

A27859 - Åpen

Rapport

Faktagrunnlag til Akershus Fylkeskommunes hydrogenstrategi

Forfatter(e)
Federico Zenith

SINTEF IKT

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

www.sintef.no

Foretaksregister: NO 948 007 029 MVA

EMNEORD:

Hydrogen
Transport
Infrastruktur
Industri
Flåter

Rapport

Faktagrunnlag til Akershus Fylkeskommunes hydrogenstrategi

VERSJON
1.2

DATO
30. september 2016

FORFATTER(E)
Federico Zenith

OPPDRAGSGIVER(E)
Akershus Fylkeskommune

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Øystein Lunde

PROSJEKT
102014275

ANTALL SIDER OG VEDLEGG
14

SAMMENDRAG

På oppdrag av Akershus Fylkeskommune har SINTEF utarbeidet dette faktagrunnlaget til Akershus Fylkeskommunes hydrogenstrategi. Denne rapporten omtaler status og forventet utvikling for hydrogenteknologien, både hydrogenforbrukere og forsyningsinfrastruktur, samt anbefalinger til Akershus Fylkeskommune for dens videre hydrogensatsing.

Flere hydrogenteknologier er i dag kommersielt tilgjengelige, nemlig flere privatbiler, bagasjehåndterings- og gaffeltrucker, busser, persontog og ubåter. Utviklingen fremover forventes å fokusere på større applikasjoner som lastebiler, ferger, skip og godstog.

Infrastrukturen som er nødvendig for at privatbilister skal velge å kjøpe hydrogenbil er stor og omfattende, og det er derfor viktig at det utvikles på en økonomisk bærekraftig måte; dette kan gjerne skje ved at hydrogenstasjoner kobles til industrielle brukere som kan benytte hydrogenet i en flåte kjøretøy, mens stasjonene beholdes åpne til eksterne brukere.

Det anbefales å satse i første omgang på drosjer, logistikk og busser, da alle ledd i teknologien er kommersielt tilgjengelig; ettersom teknologien rulles ut til markedet, kan lastebiler, ferger, skip, og andre industrielle applikasjoner komme i fokus. Privateide hydrogenbiler vil etablere seg først når et stort nettverk av hydrogenstasjoner vil ha utviklet seg, og vil derfor etablere seg senere enn andre hydrogenteknologier.

RAPPORTNUMMER
A27859

ISBN
978-82-14-06135-2

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

UTARBEIDET AV
Federico Zenith

KONTROLLERT AV
Magnus Thomassen

GODKJENT AV
Sture Holmstrøm

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2016.09.23	Første kladdversjon
0.2	2016.09.27	1. iterasjon etter kvalitetssikring
0.3	2016.09.28	2. iterasjon etter kvalitetssikring
1.0	2016.09.29	Versjon etter diskusjon med Øystein Lunde (AFK)
1.1	2016.09.30	Konvertert fra notat til rapport
1.2	2016.09.30	Finpussing og observasjoner fra Stig Hvoslef (AFK)

Innhold

1	Hydrogenforbrukere	4
1.1	Status	4
1.1.1	Personbiler	4
1.1.2	Busser	5
1.1.3	Industrielle kjøretøy	5
1.1.4	Trikk og tog	6
1.2	Fremtiden	6
1.2.1	Privatbiler	6
1.2.2	Drosjer	7
1.2.3	Busser	7
1.2.4	Vare- og lastebiler	7
1.2.5	Industri	8
1.2.6	Maritim	9
2	Infrastruktur	9
2.1	Status	9
2.1.1	Teknologi	9
2.1.2	Fyllestasjoner i Norge	9
2.1.3	Fyllestasjoner i Europa	10
2.1.4	Fyllestasjoner i USA	10
2.1.5	Fyllestasjoner i Japan	10
2.1.6	Fyllestasjoner i Sør-Korea	10
2.1.7	Kommersielle aktører	11
2.2	Fremtiden	11
2.2.1	Nær fremtid	11
2.2.2	Om 5–10 år	12
2.2.3	Privatbiler	12
2.2.4	Støtte til utvikling av nye kjøretøy	12
3	Anbefalinger	12
	Referanser	13

1 Hydrogenforbrukere

1.1 Status

1.1.1 Personbiler

Personbilsegmentet består i dag av få serieproduserte modeller og flere konseptbiler og prototyper.



Figur 1: Serieproduserte hydrogenbiler: Hyundai ix35, Toyota Mirai og Honda Clarity.

Serieproduserte modeller **Hyundai ix35** har lenge hatt en foregangsrolle, med flere prototyper og serieproduserte modeller; det er planlagt å produsere 1000 enheter innen utgangen av 2017 av denne modellen.

Toyota Mirai er den første masseproduserte hydrogenbilen, og salgstallene har fram til nå overskredet forventningene; bilen er tilgjengelig i Norge og flere andre europeiske land slik som Storbritannia, Tyskland og Danmark. Det er usikkert hvor mange av disse bilene som vil bli levert til Norge da etterspørselen fra de andre markedene er høy. Etterspørselen er så stor at Toyota regner med å firedoble produksjonen i 2017, opptil 3000 enheter, og komme opp til 30 000 biler i 2020 [1].

Honda FCX Clarity har kommet til sin 2. generasjon og er blitt den tredje masseproduserte hydrogenbilen som er tilgjengelig på det japanske markedet; den lanseres i USA i slutten av 2016. Det er uklart når den kommer til Norge.

De fleste serieproduserte hydrogenbiler er egentlig ment som en utvidet “beta-test” av teknologien, og selges til subsidiert pris; leverandørene produserer dem i begrenset antall, og prioriterer gjerne andre markeder enn Norge, spesielt hjemmemarkedene Japan og Korea, samt USA og Tyskland. Det er viktig for bilprodusentene at det finnes en god infrastruktur for fylling av hydrogen, eller i det minste gode strategier for utbygging, i markedene der de introduserer disse bilene. Det vil derfor i overskuelig framtid være et begrenset antall biler tilgjengelige for salg i det norske markedet og en massiv introduksjon av disse bilene på norske veier vil ikke kunne skje med det første.

