



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2015
30 stp.

Det teknologiske
læringspotensialet for
flytende havvind i Norge.

The Technological Learning
Potential for Floating
Offshore Wind Turbines in
Norway.

av Trine Braathen

FORORD

Denne masteroppgaven på 30 stp. ble gjort i forbindelse med mitt avsluttende arbeid på master i Fornybar Energi på Institutt for Naturforvaltning på Norges Miljø og Biovitenskapelig Universitet (NMBU). Oppgaven startet 5. januar 2015, og ble innlevert 15. mai 2015.

Jeg ønsker først og fremst å takke mine medstudenter som har vært en fantastisk støtte gjennom hele skriveprosessen. Denne masteroppgaven kunne heller ikke blitt gjennomført uten hjelpen og innspillene jeg har fått underveis i prosessen fra min veileder Thomas Martinsen. En spesiell takk går til Trine I. Ulla i Statoil, Andreas Størdal i DNV GL, og Norwegian Renewable Energy Partners (IntPOW). En spesiell hilsen går også til Marianne og John Braathen som har hjulpet meg underveis med mange gode innspill og kommentarer. Tilslutt vil jeg takke alle de 61 aktørene som bidro med å svare på spørreundersøkelsen. Uten dere ville jeg aldri fått det resultatet jeg har i dag.

Arbeidet med oppgaven har vært svært lærerikt. DeepWind2015 konferansen arrangert av forskningspartnerne til NOWITECH, EERA og NORCOWE føler jeg bidro med mye input slik at jeg sitter igjen med en bedre forståelse av flytende havvind.

Eventuelle feil i oppgaven tar jeg personlig ansvar for.

Ås, 2015-05-15

Trine Braathen



SAMMENDRAG

Det blir undersøkt om det globale markedet for flytende havvind gir tilstrekkelig læringspotensial til at norsk teknologiindustri kan bli ledende innenfor flytende havvind. Deretter blir det sett på om kompetansen opparbeidet fra olje og gassindustrien (O&G) bidrar til at norsk teknologiindustri har et konkurransefortrinn i markedet. For å svare på forskningsspørsmålene blir det utforsket hvordan teknologisk læring innenfor flytende havvind foregår i det teknologispesifikke innovasjonssystemet (TSIS). Det blir gjennomført en kvalitativ analyse av teknologileverandørene i det norske markedet. For å forstå det norske TSIS er det interessant å kartlegge det globale TSIS for å se på dynamikken i innovasjonssystemet. Landene Storbritannia, USA og Japan er blitt valgt ut til å representere det globale markedet. Ved å se på det TSIS er det mulig å si noe om de norske teknologileverandørene vil kunne lykkes i det fremvoksende markedet som flytende havvind representerer. Resultatene tyder på at den globale læringen ikke er tilstrekkelig for at norsk teknologiindustri som helhet kan lykkes internasjonalt uten et velfungerende hjemmemarked, på tross av en estimert læringsrate på 30% for flytende havvind. Kompetansen i O&G gjør at Norge har et konkurransefortrinn i det flytende havvindmarkedet.

"Mer penger til forskningsinstitutter er ikke veien framover nå. Det skal bygges og demonstreres og vi må selge pilotanlegg og førsteserier."

"Det vil kreves tid, innovasjon og tålmodighet, og mange forsøk vil feile. Likevel er det et område som vil kunne ha stort potensiale dersom en får et gjennombrudd, og det er derfor verdt å se nærmere på."

(Respondenter, 2015)

ABSTRACT

It will be investigated whether the global market for floating offshore wind gives sufficient learning potential for Norwegian technology industry to be a leader in this field. There will also be looked at if the expertise gained from oil and gas industries (O & G) helps the Norwegian technology industry to have a competitive advantage in the global market. To answer the research questions there will be explored how technological learning in the floating offshore wind effect the technology specific innovation system (TSIS). A qualitative analysis of technology suppliers in the Norwegian market will be carried out. To understand the Norwegian TSIS, it is interesting to look at the global TSIS and the dynamics of the innovation system. The countries UK, USA and Japan have been selected to represent the global market. By looking at the TSIS it will be possible to point out if the Norwegian technology suppliers can succeed in the emerging market floating offshore wind represent. The results indicate that the global learning potential is not sufficient for the Norwegian technology industry as a whole to succeed without a functioning domestic market, in spite of an estimated learning rate of 30% for floating offshore wind. The expertise in the O & G gives Norway a competitive advantage in the market for floating offshore wind.

