

## VINDKRAFT TIL HYDROGEN – NYE MULIGHETER FOR SMØLA

FORSTUDIE OM NY UTNYTTELSE AV VINDKRAFT TIL NÆRINGSUTVIKLING OG  
LOKALT GRØNT SKIFTE



Nasjonalt Vindenergisenter Smøla AS – på oppdrag fra Smøla Kommune ved Smøla Nærings- og Kultursenter KF

Smøla, februar 2017



# Innhold

<b>Bakgrunn</b>	1
<b>Problemstillinger</b>	1
<b>Del 1 – Politikk og planer</b>	3
Regional politikk og planer	3
Nasjonal politikk og planer	3
<b>Del 2 – Hydrogen</b>	5
Produksjon av hydrogen	5
Lagring og transport av hydrogen	6
Bruk av hydrogen	6
Kostnader forbundet med hydrogenproduksjon	7
<b>Del 3 – Etterspørsel</b>	8
Industri	8
Transportformål	8
Bil	9
Buss	11
Ferge	13
Hurtigbåt	15
Annen skipstrafikk og havbruk	16
Eksport	17
Balansekraft	18
Lokalisering	20
<b>Del 4 – Ringvirkninger for Smøla</b>	21
Støtteordninger	21
ENOVA	22
NOx-fondet	22
Forskningsrådet	22
Innovasjon Norge	22
Nytt CO2-fond?	23
<b>Del 5 – Konklusjoner</b>	24
Veien videre	25
<b>Kilder</b>	26



## Bakgrunn

Smøla er Norges vindkraftkommune. Utbyggingen av Smøla vindpark i 2002-2005 var et banebrytende prosjekt for norsk vindkraft. Parken var i sin tid Europas største, og for et lite øysamfunn i nedgangstider ble den et symbol på et skifte. Ringvirkninger av utbyggingen gav vekst i reiselivsnæring og grunnlag for utvikling i andre næringer. Vindkraften har vært et viktig tema i videre strategisk utviklingsarbeid for Smøla. I *Strategisk næringsplan for Smøla 2011-2023* er et delkapittel avsatt til vindkraft:

*«Mål: Smøla skal fortsatt være den ledende vindkraftkommunen i Norge. Kommunen skal være en sentral aktør innen utvikling av vindkraft, og være pådriver inn mot sentrale og regionale styresmakter.»*

Samtidig ser vi en stor utbygging av ny vindkraft i Norge. På Fosen, Hitra og Snillfjord bygges det ut topp moderne vindparker, samtidig som Smølas vindpark nærmer seg en anselig alder. Dagens overføringskapasitet legger begrensninger for en mer effektiv utnyttelse av en fornyet Smøla Vindpark. Nye tanker for hvordan vindkraften på Smøla kan utnyttes i fremtiden er derfor på sin plass. Smøla sin plassering i skipsleia har vært et fortrinn for øya siden tidenes morgen, og har sin solide historiske plass i vikingetiden og middelalderen. Fremtidens skipsfart vil være avhengig av konkurransedyktige og bærekraftige drivstoffalternativ. Hydrogen av Smølavinden kan være én mulig vei å kartlegge.

Smøla kommune har med sine vindressurser en unik mulighet til å utnytte dette til en positiv utvikling der man både kan gå foran og redusere lokale klimagassutslipp i tillegg til å legge grunnlag for ny lokal verdiskapning.

Denne forstudien vil utrede disse mulighetene for Smøla. Forstudien vil foreta grunnleggende kartlegginger av hvilke muligheter og utfordringer som ligger i hydrogenproduksjon på Smøla. Vi vil kartlegge muligheter og utfordringer og skissere markedsscenarier som bør utredes nærmere. Videre vil forstudien se på potensialet i hydrogenproduksjon fra overskuddskraft fra eksisterende vindpark og om hydrogen kan brukes til å bedre lønnsomheten i vindkraft på Smøla.

Forstudien tar sikte på å danne grunnlag for innretting av et eventuelt mer omfattende prosjekt, hvor også industripartnere på hydrogenproduksjons- og brukersiden inngår.

## Problemstillinger

Tre sentrale spørsmål når en skal ta stilling til mulighetene for en hydrogensatsing på Smøla er:

1. Hva slags teknologi trengs for hydrogenproduksjon, og finnes den på markedet?
2. Hvem er mulige kunder?
3. Hvilke positive lokale ringvirkninger kan en hydrogensatsing gi?

I det følgende blir disse spørsmålene forsøkt belyst så godt det per nå lar seg gjøre. Det legges vekt på å fremheve mulige retningsvalg, og å anslå risikoen forbundet med de ulike valgene. Det understrekes at bruk av hydrogen i transport mm. er et felt i svært rask utvikling. Alle tall for forbruk, kostnader osv. må derfor anses som cirkatall først og fremst egnet til å sammenligne ulike alternativer, og i mindre grad til å vurdere lønnsomhet i enkeltalternativer. Som det påpekes gjentatte ganger i rapporten vil også valg av tekniske løsninger være svært avhengig av omfang og tenkt bruksområde. Svarene på spørsmål 1 og 2 vil derfor i svært stor grad være avhengig av hverandre.

Rapporten er lagt opp som følger:

I del 1 gjennomgås nasjonal og regional politikk og planer knyttet til hydrogen. Denne delen tar sikte på å belyse bakgrunnen for interessen man ser for hydrogen og graden av forankring og forpliktelse som ligger i nasjonale og regionale strategier.

I del 2 gjennomgås tekniske forhold om hydrogen, produksjon av hydrogen og bruk av hydrogen. Hensikten med denne delen er å gi en forståelse for hva hydrogen er, gi en oversikt over noen av de mulighetene og utfordringene som ligger i dagens teknologi, og en idé om kostnadsbildet i hydrogenproduksjon.

I del 3 gjennomgås mulige kilder til etterspørsel etter hydrogen. Hovedfokus er på lokal etterspørsel på kort til mellomlang sikt. Der det har vært mulig er det gjort forsøk på å anslå hvor mye hydrogen ulike bruksområder vil kunne etterspørre.

I del 4 diskuteres først hvilke positive ringvirkninger, inkludert muligheter for næringsutvikling og arbeidsplasser, som kan muliggjøres av en hydrogensatsing. Deretter gjennomgås aktuelle støtteordninger for hydrogenprosjekter. Hvilke av disse som vil være aktuelle vil avhenge av innhold i et evt. prosjekt og må avklares i hvert tilfelle med administratorene for støtteordningene.

I del 5 presenteres konklusjoner og forslag til veien videre.

## Del 1 - Politikk og planer

Verdenssamfunnet står samlet om å redusere klimagassutslippene til under 2 grader. Norge har i likhet de andre nasjonene tatt på seg ambisiøse mål. Norge skal redusere sine utslipp med 40 % innen 2030 ihht. til Klimaavtalen i Paris. Dette vil utvilsomt by på store utfordringer, ikke minst i såkalt ikke-kvotepiktig sektor (i hovedsak transport og landbruk), hvor kutt må tas innenlands. Hydrogen blir stadig oftere trukket fram som et av tiltakene som er nødvendig for å nå forpliktelse for utslippskutt innenfor transport, sjøfart og industri, og blir omtalt i en rekke nasjonale og regionale planer.

### ○ Regional politikk og planer

Møre og Romsdal fylke har store energiresurser, både utbygde og potensielle. Fylket har sett på hvordan disse kan utnyttes i fremtiden, og har i den sammenheng fått utarbeidet en rapport i samarbeid med nabofylkene Sogn og Fjordane og Hordaland. Rapporten, utarbeidet av DNV GL ser spesielt på hydrogenpotensialet:

*Store deler av kraften som produseres leveres til andre deler av landet gjennom sentralnettet og noe videre til utlandet via kabler. Begrenset linjekapasitet i kraftnettet sammen med kraftoverskudd i flere regioner, kan gjøre det utfordrende å få transportert ut ny produksjon i form av elektrisitet uten store investeringer i infrastruktur. Hydrogen gir et alternativ til strøm og tradisjonelt ledningsnett for lagring og transport av fornybarenergi, og er den eneste brenngassen uten karbon og dermed uten utslipp av klimagasser ved forbrenning. Hydrogen er et alternativ til store nye investeringer i el-infrastruktur og kan være et bidrag i veien mot et bærekraftig fornybarsamfunn, både regionalt, nasjonalt og internasjonalt. I tillegg kan hydrogen tilføre eksportinntekter, arbeidsplasser og næringsutvikling i regionen.*

Møre og Romsdal fylkeskommune deltar som partner i prosjektet HYBRIDskip, sammen med bl.a. Fiskerstrand Vertf, NEL hydrogen, SINTEF, DNV m.fl. Målet med prosjektet er å ha utviklet en hydrogendrevet ferge innen utgangen av 2020. Bidraget fra Møre og Romsdal fylkeskommune er tenkt å være at en egnet fylkeskommunal fergestrekning stilles til rådighet for test av fergen.

