



Høgskulen  
på Vestlandet

# MASTEROPPGAVE

Utvikling av ny teknologi for grønn hydrogenproduksjon offshore – En casestudie av et teknologisk innovasjonssystem rundt Deep Purple-prosjektet

Development of new technology for green hydrogen production offshore – A case study of a Technological Innovation system for the Deep Purple project

**Tom-Even Nilsen og Jonas Hagesæther  
Røthe**

Master i Innovasjon og Entreprenørskap

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap/Mohnsenteret

Veileder: Øystein Stavø Høvig og Velaug Myrseth Oltedal

Innleveringsdato: 27.05.2021

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

# Innholdsfortegnelse

Figurer .....	iv
Tabeller.....	v
Forkortelser .....	vi
Sammendrag.....	vii
Abstract .....	viii
Forord .....	ix
1. Innledning .....	1
2. Bakgrunn for tema .....	5
2.1 Innovasjon og fornybar teknologi i offshore og maritim sektor.....	5
2.2 Satsing på grønn hydrogenproduksjon offshore .....	7
2.3 Pilot- og proof of concept-prosjekter i tidligfase.....	8
3. Beskrivelse av teknologi grønn hydrogenproduksjon offshore .....	13
3.1 Deep Purple og offshore grønn hydrogenproduksjon.....	13
3.2 Forskjellen på energikilde og energibærer .....	15
3.3 Vindkraft.....	16
3.4 Introduksjon til hydrogen .....	18
3.5 Alternativer til hydrogen .....	21
3.6 Hydrogenlagring .....	22
3.7 Sikkerhetsrisiko tilknyttet hydrogen.....	23
3.8 Elektrolyse .....	24
3.9 Omvendt osmose .....	25
3.10 Ulike elektrolyse-teknologier .....	25
4. Teori.....	27
4.1 Hva er innovasjon.....	27
4.2 Systemforståelse av innovasjon (SI).....	27
4.3 Hva er teknologisk innovasjonssystem (TIS).....	29

4.4 Interaksjoner mellom funksjonene .....	31
4.5 Hvordan avgrense et TIS .....	32
4.6 TIS for en fremvoksende fornybar teknologi .....	33
4.7 Teknologimodenhet og teknologisk innovasjonssystem .....	34
5. Forskningsdesign og metode.....	36
5.1 Forskningsdesign .....	36
5.2 Casestudier.....	37
5.3 Valg av case.....	37
5.4 Populasjon, utvalg og utvalgsriterier .....	38
5.5 Innsamling av primærdata .....	41
5.6 Innsamling av sekundærdata .....	43
5.7 Analyse av data.....	43
5.8 Reliabilitet, validitet og generalisering.....	46
6. Empiri/Analyse .....	47
6.1 Funksjon 1: Entreprenøriell aktivitet.....	49
6.2 Funksjon 2: Kunnskapsutvikling .....	52
6.3 Funksjon 3: Kunnskapsspredning gjennom nettverk.....	55
6.4 Funksjon 4: Veiledning av søket .....	57
6.5 Funksjon 5: Markedsetablering .....	61
6.6 Funksjon 6: Ressursmobilisering.....	64
6.7 Funksjon 7: Legitimering/motvirke motstand mot forandring.....	67
7. Diskusjon/Drøfting .....	71
7.1 Generalisering av funn.....	75
8. Oppsummering.....	76
9. Begrensninger ved oppgaven.....	78
10. Implikasjoner og videre forskning .....	79
11. Referanser.....	81

12. Vedlegg .....	89
-------------------	----

## Figurer

Figur 1 - Deep Purple prosjektet Kilde: (TechnipFMC, u.å.a) .....	7
Figur 2 - Teknologimodenhet (Enova, u.å.b).....	9
Figur 3 - Deep Purple konsept-illustrasjon Kilde: (TechnipFMC, u.å.a) .....	13
Figur 4 - Deep Purple veikart for teknologi kvalifisering Kilde: (TechnipFMC, 2020) .....	15
Figur 5- Offshore vindturbin Kilde: (Equinor, 2017) .....	18
Figur 6 - Kostnadsutvikling for storskala produksjon av hydrogen. Kilde (NVE, 2019a).....	19
Figur 7 - Elektrolyse kilde: (Wood Mackenzie, 2019) .....	25
Figur 8 - Interaksjonene mellom de sju funksjonene i TIS.....	32
Figur 9 - Building the Deep Purple toolbox (Energy Valley, 2019).....	48

## Tabeller

Tabell 1 - TRL-skala for teknologiutvikling.....	9
Tabell 2 - Prosjekter og initiativ innen offshore grønn hydrogenproduksjon.....	11
Tabell 3 - Ulike måter å produsere grå, blå og grønn hydrogen Kilde: (NVE, 2019a) .....	19
Tabell 4 - Spesifikk energi og energitetthet Kilde: (Hofstad, u.å.d) (Hofstad, u.å.h).....	22
Tabell 5 - Informantliste .....	39
Tabell 6 - Indikatorer for hver funksjon fra TIS-rammeverket.....	41
Tabell 7 - Koding av data fra sitat til funksjon i TIS-rammeverket.....	45
Tabell 8 - Fagområdene og aktørene i nettverket til Deep Purple (Energy Valley, 2019) .....	47
Tabell 9 - Funksjonsanalyse av funksjon #1 EA .....	51
Tabell 10 - Funksjonsanalyse av funksjon #2 KU .....	54
Tabell 11 - Funksjonsanalyse av funksjon #3 KS.....	56
Tabell 12 - Funksjonsanalyse av funksjon #4 VS.....	61
Tabell 13 - Funksjonsanalyse av funksjon #5 ME.....	64
Tabell 14 - Funksjonsanalyse av funksjon #6 RM.....	66
Tabell 15 - Funksjonsanalyse av funksjon #7 L og MF .....	69
Tabell 16 - Oppsummering av funksjonsanalysen.....	70

## **Forkortelser**

TIS - Teknologisk Innovasjonssystem

FoU - Forskning og Utvikling (engelsk: Research and Development(R&D))

FN - De forente nasjoner (engelsk: United Nations (UN))

EU - Den europeiske union (engelsk: European union)

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (norsk: FNs klimapanel)

CCS - Carbon Capture and Storage (norsk: Karbonfangst- og lagring)

IEA - International Energy Agency

TRL - Technological Readiness Level (norsk: Teknologisk modenhetsgrad)

NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat

ESA - EFTAs overvåkingsorgan (engelsk: EFTA Surveillance Authority)

## **Sammendrag**

Denne masteroppgaven er en kvalitativ studie om utvikling av ny teknologi for grønn hydrogenproduksjon offshore, og er en casestudie av Deep Purple-prosjektet i et teknologisk innovasjonssystem (TIS). Deep Purple jobber med teknologiutvikling innen grønn hydrogenproduksjon offshore. TIS består av syv funksjoner og brukes for å støtte, utvikle og kommersialisere fremvoksende teknologi. I studien blir et analytisk rammeverk for TIS brukt for å synliggjøre styrker og svakheter blant funksjonene i systemet.

Studiens funn viser at de største driverne for grønn hydrogenproduksjon offshore er god kultur for å spre kunnskap og informasjon, energibedrifter med kjernekompetanse innen olje og gass satser på hydrogen, og karbonavgiften. De største barrierene er derimot manglende ressurser til pilotering, og manglende enighet om retningen for hydrogenteknologi. Studien viser òg at bedrifter bør benytte seg av de sterke driverne, ved å bruke ressurser på å bygge nettverk og samarbeidsarenaer. Samtidig bør de jobbe for mer gjennomslag hos myndighetenes avgjørelser for å dekke deres behov, som kan gjøres ved å sette av mer ressurser til lobbyvirksomhet, eller jobbe mer opp mot interesseorganisasjonene som har stor gjennomslagskraft hos myndighetene.

Innhentet datamateriale består av ni dybdeintervjuer, desk research og nettsøk.



## **Abstract**

This master's thesis is a qualitative study about the development of new technology within green hydrogen production offshore and is a case study of the Deep Purple project in a technological innovation system (TIS). Deep Purple is engaged in technology development within green hydrogen production offshore. TIS consists of seven functions used to support, develop and commercialize emerging technology. This study uses the analytical framework for TIS to highlight the strengths or weaknesses of the functions in the system.

The study's findings show that the biggest drivers for green hydrogen production offshore are good culture for distributing knowledge and information, energy companies with core expertise within oil and gas focus on hydrogen, and the carbon taxes. The biggest barriers on the other hand are lack of resources for piloting, and lack of agreement on the direction of hydrogen technology. The study also shows that companies should take advantage of the strong drivers, by using resources to build networks and collaboration arenas. At the same time they should work for more impact on the authorities' decisions to meet their needs, which can be done by allocating more resources to lobbying or work more towards the interest organizations that have great impact on the authorities.

Obtained data material consists of nine in-depth interviews, desk research and web search.

## **Forord**

Denne oppgaven markerer slutten på vår masterutdannelse i innovasjon og entreprenørskap ved Høgskulen på Vestlandet campus Bergen. Masterstudiet og masteroppgaveskriving ble som resten av verden svært preget av koronapandemien som for alvor gjorde sitt inntog i Norge rundt midten av mars 2020. Til tross for dette har det vært to lærerike år med spennende fag og prosjekter. Vi er takknemlige for å ha hatt dyktige faglærere og hyggelige medstudenter med oss hele veien.

Vi har begge bakgrunn med ingeniørkompetanse, Jonas som maskiningeniør og Tom-Even som produksjonsingeniør. Mastergrad i innovasjon og entreprenørskap er en tverrfaglig mastergrad som har gitt oss teoretisk og analytisk innsikt i hvordan vi kan bidra til teknologiutvikling og det grønne skiftet. Vi har lært å forstå, forbedre og endre teknologi, bedrifter, næringsliv, både teoretisk, analytisk og praktisk. Dette har gjort oss opptatt av å se på både de teknologiske og innovasjonsmessige utfordringene, og at disse må forstås sammen.

Oppgaven ble til etter en samtale med Trond Strømgren i Hub For Ocean som òg kjenner Deep Purple-prosjektet godt. Vi fant ut at dette var et interessant tema og prosjekt som ville være relevant for oss å se nærmere på gjennom en masteroppgave. Strømgren introduserte oss videre for Marit Mork. Hun er manager leader for Deep Purple-prosjektet og var prosjektleder for fase 1-2 i prosjektet. Mork bistod tett både gjennom planleggingsfasen av oppgaven og underveis der vi hadde behov for det. Vi vil gjerne takke Trond og Marit for råd og hjelp.

En stor takk rettes òg til veileder Øystein Stavø Høvig og biveileder Velaug Myrseth Oltedal for god veiledning underveis. Vi setter stor pris på god oppfølging og grundige tilbakemeldinger på spørsmål og andre henvendelser underveis i semesteret.

Vi ønsker å takke alle som har bidratt til å stille som intervjudeltakere som òg skal ha æren for det rike grunnlaget vi har fått til vår studie. Takk til familie og venner for tålmodighet og forståelse for prosessen vi har vært gjennom med oppgaven.

Bergen, 27. mai, 2021

Tom-Even Nilsen og Jonas Hagesæther Røthe



## 1. Innledning

De globale klimautfordringene har de siste årene ført til stort engasjement blant aktivister og politikere på tvers av landegrensene (FN, 2020). Gjennom Parisavtalen fra 2015 forplikter avtalens medlemmer seg til å bidra til å løse klimakrisen, blant annet ved å kutte sine lands CO<sub>2</sub>-utslipp (FN, 2020). For store utslipp av CO<sub>2</sub> blir sett på som en sentral utfordring, da flere av energiformene verden forbruker i dag slipper ut CO<sub>2</sub> som påvirker klima. Samtidig vil verdens energibehov øke de neste årene, dette som en følge av at verdens befolkning vokser og levestandarden øker (Borgaas, 2012). For å muliggjøre en reduksjon av verdens klimagassutslipp, uten at det går på bekostning av levestandard, kreves det derfor nye løsninger for energiproduksjon som både reduserer CO<sub>2</sub>-utslipp og øker den totale energiproduksjonen i verden.

Dagens løsninger for energiproduksjon som kull, olje og gass slipper ut CO<sub>2</sub>, og batteriteknologien i dag har utfordringer når det kommer til lagring av store energimengder. Derfor blir andre alternativer til energiproduksjon og -lagring undersøkt av bedrifter og forskningsmiljøer, og ett av alternativene som blir studert er hydrogen. Det finnes hydrogenprosjekter både globalt og nasjonalt, hvor næringslivet og politiske organisasjoner, slik som EU, har vist interesse for hydrogen som fremtidens energibærer. I Norge har Regjeringen sagt at hydrogen vil være relevant i flere sektorer som et ledd i omstillingen til lavutslippssamfunnet, og at Norge er i en god posisjon til å ta del i et økende marked for hydrogen (Regjeringen, 2020b).

Norge er i en spesielt god posisjon for offshore hydrogenproduksjon (Regjeringen, 2020b). Dette er fordi Norge har lært mye fra olje- og gassnæringen og har dermed dannet en kunnskapsbase som kan brukes til andre offshore prosjekter (Regjeringen, 2020b). I tillegg har Norge konkurransedyktige og kompetente teknologimiljøer og bedrifter, som i dag utvikler og leverer utstyr og tjenester for produksjon, distribusjon, lagring og bruk av hydrogen (Regjeringen, 2020b). Norge har muligheter for å produsere både blå hydrogen (hydrogen fra naturgass og karbonfangst- og lagringsteknologi) og grønn hydrogen (hydrogen fra fornybar energi). Vi skal se nærmere på Norges muligheter for offshore grønn hydrogenproduksjon.

Det er prosjekter innen grønn hydrogenproduksjon offshore over hele verden (Stavanger Region, 2020), og et av disse prosjektene i Norge er Deep Purple-prosjektet, ledet av bedriften TechnipFMC med flere partnere. Kjernen i dette prosjektet er å utvikle teknologi for offshore produksjon og lagring av grønn energi (TechnipFMC, u.å.a). Prosjektet skal utnytte offshore vindkraft til å produsere strøm og hydrogen. Hydrogenet skal kunne lagres på havbunnen, omgjøres til elektrisitet og brukes ved behov (TechnipFMC, u.å.a). Prosjektet kan være sentralt i omstillingen fra fossilt brensel til fornybare energikilder på flere områder, ettersom det muliggjør grønn energiproduksjon nær viktige forbrukskilder som i dag benytter seg av fossile energikilder. Olje- og gassplattformer og skipsfart har energibehov som dagens energiløsninger ikke kan løse uten å bruke fossilt brensel (Forskningsrådet, u.å.b). Derfor er det behov for omstilling og nye løsninger for at disse skal kunne bidra til utslippskutt. I denne oppgaven er fokuset hvordan grønn hydrogenproduksjon offshore kan være viktig for omstilling i offshore og maritim sektor.

Selv om teknologien kan virke lovende, kan det også oppstå store utfordringer for slike innovasjonsprosjekter. Ny teknologi har ofte utfordringer tilknyttet markeder som ikke eksisterer enda (Fagerberg, 2009). Så lenge et marked ikke er utviklet kan det føre til at bedrifter nøler med å satse. Det kan også være krevende for bedrifter å satse på nye energialternativer når det kan medføre lavere inntekt enn de gamle alternativene. Dersom det ikke finnes gode nok hydrogenmotorer for skip vil det ikke være behov for å produsere hydrogen til skipsfarten. I tillegg til hydrogenmotorer vil det være behov for fyllstasjoner for hydrogen langs skipsrutene. For å bidra til å løse utfordringer tilknyttet ny teknologi kan myndigheter sette mål for næringslivet og støtte bedrifter i form av FoU-midler og infrastruktur til testing (Suurs, Hekkert & Smits, 2009). Midler og støtte er alene ikke nok for å sikre at en teknologi blir utviklet nok til å brukes i markedet.

Hva som påvirker en teknologis utvikling er komplisert og det er mange aktører involvert som påvirker prosessen (Lundvall, 1999). For å forstå teknologisk endring er det ikke nok å kun forstå teknologien i seg selv. Teknologien, og aktørene som engasjerer seg i utviklingen, opererer i et samspill som sammen påvirker både retning og suksess på den teknologiske utviklingen. Dette omtales gjerne som en systemforståelse av innovasjon (Lundvall, 1999). Når fokuset er en konkret teknologis utvikling, har man innenfor innovasjons- og

teknologistudier brukt teknologiske innovasjonssystem (TIS). Et TIS har flere definisjoner, men man kan si det er nettverket av alle aktører som gjennom aktiviteter og interaksjoner påvirker en teknologi innenfor et visst område (Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann & Smits, 2007). I denne oppgaven benyttes et TIS-rammeverk som omhandler syv aktiviteter eller funksjoner som er viktige for et velfungerende innovasjonssystem. I et velfungerende innovasjonssystem har en ferdig utviklede funksjoner rundt teknologien, uten mangler og svakheter, som setter teknologien i stand til å kunne etablere seg i markedet.

Forskning viser at vi må starte arbeidet mot det grønne skiftet raskt, og det er derfor viktig å øke hastigheten på både utvikling og kommersialisering av grønn teknologi (Regjeringen, 2019c). Det er derfor svært aktuelt å studere og forstå barrierene og driverne for grønn teknologiutvikling. I vår studie vil vi bruke TIS-rammeverket for å forstå driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, som vi har argumentert for at kan være et viktig teknologisk bidrag for å løse energiutfordringer særlig i offshore og maritim sektor, og hvor Norge med sin olje- og gasskompetanse kan ha et komparativt fortrinn i utviklingen. Vi skal gjøre en casestudie av et sentralt pilotprosjekt innenfor offshore grønn hydrogenproduksjon, Deep Purple-prosjektet til TechnipFMC, og analysere det teknologiske innovasjonssystemet rundt denne teknologien. Vi mener at det er viktig å forstå teknologien i system for å få et mer helhetlig bilde av drivere og barrierer for denne typen teknologiutvikling, og derfor avgrensner vi ikke studien vår til det konkrete pilotprosjektet, men prosjektet i system.

I vår studie har vi definert to forskningsspørsmål:

*RQ1: Hva er de største driverne og barrierene for grønn hydrogenproduksjon offshore, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv?*

og

*RQ2: Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for kommersialisering av sin teknologi?*

Strukturen på denne oppgaven er som følger. Først skal vi gå gjennom bakgrunnen for temaet: Hvordan situasjonen er i dag for offshore grønn hydrogenproduksjon og -lagring og bruk av hydrogen i maritim og offshore sektor. Deretter skal vi gå gjennom Deep Purple-

prosjektet og forklare hvordan teknologien fungerer i detalj. Vi skal videre presentere teorien for innovasjon og innovasjonssystem som vi bruker som rammeverk for å svare på forskningsspørsmålene. Deretter skal vi gjennom forskningsdesignet og metoden brukt i studiet; hvordan vi har samlet og analysert data. Videre skal vi analysere funnene og gi funksjonene en styrkevurdering basert på svakheter og styrker fra funnene. Til slutt skal vi bruke denne styrkevurderingen til å drøfte og svare på forskningsspørsmålene.

## **2. Bakgrunn for tema**

I dette kapitlet forklarer vi hva som er bakgrunnen for temaet i denne oppgaven. Vi vil diskutere offshore grønn hydrogenproduksjon, grønn teknologiutvikling i offshore og maritim sektor, og hvorfor disse sektorene bør omstilles. I tillegg skal vi forklare teknologimodenhet og presentere en oversikt over pågående prosjekter tilknyttet hydrogen. Avslutningsvis skal vi trekke frem noen av innovasjonsutfordringene for hydrogen. I denne oppgaven defineres offshore sektor som aktivitet til havs tilknyttet petroleumsvirksomhet. Maritim sektor defineres som aktører innen transport til havs, rederier, utviklere, produsenter og operatører av skip og andre flytende enheter.

### **2.1 Innovasjon og fornybar teknologi i offshore og maritim sektor**

Offshore sektor og maritim sektor har stort potensiale til å gå over til fornybare energikilder (Norsk klimastiftelse, 2020a). Olje- og gassutvinning står for 27,8% av Norges totale CO<sub>2</sub> - utslipp (Energi og Klima, u.å.), og mellom to og tre prosent av de globale klimagassutslippene kommer fra skipsfarten (Norsk klimastiftelse, 2020a). Kutt i utslipp fra offshore- og maritim sektor vil ha stor positiv påvirkning på klimaet, og Norge har et godt kunnskapsgrunnlag for å utvikle løsninger. Norge har høy teknisk kompetanse knyttet til fiskeri, havbruk, olje- og gass og andre naturressurser (Regjeringen, 2007). Denne erfaringen har gitt norsk industri og næringsliv viktig kunnskap som skal være med på omstillingen mot fremtidens lavutslippssamfunn (Norsk olje og gass, 2020).

Regjeringen har bestemt at Norge skal være et foregangsland i arbeidet med bærekraftig utvikling (Regjeringen, 2007). Det blir stadig mer søkelys på miljø og sirkulær økonomi. For næringslivet i offshore- og maritim sektor handler den grønne omstillingen om muligheten for verdiskaping og å tjene penger i nye markeder i årene som kommer (Norsk olje og gass, 2020). Vår oppgave er avgrenset til grønn hydrogenproduksjon offshore, men i denne sektoren finner en flere kilder til fornybar energi, blant annet bølgekraft, havstrømkraft, tidevannsenergi og solenergi (Svorka, 2019). Det grønne skiftet åpner nye dører for selskapene. Derfor er jakten på bærekraftige løsninger og fornybar energi i offshore- og maritim sektor like mye fremtidens levebrød for næringslivet som et globalt ansvar for Norge.



Det økende fokuset på bærekraft og fornybare energikilder har resultert i flere prosjekter for å hel-elektrifisere fartøy på vann (Enova, u.å.a). I dag er ikke batteriteknologien god nok til å lagre nok strøm til skip som legger bak seg store avstander, derfor er alternativer som hydrogen og ammoniakk regnet som bedre egnet (Sintef, 2021). For å undersøke mulighetene for hydrogen har det blitt studert ferjer og hurtigbåter. I 2021 blir MF Hydra som en av to nye ferjer på sambandet Hjelmeland-Nesvik på rv. 13 i Rogaland verdens første hydrogen-elektriske ferje (Maritimt Forum, 2021a). I Florø har Maritim Forening Sogn og Fjordane, sammen med fire andre aktører, planer om en hydrogendrevet passasjer-hurtigbåt som de håper er ferdig og kan tas i bruk rundt 2022 (Norsk Hydrogenforum, u.å.b).

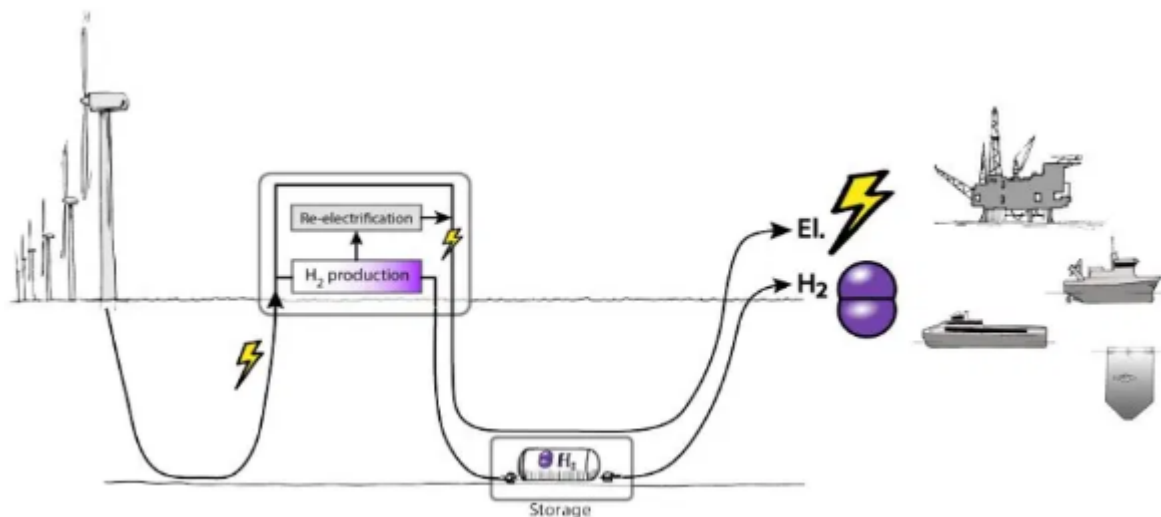
Innenfor ammoniakk har ZEEDS (Zero Emission Energy Distribution at Sea), med Wärtsilä som initiativtaker, et samarbeid der flere bedrifter planlegger å lage et nettverk av stasjoner for forsyning av ammoniakk til skip uten å behøve å legge til havn. Utfordringer innen maritim sektor er at skip skal vare lenge og det ikke er lett å omgjøre et eksisterende skip til å gå på fornybare energikilder (DNV GL, 2016). Flere rederier venter med å bygge nye skip i påvente av hva som blir fremtidens drivstoff og når teknologien blir god nok. De fleste skip har en levetid på rundt 25-30 år (Norsk Rederiforbund, 2015). Skip som planlegges og bygges i dag vil altså kunne driftes til rundt 2050-tallet (Norsk Rederiforbund, 2015). Da er det viktig for rederiene at skipene deres ikke blir utdatert i løpet av kortere tid fordi drivstoffteknologien endres.

Man finner lignende utfordringer i offshore sektoren når det kommer til energimengde og tilgang til energi som kan anvendes av fornybar energi. Plattformers utfordring er at de krever mye energi, men er ofte langt vekk fra fastlandet. Dette gjør det vanskelig å knyttes til elektrisitetsnettverket på fastlandet som gir fornybar kraft. I dag kommer energien til å drifte en plattform fra turbiner som forbrenner gass. For å minke utslipp har flere operatører på norsk sokkel satt i gang detaljerte utredninger for elektrifisering av sine plattformer (Equinor, u.å.). Ifølge Rystad Energy pågår det nå en kraftig økning i planer for landstrøm til plattformer på sokkelen. Etter Rystad Energys beregninger vil rundt 40 prosent av produksjonen på norsk sokkel drives med strøm fra land og ikke forurensende gasskraft innen 2025 (E24, 2019). Man har òg sett på muligheter med å bygge vindturbiner for å forsyne plattformer med fornybar kraft. Her er Hywind Tampen-prosjektet et eksempel på vindpark

offshore som skal forsyne Snorre- og Gullfaksfeltet med fornybar energi (Equinor, u.å.). Problemet er at strømforsyningen fra vindparker er varierende ettersom vindstyrken i seg selv varierer. Her trengs det en løsning som forsyner energi når vinden er for svak, og kan lagre energien når det er overskudd av vindkraft eller lavt forbruk.

## 2.2 Satsing på grønn hydrogenproduksjon offshore

På grunn av de overnevnte utfordringer med energilagring har flere aktører sett på muligheter for å utvikle helt nye innovative energiproduksjon- og lagringsløsninger. Et slikt konsept er satsinger på grønn hydrogenproduksjon offshore. Konseptet handler om å bruke overskudd av vindkraft til å produsere hydrogen fra sjøvann som illustrert på Figur 1 (TechnipFMC, u.å.a). Hydrogenet skal kunne lagres subsea for senere bruk for å kunne gi fornybar energi «on-demand» (TechnipFMC, 2021). Overskuddet av hydrogen kan også sendes videre til skip som kan brukes som drivstoff. Energibærere som hydrogen blir introdusert fordi det trengs en stabil energikilde som kan lagres og transporteres. På den måten håndterer Deep Purple en av utfordringene med å lagre energi generert fra en fornybar kilde (TechnipFMC, 2021). Men hydrogen har andre utfordringer tilknyttet lagring og transport som vi vil gå gjennom i kapittel 3.



