

# Brenselcellesystem som fremdriftsmiddel

**Laget av Kristian Ohma.**



## Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag .....	3
2. Hva er en brenselcelle? .....	4
2.1 Virkemåten til en brenselcelle:.....	4
3. Hydrogen .....	5
3.1 Hvordan produseres hydrogen?.....	6
3.2 Hvordan virker egentlig en hydrogenbil? .....	6
4. Drøfte fordeler og ulemper ved et brenselcellesystem. ....	7
4.1 Fordeler ved et brenselcellesystem som fremdriftssystem .....	7
4.1.1 Virkningsgrader .....	8
4.2 Ulemper ved et brenselcellesystem .....	9
5. Miljøgevinster ved bruk av brenselceller. ....	10
5.1 Hva er transportseksjonens rolle for å redusere klimautslippet?.....	10
5.2 Konsekvenser av global oppvarming .....	11
6. Hvordan ser fremtiden ut? .....	12
6.1.....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>

## 1. Sammendrag

Oppgaven gikk ut på at jeg skulle demonstrere et enkelt brenselcellesystem og forklare dens virkemåte. Jeg skulle også se på fordeler/ulempene ved bruk av brenselceller i fremdriftssystem. Til slutt skulle jeg se på hvilke miljøgevinster brenselceller hadde.

Bakgrunnen for at jeg valgte denne oppgaven var fordi jeg synes det er spennende med brenselcelle og det er spennende å lære om fremtiden. For det er liten tvil om at fremtiden er grønn, og at det er dette som blir å satse på i fremtiden i næringslivet generelt.

Gjennom den individuelle oppgaveskrivingen har jeg lært mye om brenselceller og hvordan vi kan bruke dette i fremtiden. Jeg har også lært viktigheten av å ha en forståelse for hvilke utfordringer vi i fremtiden kan få.

Jeg har møtt på spesielt en utfordring, som gjorde at jeg måtte endre litt på presentasjonen. Jeg ønsket egentlig å fysisk demonstrere et brenselcellesystem, men dette var krevende å få til og jeg valgte derfor å illustrere en brenselcelle på internett. Jeg sier meg fornøyd med denne arbeidsperioden og tar sommerferie med god samvittighet.

## 2. Hva er en brenselcelle?

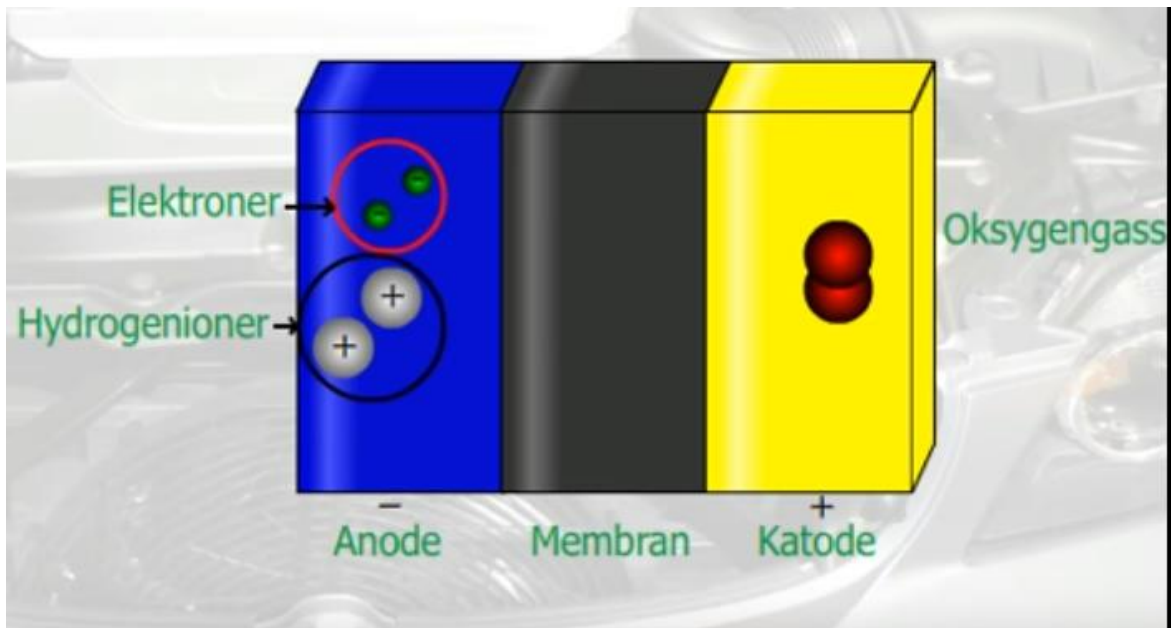
En brenselcelle er en elektrokjemisk celle som fremstiller elektrisk strøm fra en reaksjon mellom oksyngengass og hydrogengass, hydrokarboner eller alkoholer. Brenselcellen er bygd opp av en membranplate i midten. Det er en platinaplate som fungerer som et lag, på hver sin side av membranen. På den ene siden av platen er det en anode og på den andre siden en katode. Dette blir kalt en PEM brenselcelle.