### ○ Nasjonal politikk og planer

Stortingsmelding 25 (2015-2016) – Energimeldinga – gir tydelige signaler i retning av en hydrogensatsning. Stortinget ber der regjeringen om bl.a. å «sikre støtte til etablering av et nettverk av hydrogenstasjoner i de største byene og korridorene mellom, og sørge for at de første stasjonene etableres i 2017», «vurdere bruk av utviklingskontrakter for hydrogenferger» og «i forbindelse med fremleggelsen av Nasjonal transportplan 2018–2029 redegjøre for mulighetene for å ta i bruk hydrogen på de jernbanestrekningene som i dag ikke er elektrifisert».

Videre er det i grunnlagsdokumentet for Nasjonal Transportplan 2018 – 2029 (NTP) pekt på store endringer for transportsektoren:

*- «Nye ferger og hurtigbåter skal bruke biodrivstoff, lav- eller nullutslippsteknologi»*

- «Etter 2025 skal nye privatbiler, bybusser og lette varebiler være nullutslippskjøretøy»
- «Innen 2030 skal nye tyngre varebiler, 75 prosent av nye langdistansebusser, 50 prosent av nye lastebiler være nullutslippskjøretøy»
- «Innen 2030 skal 40 prosent av alle skip i nærskipfart bruke biodrivstoff eller være lavutslipps eller nullutslippsfartøy»
- «I 2050 skal transporten være tilnærmet utslippsfri/klimanøytral»

Nullutslippskjøretøy er definert i rapporten til å være drevet på enten elektrisitet eller hydrogen. Ut fra effektiviteten til dagens batteriteknologi er det nærliggende å anta at de mer energikrevende fartøy eller kjøretøy må ha hydrogendrift.

Flere av disse målene er fulgt opp i regjeringens budsjettforslag for 2017, blant annet er Statens Veivesen gitt i oppdrag å starte et utviklingsprosjekt for hydrogenferge, der målet er anbudsrunder i 2018 og driftsstart i 2021. Denne fergeren ble 8. februar 2017 bestemt å skulle trafikere strekningen Hjelmeland – Nesvik på rv. 13 i Rogaland.



## Meld. St. 25

(2015–2016)

Melding til Stortinget

### Kraft til endring

Energipolitikken mot 2030





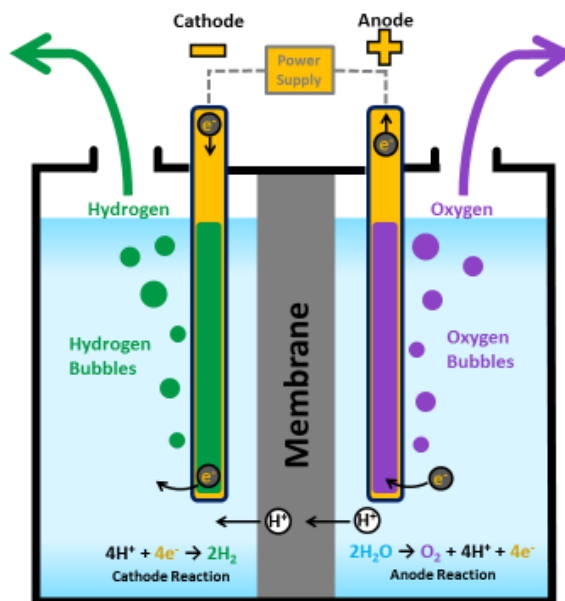
## Del 2 - Hydrogen

Hydrogen (H) er det grunnstoffet det finnes mest av på jorda, primært bundet til oksygen som vann eller karbon i ulike typer hydrokarboner. Hydrogen i gassform reagerer straks den kommer i kontakt med oksygen. Det finnes derfor ikke hydrogen i fri form, og hydrogen må produseres ved hjelp av andre energikilder og holdes adskilt fra oksygen under lagring. Hydrogengass har svært lav volumetrisk energitetthet (3.5 kWh/Nm<sup>3</sup>), men svært høyt energiinnhold per vekt enhet (33.3 kWh/kg).

### ○ Produksjon av hydrogen

Det finnes to hovedmåter for produksjon av hydrogen – enten ved reformering av naturgass eller ved spaltning av vann, såkalt vannelektrolyse. Reformering av naturgass er per i dag den mest anvendte og billigste måten å produsere hydrogen, men metoder har ulemper mht. utslipp av CO<sub>2</sub>. Fangst og lagring av CO<sub>2</sub> vil trekke prisen opp, og inntil løsninger for storskala CO<sub>2</sub>-lagring er på plass vil hydrogenproduksjon fra naturgass være utsatt for en betydelig risiko mht. framtidig karbonprising.

Hydrogenproduksjon fra vann – vannelektrolyse – foregår ved at vann spaltes til hydrogen og oksygen ved at det tilføres elektrisitet. Dette er gammel og velprøvd teknologi, og er bl.a. teknologien Norsk Hydro brukte for ammoniakkproduksjon fra slutten av 20-tallet. Det finnes to hovedtyper elektrolysører som er kommersielt tilgjengelige: Alkaliske og Proton Exchange Membrane (PEM). Alkaliske elektrolysører er den eldste og per i dag mest prisgunstige teknologien, ikke minst for storskala industrielle anvendelser. PEM-elektrolysører kan imidlertid i teorien gjøres mer effektive, og vil trolig også kunne fungere bedre på varierende effekt, som man vil ha med strømforsyning fra sol/vind uten nett som back-up.



Figur 1 - Produksjon av hydrogen ved elektrolyse

### ○ Lagring og transport av hydrogen

Lagring og transport av hydrogen er krevende på grunn av de små molekylene som gir stor risiko for lekkasjer og at gassen er svært lett antennelig. Dette stiller strenge krav til materialvalg og utforming av lagringstanker. Det finnes imidlertid flere selskaper, bl.a. Hexagon Composites ASA med hovedkontor i Ålesund, som har gode løsninger på dette. På grunn av den lave volumetriske energitettheten lagres hydrogen normalt i trykksatte tanker (350 eller 700 bar) eller nedkjølt til flytende form. Nedkjøling til flytende form (-253 grader celsius) krever store mengder energi og er best egnet for lang transport av store volum. Komprimering til hhv. 350 eller 700 bar er en avveining mellom plassbehov og energibruk. Komprimering til 700 bar krever mer energi, og er derfor først og fremst et alternativ der hvor plassen er begrenset, som i personbiler. For busser og andre større kjøretøy og trolig også ferger vil 350 bar være et naturlig valg.

Hydrogen kan transporteres i transporttanker eller spesialbygde tankbiler, i rørledninger eller på skip. Landtransport av mindre og mellomstore volum gjøres i dag enten i løste trykkbeholdere eller i spesialbygde tankbiler. Valg av løsning vil bl.a. avhenge av plassering av produksjonsanlegget og valg av fyllemåte til ferge, skip og lignende. Både løse trykkbeholdere og tankbiler for hydrogen er eksisterende teknologi som er i bruk i dag både for industrielle formål og for påfylling av hydrogenfyllestasjoner. Transport i rørledninger kan gjøres ved at hydrogen blandes med naturgass for så å separeres ved ankomst, eller i egne dedikerte hydrogenrørledninger. Begge varianter vil imidlertid kreve store investeringer og følgelig store volum for å kunne forsvares. Transport av hydrogen i rør vil derfor neppe være noe alternativ på Smøla. Et annet alternativ for frakt av store volum hydrogen over lange avstander er tankskip. Det finnes konsepter for lagring og transport av hydrogen på skip både i trykktanker og nedkjølt til veskeform, men ingen slike skip er foreløpig bygget. Det gjenstår er betydelig arbeid både mht. regelverk og standarder og av teknologi og utstyrsutvikling, så tidsperspektivet før hydrogentransport i store volum på skip vil være et reelt alternativ er langt og usikkerhetene store.

### ○ Bruk av hydrogen

Hos sluttbruker brukes hydrogenet som drivstoff i en brenselcelle, hvor energien konverteres til elektrisitet med varme og vann som biprodukter. Det finnes en lang rekke ulike brenselcelleteknologier, og det å gjøre brenselceller mindre, billigere og mer effektive er et betydelig forskningsområde, men hovedprinsippet er det samme. Den kjemiske energien lagret i hydrogenet omgjøres ved at hydrogen og oksygen møtes over en membran. Denne er laget slik at protonene i hydrogenet kan passere gjennom membranen, mens elektronene ledes i en ledning utenom membranen og danner strøm som kan utnyttes som elektrisitet. Prosessen kan sees på som en reversering av elektrolyse (Figur 1). Hydrogen kan også brennes, men dette gir vesentlig lavere effektivitet enn omgjøring av hydrogen til elektrisitet i brenselceller.

- **Kostnader forbundet med hydrogenproduksjon**

Kostnader til hydrogen produksjon kan deles i investeringskostnader og drifts- og vedlikeholdskostnader. Investeringskostnadene består av selve produksjonsanlegget, lagring samt infrastruktur for distribusjon. Driftskostnadene består primært av strøm (råvarekostnad) og vedlikehold.