Figur 1 - Deep Purple prosjektet Kilde: (TechnipFMC, u.å.a)

Grønn hydrogenproduksjon og -lagring offshore innebærer både energiproduksjon og energilagring uten CO<sub>2</sub> -utslipp og foregår ute på havet i stedet for på land. I denne studien har vi valgt å avgrense omfanget til bruk av offshore vindkraft og elektrolyse. For denne typen prosjekter har en gjerne kombinasjoner av ulike teknologier i samme systemet. Derfor vil det være teknologier som er kommet lenger og er mer utprøvd enn andre, som kan innebære at noen teknologier har større usikkerhet for å lykkes..

### **2.3 Pilot- og proof of concept-prosjekter i tidligfase**

Nye teknologier må utvikles og testes grundig før de er modne nok til å stå på egne ben i markedet (Enova, u.å.b). Etter at teknologier er testet i laboratoriet og verksted tester man ofte teknologien i et pilotprosjekt. Et pilot- eller proof of concept-prosjekt blir ofte brukt for å teste utformingen av det endelige prosjektet eller undersøkelsen i realistiske omgivelser (Dahle, 2020). På den måten kan man teste og oppdage feil ved prosjektets design før det egentlige og mye dyrere fullskalaprojektet igangsettes (Dahle, 2020). Pilotprosjekter kan derfor bidra til å sikre at det endelige prosjektet er i samsvar med kriteriene som er satt for det, og de minimerer derfor risikoen for feil og unødvendige omkostninger (Dahle, 2020). For at bedrifter og andre organisasjoner skal informere om hvor moden og veltestet sin teknologi er trengs et vurderingsverktøy. Denne modenheten kalles ofte teknologimodenhet (TRL). Teknologimodenhet blir ofte målt på en såkalt TRL-skala fra TRL1 til TRL9 som vist i Tabell 1. TRL ble først utviklet av NASA i 1974 som et målestokkverktøy for å vurdere og kommunisere modenhetsnivåer for ny teknologi (Mankins, 2009). TRL-konseptet brukes som et støtteverktøy for å minimere de teknologiske usikkerhetene rundt nye og fremvoksende teknologier (Animah & Shafiee, 2018). TRL-skalaen sier noe om hvor langt man er kommet i utviklingsprosessen, hvilke dokumentasjon som finnes for teknologiens ytelse, og hvor på skalaen teknologien befinner seg (Gassnova, 2019).

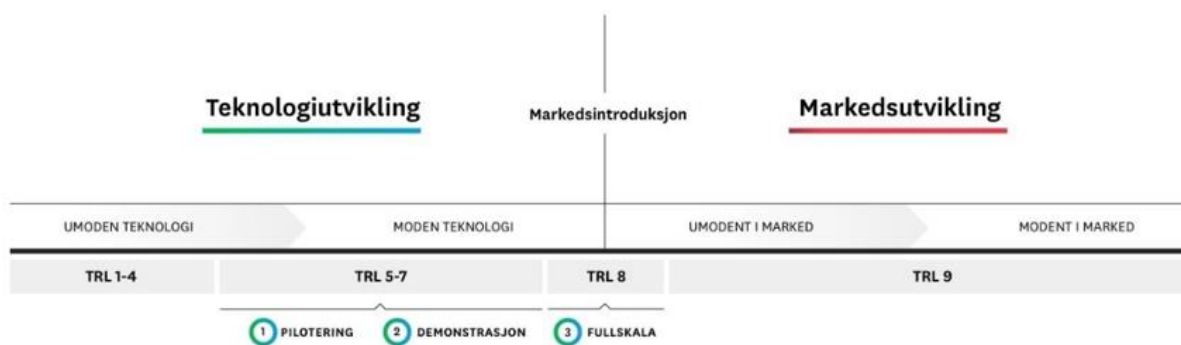
Nedenfor viser Tabell 1 beskrivelse av hvert nivå på TRL-skalaen:

Tabell 1 - TRL-skala for teknologiutvikling

TRL-nivå	Beskrivelse:
TRL 1	Forskningen starter og grunnleggende prinsipper observeres.
TRL 2	Teknologikonsept og/eller applikasjon blir formulert.
TRL 3	Analytisk og eksperimentelle bevis for konseptet av kritisk funksjon og/eller egenskaper.
TRL 4	Validering av teknologi i laboratorium.
TRL 5	Validering av teknologi i relevante omgivelser. Det blir ofte gjennomført pilotprosjekt for uttesting av teknologien.
TRL 6	Demonstrasjon av teknologi i relevant omgivelse.
TRL 7	Prototype demonstrasjon av teknologi i et operasjonelt miljø.
TRL 8	Endelig teknologisystem fullført og kvalifisert gjennom test og demonstrasjon. Teknologien er klar for fullskala uttesting.
TRL 9	Endelig teknologisystem bevist i operasjonelle omgivelser.

TRL-skalaen skiller ofte de ulike nivåene inn i to hoveddeler, der den første delen er teknologiutvikling, og den andre delen er markedsutvikling (Enova, u.å.b).

Teknologiutvikling skjer fra TRL1 til TRL7, for i TRL8 er teknologien klar for å bli introdusert for markedet (Enova, u.å.b). Fra TRL8 og gjennom TRL9 går teknologien fra å ha et umodent marked til et etter hvert etablert og modent marked til slutt i TRL9 (Enova, u.å.b).



Figur 2 - Teknologimodenhet (Enova, u.å.b)

TRL-skalaen, som vist i Figur 2, fremstiller teknologiutviklingsprosessen som en veldig lineær prosess. I virkeligheten er slike prosesser mer komplekse. Ulike deler av et prosjekt

har egne nivå, mål og strategier som ofte endrer seg underveis. TRL-skalaen er med andre ord en forenklet fremstilling av en mer sammensatt prosess i virkeligheten.

Offshore grønn hydrogenproduksjonsteknologi er i tidlig fase i utviklingsløpet og modningsprosessen kan ta lang tid slik som annen fornybar energiteknologi (Negro, Alkemade & Hekkert, 2012). Offentlige myndigheter globalt har i mange år investert og jobbet for å øke hastigheten til utviklingen, diffusjonen og implementeringen av fornybar energiteknologi (Negro et al, 2012). Erfaringene i flere land har vist at dette er en sakte og langtekkelig prosess fordi det er flere systemiske problemer som hindrer utviklingen og spredningen av fornybar energiteknologi. Dette kan innebære blant annet problemer i markedsstrukturer, manglende interaksjon mellom aktører, og for strenge lover fra staten (Negro et al, 2012).

Styrking av systemene rundt en teknologi er noe som vanligvis tar lang tid (Farbrot, 2011). Slik situasjonen er i dag med tempoet i det grønne skiftet foregår teknologiutvikling og oppbygging av det teknologiske innovasjonssystemet rundt parallelt. Uten et ferdig utviklet og modent system rundt teknologiene er sjansen større for at en trår feil i utviklingsløpet. Det trengs ny teknologi og nye energiløsninger, noe som både tar mye tid og koster penger (Farbrot, 2011). Selskaper som satser på tross av denne usikkerheten om fremtidig bruk, marked og etterspørsel må derfor organisere seg i forhold til et bevegelig mål (Farbrot, 2011).

Flere energiselskap satser på bærekraftig energi og har store planer om fornybare prosjekter. Under er en ufullstendig liste over relevante prosjekter i Norge og Europa, og hvor langt de er kommet pr. mai 2021.

Tabell 2 - Prosjekter og initiativ innen offshore grønn hydrogenproduksjon

Prosjektnavn og selskap	Beskrivelse	Status
Deep Purple	Prosjektet eies og drives av TechnipFMC. De har flere underleverandører og samarbeidspartnere til de ulike komponentene i prosjektet. Målet til Deep Purple er å utvikle løsninger for offshore produksjon av hydrogen og styring av uregelmessig hydrogenproduksjon fra vindparker ved å lagre hydrogen subsea (TechnipFMC, u.å.a). Deep Purple-prosjektet skal bruke offshore vindkraft til å lage strøm og hydrogenproduksjon ved bruk av elektrolyse. Dette skal kunne gå som drivstoff til skip, plattformer eller nærliggende kystområder som ligger utenom ordinær strøm fra land (TechnipFMC, u.å.a). En del av Deep Purple-prosjektet handler om kunne benytte vindkraften som er offshore. På den måten vil de lagre hydrogen på havbunnen fra overskuddsenergi i perioder der vindkraften danner mer energi enn det som forbrukes.	TechnipFMC jobber nå sammen i et konsortium med en pilot for deres Deep Purple-prosjekt som nylig har fått støtte av Innovasjon Norge. Pilot prosjektet skal sitte konsortiet i stand til å forberede systemet til stor-skala offshore kommersiell bruk mot Q4 i 2025 (TechnipFMC, u.å.a). TRL 5.
Aquaventus	Aquaventus er et konsortium med 27 internasjonale selskaper, organisasjoner og forskningsinstitusjoner. Målet til prosjektet er å produsere grønt hydrogen til fra vindkraft til havs, med visjon om å oppnå ti gigawatt produksjonskapasitet med hydrogen og transportere det til forbrukere på land innen 2035 (AquaVentus, u.å). Aquaventus har også flere underprosjekter i sin "prosjektfamilie". Sammen inkluderer prosjektene hydrogenproduksjon i Nordsjøen og transport til kjøper og forbrukere på land (AquaVentus, u.å). Prosjektene vil synkronisere etterspørsel og produksjon, og dermed muliggjøre den nødvendige markedsforbedringen. På den måten ønsker prosjektet å gi et betydelig bidrag til implementeringen av den tyske og europeiske hydrogenstrategien (AquaVentus, u.å).	Prosjektet vil etablere rammebetingelser for markedsforbedringen innen utgangen av 2022 (AquaVentus, u.å).
ZEEDS	The Zero Emission Energy Distribution at Sea (ZEEDS) jobber for å skape et nettverk av offshore plattformer som bruker vind- og solenergi til å produsere, lagre og distribuere nullutslippsdrivstoff i et nettverk av hubber med ren energi plassert nær en av verdens travleste skipsveier (Zeeds, u.å). Flytende Offshore hub-er skal produsere hydrogen gjennom elektrolyse ved å bruke vindkraft, for så å produsere grønn ammoniakk gjennom hydrogen og nitrogen fra luften (Zeeds, u.å). Selv om ZEEDS sitt fokus er på grønn ammoniakk, er konseptet klassifisert som "drivstoffagnostisk", med mulighet for å inkludere drivstoff som hydrogen eller flytende biogass. Bunkring kan utføres av autonome enheter kalt Energy Providing Vessels (EPV), drevet av egen last med en rekkevidde på 50 nautiske mil rundt hovedhubbene, eller drivstofflagringsbasen. Partnere i ZEEDS er AkerSolutions, DFDS, Equinor, Grieg Star, Kværner og Wärtsilä (Zeeds, u.å).	Prosjektet er i konseptutviklingsfasen.
PosHYdon	PosHYdon-prosjektet vil bruke offshore vind til å produsere hydrogen. Målet med prosjektet er å integrere tre energisystemer på en plattform: havvind, havgass og hydrogen (Neptune Energy, u.å). Elektrolysesystemet vil bli plassert i en sjøcontainer og installert på Neptuns Q13a-A-plattform som ligger omtrent 13 kilometer fra Scheveningen, Nederland. Elekrisitet generert av havvindturbiner vil brukes til å drive hydrogenanlegget på plattformen, og konvertere sjøvann til demineralisert vann, deretter hydrogen via elektrolyse. PosHYdon skal gjennom sitt pilotprosjekt få erfaring med å integrere arbeidende energisystemer til sjøs og produksjon av hydrogen i et offshore miljø (Neptune Energy, u.å). Bedrifter som er i prosjektet er DEMA Group, Neptune Energy, Gasunie Eneco, TAQU, EBN B.V., NAM, NOGAT B.V., Noordgastransport B.V og NEL Hydrogen ASA (Neptune Energy, u.å).	Pilotprosjektet skal starte produksjonen i slutten av 2021 (Neptune Energy, u.å). TRL 3-4.

ShipFC - Green Ammonia Energy System	ShipFC-prosjektet vil demonstrere at langdistanse nullutslipps-reiser med stor effekt på større skip er mulig (Maritime Cleantech, u.å). Dette vil de gjøre gjennom Eidesvik-eide forsyningsfartøyet Viking Energy. Viking Energy skal etter planen få installert en 2MW ammoniakk brenselcelle mot slutten av 2023 (Maritime Cleantech, u.å). Dette vil være første gang en ammoniakkdrevet brenselcelle blir installert på et fartøy. Med den installasjonen skal skipet kunne seile på rent drivstoff i opptil 3000 timer årlig. Ammoniakk som brukes i energisystemet skal produseres ved elektrolyse. Målet med prosjektet er også å sikre at en stor brenselcelle kan levere total elektrisk kraft til skipssystemer på en sikker og effektiv måte (Maritime Cleantech, u.å). En sentral del av ShipFC-prosjektet er oppskalering av en 100 kilowatt brenselcelle til 2 megawatt (Maritime Cleantech, u.å). En annen del av prosjektet går ut på å utføre studier på tre andre fartøystyper, offshore konstruksjonsfartøy og to andre lasteskipstyper, for å illustrere muligheten til å overføre denne teknologien til andre segmenter av skipsindustrien (Maritime Cleantech, u.å).	Prosjektet er i utviklingsfasen og holder for tiden på med systemutvikling av brenselceller, fuel systemer og power electronics. Planlegger å bygge ferdig systemene og installere i løpet av 2023. Pilottest skal foregå om bord i Viking Energy i 2024 (Maritime Cleantech, u.å). TRL 3.
Haeolus	Varanger Kraft har konsesjon på 200 MW på Raggovidda. Målet med prosjektet er å utvikle en hydrogenfabrikk i Berlevåg i Øst-Finnmark med kraft fra vindpark på Raggovidda (Haeolus, u.å). Haeolus-konsortiet er en kompakt og liten gruppe som adresserer hele spekteret av prosjektkrav fra akademia gjennom industri til sluttbruker (Haeolus, u.å). Med i konsortiet er det to universiteter (UBFC og US), to forskningsinstitutter (Sintef og Tecnalía), en ledende elektrolyseprodusent (Hydrogenics), en software SME (KES) og Varanger Kraft som sluttbruker med både vindkraft- og nettoperatører (Haeolus, u.å).	Installasjon, funksjons-test og commissioning av utstyr pågår i mai-juni 2021. Tor Einar Løkke Pedersen i Varanger Kraft (personlig kommunikasjon, 05.05.21) påpekte i epost at når dette er gjort starter Haeolus pilot-perioden som skal vare i 2 ½ år. TRL 4-5.
Hyon	Samarbeidsforetak med tre bedrifter, NEL, HEXAGON og Powercell. NEL har hydrogenproduksjon onshore, HEXAGON har lagrings og transportteknologi, og Powercell har brenselcelle-teknologi (Hyon, u.å.a). Foretaket skal kunne levere integrerte systemer inkludert fornybar hydrogenproduksjon, lagring, distribusjon, utlevering og strømproduksjon via brenselceller (Hyon, u.å.a). I prosjektene Hyon gjennomfører tar de rollen som integrator av hydrogensystemene basert på kjerneproduktene til de tre bedriftene (Hyon, u.å.a).	Inngår i flere delprosjekter i Deep Purple som vist senere i kapittel 6 (TechnipFMC, 2019a). Hyon har òg tre andre prosjekter som de jobber med, ZEFF (Zero, Emission Fast Ferry), SeaShuttle og Hellesylt Hydrogen Hub (Hyon, u.å.b)
Zefyros	Målet til Unitech offshore er med sin Zefyros flytende vindturbin å utvikle det som kan bli verdens første flytende vindturbin (E24, 2021). Prosjektet skal innebære hydrogenproduksjon og hybrid energilagring (Maritimt Forum, 2021b). Systemet skal lagre vindenergi i batterier og som hydrogen. Hydrogen skal lagres på havbunnen, og her vil det undersøkes hvilken ladeteknologi (gass, metallhydrid, etc.) som er mest fordelaktig for denne applikasjonen (Maritimt Forum, 2021b). Ladeinfrastruktur for elektriske eller hybride fartøyer, både undervanns- og overflatefartøy, skal også bygges og testes som en del av systemet. Med på laget har Unitech med seg EMPA (Sveits), Source Energi (UK), LOS Elektro og Bremnes Seashore AS (Maritimt Forum, 2021b). Av andre partnere finner vi bla Universitetet i Oslo, Sustainable Energy Catapult, NCE Maritime Cleantech og Norwegian Offshore Wind Cluster (Maritimt Forum, 2021b).	Prosjektet er i konseptutviklingsfasen. De har fått tildelt støtte til et forprosjekt til å levere søknad til hovedprosjekt til Grønn plattform-utlysningen i mai 2021 (E24, 2021). Ved innvilget søknad kan hovedprosjektet starte i sept. 2021 sier Torbjørn Egeland-Eriksen i Unitech Energy på epost, og at prosjektet vil da vare ut 2024 (personlig kommunikasjon, 10.05.21).
NorthH2	Et prosjektsamarbeid i konsortium av Gasunie, Groningen Seaports, Shell Nederland, RWE og Equinor (Gasunie, 2020). Prosjektet innebærer produksjon av grønn hydrogen ved bruk av fornybar elektrisitet fra en offshore vindpark. 3-4 gigawatt i 2030 og ambisjon om rundt 10 gigawatt rundt 2040 (Gasunie, 2020). Forventer en produksjon av grønn hydrogen på rundt 800 000 tonn per år innen 2040. Dette betyr en reduksjon av omtrent sju megatonn CO <sub>2</sub> pr.år (Gasunie, 2020).	Startet med mulighetsstudie i 2020. Forbereder markedet med å fremme elektrolyse og hydrogen-applikasjoner i industrielle klynger. Planer om oppstart av hydrogen produksjon innen 2027 (Gasunie, 2020).

### 3. Beskrivelse av teknologi grønn hydrogenproduksjon offshore

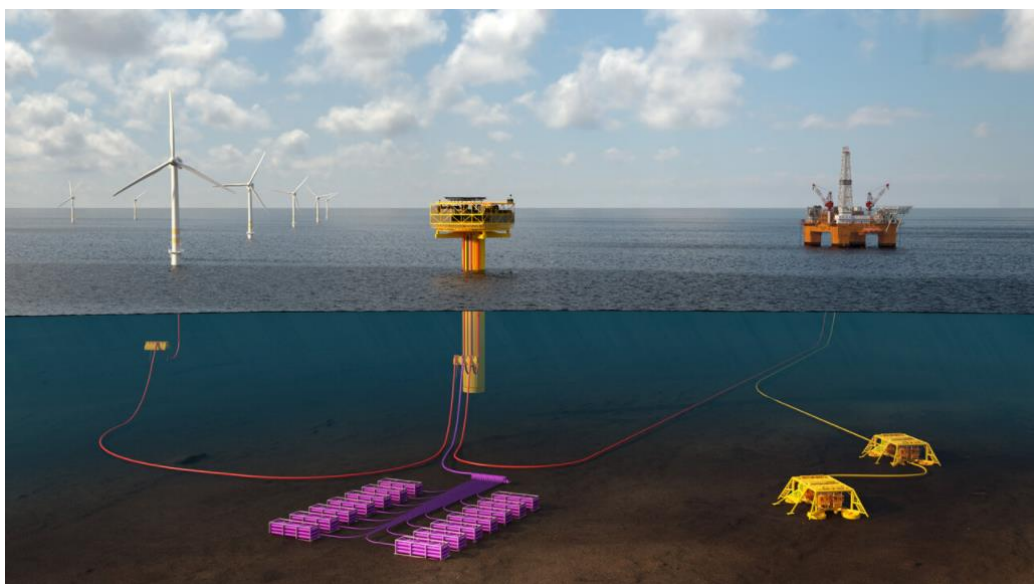
I dette kapitlet beskriver vi Deep Purple-prosjektet og tilhørende teknologi. Vi fordeler teknologien i tre hoveddeler; offshore havvind, elektrolyse og hydrogen, og forklarer i detalj hvordan hoveddelene fungerer og hvilke utfordringer de har. I tillegg nevner vi alternativer til hydrogen og sikkerhetsrisikoen tilknyttet hydrogen.

#### 3.1 Deep Purple og offshore grønn hydrogenproduksjon

Deep Purple eies i dag av TechnipFMC som har samarbeidet med SINTEF, Energy Valley og Hub For Ocean siden 2016 (Ocean Hyway Cluster, 2020). Målet med prosjektet er å erstatte konvensjonelle CO<sub>2</sub> -produserende energiprosesser offshore med fornybar energikilde, hvor hydrogen skal produseres med energi fra offshore vindkraft (TechnipFMC, u.å.a).

TechnipFMC har også nylig fått en avtale med Hub For Ocean og GCE Ocean Technology angående utvikling og kommersialisering av de forskjellige Deep Purple konseptene.

Hovedkonseptet er å forsyne stabil nullutslippsenergi til offshore-installasjoner og øysamfunn. Videre er en annen del av prosjektet rørekspport av hydrogen. Den siste delen av prosjektet er å lagre hydrogen på havbunnen for å kunne forsyne mottakere ved behov, og/eller et integrert system for lagring og distribuering av hydrogen i havner i hele verden (Ocean Hyway Cluster, 2020).



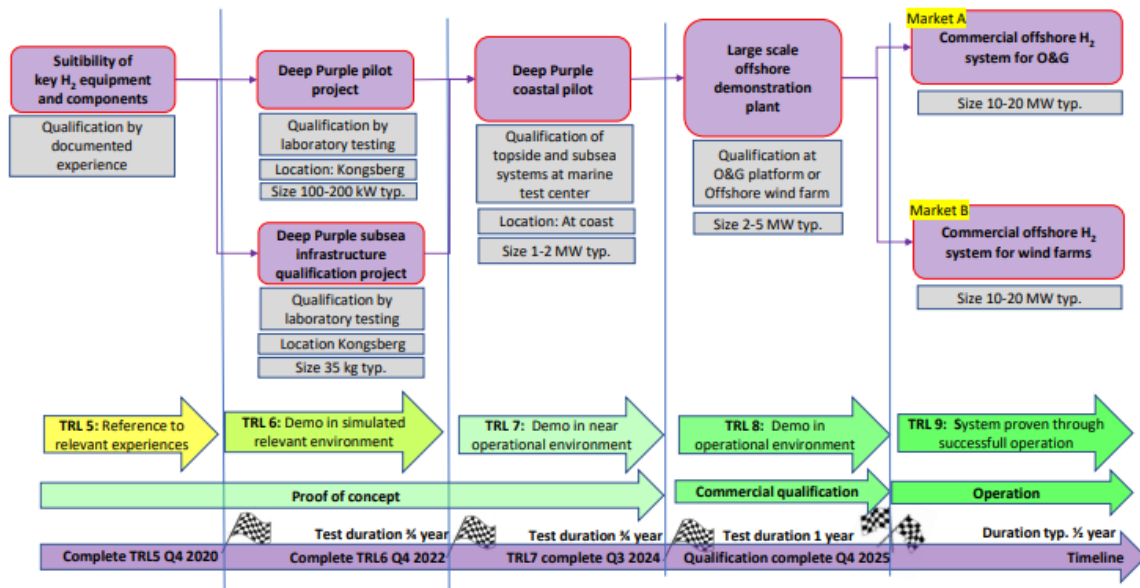
Figur 3 - Deep Purple konsept-illustrasjon Kilde: (TechnipFMC, u.å.a)



Konseptet går ut på at flytende vindturbiner offshore produserer elektrisk energi fra vind og vil bruke noe av energien til å produsere hydrogen gjennom elektrolyse som kan lagres på havbunnen illustrert i rosa lagringstanker i Figur 3 (TechnipFMC, u.å.a). Noe av den elektriske energien vil bli sendt direkte til mottaker som for eksempel olje- og gassplattformer. Deep Purple-prosjektet skal være lokalisert offshore hvor det er lite tilgang på ferskvann. Dermed vil de anvende en teknologi som kalles *omvendt osmose* til fremstilling av ferskvann fra saltvann. Dette fjerner saltinnhold i sjøvann slik at vannet videre kan brukes i Deep Purple sitt elektrolyse-system (Energy Valley, 2019). Vi skal se nærmere på omvendt osmose i kapittel 3.9. Deep Purple-prosjektet er nå i gang med pilotering og det de kaller fase 2 på TRL nivå 5 - validering av teknologi i relevante omgivelser (TechnipFMC, 2020).

Konsortiet til TechnipFMC og Deep Purple består av ledende industripartnere som Vattenfall, Repsol, ABB, NEL, DNV GL, UMOE og Slåttland, med støtte fra akademia, forskningsselskaper og klynger (TechnipFMC, 2021). Prosjektet vil tillate konsortiets partnere å forberede systemet for kommersiell bruk i stor skala. Omfanget inkluderer også utvikling og testing av et avansert kontroll- og rådgivningssystem og en dynamisk prosessimulator (TechnipFMC, 2021). I desember 2020 ble det offentlig at pilotprosjektet fikk tildelt økonomisk støtte fra Innovasjon Norge på 9 millioner euro for å realisere pilotprosjektet og TRL nivå 6 som vist i Figur 4 (TechnipFMC, 2020).

## Deep Purple technology qualification roadmap to commercialization



Figur 4 - Deep Purple veikart for teknologi kvalifisering Kilde: (TechnipFMC, 2020)

### 3.2 Forskjellen på energikilde og energibærer

For å forstå litt mer av denne sammensatte teknologien er det viktig å være klar over forskjellen på en energikilde og en energibærer. Energikilder definerer alle naturfenomen og materialer som vi mennesker kan gjøre om til nye nyttige energiformer (Hofstad, u.å.a). Eksempel på denne typen energikilder er sol, vind, kull og tre, og eksempler på energiformer er elektrisitet, mekanisk energi og varme (Hofstad, u.å.a). Kjennetegnet til fornybare energikilder er at tilgang til disse ressursene er en del av naturens eget kretsløp. Uttak av disse ressursene blir dermed kontinuerlig fornyet. Kjente eksempler på fornybare energikilder er vannkraft, solenergi, bølgeenergi, vindenergi og bioenergi (Hofstad, u.å.a).

Energibærer er et materiale som i en reaksjon kan frigjøre energi til bruk et annet sted eller på et senere tidspunkt (Pedersen, u.å.b). Denne reaksjonen kan for eksempel være kjemisk eller mekanisk. Elektrisk strøm, variable magnetfelt eller en mekanisk fjær er noen eksempler på energibærere.

Materialer som er energibærere er for eksempel hydrogengass. Hydrogengassen kan gjennom en kjemisk reaksjon reagere med oksygen i en spontan prosess for å frigjøre energi (Pedersen, u.å.b):



Som reaksjonsligningen illustrerer brytes bindingene i H-atomene og i O-atomene. Dette er en prosess hvor det kreves energi. Deretter skapes det sterke bindinger mellom H-atomene og O-atomene i vannmolekylene ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Det er her vi ser en endring i entalpi ( $\Delta H$ ) (Pedersen, u.å.b). Entalpi er et begrep som brukes for å beskrive mengden av varme i et system, eller frigjort energi (Pedersen, u.å.b). Energibærerne som vi kjenner best til i dag er hydrokarboner. I dagligtale er hydrokarboner en samlebetegnelse for olje- og gassprodukter som inneholder grunnstoffene hydrogen og karbon. I hydrokarboner er energien lagret i karbon-karbon og karbon-hydrogen-bindingene. Dersom disse forbrennes, for eksempel gjennom et oljefyringsanlegg eller i en bilmotor, vil det bli frigjort energi ved reaksjon med oksygen under dannelse av vann ( $\text{H}_2\text{O}$ ) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) (Pedersen, u.å.b).