Det finnes mange forskjellige typer brenselcelle, men under vil jeg fokusere på PEM brenselcelle som henter ut energi fra hydrogen.

### 2.1 Virkemåten til en brenselcelle:

Anoden får inn hydrogenatomer ( $H_2$ ) som legger seg på platinaplatten. Oksyngengass legger seg på platinaplatten ved katoden. Elektronene fra hydrogenatomene kommer ikke gjennom membranen, men på grunn av en katalysator i anoden vil elektronene og hydrogenionene splitte seg. Hydrogenionene er positive, fordi at den består av et proton. Dette gjør at hydrogenionene kan gå gjennom membranveggen. Elektronene må derimot gå ut gjennom en krets og inn på katoden. Når elektronene kommer inn til katoden, vil hydrogenionene, oksyngengassen og elektronene reagere og danne vann. Om vi kobler til en lyspære fra anoden til katoden vil vi få en strøm og lyspæren vil lyse. Om en for eksempel tar utgangspunkt i en bil og hva som skjer i motoren for at den skal komme seg fra A til B, er at den får hydrogen fra en tank og oksygen fra luften. Avfallsstoffet denne reaksjonen danner er vann og energi.

Reaksjonsligningen blir som følger  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{energi}$ .



Figur 1 - illustrerer Brenselcellen

### 3. Hydrogen

Før vi begynner å se på fordeler og ulemper ved et brenselcellesystem, må vi bli kjent med egenskapene til hydrogen og hvorfor det er en utfordring å fremstille hydrogen.

Hydrogengass består av molekyler med to hydrogenatomer, og har den kjemiske betegnelsen  $H_2$ . Hydrogen er det vanligste og letteste grunnstoffet i hele universet. Hvorfor skal det da være så utfordrende å lage store mengder med hydrogen. Energitettheten er høy per masseenheter, men lav per volum enhet. Dette medfører en utfordring i hvordan en kan effektivt lagre og transportere hydrogengassen. De vanligste måtene dette gjøres på er ved å enten komprimere hydrogengassen til 200-700 bar, eller ved å kjøle gassen ned til den blir flytende ved  $-253\text{ }^\circ\text{C}$ .

En annen lagringsmetode, men hittil lite brukt, er å bruke metallhydrider, som er en spesiell legering av metaller. Denne metalltypen har den egenskapen at den absorberer hydrogen. En enklere måte å se dette på er å tenke på dette som en svamp som trekker til seg vann.

Disse tre ulike metodene har både fordeler og ulemper ved lagring av hydrogengassen. Komprimering og nedkjøling er begge deler energikrevende, mens et metallhydridsystem veier ganske mye.

Hydrogen er mer enn 14 ganger lettere enn luft. Dette medfører at den forsvinner ganske raskt i åpne rom. Hydrogen brenner også raskt og gir verken røyk eller giftige utslipp.

### 3.1 Hvordan produseres hydrogen?

Når vi nå har litt bakgrunn i hva hydrogen er, kan vi gå videre på hvordan hydrogen produseres.

Hydrogen kan brukes til å transportere, lagre og levere energi. Hydrogen kan derfor omtales som tilpasningsdyktig.

Hydrogen kan fremstilles ved hjelp av alle de ulike primære energikildene. Om en ser på verdensbasis er den vanligste formen for produksjon av hydrogen, dampreforming av naturgass/metan. Prosessen foregår med at man utsetter naturgass og vanddamp for høy temperatur (700-1100 C) ved hjelp av en katalysator.

Dampreforming av naturgass er i dag den billigste og mest brukte metoden for utvinning av hydrogen fra fossile kilder. Den reaksjonen som forekommer kan beskrives som  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ .

Reformeringen oppnås ved å varme opp en blanding av metan (naturgass) og vanddamp i en reaktor. Gassen (H) skilles fra vannet. Vi vil da få at resultatet blir rent hydrogen og ren  $\text{CO}_2$ . Som vi ser er ikke denne metoden for å utvinne hydrogen særlig miljøvennlig, da det blir dannet ren  $\text{CO}_2$ .

Når man produserer hydrogen ved vannelektrolyse brukes elektrisitet til å spalte vannmolekylet til hydrogen og oksygen. Deretter senkes en katode og en anode ned i vann, som blir tilsatt spenning. De negative hydrogenatomene trekkes mot katoden og de positive oksygenatomene mot anoden. Reaksjonen som forekommer kan skrives  $2 \text{H}_2\text{O} + \text{energi} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ . Problemet med elektrolyse er at det er forbundet med tap. Dette innebærer at energiinnholdet i hydrogen som produseres er lavere enn elektrisk energi som gikk med i produksjonen.

### 3.2 Hvordan virker egentlig en hydrogenbil?

En hydrogenbil er en bil som bruker energi hentet fra hydrogengass som drivstoff. Hydrogengassen er en svært energirik gass. Den er over tre og en halv gang så energirik som bensin pr. vektenhet.

Foruten om brenselcellen fungerer en hydrogenbil på samme måte som en elbil. Elektrisiteten produsert i brenselcellen, driver en elmotor. Ved å utnytte brenselcellen til å produsere strøm trenger man et mindre batteri enn det som kreves i en elbil, som kun utnytter lagret energi i batteriene. I tillegg til å kunne fjerne det store batteriet elbilene har, kan man også kjøre lengre på en tank.



## 4. Drøfte fordeler og ulemper ved et brenselcellesystem.

### 4.1 Fordeler ved et brenselcellesystem som fremdriftssystem

Hydrogen og brenselceller – viktige deler av det fornybare energisystemet.

Jeg mener at fremtiden er å være miljøbevisst. Det vil i fremtiden være ekstra viktig å ta vare på jordkloden. Ledere rundt om i verden har begynt å forstå alvoret med klimaet, og vi ser stadig forbedringer med miljøet. Jeg vil senere i rapporten komme tilbake til hvordan Norge og verden er miljøbevisste, samt se på hvordan brenselceller kan medvirke til lavere klimautslipp.

Hydrogen er en av de viktigste ingrediensene i puslespillet fra fossil til fornybar energi. Sammen med brenselceller kan vi bruke hydrogen for både å minske miljøbelastningen og effektivisere vårt energiforbruk. Dette vil medføre at klimautslipp reduseres betraktelig. En kan spekulere mye i hvordan fremtiden vil se ut, men at brenselcellesystem vil være en del av det er garantert.

Energi kan hverken bli skapt eller ødelagt, den kan bare omdannes fra en form til en annen. Når det kommer til å omdanne energi uten å påvirke miljøet er brenselceller den mest effektive måten å gjøre dette på.

Fordeler med et brenselcellesystem er mange. Se for deg dette scenarioet. Jeg vil presisere at dette bare er en tankegang for fremtiden og en spekulasjon fra min side. I fremtiden er det oppfunnet et apparat som kan gi ubegrenset tilgang på drivstoff og oksidant. Dette vil medføre at kjøretøyet eller evt. Krigsskipet vil kunne seile på havet uten å gå til land for bunkring.

En av de største fordelene med å bruke brenselceller er at den ikke forurensrer miljøet. En kan tenke seg at et hydrogendrevet krigsskip ikke vil være skadelig for økosystemer i havet. Dette vil igjen føre til at dyrearter vil kunne leve i de områdene den lever i og videreutvikle seg selv og sin art. Jeg mener forsvaret bør være et organ som går foran som et godt eksempel til resten av befolkningen. I tillegg bør også Norge, som er et av verdens rikeste land gå foran som et godt eksempel. Det er allerede satt i gang tiltak for å redusere klimautslippene. Dette vil jeg komme tilbake til senere.

#### 4.1.2 Er forsvaret åpen for brenselceller som fremdriftssystem?

Som jeg skrev er forsvaret et organ som mennesker beundrer og ser opp til. Uten et forsvar kan man ikke forsvare landet vårt. En av hovedoppgavene til Forsvaret er å sikre suverenitet langs norske kysten og i havområdet generelt. Dette gjør at Forsvaret har mange fartøyer i både stor og mindre skala. De nye ubåtene som er bestilt fra Tyskland er ventet å gå på brenselceller. Dette viser at Forsvaret er villige til å gå mer miljøbevisste veier, samt

Det eneste avfallsproduktet som blir dannet er vann, som igjen er en nyttig kilde til drivstoff.

