

Lastebiler - hydrogen



Selv om det kun var fire lastebiler i Norge som var drevet på brenselceller i 2022, er det forventet at dette antallet vil øke i årene fremover. Flere kjøretøyprodusenter vil starte serieproduksjon rundt 2030, samt at Norge har et krav om at 50% av nye lastebiler skal være nullutslipp innen 2030. Selv om hydrogen er en komplementær teknologi til batteri elektriske kjøretøy, kan bruk av hydrogen lastebiler være egnet innen langtransporten, siden dette segmentet foreløpig er utfordrende for elektriske lastebiler. Høye innkjøpskostnader, manglende infrastruktur og mer enn dobbelt så høyt elektrisitetsforbruk som batterielektrisk er barrierer mot videre vekst i Norge. Dette segmentet vil også konkurrere mot biodiesel og biogass. Men EUs nye krav om fyllestasjoner for hydrogen hver 100 km langs hovedvegnettet innen 2028, kan redusere noen av disse barrierene.

1. Problem og formål

Transportsektoren er ansvarlig for rundt 17% av det norske klimagassutslippet (GHG), og en økende andel av utslippet stammer fra tunge kjøretøy (Fridstrøm m. fl. 2022). Norge har et mål om å redusere utslippet av klimagasser fra ikke-kvotepliktig sektor med 55% innen 2030 (Regjeringen 2022), hvordan transportsektoren planlegger å nå målet er gitt i Nasjonal transportplan for 2018-2029 (Samferdselsdepartementet 2017). Øvrige mål er at 100% av nye varebiler, 75% av nye langdistansebusser og 50% av nye lastebiler skal være nullutslipps innen 2030. I tillegg til dette skal varedistribusjonen i de større byene være nullutslipps innen 2030.

Foreløpig er det to hovedtyper av nullutslipps lastebiler som kan benyttes for å oppnå disse målene: elektriske lastebiler med batterier som lades opp via elektrisitet fra el-nettet eller lastebiler som drives av elektrisitet produsert fra en hydrogendreven brenselcelle (her: hydrogen lastebiler). De kommer til å brukes i kombinasjon med biodrivstoff (biodiesel eller biogass) og andre teknologier. Det registreres nå et ikke ubetydelig antall batterielektriske og biogassdrevne lastebiler og forventningen er at det som kan fraktes på batterielektrisk, vil

fraktes batterielektrisk, pga. lavere kostnader. Serieproduserte elektriske lastebiler for lokal eller regional varedistribusjon er allerede (eller vil snart bli) tilgjengelige fra alle de store kjøretøyprodusentene. De første elektriske lastebilene var hovedsakelig innen 16-27 tonn segmentet av lastebiler (Pinchasik m. fl. 2021), men tyngre lastebiler innen 40-44 tonn segmentet ble tilgjengelig fra 2022. Men teknologiene kan betraktes som komplementære. Generelt sett, vil bruken av batterielektriske lastebiler være begrenset av tidsbruken ved lading vs. rekkevidde (batteristørrelse) og kjøretøyvekt vs. lastekapasitet. Dette kan gi utfordringen i situasjoner der det kreves at lastebilene må ha maksimal last, noe som vil føre til redusert kjørt distanse mellom hver lading (Lof m. fl. 2020) enn hva som ville vært tilfelle for en tilsvarende diesel lastebil.

Bruk av hydrogen og biodrivstoff lastebiler kan redusere noen av barrierene de elektriske lastebilene har, blant annet fordi fyllingen skjer raskere enn lading og at rekkevidden er lengre enn elektriske lastebiler, dersom det benyttes høyt trykk eller flytende hydrogen. Hydrogen må derfor være økonomisk konkurransedyktig med biodrivstoff, om hydrogen skal få en del av den norske transport-miksen for turer med lengre avstander og/eller tung last. Men teknologien holder fortsatt på å modnes, og tilgjengelige hydrogen lastebiler på markedet er fortsatt svært begrenset. Dette er fordi kjøretøy og drivstoff/energi er dobbelt så kostbart som for batterielektrisk. I tillegg krever en større innfasing av hydrogen lastebiler et godt utbygd infrastrukturnettverk, noe som foreløpig ikke er tilgjengelig.

Se også tiltakene: [elbusser](#), [Elektriske lastebiler](#), [håndverkskjøretøy](#) og [anleggsmaskiner](#).

2. Beskrivelse av tiltaket

Hydrogen brenselcelle-lastebiler

Hydrogen brenselcelle lastebiler er helelektriske lastebiler utstyrt med hydrogen brenselcelle, hydrogenlagringstank (er) og elektrisk drivlinje som erstatter forbrenningsmotorens (ICE) drivlinje og tilhørende drivstofflagring. Et eksempel på oppbyggingen av hydrogen lastebiler er vist i figur 1, dette oppsette vil variere noe fra produsent til produsent. Som med batterielektriske kjøretøyer, brukes elektrisitet til å drive en elektrisk motor, men den produseres ved hjelp av en brenselcelle drevet av hydrogen i stedet for å trekke kraft fra et batteri alene. Men et batteri er også en integrert del av kjøretøyets design og benyttes når det er behov for ekstra kraft under akselerasjoner, utnyttelse av bremseenergi og for å jevne ut levert kraft fra brenselcellene (Scania 2020). Tilstedeværelsen av batteriet gir også muligheten til å gå på tomgang eller slå av brenselcellen ved lavt strømbehov (US DOE 2022). Kjøretøyets effekt er definert av størrelsen på motoren som mottar strøm fra batteri- og brenselcellekombinasjonen (US DOE 2022).



Merke	Modell (år)	Total vekt (t)	Brensel-celle kraft (kW, con)	Batteri lagring (kWh)	H ₂ lagring (kg, bar)	Rekkevidde (km)	Fyllings tid (min)	Motor kraft (kW, con)	Drivstoff forbruk (km/kg)
Hyundai	Xcient (2020)	36	2 x 95	3 x 24	7 x 32 (350)	400	15	350	
Hyzon	Hymax (2021/2*)	24	80	70	30 (350)	400		160	13.3

Merke	Modell (år)	Total vekt (t)	Brensel-celle kraft (kW, con)	Batteri lagring (kWh)	H ₂ lagring (kg, bar)	Rekkevidde (km)	Fyllings tid (min)	Motor kraft (kW, con)	Drivstoff forbruk (km/kg)
Quantron	Hymax (2021/2*)	46	240	140	70 (350)	680		450	9.7
	Hymax (2021/2*)	70	240	140	95 (350)	600		450	6.5
	Refuse (2021/2*)		110	55	25 (350)	200	15	240	
	Class 6 (estimated 2024)	15	100	55	40 (350)	400		320	
	FCEV 44-1000/27-1000 (2023)		2 x 120	118	54	700		400	
	FCEV 60-2000/44-2000 (2023)		2 x 120	118	116/116-122	1100/ 1500		400	
	Nikola Tre FCEV (2024**)	>30			70 (700)	800	20		
Iveco/ Nikola									
Volvo	Ca 2030	>65	2 x 150			1000	15		
Mitsubishi Fuso	Vision F-Cell (>2025)					300	10		
Mercedes Benz	GenH2 (2027)	40	2 x 150	70 (400 kW)	2 x 40***	1000		2 x 230	

Infrastruktur for fylling av hydrogen

Som ved bruk av konvensjonelle lastebiler med forbrenningsmotor (ICE), er hydrogen lastebiler avhengig av tilgang til en levedyktig infrastruktur for hydrogen. Dette vil omfatte hele verdikjeden: fra produksjon av hydrogen, levering og tilgjengelige fyllestasjoner. Denne verdikjeden er i stor grad umodent i dag.