### 3.3 Vindkraft

Vind er luft i bevegelse som kommer av trykkforskjeller på jordens (Hofstad, u.å.f). Luften går fra områder med høyt til lavt trykk, og jo større forskjell i trykk det er, jo sterkere er vinden. Vindkraft er når en tar i bruk vinden til å skape mekanisk kraft. Dette gjøres gjennom vindturbiner for å rotere en generator for å produsere elektrisk kraft. Det finnes mange forskjellige vindturbinmodeller, men den som blir brukt mest har tre blader rundt en horisontal akse (Hofstad, u.å.g). Teknologiutviklingen de siste årene gjør at dagens vindturbiner produserer mer kraft enn eldre vindturbiner (NVE, 2019b). En typisk vindturbin fra 2012 produserer 7 GWh i året, mens en typisk vindturbin fra 2019 produserer 14 GWh, som tilsvarer forbruket til henholdsvis ca. 350 og 700 husstander (NVE, 2019b). En av utfordringene til vindkraft er at vinden er periodisk. Den kan ikke reguleres slik som vannkraft og kalles derfor ofte for en uregulerbar energikilde. Selv om et område med vindturbiner har en potensiell effekt på mange millioner MW, vil det være avhengig av vinden som er på feltet for hvor mye energi som vil produseres. I noen tilfeller vil det være

for lite vind, og andre ganger kan det være for mye vind til at vindmøllene kan driftes. I perioder med for mye vind til at all kraften brukes får en det som kalles innestengt kraft. En annen utfordring er at en vindturbin er et komplekst system som består av mange komponenter, og derfor flere muligheter for svikt i systemet man må forebygge (Qiao & Lu, 2015). Vindkraft har også utfordringer med at de skaper støy, gir visuell forurensing og kan skade eller drepe fugler (Hofstad, u.å.g).

Det er store variasjoner på vindstyrken og hvor stabil vindstyrken holder seg fra sted til sted. For best mulig prosess ønskes det å plassere vindturbiner der vindstyrken er høy og stabil. Områder som passer disse kriteriene, er ofte utpå havet langt vekk fra kysten (Babarit et al., 2018). Offshore vindturbiner unngår ulempene med støy for mennesker og visuell forurensning hvor folk ferdes. Offshore vindparker kunne pr. 2017 driftes i områder med havdyp på opp mot 800 meter (Equinor, 2017). Dette gjør områder som tidligere ikke har vært tilgjengelig for havvind aktuelle å for flytende vindkraftanlegg (Equinor, 2017). Et eksempel på en offshore vindpark er Equinor sitt Hywind Scotland som illustreres i Figur 5 (Equinor, 2017). Utfordringen oppstår i hvordan man skal transportere denne typen elektrisk energi over store avstander, som mellom land og områder langt ute offshore. Det er ofte for langt til å ha kabler direkte til vindturbinene fra land grunnet effekttapet (Hofstad, u.å.e). Det er forskjellige løsninger for å kunne transportere energien, blant annet å konvertere energien til hydrogen (Babarit et al., 2018).



Figur 5- Offshore vindturbin Kilde: (Equinor, 2017)

### 3.4 Introduksjon til hydrogen

Hydrogen er det første grunnstoffet i det periodiske system. Det er en gass ved standard trykk og temperatur (STP), 0°C og 1 atm. Vanligvis forekommer hydrogen som gass og ofte bruker man hydrogen som betegnelse for hydrogen-gass ( $H_2$ ). Hydrogen er det letteste av alle grunnstoff og svært flyktig (Kofstad & Pedersen, u.å.). Norge har en snart 100 år lang historie med håndtering av hydrogen i stor skala. Gjennom 1930-årene begynte Norsk Hydro med industriell hydrogenproduksjon (DNV GL, 2019). Naturlig er hydrogen lettest tilgjengelig i form av vann (Kofstad & Pedersen, u.å.)

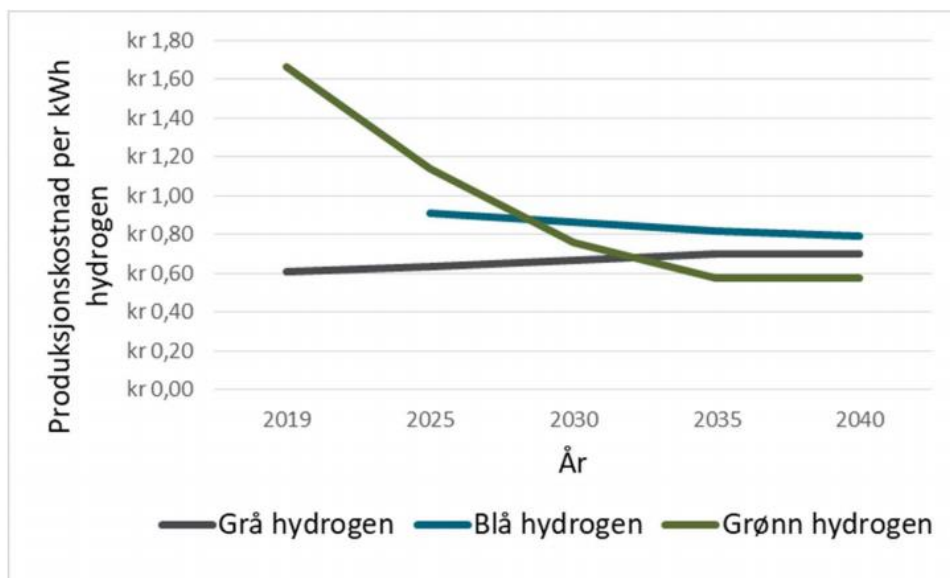
I denne oppgaven skiller vi mellom ulike typer hydrogen som vist i Tabell 3 - Ulike måter å produsere grå, blå og grønn hydrogen Kilde: (NVE, 2019a). Grønn hydrogen er hydrogen som blir produsert av elektrisitet fra fornybar kraft (Sintef, 2020). Interessen for grønn hydrogen øker, men bare rundt fire prosent av hydrogenet som brukes i dag er grønn hydrogen (Sintef, 2020). Grå hydrogen produseres ofte gjennom reformering av naturgass og er den det produseres mest av i dag med over 95% (NVE, 2019a). Begrepet blå hydrogen brukes om hydrogen som òg blir produsert av naturgass, slik som grå hydrogen, men hvor en

må fange og lagre CO<sub>2</sub> fra prosessen (CCS) for at det defineres som blått (NVE, 2019a). Blå hydrogenproduksjon finnes ikke pr i dag, men det er flere som planlegger for denne typen produksjon de neste årene i kombinasjon med karbonfangst og -lagring (CCS).

Tabell 3 - Ulike måter å produsere grå, blå og grønn hydrogen Kilde: (NVE, 2019a)

	Metode:	CO <sub>2</sub> -utslipp fra produksjon
<b>Grå hydrogen</b>	Reformering av naturgass	Ca. 8 tonn per tonn H <sub>2</sub> -gass
<b>Blå hydrogen</b>	Reformering av naturgass m/CCS	Opptil 90% reduksjon fra grå H <sub>2</sub>
<b>Grønn hydrogen</b>	Elektrolyse av vann	Ingen CO <sub>2</sub> (Fra fornybar kraft)

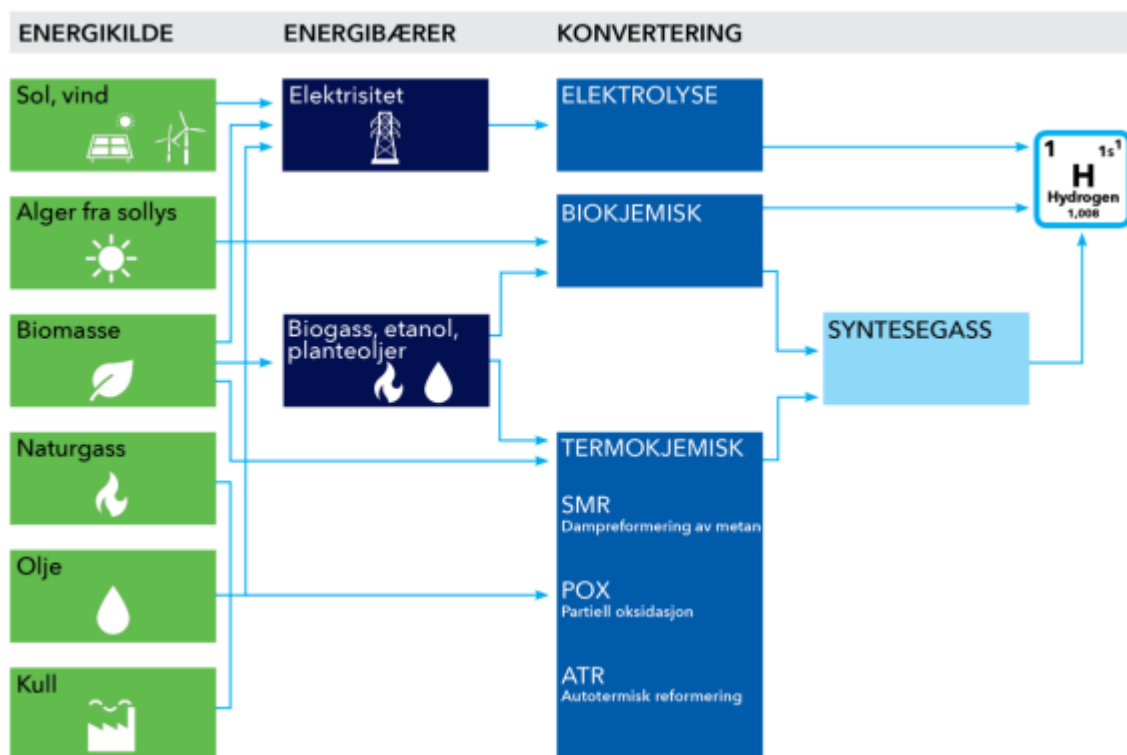
Produksjon av grønt hydrogen i dag er betydelig dyrere enn å reformere naturgass til grått hydrogen (NVE, 2019a). Produksjonskostnad per kWh hydrogen sier noe om hvor mye det koster å produsere de ulike typene hydrogen. Estimerer for hvordan disse kostnadene kommer til å utvikle seg vises i Figur 6 (NVE, 2019a). Det er i dag høy usikkerhet knyttet til produksjonskostnad for blå hydrogen. Dette fordi det finnes i dag ingen storskala produksjonsanlegg av hydrogen fra naturgass som inkluderer CCS (NVE, 2019a).



Figur 6 - Kostnadsutvikling for storskala produksjon av hydrogen. Kilde (NVE, 2019a)

Antall demonstrasjons- og forskningsprosjekt med hydrogen har økt de siste årene (Forskningsrådet, u.å.a). Kostnadene for prosjekter med fornybar elektrisitet fra vind og sol går ned som medfører at grønne hydrogenprosjekt blir stadig mer økonomisk lønnsomme og flere bedrifter ønsker å satse på området (AleaSoft, 2020), men det er fortsatt en del utfordringer som gjenstår. Dersom en skulle flytte all dagens hydrogen-produksjon til elektrolyse fra fornybare kilder ville det kreve et strømbehov på 3600 TWh, som er mer enn den årlige strømproduksjonen i hele EU (AleaSoft, 2020).

Det finnes flere metoder for å produsere hydrogen. De ulike prosessene for å produsere hydrogen fra ulike energikilder illustreres greit i Figur (DNV GL, 2019)



Figur 7- Prosesser for å produsere hydrogen Kilde: (DNV GL, 2019)

Dampreforming og gassifisering er to av metodene for å produsere hydrogen (Hofstad, u.å. b) (Hofstad, u.å.c). Dampreforming er en prosess som ofte utføres i to trinn. Det som skiller trinnene, er i hovedsak temperatur og type katalysator brukt under reaksjonene. Første steg gjennomføres med en nikkelkatalysator rundt 800 grader celsius. I steg to brukes en kobber-

eller jernkatalysator med en temperatur på rundt 500 grader celsius. I dampreforming produseres hydrogen ut fra lettere olje- og gasskomponenter. Eksempler på slike komponenter er naturgass, propan eller biogass (Hofstad u.å.b). Gassifisering er en prosess som helt eller delvis omdanner fast eller flytende brensel til gassformig brensel. For at brenselet skal kunne gassifiseres må det varmes opp til 800-1000 grader celsius, uten tilførsel av hydrogen eventuelt med kontrollerte mengder oksygen og vanndamp. Brenselet blir da omdannet til en syntesegass med et stort innhold av energibærere som metan ( $\text{CH}_4$ ), karbonmonoksid ( $\text{CO}$ ) og hydrogen ( $\text{H}_2$ ). Denne prosessen kalles også forgassing (Hofstad, u.å.c).

En tredje metode for fremstilling av hydrogen er gjennom elektrolyse (UngEnergi, 2021). Hydrogen produsert gjennom elektrolyse som bruker fornybar kraft er grønn hydrogen. Dette er òg den teknologien som Deep Purple har planer om å ta i bruk i sitt prosjekt. Vi kommer nærmere inn på elektrolyse og hvordan det virker i kapittel 3.8.

### **3.5 Alternativer til hydrogen**

Hittil har fokuset vært på hydrogen som energibærer, men det er også andre alternativer som bør nevnes (Crivellari & Cozzani, 2020). Syntetisk naturgass (SNG) kan produseres ved at hydrogen reagerer sammen med  $\text{CO}_2$ . Anlegget for å produsere SNG kan være likt som for å produsere hydrogen, men med en ekstra prosess som heter metanering (Crivellari & Cozzani, 2020). Studiet Crivellari & Cozzani (2020) viser at SNG har potensiale til å både bruke eksisterende naturgassinfrastruktur, eller brukes som drivstoff i kombinasjon med karbonfangst- og lagring-teknologi (CCS). Dessverre har mulighetene ikke blitt studert videre (Crivellari & Cozzani, 2020). Et annet alternativ til hydrogen er ved å gjennomføre en kjemisk syntese og skape forskjellige væskeprodukter. Eksempler på disse er metanol, dimetyl og ammoniakk. Av disse så viser metanol seg til å være mer sikker og enklere å håndtere som energibærer på grunn av høyere volumetrisk energitetthet og mindre transportproblemer (Crivellari & Cozzani, 2020). Til tross for dette så konkluderte studiet at hydrogenproduksjon var det beste alternativet (Crivellari & Cozzani, 2020). Når dette er sagt er det viktig å nevne at ammoniakk etter hvert ser ut til å bli det beste alternativet til fossilt drivstoff i skip. Det har de siste to-tre årene blitt publisert en rekke rapporter og analyser som



konkluderer med at ammoniakk kan være et av de mest lovende energibæreren til sjøs, som drivstoff til større skip for lengre distanser (Norsk Klimastiftelse, 2020b). I vår oppgave vil vi begrense oss til hydrogen som energibærer.

### 3.6 Hydrogenlagring

Hydrogen kan lagres i flytende form eller gassform. Hydrogen går over til flytende form ved  $-252,87\text{ }^{\circ}\text{C}$  under atmosfæretrykk (NVE, 2019a). Når det forbrennes slippes det ut vann som biprodukt, som vil si at hydrogen er i praksis uuttømmelig siden man kan bruke vannet på nytt i produksjonsprosessen (Hofstad, u.å.d). Selv om hydrogen er i praksis har det noen tekniske utfordringer når det kommer til lagring og transport (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, u.å.).

Hovedutfordringen er vekt og volum til lagringsenhetene for hydrogen (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, u.å.). Når det kommer til drivstoff ønsker man et stoff som har høy energimengde, men også har lav vekt og tar lite plass. Tabell 4 viser en oversikt over spesifikk energi som er energiinnhold dividert med masse, og volumetrisk energitetthet er energiinnhold dividert på volum (Hofstad, u.å.d). Energiinnhold er den delen av den kjemiske bindende energien som kan utnyttes (Hofstad, u.å.d). Det gunstigste er altså både høy spesifikk energi og høy energitetthet. For å forklare utfordringen sammenligner vi diesel med hydrogen under atmosfærisk trykk, under et trykk på 70 MPa (690 ganger atmosfæretrykket), og som flytende form.

Tabell 4 - Spesifikk energi og energitetthet Kilde: (Hofstad, u.å.d) (Hofstad, u.å.h)

Brensel	Spesifikk energi (MJ/kg)	Energitetthet (MJ/liter)
Diesel	43,1	36,2
Hydrogen, atmosfærisk trykk	119,9	0,01
Hydrogen, 70 MPa	119,9	4,5
Hydrogen, flytende	119,9	8,5
Ammoniakk	18,6	12,7

Når det gjelder spesifikk energi er hydrogens verdi høyere enn diesel fordi hydrogenet gir mer energi per kilogram. Dersom en ser på energitetthet er diesel sin verdi mye høyere enn

hydrogen. Selv i flytende form må man ha cirka fire ganger så mye hydrogen som diesel for den samme energimengden. Det er svært energikrevende å bearbeide hydrogen til komprimert- og flytende form (Hofstad, u.å.i). Det vil også stilles høye krav til lagerenhetene for hydrogen. Lagertankene som skal inneholde hydrogen må tåle svært lave temperaturer eller høyt trykk, og samtidig være holdbar med lang nok levetid. Ettersom hydrogen er flyktig, vil det også påvirke hvordan lagertankene må designes for å unngå lekkasje, tap av hydrogen og fare for omgivelsene.

En av de nevnte utfordringene for hydrogenlagring er volum, og for at volumet på lagertankene skal være i akseptabel størrelse er det flere løsninger. Tre løsninger er at hydrogenet må enten komprimeres til et høyere trykk som tar mindre plass, kjøles ned i flytende form i en godt isolert tank eller lagres i form av faste metallhydrider (Guddingsmo & Fløtre, 2018). Hvilket område hydrogenet skal brukes til har betydning for hvor og hvordan det skal lagres. Skal det stå som en fast lagertank på et skip, som drivstofftank i et kjøretøy eller på havbunnen? En drivstofftank for hydrogen til en personbil kan ikke være så stor at personbilen ikke får plass på veien. Siden mennesker ofte er tett på denne typen kjøretøy er eksplosjonsfare og sikkerhet for personer svært viktig. Mens for lagertanker på havbunnen vil trykk, design og eksponering for salt gjerne være større utfordringer enn plassmangel og eksplosjonsfare for mennesker.

### **3.7 Sikkerhetsrisiko tilknyttet hydrogen**

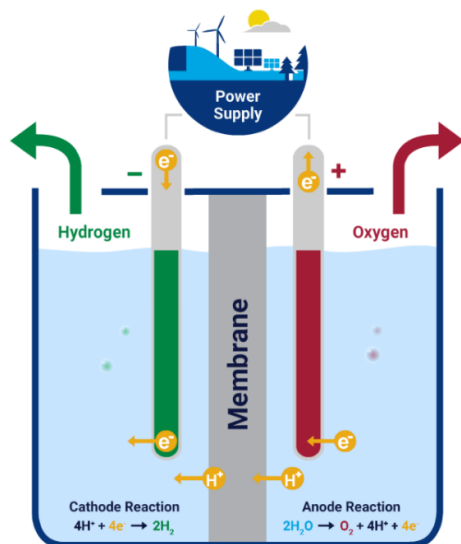
De ulike hydrogenbærere har forskjellige sikkerhetsmessige egenskaper. Komprimert hydrogen og flytende hydrogen stiller ulike krav til rammeverk for sikkerhet (DNV GL, 2019).

Hydrogen sin sikkerhetskarakteristikk ligner på metan (naturgass) da det er brannfarlig og produserer en fargeløs og luktfri flamme (Kofstad & Pedersen, u.å.). Forbrenning av hydrogen produserer nitrogenoksider ( $\text{NO}_x$ ), noe som forårsaker problemer med luftkvalitet og kan være farlig for menneskers helse (Sintef, 2017). Hydrogen er et mindre molekyl enn naturgass, så det har større fare for å lekke. Ser man på volumkonsentrasjon kan metan antennes mellom 4-15% konsentrasjon, mens hydrogen vil kunne antennes fra 4-75% konsentrasjon (Committee on Climate Change, 2018).

Flytende hydrogen er som nevnt svært kaldt ( $-252,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Kofstad & Pedersen u.å.). En lekkasje av flytende hydrogen kan få nærliggende luft til å fryse. Det er noe uenighet basert på tilgjengelig informasjon når det gjelder sikkerhetsforhold og konsekvenser av lekkasjer med hydrogen, og dette gjelder særlig flytende hydrogen (DNV GL, 2019). Bruk av hydrogen som energibærer i transportsektoren er en relativt ny anvendelse og medfører andre utfordringer. De viktigste risikomomentene ved lekkasje og oppkonsentrering av hydrogen er at hydrogen er lett antennelig og at hydrogen, spesielt i lukkede rom kan medføre en betydelig eksplosjonsfare (DNV GL, 2019).

### **3.8 Elektrolyse**

Deep Purple planlegger å produsere grønn hydrogen gjennom elektrolyse, som er en prosess hvor man får omdannet elektrisk energi til kjemisk energi (Pedersen, u.å.a). Denne prosessen er det motsatte av det som skjer i et galvanisk element, der kjemisk energi blir omdannet til elektrisk energi. Elektrolyse er en anerkjent metode for å frembringe kjemiske produkter fra sin opprinnelige tilstand (Abdel-Aal, Zohdy & Abdel Kareem, 2010). Elektrolyse kan brukes for å splitte oksygen og hydrogen fra vannmolekyler som vist i Figur 7 (Wood Mackenzie, 2019). Dersom strømmen til elektrolysen er fra en fornybar kilde, kaller man det produserte hydrogenet for grønn hydrogen. Dersom strømmen kommer fra kull eller fossilt brennstoff er det grå hydrogen. Elektrolyse er ofte omtalt innen klimaforskning ettersom den kan driftes med fornybar energi. På den måten kan det fremstilles grønne energibærere som kan gjøre hele verdikjeden utslippsfri. Et elektrolysesystem består av to elektroder, en anode og en katode, som kobles til elektrisk spenning. Elektrodene plasseres i vann og reagerer gjennom elektrisk ladning med å skille atomene i vannmolekylene, denne prosessen kalles ofte for spalting (Abdel-Aal et al., 2010). På den måten vil hydrogengass produseres ved katoden og oksyngengass ved anoden, slik figuren under viser. Vannkvaliteten som skal brukes til denne typen elektrolyse stiller krav til at den er veldig ren. Vannet til elektrolyseprosessen i Deep Purple skal renses fra sjøvann til ferskvann gjennom et omvendt osmoseanlegg (TechnipFMC, u.å.a).



Figur 7 - Elektrolyse kilde: (Wood Mackenzie, 2019)

### 3.9 Omvendt osmose

Omvendt osmose er en form for filtrering og avsalting av sjøvann. Væsken separeres i to strømmer ved bruk av semipermeable membraner og trykk (Profinor, u.å.) Ordet kommer fra osmose som kort sagt handler om å utligne forskjellen i konsentrasjon mellom to løsninger (Kierulf, u.å.). Omvendt osmose handler altså om det motsatte, å skille ulike konsentrasjoner i to løsningene fra hverandre (AkvaFresh, u.å.). I Deep Purple sitt tilfelle handler det om å skille saltinnholdet fra saltvannet til ferskvann slik at ferskvannet kan brukes videre i deres elektrolyseprosess. Denne teknologien brukes i dag i øysamfunn, kystbyer, skip og oljeplattformer for å produsere nødvendig ferskvann der en har lettere tilgang på sjøvann (Folkehelseinstituttet, 2017). Omvendt osmose har vært brukt i over 40 år i stor skala i USA (Fenske., 2019). Det første omvendt osmose-anlegget ble ferdigstilt og satt i drift i 1977 i Cape Coral, vest i Florida. Anlegget i Cape Coral var i 2019 i stand til å produsere 113 500 kubikkmeter ferskvann pr dag gjennom bruk av omvendt osmose (Fenske, 2019). Når vannet er rent nok sendes det videre til elektrolyse.

### 3.10 Ulike elektrolyse-teknologier

Det finnes i dag hovedsakelig to metoder for elektrolyse-teknologi som er dominerende; alkalisk elektrolyse og polymer elektrolytt membran (PEM) elektrolyse (Ursin, 2018). Av andre metoder har man SOEC eller fastoksidelektrolyse som det òg forskes mye på. Dette er

en metode for elektrolyse under høy temperatur med keramiske membraner, men denne teknologien er fortsatt på demonstrasjonsstadiet (DNV GL, 2019). Vi vil ikke gå nærmere inn på alkalisk- eller SOEC elektrolyse ettersom det er PEM-elektrolyse Deep Purple vil benytte seg av (TechnipFMC, 2019b).

PEM-elektrolyse finnes som kompakte og effektive enheter (Ursin, 2018). Fordelen med denne metoden er blant annet at en PEM-elektrolysør kan sattes under trykk og har høy strømtetthet. Den har kortere responstid og passer dermed bedre sammen med variabel kraftforsyning slik som solenergi og vindkraft (Ursin, 2018). Ulempen er det sure og korroderende miljøet som PEM opererer i. Dermed blir levetiden kortere, og drift- og produksjonskostnader dyrere. I PEM brukes platina og iridiumoksid som katalysatormateriale. Platina er kostbart, og iridium er en begrenset ressurs (Ursin, 2018). Det forskes her på å finne andre alternative katalysator- materialer (Ursin, 2018).

## 4. Teori

I dette kapitlet vil vi gå gjennom innovasjonsteori og systemteori, hvordan teknologiutvikling foregår i et system av mange aktører og hvordan aktørene påvirker hverandre. Vi vil også gå gjennom rammeverket vi bruker for å få oversikt over styrkene og svakhetene ved teknologiutviklingen. Med vår bakgrunn som ingeniører er det interessant for oss å forstå både det som går på teknologi og innovasjon i en sammenheng. Nettopp det å se disse to dimensjonene sammen gjør det i en slik oppgave relevant å bruke vår bakgrunn når vi nå skal studere dette temaet.

### 4.1 Hva er innovasjon

Innovasjon er ofte brukt som et synonym for oppfinnelse, men det er litt misvisende. Én definisjon på innovasjon av Joseph Schumpeter (1883-1950) er å sette sammen “nye kombinasjoner” av eksisterende ressurser, samt sette dette ut i praksis (Fagerberg, 2009). En annen definisjon på innovasjon er prosessen å komme med en oppfinnelse og forsøke å gjøre den kommersielt levedyktig (Fagerberg, 2009.). I vår oppgave kommer vi til å forholde oss til den sistnevnte definisjonen. Med definisjonen vi bruker så kan innovasjonen handle om alt fra produkter, tjenester, innføring av ny teknologi, produksjonsprosesser, organisasjons- og ledelsesformer, og til nye forretningsmodeller.

Hvordan slike innovasjoner oppstår og hva som påvirker en teknologisk utvikling er komplisert og det er sjeldent en entreprenør innoverer isolert (Edquist, 2006). Mange aktiviteter påvirker entreprenøren og innovasjonsprosessen (Edquist, 2006). Prosessen for innovasjon har lenge blitt forklart med at en person får en idé som blir forsket på og testet. Etter testingen er fullført produseres løsningen, markedsføres så til mulige kunder, og ender opp hos brukeren. (Trott, 2017). Denne forklaringen forenkler prosessen og inkluderer ikke påvirkningen fra markedet eller bruk av ny teknologi og forskning. For å forstå teknologisk endring trenger man å kartlegge de aktivitetene som påvirker. En slik forståelse av teknologisk endring/innovasjon kalles for en systemforståelse av innovasjon (Edquist, 2006).

### 4.2 Systemforståelse av innovasjon (SI)

Innovasjonsprosesser er av en systemisk natur (Edquist, 2006). Innovasjon i en bedrift skjer ikke isolert, men på grunn av påvirkning og samarbeid med aktører rundt dem og lover og regler bedrifter må forholde seg til. Denne oppgaven definerer hovedkomponentene i

systemet som aktører og institusjoner. Aktører er formelle strukturer som er skapt bevisst og har en hensikt. Denne definisjonen dekker mange, men de viktigste når det kommer til innovasjonssystem er bedrifter, universiteter, og offentlige myndigheter med ansvar for politikk og lover som har en direkte og indirekte påvirkning (Edquist, 2006). Institusjoner er fordelt i formelle og uformelle. Hvor uformelle institusjoner er definert som normer, rutiner, etablert praksis og lignende. Formelle institusjoner er lover og regelverk som regulerer interaksjoner mellom individer, grupper, og organisasjoner (Edquist, 2006). Eksempler på dette er patentlover, lover og normer som påvirker relasjoner mellom bedrifter og universitets- og høgskoleinstitusjoner (UH).