"More money for research institutes is not the way forward. It should be built and demonstrated, and we must sell pilot plant and first series."

"It will require time, innovation and patience, and many attempts will fail. Yet it is an area that could have great potential if one gets a breakthrough, and it is therefore worth taking a look at. "

(Respondents, 2015)

Aktør

Et selskap som medvirker eller deltar i det TSIS.

Break-even punktet

Når totale kostnader og totale inntekter er like (Gallagher et al. 2006).

Fullasttimer

Brukstid sier hvor mange timer turbinen må gå med full effekt for å produsere årets produksjon.

CAPEX

Kostnadene for en investering for å oppgradere eller innhente en fysisk ressurs for å skape en fremtidig nytte.

Dypt vann

Vanndybde på 50 meter eller mer.

Levelized cost of energy (LCOE)

Kostnaden på elektrisitet et prosjekt må ha for at prosjektet skal nå break-even punktet i løpet av prosjektets livstid.

Læringskostnader

Dette er kostnadene som skal til for at en teknologi skal nå break-even punktet.

Læringskurve

Beskriver kostnadsbanen til en teknologi som funksjon av økt kumulativ produksjon (Gallagher et al. 2006).

Nisje

Et lite, men lønnsomt segment innenfor et marked. Det oppstår ikke av seg selv, men som en følge av spesifikke behov og ønsker i industrien som ikke blir dekt av konkurrenter.

OPEX

Kostnadene som er nødvendig for å drive næringsvirksomhet.

Oppdrift

Oppdrift er en oppad rettet kraft som virker på en konstruksjon som er helt eller delvis nedsenket. Oppdriften er like stor som tyngden av den mengden vann konstruksjonen trenger.

Spar

Det er en dyp vertikal flytende plattform. Den er som regel forankret til havbunnen, og er vektstabil. De brukes som plattformer i petroleumsvirksomheten, som fundament for vindturbiner og bølgemålere.

Spillover effekt

En sekundær effekt som følger av en primær hendelse, også kalt ringvirkninger. Effekten kan være fjern i tid og sted fra det tilfelle som forårsaket den primære virkning.

Teknologispesifikt innovasjonssystem (TSIS)

Et TSIS blir definert som et nettverk av aktører som påvirker hverandre i et spesifikt økonomisk eller industrielt fagfelt gitt av en bestemt institusjonell infrastruktur (Carlsson & Stankiewicz 1991).

Tension Leg Platform (TLP)

Overflødig oppdrift på konstruksjonen gjør at forankringen er helt vertikal og stram. Dette holder konstruksjonen på plass.

AEWC	Advanced Structures and Composites Center (USA)
AFT	Advanced Floating Turbine
BOEMRE	Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement (USA)
CfD	Contracts for Difference (Storbritannia)
DOE	Department of Energy (USA)
DTU	Danish Technical University
EERA	European Energy Research Alliance
ETI	Energy Technology Institute
EU	Europeiske Union
EWEA	European Wind Energy Alliance
GIB	Green Investment Bank (Storbritannia)
GIEK	Garantiinstituttet for Eksportkreditt
GWEC	Global Wind Energy Council
HAWT	Horizontal Axis Wind Turbine
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
LBD	Learning by Doing
LBI	Learning by Interacting
LBS	Learning by Searching
LBU	Learning by Using
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)
NFD	Nærings og fiskerdepartementet
NOWITECH	Norwegian Research Centre for Offshore Wind Technology
NSI	National Systems of Innovation
NVE	Norges vassdrag og energidirektorat
O&G	Olje og gass
OED	Olje og energidepartementet
OWIO	The Offshore Wind Investment Organisation
ROC	Renewable Obligation Certificate (Storbritannia)
RPS	Renewable Energy Portfolio Standard (Japan)
TPwind	European Energy Wind Energy Technology Platform
VAWT	Vertical Axis Wind Turbine
WTG	Wind Turbine Generator