Per i dag er det få fyllestasjoner i Norge (og i Europa). Siden utbredt innfasing av hydrogen kjøretøy krever en (tilsvarende utbredt) utrulling av infrastruktur for fylling av hydrogen, er dette et viktig fokusområde som lovgivningen nå har begynt å se på. I oktober 2022 vedtok Europaparlamentet sitt forslag til justerte minimums krav til utbygging av infrastruktur for alternative drivstoff. For hydrogen innebar forslaget opprinnelig et mål om fyllestasjoner hver 150 km langs hovedtrafikk-korridorene innen 2030 (Europaparlamentet 2022, Regjeringen 2022), men dette kravet ble strammet inn sammen med tidslinjen for gjennomføring. Den reviderte infrastrukturforordningen for alternative drivstoff (AFIR) vil derfor kreve at medlemsstatene installerer offentlig tilgjengelige drivstoffpunkter som er egnet for lette og tunge kjøretøyer hver 100 km langs kjernen i det transeuropeiske transportnettverket (TEN-T) og det øvrige TEN-T nettet innen 2028. I tillegg er det krav om minst en offentlig tilgjengelig hydrogenfyllestasjon i hver by. Disse fyllestasjonene skal ha en minimumskapasitet på 2 tonn per dag og være utstyrt med en 700 bar dispenser (**1**). Det blir også krav om at disse fyllestasjonene skal kunne benyttes av «drop-in» kunder, og at disse skal kunne betale v.h.a. kortbetaling e.l. (European Commission 2021b). For flytende hydrogen bør en tankstasjon være tilgjengelig hver 400 km. *Hvis de nye forslagene til krav blir vedtatt*, vil nasjonale krav bli basert på dette regelverket, og medlemslandene må innen 2024 redegjøre for hvordan de skal klare å nå disse målene.

1) Personbiler med brenselcelleteknologi fyller for tiden hydrogen ved et trykk på 700 bar, mens de fleste lastebiler fyller på 350 bar. I fremtiden forventes det at de fleste lastebiler vil bruke flytende hydrogen eller fylle på 700 bar, noe som gir lengre kjøretøyrekkevidde uten å øke tankkapasiteten (Norwegian Hydrogen 2022).

3. Supplerende tiltak

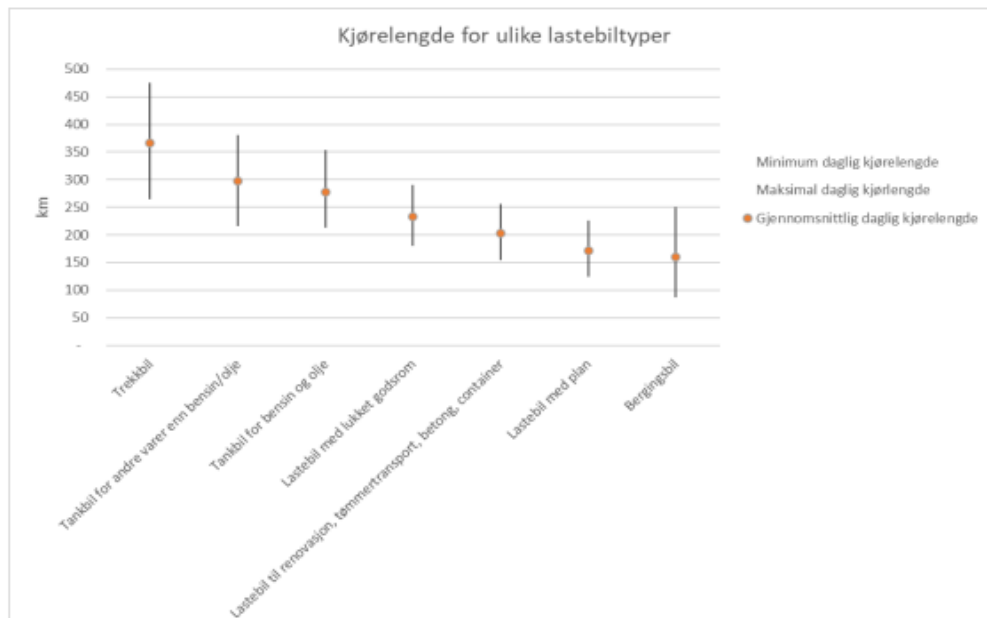
Som for elektriske lastebiler har Enova støtteordninger for innkjøp av hydrogen lastebiler, se kapittel 8. Flere bomringer gir reduserte takster for elektriske/hydrogen/biogass kjøretøy.

For å tilrettelegge for fyllestasjoner for hydrogen langs hovedvegnettet (og andre passende steder) er det viktig å sette av arealer som er egnet til dette (plassering, størrelse, sikkerhet). Dette er prosesser som kan være tidkrevende, så det er viktig å komme tidlig i gang med planleggingen.

4. Hvor tiltaket er egnet

Selv om en rekke hydrogen lastebiler forventes å bli tilgjengelige innenfor flere brukersegmenter, vil det være en kostbar og energikrevende teknologi som vil benyttes i konkurranse med biodrivstoff (i bruksområder som er utfordrende for batterier). Det er derfor forventet at hydrogen lastebiler hovedsakelig vil være egnet for langtransport. Høy nyttelast over lange avstander og uforutsigbare ruter kombinert med strenge kjøretidsregler har gjort denne sektoren utfordrende for batterielektrisk teknologi, spesielt knyttet til 3-akslede semitrailere (Pinchasik 2021, McKinsey & Company 2022, ICCT 2022, Fridstrøm m. fl. 2022).

En oversikt over kjøreavstandene til ulike segmenter av lastebiler er vist i figur 2. Om en kryssjekker kjøreavstandene i figuren med rekkevidden til tilgjengelige lastebilmodeller forventet på markedet innen 2025, viser dette at dagens bruksmønster kan dekkes, forutsatt tilgang til drivstoff på eller i nærheten av depoene. Med en utbygging av infrastruktur for hydrogen fyllestasjoner i tråd med EUs revisjoner av AFIR-forordningen, er enda lengre rekkevidde mulig. Siden fyllingstidene vist i tabell 2 (10-15 minutter) er sammenlignbare med fyllingstider for tilsvarende diesel lastebiler, er bruk av hydrogen lastebiler relativt sammenlignbart med dagens arbeidssykluser, kjøremønstre og hviletider. Batterielektrisk fremdrift er på den andre siden mer energieffektiv og er tilgjengelig til lavere kostnad per energienhet enn hydrogen (og biogass), og vil dermed sannsynligvis være det foretrukne alternativet der lading er tilgjengelig og rekkevidden oppfyller brukernes behov.