Et innovasjonssystem har flere definisjoner, men definisjonen vi forholder oss til i vår oppgave er at et innovasjonssystem er alle aktører og institusjoner er komponenter i systemer for skapelsen og kommersialiseringen av kunnskap (Edquist, 2006). Institusjonene påvirker innovasjonssystemet ved at de direkte påvirker aktørene i systemet, aktørene sin oppførsel formes av institusjonene (Edquist, 2006). Aktørene påvirker også hverandre. For eksempel påvirker bedrifter offentlige myndigheter og motsatt gjennom interaksjonene mellom dem (Edquist (2006)). Deler av innovasjonsprosessen er flettet sammen gjennom mekanismer som fører tilbake til hverandre (Balconi et al. 2010). Denne feedback-prosessen gjør at innovasjonsprosesser utvikles over tid og er i samspill med aktørene rundt seg. Det vil si at teknologisk utvikling er forankret i samfunnet det finner seg i (Edquist, 2006).

Det er avgjørende å bestemme systemets grenser når man bruker en SI-tilnærming (Edquist, 2006). Det er tre måter å identifisere grensene, geografisk, sektorisk, og i form av aktiviteter. Geografisk kan gjøres ved å avgrense systemet til landets grenser og blir da et nasjonalt innovasjonssystem, men blir mer komplisert når det grenser ned til en region, ettersom de grensene ikke alltid er konkrete (Edquist 2006). Sektorisk handler om å avgrense til spesifikke teknologisk områder. Ofte blir grensene satt til å gjelde en konkret teknologi innenfor et visst geografisk område. Utfordringen med å avgrense til et teknologisk område er at disse grensene er teoretiske eller sosiale konstruksjoner, og derfor ikke har en klar grense (Edquist 2006). Den siste formen for avgrensing er i form av aktiviteter. Det komplette sosioøkonomiske system er for komplisert til å tas med, og man bør derfor inkludere bare deler av det. Vi nevner dette for å bestemme grensene for det teknologiske

innovasjonssystemet vi skal gå innpå i neste underkapittel. Vi gjør det for å begrense mengden aktører og institusjoner å forholde seg til i vårt studie.

En svakhet med SI-tilnærmingen for å forstå teknologisk forandringer er at det har utfordringer med å forklare endringer som skjer på lavere nivåer (Hekkert, et al., 2007). For å forklare disse er det et behov for å se på mikronivået der entreprenører og bedrifter befinner seg i stedet for makronivået SI-tilnærmingen befinner seg på. Den systemiske tilnærmingen til innovasjon har senere dannet grunnlaget for andre innovasjonsteorier, blant annet teknologiske innovasjonssystem.

### **4.3 Hva er teknologisk innovasjonssystem (TIS)**

Teknologisk innovasjonssystemer, forkortet til TIS, stammer fra systemforståelse-litteraturen om innovasjon. I vår oppgave definerer vi TIS som et nettverk av aktører som samhandler i et økonomisk eller industrielt område, innenfor en bestemt institusjonell infrastruktur, med interesse for skapelse, diffusjon og utnyttelse av en teknologi (Hekkert et al., 2007). Det er mange aktiviteter og prosesser innenfor et TIS, men Hekkert et al. (2007) har produsert et rammeverk som viser til noen prosesser som er viktige for velfungerende innovasjonssystemer.

Rammeverket har også blitt brukt til forskning på teknologisk innovasjonssystemer for hydrogen- og brenselcelleteknologiutvikling (HyF) i andre land (Suurs, 2009). Formålet med studien er å gi innsikt i mekanismene som driver eller hindrer utvikling av HyF-teknologier over tid. Sentralt i Suurs (2009) sin studie er forestillingen om kumulativ årsakssammenheng. Kumulativ årsakssammenheng er fenomenet om at oppbyggingen av et TIS akselererer på grunn av at systemfunksjoner samhandler og forsterker hverandre over tid. Eksempler på dette er at kunnskapsutvikling sannsynligvis vil ha nytte av gründeraktiviteter, og gründeraktivitet vil i sin tur bli indusert av markedsdannelse (Suurs, 2009). Suurs (2009) viser konsekvent hvordan en rask TIS-oppbygging drar nytte av kumulativ årsakssammenheng.

Hekkert et al. (2007) sitt rammeverk brukes i oppgaven for å kartlegge hvilke prosesser som er innovasjonsfremmende, og har potensialet for å gi målsettinger for å bedre systemet til offshore grønn hydrogenproduksjon. Disse prosessene kalles for "funksjonene til et innovasjonssystem", og er beskrevet nedenfor (Hekkert et al., 2007).



### **Funksjon 1: Entreprenøriell aktivitet (EA)**

Entreprenører er essensielle for et velfungerende innovasjonssystem. I et innovasjonssystem skal entreprenøren bruke ny kunnskap, marked og nettverk for å fremme nye forretningsmuligheter. Gjennom eksperimentering av disse blir mer kunnskap samlet om applikasjoner til teknologien under forskjellige omstendigheter. Eksperimentering gjør også at forskjellige aktører, myndigheter, konkurrenter, kunder og leverandører sine reaksjoner kan bli evaluert. Tilstedeværelsen av aktive entreprenører er en indikasjon på ytelsen for et innovasjonssystem. Et velfungerende innovasjonssystem vil sannsynligvis skape et klima hvor entreprenøriell aktivitet blomstrer. Hvis aktiviteten henger etter, kan årsaken finnes i de seks andre funksjonene. For eksempel så er det få entreprenører fordi funksjon fem (markedsutvikling) har mangler, det er ikke et godt nok etablert marked for at entreprenører kan eller tør å satse (Hekkert et al., 2007).

### **Funksjon 2: Kunnskapsutvikling (KU)**

For å sikre teknologiutvikling trengs kontinuerlig tilførsel av ny kunnskap om teknologien. Læring gjennom forskning og utvikling er essensiell denne kunnskapstilførselen. Man kan se på kunnskapsutviklingsindikatorer i form av antall forskningsprosjekter, antall patenter, eller hvor mye det er investert i FoU-midler (Hekkert et al 2007).

### **Funksjon 3: Kunnskapsspredning gjennom nettverk (KS)**

Kunnskapen som utvikles trenger også å spres slik at det blir tatt i bruk. For å spre kunnskap og informasjon er nettverk nødvendige. Det er viktig med tanke på FoU, men også viktig når FoU er i samspill med myndigheter, konkurrenter og markedet. Politiske beslutning bør være konsekvent med den siste teknologiske innsikten og FoU-agenda bør påvirkes endrende normer og verdier (Hekkert et al., 2007).

### **Funksjon 4: Veiledning av søket (VS)**

Kunnskapsutvikling (F2) gir enkelte teknologier fortrinn fremfor andre. Underveis i utviklingsløpet vil noen teknologier vinne frem som dominerende og dermed vil ressursene spisses mot de som ser mest lovende ut. Da er det ofte at ressursene er for knappe til at man kan fortsette videre utvikling av alle teknologiene. Denne funksjonen handler om valgprosessen for hvilken teknologier man vil utvikle videre. Kunnskapsutvikling skaper et

mangfold av ulike teknologier, og veiledning av søket er valgprosessen av hvilke teknologier som skal utvikles videre. Veiledning av søket blir gjort av flere systemkomponenter, industri, myndigheter og markedet. Hvilken systemkomponent som har størst påvirkning varierer fra teknologi til teknologi. Samfunnsholdningen påvirker også retningen til teknologiutvikling. En stor endring i samfunnsholdning kan påvirke hvilken FoU-prioritering og dermed retningen for teknologiutvikling. Veiledning av søket innebærer de aktivitetene i et innovasjonssystem som på en positiv måte leder arbeidet til hva teknologibrukerne ønsker (Hekkert et al., 2007).

#### **Funksjon 5: Markedsetablering (ME)**

Det er vanskelig for nye teknologier å komme inn på markedet, og de vil ofte ha få til ingen fordeler over allerede eksisterende teknologier. På grunn av dette er det viktig å skape beskyttet plass for nye teknologier. Eksempler på å tilrettelegge for nye teknologier er å skape "nisjemarkeder" eller gi skattelette (Hekkert et al., 2007).

#### **Funksjon 6: Ressursmobilisering (RM)**

Finansielle og menneskelige ressurser er nødvendige for alle aktiviteter i et innovasjonssystem. For en spesifikk teknologi er lokaliseringen av nok ressurser nødvendig for kunnskapsproduksjon. Denne funksjonen blir dermed direkte påvirket av styrken til kunnskapsutviklingen (F2) (Hekkert et al., 2007).

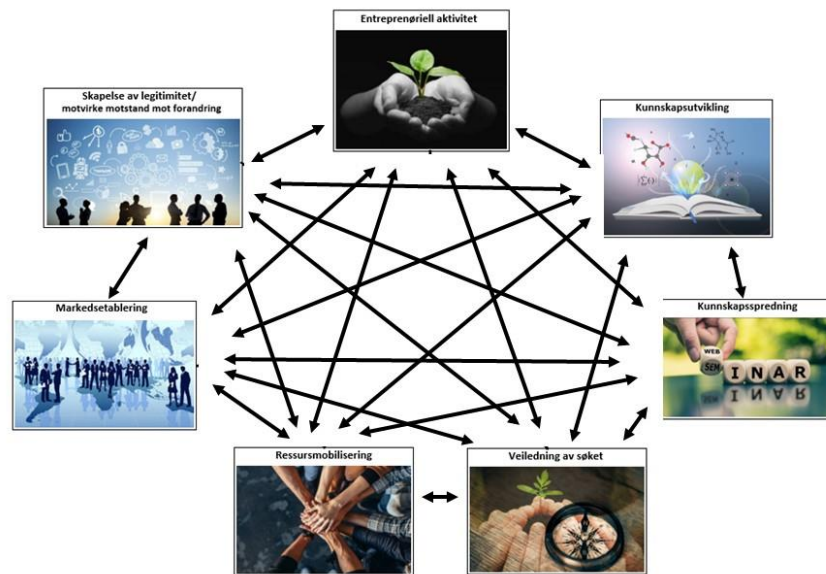
#### **Funksjon 7: Legitimering/motvirke motstand mot forandring (L/MF)**

For at nye teknologier skal ha en god utvikling er det viktig at det skapes et nytt marked eller tar del av et eksisterende marked. Parter som har investert i andre deler av markedet vil aktivt jobbe imot den nye teknologien. Mens de som har interesse for den nye teknologien vil kunne skape lobbyvirksomhet og økt fokus rundt den. Dette blir en katalysator for teknologien som igjen øker lobbyvirksomheten som fører til økt legitimitet for teknologien. I tillegg til lobbyvirksomhet kan også fordelaktige skatter (F5) og som tema i samfunnsdebatten bidra til legitimitet for teknologiens utviklingsretning (Hekkert et al., 2007).

#### **4.4 Interaksjoner mellom funksjonene**

Både den individuelle styrken til en funksjon og hvordan funksjonene påvirker hverandre er viktig (Negro et al. 2012). For eksempel økt kunnskapsutvikling (F2) skaper forventinger for

den nye teknologien, som kan skape mer legitimitet (F7). Det er flere interaksjoner mellom hver funksjon som påvirker enten positivt eller negativt for ytelsen av innovasjonssystemet. Interaksjonene kan også påvirke slik at man får en ond eller god sirkel. For en god sirkel styrker de positive interaksjonene hverandre og forsterker innovasjonssystemet, mens for en ond sirkel styrker de negative interaksjonene hverandre og svekker innovasjonssystemet (Hekkert et al., 2007).



Figur 8 - Interaksjonene mellom de sju funksjonene i TIS

#### 4.5 Hvordan avgrense et TIS

Tidligere i oppgaven definerte vi TIS som et nettverk av aktører som samhandler i et økonomisk eller industrielt område, innenfor en bestemt institusjonell infrastruktur, med interesse for skapelse, diffusjon og utnyttelse av en teknologi (Hekkert et al, 2007). Videre vil vi avgrense hva som er innenfor det teknologiske innovasjonssystemet vi utforsker. Det er tre måter å identifisere grensene på; geografisk, sektorisk, og i form av aktiviteter (Edquist, 2006).

Grensene for denne oppgaven forenkler hvilke aktører som påvirker hverandre i virkeligheten. For dette studiet er grensene satt slik:

- Geografisk: Vi ser kun på bedrifter og prosjekter i Norge.
- Sektorisk: Vi ser kun på hydrogenproduksjon som er grønn og offshore. Av bruk av hydrogen i diverse sektorer ser vi kun på hydrogeninitiativ i maritim sektor og offshore sektor.
- Aktiviteter: Vi studerer kun de aktivitetene som anses som indikatorer i funksjonsrammeverket i TIS.

I virkeligheten er det teknologiske innovasjonssystemet for offshore grønn hydrogenteknologi globalt ettersom det er prosjekter flere steder i verden. Det er også viktig å merke at grønn hydrogenproduksjon også foregår onshore og hydrogen kan brukes i andre sektorer, som for eksempel kraftsektoren. Til slutt er rammeverket vi bruker ikke inkluderende for alle prosesser som kan ha en aktivitet. Det kan finnes andre aktiviteter vi ikke har tatt med i studiet som har en sterk effekt på innovasjonssystemet.

#### **4.6 TIS for en fremvoksende fornybar teknologi**

TIS-rammeverket har blitt brukt til å studere fremvoksende fornybar teknologi (Hekkert & Negro, 2008). Studiet Hekkert & Negro (2008) konkluderte med at hver funksjon var relevant for fremvoksende fornybare teknologier, og forklarte hvordan funksjonene påvirker hverandre i et fremvoksende TIS. For det første nevnte studien at entreprenøriell aktivitet (F1) er en sterk indikator på om innovasjonssystemet har fremgang eller ikke. Det er også en indikator for teknologispredning, og bidrar positivt til de andre funksjonene.

Videre nevner studien at kunnskapsutvikling (F2) har ofte lenger fremgang enn entreprenøriell aktivitet (F1). Altså at teknologien er utviklet langt nok til å kunne brukes av entreprenører men blir ikke brukt. Dette kan komme av at entreprenører nøler med å investere til en viss størrelse kunnskapsbase er utviklet. Studien anbefaler for videre forskere å undersøke Kunnskapsspredning gjennom nettverk (F3) gjennom intervju av sentrale aktører. Det er vanskelig å måles gjennom antall arrangementer ment for kunnskapsspredning som konferanser og seminarer.

For veiledning av søk (F4) viser studien når funksjonen er sterk bidro det sterkt til å få entreprenører til å investere i nye teknologiområder (F1), og øke mengden ressurser til kunnskapsutvikling (F2). Det ble også observert at en svak veiledning gjorde entreprenører nølende til å investere, og skapte mer frustrasjon enn andre faktorer som tilgjengelige ressurser (F6) eller teknologisk ytelse.

Hekkert & Negro (2008) konkluderte videre at markedsetablering (F5) er ofte adressert ved et avansert stadiet i utviklingen, men kan akselerere oppbyggingen av et TIS i stor grad. Raskt skifte i markedsetablering har sterk negativ effekt på innovasjonssystemutviklingen.

Motsatt for markedsetablering (F5) var ressursmobilisering (F6) viktig for prosjekter til kunnskapsutvikling i et tidlig stadie. Studiet viste at det var utfordrende å mobilisere ressurser til bygging og konstruering av piloter. Både myndigheter og private investorer var nølende. Nølingen fra private investorer var direkte tilknyttet til svak veiledning av søk (F4).

Til slutt var legitimering/motstand mot forandring (F7) ifølge studien veldig viktig. Denne funksjonen var essensiell fordi den justerte institusjonene (rammeverk, lover, midler, skatt m.m.) til å møte behovene til aktørene. Når denne funksjonen var svak var det en indikator på et dårlig fungerende innovasjonssystem, og ikke korrelasjon mellom institusjonene og aktørenes behov. I fremvoksende TIS var det utfordrende å samle koalisjoner med nok lobbyressurser. Denne utfordringen var gjerne på grunn av forskjellige standpunkter om teknologien mellom de forskjellige aktørene.

Studiet forteller også om gode sirkler som er forventet å se innenfor fornybar teknologiutvikling. Gjennom veiledning av søk (F4), hvor myndigheter bestemmer for å minke skadene på miljøet gjennom diverse mål, settes av ressurser (F6) til å utvikle ny kunnskap (F2) til å nå målene. Den nye kunnskapen gir igjen nye forventinger for bruksområdene til teknologien (F4) (Hekkert & Negro, 2008).

#### **4.7 Teknologimodenhet og teknologisk innovasjonssystem**

Tidligere i oppgaven har vi forklart hva TRL er og hva de forskjellige nivåene.

Teknologiutvikling innen grønn hydrogenproduksjon offshore er nå på stadiet for uttesting og pilotering. Dermed har denne teknologien enda en vei å gå før den kan introduseres for markedet. For teknologier på TRL nivå 5, slik som Deep Purple, er det naturlig at

funksjonene i det teknologiske innovasjonssystemet rundt teknologien vil mangle eller vise svakhetstegn. Samtidig vil en på TRL nivå 5 ha bygd opp en viss kritisk kunnskap om teknologien. Dette gjør at et TIS begynner å vokse frem og det er aktivitet i funksjonene. Blant annet for kunnskapsutvikling (F2) og ressursmobilisering (F6) vil teknologier i prosjekter som kommer til pilotfase ha muligheter til støtte fra myndighetene gjennom ulike støtteorgan.

I Norge har vi flere offentlige støtteorgan. Enova, Forskningsrådet, Innovasjon Norge er de mest kjente eksemplene på slike organ som styres av myndighetene. Disse støtteorganene kalles også for virkemiddelapparatet (VA). Virkemiddelapparatet har klare retningslinjer for hvilke TRL-nivå de kan støtte. Enova gir ikke støtte til teknologiprojekter på TRL-nivå 1-4 (Enova, u.å). Innovasjon Norge støtter prosjekter med TRL-nivå 5-7, med unntak for TRL-nivå 4 og 8 (Innovasjon Norge, u.å). Med andre ord vil teknologier til og med TRL4 ha vanskeligere for å få støtte fra disse støtteapparatene og må dermed innhente finansiell støtte på andre måter.

## 5. Forskningsdesign og metode

I dette kapittelet vil vi presentere hvilken forskningsdesign og forskningsmetode vi har brukt. Vi vil først presentere hvilket forskningsdesign vi har valgt og hvorfor. Deretter vil vi presentere hvilke metoder vi har brukt, hvordan datainnsamlingen er blitt gjort, og utvalget og utvalgskriteriene vi har brukt. Til slutt forklarer vi hvordan vi har analysert dataen før vi avslutter med reliabilitet, validitet og generalisering av funn.

### 5.1 Forskningsdesign

Forskningsdesign er måter eller strategier for gjennomføringen av en vitenskapelige studie (Easterby-Smith, Thorpe & Jackson, 2018.). Forskningsmetode er fremgangsmåten som blir brukt i et forskningsprosjekt (Easterby-Smith et al., 2018). I denne oppgaven ønsker vi å besvare: *Hva er de største driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv, og Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for å lykkes.* For å kunne besvare dette må vi forstå hvordan teknologiutviklingen til offshore grønn hydrogenproduksjon foregår. Vi ser på et prosjekt sine prosesser i en kompleks og uoversiktlig sammenheng. Kvalitative metoder vil gjøre det mulig for oss å få et holistisk syn på prosessene. Det gjør det mulig å se helheten og konteksten et fenomen befinner seg, i som kvantitative metoder ikke kan (Easterby-Smith et al., 2018).

Vi vil anvende fortolkende metoder slik som datainnsamling gjennom intervju og desk research (Easterby-Smith et al., 2018). Intervju er blitt brukt for å få frem relevante personer sin personlige erfaring og kunnskap knyttet til temaet. Hva de svarer til spørsmålene tilknyttet funksjonene gir oss en god indikasjon på hva som kan være drivere og barrierer i innovasjonssystemet. For å kunne svare på forskningsspørsmålene har vi valgt også å gå i dybden på ett prosjekt, Deep Purple-prosjektet, og gjennomføre en intensiv kvalitativ studie, en casestudie (Yin, 2014).

Det teoretiske TIS-rammeverket vi vil bruke i studiet har noen indikatorer som brukes til å bestemme hvor stor eller liten utbredelse av en funksjon er i et teknologisk innovasjonssystem. Noen av disse indikatorene, for eksempel antall aktive entreprenører (F1) eller antall FoU-prosjekter (F2), er av en kvantitativ sort. For kvantitative data brukte vi nettsøk som datainnsamlingsmetode. Det innebærer å søke i arkivert data etter statistikk om

indikatorerne vi ser etter. Når det ikke finnes arkivert data, innebærer nettsøk for vår del å søke etter relevant informasjon knyttet til oppgaven. Et eksempel er at det ikke finnes en statistikk over aktive prosjekter tilknyttet hydrogen i offshore og maritim sektor, derfor trengs et aktivt søk etter hydrogenprosjekter og sile ut de som er irrelevante.

## 5.2 Casestudier

Behovet for casestudie som forskningsmetode oppstår fra ønsket om å forstå komplekse sosiale fenomener (Yin, 2014). En casestudie er en metode som undersøker et fenomen i dybden og innen konteksten fenomenet befinner seg i. En casestudie håndterer en situasjon der det vil være mange flere variabler av interesse enn datapunkter, og studiet er avhengig av flere beviskilder. Dataen fra de forskjellige beviskildene må sammenfalle (Yin, 2014).

Tre forhold for når casestudier bør brukes er hvordan forskningsspørsmålet er formulert, kontrollen forskeren har over adferd, og graden det er fokus på det som skjer i nåtid fremfor historiske hendelser (Yin, 2014). Vi sammenligner forholdene for en casestudie med forhold for vår studie for å se om vi når betingelsene. For det første vil vi i vår studie svare på to spørsmål: *Hva er de største driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv?* og *Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for kommersialisering av sin teknologi?* Disse spørsmålene er av en forklarende art. Vi ønsker å forklare hvorfor og hvordan drivere og barrierer har oppstått. For det andre har ikke vi kontroll over innovasjonssystemet eller har en måte å påvirke det. For det tredje så er teknologiutviklingen og utviklingen av innovasjonssystemet noe som skjer i hovedsak nå, og vi ser på hvordan situasjonen er i dag.

Analysenivået i casestudiet er på to nivåer. Vi studerer et konkret prosjekt, Deep Purple, samtidig som vi studerer systemet Deep Purple befinner seg i. I systemet ser vi på forskjellige prosesser og hvordan de påvirker teknologiutviklingen til offshore grønn hydrogenproduksjon. På den måten kan vi si noe om styrker og svakheter i systemet rundt Deep Purple og deres teknologi, og hvordan prosjekter som Deep Purple kan styrke sine muligheter for å kommersialisere sin teknologi.

## 5.3 Valg av case

Under valg av case observerte vi at TIS-systemet fortsatt var under utvikling. Det var viktig å velge et case som var kommet langt i utviklingen, og som var tilknyttet flere aktører i



systemet. For eksempel myndigheter, virkemiddelapparat og klynger. Valg av Deep Purple som case var en avgjørelse på bakgrunn av både teoretiske og pragmatiske hensyn. Det pragmatiske hensynet var at teknologien er såpass ny at det er kun en håndfull prosjekter som er relevant for forskningstemaet. Av de få prosjektene var vi heldige og fikk førstehåndskjennskap med arbeidere i Deep Purple etter vi ble introdusert av en felles bekjent fra Hub For Ocean/Ocean Hyway Cluster. Vi undersøkte og konkluderte at Deep Purple ville være et egnet case å studere. Vi fikk vite de hadde tid til å være med på intervjuer og var interessert i problemstillingen vi ville undersøke.

Det teoretiske hensynet var at Deep Purple var et godt case for å si noe om et utviklende TIS rundt offshore grønn hydrogenproduksjon av flere grunner. Vi ønsket et case som hadde kommet et stykke på vei i prosjektfasen og kunne kaste lys på temaene vi ønsket å undersøke. Det er ukjente utfordringer som kommer i prosjekteringsfasen som vi ønsket å avdekke, som vi ikke kunne få vite om fra prosjekter i planleggingsfasen. Vi ønsket å ha et case som kunne ses i system og hadde mange tilkoblinger til aktører i systemet rundt seg. Deep Purple-prosjektet har mange underleverandører og er avhengig av andre bedrifter som kunder. Videre har Deep Purple tilknytting til virkemiddelapparatet gjennom støtte fra Innovasjon Norge og Forskningsrådet, og tilknytting til klynger ved at TechnipFMC er medlem av tre næringsklynger.

#### **5.4 Populasjon, utvalg og utvalgsriterier**

Informantene våre ble kontaktet med bakgrunn i deres posisjon og mulighet til å bidra med relevant informasjon til våre forskningsspørsmål. De hadde også mulighet til å gi informasjon om indikatorene for de ulike funksjonene til innovasjonssystemet. I vår studie har vi valgt å anonymisere informantene for å skjerme personlig informasjon for å tillate de å komme med så oppriktige synspunkt og bidrag uten at det skal ha noe betydning for dem. En oversikt over informantnummer, rolle, sektor og særlig relasjon er vist i Tabell 5. Alle informantene ga relevant informasjon om alle funksjonene, men noen hadde mer kunnskap knyttet til enkelte funksjoner enn andre. Eksempler på dette var informanten fra virkemiddelapparatet hadde mye kunnskap om FoU-midler som knyttes til kunnskapsutvikling (F2).

Tabell 5 - Informantliste

<b>Informantnummer</b>	<b>Rolle/Arbeidsområde</b>	<b>Sektor</b>	<b>Særlig relasjon til funksjon</b>
I1	Økonomi og ledelse	Kraftselskap	F1 (EA) & F4 (VS)
I2	Marked og salg	Teknologiselskap	F1 (EA) & F4 (VS)
I3	FoU-direktør	Teknologiselskap	F3 (KS) & F4 (VS)
I4	Manager Leader	Energiselskap	F4 (VS), F6 (RM) & F7 (L og MF)
I5	Daglig leder	Klynge	F3 (KS) & F7 (L og MF)
I6	Daglig leder	Samarbeidsselskap	F1 (EA) & F5 (ME)
I7	Seniorrådgiver	Energiselskap	F3 (KS) & F5 (ME)
I8	Spesialrådgiver	Virkemiddelapparat	F2 (KU) & F6 (RM)
I9	Markedssjef	Teknologiselskap	F2 (KU) & F4 (VS)

Informantene ble valgt på bakgrunn av deres kunnskap knyttet til prosjekter innen hydrogen og andre fornybare prosjekter, med særlig fokus på å intervju personer tilknyttet offshore grønn hydrogenproduksjon. Vi valgte å intervju personer fra forskjellige sektorer, virkemiddelapparatet, teknologibedrifter, energibedrifter og klynger. Dette var for å sikre forskjellige kilder. For eksempel har virkemiddelapparatet kanskje et annet syn på mengden FoU-midler enn bedrifter som søker, og det er viktig å vise mulige uenigheter. Fra oversikten i kapittel 2 er det mange bedrifter som satser på hydrogen. Vi endte med bedrifter som hadde kommet langt i utviklingen og hadde mulighet til å være med i studiet. Vi inkluderte bedrifter som holder på med ammoniakk ettersom de også kunne svare på spørsmål knyttet hydrogen. Vi inkluderte samtidig bedrift som produserte hydrogen onshore for å få flere datakilder fra bedrifter som hadde kommet langt i prosjektet sitt.