Industrielle produksjonsanlegg for hydrogen fås fra 1 MW og oppover, med en pris på rundt 1000 EUR/kW. Den norske produsenten NEL Hydrogen, som er blant markedslederne på alkaliske elektrolysører, opplyser at et produksjonsanlegg med kapasitet på 1000 kilo/døgn vil koste et sted mellom 15 og 17 millioner NOK. Prisene er imidlertid ventet å falle framover, men både størrelsen på prisfallet og hvor fort det går vil avhenge av etterspørsel og produksjonsvolum. På toppen av dette kommer kostnader til lagring, anslått til et sted mellom 3 og 5 millioner NOK for en kapasitet på 1000 kilo. Kostnader til distribusjon vil avhenge av produsert volum, bruk, lokalisering og valg av fylleteknologi.

Driftskostnadene til hydrogenproduksjon utgjøres i all hovedsak av råvarekostnad, det vil her si utgifter til strøm. Produksjon av 1 kg hydrogen krever et sted mellom 40 og 50 kWh. For et anlegg med døgnproduksjon på 1000 kg hydrogen vil det si et årlig strømforbruk mellom 14 600 og 18 250 MWh. Basert på en elektrisitetspris til sluttbruker (inkludert nettleie og avgifter) på 90 øre/kWh gir det en årlig kostnad på 13,1 og 16,5 millioner NOK. Sluttbrukerprisen på strøm består av ca. 1/3 kraftpris, 1/3 nettleie og 1/3 avgifter. Dersom man gjennom plassering av hydrogenanlegget, avtaler el.l. kan unngå hele eller deler av nettleien og avgiftene vil dette gi betydelige reduksjoner i driftskostnadene. Årlige drifts- og vedlikeholdskostnader budsjetteres normalt til 5 % av investeringskostnad. I eksempelet over vil dette utgjøre rundt 1 million NOK/år.

### Del 3 - Etterspørsel

Investering i et produksjonsanlegg for hydrogen må nødvendigvis forutsette en sikker etterspørsel. En prosess med å utrede muligheter for hydrogenproduksjon må derfor nødvendigvis også innebefatte en prosess for å etablere et marked for hydrogen. Grovt sammenfattet finnes det fire mulige bruksområder for hydrogen; som gass til industriprosesser, som drivstoff til transportmidler, til elektrisitetsproduksjon eller til eksport. I det følgende gjennomgås disse alternativene med spesielt fokus på lokalt potensiale på Smøla.

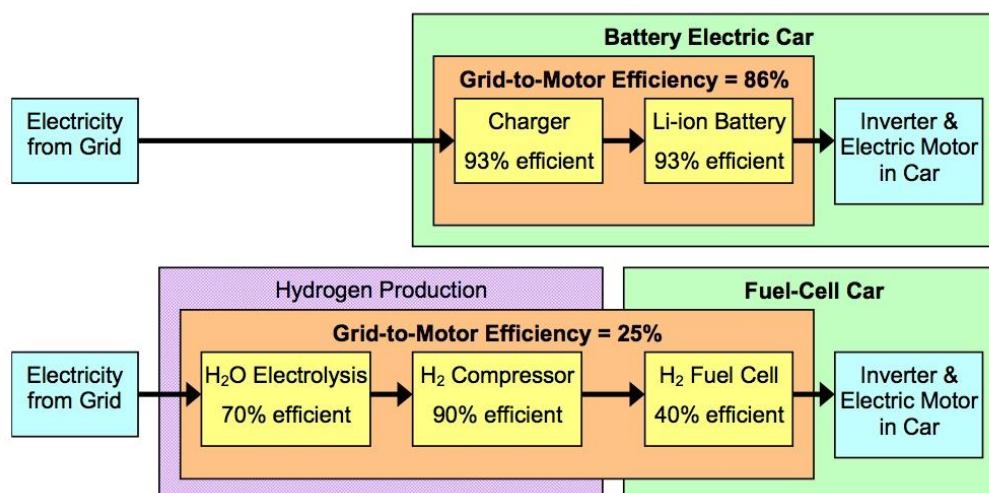
#### ○ **Industri**

Fortsatt er etterspørselen etter hydrogen i hovedsak drevet av hydrogenets rolle som innsatsfaktor i industrielle prosesser innen kjemisk- og metallurgisk industri samt raffinering. Selv om hydrogen ser ut til å øke sin betydning som alternativt drivstoff er industri globalt ventet å være det viktigste hydrogenmarkedet fram mot 2020. Dette skyldes dels anslått industrivekst og dels at industri bytter ut kull med hydrogen i prosesser hvor det er mulig. Industrien i Norge dekker store deler av eget hydrogenforbruk, og det er tvilsomt om det finnes noen markedsmulighet i produksjon av hydrogen på Smøla for salg til industri.

#### ○ **Transportformål**

Forbruket av hydrogen i transportsektoren i Norge er i dag svært begrenset. Interessen for hydrogen til transportformål ser imidlertid ut til å være økende. Hydrogen har fordeler i at det kan fylles raskt, har høy energitetthet og dermed lav vekt når det lagres og at det ikke gir lokale utslipp av hverken CO<sub>2</sub> eller andre avgasser. De to førstnevnte er klare fordeler over batterier. Batterier på sin side har fordelen av høyere nett-til-motor effektivitet (se Figur 2). Forskjellene her vil imidlertid variere noe mellom ulike transportmidler. Dette tilsier at transportmidler som enten har høyt energiforbruk, behov for lang kjørelengde eller hvor lange ladetider vil by på utfordringer vil være kandidater for hydrogendrift. Aktuelle kandidater vil være ferje, ulike former for båt/skipstrafikk, godstransport på vei, kollektivtransport og bilisme.

En hovedutfordring med å etablere hydrogen som et alternativ for transportformål er å bryte opp sirkelen tilbud-etterspørsel. Det vil ikke være mulig å skape etterspørsel etter hydrogen uten at det etableres et forutsigbart tilbud, men samtidig vil investeringene knyttet til å skape tilbudet være forbundet med svært stor risiko hvis det ikke kan garanteres en forutsigbar etterspørsel. Dette tilsier at et prosjekt for å etablere hydrogenproduksjon også må omhandle hvordan man skaper et marked for hydrogenet.



Figur 2 – Strøm-til-arbeid effektivitet til hhv. batteri- og hydrogendrift av bil.

- **Bil**

Hydrogen er den fremste konkurrenten til batteridrift for nullutslippsbiler, men har til nå ikke hatt den samme raske veksten i utbredelse. En viktig årsak til dette er manglende fyllinfrastruktur, en annen er at de begrensede produksjonsvolumene ikke har gitt det samme prisfallet som en har sett for batterier. Hydrogen har imidlertid fordeler over batterier i at man enklere kan oppnå lang kjørelengde og at det trolig også vil være bedre egnet for store og energikrevende kjøretøy. Det finnes i dag to hydrogenbiler på det norske markedet, Hyundai ix35 ([hyundai.no](http://hyundai.no), pris fra rundt 500 000 kr) og Toyota Mirai ([toyota.no](http://toyota.no), pris fra rundt 600 000 kr). De fleste store bilprodusenter har hydrogenbiler under utvikling, men det er mye som tyder på at de dels avventer utviklingen innen utbygging av fyllinfrastruktur og tilgang på hydrogen og dels innen prisutvikling og økning i kjørelengder for batteridrevne elbiler. Med økende kjørelengder for batteridrevne elbiler (500 – 600 km), som man bl.a. ser i Teslas modell S og X og Fords Ampera-e, forsvinner noen av hydrogenbilers potensielle fordeler. Videre prisutvikling på hydrogenbiler vil være svært avhengig av produksjonsvolum, og det er derfor svært vanskelig å spå om både tilgang til hydrogenbiler og prisnivå på disse framover.



**Figur 3 – Toyota Mirai (Foto: Toyota)**



**Figur 4 – Hyundai ix35 Fuel Cell (Foto: Hyundai)**

Toyota oppgir et hydrogenforbruk på 0,76 kg/100km for Mirai. Med dagens hydrogenpris i fyllestasjoner på 90 kr/kg gir dette en drivstofføkonomi som er sammenlignbar med en moderne diesebil. Utsiktene for prisfall på hydrogen sees imidlertid som langs større enn for prisfall på fossile drivstoff, så på sikt bør det forventes at hydrogenbiler vil ha bedre drivstofføkonomi enn fossilbiler.

Gitt en daglig kjørelengde på 5 mil for en personbil betyr dette at det trengs et sted mellom 200 og 300 hydrogenbiler for å skape like stor etterspørsel etter hydrogen med bil som bussdrift på hydrogen vil skape på Smøla. Tilsvarende tall for Edøya – Sandvika ferga vil være i overkant av 2500 biler. Det gir seg derfor at en satsning på hydrogenproduksjon på Smøla ikke kan baseres på at biler skaper etterspørsel.

I den grad hydrogenrevne biler skal få fotfeste på Smøla er det vårt syn at dette bør komme som en konsekvens av en hydrogenutbygging snarere enn å være et middel for å skape etterspørsel etter hydrogen. Privatbiler på hydrogen vil neppe være aktuelt i nevneverdig omfang før fylleinfrastruktur er utbygd i større deler av Møre og Sør-Trøndelag. Yrkeskjøretøy som biler til hjemmesykepleie, taxi og lignende kan være mer aktuelt i den grad det finnes egnede hydrogenbiler på markedet.