Figur 2: Gjennomsnittlig daglig

kjørelengder for ulike type lastebiler i Norge. Snitt for perioden 2010-2018. Kilde: Statens vegvesens kjøretøykontroller, Miljødirektoratet og Statens vegvesen 2022.

5. Faktisk bruk av tiltaket - Eksempler

Selv om demonstrasjonsprosjekter med hydrogen lastebiler begynte for rundt fem år siden i Europa, med for eksempel ESORO som er en 34 tonns hydrogen lastebil (ESORO 2017), skjedde den første større kommersielle bruken av hydrogen lastebiler i 2020 med levering av 10 Hyundai XCIENT hydrogen lastebiler i Sveits (leasingavtale). Det var 47 slike XCIENT-lastebiler på veien i Sveits per juli 2022 (Fuelcelltrucks 2022a). Hyzon leverte 87 hydrogen lastebiler til Europa i 2021 (Hyzon 2022b), da er leieavtaler på testkjøretøy ikke inkludert. Ytterligere leveranser forventes fra begge produsenter, med for eksempel en planlagt levering av 27 XCIENT hydrogen lastebiler til Tyskland (Hyundai 2022b) og planer om å utvide til 1600 XCIENT lastebiler i Sveits innen 2025 (Fuelcelltrucks 2022a).

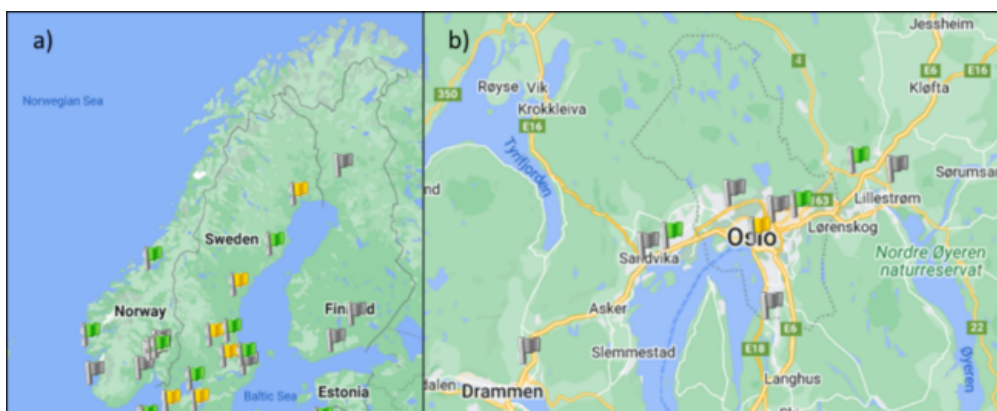
I Norge er det i dag fire hydrogen lastebiler i bruk med base i Trondheim. Disse er en del av et prøveprosjekt støttet av Enova. Kjøretøyene benyttes av ASKO og er ombygde Scania lastebiler, der forbrenningsmotoren er erstattet med en elektrisk versjon, drevet av elektrisitet fra brenselceller (tabell 2). Kjøretøyene ble tatt i bruk i januar 2020, og blir benyttet til levering av dagligvarer til blant annet NorgesGruppens butikker. Asko har nå søkt og fått støtte fra Enova til ytterligere to hydrogen lastebiler.

Tabell 2: Spesifikasjoner til hydrogen lastebiler i Norge. Kilde: Fuelcelltrucks 2022b, Asko

Merke	Modell (år)	Total vekt (t)	Brensel-celle kraft (kW, con)	Batteri lagring (kWh)	H ₂ lagring (kg, bar)	Rekkevidde (km)	Motor kraft (kW, con)
Scania/ Asko/ Hydrogenics	2020	27	90	56	33 (350)	4-500	290

Tilgjengelig infrastruktur for hydrogen i Norge er begrenset, som vist i figur 3. De fleste av dagens fyllestasjoner er ikke tilgjengelig for lastebiler. Everfuel driver to (tidligere Uno-X) hydrogenstasjoner i og rundt Oslo (Alna og Lillestrøm) og har påbegynt bygging av fyllestasjon i nærheten av Bergen. Ifølge Norsk Hydrogenforum (2022) er planen at Alna fyllestasjon skal tilpasses lastebiler i tillegg til personbiler. Hynion driver en fyllestasjon på Høvik (i Bærum) for personbiler, og planlegger å åpne en i Porsgrunn. Lenger nord driver Asko en egen hydrogenstasjon i Trondheim (Tiller) som betjener lastebiler og personbiler. De produserer også lokalt grønt hydrogen på anlegget ved hjelp av 9000 m² solceller på taket av Asko-lageret (SINTEF 2020). For Asko var det å ha en lokal kilde til hydrogen en viktig del av deres prosjekt, fyllingsstasjonen ble finansiert av Enova (Regjering 2020).

Hynion planlegger åtte stasjoner i 2022 (Hynion 2022). Everfuel/Asko har planleggingssamarbeid spesielt for tung langtransport i Norge (Energynews 2022). Det pågår også andre initiativer (Digerneset Næringspark 2022).



Figur 3: Fyllestasjoner for hydrogen, i a) Norge b) Oslo. (Grønt flagg- i drift, gult flagg- planlagte prosjekter, grått flagg- gamle prosjekter) (H2Stations.org, 2022). (Fyllestasjonen i Bergen er fortsatt under utbygging) (Everfuel 2022).

6. Miljø- og klimaeffekter

Hydrogen lastebiler er klassifisert som nullutslipp og gir ingen eksosutslipp annet enn vanddamp og varm luft, sammenlignet med ICE-kjøretøy som avgir f.eks. partikler, nitrogenoksider og flyktige organiske forbindelser. Forurensning fra kjøretøy i urbane områder bidrar til smog og dårlig luftkvalitet, som er en viktig årsak til tidlig død og sykdom og er den største miljøhelseerisikoen i Europa (EEA 2021). Bruk av hydrogen kjøretøy kan bidra til å redusere disse problemene.