Ikke alle aktører vi ser på har vært representert i datainnsamlingen gjennom intervju, selv om det var ønskelig. Aktørene vi ser på i studiet er:

- Bedrifter innen offshore vind- og hydrogenproduksjon
- Bedrifter i maritim sektor
- Klyngeadministrasjon tilknyttet maritim og/eller offshore sektor
- Virkemiddelapparatet
- Myndighetene
- Interesseorganisasjoner.

Underveis i intervjuprosessen opplevde vi den såkalte snøballeffekten. Snøballeffekten i intervjusammenhengen går ut på at planlagte intervjuer fører til nye ikke-planlagte intervjuer (Easterby-Smith et al., 2018). Flere av våre første introduksjonsmøter og intervjuer førte til at vi ble anbefalt å ta kontakt med andre som kunne bidra til vår oppgave. På den måten ble intervjuisten vår utviklet underveis og nye aktuelle informanter ble intervjuet.

## 5.5 Innsamling av primærdata

Dataen vi ønsket å finne er basert på indikatorer for hver funksjon fra TIS-rammeverket.

Nedenfor er en oversikt over disse i Tabell 6.

Tabell 6 - Indikatorer for hver funksjon fra TIS-rammeverket

<b>Funksjon</b>	<b>Indikator/data</b>
F1: Entreprenøriell aktivitet	Aktivitet av prosjekter tilknyttet hydrogen
F2: Kunnskapsutvikling	Antall forskningsprosjekter og mengden FoU-midler til grønn hydrogenproduksjon offshore. Informanters meninger om kunnskapsutviklingen.
F3: Kunnskapsspredning gjennom nettverk	Mengden webinarer dedikert til hydrogenteknologi. Størrelse på nettverket for aktuelle aktører i innovasjonssystemet.
F4: Veiledning av søket	Aktører i næringslivet sitt standpunkt om: -Myndigheters mål -Retningen til teknologiutvikling
F5: Markedsetablering	Relevante skatter og avgifters påvirkning. Nisjemarkeder for prosjekter med hydrogenteknologi. Utfordring tilknyttet olje og gass.
F6: Ressursmobilisering	Problematikk til tilgang på ressurser og finansieringskilde.
F7: Legitimering / Motvirke motstand mot forandring	Arbeid mot politiske aktører

Datagrunnlaget i vår oppgave inkluderer både primærdata og sekundærdata. I flere av intervjuene vi har gjennomført har vi fått viktige konstruktive og informative opplysninger både om teknologiene, ulike prosjekter og nettverk for å nevne noen.

Vi har valgt å bruke intervjudata i vår studie fordi hva som påvirker hydrogenteknologiutvikling er ukjent for oss. Vi ønsket også å få svar innenfor en kompleks og dynamisk kontekst. Vi har noe kunnskap om fenomenet og konteksten, men var forberedt på at det ville komme momenter under intervjuet vi ikke var klar over på forhånd. Vi valgte derfor en semi-strukturert intervjustrategi (SSI). SSI gir informanten frihet til å snakke fritt rundt det avtalte temaet og lar intervjuer føre samtalen til interessante områder som kommer opp under intervjuet man ønsker å vite mer om (Adams, 2015). Svakheter med å bruke intervju er at prosessen tar mye tid og dermed får data fra færre kilder. Det er også et minus at informanter kan påvirkes av menneskelige feil som partiskhet, dårlig tilbakekalling av informasjon, og dårlig eller misvisende forklaringer (Yin, 2014).

Vi skrev en intervjuguide som ble brukt til intervjuene for å sikre en ramme å forholde oss til under intervjuet (se vedlegg 1). Intervjuspørsmålene var forankret i TIS-rammeverket og ble brukt for to formål. Det første formålet var å få data på indikatorer, det andre formålet var å skaffe innsikt i prosessene og interaksjonene i systemet.

Fysiske intervjuer har i denne perioden vært krevende å legge til rette for. Smittevern og restriksjoner med tanke på koronapandemien har vært styrende og de fleste fysiske møter i bransjen er flyttet over til digitale plattformer. Vi har gjennomført alle intervjuene på Teams og under alle intervjuene har vi begge vært med. En av oss har hatt ansvar for å føre samtalen og følge den forberedte intervjuguiden. Den andre av oss har tatt notater og stilt oppfølgingsspørsmål underveis ved behov. Dette har funger godt og uten behov for større endringer på intervjuguide og spørsmålene underveis i prosessen.

Intervjuer sin oppgave er å følge fortellinga og informasjonen som informanten deler underveis, men en må òg være oppmerksom på å holde samtalen avgrenset til det området som er forhåndsbestemt og til det området som er relevant for prosjektet (Adams, 2015). Spørsmålene til et SSI blir ikke definert i detalj, men det blir formulert mer som stikkord og huskeliste til intervjuers utgangspunkt for spørsmålsstilling underveis. Rekkefølgen på tema og spørsmålene i SSI er ofte ubestemt og mer et resultat av informantens besvarelser

undervegs i intervjuet. Ettersom vårt prosjekt knyttes til de sju funksjonene i teknologisk innovasjonssystem har vi gått gjennom spørsmål for hver funksjon underveis der vi har formidlet forbindelsen til disse kategoriene underveis i intervjuet. SSI brukes i intervju der det vil være aktuelt å stille oppfølgingsspørsmål (Adams, 2015). Bakgrunnen for valg av SSI er det tekniske nivået på oppgaven. Vårt ønske har vært å gå bredt ut under datainnsamlingen for å kunne inkludere flere relevante kilder til å hjelpe oss å besvare våre forskningsspørsmål på best mulig måte.

## **5.6 Innsamling av sekundærdata**

Sekundærdata er i motsetning til primærdata allerede-eksisterende data som er tilgjengelig og kan innhentes (Sundbye og Nisted, 2017). Denne typen data har i vårt tilfelle vært nyhetsartikler, rapporter, statistikk fra forskningsdatabase, bransjeinformasjon og faglitteratur gjennom desk research. Denne typen data er en stabil informasjonskilde, som er tilgjengelig for at forskeren kan lese flere ganger (Yin, 2014). I motsetning til primærdata er sekundærdata ikke laget spesifikt for den konkrete oppgaven. Sekundærdata vil dermed kunne gi en bredde i forskerens informasjonsgrunnlag uten at det farges av forskeren selv. Når det er sagt kan det være utfordrende å finne gode kilder med riktig informasjon. Det er viktig å være kritisk i søket etter sekundærkilder. Generelt vil alle slike kilder til informasjon være fagert av og partisk mot forfatter (Yin, 2014).

Koronarestriksjonene har positivt påvirket vår innsamling av sekundærdata når det kommer til seminarer. Flere konferanser og seminarer har valgt å gå digitalt, og dermed har vi hatt muligheten til å følge med på stream av store og små konferanser med mange forskjellige problemstillinger relevant for vårt forskningstema. Her har vi også måttet manøvrere oss til hvilke konferanser som var mest relevant for oss, ettersom det var mange vi nå kunne være med på.

## **5.7 Analyse av data**

Intervjuene ble tatt opp på lydbånd, og senere transkribert. Etter intervjuene ble transkripsjonen sendt hvor informantene kunne komme med endringer. Når den transkriberte versjonen ble tilbakesendt ble de kodet ved hjelp av TIS-funksjonene. Kodingen ble gjort ved å fordele sitatene og merke de med informantnummer og hvilken funksjon sitatet var relevant

for. Dette gjorde det mulig å koble og analysere data ut fra TIS-rammeverket. I Tabell 7 viser vi eksempler på sitater og hvilke funksjon de er relevant for:

Tabell 7 - Koding av data fra sitat til funksjon i TIS-rammeverket

Funksjon	Sitatet	Type aktør
F1 Entreprenøriell aktivitet	«Det er en voldsom oppblomstring av hydrogen-prosjekter. Det er oppblomstring av nettverk, inkludering av hydrogen i sine etablerte porteføljer, og oppblomstring av nye selskap.»	Bedrift
	«Det er ikke tilstrekkelig med bedrifter med tanke på behovet vi antar. Alle må nok med for å lykkes.»	Bedrift
F2 Kunnskaps- utvikling	«Vi har teknologien som trengs. Andre mener det er behov for mer utvikling for å senke kostnad sies det, jeg er uenig. Teknologien er tilgjengelig, den er effektiv og konkurransedyktig.»	Bedrift
	«Angående FoU-midler er vi privilegert med de midlene vi har gjennomvirkemiddelapparatet, men det er behov for at det kan bli enda mer tilgjengelig for de små selskapene.»	Klyngeadministrasjonen
F3 Kunnskaps- spredning gjennom nettverk	«Om det er god kommunikasjon? Ja, det er mye medier. Lett å finne informasjon.»	Bedrift
	«Ja det er god informasjonsspredning. Det gis ut rapporter fra konsulenter og teknologiselskap. Er man i slike nettverk og prosjekter er det lett å spørre andre om informasjon.»	Bedrift
F4 Veiledning av søket	«Man kunne vært mer framsynt og begynt litt før om en ser på å kutte utslipp offshore. Det går i riktig retning, men ikke raskt nok til å møte målene for 2030.»	Virkemiddelapparatet
	«Staten er på ballen, men jeg savner etterfølgende reelle satsinger i samme stil. De har utredet gode rapporter, men det mangler handling.»	Klyngeadministrasjon
F5 Markeds- etablering	«Høna og egget. Går ikke volumet opp får en ikke ned prisen. Her må våde industri og myndigheter delta»	Bedrift
	«Det er et åpent og fritt marked. De grønne produktene er velkomne, men de er vanskelig å realisere.»	Bedrift
F6 Ressurs- mobilisering	«Kan ikke bli for mye støtte, men vil føler ikke det er noe mangler. Fått uttelling på våre søknader hittil»	Bedrift
	«Det er for lite midler. Det krever masse ressurser, kostnader til utvikling og godkjenning av ny teknologi.»	Bedrift
F7 Legitimering/ Motstand mot forandring	«For hydrogen er den nasjonale satsing for spinkel og følges for dårlig opp med understøttede midler.»	Klyngeadministrasjon
	«Vi har politikere i vårt miljø som bruker vårt prosjekt for å vise at disse typer prosjekter er viktig for å sikre arbeidsplasser.»	Bedrift



Data fra intervju, desk research og nettsøk ble brukt til å finne styrker og svakheter tilknyttet funksjonene. Disse styrkene og svakheterne ble brukt til å gi en styrkevurdering til hver funksjon, som ble brukt til å underbygge de største barrierene og driverne for offshore grønn hydrogenproduksjon og -lagringsteknologi. Styrkene og svakheterne er av en kvalitativ sort og påvirker ikke funksjonene i like stor grad. Dermed kan en funksjon ha flere svakheter enn styrker tilknyttet seg, men likevel få en sterk styrkevurdering.

### **5.8 Reliabilitet, validitet og generalisering**

Reliabilitet handler om at gjentatte målinger under like omstendigheter skal gi samme resultat (Yin, 2014). For å sikre god reliabilitet i vår oppgave har vi beskrevet fremgangsmåten i studiet inngående. Vi har også vedlagt intervjuguiden med spørsmålene som ble tatt utgangspunkt fra. Det ble stilt andre spørsmål for å få dypere svar på hva vi lurte på, men ingen spørsmål ble stilt som gikk på andre temaer enn de intervjuguiden inneholdt. Vi har også dokumentert de forskjellige aktørene vi har intervjuet.

Validitet handler om det vi har målt har vært det vi har ønsket å måle. Det er mulig at man måler noe som ikke er relatert til problemstillingen og dermed gir en konklusjon som kan være falsk (Yin, 2014). For å sikre god validitet har vi brukt data fra både intervju, desk research og nettsøk. Vi har definert de spesifikke konseptene vi ønsket å se på; grønn hydrogenproduksjon offshore og hvilke barrierer og drivere som eksisterer. Vi har og definert prosessene og indikatorene til prosessene som brukes til å måle om de er en driver eller barriere.

Generalisering handler om å kunne generalisere funnene til å gjelde i andre situasjoner (Yin, 2014). En casestudie kan etablere, styrke eller svekke en teori ved å vise en spesifikk mekanisme som er sentral for teorien er aktiv eller manglende i en case (George & Bennett, 2005). Gjennom å skape mønstre fra casestudier bidrar man til å forbedre forskningsteorier ved å utvide eller begrense omfanget til teorien, eller ved å inkludere flere variabler.

Casestudiers teoriutvikling er en induktiv prosess, hvor spesifikke observasjoner fører til bred generalisering og teoriutvikling (George & Bennett, 2005). I kapittel 10 vil vi diskutere funn fra denne studien som kan generaliseres til å gjelde i andre kontekster.

## 6. Empiri/Analyse

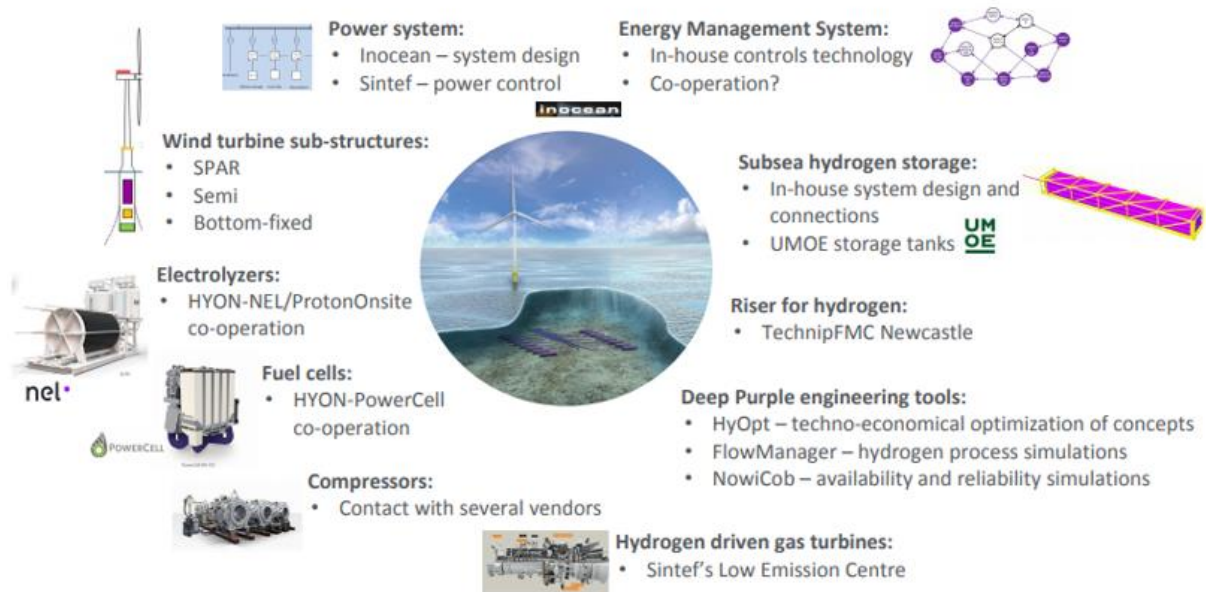
I dette kapitlet vil vi presentere og analysere data vi har samlet for å svare på forskningsspørsmålene. Først vil vi trekke frem omgivelsene i det teknologiske innovasjonssystemet rundt Deep Purple-prosjektet. Deretter vil vi analysere dataene våre opp mot de syv funksjonene i vårt teoretiske rammeverk, for så å konkludere styrken til funksjonene.

Deep Purple-prosjektet er i andre fase, kalt “proof of concept” eller pilotering. Denne fasen skal etter planen foregå frem til Q2 2023. Prosjektet skal gjennom ulike piloter og teknologikvalifiseringsfaser frem mot kommersialiseringsfasen i slutten av 2025 (Energy Valley, 2019). Underveis i Deep Purple sitt utviklingsløp vil det være behov for ulike aktører og samarbeidspartnere i og rundt prosjektet. Nettverket som skal være med i prosjektet vises i Tabell 8. Figur 9 er en oversikt som TechnipFMC kaller “Building the Deep Purple toolbox” (Energy Valley, 2019).

Tabell 8 - Fagområdene og aktørene i nettverket til Deep Purple (Energy Valley, 2019)

<b>Fagområde:</b>	<b>Aktør / samarbeid:</b>
Kraftsystem	Inocean – system design
Energistyringssystem	Intern teknologi
Hydrogenlagring under vann	Internt system design og forbindelse, UMOE lagringstanker
Stigerør for hydrogen	TechnipFMC Newcastle
Hydrogen drevet gassturbiner	Sintef lavutslippsenter
Kompressorer	Har kontakter flere ulike leverandører
Brenselcelle	HYON-PowerCell samarbeid
Elektrolysører	HYON-NEL/ProtonOnsite samarbeid
Deep Purple engineering verktøy	HyOpt- tekno-økonomisk optimalisering av konsepter, FlowManager-hydrogen process simuleringer, NowiCob-tilgjengelighet og pålitelighets simuleringer.

## Building the Deep Purple toolbox



Figur 9 - Building the Deep Purple toolbox (Energy Valley, 2019)

Deep Purple prosjektet startet, som tidligere nevnt, som et resultat av Norges Forskningsråd sin Idélab i juni 2016. Idélaben til Forskningsrådet samler ulike aktører for å finne løsninger på forskjellige problemstillinger innen ulike tema. På dette tidspunktet var allerede to industriklynger fra Innovasjon Norge sitt klyngeprogram involverte i opprettelsen at det som i dag er Deep Purple, Ocean Hyway Cluster og Energy Valley. Sammen med Sintef og TechnipFMC startet de Deep Purple-konseptet som nå eies og utvikles videre av TechnipFMC. Senere har også klyngen GCE Ocean Technology bidratt med sine ressurser inn mot prosjektet (TechnipFMC, u.å.b.)

For å lykkes trengs produksjon og distribusjon av hydrogen, og et marked med kunder som etterspør produktet. For at dette skal realiseres kreves utvikling av teknologien og systemet rundt som teknologien er avhengig av, for å skape en verdi og være til nytte. Man kan se på det som en kjede med nødvendige ledd som er kritisk for at en ny teknologi skal fungere. Ingen ønsker å produsere og distribuere produkter om det ikke finnes etterspørsel, og ingen vil etterspørre eller være avhengig av et produkt som ikke er tilgjengelig. Dette kommer frem i flere av våre intervju som det filosofiske «høna og egget»-dilemmaet. For fornybar energi

som grønn hydrogen fra offshore vind finner man svakheter i flere av disse leddene i verdikjeden (Menon Economics, 2017). I en rapport Menon Economics har gjort for regjeringen i 2017 kommer det frem at *«Vannkraft er en moden bransje med en velutviklet verdikjede»* (Menon Economics, 2017, s.43) og *«Verdikjedene til de øvrige fornybarbransjene i Norge står samtidig sterkere enn for ti år siden, men er fortsatt tynne og sårbare som følge av internasjonal konkurranse. Teknologisk fremgang og subsidier vil kunne bidra til at de fornybare energiklyngene styrker sine stillinger.»* (Menon Economics, 2017, s.44). Verdikjedene for disse bransjene er altså i ferd med å styrkes, men dette er tidkrevende prosesser å etablere. Informanten fra Deep Purple-prosjektet forteller at dersom de lykkes med å kommersialisere sine løsninger har de kunder som allerede har uttrykt interesse. H\*n nevner at det er partnere med i prosjektet som er interessert i løsningen, men at det ikke er bestemt noe formelt enda (I4). Dermed vil TechnipFMC kunne etablere det siste leddet som vil gi selskapet kunder og sluttbrukere i prosjektet.

### **6.1 Funksjon 1: Entreprenøriell aktivitet**

Tilstedeværelsen av aktive entreprenører er en indikasjon på ytelsen for et innovasjonssystem (Hekkert et al., 2007). Vi undersøkte aktiviteten ved energibedrifter som satset på grønn hydrogenproduksjon offshore, og bedrifter i offshore maritim sektor med hydrogenprosjekter. Vi spurte informantene om det var nok hydrogenprosjekter og ikke hvor mange. Dette var fordi vi mente informantene var mer kvalifisert om det var høy eller lav aktivitet.

Deep Purple er blant prosjektene i Norge som er best utviklet når det gjelder grønn hydrogen offshore, men det er mange andre bedrifter som jobber med hydrogenproduksjon. En oversikt over andre relevante prosjekter finnes i Tabell 2. Flere av informantene mente de hadde for lite kunnskap til at de ønsket å ytre seg om mengden prosjekter innen grønn hydrogenproduksjon, men informanten fra virkemiddelapparatet sa: *«Det er ikke veldig mange som jobber med storskala hydrogenproduksjon eller offshore vind i kombinasjon med andre energisystemer.»* (I8).

Fra funnene finner vi at det er få prosjekter som satser på grønn hydrogenproduksjon, men at det er mye aktivitet knyttet til for hydrogenprosjekter generelt. Av ferjer har det kommet flere prosjekter der ferjeselskap, verft og myndigheter tenker nytt og utvikler nye løsninger med bruk av hydrogen som drivstoff (Norsk hydrogenforum, u.å.a): Ferje som går på batteri og

hydrogen skal settes i drift i 2021 på sambandet Hjelmeland-Nesvik på rv. 13 i Rogaland, hydrogendrevet passasjer-hurtigbåt i Florø (Norsk Hydrogenforum, u.å.b), prosjekt med hydrogendrevet ferje i Geiranger – Hellesylt, og i 2022-2023 har Selfa Arctic og NCE Maritime Clean Tech planlagt 8 fyllestasjoner og 36 ladestasjoner langs Norskekysten for å lage en utslippsfri kystrute (Norsk Hydrogenforum, u.å.a).

De fleste informantene var enige i at det var høy entreprenøriell aktivitet tilknyttet hydrogen (I3, I4, I5, I6 & I7). Det har vært et økende antall nye bedrifter, samt eksisterende bedrifter som etter hvert har begynt å satse på hydrogen de siste årene. Derfor spurte vi informantene våre om de mente det var nok bedrifter som jobbet med lignende prosjekter. Her svarte en av informantene:

Det er mange, og både store og små. Det er ganske høy aktivitet. Det som mangler er infrastruktur for å teste og utvikle teknologiske løsninger. Det skulle jeg gjerne sett mer satsing på fra myndighetene. Med dette mener jeg testsights og simuleringsutstyr. Dette rammer små- og mellomstore bedrifter som gjerne mangler kapital for å kunne ordne dette selv. De store er ofte bedre stilt til å ordne disse tingene selv (I5).

Til tross for at det er mye aktivitet tilknyttet hydrogen mente noen av informantene at det ville vært mye mer hadde noen større barrierer ikke eksistert. Informantene mente noen av årsakene som hindrer flere fra å satse er mangelen på risikovillig kapital, mangelen på en ferdig etablert verdikjede, lite marked for hydrogen i maritim sektor, og at det er utfordrende å koble seg på og delta i etablerte EU-prosjekter (I1, I2, I3, I5 & I8). En av informantene summerte godt: «*Teknologisk er det enkelt. Forretningsmessig og kommersielt er det vanskelig.*» (I3).

Flere informanter nevnte at usikkerheten knyttet til slike prosjekter er stor, og det er ikke lett å risikere store mengder kapital. Et dilemma som ble trukket frem av flere er «*Høna og egget*» (I1, I2, I4 & I9). «*Foreløpig er det vanskelig å satse. En er nødt til å skaffe seg en sikkerhet for at en har forbrukere.*» (I2). Man ønsker ikke å produsere hydrogen når det ikke er brukere til stede, og omvendt at man ikke ønsker å gjøre seg avhengig av hydrogen dersom ingen produserer det. Mange er enig i at satsing og investeringer vil lønne seg etter hvert, mens nå er det bare et spørsmål om å tape penger fordi man satset for tidlig. Når det gjelder grønn hydrogenproduksjon fra offshore vind vil, ifølge rapporten Offshore wind hydrogen –

Solving the Integration Challenge, mesteparten av kostnadsreduksjonen skje frem til 2030 som vist i Figur 6 (Offshore Wind Industry Council, u.å).

Flere av informantene nevner at jo flere prosjekter jo bedre, og det vil fremskynde lønnsomheten: «*Man er avhengig av å samarbeide og konkurrere for å lykkes. Vi må ha en kritisk masse som kan pushe og lære av hverandre.*» (I5).

Det er veldig sunt med flere som jobber med det samme. Flytende, komprimert eller ammoniakk. Det er ulikheter her, ulike metoder, ulik praksis og de som er flinkest og best vil vinne. Det handler om å utvikle de beste løsningene. De som er der nå er flinke og dyktige. Og så får ettertiden vise hvem som har den beste løsningen (I7).

Dette indikerer at prosjektene gjerne skulle være spredd utover Norge og med testing av forskjellige metoder slik at den samlede læringen hjelper alle bedriftene i en internasjonal konkurranse.

Det er mye aktivitet nedover i verdikjeden som gjør at behovet for hydrogen vil øke. Innenfor maritim sektor er det mye aktivitet som gjør at behovet for produksjon og fyllestasjoner offshore etter hver vil være veldig gunstig. Likevel ville det vært mer aktivitet dersom det ikke var for de nevnte barrierene.

Vi vurderer funksjonen entreprenøriell aktivitet som middels sterk.

Tabell 9 - Funksjonsanalyse av funksjon #1 EA

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Økende antall nye bedrifter som satser på hydrogen	Intervju med klyngeadministrasjon og bedrifter, nettsøk
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Mangel på tidligfase risikovillig kapital	Intervju med virkemiddelapparatet
Ikke nok EU-prosjekter å hekte seg på	Intervju med bedrifter
Få antall prosjekter med offshore grønn hydrogenproduksjon	Intervju med bedrifter, nettsøk

## 6.2 Funksjon 2: Kunnskapsutvikling

Kunnskapsutvikling er sentral i innovasjonssystemer og jo mer som læres, jo mer kunnskap blir utviklet og kan brukes til å utvikle og forstå ny teknologi. For å måle dette kan man se på kunnskapsutviklingsindikatorer i form av antall forskningsprosjekter, antall patenter, eller hvor mye det er investert i FoU-midler (Hekkert et al., 2007). Vi undersøkte antall forskningsprosjekter knyttet til grønn hydrogenproduksjon offshore, mengden FoU-midler, og hva informantene har å si om kunnskapsutviklingen. Vi spurte om drivere for kunnskapsutviklingen og stilte spørsmål om utdanningsinstitusjoner og forskningsprosjekt. Dette var for å få en oversikt på flere påvirkere for kunnskapsutvikling.

Når det gjelder forskningsprosjekt knyttet til hydrogenproduksjon med offshore vind fortalte en av informantene følgende: «*Det blir flere og flere prosjekter i denne sektoren etter det vi kan se. Mye er enda på forskningsstadiet og er et område som er i stor vekst.*» (I8). Vi har nevnt at funnene våre tilsa at det var ikke mange prosjekter i storskala i dag, men ifølge informanten fra virkemiddelapparatet så er det vekst.

Videre er forskningsmidler nødvendig for at kunnskap om en teknologi skal utvikles. Det er vanskelig å få en fullstendig oversikt over mengden FoU-midler til grønn hydrogen produsert fra offshore. Likevel har vi klart å finne følgende tall for 2020 fra forskningsrådet:

(Forskningsrådet, u.å.a):

- Energibruk i transport, hydrogen. 63,4 millioner fordelt på 38 prosjekter.
- Fornybar energi, vind og hav. 54,1 millioner fordelt på 48 prosjekter.

Informanten fra Deep Purple forteller at det er mye midler til forskning, men lite midler til å skalere opp:

Det er mange millioner til forskning og lite til videre utvikling gjennom pilotering. Vi har jobbet med Grønn Plattform (Innovasjon Norge) hvor mange har vært klar til å søke, men ordningen har ikke vært klar. Så ender ordningen på å vektlegge tidlig forskning, og det er vi etter vårt syn langt forbi. (I4).