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	8
2. TEORETISK TILNÆRMING	9
3. BAKGRUNN	12
3.1 NARRATIV LITTERATUROVERSIKT	12
3.2 HVA ER INNOVASJON?	12
3.3 TEKNOLOGISKE NISJER.....	15
3.4 RINGVIRKNINGER FRA O&G TIL FLYTENDE HAVVIND	15
3.5 TEKNOLOGIOVERSIKT	15
3.6 OVERSIKT OVER AKTUELLE FLYTENDE HAVVINDPROSJEKTER.....	18
3.7 KOSTNADSKOMPONENTER FOR TEKNOLOGIEN	19
3.8 POTENSIALET FOR KOSTNADSREDUKSJONER.....	21
4. METODIKK	23
4.1 SPØRREUNDERSØKELSE	23
4.2 UTVALGET	23
4.3 DATAINNSAMLING	23
4.4 BEARBEIDELSE AV DATAMATERIALET	24
5. RESULTATET FRA SPØRREUNDERSØKELSEN	26
6. DISKUSJON	30
6.1. POTENSIALET FOR LÆRING FRA DET GLOBALE MARKEDET	30
6.2. KOMPETANSEOVERFØRING FRA OLJE OG GASSINDUSTRIEN.....	33
6.3 ANDRE FUNN.....	34
6.4 FORUTSETNINGER FOR AT NORSK INDUSTRI SKAL LYKKES I Å BLI LEDENDE.....	34
6.5 DISKUSJON AV VALGT METODE	37
6.6 EVALUERING AV EGET ARBEID OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEID.....	37
7. KONKLUSJON.....	38
8. REFERANSE LISTE.....	39
VEDLEGG A – TEKNISKE UTFORDRINGER.....	44
VEDLEGG B – BAKGRUNNSINFORMASJON OM FYSISKE KREFTER	45
VEDLEGG C – BAKGRUNNSINFORMASJON OM MILJØFAKTORER.....	46
VEDLEGG D – FLYTENDE HAVVINDPROSJEKTER I NORGE, USA, STORBRITANNIA OG JAPAN.....	48
VEDLEGG E – ESTIMAT FOR LÆRINGSKURVE	52
VEDLEGG F – STATLIGE VIRKEMIDLER I NORGE, USA, STORBRITANNIA OG JAPAN	54
VEDLEGG G – SPØRREUNDERSØKELSEN	58
VEDLEGG H – LISTE OVER TEKNOLOGIEN TIL RESPONDENTENE	65
VEDLEGG I – STILLINGSTITLER TIL RESPONDENTER	66
VEDLEGG J – SYSTEMTEGNINGER	67

1. INNLEDNING

Den globale havvindindustrien har vært i enorm vekst siden de første turbinene ble installert i Europeisk farvann i 2001. I 2015 finnes det 2488 havvindturbiner som er tilknyttet nettet i elleve forskjellige land fordelt på 74 havvindparker (EWEA 2015). I 2013 var det 35 kjente prosjekter som utviklet konsepter for flytende havvind globalt (EWEA 2013a). Alle prosjektene er på forskjellige stadier i innovasjonsprosessen, men ingen har foreløpig blitt kommersialisert (EWEA 2013a). Den teknologiske utviklingen gjør at stadig flere barrierer brytes og teknologien blir mer og mer avansert (EWEA 2013a). Det er en også en trend i markedet at installasjonene skjer lengere og lengere fra land, og i dypere farvann (EWEA 2015; IRENA 2012). Dette skaper et behov for forskning, teknologiutvikling og kommersialisering av flytende havvindturbiner (EWEA 2013a).

Norge utviklet i 2009 verdens første flytende havvindturbin i sitt farvann (Statoil 2014a). Olje og Energi-departementet (OED) har ambisjon om å utvikle en norsk leverandørindustri for det globale havvindmarkedet (OED 2014a). Departementet ser et stort potensial for å bygge opp norske teknologiselskaper og industriell ekspertise for å utvikle løsninger for økt energiproduksjon og reduserte kostnader gjennom hele verdikjeden (OED 2014b). Frem til 2015 har det blitt gitt ca. 750 norske millioner kr. til forskning og utvikling på havbasert vindkraft (TU 2015). Samtidig har Norges Vassdrag og Energidirektorat (NVE) gitt avslag til konsesjonssøknader for havbasert vindkraftprosjekter i Norge (NVE 2015).