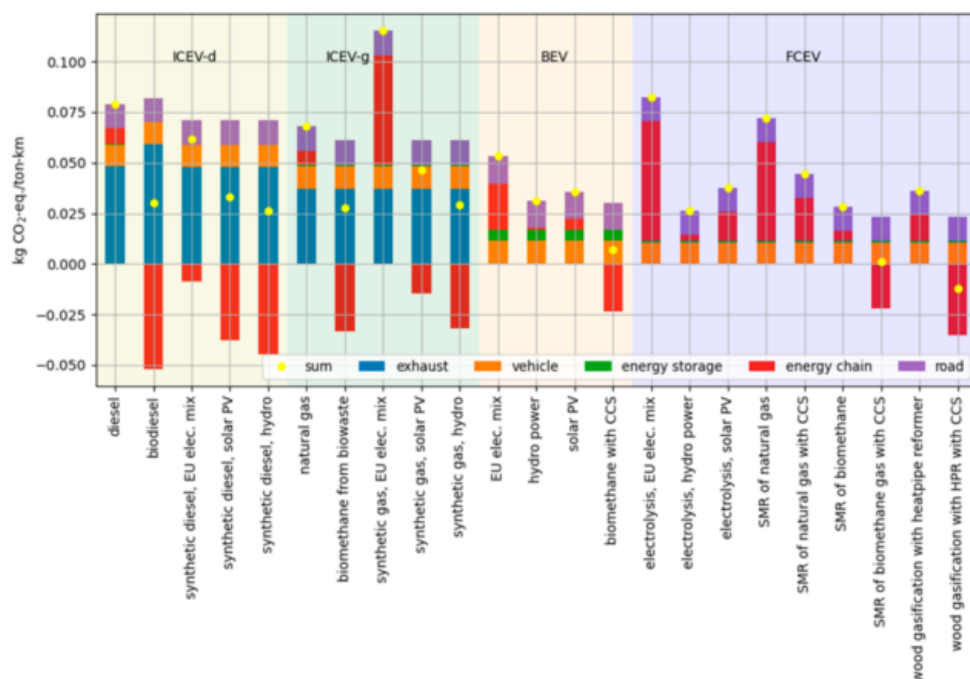
Fordi en overgang til nullutslipps energikilder innebærer byrdeforskyvning over hele verdikjeden, har det oppstått mye forskning og debatt om den samlede miljøpåvirkningen av hydrogen kjøretøy gitt at en ser på hele livsløpet. I generelle livsløpsanalyser (LCA) viser studier at hydrogen lastebiler kan tilby en reduksjon i utslippene sammenlignet med diesel lastebiler, men (som med andre anvendelser av hydrogen som drivstoff) at dette er avhengig av produksjonsmetoden for hydrogen (Sacchi m. fl. 2021, Simons og Azimov 2021).

Resultater fra en LCA-studie av Sacchi m. fl. (2021) eksemplifiserer dette. Studien viser at bruk av hydrogen lastebil med drivstoff fra elektrolyse gir en (liten) økning i utslipp av drivhusgasser per kjørte km sammenlignet med en diesel lastebil, når det benyttes en

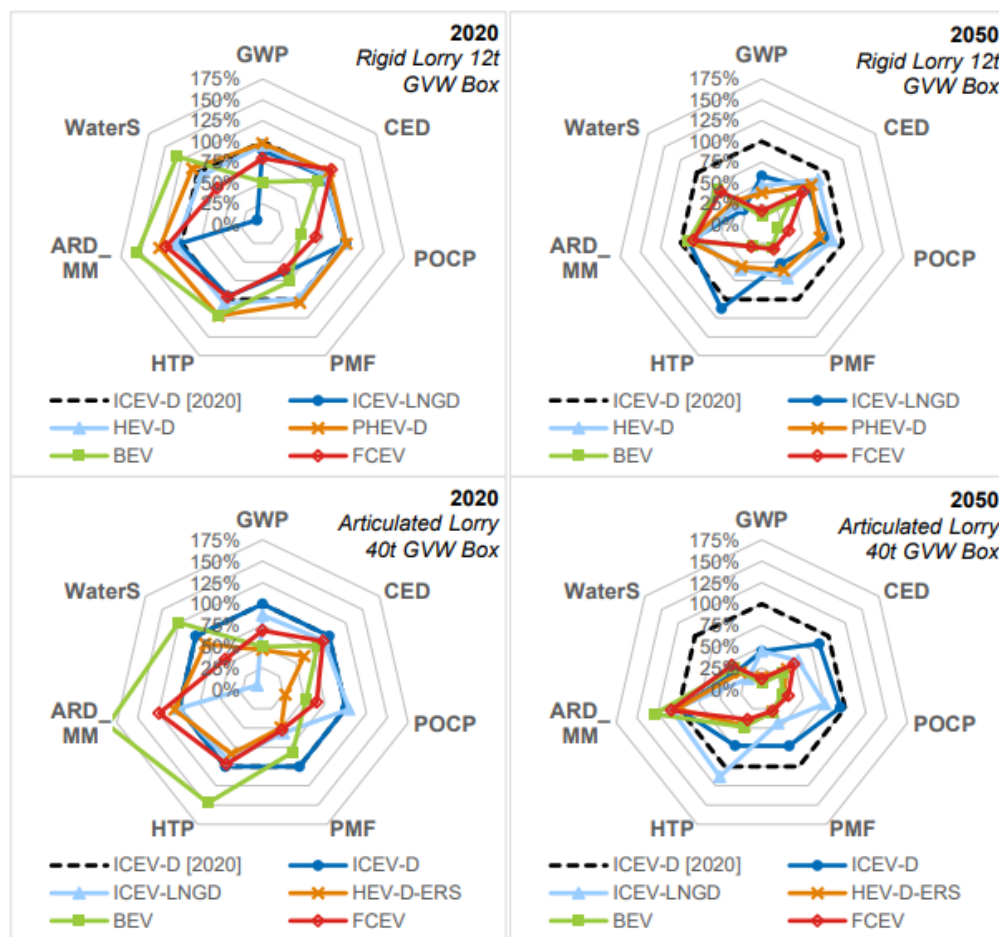
strømmiks som er karbonintensiv. Men gir en betydelig reduksjon i klimagassutslippet (eller til og med negative) i et livsløpsperspektiv, ved bruk av karbonfangst og -lagring (CCS), spesielt kombinert med bruk av biomasse. Bruk av hydrogen som stammer fra damp fra metanreformering (SMR) ga en liten reduksjon i drivhusgassene (i forhold til diesel) sett i et livsløpsperspektiv.

Simons og Azimov (2021) gir tilsvarende resultatene, selv om mulige GHG-reduksjoner ved bruk av SMR var mer signifikante. I disse LCA-studiene var karbonintensiteten til strømmiksen basert på henholdsvis strømmiksen i Europa og Storbritannia. I Norge hvor elektrisiteten kan modelleres som 100% fornybar, med 98% vannkraft og 2% vindkraft, finner LCA-studier at bruk av hydrogen kjøretøy kombinert med hydrogen produsert fra elektrolyse (og strøm fra el-nettet) kommer bedre ut enn tilsvarende dieselkjøretøy i LCA-sammenheng (Booto m. fl. 2020). Endringer i andre utslipp (enn GHG) vil variere, se figur 5.

Et sentralt spørsmål er at selv om miljøkriterier kan spille en rolle i anbud, er det per nå ingen krav eller grenser for karbonintensiteten til hydrogenet på markedet. I tillegg er det betydelige forskjeller over hele Europa når det gjelder hvilke produksjonsteknologier for hydrogen som favoriseres. I Norge fokuseres det både på grønt hydrogen produsert fra elektrolyse og (fornybar) elektrisitet, og blått hydrogen produsert fra SMR med CCS (carbon capture and storage) (Regjeringen 2020). Det er ventet at EU vil foreslå nye regler som vil gi nye krav til hva som skal til for å bli sertifisert som fornybart hydrogen i 2022/23.



