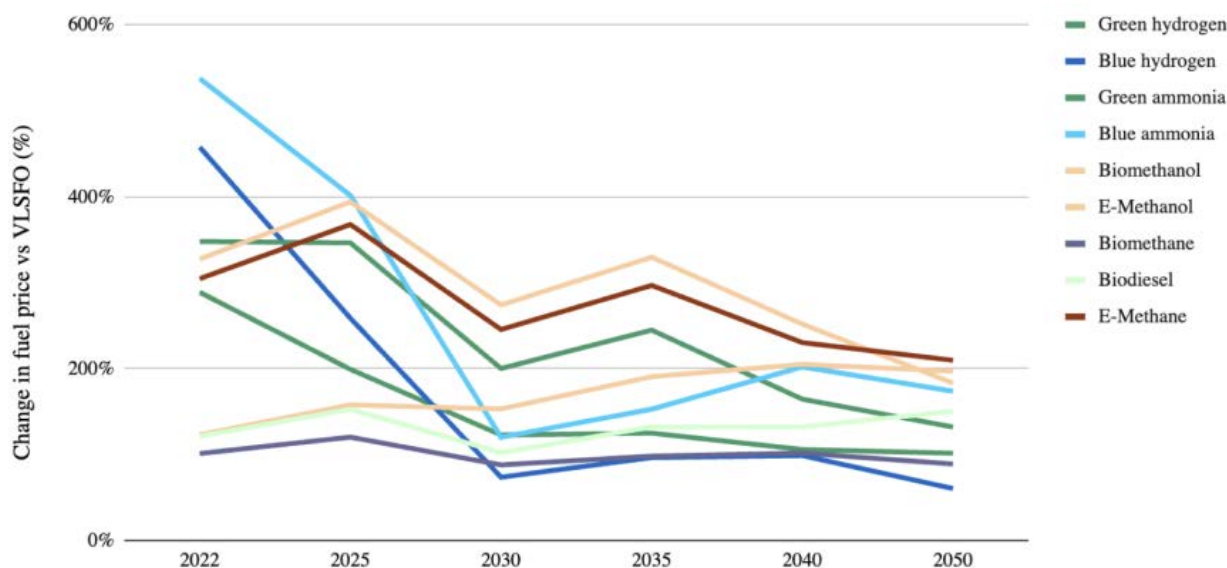


Figur 4.3: Drivstoffprisprognose for 2030-2050 –maks og min-anslag fra DNV (2025) og gjennomsnittsanslag fra Solakivi (2022).

Figur 4.3 viser drivstoffprisprognoser for fossilt og karbonnøytralt drivstoff fra DNV (2025) som maks.- og min.-verdier basert på scenario-analyser, sammenstilt med Solakivi et al. (2022) sine snitt av anslag for 2030, 2040 og 2050. Analysene viser i hovedsak det samme bildet⁶, men med noe større optimisme i forhold til prisen på grønt hydrogen i den tidlige studien⁷.

⁶ Solakivi et al. er delvis basert på litteraturstudier og delvis egne analyser. De har blant annet benyttet tidligere DNV-rapporter, noe som bidrar til likhet i estimer.

⁷ DNV-studiene oppgir tall i drivstoffpris i USD/GJ og i USD/tonn VLSFO-ekvivalenter. Konverteringskoeffisienter benyttet i figur 4.3 er EUR/USD=1,15 og GJ/MWh=0,277778.



Figur 4.4: Drivstoffprisprognose – anslag IMO (2023), i % av prisen på VLSFO.

Figur 4.4 viser IMOs prognoser for prisen på alternativer til fossilt drivstoff for den maritime sektor, i prosent av prisen på marin diesel med lavt svovelinnhold. Hovedbildet er som i tabell 4.2, med en antatt markant nedgang i e-hydrogen og e-ammoniakk frem mot 2050 ⁸.

4.3 Karbonfangst, hybridisering og investeringsvalg

Graden av suksess i utviklingen av karbonfangstteknologi er ikke tatt hensyn til i anslagene over. Teknologiske fremskritt på dette området vil frikoble produksjonen av CN-ammoniakk og CN-metanol fra tilgangen av grønn elektrisitet og biomasse. Karbonfangst vil kunne gjøre karbonnøytralt drivstoff (blått drivstoff) av typer som ikke krever dyre fremdriftssystemer, mer konkurransedyktige. En viss sannsynlighet for signifikante teknologiske fremskritt innen karbonfangst kan støtte opp under Solakivi et al. (2022) sine relative optimistiske anslag for CN-ammoniakk og CN-hydrogen for 2050.

Etter drivstoff er kapital typisk den største kostnadskomponenten relatert til innføringen av CN fremdrift. Batterielektrisk og hydrogen har et lavere energitap, 'well-to-wake', enn andre CN-drivstoff. Fremdriftssystemer basert på batteri og brenselceller er derimot signifikant mer kostbare enn alternativ CN-teknologi.

De siste årene er motorer for LNG/metan, metanol, dimetyleter og ammoniakk utviklet og tatt i bruk. Når disse fremdriftssystemene i dag er mer kostbare enn konvensjonelle alternativer, skyldes dette delvis lavskalaproduksjon og at produsentene ønsker å ta ut ekstra gevinst på nyutviklet teknologi. Dette gir utsikter til at kapitalkostnaden for disse alternativene i 2050 bare vil ligge marginalt over dagens konvensjonelle teknologi (med meget lavt kostpåslag for dimetyleter og høyest for ammoniakk). Uten betydelige teknologiske fremskritt vil kapitalkostnaden ved batterielektrisk- og hydrogenbasert fremdrift i 2050 vil være signifikant høyere enn ved dagens konvensjonelle teknologi. For større bulkskip vil derfor bruken av batterielektrisk fremdrift og brenselceller trolig være begrenset. DNV (2025) har indikert en økning i total kostnadsintensitet ved CN-fremdrift i 2050 på 69 % til 75 % for tørrbulkship, på 70 % til 86 % for tankskip og på 91 % til 112 % for containerskip. De lave anslagene forutsetter god tilgang på

⁸ Merk at IMOs tall er utarbeidet av Ricardo i samarbeid med DNV. Det vil si at både Solakivi et al. og IMO delvis er påvirket av eldre DNV-analyser.

biodrivstoff og lav kostnad ved karbonfangst. For å oppnå 'net-zero' for verdensflåten i 2050, anslår DNV en økning i snitt for alle segmenter i kostnad per tonnkm mellom 71 % og 85 %.

4.4 Enova: Virkemiddelapparatet og investeringsvalg

Elektriske løsninger – som bilferger med batterielektrisk fremdrift og bruk av landstrøm – samt LNG som en overgangsløsning, stod sentralt i den tidlige fasen av det grønne skiftet for norsk maritim sektor (Torvanger et al., 2023). De siste årene har imidlertid det norske virkemiddelapparatet dreid i retning av hydrogenproduksjon og ammoniakk for maritime anvendelser. I 2024 lanserte Enova to støtteprogrammer for hydrogenproduksjon og -infrastruktur, inkludert etablering av bunkringsanlegg for ammoniakk. Potensielt støttebeløp ble økt til 80 prosent av prosjektkostnaden. Samme år tildelte Enova om lag 2,2 milliarder kroner til 11 hydrogenfartøy, 13 ammoniakkfartøy og fem produksjonsanlegg for hydrogen. Satsingen på ammoniakk fortsetter, blant annet gjennom utbygging av bunkringsinfrastruktur langs norskekysten.