I enkelte land er det et bedre egnet virkemiddelapparat rundt den flytende havvindteknologien i forhold til i Norge. Dette gjør at utbygginger av pilotprosjekter, testanlegg og fullskala havvindprosjekter blir gjennomført i utlandet (EWEA 2013a; EWEA 2015; Statoil 2015). Når aktørene ikke får gjennomført en innovasjonsprosess fra idé til testing og utbygging i eget land, er det viktig å se på hvordan dette påvirker potensiell og realisert teknologisk læring for de norske leverandørene.

Vil det globale markedet for flytende havvind gi tilstrekkelig læringspotensial til at norsk teknologiindustri kan bli ledende?

Og vil kompetansen opparbeidet i O&G industrien bidra til at norsk teknologiindustri har et konkurransefortrinn i markedet?

Ved kartlegging og diskusjonen rundt teknologien i markedet vil det bli lagt vekt på den flytende havvindteknologien.

2. TEORETISK TILNÆRMING

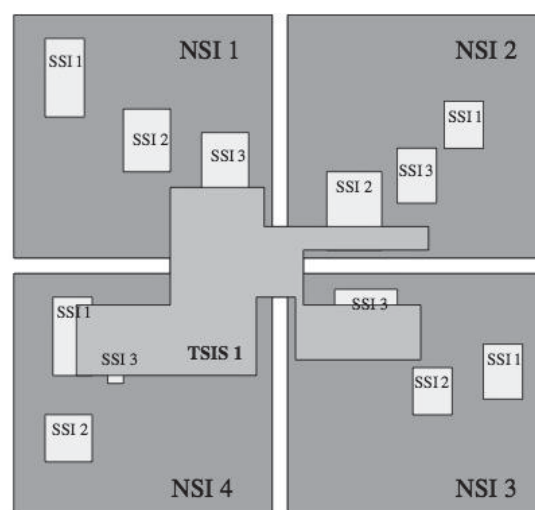
Teknologiske endringer og innovasjoner kan best bli forstått ut ifra innovasjonssystemer (Hekkert et al. 2007). Et teknologispesifikt innovasjonssystem (TSIS) blir definert som et nettverk av aktører som påvirker hverandre i et spesifikt økonomisk eller industrielt fagfelt, gitt en bestemt institusjonell infrastruktur som påvirker produksjon, spredningen og bruken av teknologien (Carlsson & Stankiewicz 1991).

Et TSIS er en systemtilnærming og vektlegger sammenhengen mellom det teknologiske, og sosiale i teknologiutviklingen. Det sentrale bak tilnærmingen er at teknologiske endringer ikke kun skjer i ulike selskaper eller forskningsinstitusjoner, men som følge av samfunnsmessige strukturer som gjør at det oppstår interaksjoner mellom aktørene (Lundvall 1998).

Det TSIS konsentrerer seg om kunnskapsoverføringen som blir utvekslet i nettverket av aktører som er en del av det TSIS. Ved å analysere og evaluere et TSIS kan det bli kartlagt hvordan utviklingen innenfor et teknologisk fagfelt blir påvirket av strukturer og prosesser, som støtter eller hindrer den teknologiske utviklingen. Det er ifølge Hekkert et al. (2007) tre grunner til å bruke et TSIS ved en analyse av en teknologi.

1. Det er mulig å sammenligne TSIS i ulike nasjoner.
2. Det gir en systematisk metode for å kartlegge innovasjonsfremmende aktiviteter.
3. Man kan oppnå klare politiske målsetninger.

Hekkert et al. (2007) argumenterer for hvordan et TSIS kan overlappe i ulike land. Når innovasjonssystemer blir sett på i et nasjonalt perspektiv, er dynamikken i systemet vanskelig å kartlegge. Kompleksiteten i systemet kan være høy, med et stort antall aktører, relasjoner og institusjoner som tar del i det nasjonale systemet for innovasjon (NSI). For forståelse av teknologiske endringer trenger man kunnskap om dynamikken i systemet, men det vil være enklere å etablere oversikt i et TSIS. Generelt vil antall aktører, nettverk og institusjoner være langt mindre sammenliknet med det NSI. Dette er spesielt tilfellet ved en fremvoksende teknologi, se Figur 1 (Hekkert & Negro 2008).