Utvikling i batteribiler Siden 2013 har det vært en voldsom utvikling i batteribilmarkedet i Norge, med elbiler som har blitt stadig mer populære og med flere merker som har kommersialisert sine elbilmodeller; salget av batteribiler har likevel vist tegn på å flate ut siden 2015 [2]. Batteribilen som konkurrerer mest direkte mot hydrogenbiler er Tesla Model S (og mer nylig Model X), og det er annonsert andre batteribiler i samme segment, som f.eks. Opel Ampera. Selv om disse er gjerne dyrere og har noe kortere rekkevidde enn Toyota Mirai, og at de færreste modeller er utstyrt med tilhengerfeste [3], er ladestasjoner tilgjengelig over hele landet og folk flest har mulighet til å lade hjemme.

Batteribilmarkedet har altså utvidet seg til et segment som tidligere var tiltenkt hydrogenbiler, nemlig nullutslippspersonbiler med middels rekkevidde; selv om det er tvilsomt at rekkevidden kan økes ytterligere uten større kvantesprang i batteriteknologi, er det unektelig at privatbilmarkedet er blitt mer utfordrende for hydrogenbiler.

Det er viktig å bemerke at batteribiler ikke ennå er tilfredsstillende for profesjonell, kontinuerlig bruk, f.eks. i drosjebransjen, da rekkevidden er fortsatt for lav og ladetiden for lang for slike brukere.

1.1.2 Busser

De fleste brenselcellebusser utvikles i få eksemplarer, gjerne i forbindelse med demo-prosjekter i rammen til EU; Ruters hydrogenbusser ble for eksempel utviklet for CHIC-prosjektet. Brenselcellebusser har hatt noe dårlig rykte på seg på grunn av påliteligheten, ikke som følge av hydrogen eller brenselcellene, men på grunn av dårlige styringssystemer og mangel på kvalifisert servicepersonell [4]; tilgjengelighet helt nede i 70 % er blitt målt, som er uakseptabel i kommersiell sammenheng [5]. Disse problemene forventes å reduseres betydelig i neste generasjons busser.

Hydrogenbusser er et prioritert satsingsområde for EU, som gjennom sin Joint Undertaking **FCH2 JU** har studert mulighetene til kommersialisering av slike busser [6].

Belgiske **Van Hool** har lang erfaring med hydrogenbusser (de leverte bl.a. Oslo sine) og skal snart levere nye til London i EUs 3Emotion-prosjekt [7]. Et annet selskap med lang erfaring er **Daimler** med sine Citaro-busser, helt siden 2001 med CUTE-prosjektet [8]. Prototyper er også blitt demonstrert av polske **Solaris** [9].

Europa er ledende innen hydrogenbusser, da Øst-Asia har fokusert mest på personbiler.



Figur 2: Hydrogenbuss i Aberdeen, UK.

1.1.3 Industrielle kjøretøy

Hydrogendrevne **gaffeltrucker** er en kommersiell realitet i USA, der bl.a. Walmart har bestilt nesten to tusen til sine varehus allerede i 2014—etter at subsidier for hydrogengaffeltrucker i USA tok slutt [10]. Lignende utrullinger har foregått på amerikanske fabrikker til BMW, Cisco og Daimler. Walmarts leverandør er **Plug Power**, mens i Europa har tyske **Kion** (tidligere Still) aktivitet på hydrogengaffeltrucker.

Hydrogendrevne gaffeltrucker krever ikke dedikerte arealkrevende batterirom der halvparten av batteriene lades opp men de andre er i bruk, og yter full kraft gjennom hele skiftet og ved lave temperaturer. Da de krever en egen hydrogenstasjon, kun større flåter (over 10 stykker) som brukes over flere skift er økonomisk fordelaktige mot gaffeltrucker som kjører på batterier.

Tyske **Mulag** leverer kjøretøy til **bagasjehåndtering** på flyplasser allerede i dag; de kan operere både innendørs, som en batteridrevet traktor, og utendørs over lengre avstander som en dieseldrevet traktor [11].



Figur 3: Hydrogengaffeltruck fra Still (i dag Kion) og bagasjehåndteringstraktor Comet 3 FC fra Mulag.

1.1.4 Trikk og tog

Alstom har nylig mottatt bestilling for 60 hydrogendrevne persontog for bruk på elektrifiserte strekninger i Tysklands jernbanelnett [12]. Hydrogentoget baserer seg på Alstoms Coradia iLint plattform, kan kjøre i hastigheter opp til 140 km/t med en rekkevidde på 600–800 km og plass til opp til 300 passasjerer. Det første toget vil være i drift i 2018 [13]. Selv om jernbanenettet i Akershus allerede er elektrifisert, kan beslektede løsninger for trikk være aktuelle: Kina er i dette område et foregangsland [14, 15]. Hydrogentrikk behøver ikke kontaktledning, som ofte er uønsket i bysentra av visuelle hensyn og som krever kontinuerlig vedlikehold.



Figur 4: Alstoms hydrogentog.

1.2 Fremtiden

1.2.1 Privatbiler

Konseptbiler, prototyper og planer for nye modeller Masseproduserte hydrogenbiler er per i dag utelukkende fra Øst-Asia; europeiske bilmerker er likevel aktive på forskning- og utviklingsfronten, og flere har konkrete planer for serieproduksjon av egne modeller.

Daimler har erklært de vil gi ut en hydrogendrevet plug-in hybrid, GLC F-CELL, som vil komme i produksjon i 2017: i tillegg til hydrogen, vil bilen kunne kjøre på et 9 kWh-batteri (omtrent 50 km i rekkevidde) [16]: dette kunne lette innfasingen av hydrogenbiler, i og med tilgang til hydrogen blir mindre kritisk.

Volkswagen har nylig overført all hydrogenaktivitet til datterselskapet **Audi** [17], som har produsert konseptbiler som Q6 H-tron; Audi har ikke fastsatt en dato for å slippe H-tron til markedet, men hentyder at det skal komme omtrent i 2020 [18]. Audi annonserte nylig at de øker samarbeidet med Ballard Power for å akselerere utviklingen av brenselcelleteknologien [19].