Det er en svakhet i funksjonen at det ikke er nok midler til å pilotere teknologien og bruke den i praksis i større skala. Informant fremmet at kunnskapen om teknologien hadde kommet

langt nok, men at utfordringene videre lå i industrialiseringen og markedskreftene (I3, I4 & I5).

Informant 8, fra virkemiddelapparatet, påpeker at i nasjonal sammenheng når myndighetene sine mål om støtte til FoU på generell basis. Derimot har næringslivet har litt igjen når det gjelder støtte til FoU (I8).

Hvis man ser på norsk forskning så ser en at staten oppfyller ambisjonene om satsing på forskning, og at det gjør ikke næringslivet helt ennå. Norsk næringsliv bruker for lite penger selv på forskning i forhold til næringslivet i andre sammenlignbare land. De må se på FoU som en viktig satsing for seg selv (I8).

En av årsakene som nevnes av informantene er lønnsomheten i olje- og gassektoren:

Hadde det ikke vært for at vi har vært så tungt inni oljeindustrien så hadde vi nok vært mer offensiv på å utnytte våre fornybare ressurser. Vi har vind, både på land og offshore, og vi har mye vannkraft. Det er noe som er i ferd med å skje nå, men det har nok vært for liten vilje frem til nå med å starte dette skiftet (I9).

Dette indikerer at denne lønnsomheten har gitt Norge en hvilepute når det gjelder å komme i gang med omstillingen, og at Norge henger etter i satsingen og det grønne skiftet.

Ifølge våre funn er noen sterke sider med teknologiutviklingen til hydrogen generelt at det er meningsfylt, mye FoU midler fra staten, og mye oppmerksomhet knyttet temaet som igjen gir mer FoU-midler (I4, I5, I6, I8 & I9). Videre anses den sterkeste siden til teknologiutviklingens å være at bedrifter ser en egen nytte og derfor vil utvikle mer. En annen sterk side knyttet til teknologiutviklingen er kunnskapen knyttet til det norske næringslivet, fordi Norge allerede har bred kompetanse innen havbruk og offshorenæring. For at kunnskapen skal utvikles godt er det viktig med samarbeid mellom bedrifter, klynger og FoU-institusjoner. Ifølge noen av våre informant er utfordringene manglende forståelse eller engasjement fra myndigheters side (I3, I5 & I6).

Utdanningsinstitusjoner har også et ansvar som forskningsinstitusjon. Det er derfor viktig for kunnskapsutviklingen at de er oppdatert og forsker på teknologi som er relevant for næringslivet. I denne bransjen kommer behovet for arbeidskraft og kunnskap til å øke, noe



som gjør at behovet for utvikling av utdanningstilbud i institusjonene er til stede. En av informantene forteller at dagens ordning ikke er god nok:

Utdanningsinstitusjonene sitt fokus på hydrogen og det grønne skiftet kunne vært adskillig bedre. De må investere mer ressurser i et kontinuerlig og bredt samarbeid mot næringsliv. Man burde nok lagt inn mer ressurser for å knytte bachelor og mastergrader bedre og tettere opp mot næringslivet (I5).

Det var samtidig en enighet blant informantene om at det sannsynligvis vil komme mer søkelys på utdanningstilbud tilpasset ny og fremvoksende teknologi ganske raskt (I3, I5, I6 & I8).

Det er mye forskningsmidler og teknologien er godt utviklet. Samtidig er de største utfordringene for funksjon 2 manglende FoU-investering fra næringslivet og manglende midler til pilotering. Vi anser denne funksjonen som middels sterk.

Tabell 10 - Funksjonsanalyse av funksjon #2 KU

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Mange relevante forskningsprosjekter	Intervju med bedrifter
Sterke pådrivere for teknologiutviklingen	Intervju med bedrifter, klyngeadministrasjon og virkemiddelapparatet
Bred erfaring fra offshorenæring	Intervju med bedrifter
Mye FoU-midler	Intervju med bedrifter
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Manglende FoU-investeringer fra næringslivet	Intervju med virkemiddelapparatet
Manglende engasjement fra myndighetene	Intervju med bedrifter, klyngeadministrasjonen
Ikke nok fokus fra utdanningsinstitusjonene	Intervju med bedrifter
Manglende midler til pilotering	Intervju med bedrifter

### 6.3 Funksjon 3: Kunnskapsspredning gjennom nettverk

Kunnskapen som utvikles trenger også å spres slik at den blir tatt i bruk. For å spre kunnskap og informasjon er nettverk nødvendige (Hekkert et al., 2007). Vi undersøkte noen konkrete kommunikasjonslinjer. Vi så på antall webinarer dedikert til hydrogenteknologi og hvor stort nettverket er for aktuelle aktører i innovasjonssystemet, vi så på hvordan klynger blir brukt for å sikre samarbeid og kommunikasjon, og på hvor godt kunnskapen er spredd gjennom myndighetenes satsinger og om de er i takt med teknologiutviklingen.

Det er viktig med god kommunikasjon mellom aktørene i nettverket. Under intervjuene hadde vi et ganske åpent spørsmål slik at de kunne ta for seg de positive og negative sidene ved kommunikasjonen i dag. De fleste var klar på at kommunikasjonen var god. Det var lett å finne informasjon og spre kunnskap (I1, I3, I4, I5, I6 & I9). Det var også nyttig å være en del av klyngenettverk: *«Ja, det er god informasjonsspredning. Det gis ut rapporter fra konsulenter og teknologiselskap. Er man i slike nettverk og prosjekter er det òg lett å spørre andre om informasjon.»* (I3). Deep Purple er medlem av tre klynger og det ble fremmet som å ha veldig positiv virkning på både tilgang og spredning av informasjon (I4).

Andre under intervjuene mente kommunikasjonen har noen utfordringer: *«Det kan nok bli bedre. Det handler om at noen deler er forretningssensitive som hindrer informasjonsspredning og flyt. Alle mangler tid og det å ha bevisst fokus på spredning av kunnskap er underfokusert, her er det et stort potensiale.»* (I7). Man ønsker å holde på forretningsmuligheter som kan gi et fortrinn etter hvert, men de fleste informantene så ikke på dette som en stor utfordring i dag.

Tilgjengeligheten til webinarer har økt betraktelig, og informantene mente det var nok å følge med på. Et punkt som ble nevnt og som er verdt å ta med er at mengden tilgjengelige webinarer kanskje til og med har blitt for stor. Den siste tiden har tilbudet på webinarer innenfor dette temaet vokst så mye at det kan være et problem: *«Det er nok for mye webinarer vil jeg si. Det er et problem for næringslivet og andre aktører å velge ut hva som er relevant.»* (I7).

Myndighetene er en sentral aktør i kunnskapsspredning. De bør ha en god oversikt over hva som ligger ute og holde takt med kunnskapsutviklingen. Her var de fleste enige om at statens satsinger ikke holdt takt med kunnskapsutviklingen for fornybare energikilder generelt (I1, I2, I3, I4, I5, I6 & I7). Årsaker til dette mente flere var på grunn av motstand fra oljeindustrien, og at myndighetene ikke ville ha en stor stemme i overgangen fra olje til fornybare energikilder. Ett svar var at virkemiddelapparatet gjør mye bra, men kunne vært bedre: «Det er en del å lære her på energisiden av Danmark og UK. Tydelig og kraftig satsing på hydrogen. Norge er for puslete her.» (I5).

Kunnskapsspredning skjer gjennom det mangfoldet som finnes i nettverkene og engasjementet rundt å motta og dele informasjon i et felleskap. Det ble fremmet at folk flest i stor grad var engasjert i utviklingen. «I den indre sirkelen blant menigheten er det mange og bra med engasjement» (I5). Folk med viktig kunnskap er engasjert og flere nevner at de ønsker å være en del av omveltningen. «Store aktører som Aker og Equinor viser satsing, og dette er viktig.» (I8). «Mange flinke folk i andre næringer innen olje og kraft som brukes til den industrien vi nå snakker om. Folk følger pengene. Når en ser at slike prosjekter er mulig og at det er en mulighet å bygge en framtid på det vil folk strømme etter det naturlig.» (I5).

Vi anser funksjonen som sterk. Det er god kommunikasjon og samarbeid mellom aktørene, og bedriftene sliter ikke med å finne viktig informasjon.

Tabell 11 - Funksjonsanalyse av funksjon #3 KS

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
God kommunikasjon mellom aktører	Intervju med bedrifter, klyngeadministrasjon og virkemiddelapparatet
Økt antall webinarer	Intervju med bedrifter og klyngeadministrasjonen
Folk flest er engasjert i utviklingen	Intervju med bedrifter
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Statens satsinger ikke holder takt med kunnskapsutviklingen	Intervju med bedrifter og klyngeadministrasjonen

#### 6.4 Funksjon 4: Veiledning av søket

Når kunnskapsutvikling skaper variasjoner av en teknologi, er det ofte at ressursene er for knappe til å kunne fortsette med alle variasjonene. Denne funksjonen handler om valgprosessen for hvilken variasjon av teknologi og løsning man velger å gå for. Veiledning av søket innebærer de aktivitetene i et innovasjonssystem som på en positiv måte leder arbeidet til hva teknologibrukerne ønsker (Hekkert et al., 2007). Et eksempel på dette er politikernes valg om å unndra avgifter ved kjøp av el-bil i Norge. Dette gjør at befolkningen går fra bensin og dieseldrevne biler til elektriske biler, som fører til at flere jobber med å forbedre el-bilteknologi. Vi så på målene fra myndighetene og retningen teknologiutviklingen går nå, og undersøkte hva informantene mente.

Regjeringens hydrogenstrategi inneholder hvilket markedspotensial hydrogen har. Den gir en oversikt over de barrierene som eksisterer og de gode forutsetningene Norge har til å ta del i hydrogenmarkedet. Det nevnes ikke konkrete midler eller mål Norge skal nå, og viser ikke til satsinger eller veivalg i andre rapporter. Selv om de ikke nevner eksplisitt hvilke mål de har er det allikevel blitt gjort arbeid tilknyttet hydrogen:

- Regjeringen har sluttet seg til den europeiske satsingen for innovasjons- og industrisamarbeid (IPCEI) for hydrogen (Regjeringen, 2020a).
- I Regjeringens tredje krisepakke ble det bevilget 120 millioner kroner til næringsrettede tiltak. Hvor prosjekter innrettet mot hydrogen skal prioriteres (Forskningsrådet, 2020).
- I statsbudsjettet er det lagt inn en bevilgning på 100 millioner. (Forskningsrådet, 2020).

Basert på intervjuene så tilsier statens satsing og signaler at fornybar energi er veien videre. Videre kommer det frem at staten er noe motvillig til å komme med konkrete handlinger eller hvilke alternativer man skal velge (I1, I5, I6, I7, I8 & I9), derimot ser flere av informantene på dette som positivt: «*Det er dumt om vi låser oss til en infrastruktur/teknologi. La de som kan teknologien utvikle og konkurrere fremfor at myndighetene tar slike avgjørelser*» (I8). De ønsker at næringslivet skal komme med signalene, ikke staten. Andre ønsker mye mer engasjement fra staten; mer omtale om konkrete mål og prosjekter i talene. «*Staten er på*

*ballen, men jeg savner etterfølgende reelle satsinger i samme stil. De har utredet gode rapporter, men det mangler handling.»* (I5). En informant nevner en mulig grunn til at det er utfordrende for myndigheter å velge retning: *«Politisk enighet om at en må gjøre noe. Uenighet om hva som er riktig virkemiddel.»* (I1).

Av de som ønsket mer konkrete mål fra myndighetene sa en informant følgende:

En mangel i hydrogenstrategien: Vi er kjent med at 23% av alle norske CO<sub>2</sub> -utslipp er fra gassturbinene på norsk kontinentalsokkel. Konseptet offshore vind til plattformer og hydrogenlagring var ikke nevnt med ett ord. Det viktigste enkeltbidraget hydrogen kan ha inn mot kutt av utslipp var altså ikke nevnt i rapporten (I7).

Et poeng våre informanter stort sett er omforent om er statens veiledning gjennom økte avgifter på karbonutslipp er positivt for hydrogen. Uavhengig av hvilke teknologi og energiløsning som vil etablere seg i hvilken næring er karbonavgifter noe som vil gi en push i riktig retning (I1, I2, I4, I6, I7 & I9).

Regjeringen har innført flere tiltak som bidrar til å veilede næringslivet og trekke aktører i en grønnere retning: Økte CO<sub>2</sub>-avgifter frem mot 2030 vil gjøre at flere blir presset til å utvikle, innovere og finne de fornybare løsningene (Regjeringen, 2019a). I Granavolden-plattformen ble det varslet at *«(Regjeringen vil) legge frem en handlingsplan for grønn skipsfart med ambisjon om å halvere utslippene fra innenriks sjøfart og fiske innen 2030, herunder stimulere til null- og lavutslippsløsninger i alle fartøykategorier»,* og *«stille krav om utslippsfrie eller fornybare løsninger i offentlige ferge- og hurtigbåtanbud der det ligger til rette for det.»* (Regjeringen, 2019a, s.85)

Regjeringen vil også *«trappe opp den flate CO<sub>2</sub> –avgiften med 5% årlig for alle sektorer frem til 2025»* (Regjeringen, 2019a, s.29). (KPMG, u.å.). *«Regjeringen opprettet i 2019 en særskilt satsing på 25 millioner for å styrke fylkeskommunenes arbeid med å fremme null- og lavutslipps hurtigbåter. I 2020 ble satsingen styrket med 80 millioner kroner budsjettert.»* (Regjeringen, 2020b, s.9).

Det er også noen tiltak som er viktige spesifikt for grønn hydrogenproduksjon: Regjeringens hydrogenstrategi fra 2020 sier at *«kraft som leveres til bruk ved elektrolyse har i dag fritak*

*for elavgiften.»* (Regjeringen, 2020b, s.9). Men dette fritaket fases ut i 2021, som er synd for hydrogenproduksjon gjennom elektrolyse (KPMG, u.å.).

Veiledning av søket handler om hvilken retning utviklingen går. Fra intervjuerne ble det sagt at differensieringen for å satse bredt på flere teknologier var positiv (I1, I4, I5 & I9). Det var snakk om hydrogen, ammoniakk og batteri. At man fortsatt har øynene åpne og venter med å satse er lurt ettersom det kan komme store gjennombrudd i nær fremtid: *«Jeg tror på at det vil skje en evolusjon fremfor en revolusjon. Vi vil ha en hybrid energitilførsel i mange år med gass og olje. Det viktigste er at vi får skiftet så raskt som mulig på bekostning av de fossile og forurensende kildene til fordel for fornybare løsninger.»* (I5). Andre er uenige i å vente og prøve mye forskjellig: *«Vi diskuterer om fremtidens grønne drivstoff er metanol, hydrogen, ammoniakk, power to x og så videre. Det er ulike meninger om hva som vil fungere, men ingen tør å lande noe. Vi må tenke smart her og ikke blåse ut mye penger på løsninger som ikke vil vare.»* (I9).

Flere informanter nevnte at ved å legge til fornybare energikilder og samtidig ikke legge ned ikke-fornybare energikilder, det en hybrid energitilførsel som er nødvendig i energiskiftet. Regjeringen har også nevnt at det kan være aktuelt å bruke naturgass til å produsere hydrogen, men bare så lenge CCS-teknologi er kommet langt nok. (Regjeringen, 2020b). Selv om blå og grønn hydrogen gir det samme sluttprodukter må ressursene fra myndighetene og bedriftene fordeles om begge metodene skal tas i bruk. En informant var skeptisk til den hybride energitilførselen: *«CO<sub>2</sub> utslippene vil gå ned med blå løsninger, men forbruket vil være det samme. Grønne løsningen er langsiktig. Blå løsninger reduserer CO<sub>2</sub> utslipp kortsiktig, dette er ikke bærekraftig.»* (I3).

Våre funn tilsier at Norge har godt fokus på hydrogen. *«Det er mange bedrifter som satser innen hydrogen. Det kommer norske teknologibedrifter som satser også på hydrogen som skal konkurrere internasjonalt. Dette blir spennende.»* (I4). Selv om det er godt fokus på hydrogen generelt, kan det være man satser på feil sektorer. Fra Greenfleet-rapporten konkluderes det med at kunnskapsutviklingen i Norge når det kommer til hydrogen har feil fokus; biler fremfor maritim sektor (Steen, M., Bach, H., Bjørgum, Ø., Hansen, T., & Kenzhegaliyeva, A., 2019). Det kom frem at Norge må bestemme seg for hva man skal bli

god på, også innenfor hydrogen. «Til maritim sektor så har Norge gode muligheter, men man må ikke tenke at vi har de samme mulighetene for å bruke hydrogen i lastebiler.» (I4).

Den offentlige debatten påvirker hvilken retning politikerne og næringslivet velger å gå for. Vi fikk høre at perspektivene som kommer i den offentlige debatten er ofte for unyanserte og skaper splittelser. «Det er for mye polarisering. Man har for stor stemme som er følelsesladd, for binært, sort eller hvit. Enten for eller mot og ingen har nok rett.» (I5). En informant dro også frem hvor realitetsorienterte h\*n mente debattene kunne være:

Noen hevder at elektrifisering og batteripakken er løsningen på transport om noen år. Tar en derimot verdens største batteripakke i et stort cruiseskip vil den kunne segle i 5 minutt før batteripakken er tom. Det mangler en sånn forståelse av realiteter hos noen synpunkt i debatten (I7).

Andre informanter delte dette synet, men en informant nyanserte at den offentlige debatten innen næringsliv og FoU var erfart å være veldig basert på fakta (I1).

Som nevnt i funksjon 2 om kunnskapsutvikling vil produksjonskostnader avgjøre hvor konkurransedyktig grønn hydrogen vil være opp mot fossil energi. Regjeringen sier i sin hydrogenstrategi; «For at hydrogen skal kunne konkurrere med fossile energikilder globalt i dag er det viktig med en tilstrekkelig høy pris for utslipp av CO<sub>2</sub>» (Regjeringens, 2020b, s.15). I samme strategi står det at «IEA anslår at kostnaden for å produsere hydrogen fra fornybar strøm kan falle med 30 prosent frem mot 2030 som et resultat av fallende kostnader for fornybar kraft og oppskalering av produksjonsanlegg.» (Regjeringen, 2020b, s.15). Våre funn nevner ett tiltak Regjeringen har gjennomført som positivt påvirker næringslivets retning mot hydrogen: «CO<sub>2</sub> -beskatning og andre utslippsskatter er vanvittig drivende. Bare frykten for denne typen generelle avgifter på utslipp og beskatning er i mye større grad styrende enn subsidier og støtte» (I2).

Når vi spør våre informanter om hva de tenker om EU sine satsinger på fornybar energi så er de ganske enig. De påpeker at EU sin satsing har virkelig tatt fart den siste tiden og at det er viktig at Norge nå følger med for å ikke henge etter (I1, I2, I4 & I7). Offentlige anskaffelser skal ifølge Stortinget St.22 bidra til grønn innovasjon. Samtidig påvirker EUs kvotesystem sterkt driven for fornybare løsninger. Gjennom Norges forskningsråd har myndighetene

støttet forskning og utvikling knyttet til hydrogen, brenselceller og vannelektrolyse med om lag 550 millioner kroner fra 2009 til 2019 (Regjeringen, 2020b). Samtidig ble det kjent i mai 2020 at ESA i en pressemelding godkjente Enova-støtten på 2,3 milliarder kroner til den flytende havvindparken Hywind Tampen (Enova, 2019). Dette viser noen tydelige linjer i både EUs og norske myndigheters retning og veiledning for utvikling av teknologi til hydrogen.

Det er mye usikkerhet tilknyttet retningen for grønn hydrogenproduksjon offshore og hydrogen generelt. Det er lite konkrete signaler fra både markedet, myndighetene og næringslivet om hva som bør satses på.

Vi anser funksjonen som svak.

Tabell 12 - Funksjonsanalyse av funksjon #4 VS

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Enighet om satsing på fornybare energikilder	Intervju med bedrifter, Regjeringen
Satsing og midler fra EU	Intervju med bedrifter
Karbonavgift	Intervju med bedrifter
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Polarisert og manglende realitetssjekk i offentlig debatt	Intervju med klyngeadministrasjonen og bedrifter
Usikkerhet hvilken retning utviklingen går	Intervju med bedrifter og virkemiddelapparatet

## 6.5 Funksjon 5: Markedsetablering

Det er vanskelig for nye teknologier å komme seg inn på markedet, og de vil ofte ha få eller ingen fordeler sammenlignet med teknologier som allerede er etablert i markedet. På grunn av dette er det viktig å skape beskyttet plass for etablering av nye teknologier. Eksempler på å tilrettelegge for nye teknologier er å skape “nisjemarkeder” eller gi skattelette i oppstartsfasen (Hekkert et al., 2007). I vår oppgave undersøkte vi påvirkning av relevante skatter og



avgifter, og nisjemarkeder for prosjekter med hydrogenteknologi. Vi så også på hvilken utfordring teknologien har mot olje og gass. Dette fordi vi antok at hydrogen ville konkurrere mot olje og gass i energimarkedet.

Ved hjelp av intervjuene ønsket vi å finne ut hvordan olje- og gassindustrien påvirket utfordringer for grønn hydrogenproduksjon offshore til å etablere seg i markedet. Dette kunne være i form av manglende støtte fra myndigheter, manglende ressurser fra bedrifter som ikke ville redusere forbruket av olje og gass, eller andre ting som påvirket. Flere av de vi intervjuet var uenig i framstillingen (I2, I4 & I8). En av respondentene mente at det er vanskelig å konkurrere mot dieselpriis med andre energikilder, men utfordringen ligger ikke der:

Utfordringen for hydrogen og annen fornybar energi er at det må opp i skala og ned i kostnader så det blir et reelt alternativ. Samtidig kommer det an på bransjen. Igjen, «høna og egget». Går ikke volumet opp får en ikke ned prisen. Her må både industri og myndigheter delta (I4).

Det kom frem at energibedriftene satser stort og har planer om å være med i omstillingen. Det kom frem en frykt for at man verner for mye på oljen. «Norge har nok av folk som ikke evner å se muligheten og henger fast ved det gamle.» (I6). Det kom også meninger om at man i mye større grad skulle satse på offshore fornybar energi. Man ser for eksempel i nabolandene at de satser mer enn det vi gjør i Norge (I5).

For å satse mer på hydrogen har Statens Vegvesen lyst ut utviklingskontrakter for hydrogen-elektrisk drift. Ferje som går på elektrisitet og hydrogen skal settes i drift i 2021 på sambandet Hjelmeland-Nesvik på rv. 13 i Rogaland. Men her kunne myndighetene gjort mer:

Men myndighetene kunne i større grad bruke kjøpemakten sin og krevd dette for alt av ferger. I Nordsjøen er det mye trafikk, trafikk som kun går i faste soner nasjonalt. Der kunne det vært et isolert marked som krevde at all operasjon på dette området må være utslippsfritt. LOHC, ammoniakk og hydrogen. Dette burde vært gjort i mye større grad (I6).

Når det ble diskutert forskjellige skatteordninger som direkte eller indirekte påvirket mulighetene for markedsetablering for grønn hydrogenproduksjon offshore snakket vi med samtlige om CO<sub>2</sub>-avgiften. «CO<sub>2</sub>-avgiften er et viktig virkemiddel og driver i tempo

for utvikling.» (I5). Men det ble også fremmet at myndighetene burde gått hardere ut med slike virkemidler: «Jeg er enig i at det burde vært en sterkere beskatning av CO<sub>2</sub>.» (I6).

Subsidier knyttet til olje og gass var også fremmet av informantene fordi det har en indirekte påvirkning på satsing på blant annet hydrogenproduksjon. «Vi har et regime som subsidierer leiting. Hvordan man driver skatteregime i Norge henger og sammen med hydrogen. Det er subsidier i fornybar og olje og gass men det er på ulike måter.» (I4). For olje- og gassindustrien har vi i dag noe som heter leterefusjonsordningen. Denne ordningen går ut på at staten refunderer deler av utgiftene selskaper har når de leter etter nye olje- og gassfelt (Norsk Olje og Gass, 2018). Olje- og gassressursene på norsk sokkel eies av staten, og staten har dermed interesse i at disse ressursene finnes og utnyttes. For fornybar energi gir staten økonomisk støtte gjennom virkemiddelapparatet til etablering av nye prosjekter. Denne forskjellen ble påpekt fra en informant: «Det er rart at nullutslipps hydrogen skal konkurrere mot subsidiert diesel med skattefritak.» (I7). Det ble også nevnt fra en annen informant: «Grønne sertifikater fases ut i 2021. Så dermed er det ingen tilskudd for vindkraft. Det er heller ingen skatteletter enda for hydrogen eller ammoniakk.» (I1). Det er et savn etter andre former for støtte til fornybar energi.

For at hydrogen skal etablere seg i markedet trenger man flinke folk som kan hjelpe til, og for å kunne gjøre det må man klare å konkurrere med bedrifter i andre land. I denne problemstillingen var informanter som jobbet for bedrifter enige om at Norge er i en unik posisjon til å klare det, mens informantene fra klyngeadministrasjonen var uenig. En av de som var enig sa: «Ja, Norge kan nok være en av landene som klarer det. Vi er veldig heldig med naturforhold; vannkraft og vindressurser. Myndigheter som finansierer kvalifikasjonsløp mye rausere enn andre land. Vi har nok de beste forutsetningene.» (I4). Men det kom også frem utfordringer: «Det er behov for folk og det er ikke mange som kan hydrogen i Norge. Dette kan bli en mangelvare. Både eksperter og folk med erfaring fra bygge og operere hydrogenanlegg.» En informant som var uenig, sa: «Det er for lite som skjer på norsk sokkel som gjør at vi trekker til oss investeringer i Norge slik man gjorde under olje- og gassbransjens opprinnelse.» (I5).

Det er viktig å merke seg at i fremvoksende TIS er markedsetablering den vanskeligste funksjonen å få oversikt over, ettersom etablering av marked er noe av det siste som skjer når

en teknologi skal kommersialiseres. Ettersom det fortsatt er bedre og billigere energikilder virker det vanskelig for hydrogen å etablere seg. Fra funnene virker det som Norges forhold til olje og gass påvirker hydrogen i stor grad.

Vi anser funksjonen som svak.

Tabell 13 - Funksjonsanalyse av funksjon #5 ME

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Store energiselskaper går fra olje til fornybar energi	Intervju med bedrifter
Karbonavgift	Intervju med bedrifter
Norge har sterk konkurransekraft	Intervju med bedrifter
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Olje og gass er billigere alternativer	Intervju med bedrifter
“Høna og egget”	Intervju med bedrifter og klyngeadministrasjonen
Mangler subsidier og fritak fra skatt og avgifter	Intervju med bedrifter og klyngeadministrasjonen
Få nisjemarkeder	Intervju med bedrifter

## 6.6 Funksjon 6: Ressursmobilisering

Finansielle og menneskelige ressurser er nødvendige for alle aktiviteter i et innovasjonssystem. For en spesifikk teknologi er lokaliseringen av nok ressurser nødvendig for kunnskapsproduksjon. Denne funksjonen blir dermed direkte påvirket av styrken til funksjon to (Hekkert et al., 2007). Vi undersøkte om sentrale aktører opplever problematikk når det kommer til tilgang på ressurser og fra hvor de får sin finansiering.

Vi undersøkte også problematikk om mengden og muligheten for å skaffe støtte fra det offentlige, hvor funnene spriker i stor grad. Enkelte ønsket ikke å komme med et konkret svar. «Må nesten besvares når vi har sluttresultatet om 3 år. Tror at en må se på den grønne økonomien som et nytt marked, ikke en konkurrent mot eksisterende markeder.» (I2).