Figur 1 – Bilde på hvordan ulike nasjonale innovasjonssystemer kan påvirke TSIS.
Kilde: (Smit et al. 2007)

For å forstå og evaluere et TSIS for flytende havvind er det ifølge Smit et al. (2007) sentralt å se på;

1. Det politiske rammeverket rundt teknologien.
2. Den teknologiske læringsprosessen som industrien opplever.
3. Ytelsen til den spesifikke teknologien.

Politisk rammeverk

Med det politiske rammeverket menes hvilke politiske virkemidler som blir brukt, og hvordan den politiske prosessen rundt teknologien foregår (Smit et al. 2007). Den politiske støtten er kritisk for å kunne etablere nye TSIS. På grunn av tidsperspektiv og finansielle forhold til private aktører er det avgjørende at offentlige myndigheter støtter utviklingen. Risiko og usikkerhet rundt teknologien, sammen med sosial tilpasning gjør at myndigheter er sentrale aktører for utviklingen. Påvirkningen skjer hovedsakelig gjennom de politiske valgene som blir foretatt. Dette påvirker hvordan læringen, markedet og legitimiteten til systemet utvikler seg. Hva slags politikk eller insentiver som bør iverksettes for å fremme et TSIS er avhengig av hva man ønsker å oppnå. Det er hovedsakelig tre hovedformer for insentiver (Hanson et al. 2011). Støtte til FoU. Direkte eller indirekte støtte til produksjon og kommersialisering. De direkte virkemidlene til produksjon og kommersialisering kan være basert på teknologinøytrale eller teknologispesifikke virkemidler. Eller støtte til læring og spredning av kunnskap av teknologi.

Teknologisk læring

Læringsprosessen er en viktig mekanisme for teknologiske endringer i et energisystem (Barreto & Kypreos 2004). Teknologisk læring kan ses på som en prosessen der aktørene i markedet skaffer seg kunnskap for å øke effektiviteten til TSIS. Smit et al. (2007) argumenterer for hvordan læring skjer på fire ulike måter:

1. Læring gjennom forskning på teknologi (LBS).
2. Læring ved å produsere teknologien (LBD).
3. Læring ved å bruke teknologien (LBU).

4. Læring gjennom interaksjon mellom aktører innenfor det samme teknologiske fagfeltet (LBI).

For å kunne si noe om fremtidige kostnadsreduksjoner for en teknologi kan det bli etablert oversikt ved hjelp av læringskurver (Bob van der Zwaan & Rabl 2004). Læringsraten blir definert som $\dot{C} = 1 - PR$ minus progresjonsraten. Den relative kostnadsreduksjonen er derfor konstant for hver dobling av produksjon (Martinsen 2011).

Læringsraten LR er gitt ved formelen:

$$LR = 1 - PR = 1 - 2^{-E}$$

hvor PR er progresjonsraten og E er læringsparameteret. Læringskostnaden ved en gitt installert kapasitet er avhengig av kostnadene ved produksjon i startpunktet, installert kapasitet og læringsparameteret. Dette blir uttrykt ved hjelp av denne formelen:

$$C(x) = C_0(x)^{-E}$$

Læring er et produkt av erfaringer og kan bare oppnås ved hjelp av aktivitet. Læringsrater har blitt estimert på mellom 10% og 30% for energi teknologier (Gallagher et al. 2006). Ved å vite hvordan den teknologiske læringen foregår i det TSIS kan myndighetene akselerere prosessen med statelige virkemidler. Da er det nødvendig å forstå teknologisk læring fult ut ved å beskrive hvilke aktører som deltar i markedet, og hva de lærer om. Det også viktig å kunne forklare hvordan læringen foregår. Det er gjort studier på hvordan læringsprosessen for landbasert vindkraft foregår, men det er få studier innenfor dette fagfeltet når det gjelder havbasert vindkraft (Smit et al. 2007). I følge Junginger (2005) har teknologisk læring ført til kostnadsreduksjoner for

havvindteknologien, og det er all grunn til å tro at det vil fortsette fremover.