BMW har lenge arbeidet på sine prototyper, som ble vist fram på siste World Hydrogen Energy Conference i Zaragoza; de har likevel ingen umiddelbare planer for kommersialisering, men signaliserer at de vil ha biler på markedet en gang etter 2020, og arbeider med en spesiell hydrogenlagringsteknologi utviklet i samarbeid med Linde, nemlig kryokomprimert hydrogen [20]. Teknologien kan oppnå samme hydrogentetthet som flytende hydrogen, men er kun delvis kompatibel med fyllestasjoner med komprimert hydrogen, som er de vanligste: de kan nemlig fylle komprimert hydrogen, men kun opptil 350 bar.



Figur 5: Forskjellige stadier i utviklingen: Daimlers GLC-FCELL som skal slippes ut i 2017, Audis Q6 H-tron quattro konseptbil, og BMWs prototyper.

Nissan har satsset på høytemperatursbrenselceller som kan bruke biobrensel istedenfor hydrogen; de er nå i gang med demonstrasjon i Brasil, der de bruker etanol som brensel, og sikter mot 2020 for serieproduksjon [21]; de har likevel ikke forlatt de mer vanlige lavtemperatursbrenselceller, og vil utvikle dem sammen med **Renault, Daimler og Ford**, som Nissan har underskrevet en avtale om partnerskap for å bringe hydrogenbiler til markedet siden 2013 med.

Hyundai har annonsert en ny utgave av sin hydrogenbil ix35 i løpet av 2018.

General Motors/Opel sikter også mot kommersialisering i 2020, men har ikke noen offentlig nyere prototype eller konseptbil.

Utvikling i markedet Flere modeller hydrogenbiler forventes å komme på markedet innen 2020, men den rivende utviklingen i batteribiler gjør dem til en sterk og etablert konkurrent til hydrogenbiler i privatbilmarkedet. Markedssegmentene hvor hydrogenbiler har best sjanse for gjennomslag er større biler (f.eks. familiebil), bilister som bor i avsidesliggende strøk som har regelmessig behov for kjøring utover batteribilenes rekkevidde, og bilister med få lademuligheter.

For at privatbilister skal foretrekke hydrogen framfor batteri er det utslagsgivende at de får utnyttet den lengre rekkevidden, og dette krever en utrulling av hydrogenstasjoner i større deler av Norge (og gjerne Sverige og Europa); uten fyllestasjoner utenfor Akershus grenser, vil de i praksis være begrenset til halvparten av rekkevidden, da de vil måtte snu for å kjøre tilbake og fylle hydrogen.

Utviklingen av privatmarkedet for hydrogenbiler bestemmes derfor, for en betydelig del, av faktorer som ligger utenfor Akershus Fylkeskommunes kontroll; det vil være viktig å koordinere hydrogeninitiativer med andre fylker og land.

1.2.2 Drosjer

Drosjer har krav om lang rekkevidde og kort fyllingstid som er vanskelig å imøtekomme for batteribiler; de har dessuten forutsigbart forbruk, og kan forsynes av de eksisterende fyllestasjonene i Oslo og Akershus. De eneste hydrogendrevne kjøretøyene som er masseprodusert i dag er nettopp personbiler i en størrelse som egner seg godt som drosjer.

Det er derfor et veldig godt startpunkt for utrulling av hydrogenteknologi i Akershus fylkeskommune å involvere drosjeselskaper og insentivere dem til å ta i bruk hydrogenbiler i deres virksomhet.

1.2.3 Busser

Daimler har annonsert at de skal lansere en ny versjon av deres Citaro F-CELL sent i 2018, som vil utformes som en modifisert versjon av batteridrevne Citaro E-CELL [22]. Nederlandske **VDL** arbeider med en ny konsept der en batteribuss integrerer en "hydrogentralle", som ser ut som en 2 meter lang forlengelse av bussen og som kan byttes ut. Dette gir fleksibilitet fordi at operatøren kan utstyre enkelte batteribusser med hydrogentralle for å gi dem større rekkevidde, robusthet fordi hydrogentralen kan byttes i tilfelle det oppstår en feil, og pålitelighet fordi om det oppstår en feil i hydrogentralen, kan bussen likevel komme tilbake til verkstedet på batteriet [23].

Ruter benytter allerede i dag hydrogenbusser operert av Unibuss, men deres fokus er biobrensler og batteribusser [24]. Det er ennå ikke kjent om denne strategien vil påvirkes av *dieselgate*-skandalen og den påfølgende skepsisen mot dieselmotorer som har preget den miljøpolitiske klimaet siden; Oslo har allerede vedtatt dieselforbud på dager med høy forurensning for privatbiler, og dette vil kunne i fremtiden ramme også biodiesel-busser.

Ruter har tidligere erfart problemer med påliteligheten av hydrogenbussene i CHIC-prosjektet [5], og de mener kostnadsnivået er for høyt. Det er likevel rask utvikling på begge fronter, spesielt i foregangskommuner som **Aberdeen** i Skottland [25], som vil snart forhåpentligvis kunne vise til bedre tall.

Fleksibiliteten til hydrogenbusser er også et viktig argument i forhold til underveislading av batteribusser med lite batteri, som krever betydelig og ufleksibel infrastruktur utenfor bussanlegg.

Den forventede utviklingen i etterspørselen og utrulling av hydrogenbusser i Europa ble grundig analysert i en rapport laget på vegne av EU [6].

1.2.4 Vare- og lastebiler

Som for drosjer, kan varebiler være et godt foregangsmarked for hydrogenkjøretøy. Det er ikke ennå utviklet kommersielle hydrogendrevne varebiler, men franske **SymbioFC** har laget en prototype av en modifisert Renault Kangoo [26]. Hyundai har nettopp lansert en vare-konseptbil (H350 Fuel Cell Concept) som har en rekkevidde på over 400 km og en lastekapasitet på 12 m³ [27]. Det er ingen større hindringer for at teknologien skal kunne overføres fra personbiler til varebiler.