- **Buss**

Hydrogenbusser har vært gjenstand for prøveprosjekter i snart 20 år. Det største prosjektet som har vært gjennomført skjedde i Vancouver i forbindelse med OL i 2010, hvor 20 busser til sammen kjørte mer enn 3 millioner kilometer (Post & Eudy, 2014). Prosjektet er i dag avsluttet og ble ikke videreført inn i ordinær drift på grunn av høye kostnader. Det mest omfattende hydrogenbuss-forsøket som pågår per i dag er i Aberdeen i Skottland, med 10 busser i drift. Dette startet opp i mai 2015, og i løpet av det første driftsåret ble det kjørt 730 000 km og brukt 35 000 kilo hydrogen. Teknisk tilgjengelighet for bussene var 90 % og for hydrogen-fylleanlegget 99.99 % (Ballard). Det er også store forventninger til Japans hydrogensatsing før OL i Tokyo i 2020. Her har foreløpig 350 millioner dollar blitt øremerket hydrogenprosjekter, men en målsetting om å blant annet ha 100 hydrogenbusser klare til OL. I en større europeisk studie fra høsten 2015 er det ventet at volumet av hydrogenbusser vil øke betydelig etter 2020, med et anslag på 8 800 hydrogenbusser i Europa i 2025 (Roland Berger, 2015).

Norges til nå eneste hydrogenbuss-prosjekt er i regi av Ruter i Akershus og Oslo, med 5 busser som har vært i drift siden 2012. Erfaringene her har vært noe blandet, med mye problemer med én av bussene og en del større utfordringer med fyllestasjonen. Problemene har imidlertid primært vært knyttet til leverandørkjeden på drift og vedlikehold, herunder svært lange leveringstider på reservedeler, og i liten grad teknologien. Det er likevel bred politisk enighet om at prosjektet er vellykket, og en forlengelse fram t.o.m. 2019 ble nylig vedtatt.



**Figur 5 – Ruter-hydrogenbuss ved fyllestasjonen på Rosenholm. Bussene er levert av belgiske Van Hool med 13 meter lengde, tre aksler og 37 sitteplasser. Hydrogen-lagringstankene er plassert under taket. (Foto: Van Hool)**

På Smøla kjøres det skoledager, som vil være dimensjonerende for forbruk, ca. 870 kilometer buss (se tabell). Det er en betydelig variasjon i anslag på hydrogenforbruk per kilometer for buss i litteraturen. I DNV GLs rapport *Hydrogen som energibærer på Vestlandet* opereres det med 0.1 kg/km, erfaringstall fra Oslo-prosjektet er i overkant av 0.13 kg/km og erfaringstall fra Vancouver-prosjektet i underkant av 0.16 kg/km. Antatt at teknologiutviklingen går i retning lavere forbruk per km og at hyppige stopp trekker opp forbruk vil det være rimelig å anta at hydrogenbusser på Smøla vil plassere seg i nedre del av dette intervallet. Antatt døgnforbruk av hydrogen til buss vil da ligge i området 90 kg – 120 kg, ukesforbruk i området 500 kg – 650 kg og årsforbruket i området 25 000 kg – 35 000 kg. Årlig reduksjon i CO<sub>2</sub>e-utslipp fra busstransport vil være i området 190 tonn gitt hydrogenproduksjon fra lokalprodusert fornybar energi. Det understrekes at tilsvarende reduksjoner i CO<sub>2</sub>e-utslipp også kan oppnås med batteribusser dr



Tabell 1 – Oversikt over busstrafikk på Smøla skoledager

Fra	Til	Avstand	Avganger	Sum
<b>Hopen</b>	Veiholmen	10 km	6	60 km
<b>Veiholmen</b>	Hopen	10 km	6	60 km
<b>Hopen</b>	Edøya (Øst)	34 km	5	170 km
<b>Edøya (Øst)</b>	Hopen	34 km	4	136 km
<b>Hopen</b>	Edøya (Vest)	46 km	4	184 km
<b>Edøya (Vest)</b>	Hopen	46 km	5	230 km
<b>Nordsmøla skole</b>	Hopen	3 km	1	3 km
<b>Innsmøla skole</b>	Hopen	27 km	1	27 km
<b>Sum</b>				<b>870 km</b>

Til tross for at hydrogenbuss-prosjektene fortsatt ligger innenfor kategorien forsøks- eller forskningsprosjekter er det klare tegn til at teknologien begynner å modnes. Det finnes i dag for eksempel en rekke tilbydere av hydrogenbusser, inkludert tunge aktører som Daimler-Benz, Ford, Hyundai, Skoda og Toyota. Prismessig koster hydrogenbusser anslagsvis det dobbelte av en tilsvarende dieselbuss. Framtidige prisreduksjoner er ventet å avhenge av økte produksjonsvolum. Veksten i dette begrenses i dag i stor grad av kostnader og tekniske utfordringer forbundet med etablering av infrastruktur for fylling og distribusjon av hydrogen.

- **Ferge**

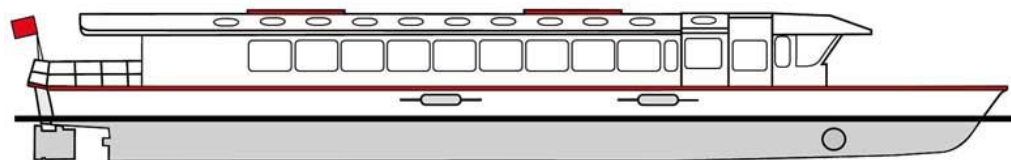
Drift av ferger er et bruksområde som ofte trekkes fram for hydrogen. Ferger drives i dag normalt av marine gas oil (MGO), en variant av diesel. Tre hovedgrunner til at hydrogen kan være interessant for ferger er at energiforbruket (og dermed drivstoffbehovet) er høyt, at de beveger seg i dedikerte samband over et begrenset geografisk område og at det offentlige har betydelig påvirkningsmuligheter på teknologivalg gjennom anbudsprosesser. Dette gjør at ferger vil kunne være et godt egnet middel til å skape et forutsigbart marked for til dels betydelig kvanta hydrogen.

Som for andre transportmidler er elektrisk drift med batterilagring det mest energieffektive alternativet også for ferger. Energibehovet til ferger tilsier imidlertid at elektrisk drift med batteri krever hyppige ladinger hvis ikke batteriene skal bli uforholdsmessig store og tunge. Dette kan være en utfordring ved lange overfarter, hyppige avganger, korte vendetider som vanskeliggjør lading eller begrenset effekttilgang ved kai. På denne typen fergestrekninger kan hydrogen være et godt alternativ til batterier for fullelektrisk fergedrift. Bruk av hydrogen i skip trekkes også ofte frem som et industriutviklingsprosjekt for å videreutvikle norsk teknologisk forsprang innen maritim sektor. Nullutslippskrav i offentlige anbud er en av måtene det offentlige kan støtte opp om dette uten å handle i strid med EU-regelverk om statlig subsidiering.

Per i dag finnes det ingen hydrogendrevne bilferger i drift, men det finnes noen andre ski som går på hydrogen eller hydrogen i kombinasjon med batterier eller diesel. Størst per i dag er supplybåten Eidesvik Viking Lady (VikingLady) fra 2009 som drives av en kombinasjon av batteri (500 kW), hydrogen (330 kW brenselcelle) og en dual-fuel forbrenningsmotor som kan ta både LNG og diesel. Et annet eksempel med stor relevans for en framtidig hydrogenferge er det tyske ZEMship (Zero Emission ship), som var verdens første passasjerbåt drevet av hydrogen. ZEMship drives av to 48 kW brenselceller med en hydrogen-lagringskapasitet på 50 kilo og har kapasitet til 100 passasjerer. Området hvor teknologien for bruk av hydrogen i skip har kommet lengst er for bruk i ubåter, hvor blant annet Tysklands type 212 og 214 og Russlands Lada-klasse kan drives på 100 % hydrogen. En type 212-ubåt har verdensrekorden for lengste sammenhengende dykk av en ikke-atemdrevet ubåt med 16 dager, noe som viser potensialet hydrogen har for bruksområder hvor lang driftstid mellom lading/fylling er av stor verdi. Hydrogen til ubåter vil åpenbart ikke bli noe stort marked, men det viser mulighetene som ligger i teknologien når økonomi er underordnet. Det pågår i dag to konkrete og tidfestede prosjekter mot utvikling av hydrogenferger, et i regi av norske Fiskerstrand med partnere og et i regi av et fransk konsortium. Begge har som mål å utvikle en fullskala hydrogenferge innen utgangen av 2020.