Figur 4: Utslippet av klimagasser (GHG i ton per km) for en 40 tonns lastebil med ulike drivlinjer i 2050. Kilde: Sacchi m. fl. 2021.



Figur 5: Relative utslipp fra

hhv en 12 og en 40 tonns (GVW) lastebil avhengig av type drivstoff. LCA perspektiv på utslippene, i 2020 og 2050. (GWP-Global Warming Potential, CED- Commulative Energy Demand, POCP- Photochemical Ozon Creation Potential, PMF- Particulate Matter Formation, HTP- Human Toxicity Potential, ARD_MM- Abiotic Resource Depletion_Minerals and Metals, WaterS- Water Scarcity). Kilde: EC 2020.

7. Andre virkninger

Om personbiler og lastebiler/busser benytter de samme fyllestasjoner kan dette medføre utfordringer med hensyn til trafiksikkerhet og kører for å fylle hydrogen. Norge har flere bedrifter som er aktive i verdikjedene knyttet til hydrogen kjøretøy og -fyllinfrastruktur, som kan tjene på en økt hydrogenaktivitet i transportsektoren. Hydrogen kan også brukes til døgndrift av gaffeltrucker på industrilagre, slik Asko gjør i sitt anlegg i Trondheim. Det er også mulig å se for seg delt hydrogen infrastruktur mellom maritim bruk og lastebiler/busser i havner. Denne type deling av hydrogen infrastruktur kan gjøre utbyggingen av fylleanlegg mer kostnadseffektiv.

8. Kostnader for tiltaket

Totale kostnader forbundet med å eie (TCO) et kjøretøy blir vanligvis benyttet i kostnadsberegninger av kjøretøy. Når det gjelder innkjøpskostnader for hydrogenrevne lastebiler, er usikkerheten i Norge stor, siden det kun er fire spesialbygde kjøretøy i bruk. Likevel anslår Pinchasik m. fl. (2021) at kjøretøykostnadene i 2021 var 3,5-5 ganger høyere enn en tilsvarende diesellastebil (2), avhengig av lastebiltype (tabell 3). Selv om kostnadene er høye, vil Enova kunne bidra med opptil 40% av merkostnadene ved innkjøp av hydrogen

lastebiler for store virksomheter og opptil 50 % av merkostnadene for små/mellomstore virksomheter (Enova 2022). Det kan også gis støtte til deler av kostandene i forbindelse med etablering av infrastruktur.

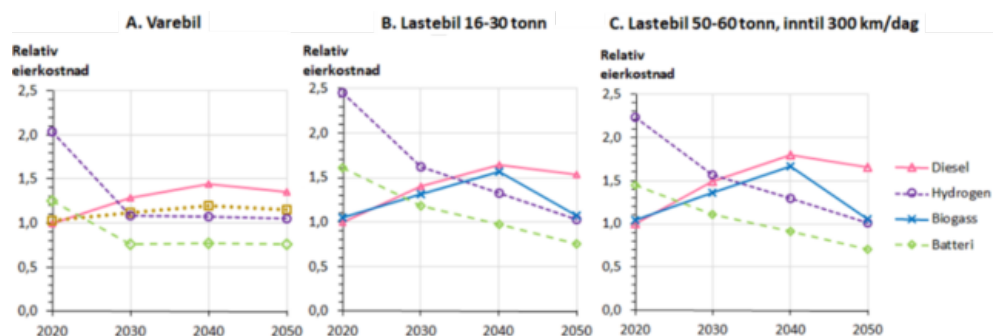
2) Tallene representerer et grovt estimat, siden det ennå finnes lite data om reelle priser, og det er derfor stor variasjon i estimater.

Tabell 3: Prisforskjell (uten subsidier) relativt til diesel for ulike fremdriftsteknologier, totalvektklasser og for lastebil og trekkvogn, for innkjøpsåret 2021. Tilhenger er ikke inkludert i kostnaden for trekkvogn. Kilde: Pinchasik m. fl. 2021.

Totalvekt i tonn	Aksler	Diesel	Komprimert gass	Flytende gass	Hybrid vanlig	Plug-in hybrid	Batteri-elektrisk	FCEV estimat
Lastebil								
<16	2	100%	120%	130%	150%	160%	325%	400%
<27	3	100%	115%	125%	145%	155%	300%	375%
>27	3	100%	110%	120%	140%	150%	275%	350%
Trekkvogn:								
<27	2	100%	120%	140%	170%	180%	375%	500%
>27	3	100%	115%	130%	150%	160%	300%	400%

TCO står ikke bare for innkjøpspris, men også vedlikehold, energibruk og andre driftskostnader. Her er det viktig å tenke på at kjøps- og brukerinsentivene for hydrogen kjøretøy er de samme som for batteridrevne kjøretøy (Regjeringen 2020). I dag er de viktigste insentivene Enova-støtten som gjelder både kjøretøy og fyllestasjoner, og et generelt fritak for bompenger. Analyser utført av Fridstrøm m. fl. (2022) basert på data fra energimodellen TIMES, indikerer at relative eierkostnader for hydrogendrevne lastebiler vil være økonomisk lønnsomme sammenlignet med tilsvarende diesel lastebiler i både 2040 og 2050 (figur 6) (3). Ifølge forfatterne er årsaken den stadig økende CO₂-avgiften på diesel, i kombinasjon med økende stordriftsfordeler i produksjonen av utslippsfrie godsbiler. Batterikjøretøyer er den mest kostnadseffektive løsningen overalt fra 2030-2050. Indikatorene tar ikke hensyn til lokale variasjon knyttet til for eksempel bompenger, avgifter eller fyllingskostnader for hydrogen. Kjøretøyenes restverdi, eller om de i det hele tatt er tilgjengelige i markedet, er heller ikke med i beregningen. Pinchasik m. fl. (2021) gir anslag på forventede TCO for det neste tiåret, se tabell 4. Verken Pinchasik m. fl. (2021) eller Fridstrøm m. fl. (2022) forventer at hydrogendrevne brenselcellelastebiler vil være et økonomisk lønnsomt alternativ før etter 2030.

3) Figuren viser ingen kostnadssammenligning for lastebiler 50-60 tonn, over 300 km/dag, siden et batterielektrisk alternativ ikke var inkludert for dette segmentet.



Figur 6. Utvikling i

eierkostnader per kjøretøykm for fire kategorier godsbiler, relativt til dieseldrevne kjøretøy i 2020. Kilde: Fridstrøm m. fl. 2022.

Tabell 4: Forventede totale kostnader ved å eie (TCO) en lastebil med tre-aksler på 27 tonn. I hhv 2020, 2025 og 2030. Kostnader sett i forhold til diesellastebil. Kilde: Pinchasik m. fl. 2021.