Likevel kan konkurransen fra batteribiler være betydelig i denne sektoren, spesielt for varebiler som ikke brukes kontinuerlig. Varebiler til f.eks. en elektriker eller rørlegger kan tilfredsstille sine brukeres krav med

batterier, mens en virksomhet som krever kontinuerlig kjøring (f.eks. Posten) kunne dra bedre nytte av hydrogen. Franske La Poste har for eksempel allerede tatt i bruk hydrogenkjøretøy [28].

Norgesgruppens engrosvirksomhet, **ASKO**, har vist stor interesse for miljøvennlige teknologier generelt i lang tid, og spesielt for hydrogen de siste årene. De ønsker å ta i bruk hydrogenrevne distribusjonsbiler for sin virksomhet [29], og har startet utviklingsprosjekt sammen med **Scania** [30]. Selv om det kommer til å ta flere år før slike tyngre lastebiler er kommersielt tilgjengelige, har disse et veldig stort potensiale til å redusere utslipp, siden hver distribusjonsbil forbruker store mengder diesel og er i drift hele arbeidsdagen; de er dessuten nødt til å kjøre nær bebodde områder, da de kjører hovedsakelig til butikker og kjøpesentra. Som drosjer og busser, er distribusjonsbiler organisert som en flåte, gjerne med et sentralt lager kjøretøyene starter fra og kommer tilbake til etter en regelmessig timeplan. Dette gjør det mulig å bygge en passe dimensjonert hydrogenfyllstasjon for flåten og oppnå en høy utnyttelsesgrad.

Steket fra distribusjonsbiler til lastebiler er lite, og Scania vil kunne tilby hydrogenrevne lastebiler til markedet om noen år; en annen leverandør som har vekket oppsikt i markedet er amerikanske **Nikola**, som sikter mot å slippe en langdistanse hydrogenlastebil til markedet allerede i år [31]. Slike lastebiler vil kunne brukes på langdistanseskjøring forutsatt at noen få hydrogenstasjoner er tilgjengelig ved de viktigste knutepunkter i landet. En risiko i dette scenariet er at lastebilenes eiere vil gjerne kunne kjøre dem i utlandet. Hvis det ikke utvikles et egnet hydrogenstasjonsnett i nabolandene, vil verdien av slike lastebiler være begrenset; insentiver for utrulling av hydrogenlastebiler kunne være et egnet middel.



Figur 6: Nikola One (CGI-bilde).

1.2.5 Industri

Kjøretøyflåter som kan benytte hydrogen finnes også i industrien, som for eksempel på større byggeplasser, industripark, kommunenes renovasjonskjøretøy, og selvfølgelig gaffeltrucker.

Av disse er kun **gaffeltrucker** kommersielt tilgjengelige; opptak av hydrogen gaffeltrucker bør styrkes ved informasjonskampanjer rettet mot industrien. Hydrogen gaffeltrucker har allerede vist at de er kommersielt konkurransedyktige, og en insentivordning kan da anses som overflødig.

Det finnes per i dag ingen andre hydrogenrevne industrielle kjøretøy (dumper, hjullastere, osv.), selv om SINTEF har merket at det er stort potensiale for disse, samt interesse i industrien. Da disse kjøretøy oftest *ikke* kjører på offentlig vei, er godkjenning prosessen noe enklere; det vil likevel være andre sikkerhetsmessige forskrifter, avhengig av anvendelsen.

Selv om hydrogen tog ikke er aktuelt i Akershus, siden hele jernbanenettet er elektrifisert, kunne det bli aktuelt å bytte skiftetraktorer som går på diesel med hydrogenrevne versjoner.

1.2.6 Maritim

Ferger og skip er storforbrukere av fossilt brensel, gjerne av det tunge og mest forurensende slaget, samt konsentrerer de seg gjerne i et begrenset havneområde, der de kan betraktelig forverre luftkvaliteten. Det finnes per i dag ikke kommersielle brenselcellesystemer i megawatt-klassen som ville kreves for ferger og skip, men de som er tilgjengelig (opptil 200 kW) kan lett integreres til en større enhet.

Det er allerede interesse for dette i industrien: Fiskerstrand verft har nylig uttalt at de skal bygge verdens første **hydrogenferge** innen 2020 [32]; flere cruiseselskaper har planer for å forbedre sin miljøprofil med hydrogen-drevne **cruiseskip**; flere marinere (deriblant det tyske og det italienske) har allerede kjøpt inn hydrogen-drevne **ubåter** [33].

Det er altså mye som tyder på at det vil i fremtiden skapes etterspørsel etter hydrogen i havneområder, muligens i flytende form.



Figur 7: Hydrogenubåten *Sciré*.

2 Infrastruktur

2.1 Status

2.1.1 Teknologi

Teknologien for hydrogenfyllestasjoner har stabilisert seg og det er i dag standard å benytte komprimert gassformig hydrogen **700 bar** til mindre kjøretøy, som personbiler, og **350 bar** til større kjøretøy, som busser.

BMW og Linde arbeidet lenge på **kryokomprimert** hydrogen, altså hydrogen komprimert opptil 350 bar ved svært lave temperaturer. Tettheten blir som for flytende hydrogen, dog uten å kreve like lave temperaturer [20]. Tanken på kjøretøyet blir dermed kompatibel med flytende hydrogen og komprimert hydrogen ved 350 bar. Fyllestasjoner er fortsatt under utvikling, og kommer neppe på markedet med det første.

Flytende hydrogen er betraktet som en mulighet for produksjon og eksport av store mengder hydrogen, og **Kawasaki Heavy Industries** har utviklet et konsept for hydrogentankskip som kunne forsyne Japan med energi produsert for eksempel av strandet vindenergi på Varangervidda [34].

For maritime anvendelser, er det ikke enighet om hvilken lagringsform er best: på mindre fartøy som ferger er formodentlig 350 bar godt nok, men større skip vil kreve enten flytende hydrogen eller lagring i metallhydrid; dette fordi trykksatt hydrogen ikke kan lagres under dekk under gjeldende forskrifter. Flytende hydrogen krever spesielle produksjonsanlegg; derimot benytter metallhydrid gassformig hydrogen ved lave trykk, men er i gjengjeld vesentlig dyrere og tyngre.