I perioden 2016–2024 ga Enova tilsagn om støtte til 729 prosjekter innen maritim sektor, med en samlet ramme på 8,02 milliarder kroner⁹. Av disse hadde 41 prosjekter en støtteramme på over 50 millioner kroner. Disse 41 store prosjektene utgjorde 50,5 prosent av total ramme. Som vist i vedlegg 3 er en overveldende andel av de største prosjektene rettet mot hydrogen og ammoniakk. Når Enova i så stor grad velger å prioritere ammoniakk, til tross for betydelig skepsis blant sjøfolk knyttet til sikkerhet, får dette stor betydning for tempo, investeringsvalg og retning i det grønne skiftet.

Ifølge Grønt skipsfartsprogram, er det kun 13 av 57 fartøy som har mottatt Enova-støtte under bygging¹⁰. Flere av de pågående prosjektene synes å være hybridløsninger, slik at markedsforhold i praksis vil være avgjørende for hvor lavt miljøavtrykk disse fartøyene faktisk får i fremtiden.

⁹ Omfatter ENOVA-programmene: Ammoniakk i fartøy, Banebrytende maritim teknologi, Batteri i fartøy, Batteri i nullutslippsskip, Elektrifisering av sjøtransport, Forprosjekt energi- og climateknologi maritim transport, Forprosjekt maritim teknologi, Forprosjekt: Hydrogen til maritim transport, Forprosjektstøtte til infrastruktur for strøm til havneopphold og lading, Forstudie karbonfangst 2030, Hydrogen til maritim transport, Hydrogen i fartøy, Hydrogeninfrastruktur, Hydrogenproduksjon til maritim transport 2027, Installasjon av høyspent landstrømsystemer i eksisterende fartøy, Installasjon av landstrømsystem i eksisterende fartøy, Installasjon av lavspent landstrømsystemer i eksisterende fartøy, Investeringsstøtte for infrastruktur til strøm for havneopphold og lading, Investeringsstøtte til infrastruktur for strøm for havneopphold og lading, Landstrøm til skip i norske havner, Utslippsfri maritim transport.

¹⁰ Mindre service-fartøy innen havbruk er ikke medberegnet.



Figur 4.5: Enova-støttede prosjekter for å gjøre hydrogen tilgjengelig som drivstoff i maritim sektor. Kilde: Enova.

5 Kostnader i et 2050-perspektiv i NGM

5.1 Innledning

I kapittel 2.3 ble det presisert at beregningslogikken i NGM er basert på kostnadsminimering, der modellen beregner hva som er optimal transportkjede, sendingsfrekvens og kjøretøy-/fartøystørrelse for en årlig varestrøm mellom par av regioner. Dette er fordelt på 5 hovedtransportmidler (veg, sjø, jernbane, ferge og fly) og ca 56 kjøretøy-/fartøystørrelser. Dette inkluderer ikke valgfaktorer mellom alternative drivlinjer, som f.eks. for dieselmotorer vs. batteri-elektriske biler. Denne utfordringen forsterkes av at NGM er en aggregert modell. I dette kapitlet redegjør vi derfor for hvordan drivlinjer som er alternative til de hovedsakelige dieselbaserte vi har i dag, kan implementeres i NGM i ulike fremtids-scenarier med ulik sammensetning av drivlinjer.

5.2 Hovedtrekkene i valgt løsning

Det er med andre ord i dagens nasjonale godsmodell ikke mulig å modellberegne valget mellom ulike drivlinjer, selv om vi har kostnadsmodeller for alternative drivlinjer.

I dette prosjektet, der vi skulle modellere ulike strategier for hvordan godstransportnæringen skal bli klimanøytral i 2050, har vi valgt følgende løsning:

1. Basis for kostnadsberegningen er kostnadsmodellene som er beskrevet i kapittel 2, for året 2023, der de alternative drivlinjene er kostnadsberegnet i form av merknader fra drivlinjer som er basert på fossilt drivstoff.
2. Disse kostnadsestimatene er framskrevet til 2050, basert på kostnadsutviklingen for alternative drivlinjer for lastebiltransport fra kapittel 3 og sjøtransport, som beskrevet i kapittel 4.
3. Vi benytter oss av framskrivinger av hvor store andeler hver drivlinje har i det ønskede modellkjøringsåret (2050), og bruker disse andelene som vekt
 - a. For skip brukes framskrivinger fra DNV (2023)
 - b. For lastebiler og varebiler brukes framskrivinger fra Statens vegvesen og Miljødirektoratet (2024)
4. Vi beregner de relevante kostnadsparametere for hver relevante drivlinje for hver kjøretøytype
 - a. For de 11 lastebiltypene anvendes kostnadsparametere for diesel- og batterielektrisk fremdrift.
 - b. For de 37 skipstypene etableres kostnadsparametere for MGO, fossil LNG, grønt hydrogen og ammoniakk, HVO (hydrated vegetable oil) og LBG (Liquid biogas), som passer inn under kategoriene i DNV (2023) sine framskrivinger.
5. Hver kombinasjon av kjøretøytype og drivlinje har dermed sin egen såkalte *vehicles*-arkfane i NGMs kostnadsmodell, sammen med sin respektive andel i modellkjøringsåret 2050, som skal brukes til vektning.
6. Det etableres en *vehicles*-arkfane som henter kostnadsparametere fra de andre *vehicles*-arkfanene og vekt dem slik at man får kostnadsparametere for drivlinje-vektede kjøretøytyper.
7. Disse vektete kostnadsparametere kan dermed brukes videre i NGM

22	0	6	Ammoniakk	LNG 5200 cbm 3900 dwt	2050	Seilas	NØS	79 %
23	0	6	Ammoniakk	LNG 29000 cbm 20300 dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
24	0	6	Ammoniakk	LPG 30000dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
25	0	6	Ammoniakk	LNG 74000 cbm 50000 dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
26	0	6	Ammoniakk	LNG 150 000 cbm 95000 dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
27	0	7	Ammoniakk	Kjem/prod tank 8000dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
28	0	7	Ammoniakk	Kjem/Prod tank 44500dwt	2050	Seilas	NØS	63 %
29	0	8	Ammoniakk	GC (coastal sideport) 1250 dwt	2050	Seilas	NØS	80 %
30	0	8	Ammoniakk	GC (coastal sideport) 2530 dwt	2050	Seilas	NØS	80 %
31	0	8	Ammoniakk	CC coastal, LNG drevet 5000 dwt	2050	Seilas	NØS	80 %
32	0	9	Ammoniakk	Sideport, live animals	2050	Seilas	NØS	80 %
1	0	1	Idere ennå for jernbanemodes, ferger og fly. Kun koblet for veg og sjø så langt.					
vehicles	vehicles kopi	vehicles sammenlign	vehicles elbil	vehicles MGO	vehicles LNG	vehicles H2	vehicles Amoniakk	

Dette gjør det mulig å modellere endringer i sammensetningen av alternative drivlinjer, med NGM i sin nåværende form. Bruken av disse vektete gjennomsnittskostnadsparametrene muliggjør at man kan aggregere opp til total kostnad per kjøretøytype, men man mister dessverre noen nyanser underveis.