Type drivmiddel	2020	2025	2030
Diesel	100	100	100
FAME (avansert)	105	107	110
HVO (avansert, A)	112	115	117
Elektrisk*	134	103	91
Hydrogen*	186	148	121
Biogas, flytende (LBG)*	118	116	114
Biogas, komprimert (CBG)*	112	110	109
Hybrid	112	113	112

*Beregningene forutsetter at Enova fortsetter sin støtte på opp mot 40% av merkostnadene ved innkjøp av «nullutslippskjøretøy» frem til 2030.

9. Formelt ansvar

Det er viktig at kommunene setter av egnede arealer til fyllestasjoner. Etablering av fyllestasjoner krever blant annet at en følger kravene i plan og bygningsloven. Utbygger er ansvarlig for å sende inn de riktige søknadene. Saksbehandlingstiden kan være lang så det er viktig å starte planleggingen tidlig.

De øvrige kravene er bla avhengig av om hydrogenet blir levert til fyllestasjonen eller om planen er å produsere hydrogenet på stedet. Hvis hydrogenet skal produseres på stedet, vil dette kreve tilgang på nok elektrisk kraft, og muligens en utvidelse av kapasiteten i strømnettet.

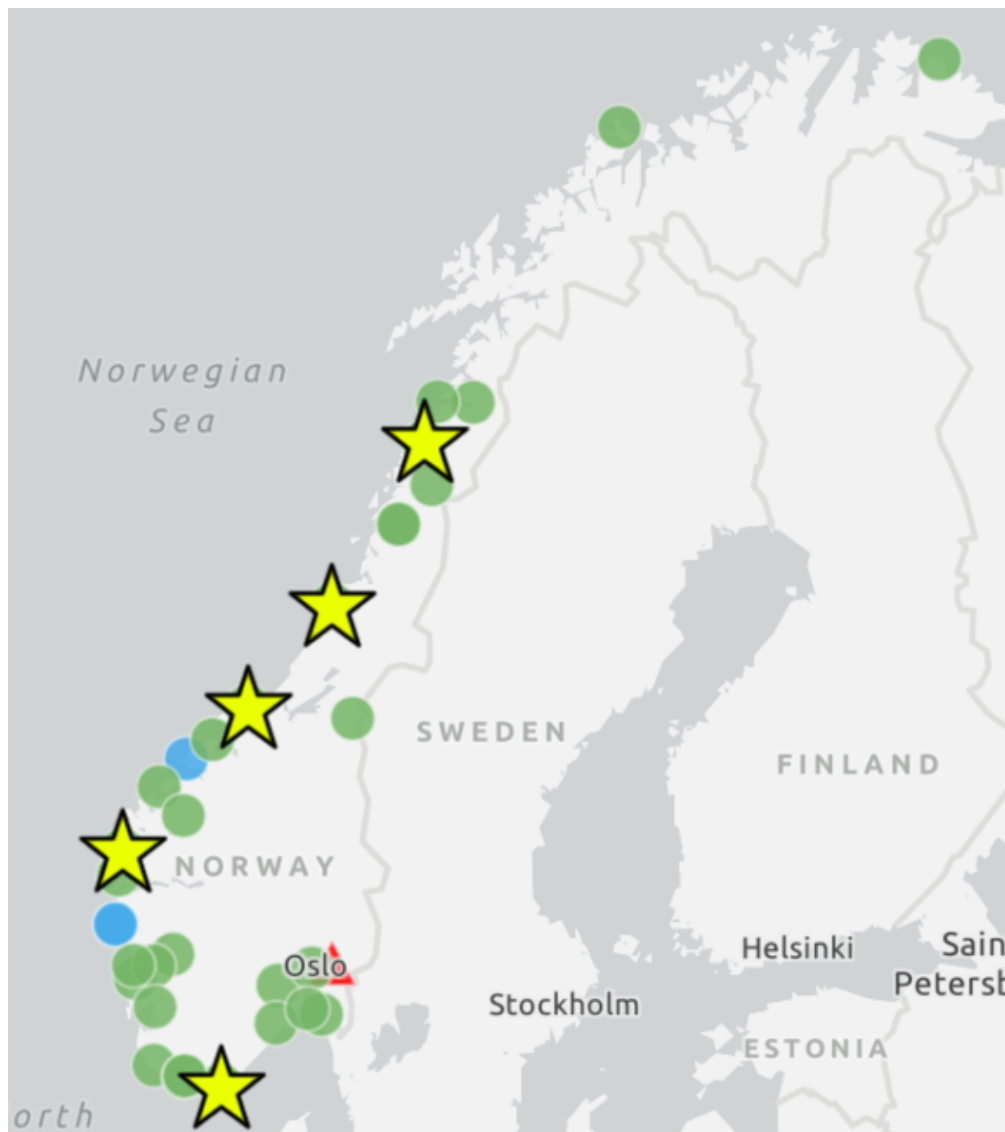
På grunn av brann og eksplosjonsfare er det krav knyttet til utforming av fyllestasjonene. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) håndterer regelverket knyttet til [Brann- og eksplosjonsvernloven](#) med tilhørende forskrifter og veiledere.

Offentlige etater kan fremme innfasingen av hydrogenkjøretøy (og elektriske kjøretøy) ved å prioritere dette i sine anbudsutlysninger. [Drivstoffmatrisen](#) for tunge kjøretøy gir forslag til hvordan miljøkriterier kan vektlegges i anbudprosesser. [Direktoratet for forvaltning og økonomistyring \(dfø\)](#) anbefaler at der miljø blir benyttet som et av tildelingskriteriene ved anbud, bør det vektlegges med minst 30%. Hydrogen gis 9,5 tildelingspoeng (10 poeng til elektrisitet). Dette er noe lavere enn for elektriske kjøretøy, noe som begrunnes med at hydrogen er mer enn dobbelt så energikrevende som batterielektrisk. Se også tiltaket [Kommunale innkjøp](#).

10. Utfordringer og muligheter

Manglende infrastruktur: En stor utfordring med bruk av hydrogenrevne lastebiler er mangelen på tilgjengelig infrastruktur og samspillet mellom tilbud og etterspørsel av hydrogen, det såkalte høna og egget-problemet (Fridstrøm m. fl. 2022). I denne situasjonen skaper den manglende tilgangen til hydrogen (og de høye kostnader ved småskalaproduksjon) en usikkerhet for kjøretøyprodusentene, noe som igjen skaper usikkerhet for hydrogenleverandører om markedsmulighetene.