2.1.2 Fyllestasjoner i Norge

I Norge er det per i dag fem offentlig tilgjengelige fyllestasjoner, samt én fyllstasjon for busser, alle i Oslo og Akershus unntatt én stasjon i Telemark (Herøya); alle offentlig tilgjengelige fyllestasjoner driftes i dag av HYOP. Den tidligere fyllstasjonen i Drammen ble flyttet til Gardermoen lufthavn i 2015.



Figur 8: Tankskip for flytende hydrogen, slik Kawasaki forestiller seg (CGI-bilde).

Sent i 2015 kom det pressemelding fra Uno-X gruppen om at de ønsket å bygge 20 hydrogenstasjoner over hele landet innen 2020, noe som vil skje i samarbeid med NEL [35]. Det er planer for åpning av stasjoner i Bergen og Sandvika, samt i Oslo, i Skedsmo og en annen i Akershus i løpet av 2016 [36]. Det foreligger planer til å bygge flere hydrogenstasjoner innen utgangen av 2017, blant annet i Bergen og Trondheim.

2.1.3 Fyllestasjoner i Europa

Flere land i Europa har bygd hydrogenstasjoner, men i mange tilfeller er disse demonstrasjonsprosjekter med liten kapasitet; oppfølgingen er ikke alltid tilstrekkelig, og noen ganger lukkes stasjonene igjen etter få år. Det finnes derimot en del land som har forpliktet seg mer:

Danmark har bygd Europas første landsdekkende nettverk av hydrogenstasjoner. Også takket være landets beskjedne areal, er det mulig å kjøre hvor som helst i Danmark på hydrogen allerede i dag [37]. Nettet består av 10 stasjoner, men én til som skal bygges i løpet av 2016.

Tyskland har den desidert mest imponerende satsing på infrastruktur, som omfatter minst 34 hydrogenstasjoner i Europa, mest konsentrert rundt Berlin, Hamburg, Ruhr-området og Baden-Württemberg. Det er planer for å bygge ut hele 400 stasjoner fram til 2023 [38].

Andre land med voksende aktivitet er Belgia og Storbritannia, der den skotske byen Aberdeen utmerker seg som spesielt hydrogenvennlig.

2.1.4 Fyllestasjoner i USA

I USA er det hovedsakelig California som driver utrulling av hydrogenstasjoner, med en konsentrasjon av stasjoner rundt San Francisco og Los Angeles, og enkelte andre i resten av staten, totalt 27 i drift og 20 under utvikling [39]; California Fuel Cell Partnership sikter mot 68 stasjoner i år og 100 i 2018 [40].

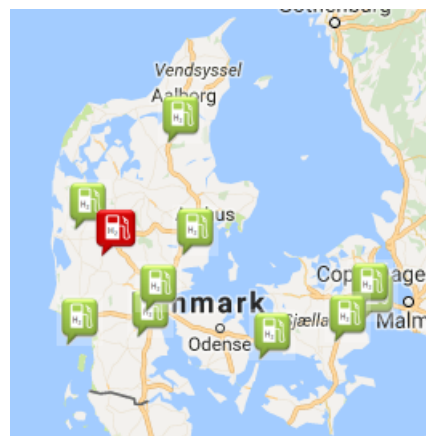
Det er per i dag kun få stasjoner på USA østkyst, som ikke utgjør et tilstrekkelig nettverk; Air Liquide har erklært de vil bygge flere stasjoner i Massachussets, New York og Connecticut [41].

2.1.5 Fyllestasjoner i Japan

Japan har verdens mest ambisiøse plan for utrulling av hydrogenstasjoner, naturlig nok siden landet produserer to av de tre masseproduserte hydrogenbiler som i dag er tilgjengelig, nemlig Toyota Mirai og Honda Clarity. Japan har som mål å realisere 160 hydrogenstasjoner innen 2020 [42], som skal forsyne 40 000 biler; datoen er ikke tilfeldig, da i 2020 vil Tokyo arrangere OL og ønsker å fremstå som et moderne hydrogensamfunn.

2.1.6 Fyllestasjoner i Sør-Korea

Sør-Korea har også en ambisiøs plan for utrulling av hydrogenstasjoner, som sikter mot 500 stasjoner innen 2030 [43]. Byggingen ligger likevel bak planen, da det skulle ha vært 43 stasjoner allerede i 2015, mens det er rapportert om bare 11 i 2016 [44]. Disse er ligger likevel godt spredt i landet, slik at det er mulig å kjøre overalt i Sør-Korea med en hydrogenbil, selv om marginene kunne være smale på østkysten.



Figur 9: Det danske nettet av hydrogenstasjoner.

2.1.7 Kommersielle aktører

Etter oppkjøpet av H2 Logic, er norske **NEL** blitt en dominerende aktør i Skandinavia og er en naturlig partner for hydrogenstasjoner. **Uno-X** har allerede planer om landsdekkende hydrogenforsyning basert på 700 bar komprimert hydrogen. **HYOP** er fortsatt operatør av alle allment tilgjengelige hydrogenstasjoner i Norge. I Europa er det viktig å holde kontakt med virksomheter som kan levere større hydrogenproduksjonsanlegg, som for eksempel **Siemens**, **Air Liquide**, **ITM Power** og **Hydrogenics**; de kunne bli veldig relevante i tilfellet det blir etterspørsel etter hydrogen i maritim sammenheng, der det kreves større anlegg.

Linde er i dag det eneste selskapet med betydelig kompetanse innenfor kryokomprimert hydrogen, som BMW har mye tro på. Dessuten har Linde kompetanse på flytende hydrogen, som ville være relevant for maritime applikasjoner og storskala eksport. Den viktigste partneren til storskala eksport er **Kawasaki**, som er interessert i å importere hydrogen til Japan.

2.2 Fremtiden

Den eksplosive veksten i det norske elbilmarkedet siden 2013 er en utfordring for innføringen av privateide hydrogenbiler, og til det formålet er det kritisk viktig at det etableres et landsdekkende nettverk av hydrogenstasjoner.