En annen fordel med å bruke brenselceller er at motoren vil gå uten noen som helst lyd. Dette kan ha flere påvirkninger. Tenk deg et sentrum uten noe som helst form for støy fra kjøretøy og ikke minst hvor frisk og god luften ville vært.

Brenselceller vil også gi vesentlig høyere virkningsgrad i forhold til dagens forbrenningsmotorer. Virkningsgrad er per definisjon forholdet mellom avgitt effekt og tilført effekt.

#### 4.1.1 Virkningsgrader

Alle typer energibærere krever en mengde energi for å produseres. Energibæreren taper også energi når den blir omgjort til dens formål. Eksempel på dette vil være hydrogen som fremdriftsmiddel i en bil. Ved hydrogenproduksjon via elektrolyse regner man omtrent 75 % virkningsgrad; det vil si 25 % av energien går tapt. Videre taper man 12-20 % i komprimering av hydrogengassen. Man er nede i 60-65 % av opprinnelig energi når hydrogenet befinner seg på tanken. Deretter blir hydrogenet omgjort til elektrisitet i brenselcella. Denne har en virkningsgrad på 60 %, man ender da til slutt opp med 40 % av opprinnelig elektrisk energi. Denne energien vil gå med til fremdriften av bilen.

Disse overnevnte tallene i forrige avsnitt viser hvilken utfordring hydrogen som 100 % miljøvennlige står ovenfor. Dette medfører at det pr. dags dato ikke er lønnsomt å drive med hydrogen, men det jobbes hele tiden med elektrolyseteknologi.

Elektrolyse er en miljøvennlig måte å fremstille hydrogen på. Et krav for at elektrolysen skal være miljøvennlig er at strømkilden kommer fra fornybar energi. Eksempel på fornybare energikilder er for eksempel Solceller eller bølgekraft. Elektrolyse innebærer at elektrisitet brukes for å splitte vannmolekyler til hydrogen og oksygen. Det er en del dyrere å produsere hydrogen utenfor Norges grenser via elektrolyse på grunn av høyere elektrisitetspriser i utlandet.

For en bil har også hydrogen store fordeler kontra den rene elbilen. Å fylle tanken tar cirka tre minutter, det samme som for en vanlig bensinbil. Dessuten er rekkevidden den samme som for den normale bensinbilen. Dette medfører at man slipper noen form for rekkeviddeangst.

Hydrogen kan i tillegg utvinnes fra mange ulike energikilder, fra fossile drivstoffer inkludert naturgass, fra ubrukte avfallsstoffer og fra vann, gjennom å



bruke fornybare energikilder som sol eller vindkraft. Hydrogengass har også null CO<sub>2</sub> utslipp.

#### 4.2 Ulemper ved et brenselcellesystem

Brenselcelle som fremkomstmiddel har også store utfordringer som må løses blant annet fyllestasjoner, kostnader og utvinning av gassen.

Et fremtidig problem for satsing av brenselceller som fremdriftssystemer, i for eksempel Japan vil ikke være et like stort problem med tanke på infrastrukturen i landet, som det ville vært i for eksempel Norge. Toyota, som jeg vil si er ledende innenfor hydrogendrevne biler er en stor aktør i Japan. Dette medfører at Toyota har lettere for å selge sine ideer og prosjekt til befolkningen. I motsetning til land, som for eksempel Norge har ikke Toyota like store innvirkninger på samfunnet. De er derfor avhengige av at andre aktører er med å satse på konseptet, samt at regjeringen er villige til å tenke langsiktig å sette opp prøvestasjoner rundt om i landet for å se om dette er mulig å la seg gjennomføre. Det er liten tvil om man lykkes med å gjøre fremstilling av hydrogen billigere, vil dette være en vei å gå for fremtiden.

Når vi først er inne på infrastrukturen er hovedproblemet med brenselceller hvordan man skal få legge tankstasjoner, rørledninger og lastebiltransport. Dette vil være enorme kostnader og næringslivet er nødt å se resultater om de skal være villige til å investere i prosjektet. I dag har Norge fem hydrogenstasjoner i landet. I dag ligger det på 60 millioner kr per fyllestasjon i Norge. Selv om dette beløpet vil med årene gå ned, er det enorme mengder infrastruktur som må gjøres. Disse ladestasjonene er sentrert rundt i Oslo område, og dette vil ha innvirkninger på hvordan en familie med hydrogenbil skal kunne kjøre rundt i for eksempel Nordland. Dette er en problemstilling, da det ikke er hydrogenstasjoner der.