En informant sa: «*Vi er privilegert med de midlene vi har gjennom Siva, NFR, IN, Enova.*» (I5). Mens en annen sa: «*Myndigheter kaster penger etter olje- og gassnæringen, hadde hydrogen fått en tiendedel hadde vi vært i himmelen.*» (I6). Mesteparten av informantene mente at støtten var for liten. Videre nevnte en informant utfordringer knyttet til å kunne skaffe midlene handlet om byråkratiet. «*Det er behov for mer tilgjengelighet for de små selskapene. Det tar mye ressurser å skrive søknad som kan være vanskelig for små selskap.*» (I5). Det ble òg nevnt behovet for statlig støtte til å opprette infrastruktur til testing for videreutvikling av de nye teknologiene:

Det som mangler er infrastruktur for å teste og utvikle teknologiske løsninger. Det skulle jeg gjerne sett mer satsing på fra myndighetene. Med dette mener jeg testsights og simuleringsutstyr. Dette rammer små- og mellomstore bedrifter som gjerne mangler kapital for å kunne ordne dette selv. De store selskapene er ofte bedre stilt til å ordne disse tingene på egen hånd (I5).

En informant nevnte derimot at man burde satse mer på de store selskapene: «*Myndighetene har ikke forstått omfanget for å komme i gang for en bedrift. Pengene spres ut på tusen mindre prosjekter, og blir dermed smurt tynt ut over en stor flate istedenfor å fokusere på noe som fungerer.*» (I3)

Fra GreenFleet-rapporten ble det nevnt god finansiell støtte fra Enova, Forskningsrådet, Innovasjon Norge og NO<sub>x</sub>-fondet. Men det er en utfordring at NO<sub>x</sub>-fondet kun gir støtte til vellykkelige prosjekter. Siden hydrogenprosjekter har stor risiko tilknyttet seg vil ikke bedrifter bruke NO<sub>x</sub>-fondet i frykt for å ikke få finansiering (Steen et al., 2019). I Deep Purple sitt tilfelle er midler til videre utvikling og pilotprosjekt løst gjennom støtte til nettopp dette fra Innovasjon Norge (TechnipFMC, 2021). Innovasjon Norge gikk ut tidlig i 2021 med nyheten om at de skulle støtte Deep Purple sitt pilotprosjekt med 9 millioner euro (TechnipFMC, 2021).

Et positivt moment fortalt av et informant var at det etter hvert var flere i finanssektoren som ser på fornybare prosjekter (I3). Dette kan være positivt fordi med slike interessenter kan det være flere som investerer og prosjektene får finansieringen de trenger. Det kom også et motargument for at dette var kun positivt: «*Faren er at det blir en voldsom hype. Tar det for lang tid til vi får opp et marked og etablerer et behov er det fare for at investorer blir lunkne*

igjen.» (I6). Denne faren ble også nevnt av klyngeadministrasjonen: «Man ser investeringer i det grønne skiftet har gjort at folk har tapet penger, se på Ultveit Moe investeringene. Dette gjør at det kan være vanskelig for folk å satse og ønsker å vente til det er enda sikrere.» (I5).

Våre funn tilsier det mangler ressurser for maritim transport. «Det må statlige midler til her for utvikling av teknologi eller at store bedrifter bruker mye penger selv. Staten må kjøpe denne typen teknologi og vise sin støtte gjennom å bruke satsing gjennom fylkeskommunene og gi tydelige signaler.» (I7).

Det er mange ressurser og forskningsprosjekter tilgjengelig for bedrifter, men det kan være utfordrende for små og mellomstore selskaper å koble seg på. Den store utfordringen ser ut til å være at teknologien har kommet såpass langt at det nå er midler til pilotering som kreves, men som ikke er tilgjengelig.

Vi anser funksjonen som svak.

Tabell 14 - Funksjonsanalyse av funksjon #6 RM

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Mye ressurser fra virkemiddelapparatet	Intervju med bedrifter, klyngeadministrasjonen og virkemiddelapparatet
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Mangler ressurser til maritim transport	Intervju med bedrifter
Utfordrende for små selskaper å anskaffe ressursene	Intervju med klyngeadministrasjonen
Manglende midler til testing og pilotering	Intervju med klyngeadministrasjonen

## 6.7 Funksjon 7: Legitimering/motvirke motstand mot forandring

For at nye teknologier skal lykkes i sin utvikling er det viktig at det skapes et nytt marked eller at den nye teknologien tar del i et eksisterende marked. Parter som har investert i andre deler av markedet vil aktivt jobbe mot den nye teknologien. Mens de som har interesse for den nye teknologien vil kunne skape lobbyvirksomhet, økt positiv omtale og fokus rundt teknologien. Dette blir en katalysator for teknologien som igjen øker lobbyvirksomheten som fører til økt legitimitet for teknologien (Hekkert et al., 2007). I vår oppgave så vi på hvordan aktører innen grønn hydrogenproduksjon jobber opp mot politiske aktører.

For at vi skulle forstå hvordan lobbyaktivitet fungerer for grønn hydrogenproduksjon forklarte vår informant innen klyngeadministrasjon: Store energibedrifter som begynner å satse på hydrogenproduksjon har ressurser som jobber mot politikerne. De fleste bedrifter bruker Norsk Industri og regionale interesseorganisasjoner til å jobbe opp mot politiske aktører (I5). Norsk Industri er en del av NHO og har stor politisk tyngde. De har direkte kontakt med departementer og jobber tett med rammebetingelser for industrien (I5). For hydrogen får også de fleste bedrifter mulighet å svare på høringer fra myndighetene og sikrer kommunikasjon og rådgivning (I5). Bedrifter er også medlemmer i klyngenettverk, og for energisektoren bruker klynger lite ressurser på lobbyvirksomhet. Det arbeidet blir i stedet gjort av foreninger som for eksempel Norsk Olje og Gass (I5). Fra informanten fra klyngeadministrasjonen ble det sagt at klyngene gjerne har flere ulike medlemmer som driver innenfor ulike fagområder. For klyngene sin del må de være forsiktige med for sterk aktivitet i den ene eller andre retning med hensyn til alle sine medlemmer. Går de ut med en aktiv kampanje eller støtte til hydrogen eller fornybar energi vil de risikere kritikk og misnøye fra sine medlemmer innen petroleum hvor dette ikke vil falle i god jord (I5). Deep Purple er med i mange konferanser og er tett tilknyttet industriklynger med politikere. De har valgt å ikke være aktiv med å informere om sine behov, og heller påvirke gjennom å vise hva de driver med (I4).

Informanten fra klyngeadministrasjoner mener at det er mye høring og møtevirksomheter, men ikke alltid det ender i konkrete resultater: «*For hydrogen er den nasjonale satsing for spinkel og følges for dårlig opp med understøttende midler*» (I5). Antall interessegrupper som

jobber opp mot myndighetene tilknyttet hydrogenteknologi er sterkt økende (I5). De er ofte geografisk betinget og jobber for å skaffe offentlige midler for å få til regional vekst (I5).

Fra Hekkert & Negro (2008) kommer det frem at innen oppstarten av et TIS er funksjon 7 avgjørende. Studiet viste at i de fleste fremtredende TIS så sliter man med å lage samlinger av aktører og interessenter med nok påvirkningsmakt til å få de eksisterende institusjonelle forholdene etter deres ønsker. Dette er gjerne på grunn av at man ikke klarer å forenes om ett standpunkt. Forskjellige tanker og visjoner hindrer at man klarer å skape store nok samlinger (Hekkert & Negro, 2008). Fra funnene våre er det uenigheter i standpunkt innen hydrogenaktører. Noen mindre uenigheter er det teknologiske standpunktet, satsing på blå hydrogen eller grønn hydrogen. Men denne er i mye mindre grad splittende sammenlignet med den geografiske splittelsen (I5). «*Man prøver å lage hydrogenklynger i hele landet. Dette gjør at det er store uenigheter om hva de lokale myndighetene har av ambisjoner.*» (I5). En av uenighetene er at interessegrupper fra Østlandet ønsker prosjekter onshore, mens Vestlandet ønsker prosjekter offshore. Det er også uenigheter hvor prosjekter skal plasseres. Her er det regionale interessegrupper som kjemper for å få det i sin region for å sikre arbeidsplasser. Informanten fra klyngeadministrasjonen påpeker at siden øvre myndigheter ikke har styrt dette har man mange små og lokale initiativ. Denne splittelsen skaper konsekvenser: «*I beste fall trekkes ut beslutninger og man taper tid, i verste fall ender man med dårlige kompromisser.*» (I5).

Legitimitet fra myndighetenes side kommer også i form av hvilke mål de setter seg. Grønn hydrogenproduksjon nevnes ikke i Regjeringens havstrategi (Regjeringen, 2019b). Regjeringens hydrogenstrategi sier noe om mulighetene for hydrogen i Norge, men ikke noe om hva vi bør strekke oss til (Regjeringen, 2020b). Basert på strategiene virker det som myndighetene ønsker å tilrettelegge mer for blå hydrogenproduksjon enn grønn hydrogenproduksjon, men dette er ikke erfaringen til informant fra bedrift innen offshore grønn hydrogenproduksjon. H\*n føler at Regjeringen tilrettelegger for både blå og grønn hydrogenproduksjon og føler seg ikke nedprioritert fordi prosjektet handler om grønn produksjon (I4).

Informantene fikk mulighet å svare på hva de ser som de største hindringene. Vi ser flere likhetstrekk i de tilbakemeldingene fra de intervjuene vi har gjort. Noe av det som trekkes

frem er at frykten for forandring står sterkt i rike land. Særlig i nasjoner som Norge der olje og gass har gitt så stabil og solid inntjening og bidratt betydelig til felleskapet og samfunnet er forandring noe fremmed og usikkert (I2 & I8). Det er mange arbeidsplasser knyttet til olje og gass, og overgangen til hydrogen kan anses som en trussel for disse arbeidsplassene.

Det er store interesseorganisasjoner med mye påvirkningskraft som jobber opp mot politiske aktører for å sikre gode vilkår. Derimot er det stridigheter med regionale ønsker og spredd lobbyaktivitet.

Vi anser funksjonen som middels.

*Tabell 15 - Funksjonsanalyse av funksjon #7 L og MF*

<b>Styrker</b>	<b>Datakilder</b>
Medgang for grønn hydrogen fra myndighetene	Intervju med bedrifter
Sterke interesseorganisasjoner	Intervju med klyngeadministrasjonen
<b>Svakheter</b>	<b>Datakilder</b>
Geografiske uenigheter	Intervju med klyngeadministrasjonen
Spredd lobbyaktivitet	Intervju med klyngeadministrasjonen

Vi har vurdert alle funksjoner og gitt dem en styrke på lav, middels eller høy. Under er en oversikt over tilhørende styrke, svakhet, og styrkevurdering vist i Tabell 16.



Tabell 16 - Oppsummering av funksjonsanalysen

<b>Funksjon</b>	<b>Styrker</b>	<b>Svakheter</b>	<b>Vurdering</b>
F1 Entreprenøriell aktivitet	- Økende antall nye bedrifter som satser på teknologien	- Mangel på tidligfase risikovillig kapital - Ikke nok EU-prosjekter å hekte seg på -Få antall prosjekter med offshore grønn hydrogenproduksjon	Middels
F2 Kunnskaps- utvikling	- Mange relevante forskningsprosjekter - Sterke pådrivere for teknologiutviklingen - Bred erfaring fra offshorenæring - Mye FoU-midler	- Manglende FoU-investeringer fra næringslivet - Manglende engasjement fra myndighetene - Ikke nok fokus fra utdanningsinstitusjonene -Manglende midler til pilotering	Middels
F3 Kunnskaps- spredning gjennom nettverk	- God kommunikasjon mellom aktører - Økt antall webinarer -Folk flest er engasjert i utviklingen	- Statens satsinger ikke holder takt med kunnskapsutviklingen	Sterk
F4 Veiledning av søket	- Enighet om satsing på fornybare energikilder - Satsing og midler fra EU -Karbonavgift	- Polarisert og manglende realitetssjekk i offentlig debatt - Usikkerhet for hvilken retning utviklingen går	Svak
F5 Markeds- etablering	- Store energiselskaper går fra olje til fornybar energi - Karbonavgift - Norge har sterk konkurransekraft	- Olje og gass er billigere alternativer - «Høna og egget» - Mangler subsidier og fritak fra skatt og avgifter -Få nisjemarkeder	Svak
F6 Ressurs- mobilisering	- Mye ressurser fra virkemiddelapparatet	- Mangler ressurser til maritim transport - Utfordrende for små selskaper å anskaffe ressursene - Manglende midler til testing og pilotering	Svak
F7 Legetimisering/ Motstand mot forandring	- Medgang for grønn hydrogen fra myndighetene - Sterke interesseorganisasjoner	- Geografiske uenigheter - Spredd lobbyaktivitet	Middels

## 7. Diskusjon/Drøfting

Vi har analysert de forskjellige funksjonene i det voksende teknologiske innovasjonssystemet til offshore grønn hydrogenproduksjon. Funksjonene påvirker hverandre som gjør at utfordringer med en funksjon må løses i samarbeid med andre funksjoner. I dette kapitlet skal vi drøfte påvirkningen funksjonene har på hverandre og hvilke funksjoner som er årsak til svakheter og styrker i andre funksjoner. Først vil vi identifisere hvilke funksjoner som påvirker de andre funksjonene mest, enten negativt eller positivt. Videre drøfter vi hvilken aktivitet som er kritisk for funksjonene. Til slutt skal vi besvare forskningsspørsmålene: *Hva er de største driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv?* og *Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for kommersialisering av sin teknologi?*

Entreprenøriell aktivitet (F1), som viser til om et innovasjonssystem har framgang, påvirker blant annet kunnskapsspredningen gjennom nettverk (F3). Det vil si at jo mer man informerer og deler kunnskap om aktivitet, desto bedre blir prosjektene. Til tross for at kunnskapsspredningen i vår case var sterk, var entreprenøriell aktivitet bare middels. Basert på våre funn, er svakheter ved entreprenøriell aktivitet blant annet mangel på risikovillig kapital, midler til pilottesting og manglende infrastruktur til testing. Dersom dette løses vil det kanskje føre til at flere bedrifter som satser på hydrogenprosjekter. Videre er det mye aktivitet knyttet til hydrogen i maritim og offshore sektor, men lite aktivitet knyttet til offshore grønn hydrogenproduksjon. En årsak kan være at flere bedrifter venter til 2030, ettersom flere organisasjoner har regnet ut at det vil bli en stor nedgang i produksjonskostnad frem mot 2030. En annen grunn kan være at bedrifter ikke tør å satse på grunn av usikkerhet til markedet og fremtiden for hydrogen (F4).

Basert på våre funn har kunnskap som bedriftene har opparbeidet seg også blitt videreformidlet til relevante interessenter. Dermed er også kunnskapsutvikling (F2) og kunnskapsspredning gjennom nettverk (F3) knyttet sammen. Fra våre funn kan kunnskapen fra olje- og gassnæringen muligens bidratt til kunnskapsutviklingen i hydrogen, og det er positivt at folk med kjerne kunnskap fra offshore og subsea ser på hydrogenteknologi. Videre er det tydelig et behov for kunnskap som innhentes fra pilotprosjekter, men problemet er at

det er utfordrende å skaffe midler til det fra virkemiddelapparatet (F6). En utfordring når det gjelder kunnskapsutvikling (F2) var manglende FoU-investeringer fra næringslivet. En årsak til dette kan kobles til veiledning av søket (F4), fordi man vil være mer villig til å sette av midler til hydrogen dersom det er mindre usikkert hva som er myndighetenes mål. Manglende FoU-midler kan også komme av for svak legitimitet (F7), det vil si at myndighetene ikke er kjent med, eller enig med, hva bedriftene trenger.

Vi konkluderte i analysedelen at kunnskapsspredning gjennom nettverk (F3) er veldig sterk for teknologi knyttet til hydrogen. Ifølge informantene våre er det en god kultur for informasjonsdeling. Basert på våre funn er hovedgrunnen til dette at spredning av kunnskap hjelper alle. Karbonavgiften kan også være en årsak til den sterke kunnskapsspredningen, da denne avgiften påvirker mange bedrifter. Det kan tenkes at bedriftene frykter mye inntektstap dersom de ikke endrer seg raskt nok, og for at de skal endre seg raskt nok må de samarbeide. Manglende veiledning av søk (F4) gjør også at man ønsker å informere så godt som mulig slik at man blir samstemte om hvilken retning man bør gå etter. Våre funn indikerer at statens satsinger ikke er i takt med kunnskapsutviklingen, men årsaken til dette er ikke entydig. En årsak kan være at kunnskapsspredningen ikke når staten. Det kan også tenkes at kunnskapen når dem, men at de tenker at bedriftene klarer seg selv, eller at det er nødvendig med mer forskning fordi kunnskapen ikke er utviklet nok. Dette kan forklare hvorfor det gis mye FoU-midler til konseptutvikling og at staten støtter bredt ut til prosjekter i håp (F2). Den brede støtten kan også komme av at de ønsker å finne mer ut om hvor de bør satse (F4).

Veiledning av søket (F4) er en viktig funksjon for fremvoksende TIS, da den motiverer nye entreprenører og øke ressursene for kunnskapsutvikling Basert på våre funn er det mye usikkerhet rundt hva som er retningen for hydrogenteknologien. Dette kan forklare hvorfor det er få som satser på grønn hydrogenproduksjon offshore (F1). Fra våre funn var CO<sub>2</sub>-avgiften fremmet som en av de største driverne for å få næringslivet til å satse på hydrogen, mye mer effektiv enn subsidier. Det er interessant å se at det kan virke mer effektivt med «pisk» enn «gulrot» for å styre retning av næringslivet. Informantene var enige om behovet for mer klarhet om hva som er fremtiden, men det er uenigheter om det ernæringslivet eller myndighetene skal lede vei. En annen mulig årsak til svak veiledning av søk er at interessenter innen olje og gass skaper barrierer for hydrogensatsingen (F7). Basert på våre

funn er det klart at historien med olje og gass henger igjen og indirekte påvirker hydrogensatsingen. Imidlertid tilsier våre funn også at olje- og gass bedrifter bidrar positivt og satser på hydrogen og bidrar positivt. Det er likevel usikkert hvor mye olje- og gass næringen påvirker positivt og negativt for hydrogensatsingen.

Markedsetablering (F5) ble klassifisert som en svak funksjon, og våre funn indikerer at det er mye usikkerhet knyttet til hvordan markedet vil se ut og når det vil være etablert. Ingen vil være først hvis andre aktører i verdikjeden ikke er klar. Basert på våre funn er det behov for en sterkere veiledning i søket (F4) for å styrke markedsetableringen. Dette innebærer at næringslivet og myndighetene i større grad må bestemme retningen og planer for når de ønsker at markedet skal være oppe og gå.

Våre funn indikerer også at det trengs flere nisjemarkeder, fritak fra skatt og avgifter og diverse subsidier. Mangelen på subsidier kan forklares ved den svake ressursmobiliseringen (F6). Basert på våre funn er ressursmobiliseringen påvirket av flere mangler. Årsaken til dette kan være manglende enighet om satsing på hydrogen og grønn hydrogenproduksjon (F4). Manglende enighet kan skape usikkerhet noe som igjen kan føre til at myndighetene ikke ønsker å investere for mye i frykt for å ikke få noe ut av det. En annen årsak til manglende satsing kan være at det ikke er god kommunikasjon om hva bedriftene trenger fra myndighetene (F7). Våre funn indikerer manglende midler til pilotering og at myndighetene ikke legger nok til rette for små og mellomstore bedrifter å søke støtte.

Uten en sterk legitimering/motstand mot forandring (F7) vil det være stor distanse mellom myndighetenes aktiviteter og bedriftenes ønsker og behov. Innenfor hydrogenteknologi er styrken middels blant annet ettersom det i mindre grad er motstand mot forandring basert på våre funn. Videre tilsier våre funn at myndighetene ønsker å satse på blå hydrogen, og i liten grad nevner grønn hydrogen. Likevel har ikke Deep Purple følt seg nedprioritert. Dermed kan vi anta at myndighetene nevner blå hydrogen i stor grad, men i praksis ikke har valgt å legge mer til rette for hverken blå eller grønn hydrogen. Dette er i utgangspunktet positivt for grønn hydrogen, men kan på samme tid være utfordrende da man ikke vet hva man kan forvente av myndighetene og virkemiddelapparatet (F4).

Svakheter og styrker i en funksjon kan forklares av aktiviteter tilknyttet en annen funksjon. Det er noen aktiviteter som påvirker flere funksjoner og aktiviteter som har en sterkere

påvirkning enn andre. Vi har hittil drøftet hvordan de ulike funksjonene påvirker hverandre. Basert på disse to kriteriene og hvor sterk påvirkning de har på essensielle funksjoner i TIS vil vi dermed besvare forskningsspørsmålene.

*RQ1: Hva er de største driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv?*

De største driverne for hydrogenteknologi er den gode kulturen for å spre viktig kunnskap og informasjon, store energibedrifter som har kjernekompetanse innen olje og gass som nå også satser på hydrogen. Samtidig har karbonavgiften, og signaler om økning av denne, stor påvirkning for bedrifter og deres investeringer.

Basert på våre funn er de største barrierene er manglende ressurser til pilotering og drift fra myndigheter, og manglende enighet om retningen for hydrogenteknologi. Det er også andre viktige barrierer til stede, men våre funn indikerer at det er disse to som er de største barrierene.

*RQ2: Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for kommersialisering av sin teknologi?*

Bedrifter med virksomhet eller prosjekter innen grønn hydrogenproduksjon offshore bør benytte seg av de sterke driverne innen teknologien. Det er tydelig at samarbeid og informasjonsdeling mellom bedriftene er viktig. Ser viktigheten av samarbeid og informasjonsdeling mellom bedriftene. Derfor kan det være viktig at en bedrift som driver med denne typen teknologiutvikling i dag bruker ressurser på å bygge nettverk og samarbeidsarenaer. Dette kan gjøres på ulike måter, men deltagelse i klynger, konsortium eller andre samarbeidsprosjekt kan være eksempler på dette. Bedrifter bør også jobbe for mer gjennomslag hos myndighetenes avgjørelser for å dekke deres behov. Dette kan gjøres ved å sette av mer ressurser til lobbyvirksomhet, eller jobbe mer opp mot interesseorganisasjonene som har stor gjennomslagskraft hos myndighetene. Grønn hydrogenproduksjon offshore og andre fornybare teknologier krever mer push mot myndigheter. Dersom man ikke gir dette pushet kan man ikke få ressursene og infrastrukturen som trengs.

## **7.1 Generalisering av funn**

Våre funn har blitt brukt til å drøfte drivere og barrierer for grønn hydrogenproduksjon offshore. Disse driverne og barrierene kan også gjelde for andre situasjoner ved teknologisk utvikling for fornybar energi. Fornybare energier har likheter ved at det fører med seg endringer i dagens marked, og ofte innebærer usikkerhet tilknyttet etterspørsel. Hekkert & Negro (2008) nevner at næringslivet, basert på deres funn, ikke turte å investere på grunn av manglende retning for teknologien (F4). Videre skapte manglende politisk satsing og mål mye usikkerhet. Vi ser den samme utfordringen basert på våre funn, og det er også en likhet i utfordringer med midler som kun går til FoU og ikke til pilotering.

## 8. Oppsummering

Klimakrisen skaper et behov for ny energiteknologi og nye løsninger for å kutte utslipp. Vi har studert hvordan grønn hydrogen produsert offshore kan brukes for å kutte utslipp innen maritim sektor og offshore sektor. Vi har forklart teknologien i detalj og brukt et Teknologisk Innovasjonssystem (TIS) rammeverk med indikatorer for forskjellige aktiviteter for å gi et helhetlig inntrykk av teknologiutviklingen.

Gjennom intervju, desk research og nettsøk har vi samlet inn data fra relevante aktører innen hydrogenteknologi. Vi har kodet dem etter hvilket utsagn passer til hvilken funksjon i TIS-rammeverket. Etter kodingen har vi analysert utsagnene og funnet svakheter og styrker tilknyttet de ulike funksjonene i TIS-rammeverket, og basert på disse gitt en verdi for hver funksjon etter hvor sterk vi anser den; svak, middels sterk, og sterk.

Vi konkluderte funksjonen kunnskapsspredningen gjennom nettverk (F3) som sterk, og årsaken til dette er hovedsakelig god kommunikasjon mellom relevante aktører.

Videre konkluderte vi funksjonene entreprenøriell aktivitet (F1), kunnskapsutvikling (F2), og legitimitet (F7) som middels sterke. Entreprenøriell aktivitet (F1) ble gradert middels på grunn av mye aktivitet på hydrogenprosjekter i maritim og offshore sektor, men lite aktivitet på offshore grønn hydrogenproduksjonsprosjekter. Kunnskapsutvikling (F2) var preget av mange FoU-prosjekter og FoU-midler til forskning, men også manglende midler til pilotering. Legitimitet (F7) hadde sterke interesseorganisasjoner, men uenigheter innad om videre arbeid.

Funksjonene veiledning av søket (F4), markedsetablering (F5) og ressursmobilisering (F6) konkludert som svake. Disse var klassifisert som svake på bakgrunn av henholdsvis usikkerhet om myndigheters satsinger, «Høna og egget»-dilemmaet, og manglende midler til pilotering.

Videre har vi sett drøftet hvordan styrken til aktivitetene kan forklare det helhetlige TIS-systemet. De forskjellige aktivitetene påvirker hverandre, og en svakhet i én aktivitet kan forklare svakheter i andre aktiviteter. Avslutningsvis har vi konkludert med å svare på forskningsspørsmålene:

RQ1: Hva er de største driverne og barrierene for offshore grønn hydrogenproduksjon, sett fra et teknologisk innovasjonssystemsperspektiv?

De største driverne er god kultur for å spre kunnskap og informasjon, at energibedrifter med kjernekompetanse innen olje og gass satser på hydrogen, og karbonavgiften.

De største barrierene er manglende ressurser til pilotering, og manglende enighet om retningen for hydrogenteknologi.

RQ2: Hvordan kan bedrifter med slike prosjekter styrke mulighetene for å lykkes?

Bedrifter bør benytte seg av de sterke driverne, ved å bruke ressurser på å bygge nettverk og samarbeidsarenaer. I tillegg bør bedriftene jobbe for mer gjennomslag hos myndighetenes avgjørelser for å dekke deres behov. Dette kan gjøres ved å sette av mer ressurser til lobbyvirksomhet, eller jobbe mer opp mot interesseorganisasjonene som har stor gjennomslagskraft hos myndighetene.



## **9. Begrensninger ved oppgaven**

Funnene som er gjort er basert på våre informanternes oppfattelse av virkeligheten og inkluderer ikke alle relevante aktører for studiens tematikk. Dersom flere eller andre aktører hadde vært en del av studien kunne andre oppfattelser satt preg på funnene i studien. For å oppnå bredde i vår studie hadde vi et ønske om å inkludere andre type aktører som politiske partier, Olje- og energidepartementet, Nærings- og fiskeridepartementet og aktører innen fiskeri og havbruk. Vi har forsøkt å invitere disse gruppene til intervju for å få deres vinklinger og synspunkt til vår oppgave, men fra denne gruppen har vi fått avslag eller ingen tilbakemelding.

Et moment som kan ha vært viktig er informantenes følelser knyttet til bruken av hydrogen som energikilde. Dette passet ikke inn i TIS-rammeverket som ble brukt, men basert på funn fra intervju kan dette være relevant for markedsetableringen. For eksempel kan folks oppfatning om sikkerhetsrisikoen til hydrogen medføre at det blir vanskelig for rederier å installere en hydrogenmotor, fordi arbeiderne på kan føle at de blir satt i fare..