Det er fra før estimert at tilbakebetalingstiden for hydrogenstasjoner kan være mellom 10–15, og at kun storbyene i Norge vil kreve 180 stasjoner for en fullstendig dekning [45]. En så lang periode uten inntekt for en så stor investering er en betydelig finansiell risiko, og vil være vanskelig å godta både for gründere og politikere. Det er derfor viktig å etablere en **bærekraftig forretningsmodell** for hydrogenstasjoner.

For at en hydrogenstasjon skal være lønnsom, må den ha kunder som kan kjøpe det produserte hydrogenet noenlunde regelmessig. Privatbilsektoren er ikke i nærheten av å kunne dekke dette behovet, og det er derfor viktig å finne kunder i næringslivet. Hvis hydrogenstasjoner satt opp av private firmaer med egne kjøretøyflåter blir allment tilgjengelig, vil de etterhvert danne et landsdekkende nettverk som vil gradvis stimulere opptaket av hydrogenbiler i privatbilmarkedet.

2.2.1 Nær fremtid

Næringslivssektorene som kan benytte hydrogenteknologi **allerede nå** er:

- Drosjeselskaper
- Logistikkelskaper med over 10 gaffeltrucker og flere skift
- Bagasjehåndtering på flyplass

For disse segmenter finnes konkurransedyktige løsninger allerede i dag på markedet. Drosjer kan benytte de eksisterende hydrogenstasjoner i Akershus; lufthavner og store nok logistikkelskaper kunne få tilskudd til å opprette egen hydrogenfyllstasjon, mot forpliktelsen til å holde den åpen for privatbiler også og dermed bli en del av hydrogenettet.

Som sagt er alle masseproduserte hydrogenbiler fra Asia, og selges antagelig med tap. Det er derfor nødvendig å overbevise **Toyota**, **Hyundai** og snart **Honda** om at å eksportere flere biler til Norge vil gi dem en fordel i form av større eksponering i media og mer nyttig erfaring enn i andre markeder. For eksempel, et garanti om at deres biler vil utgjøre en betydelig andel av Akershus drosjepark og vil være kontinuerlig på veien kan være fristende for selskapene som ønsker seg mest mulig erfaring av disse modeller. Hydrogendrosjer basert på Toyota Mirai er allerede forsøkt i London [46].

Å pleie forholdet til europeiske merker er også viktig, da deres egne hydrogenbiler vil slippes ut om ett eller to år: dette gjelder **Daimler** og **Audi**, og delvis **BMW** som ikke har like umiddelbare planer. Det er rimelig å forvente at disse heller ikke vil tjene penger på sine første masseproduserte modeller, og det vil da bli viktig å vise dem en troverdig *use case* for å få importert flere av bilene.

2.2.2 Om 5–10 år

Næringslivssektorer som vil kunne benytte hydrogenteknologi om noen år er:

- Grossister (f.eks. ASKO)
- Ferger (f.eks. lokalfenger til Nesodden) og større skip
- Industriparker

Disse ville ha enda større forbruk av hydrogen, og vil lett kunne betjene et betydelig antall privatbiler med en liten overdimensjonering av hydrogenstasjonen.

2.2.3 Privatbiler

Fra 2025 har Norge bestemt at fossilbiler skal fases ut, noe som vil skape ytterligere press på privatbilister for å skaffe seg nullutslippsbil. For 2030 er samme mål satt for Tyskland, som vil ha innflytelse på det landets mange og store personbilprodusenter [47].

Privatbilister vil først i betydelig grad bli interessert i hydrogenbiler når det etableres et regionalt, helst landsdekkende og gjerne internasjonalt stasjonsnettverk, slik at bilistene kan utnytte hydrogenbilens rekkevidde til f.eks. å kjøre til familiehytta. Det finnes sikkert entusiaster som ville kjøpe en hydrogenbil enda om det er kun få stasjoner tilgjengelig, slik det var Think-eiere i sin tid, men disse vil ikke utgjøre en utslagsgivende faktor i markedet.

Det er derfor viktig at nettet bygges ut, gjerne på en økonomisk bærekraftig måte som vil demonstrere teknologien til befolkningen; en hydrogenstasjon som er i regelmessig bruk av næringslivet gir også en garanti for at den ikke vil forsvinne når tilskuddene løper ut.

2.2.4 Støtte til utvikling av nye kjøretøy

Utvikling av nye kjøretøy er kostbart og i hendene til store internasjonale selskaper, og det er begrenset hva et norsk fylke kan gjøre for å motivere disse. Det som Akershus fylkeskommune kan gjøre, er å stille som sluttbruker eller støttepartner i internasjonale forsknings- og utviklingsprosjekter, være pådriver for utviklingen av nye regelverk for hydrogendrevne kjøretøy (f.eks. ferger), og stille fylkets infrastruktur til rådighet for demoprojekter av f.eks. hydrogendrevne varebiler, lastebiler, ferger osv. Dette kan gjerne skje i rammene til Enova- eller EU-prosjekter.

3 Anbefalinger

Det anbefales at hydrogensatsingen retter seg i første omgang mot hydrogendrevne **kjøretøyflåter** i virksomheter som drosjer, gaffeltrucker, og bagasjehåndtering på flyplass, som alle har et forutsigbart fyllingsmønster og kjøreområde. Disse flåter skal være store nok til å kunne rettferdiggjøre sin egen dedikerte fyllestasjon. Disse fyllestasjonene bør også gjøres tilgjengelig for privatbilister, for eksempel mot et tilskudd basert på forpliktet ledig kapasitet for et gitt antall år og en avtalt salgspris.

Følgende bransjer er modne for en utrulling av hydrogenteknologi i dag:

Drosjer Det er allerede nok fyllestasjoner i Oslo og Akershus til å støtte en liten flåte hydrogendrevne drosjer, spesielt langs aksene Oslo-Gardermoen. Personbiler i egnet størrelse er også tilgjengelig på markedet. Drosjeselskaper bør involveres, for eksempel gjennom en tilskuddsordning som den som Akershus Fylkeskommune allerede innvilger til kommuner som kjøper hydrogenbiler.