Det er ikke gitt at bruksmønsteret til et kjøretøy som har kostnadsparametere som er vektet med ulike drivlinjer ender opp med samme bruksmønster som man ville fått om man så på bruksmønsteret til kjøretøyene med de aktuelle drivlinjene, og så summerte opp på tvers av drivlinjer. For eksempel, elektriske lastebiler kan være særlig godt egnet til et spesifikt bruksmønster (f.eks. korte- og mellom-lange avstander), sammenlignet med dieseldrevne. Det vil tilsa at elektriske lastebiler ville blitt brukt relativt mye i visse deler av transportmarkedet, og lite i andre. En vektet «gjennomsnittslastebil» har en kostnadsprofil som kunne vært bedre egnet til et annet bruksmønster.

5.3 Hvordan beregne de relevante kostnadsparametrene til NGM

Kostnadsparametrene til kjøretøy og fartøy med alternative drivlinjer blir både lagt inn og beregnet i kostnadsmodellen til NGM. De viktigste grepene som vi har måttet gjøre er:

For **batterielektriske lastebiler** bygger vi på kostnadsbanene for vegtransport, dokumentert i kapittel 2. Disse gir oss forutsetninger som vi kan legge inn i arkfanen *Input kalkyleark bil*. De mest sentrale er:

- Merkostnad investering ift. dieselskjøretøy
- ENOVA-tilskudd (satt til null i 2050)
- Andel av energibruk med hurtiglading

Når forutsetningene er lagt inn vil kostnadsmodellen beregnes både distansebaserte og tidsbaserte kostnader til bruk i NGM. For en helelektrisk lastebilpark i NGM i 2050 resulterer dette i lastebiler som har distansekostnader som er 34%-25% lavere enn for dagens dieselaserte lastebilpark. Tidskostnadene er derimot 4%-15% høyere.

For alternative drivstoff til skip handler det om å benytte seg av kostnadsbanene for sjøtransport, dokumentert i kapittel 4. Dette gir oss forutsetninger å legge inn arkfanen *Sjø-Merkostnader_Alt. Tekn*. Det vi legger inn er forventet prosentvis merkostnad for alternative drivstoff relativt til MGO. Her varierer forventede drivstoffkostnader i 2050 fra å være 7% lavere, for konvensjonell LNG, til 183% høyere, for HVO.

Opplysningsvesenisteknologisk institutt (OVI)														
Drivstoff	E-diesel	Hydrogen (H ₂ , komprimert)	Hydrogen (H ₂ , flytende)	Etanol	E-CNG	Ammoniakk	E-methanol	E-biodiesel	E-bioLNG (metan)	E-bioLNG	Biodiesel	E-bioCNG	E-bioLNG (metan)	E-bioethanol
Cost per unit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₂ emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

5.4 Andeler i de ulike fremtidsscenarioene

I Backcastingsprosjektet som TØI har bistått med for transportvirksomhetene (Wangsness et al., 2025) er det i hovedsak tre typer fremtidsscenarioer som er relevant for sammensetningen av ulike drivlinjer. Sammensetningen kan oppsummeres som følger:

- Referansebane 2050 (Steg 0):
 - Lastebilparken forutsettes **64% elektrifisert**, basert på Miljødirektoratet m.fl. (2024)
 - Skipsflåten forutsettes å ha **uendrede andeler** karbonnøytrale drivstoff sammenlignet med referanseåret 2023.
- EU-banen i 2050 (Steg 1):
 - Lastebilparken forutsettes å ha uendrede andeler sammenlignet med Steg 0, ettersom Norge her ligger an til overoppfyllelse av EU-kravene
 - Skipsflåten forutsettes å følge FuelEU Maritime, med **80% klimanøytralt** drivstoff til alle skip over 5 000 BT. Hvordan dette fordeler seg mellom de ulike drivlinjene er hentet fra DNV «Maritime Environment Advisory» (2022).
- Strategibanene i 2050 (Steg2):
 - Lastebilparken forutsettes å være 100% elektrifisert i 2050, som innebærer både sparte distansekostnader, økte kapitalkostnader og en forutsetning om et større nettverk av ladeinfrastruktur
 - Skipsflåten forutsettes å basere seg på **100% klimanøytralt** drivstoff til alle skip. Den andelen av skipsfarten som ikke bruker karbonnøytralt drivstoff i EU-banen forutsettes å gå over til ammoniakk i strategibanene. Dette fører også til et økt behov for fylleinfrastruktur i norske havner.

Med implementerte kostnader for de ulike drivlinjene og forutsatte andeler av de ulike drivlinjene kan vi konstruere «drivlinje-vektede» kjøretøy i hver bane som kjøres i NGM. Resultatene av denne analysen framkommer i Wangsness et al. (2025).

Referanser

- ACEA (2023): 'Regulatory costs of Euro 7 – Findings from an industry survey', *ACEA-/Frontier Economics-rapport*, tilgjengelig via: <https://www.frontier-economics.com/media/piugmdqt/frontier-report-regulatory-costs-of-euro-7.pdf>
- Autocar (2025): 'Stellantis gives up on hydrogen due to poor infrastructure, high costs', *Nyhetsartikkel*, 16.07.2025, <https://www.autocar.co.uk/car-news/technology/stellantis-gives-hydrogen-due-poor-infrastructure-high-costs>
- BloombergNEF (2024): 'The Time Is Now. Zero-Emission Commercial Vehicle. A factbook for investors', tilgjengelig via: https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Commercial_ZEV_Factbook.pdf
- Boer E. den, Aarnink S., Kleiner F. og J. Pagenkopf (2013): 'Zero emissions trucks. An overview of state-of-the-art technologies and their potential', *CE Delft-rapport*
- Cellcentric (2025a): 'Cellcentric takes important steps in preparation for large scale production of fuel cells for trucks', *Pressemelding av 14.01.2025*, tilgjengelig via: <https://www.cellcentric.net/en-us/news/cellcentric-takes-important-steps-in-preparation-for-large-scale-production-of-fuel-cells-for-trucks>
- Cellcentric (2025b): 'Latest facts and figures about Cellcentric and NextGen fuel cell system for sustainable, economic heavy-duty transport', *Pressemelding av 28.04.2025*, tilgjengelig via: <https://www.cellcentric.net/en-us/news/co2-neutral-fuel-cell-systems>
- Cleantechnica (2024): 'How Many Hydrogen Transit Trial Failures Are Enough?', *Nyhetsartikkel av 15.11.2024*, <https://cleantechnica.com/2024/10/24/how-many-hydrogen-transit-trial-failures-are-enough/>
- Daimler (2025a): 'Diskusjoner med representanter for Daimler på standen deres på EVS38'
- Daimler (2025b): 'Five and a Half Times Around the World: Daimler Truck Fuel Cell Trucks Successfully Complete More Than 225,000 Kilometers in Real-World Customer Operations', *Pressemelding av 03.09.2025*, tilgjengelig via: <https://www.daimlertruck.com/en/newsroom/pressrelease/five-and-a-half-times-around-the-world-daimler-truck-fuel-cell-trucks-successfully-complete-more-than-225000-kilometers-in-real-world-customer-operations-53182162>
- DNV (2022): 'Lav- og nullutslippsskipsfart i Norge – Mulige virkemidler for å dekke prisgapet ved bruk av nullutslippsdrivstoff i skipsfarten', *Rapport 2021/1276, rev. 1*
- DNV (2024): 'Fuel Transition Roadmap for Nordic Shipping', *Nordic Roadmap-publikasjon nr. 2-C/1/2024*
- DNV (2025): 'Maritime Forecast to 2050'
- DNV Maritime Environment Advisory (2022): 'Avrop 26 - Prognoser For Utvikling i Drivstoffopptak 2026-2060', *DNV-rapport 2022-1097*
- Engholm, A., Zackrisson, A., Bengtsson, T., Link, S. og P. Plötz, P. (2025): 'Beyond replacing diesel trucks: how optimized fleet planning increases electrification and lowers transportation costs', *Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI*. <https://doi.org/10.24406/publica-4574>
- European Commission (2022): 'EU Impact Assessment Report Euro 7', tilgjengelig via: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- EPA (2023): 'Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles: Phase 3', *Draft Regulatory Impact Analysis. EPA-420-D-23-001* April 2023. GEVO 2025.