Denne utfordringen kan overvinnes på flere måter. Offentlige tilskudd kan benyttes for å imøtekomme utbygging av infrastruktur i introduksjonsfasen, eller så kan utbygging av infrastruktur skje i nær tilknytning til der det skjer større investeringer i kjøretøyparken. For førstnevnte kan bruk av subsidier (og skattebetalernes penger) føre til innlåsingeffekter eller utfordringer med å sikre kvalitet vs. private profesjonelle investorer (Fridstrøm m. fl. 2022). Alternativet kan være å utvikle hydrogenknutepunkter, der produksjon og bruk skjer sammen i et bestemt geografisk område i liten eller mellomstor skala. Flere brukere (f.eks. industri- og transportsektoren) på tvers av verdikjeden deler deretter investerings- og støttebehov, noe som minimerer økonomisk risiko. Betydningen av dette fremheves i regjeringens hydrogenstrategi (2020). Enova har nylig støttet fem hydrogenknutepunkter i Norge (vist som stjerner på figur 7), primært for maritim sektor, men der noen planer også inkluderer landtransportbrukere. Figur 7 viser også nåværende steder for grønn og blå hydrogenproduksjon.



Figur 7: Infrastruktur for hydrogenbaserte drivstoffer i Norge. (Gul stjerne- planlagte nye hydrogenknutepunkt, Grønn sirkel- produksjon av grønt hydrogen, Blå sirkel- produksjon av blå hydrogen). Kilde: Ocean Hyway Cluster 2022.

Tilgang på kjøretøy og kostnader: Selv om visse typer hydrogen lastebiler for tiden kan leveres i små volumer, benyttes disse hovedsakelig i demonstrasjonsprosjekter. En stor utrulling av serieproduserte lastebiler fra de største lastebilprodusentene forventes rundt 2030. Dette fører til utfordringer med å oppfylle etterspørselsbehovene til «early adaptors», spesielt siden de tilgjengelige kjøretøymodellene ikke helt oppfyller behovene i det norske markedet.

Mangel på serieproduksjon hos de store produsentene fører også til høye innkjøpspriser for kjøretøyene. Det er estimert at kostnadene for hydrogen lastebiler er rundt 3,5-5 ganger høyere enn for tilsvarende diesellastebiler. Disse estimatene gjelder imidlertid ikke for serieproduserte kjøretøy, men for demonstrasjonskjøretøy som ofte er en ombygget diesel lastebil. Selv om Enova gir støtte til kjøp av kjøretøy, dvs at de dekker opp mot 40 % av merkostnadene ved innkjøp, er prisene fortsatt ikke konkurransedyktige. Til tross for dette, forventes det at TCO for hydrogen lastebiler vil være konkurransedyktige sammenlignet med tilsvarende diesel lastebiler fra rundt 2030. TCO omfatter som nevnt ikke kun innkjøpsprisen for kjøretøyet, men også vedlikehold, energibruk og andre driftskostnader.

Sikkerhet: Flere har vært bekymret for sikkerheten ved å bruke hydrogen som drivstoff, spesielt etter eksplosjonen på en Uno-X hydrogen fyllestasjon i Sandvika i 2019. Eksplosjonen skjedde som følge av en feilmontert plugg i en høytrykks lagringstank for hydrogen. Fylling av lastebiler kan i mange tilfeller skje på industriområder der det ofte er høy grad av oppfølging, kontroll og sikkerhet. Når det gjelder kjøretøysikkerhet, sikkerheten og påliteligheten til hydrogentanker og tilhørende høytrykkslagring, er disse blitt grundig testet for å oppnå et sikkerhetsnivå som ligner på standard CNG-motorer (Hyundai 2022c). Men om det skulle skje en ulykke f. eks. inne i en tunnel, kan konsekvensene bli alvorlige (Hansen m. fl. 2022).

Konkurrerende teknologier: Hydrogen lastebiler kan brukes til langtransport, et segment som for tiden er vanskelig å elektrifisere. Dette gitt at tilgjengelige hydrogen lastebilmodeller i Europa har en rekkevidde på opptil 680 km, mot 400 km for batterielektriske lastebiler. Men batterielektriske lastebiler med rekkevidde på rundt 500 km forventes fra 2024. Lokale forhold kan da være avgjørende for hvilke teknologier som er best egnet (m.h.p. kostnader, tidsbruk, krav til bruksmønster mm). Hydrogen må også være økonomisk konkurransedyktig med biodrivstoff.

Muligheter: Bruk av hydrogen lastebiler har potensiale for nullutslippsdrift, samtidig som at det kan ha et bruksmønster tilsvarende dagens diesel lastebiler. De største fortrinnene med hydrogen lastebiler er at tiden det tar å fylle hydrogen er sammenlignbar med tiden det tar å fylle diesel, og at rekkevidden er relativt lang (omtrent det samme som en diesel lastebil) i forhold til batterielektriske lastebiler.

11. Referanser

Booto, G. K., Espegren, K. A., and Hancke, R. (2021). Comparative life cycle assessment of heavy-duty drivetrains: A Norwegian study case. *Transportation Research Part D*, 95, 102836.

Daimler (2022). Mercedes-Benz Trucks provides outlook on hydrogen-based GenH2 Truck at IAA Transportation 2022 in Hanover [online]. Available at: <https://media.daimlertruck.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Trucks-provide-s-outlook-on-hydrogen-based-GenH2-Truck-at-IAA-Transportation-2022-in-Hanover.xhtml?oid=52032506>. Accessed 10 November 2022.

Digerneset Næringspark (2022). Etablerer unik energistasjon [online]. Available at: <https://www.digerneset.no/nyheter/etablerer-unik-energistasjon-zzgas>. Accessed 15 December 2022.

Elektrive (2022). Hyzon to deliver 18 FC trucks to Hylane [online]. Available at: <https://www.electrive.com/2022/04/11/hyzon-to-deliver-18-fc-trucks-to-hylane/>. Accessed 10 November 2022.

Energynews (2021). EVERFUEL AND ASKO PLAN COOPERATION ON HYDROGEN INFRASTRUCTURE [online]. Available at: <https://energynews.biz/everfuel-and-asko-plan-cooperation-on-h2-infrastructure/>. Accessed 14 November 2022.

Enova (2022). Utslippsfrie anleggsmaskiner og hydrogenkjøretøy [online]. Available at: <https://www.enova.no/bedrift/landtransport/utslippsfrie-anleggsmaskiner-og-hydrogenkjoretoy/>. Accessed: 2 December 2022.

ESORO (2016). The world's first fuel cell heavy goods vehicle able to fulfil Coop's logistics requirements. Available at: https://esoro.ch/wp-content/uploads/2019/12/051011607_WS_Factsheet_zu_Faltblatt_Lastwagen_207x294mm_E_RZ_161026.pdf.

European Commission (EC) (2020). Determining the environmental impact of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. Brussels, July 2020.

European Commission (2021a). European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions [online]. Accessed 14 November 2022.

European Commission (2021b). REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council . Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb134db-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1_0001.02/DOC_1&format=PDF.

Europe Environment Agency (2021). Air quality in Europe 2021.

European Parliament (2022). Car-recharging stations should be available every 60 km, say MEPs [online]. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20221014IPR43206/car-recharging-stations-should-be-available-every-60-km-say-meps>. Accessed 14 November.

Everfuel (2022). Yesterday's wind. Today's fuel [online]. Available at: <https://www.everfuel.com/>. Accessed 14 November 2022.