**Figur 6 – Eidesvik Viking Lady. Supplybåt drevet av batteri, hydrogen og dual-fuel forbrenningsmotor (LNG eller diesel). (Foto: Eidesvik.no)**



**Figur 7 – ZEMship. Skip for passasjertransport som trafikkerer havnen i Hamburg. (Illustrasjon: alstertouristik.de)**

Smøla er forbundet med fastlandet via fergestrekningen Edøya – Sandvika med lengde 6070 meter. På hverdager kjøres det 19 t/r, noe som samlet utgjør rundt 230 km/dag. Strekningen trafikkeres i dag av en ferge med kapasitet 50 personbil-enheter (PBE) og servicefart ca. 13 knop. Fergestrekningen drives på en kontrakt som utløper 31.12.2019. Eksakt drivstofforbruk er konkurransesensitiv informasjon og derfor ikke åpent tilgjengelig. Fra tall i rapporter fra bl.a. DNV-GL (DNV-GL 2016) og Statens Vegvesen (Statens Vegvesen 2016) er det likevel mulig å gi noen estimater på hydrogenforbruk og CO<sub>2</sub>e-reduksjon ved overgang til hydrogen. DNV oppgir et antatt døgnforbruk av hydrogen for ferger på Vestlandet til å ligge et sted mellom 0,5 og 7 tonn, avhengig av størrelse på ferge og samlet kjørelengde. Dette tilsvarer et MGO-forbruk fra i underkant av 2 tonn og opp til 20 tonn. Edøya – Sandvika er en forholdsvis liten ferge med kort overfart, og det anses derfor som rimelig at døgnforbruket av hydrogen vil ligge et sted mellom 500 kilo og 1 tonn. Dette tilsvarer et årsforbruk på rundt 180 - 350 tonn hydrogen. Det understrekes at tallene er gjenstand for store usikkerheter da det per i dag ikke finnes driftserfaringer med hydrogenferger av denne størrelsen. Forbrenning av MGO har et CO<sub>2</sub>-utslipp på 2,72 tonn/m<sup>3</sup>. Ved en overgang til hydrogen produsert fra

lokal fornybar energi vil dette bety en reduksjon i CO<sub>2</sub>e-utslipp på i underkant av 2000 tonn per år. Årlig reduksjon i NO<sub>x</sub>-utslipp vil ligge i området 20 - 30 tonn.

Også for ferge vil batteridrift kunne være et alternativ som gir de samme fordelene mht. utslippskutt. For at batteridrift på Edøya – Sandvika skal være et praktisk godt alternativ fordrer imidlertid at ladetiden ved kai kan gjøres så kort at ferga kan opprettholde faste timesruter, det vil i praksis si en ladetid på rundt 8 minutter eller kortere. Et annet alternativ vil være hybrid batteri-hydrogen drift. Hydrogenet vil i et slikt system utgjøre et supplerende energilager for batteriet, og muliggjøre mindre og lettere batterier eller kortere ladetider.

- **Hurtigbåt**

Også hurtigbåter kan tenkes kjørt på hydrogen, og for hurtigbåter med lengre kjørelengde og korte liggetider vil hydrogen utgjøre det eneste alternativet for å oppnå nullutslippsdrift. På vegne av NO<sub>x</sub>-fondet har Selfa utarbeidet en rapport hvor de har sett på mulighetene for å kjøre hurtigbåtene i Sør-Trøndelag (inkludert Trondheim – Kristiansund) på hydrogen framfor diesel. Rapporten er foreløpig upublisert, men hovedkonklusjonene ble gjengitt i en artikkel i Teknisk Ukeblad 1. januar (Teknisk). Hurtiggående båter har svært høyt drivstofforbruk, og i rapporten vises det at de seks hurtigbåtrutene i Sør-Trøndelag alene har et årlig drivstofforbruk tilsvarende alle fylkets busser, cirka 86 000 tonn diesel. Trondheim – Brekstad er brukt som en eksempelstudie, hvor det foreslås en batteri-hydrogen hybrid-løsning. Det understrekes imidlertid at teknologien som kreves til båten ikke er kommersielt moden, men det antas at den vil bli det i kjølvannet av hydrogenferge-satsningene.

Tidshorizonten for en hurtigbåt drevet av hydrogen bør antas å være betydelig lenger enn for ferge, og på grunn av det store drivstofforbruket gjenstår det utfordringer bl.a. knyttet til hydrogenlagring om bord og fylling. En hurtigbåt drevet på hydrogen vil trolig kreve enten lagring av flytende hydrogen eller betydelig lenger liggetid under fylling enn det som inngår i dagens ruteplan på Smøla.

- **Annen skipstrafikk og havbruk**

Mulighetene for bruk av hydrogen i skip begrenser seg ikke til ferge. Som vist med eksempler i delkapittel «Ferge» over er en rekke andre skipstyper egnet for hydrogendrift, og for enkelte har utviklingen også kommet lenger enn den har for ferge (fullskala-implementering). De største forskjellene, og også årsaken til at ferge her blir trukket fram som mest interessant, er mulighetene det offentlige har til å påvirke og legge føringer, samt den begrensede aksjonsradien til ferger som forenkler og reduserer behovet for infrastrukturbygging.

På kort sikt vil det mest aktuelle for Smøla sin del være båter tilknyttet havbruksnæringen, som arbeidsbåter, brønnbåter og fôrbåter, fôrlåter samt fiskebåter.

Til tross for at det for eksempel finnes el-sjarker i drift (se for eksempel Fiskaren 2. november 2015), gir dagens batteriteknologi begrenset driftstid (2 timer fiske + 45 min. transport i eksempelet i Fiskaren). For arbeidsbåter og fiskebåter i drift hele dagen, og brønn- og fôrbåter som både er betydelig større og i drift mesteparten av døgnet vil det derfor være vanskelig å få til fullgode nullutslippsløsninger basert på batteridrift alene. Her kan hydrogendrevne båter eller batteri-hydrogen-hybrider utgjøre et godt alternativ som forener batteridrifts fordeler mht. arbeidsmiljø og støy med mulighet for nullutslippsdrift. Hydrogenforbruk vil avhenge av type båt, fremføringshastighet, driftstid med mer, men antas å ligge fra rundt 25-50 kilo/døgn for arbeidsbåter til opp mot 1000 kilo/døgn for større brønn- og fôrbåter. En fôrflåte ventes å ha et hydrogenforbruk på 80 – 120 kilo/døgn.



**Figur 8 – El-sjarken Karoline. Selfa Arctic EI-Max 1099 (Foto: Siemens)**

På lenger sikt kan det også ligge muligheter i annen skipstrafikk som offshore supply, gods og passasjertrafikk utover ferger (cruise, hurtigruten). Dette er alle bruksområder hvor det pga. stort energiforbruk ikke er mulig å få til nullutslippsdrift basert på batterier alene, men hvor nullutslipp kan oppnås med hydrogen eller batteri-hydrogen hybrider. Størrelsen på dette potensielle markedet er vanskelig å anslå, og usikkerhetene både mht. teknologiutvikling, tid, politikk og regelverk vil være store. DNV-GL estimerer i rapporten «Hydrogen som energibærer på Vestlandet. Mulighetsstudie 2016» (DNV-GL 2016) at potensialet for hydrogen i nærskipfart på Vestlandet i 2030 vil ligge på 1750 tonn/år. Dette tilsvarer et energiforbruk i produksjon på drøy 100 GWh, snaut 1/3 av årsproduksjonen fra vindparken på Smøla.

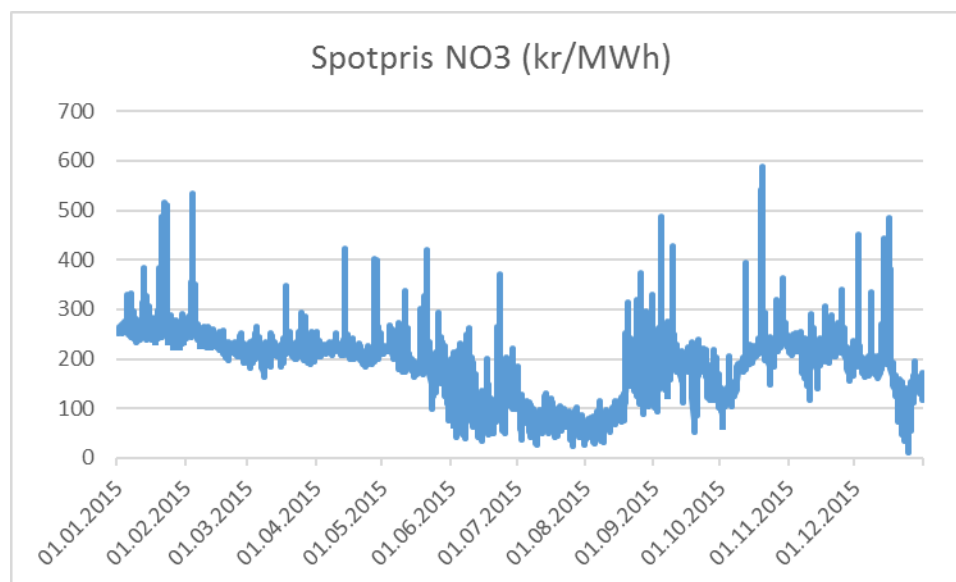
### ○ Eksport

Med eksport menes her at hydrogen produseres på Smøla for så å eksporteres til fastlandet på bil, båt eller via rørledning. Transport av hydrogen er forholdsvis kostbart, og det finnes per i dag ikke etablerte markeder for hydrogen andre steder på Nordmøre. Ved produksjon av mindre kvanta hydrogen for lokal bruk er det vanskelig å se hvorfor det ikke skal være mer hensiktsmessig å gjøre det basert på lokale energiresurser. På kort sikt anses derfor mulighetene for hydrogeneksport fra Smøla som små. På lengre sikt kan det være mulig å se for seg storstilt hydrogenproduksjon og eksport basert på vindkraft på Smøla, men dette vil kreve betydelige investeringer og et langt mer velutviklet marked enn hva som i dag er tilfellet.