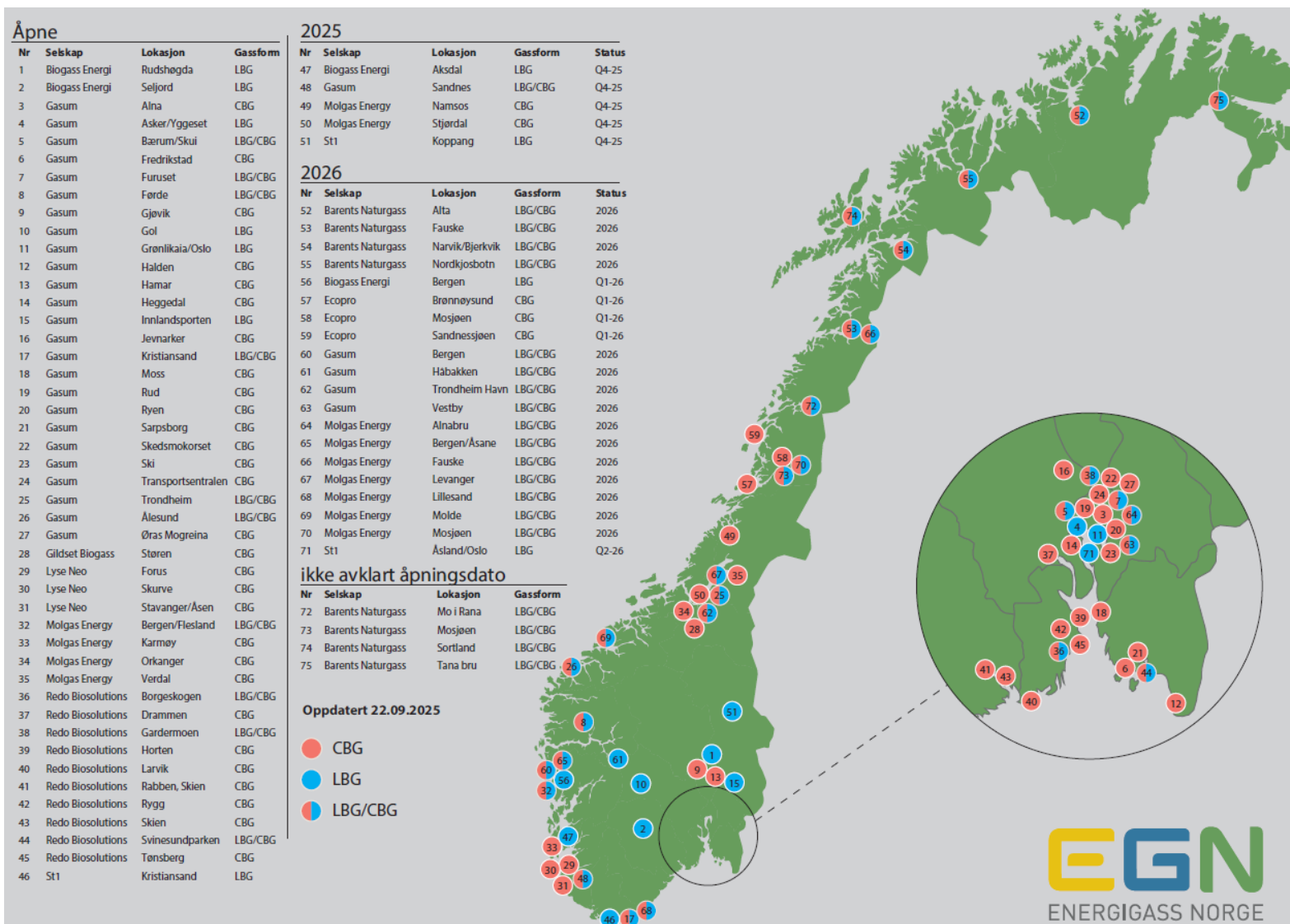
- GEVO (2025): 'Global EV Outlook 2025', *IEA-analyse, tilgjengelig via:*
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
- EU (2024): Regulation (EU) 2024/1610 of the European Parliament and of the Council of 14 May 2024 amending Regulation (EU) 2019/1242 as regards strengthening the CO2 emission performance standards for new heavy-duty vehicles and integrating reporting obligations, amending Regulation (EU) 2018/858 and repealing Regulation (EU) 2018/956 (Text with EEA relevance).
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1610/oj>
- EU (2025): 'Market Readiness Analysis. Expected uptake of alternative fuel heavy-duty vehicles until 2030 and their corresponding infrastructure needs', *Transport & Mobility Leuven, Ramboll, University of Antwerp - European Commission 2025, tilgjengelig via:*
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8a598b35-40f3-11f0-b9f2-01aa75ed71a1/language-en>
- EU JRC (2025a): EU Joint Research Center. Decarbonising European heavy-duty transport. A stakeholder analysis of technology readiness and future R&I priorities for zero-emission vehicles and infrastructure. European Commission Joint Research Centre Report. ISSN ISBN 978-92-68-31854-6. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a7b1c096-9a84-11f0-97c8-01aa75ed71a1/language-en>
- EU JRC (2025b): EU Joint Research Center. European Research and Innovation in Zero-Emission Heavy-Duty Road Transport. EU Commission Joint Research Center Report ISSN ISBN 978-92-68-26794-3. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d975f200-2960-11f0-8a44-01aa75ed71a1/language-en>
- Figenbaum, E., Ydersbond, I.M., Amundsen, A.H., Pinchasik, D.R., Thorne, R.J., Fridstrøm, L. og M. Kolbenstvedt (2019): '360-graders analyse av potensialet for nullutslippskjøretøy', *TØI-rapport 1744/2019*
- Fries M., Kerler M., Rohr S, Schickram S., Sinning M. og M. Lienkamp (2017): 'An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels, Greenhouse Gas Emissions and Total Cost of Ownership'
- Grønland, S.E. og D.R. Pinchasik, D.R. (2025): 'Kostnadsmodeller for transport og logistikk - Basisår 2023', *TØI-rapport 2093/2025*
- Hovi, I.B., Pinchasik, D.R., R.J. Thorne og E. Figenbaum (2019): 'User experiences from the early adopters of heavy-duty zero-emission vehicles in Norway - Barriers and opportunities', *TØI-rapport 1734/2019*
- Hydrogen Council (2021): 'Roadmap towards zero emissions - The complementary role of BEVs and FCEVs', *Oppsummering, tilgjengelig via:* <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/10/Transport-Study-Full-Report-Hydrogen-Council-1.pdf>
- Hyvia (2025): 'Hyvia announces its legal liquidation', *Pressemelding av 18.02.2025*,
<https://media.hyvia.eu/hyvia-announces-its-legal-liquidation>
- ICCT (2022): 'A meta-study of purchase costs for zero-emission trucks', *Working Paper 2022-09, tilgjengelig via:* <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/purchase-cost-ze-trucks-feb22-1.pdf>
- ICCT (2023a): 'A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe', *ICCT Working Paper 2023-28, tilgjengelig via:* https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/11/ID-54-%E2%80%93-EU-HDV-TCO_paper_final2.pdf
- ICCT (2023b): 'Purchase costs of zero-emission trucks in the United states to meet the future phase 3 GHG standards', *Working Paper 2023-10, tilgjengelig via:* <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/03/cost-zero-emission-trucks-us-phase-3-mar23.pdf>