Logistikk For selskaper som har en viss antall gaffeltrucker (gjærne over 10) og som arbeider over flere skift er det økonomisk gunstig å bytte til hydrogendrevne gaffeltrucker, som er tilgjengelig og utprøvd på markedet. Akershus fylkeskommune kunne tilby tilskudd til etablering av fyllestasjoner, under betingelse at disse skal være tilgjengelig for privatbiler og med på å danne et landsdekkende nettverk.

På Gardermoen lufthavn kunne kommersielt tilgjengelige hydrogentraktorer til bagasjehåndtering også settes i drift, muligens med skreddersydd tilskuddsordning.

Hydrogenbuss er stadig bedre, og så snart påliteligheten og kostnader viser tegn til bedring i de mange prosjekter som kjøres i dag i EU, kan et innkjøp av hydrogenbuss vurderes sammen med Ruter.

I et lengre perspektiv, kan Akershus fylkeskommune tilby tilskuddsordninger til næringslivsaktører som åpner hydrogenstasjoner på industriparker, distribusjonssentra, havner og så videre, så snart som egnede kjøretøy og skip er utviklet.

Mange hydrogenløsninger (lastebiler, ferger, skip, større industrielle kjøretøy) er under utvikling og er ikke ennå kommet på markedet. Akershus Fylkeskommune kan støtte utvikling av disse ved å stille som sluttbruker eller som institusjonell tredjepart i prosjekter finansiert av EU eller Enova.

Privatbilmarkedet for hydrogenbiler vil ikke utvikle seg før et landsdekkende nettverk er på plass, og vil derfor være blant de siste hydrogenmarkeder som vil etableres. Oppmerksomhet på privatbil kan opprettholdes med tilskuddsordninger for dem som vil kjøpe hydrogenbil før et landsdekkende nettverk av hydrogenstasjoner er etablert, men bør ikke umiddelbart prioriteres.

Referanser

- [1] Reuters. *Toyota targets fuel-cell car sales of 30,000 a year by 2020*. 2015. URL: <http://www.reuters.com/article/us-toyota-environment-idUSKCN0S80B720151014>.
- [2] Marius Valle. *Nå flater salget av elbiler ut*. 2015. URL: <http://www.tu.no/artikler/na-flater-salget-av-elbiler-ut/275626>.
- [3] Marius Valle. *Derfor kan nesten ingen elbiler dra tilhenger*. 2016. URL: <http://www.tu.no/artikler/derfor-kan-nesten-ingen-elbiler-dra-tilhenger/350303>.
- [4] Kjersti F. Eriksen. *Oslos hydrogenbuss sliter med feil*. 2013. URL: <http://www.aftenposten.no/osloby/Oslos-hydrogenbuss-sliter-med-feil-111007b.html>.
- [5] Thanh Hua mfl. "Status of hydrogen fuel cell electric buses worldwide". I: *Journal of Power Sources* 269 (2014), s. 975–993. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.06.055>.
- [6] elementenergy. *Strategies for joint procurement of fuel cell buses*. Tekn. rapp. 2016. URL: <http://www.fch.europa.eu/publications/strategies-joint-procurement-fuel-cell-buses>.
- [7] Van Hool. *Van Hool delivers two fuel cell buses for London*. 2015. URL: <https://www.vanhool.be/ENG/actua/2fuelcellbuseslo.html>.
- [8] CHIC project. *History*. 2016. URL: <http://chic-project.eu/about-us/history>.
- [9] Solaris. *First Solaris Urbino 18.75 electric with hydrogen fuel cell range extenders presented in Hamburg*. 2014. URL: <https://www.solarisbus.com/busmania/news/?page=9>.
- [10] Heather Clancy. *Walmart Doubles Down on Hydrogen Fuel Cells*. Forbes. 2014. URL: <http://www.forbes.com/sites/heatherclancy/2014/02/27/walmart-doubles-down-on-hydrogen-fuel-cells/#c446ee41ad81>.
- [11] Mulag. *Comet 3 FC*. 2016. URL: <http://www.mulag.de/en/ground-support-equipment/products/towing-tractors/comet-3-fc/>.
- [12] Ole Richard Valmøt. *Her er toget som gjør at vi slipper å elektrifisere linjene*. 2016. URL: <http://www.tu.no/artikler/dette-toget-gar-pa-hydrogen/358384>.
- [13] Alstom. *Alstom unveils its zero-emission train Coradia iLint at InnoTrans*. 2016. URL: <http://www.alstom.com/press-centre/2016/9/alstom-unveils-its-zero-emission-train-coradia-ilint-at-innotrans/>.
- [14] He Jiajie. "Clean Rail Transit Vehicle—HyperTram". I: *Proceeding of the Hydrail 2016 conference*. 2016. URL: http://hydrail.org/sites/hydrail.org/files/11_jiajie.pdf.
- [15] Weirong Chen, Zhixiang Liu og Xuexia Zhang. "Fuel Cell Based Hybrid Power System Design For A Passenger Tram". I: *Proceeding of the Hydrail 2016 conference*. 2016. URL: http://hydrail.org/sites/hydrail.org/files/11_zhang.pdf.
- [16] Daimler. *Under the microscope: Mercedes-Benz GLC F-CELL: The fuel cell gets a plug*. 2016. URL: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Under-the-microscope-Mercedes-Benz-GLC-F-CELL-The-fuel-cell-.xhtml?oid=11111320>.
- [17] Christian Hetzner. *Audi will lead fuel cell cars for VW Group*. Automotive News Europe. 2016. URL: <http://europe.autonews.com/article/20160309/ANE/160309884/audi-will-lead-fuel-cell-cars-for-vw-group>.
- [18] Audi. *Audi h-tron quattro concept*. 2016. URL: http://www.audi.com/en/innovation/futuredrive/h-tron_quattro.html.
- [19] FuelCellsWorks. *Volkswagen Group & Audi Accelerate Fuel Cell Technology Solutions Program With Ballard Power*. 2016. URL: <https://fuelcellworks.com/news/volkswagen-group-audi-accelerate-fuel-cell-technology-solutions-program-with-ballard-power/>.
- [20] Agata Godula-Jopek. "Cryo-Compressed Hydrogen". I: *Hydrogen Production by Electrolysis*. John Wiley & Sons, 2015. Kap. 7.4.