Dette viser bare hvilke utfordringer brenselceller har før de kan bli sett på som et konkurransedyktig fremdriftsmiddel som for eksempel med diesel/bensin biler, men også elbiler.

Per dags dato er det ikke effektivt å produsere hydrogen via elektrolyse av vann. Dette er det blant annet to årsaker til. Når hydrogen skal dannes av vann ved hjelp av elektrolyse kreves mye elektrisitet for å skille molekylene fra hverandre. Et av de største problemene i verden er mangelen på rent vann. Det er beregnet av universitetet i Texas at det trengs ca. 31 liter vann per km kjørt. Dette vil ikke være et kjempeproblem i Norge, men er et stort problem sett fra jordens perspektiv.

Eneste avfallsstoffet fra hydrogenbilen er vann. For hver kg hydrogen slipper bilen ut 7-8 liter vann. Se for deg en kald vintermorgen. Dersom det er mange hydrogenbiler på veien, vil det forekomme mye vanndamp, som fører til at veiene blir glatte. En annen ting med hydrogenbilene er at man må tømme dem før man går fra den.

Ulempene ved en brenselcelle er at de er ganske dyre. Et brenselcellesystem for bensindrevne kjøretøy koster omtrent 310 kroner og 647 kroner pr. kilowatt. Platina som er en utmerket elektrolytt og som ofte blir brukt i brenselceller er et kostbar materiale. Akkurat som gull og kobber varierer prisen på platina avhengig av dagens marked. Prisen pr. gram for platina er ca. 239 kroner. Man kan da tenke seg til hvor dyrt det vil være å produsere store mengder brenselcellesystemer.

En annen utfordring med brenselceller er at man må øke levetiden, slik at den kan konkurrere med bensindrevne motorer. For det er ingen tvil om at ikke alle vil være villige til å bytte til en miljøvennlig løsning bare på grunn av miljøet. Derfor er det viktig å konkurrere tilbudet som allerede store aktører på markedet tilbyr. Per dags dato er det ingen brenselceller som har så stor levetid at det vil være lønnsomt å masseprodusere hydrogen.

## 5. Miljøgevinster ved bruk av brenselceller.

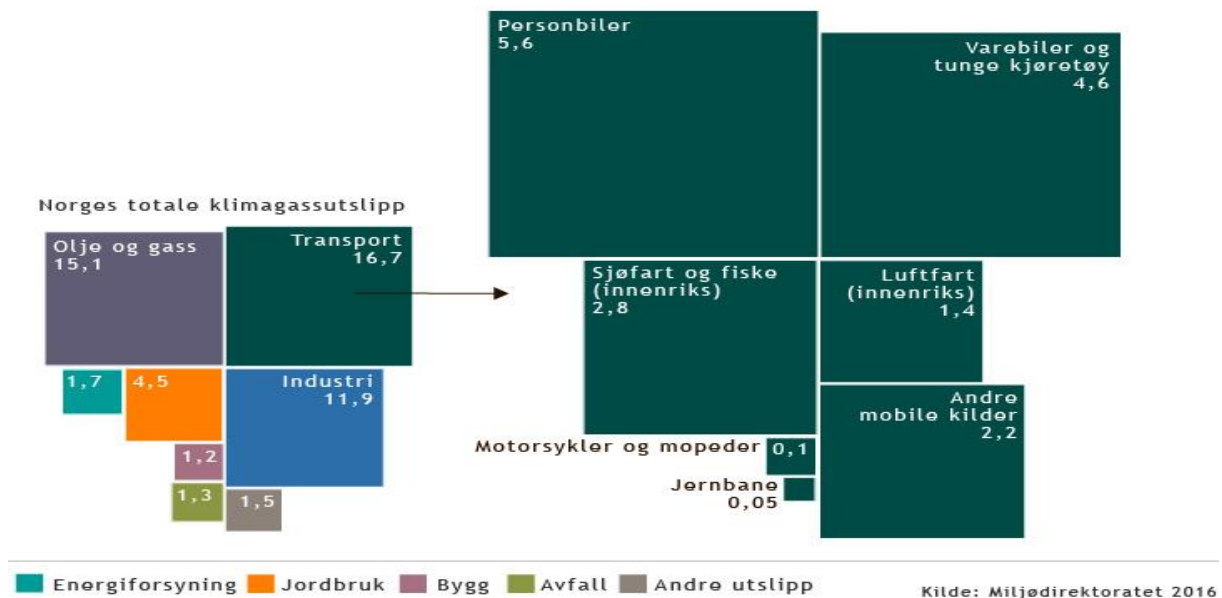
Det er liten tvil om at det er enorme gevinster ved å utnytte brenselceller som fremdriftsmiddel. Det er som sagt en del utfordringer for å få brenselcellene til å bli et like godt og attraktivt tilbud som tjenester som ikke er like miljøbevisste, som for eksempel forbrenningsmotorer.