- ICCT (2024): 'The revised CO2 standards for heavy-duty vehicles in the European Union', *Policy-oppdatering Mai 2024, tilgjengelig via: https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/05/ID-130-%E2%80%93-EU-CO2_policy_update_final.pdf*
- IMO (2023): 'Reduction of GHG emissions from ships - Report on the study on the readiness and availability of low- and zero-carbon ship technology and marine fuels'
- InsideEVs (2025): 'BYD's 5-Minute EV Fast Charging: We Tried It. It's A Game-Changer', *Nyhetsartikkel av 07.05.2025, tilgjengelig via: <https://insideevs.com/news/758625/byd-megawatt-charging-demo-china/>*
- Kanchiralla, F. M., Brynolf, S., Malmgren, E., Hansson, J. og M. Grahm (2022): 'Life-cycle assessment and costing of fuels and propulsion systems in future fossil-free shipping', *Environmental Science & Technology*, 56(17): s.12517-12531
- Kanchiralla, F. M., Brynolf, S., Olsson, T., Ellis, J., Hansson, J. og M. Grahm (2023): 'How do variations in ship operation impact the techno-economic feasibility and environmental performance of fossil-free fuels? A life cycle study', *Applied Energy*, 350, nr.121773.
- Korberg, A. D., Brynolf, S., Grahm, M. og I.R. Skov (2021): 'Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 142, nr. 110861.
- Link S., Stephan A., Speth D. og P. Plötz (2024): 'Rapidly declining costs of truck batteries and fuel cells enable large-scale road freight electrification', *Nature Energy*, 9, s. 1032-1039
- Mareev I., Becker J. og D.U. Sauer (2018): 'Battery Dimensioning and Life Cycle Costs Analysis for a Heavy-Duty Truck Considering the Requirements of Long-Haul Transportation', *Energies*, 11(1): nr.55
- Miljødirektoratet (2020): 'Klimakur 2030. Vedlegg I – Tiltaksark: Veitransport – T12 10 % av nye trekkvogner går på biogass i 2030', *rapport M-1625, tilgjengelig via: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf#page=91>.<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>*
- Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Bane NOR SF og Nye veier AS (2024): 'Godstransport 2050: Utredning av klimagassutslipp fra godstransport – scenarioanalyser mot 2050', *Rapport M-2864, tilgjengelig via: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2024/desember-2024/godstransport-2050-utredning-av-klimagassutslipp-fra-godstransport--scenarioanalyser-mot-2050/>*
- NOW GMBH (2024a): 'Market Development of Climate-Friendly Technologies in Heavy-Duty Road Freight Transport in Germany and Europe – Evaluation of the 2024 Cleanroom talks with truck manufacturers, tilgjengelig via: https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2025/01/P733-24.135-NOW-Cleanroom-Broschuere-Teil-2_web_EN_12ml.pdf
- NOW GMBH (2024b): 'Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Strassengueterverkehr - Auswertung der Cleanroom-Gespräche mit Nutzfahrzeugherstellern', *tilgjengelig via: <https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/11/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Technologien-im-schweren-Strassengueterverkehr-2024.pdf>*
- Pinchasik, D.R., Figenbaum, E., Hovi, I.B. og A.H. Amundsen (2021): 'Grønn lastebiltransport? Teknologistatus, kostnader og brukererfaringer', *TØI-rapport 1855/2021*
- Pinchasik, D.R., I.B. Hovi og E. Figenbaum (2022): 'User experiences from the first series-produced battery-electric trucks - Interviews in 2021 with the first Norwegian users', *TØI-rapport 1908/2022*

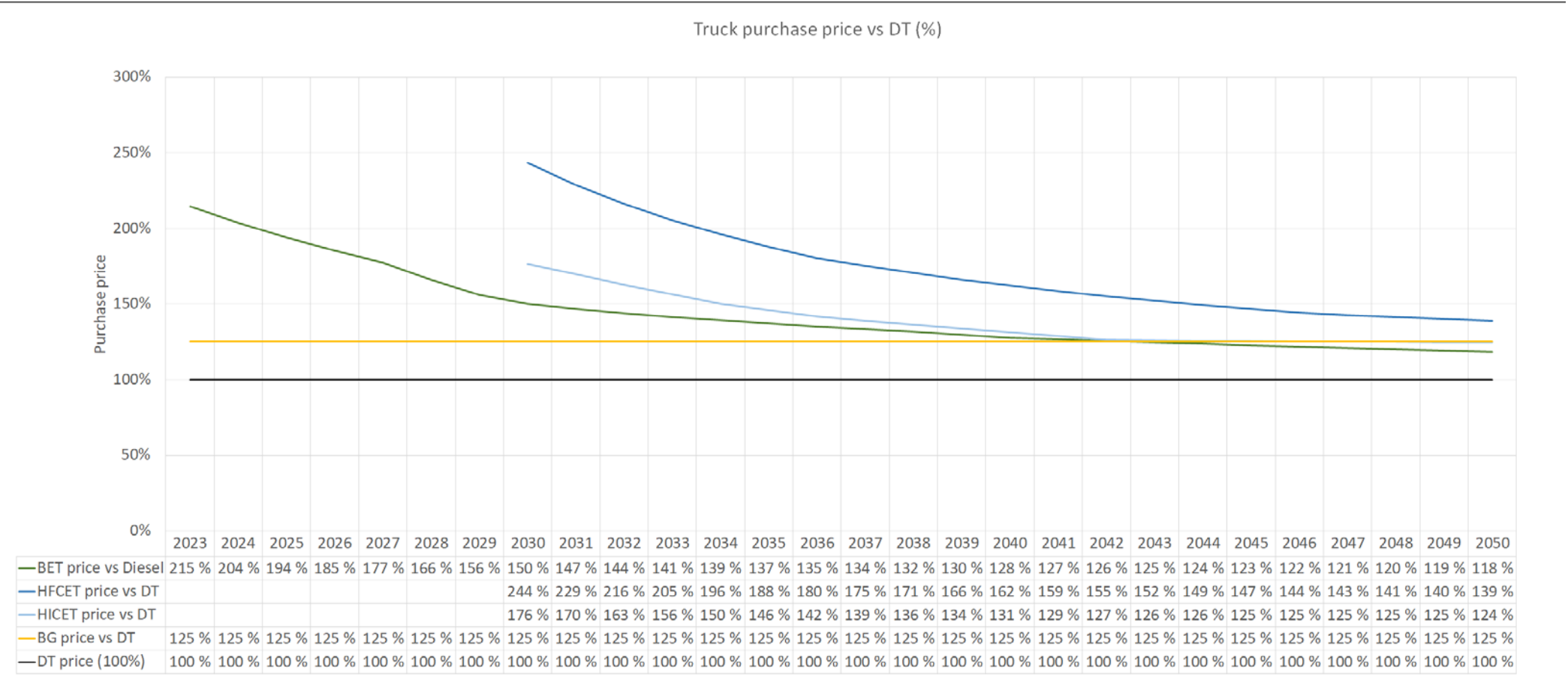
- Pinchasik, D.R., Figenbaum, E., Karlsson, H. og S.R. Sæther (2024): 'Framskritt og fremtidsutsikter for innfasing av el-lastebiler i Norge - Erfaringer, utviklingstrekk, barrierer og behov', *TØI-rapport 2036/2024*
- Ricardo (2021): 'E-Truck Virtual Teardown Study - Final Report', *tilgjengelig via: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/Final-Report-eTruck-Virtual-Teardown-Public-Version.pdf>*
- Ricardo, i samarbeid med DNV (2023): 'Study on the Readiness and Availability of Low- and Zero-Carbon Ship Technology and Maritime Fuels', *tilgjengelig via: <https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2023/08/Readiness-of-Low-Zero-Carbon-Marine-Fuels-Technology-Full-Report-v1.pdf>*
- Roland Berger (2020): 'Fuel Cells Hydrogen Trucks – Heavy-Duty's High Performance Green Solution', *tilgjengelig via: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2021-03/FCH%2520HDT%2520-%2520Study%2520Report_final_vs.pdf*
- Solakivi, T., Paimander, A. og L. Ojala (2022): 'Cost competitiveness of alternative maritime fuels in the new regulatory framework', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 113, nr. 103500
- Stakeholder (2022): 'Grønt landtransportprogram – biogasspiloten: Biogass – Et marked i rask endring', *tilgjengelig via: <https://www.nho.no/siteassets/prosjekter-og-samarbeid/gront-landtransportprogram/2209-stakeholder-markedsanalyse--biogass-26.-sept-2022.pdf>*
- Tiltak.no (2025): 'Eurokrav og typegodkjenning av kjøretøy. Tiltakskatalogen', *tilgjengelig via: <https://www.tiltak.no/0-overordnede-virkemidler/0-1-miljoe-lover-og-retningslinjer/0-1-9/#:~:text=Nye%20Euro%207%20vil%20bli,til%20el%2Dkj%C3%B8ret%C3%B8y%20og%20batteril%20evetid.>*
- Torvanger, A., Tvedt, J. og I.B. Hovi, I. B. (2023): 'Carbon dioxide mitigation from public procurement with environmental conditions: The case of short-sea shipping in Norway', *Maritime Transport Research*, 4, nr.100085
- Wangsnæs P., Madslien A., Hansen W., Steinsland C., Kristensen N.B., Hovi I.B., Johansen B.G., Pinchasik, D.R., Halse A.H. og (2025): Metoder, prosesser og eksempelberegninger for å analysere strategier mot en karbonnøytral transportsektor i 2050. Nye modelleringsmuligheter. TØI rapport 2119/2025.