- [21] Hans Greimel. *Nissan develops e-bio fuel cells for 2020*. 2016. URL: <http://www.autonews.com/article/20160620/OEM05/306209978/nissan-develops-e-bio-fuel-cells-for-2020>.
- [22] Daimler. *Bus charging ahead. Countdown for the Mercedes-Benz Citaro E-Cell*. 2016. URL: <https://www.daimler.com/products/buses/mercedes-benz/citaro-e-cell.html>.
- [23] Marleen van Zeeland. *VDL Bus & Coach signs fuel cell contract*. 2014. URL: <http://www.vdlbuscoach.com/News/News-Library/2014/VDL-Bus---Coach-tekent-brandstofcel-overeenkomst.aspx>.
- [24] Hans Cats. "Fossilfri 2020". I: *Seminar «Buss og bussveien»*. 2016. URL: <http://www.rogfk.no/bussvei/content/download/51960/1229086/file/Hans%20Cats,%20Ruter.pdf>.
- [25] H2 Aberdeen. *About H2 Aberdeen*. 2016. URL: <http://aberdeeninvestlivevisit.co.uk/Invest/Aberdeens-Economy/City-Projects/H2-Aberdeen/H2-Aberdeen.aspx>.
- [26] Symbio FCell. *Vehicles*. 2016. URL: <http://www.symbiofcell.com/vehicles/>.
- [27] Larry E. Hall. *Hyundai Debuts H350 Hydrogen Fuel Cell Commercial Van Concept*. 2016. URL: <http://www.hybridcars.com/hyundai-debuts-h350-hydrogen-fuel-cell-commercial-van-concept/>.
- [28] Renault Trucks. *The French Post Office and Renault Trucks jointly test a hydrogen-powered truck running on a fuel cell*. 2015. URL: <http://corporate.renault-trucks.com/en/press-releases/2015-02-23-the-french-poste-office-and-renault-trucks-jointly-test-a-hydrogen-powered-truck-running-on-a-fuel-cell.html>.
- [29] ASKO. *ASKO satser på hydrogenteknologi*. 2016. URL: <http://www.asko.no/nyhetsarkiv/asko-satser-pa-hydrogenteknologi/>.
- [30] Scania. *Scania and Asko test hydrogen gas propulsion*. 2016. URL: <https://www.scania.com/group/en/scania-and-asko-test-hydrogen-gas-propulsion/>.
- [31] Nikola. *First ever 100% emission-free hydrogen powered semi-truck*. 2016. URL: <https://nikolamotor.com/one>.
- [32] Kjetil Haanes. *Håper å bygge verdens første hydrogenferje*. 2016. URL: http://syslagronn.no/2016/01/26/syslagronn/vil-byggje-verdas-forste-hydrogenferje_74967/.
- [33] Navaltoday.com. *Italian Navy receives third Todaro class submarine Pietro Venuti*. 2016. URL: <http://navaltoday.com/2016/07/06/italian-navy-receives-third-todaro-class-submarine-pietro-venuti/>.
- [34] Kawasaki. *Hydrogen Road*. 2016. URL: <http://global.kawasaki.com/en/stories/hydrogen/>.
- [35] Reitangruppen. *Uno-X og NEL vil bygge nettverk av hydrogenstasjoner*. 2015. URL: <http://www.mynewsdesk.com/no/pressreleases/uno-x-og-nel-vil-bygge-nettverk-av-hydrogenstasjoner-1265986>.
- [36] Per Erlien Dalløkken. *Her kommer de nye hydrogenstasjonene*. 2015. URL: <http://www.tu.no/artikler/her-kommer-de-nye-hydrogenstasjonene/275502>.
- [37] Hydrogen Link Danmark. *Brint tankstasjoner i Danmark*. 2015. URL: <http://www.hydrogenlink.net/network.asp>.
- [38] Clean Energy Partnership. *H₂-Infrastruktur—Ein Tankstellennetz für Deutschland*. 2016. URL: <https://cleanenergypartnership.de/h2-infrastruktur/tankstellennetz/>.
- [39] California Fuel Cell Partnership. *Stations map*. 2016. URL: <http://cafcp.org/stationmap>.
- [40] California Fuel Cell Partnership. *A California Road Map. Bringing Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles to the Golden State*. Tekn. rapp. URL: http://cafcp.org/sites/default/files/20120814_Roadmapv%280verview%29.pdf.
- [41] Heather L. Browne. *Air Liquide announces locations of several hydrogen fueling stations in northeast U.S.A*. 2016. URL: <https://www.airliquide.com/united-states-america/air-liquide-announces-locations-several-hydrogen-fueling-stations-northeast>.
- [42] Umair Irfan. *Japan Bets on a Hydrogen-Fueled Future*. 2016. URL: <http://www.scientificamerican.com/article/japan-bets-on-a-hydrogen-fueled-future/>.
- [43] Yong-Gun Shul. "Hydrogen and Fuel Cells in Korea". I: *Proceedings of the 22nd IPHE Steering Committee meeting*. 2014. URL: http://www.iphe.net/events/meetings/SC_22.html.
- [44] Frank Swigonski. *Hydrogen Infrastructure Needed for Fuel Cell Vehicle Growth*. Advanced Energy Economy. 2016. URL: <http://blog.aee.net/hydrogen-infrastructure-needed-for-fuel-cell-vehicle-growth>.
- [45] Asgeir Tomsgard mfl. *Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge*. Tekn. rapp. A27350. SINTEF og NTNU, 2016. URL: <http://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=SINTEF+A27350>.
- [46] Jonathan Prynne og Daniel Orton. *London taxi firm creates cab that only emits water and no harmful fumes*. 2015. URL: <http://www.standard.co.uk/news/london/taxi-firm-creates-cab-that-only-emits-water-and-no-harmful-fumes-a3139421.html>.
- [47] Øyvind Lie. *Tyskland vil fase ut bensin- og dieslbiler innen 2030. 5 år etter Norge*. 2016. URL: <http://www.tu.no/artikler/tyskland-vil-fase-ut-bensin-og-dieslbiler-innen-2030/348672>.



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no