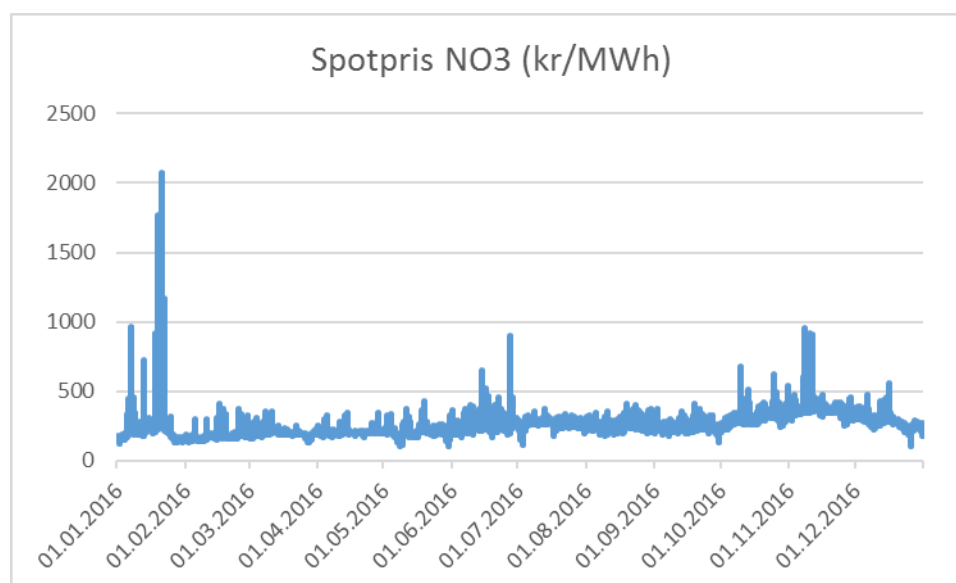
### ○ Balansekraft

Et mulig bruksområde for hydrogen er storskala energilagring og tilbake-konvertering til elektrisk strøm. I korthet vil dette fungere slik at man produserer og lagrer hydrogen når strømprisen er lav eller overføringskapasiteten i nettet er utilstrekkelig, for så å bruke det lagrede hydrogenet til å produsere strøm når strømprisen er høy og nettet har kapasitet. Denne løsningen vil ha fordeler både i det at den bidrar til å stabilisere kraftsystemet både på tilbuds- og etterspørselssiden, og at markedet for hydrogen alt ligger innbakt og det derfor ikke er nødvendig å skape et eksternt marked (for eksempel innen transport). Det er imidlertid ikke noe som utelukker at en slik løsning kan kombineres med salg av hydrogen.

Hovedutfordringen ved en slik løsning vil være å få til positiv økonomi. Skal denne typen anlegg gi mening vil det kreve stor kapasitet både på produksjon og lagring, noe som vil innebære store investeringer. Grovt regnet går det med cirka 3,5 kWh strøm for hver kWh strøm produsert fra hydrogenlagringen. Prisen for strømmen som produseres fra hydrogen må derfor være 3,5 ganger høyere enn strømprisen som ble brukt til å produsere hydrogen for å få råvarekostnadene til å gå opp i opp, og på toppen av dette kommer påslag for å dekke investering-, drift- og vedlikehold av anlegget. Som det framgår av figurene 9 og 10 er det enkelttimer hvor strømprisene er hhv. lave nok og høye nok til å få dette regnestykket til å gå opp, og januar 2016 er det enkelttimer hvor inntektene fra et hydrogen-balansekraft anlegg ville være over 300 000 NOK/timen, men per i dag vil ikke et slik anlegg få høy nok brukstid til å kunne svare seg.



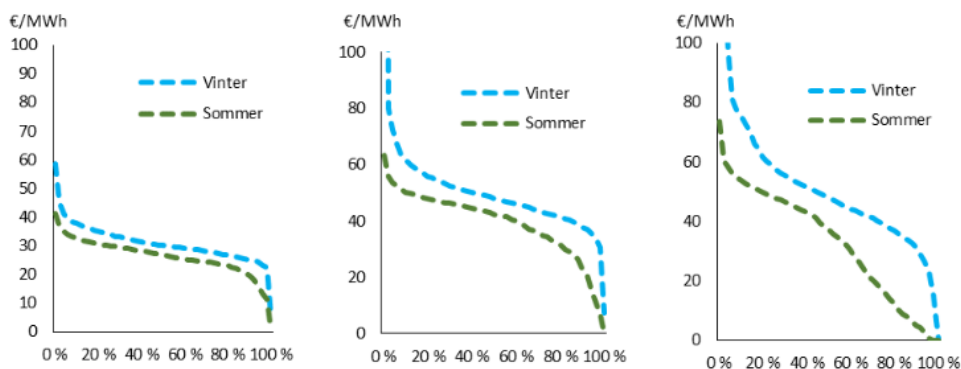
**Figur 9 – Spotpris (netto uten avgifter) for strøm i NordPools region NO3 i 2015. Gjennomsnittspris for året var 190 NOK/MWh.**



**Figur 10 – Spotpris (netto uten avgifter) for strøm i NordPools region NO3 i 2016. Gjennomsnittspris for året var 266 NOK/MWh.**

I Statnett sin *Langsiktig markedsanalyse for Norden og Europa 2016 – 2040* (Statnett 2016) pekes det på at man framover vil få en økning i prisvolatiliteten mot 2040. Hovedårsakene til dette oppgis som økt prissmitte fra kontinentet (grunnet økt overføringskapasitet), lavere nordisk kapasitetsmargin (mindre differanse mellom maksimal produksjon og maksimalt forbruk) og flere timer hvor sol-, vind- og kjernekraft dekker hele forbruket. Økt prisvolatilitet vil øke

mulighetene for økonomi i balansekraft i hydrogen. Likevel vil andelen regulerbar vannkraft i Norden fortsatt vil være stor, og overføringskapasiteten til kontinentet fortsatt utgjøre en begrensning for prissmitten. Resultatet av dette vil være at lønnsomheten i et hydrogen-balansekraft anlegg vil være bedre i for eksempel Storbritannia og Tyskland enn i Norge.



**Figur 11 – Forventet prisvolatilitet i hhv. 2020, 2030 og 2040 fra Statnetts Langsiktige markedsanalyse for Norden og Europa 2016 – 2040. Figurene viser forventning om en klar økning i strømpris mot 2030, og flere timer med enten veldig lave priser eller veldig høye priser. (Figur: Statnett)**

#### ○ Lokalisering

Lokalisering av et hydrogenanlegg vil naturlig nok avhenge av tiltenkt bruksområde for hydrogenet, men også av planlagt produsert volum og om lokaliseringen muliggjør kjøp av strøm uten nettleie. DNV-GL definerer fire hovedkriterier for plassering av småskala hydrogenanlegg (< 5 MW), som er det som i første omgang vil være mest aktuelt for Smøla:

- Nærhet til store potensielle forbrukere
- Nærhet til de største tettstedene
- Knutepunkter i infrastruktur (på sjø og land)
- Tilgjengelig el-infrastruktur

Punktet om nærhet til de største tettstedene er knyttet til potensialet for bruk av hydrogen i biler, og kan sees bort ifra hvis man antar at dette på kortere sikt er lite relevant på Smøla. Lokalisering blir da et spørsmål om nærhet tiltenkt forbruker og tilstrekkelig tilgang til rimelig strøm (råvarepris). I den grad det ikke er mulig å forene disse to hensynene, enten med hverandre eller med tilgjengelige arealer og lignende, vil lokalisering kunne sees som en økonomisk avveining mellom strømpris og transportkostnader. Et annet element av betydning for lokaliseringen er at elektrolyseprosessen produserer varme som et bi-produkt (temperatur fra 60 – 90 grader avhengig av teknologi). En lokalisering som muliggjør utnyttelse av restvarmen vil bidra positivt til økonomien. Eksempler på dette kan være oppvarming i settefiskproduksjon vinterstid, undervarme i idrettsanlegg, svømmehall eller vannbåren varme i bygg.