Vedlegg

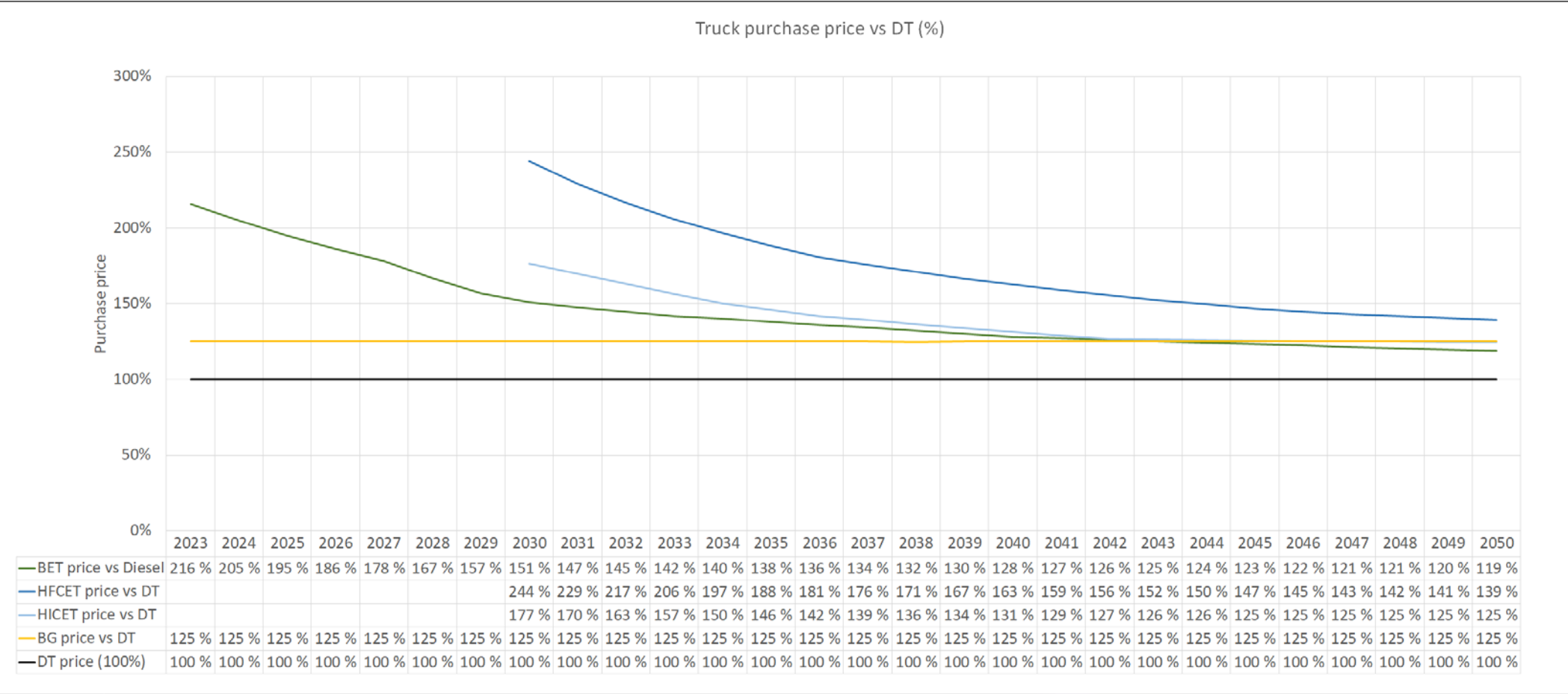
Vedlegg 1. Kart over biogassfyllestasjoner