Fridstrøm, L., Espegren, K. A., Danebergs, J., Hovi, I. B., Madslien, A. and Rosenberg, E. (2022). Veikart for utslippsfri veitransport. TØI rapport 1880/2022.

Fuelcelltrucks (2022a). Hyundai: 1.600 H2 Xcient trucks in Switzerland [online]. Available at: <https://fuelcelltrucks.eu/project/hyundai-1-600-h2-xcient-trucks-in-switzerland/>. Accessed 14 November 2022.

Fuelcelltrucks (2022b). SCANIA: 4 hydrogen gas trucks with ASKO in Norway [online]. Available at: <https://fuelcelltrucks.eu/project/scania-four-hydrogen-gas-trucks-with-asko-in-norway/>. Accessed 10 November 2022.

Fuelcellworks (2022). The first hydrogen trucks are rolling in Europe [online]. Available at: <https://fuelcellworks.com/news/the-first-hydrogen-trucks-are-rolling-in-europe/>. Accessed 10 November 2022.

Hansen, O. R., Hansen, E. S., Kjellander, M. T., and Martini, R (2022). CFD Study to Assess Safety Aspects of TPRD Releases from Heavy-duty Hydrogen Vehicles and Trains in Tunnels.

Chemical Engineering Transactions (90), pp. 91-96.

H2Stations.org (2022). H2 Stations Map [online]. Available at: <https://www.h2stations.org/stations-map/?lat=49.139384&lng=11.190114&zoom=2>. Accessed 14 November 2022.

Hynion (2022). Our ambitions [online]. Available at: <https://www.hynion.com/ambitions>. Accessed 14 November 2022.

Hyundai (2022a). XCIENT Fuel Cell [online]. Available at: <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell>. Accessed 10 November 2022.

Hyundai (2022b). Hyundai Motor's XCIENT Fuel Cell Heavy-Duty Trucks to Hit German Roads [online]. Available at: <https://www.hyundai.com/worldwide/en/company/newsroom/-0000016873>. Accessed 14 November 2022.

Hyundai (2022c). What Makes Fuel Cell Electric Vehicles Safe? [online]. Available at: <https://tech.hyundaimotorgroup.com/article/what-makes-the-fuel-cell-electric-vehicle-safe/>. Accessed 15 December 2022.

Hyzon (2022). Vehicles [online]. Available at: <https://www.hyzonmotors.com/vehicles>. Accessed 10 November 2022.

Hyzon (2022b). HYZON MOTORS PROVIDES UPDATE ON 2021 DELIVERIES AND FINANCIAL EXPECTATIONS [online]. Available at: <https://www.hyzonmotors.com/in-the-news/hyzon-motors-provides-update-on-2021-deliveries-and-financial-expectations>. Accessed 14 November 2022.

ICCT (2022). A meta-study of purchase costs for zero-emission trucks. WORKING PAPER 2022-09. Available at: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/purchase-cost-ze-trucks-feb22-1.pdf>

Lof, J., MacKinnon, C., Martin, G. and Layzell, D.B. (2020). Survey of heavy-duty hydrogen fuel cell electric vehicles and their fit for service in Canada. Transition Accelerator Reports, Volume 2, Issue 1, pp 1-74. Report available at: <https://transitionaccelerator.ca/wp-content/uploads/2020/07/HFCE-vehicles-scenario-r2-1.pdf>.

McKinsey & Company (2022). Unlocking hydrogen's power for long-haul freight transport [online]. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/global-infrastructure-initiative/voices/unlocking-hydrogens-power-for-long-haul-freight-transport>. Accessed 1 December 2022.

Mitsubishi Fuso (2020). Mitsubishi Fuso to begin series production of fuel-cell trucks by late 2020s [online]. Available at: <https://www.mitsubishi-fuso.com/en/news/2020/03/26/mitsubishi-fuso-to-begin-series-product>

[ion-of-fuel-cell-trucks-by-late-2020s/](#). Accessed 8 November 2022.

Nikola (2022). IAA 2022: Nikola and IVECO Begin Taking Orders on the European Nikola Tre BEV Heavy-Duty Truck with Best-in-Class Range [online]. Available at: https://nikolamotor.com/press_releases/iaa-2022-nikola-and-iveco-begin-taking-orders-on-the-european-nikola-tre-bev-heavy-duty-truck-with-best-in-class-range-198. Accessed 10 November 2022. Accessed 15 December 2022.

Norsk Hydrogenforum (2022). Her finner du hydrogenstasjonene i Norge [online]. Available at: <https://www.hydrogen.no/faktabank/hydrogenstasjoner>. Accessed 15 December 2022.

Ocean Hyway Cluster (2022). Infrastructure of hydrogen-based fuels in Norway [online]. Available at: <https://www.oceanhywaycluster.no/members-area-hydrogen-map-of-norway>. Accessed 2 December 2022.

Pinchasik, D. R., Figenbaum, E., Hovi, I. B. og Amundsen A. H. (2021). Grønn lastebiltransport? Teknologistatus, kostnader og brukererfaringer. TØI rapport 1855/2021.

Quantron (2022). QHM FCEV: New standards in heavy long-distance transport [online]. Available at: <https://www.quantron.net/en/q-truck/q-heavy/qhm-fcev/>. Accessed 1 December 2022.

Regjeringen (2020). The Norwegian Government's hydrogen strategy – towards a low emission society. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regjeringens-hydrogenstrategi—pa-vei-mot-lavutslippssamfunnet/id2704860/>

Regjeringen (2021). Revisjon AFI-direktivet – Foreløpig posisjonsnotat [online]. Accessed 14 November 2022.

Regjeringen (2022). Nytt norsk klimamål på minst 55 prosent [online]. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-norsk-klimamal-pa-minst-55-prosent/id2944876/>. Accessed 20 March 2023.

Sacchi, R., Bauer, C., and Cox, B. L. (2021). Does Size Matter? The Influence of Size, Load Factor, Range Autonomy, and Application Type on the Life Cycle Assessment of Current and Future Medium- and Heavy-Duty Vehicles. Environmental Science & Technology. 55(8), pp. 5224-5235.

Scania (2020). How does a hydrogen fuel cell truck work? [online]. Available at: <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2020/how-does-a-hydrogen-fuel-cell-electric-truck-work.html>. Accessed 10 November 2022.

Simons, S. and Azimov, U. (2021). Comparative Life Cycle Assessment of Propulsion Systems for Heavy-Duty Transport Applications. Energies, 14, 3079.

SINTEF (2020). This hydrogen lorry is powered by sunshine - from the north [online]. Available at: <https://www.sintef.no/en/latest-news/2020/this-hydrogen-lorry-is-powered-by-sunshine-from-t>

[he-north/](#). Accessed 14 November 2022.

U.S Department of Energy (2022). How Do Fuel Cell Electric Vehicles Work Using Hydrogen? [Online]. Available at: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work>. Accessed 29 November 2022.

Volvo (2022). Volvo Trucks showcases new zero-emissions truck [online]. Available at [Volvo Trucks has started tests of fuel cell electric trucks.](#). Accessed 10 November 2022.