### 5.1 Hva er transportseksjonens rolle for å redusere klimautslippet?

For å se litt på hva transportseksjonen kan bidra med for å redusere klimautslippene, kan vi ta en kikk på illustrasjonen under.

## Utslipp av klimagasser fra transport i 2015

Utslipp til luft (millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter)



Klimagassutslipp fra transport kommer fra veitrafikk, sjøfart og fiske, andre mobile kilder som anleggsmaskiner og traktorer. Som vi ser av illustrasjonen over er transport Norges største utslippskilde. Derfor ville en løsning av hydrogen som brenselcelle være en enorm ressurs i forhold til å redusere klimautslipp.

Under har jeg valgt å fokusere på konsekvenser av global oppvarming, da miljøgevinstene vil være å unngå mer global oppvarming. Fordelen jeg ser med å vinkle denne delen av oppgaven slik er å sende ut en form for «varsel», som medfører at vi mennesker blir mer oppmerksom på miljøet.

### 5.2 Konsekvenser av global oppvarming

Jeg har valgt å se litt annerledes når jeg skal snakke om miljøgevinster. Vi er kommet til det stadiet hvor klimautslipp aldri har vært så stort som det er per dags dato. Derfor mener jeg det er viktig å sende ut et «skremselskudd». Man har mange eksempler på hvor dette virkemiddelet er blitt brukt. Henviser her til ulike filmer, som for eksempel 2012 Jeg mener derfor at det er vesentlig å se på konsekvenser for eksempel global oppvarming har hatt for verden. Hvorfor jeg velger å ta med dette er fordi at som vist i illustrasjonen over, er transport det største utslippet i Norge.

Klimaendringene gjør det vanskelig for mange planter og dyr å tilpasse seg et nytt klima. Generelt kan man si jordens klima vil bli mer ekstremt. Tørre områder vil bli tørrere og våte områder vil bli våtere. Dette vil medføre at dyrearter som er avhengig av våte områder, vil trekke nordover mot Norge, men dette vil bli utfordrende da klimaet i Norge er mye kaldere og tøffere enn i for eksempel Afrika. Dette medfører at mange dyrearter vil bli utryddet. Det vil

også gå hardt utover fattige land i verden. Det vil bli mye vanskeligere å produsere mat, slik at fattige land kan overleve.

## 6. Hvordan ser fremtiden ut?

Man kan se for seg stasjoner i fremtiden hvor hydrogen, elektrisitet og biodrivstoff er tilgjengelig.

Hydrogendrevne fartøy vil være en del av løsningen knyttet til nullutslippsskipsfart. Alle typer båter vil i fremtiden gå på hydrogen. En mulighet er å sette opp en ladestasjon ved havet, dette vil medføre at cruiseskip og lignende kan lade når de kommer til land for å sette passasjerer til land. Dette er et av mange spennende prosjekt i fremtiden. Teknologien vil ingen ende ta, og det vil være utrolig spennende å følge med veien videre.

## 7. Konklusjon

For å komme med en konklusjon over hva jeg tenker om Brenselceller som fremdriftssystem, så tenker jeg at per dags dato er ikke Brenselceller som fremdriftssystem gjeldene. Jeg tenker at dette er et fremtidsrettet prosjekt, men som kommer til å prege fremdriftssystemer i fremtiden. Det må derimot mye til for at vi kan se for eksempel hydrogendrevne biler kjøre rundt i Norge, da det kreves mye infrastruktur å få dette til. Om teknologien tilsier det og prisen er sunket i forhold til dagens kostnader er Brenselceller i fremdriftssystemer veldig gjeldene, både på sjøen, men også på land.

For å komme med en kort oppsummering, så er jeg positiv til Brenselceller som fremdriftssystem, da det er veldig miljøvennlig. Da tar jeg ferie med god samvittighet og takker for seks opplevelsesrike uker.