Vedlegg 2. Kostnadsbaner lastebiler

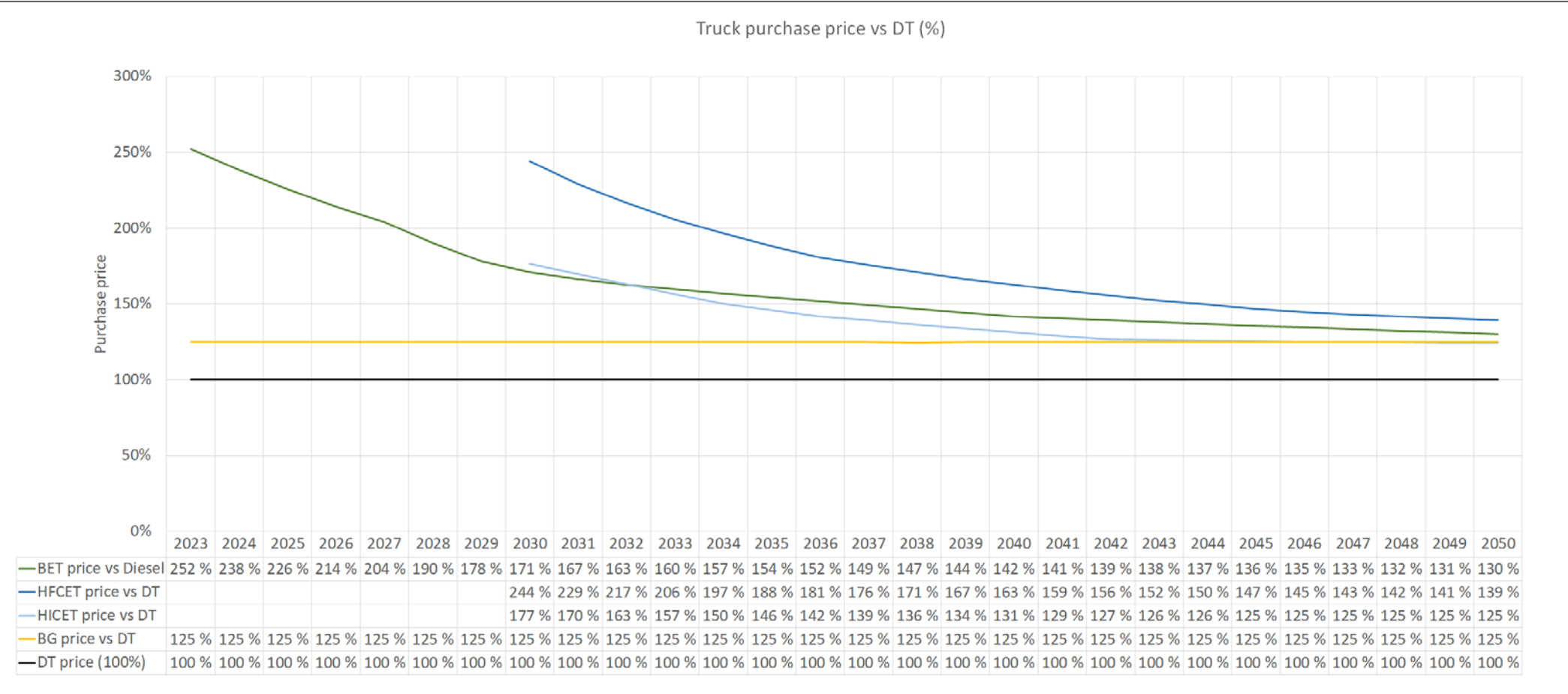


Figur V.1: Lokaltransport lastebiler 400 kWh batteri.

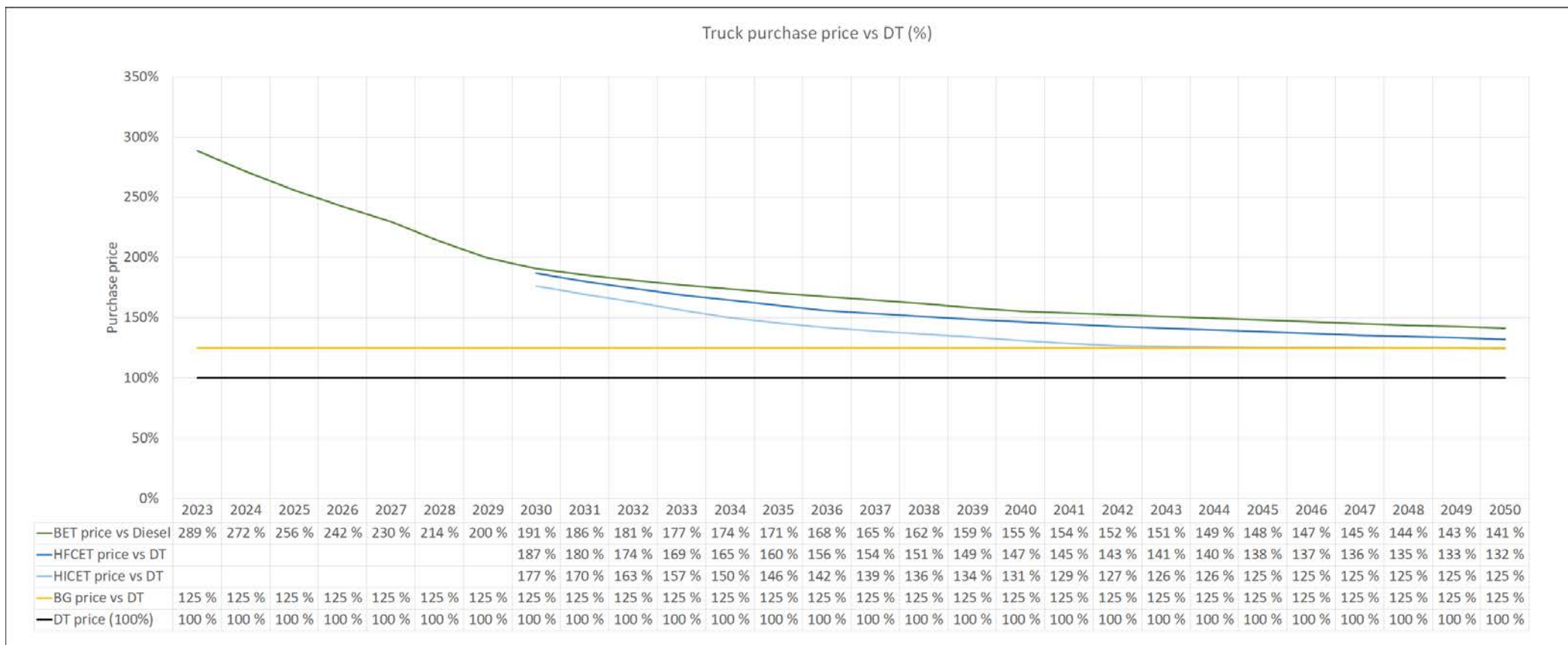


Figur V.2: Regionale lastebiler 600 kWh batteri.

Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv

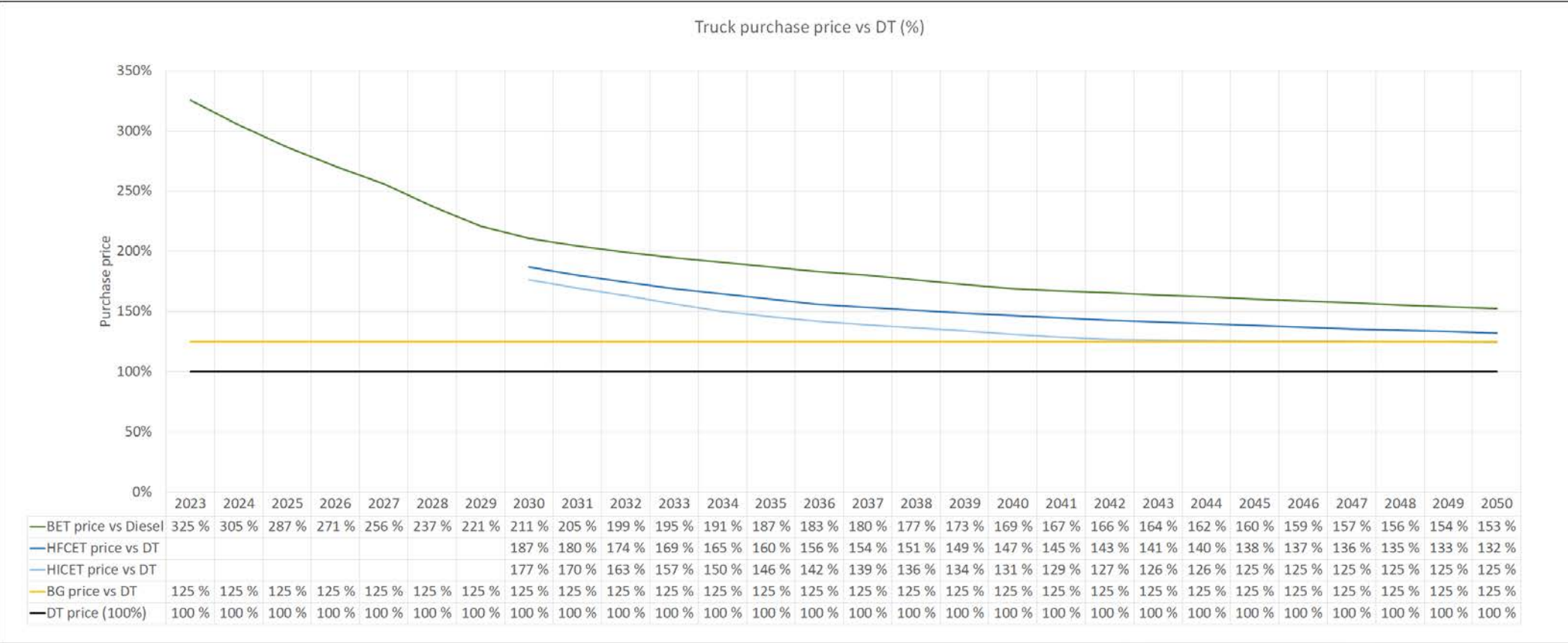


Figur V.3: Langtransport lastebiler 800 kWh batteri



Figur V.4: Langtransport lastebiler 1000 kWh batteri

Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv



Figur V.5: Langtransport lastebiler 1200 kWh batteri.

Vedlegg 3. ENOVA-støttede programmer innen maritim sektor med støttebeløp over NOK 50 mill., 2016-2024

SID	Prosjekttittel	Søker	Vedtatt støtte, (Mill. NOK)
24/18316	Kaupanes Expansion Project	KAUPANES HYDROGEN AS	206
24/18312	Hyfuel Hydrogen Plant	HYFUEL AS	180
24/6078	Feed Solaris	HALTEN BULK AS	180
22/6189	Maritimt knutepunkt - Glomfjord Hydrogen AS	GLOMFJORD HYDROGEN AS	150
24/19930	DOF Ammonia Supply Vessel	DOF GROUP ASA	149
24/19931	DOF Ammonia Supply Vessel	DOF GROUP ASA	149
22/6165	Hydrogenknutepunkt Agder	EVERFUEL GREENSTAT PRODUCTION 1 AS	148
24/18269	Slagentangen Hydrogen	SLAGENTANGEN HYDROGEN AS	144
19/16427	Ombygging av Bastø IV og Bastø IV til helektrisk drift, samt ladeinfrastruktur for lading i Moss Havn.	BASTØ FOSEN AS	137
24/18267	GreenH Bodø	GREEN H BODØ AS	129
24/6130	Napier - Det utslippsfrie prosessfartøyet	NAPIER AS	123
24/3508	Et kvantesprang i bruk av batteri som energikilde på bulkskip	BERGE REDERI FUTURE AS	120
24/18268	GreenH Kristiansund	GREENH KRISTIANSUND AS	119
24/19762	Nye Norbjørn– Grønn frakt til Svalbard	NORBJØRN AS	118
24/19923	Aurora Offshore - PSV nybygg på ammoniakk for Equinor (1/2)	AURORA OFFSHORE AS	116
24/19926	Aurora Offshore - PSV nybygg på ammoniakk for Equinor (2/2)	AURORA OFFSHORE AS	116
24/23327	Batterielektrisk kystbulkskip	NIDARØ AS	100
24/6085	Amon Gas 1	AMON GAS AS	90
24/6086	Amon Gas 2	AMON GAS AS	90
24/5815	Hydrogendrevet kystbulkskip 1 - Møre Sjø	MØRE SJØ AS	90
24/19881	Hydrogen katamaraner for cruise-turister fra Ålesund – Fartøy 1	CRUISE SERVICE AS	89
24/6038	Hydrogendrevet kystbulkskip 2 - Møre Sjø	MØRE SJØ AS	85
24/19882	Hydrogen katamaraner for cruise-turister fra Ålesund – Fartøy 2	CRUISE SERVICE AS	82
24/23354	Rana Frakt - det nye miljøskipet på kysten fra K Sætre Rederi	K SÆTRE REDERI AS	80
24/19687	MS Green Ammonia	GRIEG AMMONIA DISTRIBUTION VESSELS AS	80
23/11323	OCCS karbonfangst og -lagring fra skip	SOLVANG ASA	78
23/11324	FlexBulkers 1	VIRIDIS BULK CARRIERS AS	76
23/11325	FlexBulkers 2	VIRIDIS BULK CARRIERS AS	76

Kostnadsbaner for alternative drivlinjer i et framtidsperspektiv

SID	Prosjekttittel	Søker	Vedtatt støtte, (Mill. NOK)
24/5907	Aurora: Verdens første PCTC skip på ammoniakk (skrog 269-9)	HÖEGH AUTOLINERS SHIPPING 269-9 AS	66
24/5932	Aurora: Verdens første PCTC skip på ammoniakk (skrog 269-10)	HÖEGH AUTOLINERS SHIPPING 269-10 AS	66
24/5821	Aurora: Verdens første PCTC skip på ammoniakk (skrog 269-11)	HÖEGH AUTOLINERS SHIPPING 269-11 AS	62
24/5876	Aurora: Verdens første PCTC skip på ammoniakk (skrog 269-12)	HÖEGH AUTOLINERS SHIPPING 236-12 AS	62
24/6120	Hydrogendrevne tørrlastskip, Maris Fiducia Norway AS, skip 2 av 5	MARIS FIDUCIA NORWAY AS	60
24/6121	Hydrogendrevne tørrlastskip, Maris Fiducia Norway AS, skip 3 av 5	MARIS FIDUCIA NORWAY AS	60
24/6122	Hydrogendrevne tørrlastskip, Maris Fiducia Norway AS, skip 4 av 5	MARIS FIDUCIA NORWAY AS	60
24/6123	Hydrogendrevne tørrlastskip, Maris Fiducia Norway AS, skip 5 av 5	MARIS FIDUCIA NORWAY AS	60
24/6116	Hydrogendrevne tørrlastskip, Maris Fiducia Norway AS, skip 1 av 5	MARIS FIDUCIA NORWAY AS	60
24/3452	Hunter Offshore Wind	HG PROJECTCO 1 AS	52
24/3453	Hunter Offshore Wind 2	HG PROJECTCO 1 AS	52
18/9517	Landstrømsanlegg for cruiseskip i Bergen havn: Landstrøm til skip i norske havner (Søknad)	PLUG BERGEN AS	50
24/310	Kårstø Membran CO ₂ Removal Plant	GASSCO AS KÅRSTØ PROSESSANLEGG	50

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 arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Postboks 8600 Majorstua
0349 Oslo
Norge

Kontoradresse:

Forskningsparken
Gaustadalléen 21

E-post: toi@toi.no

Hjemmeside: www.toi.no