Et annet viktig spørsmål som vil være styrende for lokalisering er valg av teknisk løsning for fylling av hydrogen på ferge og evt. andre båter/skip. Ved en fyllestasjon-løsning à la bensinstasjon vil dette legge sterke føringer på lokalisering, ved en løsning hvor hydrogen fylles på tank på land og tanken heises om bord vil lokaliseringen være mer fleksibel. Førstnevnte løsning har fordeler i at den eliminerer et mellomledd og at den muliggjør både direkte fylling og fylling på tank, sistnevnte at lokaliseringen blir mer fleksibel og at utgiftene til fyllestasjonen kan bli lavere. For begge løsninger må fordeler og ulemper veies opp mot evt. transportkostnader og strømpris, og i tilfellet ferge kan lokalisering neppe sees isolert fra teknologivalg i bygging/utvikling av fergen.

Hvis det på lenger sikt blir aktuelt med storskala hydrogenproduksjon for skipsfart og eksport vil dette kreve mulighet for lagring og tanking av flytende hydrogen. Det vil da være snakk om et anlegg med betydelig arealbehov og nærhet til havn (minimering av transportbehov) vil være av stor betydning.

## Del 4 - Ringvirkninger for Smøla

Mulige positive ringvirkninger av en hydrogensatsing på Smøla vil fordele seg på omdømme, direkte arbeidsplasser og muligheter for næringsutvikling.

En mulig omdømmegevinst er knyttet til profilering av Smøla som et grønt og innovativt lokalsamfunn. En hydrogensatsing kan sees som en forlengelse av vindkraftsatsingen, hvor fokus dreies fra storskala kraftproduksjon over mot lokal desentral produksjon og bruk av fornybar energi. En hydrogensatsing kan også bidra til å profilere Smøla som et foregangssamfunn for grønn transport i rurale områder. Spesielt bruk av hydrogen i maritime næringer, som hydrogendrevet ferge eller akvakultur-båter, vil være høyt profilerte prosjekter som vil vekke betydelig interesse i både innland og utland.

Med utgangspunkt i et hydrogenproduksjonsanlegg med kapasitet 1000 kilo/døgn vil anleggsfasen generere noe lokal aktivitet, primært i form av grunnarbeider og elektrisk, men omfanget vil være begrenset. Utstyret vil måtte kjøpes eksternt, og det bør også forventes at det er behov for noe ekstern ekspertise til montering. Estimert årlig kostnad til drift- og vedlikehold 1 million, men det antas at en betydelig del av dette består av reservedeler. Potensialet for arbeidsplasser i salg, transport og fylling av hydrogen vil avhenge av plassering av anlegget, bruksområde/ kundegruppe, valg av fyllingsløsning med mer. Et anlegg av større skala, for eksempel med tanke på hydrogen til maritim næring eller eksport av hydrogen på lenger sikt, vil gi betydelig mer aktivitet både i byggefasen og i driftsfasen.

På kortere sikt anses det største potensialet for næringsutvikling til å ligge innen bruk av hydrogen i havbruksnæringen. Uavhengig av bruksområde vil en hydrogensatsing gi førstehåndserfaring med teknologien og muligheter til å knytte nettverk mot forsknings- og kompetansemiljøer. Som det er beskrevet tidligere i rapporten utgjør hydrogendrift per i dag det eneste reelle alternativet for nullutslippsdrift av båter og skip som ikke går i fast rutedrift med kort overfartstid. Vi ser det som svært sannsynlig at markedet for denne typen båter og skip vil øke framover. Dette vil for eksempel gi muligheter for å utnytte erfaringer med hydrogen og hydrogenteknologi til å utvikle fiske- eller arbeidsbåter med nullutslipp, eller tilby ombygging av eksisterende båter. Vi ser det også som sannsynlig at tilgang på hydrogen kan bidra til utviklingsprosjekter innen bl.a. havbruk og fiske, og bidra til å heve aktivitetsnivået i disse næringene.

Storskala-produksjon av hydrogen til maritim næring eller eksport vil generere betydelig havneaktivitet og gjennom dette både generere arbeidsplasser og inntekter. Storskala-produksjon vil også kunne gi et betydelig bidrag til videre opprettholdelse av vindkraft i industriell skala på Smøla. Det må imidlertid understrekes at tidsperspektivet i markedsutviklingen et slikt scenario bygger på er svært usikker.

## ○ **Støtteordninger**

På grunn av begrenset utbygd infrastruktur med påfølgende lave produksjonsvolum av både elektrolyser og brenselceller er kostnadene forbundet med hydrogen i dag høye. Det gjenstår også en betydelig utvikling av standarder og regelverk før hydrogen i transport er moden teknologi. Dette kombinert med de positive miljøvirkningene teknologien kan gi innebærer at det finnes en rekke incentiv- og støtteordninger som passer til hydrogenprosjekter.

- **ENOVA** ([www.enova.no](http://www.enova.no))

ENOVA forvalter støtteordninger for reduksjon av utslipp i transportsektoren. Det er mulig å søke støtte både til prosjekter som reduserer energibruk, til energiproduksjon og til utvikling og testing av ny energi- og klimateknologi. Enova har de siste årene hatt et sterkt fokus på maritim sektor, og vært inne med betydelig midler i en lang rekke landstrøm- og nullutslippsprosjekter. Blant annet har Enova støttet Hordaland fylkeskommunes satsning på null- og lavutslippsferger med 133,6 millioner kroner og Hurtigruta sin satsning på hybridskip med 45,1 millioner kroner. På Enova-konferansen 2017 31. januar vil Enova lansere en ny støtteordning for investeringer i ny energi- og klimateknologi i transport. Enova har også en egen støtteordning rettet mot infrastruktur til kommunale og fylkeskommunale transporttjenester.

- **NOx-fondet** ([nho.no/nox](http://nho.no/nox))

NOx-fondet er et spleiselag der medlemmene av 15 næringsorganisasjoner har gått sammen om en egen tiltakspakke for å redusere NOx-utslipp. NOx-fondet springer ut fra Miljøavtalen 2011-2017, som i korthet innebærer at virksomheter tilsluttet avtalen får fritak for ordinær NOx-avgift mot at de tar på seg forpliktelsene som ligger i avtalen. Alle norske fergeoperatører er omfattet av avtalen, men for at ferger skal kunne søke om støtte må de ha en samlet motoreffekt over 750 kW, da dette er grensen som utløser NOx-avgiftsplikt. Ferga som i dag trafikkerer Edøya – Sandvika MF Edøyfjord har en samlet installert motoreffekt på 1816 kW og vil dermed være støtteberettiget. Basert på beregningene av en antatt NOx-reduksjon på mellom 15 og 30 tonn/år vil dette innebære et støttebeløp mellom 7,5 og 15 millioner kroner (500 kroner/kilo reduksjon).

- **Forskningsrådet** ([forskingsradet.no](http://forskingsradet.no))

Forskningsrådet administrerer en lang rekke programmer rettet mot klima-, miljø- og energiteknologi. Tre av de mest relevante programmene for forsknings- og utviklingsaktiviteter knyttet til en hydrogensatsning vil være ENERGIX (energiteknologi, inkludert hydrogen- og batteriteknologi), MAROFF (innovasjon og miljøvennlig verdiskapning i maritime næringer) og TRANSPORT2025 (forskning og innovasjon innen transportområdet). For havbruksnæringen kan også programmet HAVBRUK (kunnskap og løsninger for sosialt, økonomisk og miljømessig bærekraftig vekst i norsk havbruk) være relevant. Forskningsrådet har også en lang rekke mer generelle programmer rettet mot innovasjon i offentlig- og privat sektor som kan være aktuelle.

- **Innovasjon Norge** ([innovasjonnorge.no](http://innovasjonnorge.no))

Innovasjon Norge forvalter ordninger primært rettet mot å øke innovasjon i norsk næringsliv, men blant annet bærekraft, maritim næring og havbruk er alle utpekt som satsningsområder. Miljøteknologiordningen til Innovasjon Norge er rettet spesielt mot utvikling og demonstrasjon av miljøteknologiske løsninger med overføringsverdi til andre steder eller bruksområder og kommersielt potensiale. Nullutslippsløsninger i maritim sektor har de siste årene fått betydelige tilskudd gjennom ordningen, deriblant utviklingen av batterifergen Ampere.

- **Nytt CO2-fond?**

Som en del av forliket om statsbudsjett for 2017 ble det vedtatt følgende:

*«Stortinget ber regjeringen igangsette en prosess med berørte næringsorganisasjoner om etablering av en miljøavtale med tilhørende CO<sub>2</sub>-fond. Det legges til grunn at fondet sikres tilstrekkelige inntekter gjennom en opptrapping av CO<sub>2</sub>-avgiften for berørte næringer og at finansieringen er på plass innen 2020. Det er et mål at fondet skal bidra til å kutte klimagassutslippene med 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter årlig innen 2030. Regjeringen rapporterer om prosess, innretning og mulig tidsløp for etablering av et slikt fond i revidert nasjonalbudsjett 2017.»*

Fondet er tenkt å følge modellen til NOx-fondet. Tidspunkt for eventuell innføring og økonomisk innretning er foreløpig ikke kjent, men for et nullutslipps-fergeprosjekt (estimert reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp opp mot 2000 tonn/år) som faller inn under ordningen vil det trolig kunne gi betydelig støtte.