## 10. Implikasjoner og videre forskning

Denne studien bidrar til forskning på utvikling av nye teknologier i et teknologisk innovasjonssystem perspektiv. Det er begrenset med tidligere forskning som belyser de syv funksjonene i et teknologisk innovasjonssystem tilknyttet offshore grønn hydrogenproduksjon og -lagring. Det finnes lite forskning på hvilke faktorer som påvirker disse og hvilke følger det har for teknologien offshore grønn hydrogenproduksjon. Vi mener videre forskning bør gjennomføre lignende studier med lignende teknologier. Det hadde vært interessant å sammenligne funnene på tvers av flere nye fremvoksende teknologier. Denne studien er en casestudie av et konkret prosjekt. Det kunne også vært interessant dersom man sammenlignet denne studien med en lignende studie for et annet case. På den måten vil en kunne oppdage likheter eller forskjeller som kan ha ulik påvirkning på det teknologiske innovasjonssystemet rundt teknologien. Utviklingsprosessen for teknologien og denne typen prosjekter som vi har studert er tidkrevende og går over flere år. Dermed ville det vært interessant og gjort tilsvarende studie for samme case i fremtiden for å se utviklingen over tidi årene mellom. Det ville også vært interessant å sammenligne studien med andre studier innen fornybar energiteknologi, og se om det er likheter som kan si noe om drivere og barrierer for fornybar energiteknologi generelt.

Til slutt kunne det vært interessant å sett på hvordan fremskyndte utviklingsløp for teknologier påvirker behovet for forskjellige funksjoner annerledes enn tidligere studier. Markedsetablering (F5) virker som en funksjon som ikke er viktig før slutten av utviklingsløpet, men vi erfarte at markedsetablering virket nødvendig mye tidligere.

Noen teoretiske implikasjoner er at TIS-rammeverket ikke dekker alle momenter som kan ha vært relevante for vår studie. TIS-rammeverket dekker de mest relevante prosessene innen teknologiutvikling for en spesifikk teknologi (Hekkert, et al. 2007). Det er et rammeverk vi mener er godt egnet til å forske på teknologiutvikling, og det er studier som viser at alle funksjoner er relevante for fremvoksende teknologier slik som fornybare teknologier (Hekkert & Negro, 2008). For vår studie ville det være interessant å inkludere folkeopinionen i analysen. Basert på funnene virker det som om hva befolkningen mener kan ha en sterk påvirkning på det teknologiske innovasjonssystemet, konkret markedsetablering (F5).

For praktiske implikasjoner fra vår studie har vimed forskningsspørsmål to besvart hva bedrifter kan gjøre for å bedre funksjonene i TIS-et. Men det er også noen praktiske implikasjoner for hva myndighetene kan gjøre for å bedre TIS-et. Vi vil trekke frem at for å få en bedre veiledning av søket tilsier flere av funnene våre at myndighetene bør i større grad ha konkrete mål og lede retning for hvilke teknologier det skal satses på. Vi vil også trekke frem at flere av informantene mener at skatter som CO<sub>2</sub>-avgiften er et av de beste virkemidlene for det grønne skiftet, og den bør øke mer og hurtigere.

## 11. Referanser

### Nettsider, pressemeldinger og rapporter:

AkvaFresh. (u.å). Omvendt osmose. Hentet 17.03.21 fra <https://www.akvafresh.no/omvendt-osmose/>

AleaSoft. (2020, 21. januar). The green hydrogen is the fuel of the future. Hentet 25.01.2021 fra: <https://aleasoft.com/green-hydrogen-fuel-future/>

AquaVentus. (u.å). Flagship project for green hydrogen. Hentet 28.04.21 fra <https://www.aquaventus.org/presse/flagship-project-for-green-hydrogen/>

Audun. (2011, 21. mars). Usikker reise mot ny energi. Hentet 26.03.21 fra <https://forskning.no/miljoteknologi-ledelse-og-organisasjon-alternativ-energi/usikker-reise-mot-ny-energi/786588>

Borgaas, B. (2012, 25. april). Energi i fremtiden. Tekna. Hentet 20.01.2021 fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/energi/energibloggen/energi-i-fremtiden/>

Committee on Climate Change. (2018, november). Hydrogen in a low-carbon economy. Hentet 10.02.21 fra <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/Hydrogen-in-a-low-carbon-economy.pdf>

Dahle, H. (2020, 14. juni). Hva er et pilotprosjekt. Hentet 26.05.21 fra <http://had.no/wp/hva-er-et-pilotprosjekt/>

DNV GL. (2019, 25. januar). Produksjon og bruk av hydrogen i Norge. Hentet 10.02.21 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/0762c0682ad04e6abd66a9555e7468df/hydrogen-i-norge---synteserapport.pdf>

DNV GL. (2016, 5. november). Teknologier og tiltak for energieffektivisering av skip. Hentet 21.05.21 fra [https://www.enova.no/upload\\_images/5CA0E9A81AD54C4C94C3B313AB238A27.pdf](https://www.enova.no/upload_images/5CA0E9A81AD54C4C94C3B313AB238A27.pdf)

Energi og Klima. (u.å.). Norges utslipp – Klimagassutslipp siden 1990. Hentet 26.03.21 fra <https://energiogklima.no/klimavakten/norges-utslipp/>

Energy Valley. (2019, 9. mai). Deep Purple pdf. Hentet 22.03.2021 fra <https://energyvalley.no/wp-content/uploads/2019/04/Deep-Purple-.pdf>

Enova. (u.å.a). Elektrifisering av skip – teknologien er introdusert og i videre utvikling og vekst. Hentet 07.05.21 fra <https://www.enova.no/om-enova/effekten-av-enova/elektrifisering-av-skip--teknologien-er-introdusert-og-i-videre-utvikling-og-vekst/>

Enova. (u.å.b). Teknologimodenhet. Hentet 10.02.21 fra <https://www.enova.no/bedrift/innovasjon-og-klimateknologi/teknologimodenhet/>

Enova. (2019, 22. august). Derfor støtter vi Hywind Tampen. Hentet 27.04.21 fra <https://www.enova.no/bedrift/energisystem/historier/derfor-stotter-vi-hywind-tampen/>

Equinor. (u.å). Hywind Tampen. Hentet 13.05.21 fra <https://www.equinor.com/no/what-we-do/hywind-tampen.html>

Equinor. (2017, 18. oktober). Offshore vindturbin. Hentet 17.02.21 fra <https://www.equinor.com/no/news/worlds-first-floating-wind-farm-started-production.html>

E24. (2019, 25. desember). Kraftig økt andel landstrøm på sokkelen: - Det er en «drive» på dette nå. Hentet 18.05.21 fra <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/Wb2a7K/kraftig-oekt-andel-landstroem-paa-sokkelen-det-er-en-drive-paa-dette-naa>

E24. (2021, 24. februar). Han vil bygge verdens første drivstoffstasjon ute i havet. Hentet 25.05.21 fra <https://e24.no/det-groenne-skiftet/i/QmjLK4/han-vil-bygge-verdens-foerste-drivstoffstasjon-ute-i-havet> Farbrot,

Fenske. A. (2019, mars). City of Cape Coral Utilizing Reverse Osmosis Treatment for More Than 40 Years. Hentet 22.02.21 fra <https://www.southeastdesalting.com/wp-content/uploads/SEDA-Recovery-Zone-Newsletter-March-2019.pdf>

FN. (2020, 22. desember). Parisavtalen. Hentet 21.01.2021 fra <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>

Folkehelseinstituttet (2017, januar). Nok, godt og sikkert drikkevann offshore Hentet 07.05.21 fra <https://www.fhi.no/globalassets/nok-godt-og-sikkert-drikkevann-offshore-5.-utgave.pdf>

Forskningsrådet. (u.å.a). Prosjektbanken. Henten den 06.05.2021 fra <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/>

Forskningsrådet. (u.å.b) Energieffektivisering og reduksjon av klimagasser. Hentet 20.05.21 fra <https://www.forskningsradet.no/om-forskningsradet/publikasjoner/2018/energieffektivisering-og-reduksjon-av-klimagasser2/>

Forskningsrådet. (2020, 13. november). Regjeringens hydrogenstrategi og øremerking av midler til hydrogen. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.forskningsradet.no/utlysninger/hydrogensatsing-2021/regjeringens-hydrogenstrategi-og-oremerking-av-midler-til-hydrogen/>

Gassnova. (2019, 23. desember). Teknologistatus på CO2 fangst, transport og lagring. Hentet 10.02.21 fra <https://ccsnorway.com/wp-content/uploads/sites/6/2020/07/Teknologistatus-CCS-ver04-final-Gassnova-1.pdf>

Gasunie. (2020, 27. februar). Europe`s largest green hydrogen project starts in Groningen. Hentet 25.05.21 fra <https://www.gasunie.nl/en/news/europes-largest-green-hydrogen-project-starts-in-groningen>

Guddingsmo, Å & Fløttre, N.H. (u.å.). Lagring og bruk av hydrogen. Hentet 16.02.21 fra <https://ndla.no/subject:21/topic:1:183351/topic:1:191074/resource:1:4030?filters=urn:filter:671bd263-eee6-4c56-9e23-a6bbd3130f33>

Haeolus. (u.å.). The Haeolus Consortium. Hentet 25.05.21 fra [https://www.haeolus.eu/?page\\_id=492](https://www.haeolus.eu/?page_id=492)

Hofstad, K. (u.å.a). Energikilder. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/energikilder>

Hofstad, K. (u.å.b). Dampreforming. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/dampreforming>

Hofstad, K. (u.å.c). Gassifisering. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/gassifisering>

Hofstad, K. (u.å.d). Hydrogendrivstoff. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/hydrogendrivstoff>

Hofstad, K. (u.å.e). Sjøkabel. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/sj%C3%B8kabel>

Hofstad, K. (u.å.f). Vindkraft. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/vindkraft>

Hofstad, K. (u.å.g). Vindkraftverk. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/vindkraftverk>

Hofstad, K. (u.å.h). Ammoniakk - energibærer. Hentet 25. mai 2021 fra [http://snl.no/ammoniakk\\_-\\_energib%C3%A6rer](http://snl.no/ammoniakk_-_energib%C3%A6rer)

Hofstad, K., (u.å.i). Hydrogenlagring. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/hydrogenlagring>

Hyon. (u.å.a). HYON is a joint venture company equally owned by Nel, Hexagon Purus and Powercell. Hentet 25.05.21 fra <https://www.hyon.no/general-2>

Hyon. (u.å.b). Our Projects Hentet 25.05.21 fra <https://www.hyon.no/projects>

Innovasjon Norge. (u.å). Finansiering av innovasjonsprosjekter. Hentet 24.02.21 fra <https://www.innovasjon norge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/finansiering-av-innovasjonsprosjekt/>

Kierulf, P. (u.å.). Osmose. Hentet 25. mai 2021 fra [https://sml.snl.no/osmose\\_-\\_fysiologi](https://sml.snl.no/osmose_-_fysiologi)

Kofstad, P. K. & Pedersen, B. (u.å). Hydrogen. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/hydrogen>

Kommunekraft. (u.å). Hvor mye er en kWh, GWh og TWh? Hentet den 15.03.21 fra <https://kommunekraft.no/Kommunekraft/Om-Kommunekraft/Sentrale-begreper/KWh-GWh-og-TWh>

KPMG. (u.å). Revidert statsbudsjett 2021. Hentet 13.05.2021 fra <https://home.kpmg/no/nb/home/nyheter-og-innsikt/2021/05/Revidert%20statsbudsjett%202021.html>

Maritimt Forum. (2021a, 26. mars). Verdens første hydrogen-elektriske ferge. Hentet 18.05.21 fra <https://www.maritimt-forum.no/stavangerregionen/nyheter/2021/verdens-forste-hydrogen-elektriske-ferge-til-rogaland>

Maritimt Forum. (2021b, 24. februar). Zefyros som flytende energistasjon for hybride autonome skip på havet. Hentet 25.05.21 fra <https://www.maritimt-forum.no/haugalandet-og-sunnhordland/nyheter/2021/utreder-zefyros-som-flytende-energistasjon-for-hybride-autonome-skip-pa-havet>

Maritime Cleantech. (u.å). ShipFC – Green Ammonia Energy System. Hentet 25.05.21 fra <https://maritimecleantech.no/project/shipfc-green-ammonia-energy-system/>

Menon Economics. (2017, desember). Fornybarnæringen i Norge – store forskjeller. Hentet 20.05.21 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/635524134dfe407fb21fe5bf56b22240/rapport-fornybarnaringen-i-norge-status-og-utvikling-2014-2016.pdf>

Neptune Energy. (u.å). PosHYdon hydrogen pilot. Hentet 25.05.21 fra <https://www.neptuneenergy.com/esg/new-energy/poshydon-hydrogen-pilot>

Norsk Hydrogenforum. (u.å.a). Maritimt. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.hydrogen.no/maritimt/>

Norsk Hydrogenforum. (u.å.b). Hydrogendrevet passasjer-hurtigbåt i Florø. Hentet 18.05.2021 fra <https://www.hydrogen.no/maritimt/undermeny-1-om-skip-her>

Norsk Klimastiftelse. (2020a, 27. januar). Grønn skipsfart: Utslippene må til null i 2050. Hentet 19.01.21 fra <https://klimastiftelsen.no/publikasjoner/gronn-skipsfart-utslippene-ma-i-null-i-2050/>

Norsk Klimastiftelse. (2020b, 10. juni). Ammoniakk kan kutte store utslipp i skipsfarten. Hentet 24.05.21 fra <https://klimastiftelsen.no/publikasjoner/ammoniakk-kan-kutte-store-utslipp-i-skipsfart/>

Norsk Olje og Gass. (2020, november). Omstilling i petroleumssektoren. Hentet 19.05.21 fra <https://www.norskoljeoggass.no/globalassets/dokumenter/naringspolitikk/rapporter/omstilling-i-petroleumsnaringen-2020.pdf>

Norsk Olje og Gass. (2018, 21. august). Leterefusjonsordningen på 1-2-3. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.norskoljeoggass.no/naringspolitikk/norsk-olje-og-gass-skatteseminar/leterefusjonsordningen/>

Norsk Rederiforbund. (2015, 17. august). Sier nei til beaching av skip. Hentet 18.05.21 fra <https://rederi.no/aktuelt/2015/nei-til-beaching-av-skip/>

NVE (2019a). Hydrogen i det moderne energisystemet. Hentet 26.03.21 fra [https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019\\_12.pdf](https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_12.pdf)

NVE (2019b). Kraftproduksjon fra vindturbiner. Hentet 27.05.21 fra <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/kraftproduksjon-fra-vindturbiner/>

Ocean Hyway Cluster. (2020, 16. juni). Deep Purple Project Collaboration. Hentet fra <https://www.oceanhywaycluster.no/news/deep-purple-project-collaboration> 16. mars 2021

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (u.å.). Hydrogen Storage Challenges. Hentet fra <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage-challenges>

Offshore Wind Industry Council. (u.å.). Solving the integration challenge. Hentet 03.05.21 fra <https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2020/09/Solving-the-Integration-Challenge-ORE-Catapult.pdf>

Pedersen, B. (u.å.a). Elektrolyse. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/elektrolyse>

Pedersen, B. (u.å.b). Energibærer. Hentet 25. mai 2021 fra <https://snl.no/energib%C3%A6rer>

Profinor. (u.å.). Hva er omvendt osmose?. Hentet 17.02.21 fra <https://profinor.no/hva-er-omvendt-osmose/>

Regjeringen. (2007, 4. desember). Norges strategi for bærekraftig utvikling. Hentet 19.05.21 fra [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/rapporter/strategi\\_barekraftig\\_utvikling.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/rapporter/strategi_barekraftig_utvikling.pdf)

Regjeringen. (2019a, 17. januar). Granavolden-plattformen. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/>

Regjeringen. (2019b, 3. juni). Regjeringens oppdaterte havstrategi: Blå muligheter. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/oppdatert-havstrategi/id2653026/>

Regjeringen. (2019c, 12. november). Tempo på grønn omstilling i norsk næringsliv. Hentet 25.05.21 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/tempo-pa-gronn-omstilling-i-norsk-naringsliv/id2677561/>

Regjeringen. (2020a, 9. desember). Slutter seg til europeisk satsing på hydrogen. Hentet 06.05.2021 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/slutter-seg-til-europeisk-satsing-pa-hydrogen/id2790732/>

Regjeringen. (2020b, 3. juni). Regjeringens hydrogenstrategi. Hentet 21.01.2021 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/regjeringens-hydrogenstrategi---pa-vei-mot-lavutslippssamfunnet/id2704860/>

Sintef. (2020, 2. april). Hva er egentlig grått, grønt, blått og turkis hydrogen? Hentet 22.01.21 fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/hva-er-egentlig-gra-gronn-bla-og-turkis-hydrogen/>

Sintef. (2017, 17. januar). Hva er det egentlig med denne NO<sub>x</sub>-en? Hentet 17.03.21 fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2017/hva-er-det-egentlig-med-denne-nox-en/>

Sintef. (2021, 13. april). Ammoniakk på skipsfarten kan gi stor gevinst – også for miljøet. Hentet 19.05.21 fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/ammoniakk-pa-skipstanken-kan-gi-stor-gevinst-ogsaa-for-miljoet/>

Stavanger Region. (2020, 27. oktober). EUs Offshore Fornybar Energi-strategi tar form. Hentet 19.04.21 fra <https://stavangerregion.no/2020/10/27/eus-offshore-fornybar-energi-strategi-tar-form/>

Sundbye, L. M. T & Nisted, I. M. (2017). Primære og sekundære datakilder. Hentet 24.02.21 fra <https://ndla.no/nb/subjects/subject:7/topic:1:183191/topic:1:105795/resource:1:93370?filters=urn:filter:43359e2-5bf4-4ba1-a592-24fa4057ec01>



Svorka. (2019, 8. juli). Hva er fornybar energi? Hentet 19.05.21 fra <https://svorka.no/hva-er-fornybar-energi/>

TechnipFMC. (u.å.a). Energy Transition, Deep Purple. Hentet 21.01.2021 fra <https://www.technipfmc.com/en/what-we-do/subsea/energy-transition-deep-purple>

TechnipFMC. (u.å.b). Innspill til regjeringens helhetlige hydrogenstrategi. Hentet 24.03.21 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/0762c0682ad04e6abd66a9555e7468df/technipfmc---innspill-til-helhetlig-hydrogenstrategi.pdf>

TechnipFMC. (2019a, 9. mai). Deep Purple. Hentet 25.05.21 fra <https://energyvalley.no/wp-content/uploads/2019/04/Deep-Purple-.pdf>

TechnipFMC. (2019b). Deep Purple. Hentet 26.05.21 fra [https://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/14.20\\_terje\\_a\\_lover\\_-\\_deep\\_purple\\_-\\_subsea\\_hydrogen\\_production\\_from\\_floating\\_offshore\\_wind\\_v2.pdf](https://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/14.20_terje_a_lover_-_deep_purple_-_subsea_hydrogen_production_from_floating_offshore_wind_v2.pdf)

TechnipFMC. (2020, 03. november). Deep Purple pilotprosjekt. Hentet 25.05.21 fra [https://www.kongsberg.kommune.no/globalassets/dokumenter/12politikk-og-innsyn/02presentasjoner/02formannskap/deep-purple-pilot\\_kkformannskap\\_031120.pdf](https://www.kongsberg.kommune.no/globalassets/dokumenter/12politikk-og-innsyn/02presentasjoner/02formannskap/deep-purple-pilot_kkformannskap_031120.pdf)

TechnipFMC. (2021, 25. februar). Deep Purple project gets support from Innovation Norway. Hentet 25.03.21 fra <https://www.technipfmc.com/en/media/news/2021/02/deep-purple-pilot-project-gets-support-from-innovation-norway/>

UngEnergi. (2021, 5.januar). Hydrogen. Hentet 17.03.21 fra <https://ungenergi.no/energibaerere/ovrige-energibaerere/hydrogen/#point2>

Ursin, L. (2018, 28. mai). Ekspertintervjuet: Ren energi fra vann. Hentet 18.02.21 fra <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervjuet-ren-energi-fra-vann/>

Wood Mackenzie. (2019, 25. oktober). The future for green hydrogen. Hentet 22.01.21 fra <https://www.woodmac.com/news/editorial/the-future-for-green-hydrogen/>

Zeeds. (u.å). The Zeeds' vision. Hentet 25.05.21 fra <https://zeedsinitiative.com/the-vision/>

## Litteratur:

- Abdel-Aal, H.K., Zohdy, K.M. & Abdel Kareem, M. (2010). Hydrogen Production Using Sea Water Electrolysis. *The open Fuel Cells Journal*, Vol. 3, s. 1-7 <https://dx.doi.org/10.2174/1875932701003010001>
- Adams, W. C. (2015). Conducting Semi-Structured Interviews. In K. E. Newcomer, H. P. Harty, & J. S. Wholey (Eds.), *Handbook of Practical Program Evaluation: Fourth Edition* (4th ed., Issue August, pp. 492–505). Jossey-Bass A Wiley Imprint.
- Animah, Isaac & Shafiee, Mahmood. (2018). A framework for assessment of Technological Readiness Level (TRL) and Commercial Readiness Index (CRI) of asset end-of-life strategies. *Conference: European Safety and Reliability Conference (ESREL) June 2018*
- Babarit, A, Gilloteaux, J-C, Clodic, G, Duchet, M, & Platzer, M. (2018) Techno-economic feasibility of fleets of far offshore hydrogen-producing wind energy converters. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 43, Issue 15, Pages 7266-7289, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.02.144>
- Crivellari A. & Cozzani V. (2020). Offshore renewable energy exploitation strategies in remote areas by power-to-gas and power-to-liquid conversion. *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 45, Issue 4, Pages 2936-2953. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.11.215>
- Easterby-Smith M., Thorpe R., Jackson P. R., & Jaspersen L. J. (2018). *Management & Business Research* (6<sup>th</sup> edition). London: Sage Publishing
- Edquist, C., (2006). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007>.
- Fagerberg J. (2009). Innovation: A guide to the literature. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0001>
- George, A.L. & Bennett, A. (2005). *Case Studies and Theory Development in the Social Sciences*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hekkert, M. P. & Negro, S. O. (2008). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting & Social Change*, Issue 76 (2009), Pages 584–594. <https://doi:10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M., (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 74, Issue 4, May 2007, Pages 413-432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Lundvall, B., (1999). National Business Systems and National Systems of Innovation. *International Studies of Management & Organization*, Vol. 29, no. 2, Summer 1999, Pages 60-77. <https://doi.org/10.1080/00208825.1999.11656763>

- Mankins, John. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica - ACTA ASTRONAUT.* Vol. 65. Pages 1216-1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>.
- Negro, S. O., Alkemade, F., & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, 2012, Pages 3836–3846*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.043>
- Qiao, W. & Lu, D. (2015). A Survey on Wind Turbine Condition Monitoring and Fault Diagnosis—Part I: Components and Subsystems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, volume 62 (Issue 10.), s. 6536 - 6545. <https://doi.org/10.1109/TIE.2015.2422112>
- Suurs, R. A. A., Hekkert, M. P., & Smits, R. E. H. M. (2009). Understanding the build-up of a technological innovation system around hydrogen and fuel cell technologies. *International Journal of Hydrogen Energy, Volume 34, Issue 24, December 2009, Pages 9639-9654*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.09.092>
- Steen, M., Bach, H., Bjørgum, Ø., Hansen, T., & Kenzhegaliyeva, A. (2019). Greening the fleet: A technological innovation system (TIS) analysis of hydrogen, battery electric, liquefied biogas, and biodiesel in the maritime sector. *SINTEF report*; Vol. 2019, No. 0093. SINTEF Digital.
- Trott, P. (2017). *Innovation Management and New Product Development* (6. Utgave) Harlow: Pearson
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5. utg.). SAGE Publications, Inc.

## 12. Vedlegg

### 12.1 Intervjuguide

#### **Kort om oss:**

Vi er Jonas og Tom-Even, masterstudenter ved Høgskulen på Vestlandet. Vi holder for tiden på med vår masteroppgave innen innovasjon og entreprenørskap som er bakgrunnen for dette intervjuet.

For å være så effektiv som mulig ønsker vi å ta opp lyd av intervjuet. Dette vil kun bli brukt til bearbeiding av informasjonen etter intervjuet. Er det greit at vi tar opp lyden fra intervjuet?

#### **Kort om formålet med vårt prosjekt:**

Hensikten med vårt forskningsprosjekt er å undersøke hvilke drivere og barrierer som finnes for teknologiene i dag sett ved å bruke sammenheng med teknologiske innovasjonssystem. Teknologisk innovasjonssystem handler om sju funksjoner som bygges opp for at en teknologi kan gå fra å bli forsket på til å bli tatt i bruk. Det vi ønsker å oppnå er en tydeliggjøring av hvilke området som står sterkt i dag og hvilke som bør fokuseres mer på videre. Vi vil fokusere på hydrogenproduksjon offshore og hydrogenaktivitet i maritim og offshore sektor. Vi ønsker at resultatet av studien kan brukes for å styrke forutsetningene for å lykkes med utvikling av disse teknologiene fremover.

#### **Generelle spørsmål:**

Kort om informanten

Fortell litt om hva du jobber med (utdanningsbakgrunn, stilling og osv)

Hvilken tilknytning har du til prosjekter om offshore CO2 fri energiproduksjon og lagring?  
Hva er din rolle? Hva er bedriften/organisasjonen sin rolle?

Hvilken tilknytning har du til prosjekter om offshore CO2-fri energiproduksjon- og lagring ?

#### **Om bedriften/organisasjonen**

Historien til initiativet, organisering og motivasjon for å gå i gang med et slikt prosjekt

Hvilken strategi har dere valgt for å nå markedet?

Hvordan ser fremtiden ut for offshore CO2-fri energiproduksjon og lagring?

#### **Om det teknologiske innovasjonssystemet**

Hvilke aktører er involvert i virksomhet knyttet til kommersialisering av teknologien?

Hvordan fungerer samarbeidet?

Når ble de ulike aktørene del av et felles nettverk/system?

### **Funksjoner i TIS**

#### **Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 1, entreprenøriell aktivitet**

Er det nok bedrifter som jobber med lignende prosjekter?

Hjelper det å ha flere lignende prosjekter i Norge?

Hvor lett er det for en energibedrift å satse på et lignende prosjekt?

#### **Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 2, kunnskapsutvikling**

Hvilke sterke sider eller drivere har teknologiutviklingen i dag slik du ser det?

Hvordan er samarbeidet mellom bedrifter, klynger eller lignende?

Føler du at utdanningsinstitusjoner har tilstrekkelig fokus?

Er det nok forskningsprosjekter om hydrogen?

#### **Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 3, kunnskapsspredning gjennom nettverk**

Føler du at det er god kommunikasjon og informasjonsspredning ang. slike prosjekter?

Er statens satsinger i takt med kunnskapsutviklingen?

Er det nok relevante konferanser om temaet?

Er det nok folk som er engasjert i denne utviklingen?

#### **Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 4, veiledning av søket**

Hva er dine tanker om signalene fra staten om satsing på bærekraftige løsninger?

Når du tenker på retningen utviklingen går nå, er den riktig?

Er den offentlige debatten sin vinkling riktig? Er det for mye positiv eller negative meninger når det kommer til utviklingen av denne teknologien?

#### **Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 5, markedsetablering**

Denne teknologien konkurrerer med olje- og gassindustrien, får offshore CO2-fri energiproduksjon- og lagring- teknologi nok plass og mulighet til å etablere seg i markedet?

Hvilke skatter påvirker prosjekter med denne teknologien?

Føler du Norge som land konkurrer med andre land og jobber for å trekke til seg næringslivet?

**Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 6, ressursmobilerings**

Har du noen meninger om mengden støtte og kompensasjonsordninger fra det offentlige, er det for mye eller for lite?

**Spørsmål for å skaffe informasjon om funksjon 7, legitimering / motstand mot forandring**

Hvilke begrensninger eller barrierer mener du er de største hindringene for teknologiutviklingen i dag og tiden fremover?

Er det nok bærekraftsfokus fra andre land og EU?

Kan du snakke litt om hvordan bedrifter knyttet hydrogenproduksjon og bruk av hydrogen bruker ressurser til lobbyvirksomhet?