## Del 5 - Konklusjoner

Denne rapporten har tatt sikte på å belyse muligheter og potensiale i en hydrogensatsing på Smøla, og legge grunnlaget for et eventuelt mer omfattende prosjekt mot realiseringen av en slik satsing. Hovedmålet har vært å så godt det lar seg gjøre besvare de tre spørsmålene stilt innledningsvis:

1. Hva slags teknologi trengs for hydrogenproduksjon, og finnes den på markedet?
2. Hvem er mulige kunder?
3. Hvilke positive lokale ringvirkninger kan en hydrogensatsing gi?

En hydrogensatsing vil kreve en elektrolyse, en lagringsmulighet for hydrogen og infrastruktur for transport og distribusjon av hydrogen. Detaljene i valg av disse vil avhenge av utsiktene til forbruk, men etter vår mening vil et anlegg med produksjon 1000 kilo/døgn være en god pekepinn. Dette er teknologi som finnes fra norske leverandører med en samlet kostnad i området 20 – 25 millioner NOK.

På kort til mellomlang sikt framstår det som klart at mulige kunder primært finnes innen ulike former for transport. Som det har blitt beskrevet i denne rapporten er hydrogen til bruk i transport fortsatt en forholdsvis ung teknologi, men det er bred enighet om at potensialet er stort. Hydrogen har sine største fortrinn til bruksområder som krever mye energi, som båter/skip og tyngre kjøretøy. Bussproduksjonen på Smøla er for begrenset til å utgjøre et selvstendig kundegrunnlag, og det vil derfor være naturlig å i første rekke fokusere på maritime bruksområder. Både ferge, ulike båter innen havbruksnæringen og fiskebåter vil være mulige kunder. På grunn av stort forbruk, liten aksjonsradius som minimerer behovet for fylleinfrastruktur og påvirkningsmuligheter gjennom offentlige anbud peker ferga Edøya – Sandvika seg ut som en foretrukket kunde. Denne fergestrekningen alene vil skape tilstrekkelig kundegrunnlag for hydrogenproduksjon i det som i dag omtales som industriell skala.

Internasjonalt er det en betydelig interesse for bruk av hydrogen som energilagring til balansekraft, men dette anses som et lite realistisk scenario for Norge de neste par-tre tiårene på grunn av vannkraftens reguleringssevne som virker stabiliserende på strømprisene. Et hydrogenbasert balansekraft-anlegg vil kreve svært store investeringer, og lønnsomheten vil være bedre i markeder som Tyskland og Storbritannia.

På kortere sikt vil en hydrogensatsing generere noe aktivitet knyttet til bygging, drift og vedlikehold av anlegget, men omfanget av dette vil være begrenset. Verdien for Smøla ventes å være større med tanke på omdømme som grønt og innovativt lokalsamfunn samt at muligheten til førstehåndserfaring med hydrogenteknologi vil gi muligheter for nærings- og tjenesteutvikling innen maritime næringer og havbruksnæringen. Et mål med en hydrogensatsing på Smøla bør være å høste erfaringer og bygge nettverk innenfor bruk av en teknologi som etter vårt syn vil bli viktigere og viktigere framover. Som det har blitt nevnt flere ganger i rapporten finnes det per i dag ikke andre alternativer enn hydrogen til nullutslippsdrift av energikrevende transportmidler over lengre avstander.

På lengre sikt ligger det etter vårt syn store muligheter innen storskala produksjon av hydrogen til bruk i skipstrafikk, og muligens også til eksport. Markedsutviklingen, og med det tidsaksen, i disse mulighetene er imidlertid svært usikker. En hydrogensatsing av begrenset omfang vil kunne bidra til en strategisk posisjonering av Smøla for å senere kunne utnytte muligheter som oppstår uten at kostnader eller risiko blir uforholdsmessig store.

- **Veien videre**

Det er vårt syn at førsteprioritet i videre arbeid bør være å få ferga Edøya – Sandvika over på hydrogendrift. Møre og Romsdal fylkeskommune har som en del av prosjektet HYBRIDskip varslet at de vil stille en fergestrekning til disposisjon for pilot av en hydrogenferge fra 2021, denne bør trafikere Edøya – Sandvika. Hydrogenforbruket fra fergestrekningen vil alene danne tilstrekkelig kundegrunnlag til et hydrogenproduksjonsanlegg av industriell skala. Dette vil både gi sikker tilgang på hydrogen til andre, mindre forbrukere og slik redusere risikoen i initiativer for å få til for eksempel hydrogendrevne arbeids- eller fiskebåter, og det vil gi muligheter for erfarings- og nettverksbygging. Valg av fergestrekning til hybridpilot vil i siste instans være en politisk avgjørelse, men det bør forventes at det vil bygge på en grundig prosess hvor samferdselsavdelingen i fylket har betydelig innflytelse. De fremste argumentene for valg av Edøya – Sandvika vil være tilgang på lokalt produsert fornybar energi. Jfr. Statens Vegvesen vil hydrogen produsert med strøm fra kraftnettet ha et CO<sub>2</sub>e-utslipp på 117 g/kWh (Statens Vegvesen 2016), dette kan reduseres betydelig hvis andelen lokalprodusert fornybar energi som brukes i hydrogenproduksjonen gjøre så høy som mulig. Et annet argument for Smøla er at det ved å benytte lokalprodusert strøm kan være mulig å få redusert strømkostnadene gjennom reduksjon eller bortfall av nettleie. Dette vil gi store bidrag til bedre drivstofføkonomi.

Som et alternativ, eventuelt parallelt med dette, mener vi det bør jobbes opp mot havbruksnæringen for å få til en pilot på en hydrogendrevet arbeidsbåt el.l. Som det er vist tidligere i rapporten gir hydrogen best økonomi hvis man har kunder til både hydrogen, oksygen og restvarme. I settefiskproduksjon har man behov for de to sistnevnte. For å redusere risikoen for enkeltaktører bør det vurderes om det er muligheter for at flere aktører går sammen om et felles prosjekt og deler utgifter og erfaringer. Graden av nyskapning i et slikt prosjekt antas også å være så høy at det vil ha potensiale til å utløse betydelig støtte.

Smøla, 28. februar 2017

Nasjonalt Vindenergiser AS ved Pål Preede Revheim og Thomas Bjørdal

## Kilder

Ballard, Case Study – Fuel Cell Zero-Emission Buses for Aberdeen, Scotland,  
[http://ballard.com/files/PDF/Bus/Aberdeen\\_case\\_study.pdf](http://ballard.com/files/PDF/Bus/Aberdeen_case_study.pdf)

DNV-GL 2016, Hydrogen som energibærer på Vestlandet. Mulighetsstudie.

Fiskaren 2. November 2015, <https://fiskeribladetfiskaren.no/nyheter/?artikkel=43579>  
[hyundai.no/modeller/hyundai-fuel-cell](http://hyundai.no/modeller/hyundai-fuel-cell)

Nasjonal Transportplan 2018-2029, Grunnlagsdokument,  
[http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner/2018-2029/Plangrunnlag/\\_attachment/1215451/binary/1108802?ts=154a51c1a38](http://www.ntp.dep.no/Nasjonale+transportplaner/2018-2029/Plangrunnlag/_attachment/1215451/binary/1108802?ts=154a51c1a38)

Post, L & M Eudy 2014, BC Transit Fuel Cell Bus Project Evaluation Results: Second Report,  
<http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62317.pdf>

Roland Berger 2015, Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe,  
 Roland Berger for FCH JU, oktober 2015,  
[http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/150909\\_FINAL\\_Bus\\_Study\\_Report\\_OUT\\_0.PDF](http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/150909_FINAL_Bus_Study_Report_OUT_0.PDF)

Statens Vegvesen 2016, Energieffektiv og klimavennlig ferjedrift. Etatsprogram Lavere energibruk i Statens Vegvesen (LEIV). 2013-2017.

Statnett 2016, Langsiktig markedsanalyse Norden og Europa 2016 – 2040,  
<http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Nyheter%20-%20vedlegg/Nyheter%202016/Langsiktig%20markedsanalyse%20Norden%20og%20Europa%202016%E2%80%932040.pdf>

Stortingsmelding 25 (2015-2016) – Kraft til endring — Energipolitikken mot 2030

Strategisk næringsplan for Smøla 2011-2023

[toyota.no/world-of-toyota/articles-news-events/2014/mirai.json](http://toyota.no/world-of-toyota/articles-news-events/2014/mirai.json)

VikingLady, [www.vikinglady.no/](http://www.vikinglady.no/)

ZEMship,  
[http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Zemships\\_Brochure\\_EN.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Zemships_Brochure_EN.pdf)

Teknisk, Batteri og brenselcelle kan kutte utslipp fra hurtigbåter, Teknisk Ukeblad på nett 1. Januar 2017,  
[https://www.tu.no/artikler/batteri-og-brenselcelle-kan-kutte-utslipp-fra-hurtigbater/366391#cxrecs\\_s](https://www.tu.no/artikler/batteri-og-brenselcelle-kan-kutte-utslipp-fra-hurtigbater/366391#cxrecs_s)