Ytelse

Ytelsen kan deles inn i teknisk, økonomisk og sosial ytelse.

1. Teknisk ytelse vil avhenge av miljøpåkjennningene for den flytende havvindteknologien.
2. Den økonomiske ytelsen vil avhenge av kostnadene for teknologien. Det vil si investeringskostnaden (NOK/MW), og kostanden for energien som blir produsert (NOK/MWh) (LCOE).
3. Den sosiale ytelsen er avhengig av visjonen til aktørene som er en del av innovasjonssystemet. Det er sentralt å kartlegge hvordan aktørene mener utviklingen bør gjennomføres. Da kan det bli etablert en felles visjon som kan dra utviklingen i samme retning (Smit et al. 2007).

Det norske TSIS blir kartlagt i samspill med det globale TSIS. Dette blir gjort fordi graden av den teknologiske læringen i det norske TSIS avhenger av ringvirkningene fra det globale systemet (Barreto & Kypreos 2004). Dersom Det globale TSIS blir definert basert på en rapport fra EWEA om flytende havvindprosjekter i verden. Rapporten fremhever at USA, Storbritannia og Japan er svært aktuelle land å se nærmere på forhold til utbygginger av flytende havvindprosjekter (EWEA 2013a). Det globale markedet blir derfor definert som USA, Storbritannia og Japan.

3. BAKGRUNN

Dette kapittelet vil utgjøre det teoretiske grunnlaget for diskusjonen og konklusjonen.

3.1 Narrativ litteraturoversikt

Konseptet om det teknologispesifikke innovasjonssystemet (TSIS) og læringspotensial er relativt nytt, men baseres på forskningen innenfor fagfeltet systeminnovasjon. Erik Dahmen etablerte på 1950-tallet en teori rundt klynger av innovative investeringsprosjekter (Lundvall 1998). I 1972 ble visjonen om kommersiell utvikling av flytende havvind først uttrykt av professor William E. Heronemus (NREL 2003). På 1980-tallet kom Thomas Hughes med teorien om store teknologiske innovasjonssystemer. Der blir det diskutert hvordan hver entreprenør har en rolle som systembygger (Hughes et al. 2012). Carlsson og Stankiewicz (1991) bygget videre på dette arbeidet. På 1990-tallet blir den naturlige sammensetningen og funksjonene til et teknologisk innovasjonssystem for første gang beskrevet. Det var ikke før på midten av 1990 tallet at flytende havvind begynte å bli forsket på (NREL 2003). Da var vindturbinteknologien og vindindustrien på land godt etablert.

Utover 2000-tallet ble forskningen mer rettet mot et ønsket energiskifte mot en bærekraftig fremtid. Det blir sett på hvordan teknologisk læring og politiske virkemidler påvirker systemet. Johnson (2001) videreutvikler funksjonene etablert på 1990-tallet, og kommer med et rammeverk for å forstå og øke hastigheten til bærekraftige teknologiske endringer. Buen (2007) ser på forskjellen mellom den langsiktige teknologiske utviklingen av den danske og norske vindindustrien. Det blir argumentert for hvordan politiske verktøy påvirker

innovasjonsprosessen og bruken av vindteknologien. Konklusjonen til forfatteren er at dersom myndighetene greier å tilpasse støttereimene til de ulike stegene i innovasjonsprosessen vil systemet som helhet bli vellykket. Det blir fremhevet at norske myndigheter har hatt fokus på å øke tilbudet av energi, og ikke stimulere til industriell utvikling og teknologisk endring. Smit et al. (2007) har sett mer spesifikt på teknologisklæring i havvind. Det blir sett på hvordan myndighetene spiller inn i den teknologiske utviklingen. Formålet med artikkelen er å vise hvordan teknologisklæring foregår i havvindindustrien, og hvordan teknologisklæring er relatert til det politiske rammeverket. Volden et al. (2009) kartla på vegene av SINTEF havvind generelt, og industrielle muligheter for Norge. Den nyeste og mest oppdaterte informasjonen om den norske flytende havvindindustrien kommer fra arbeidet gjort av Nilsson og Westin (2014). De har sett på fremtidige muligheter og utfordringer knyttet til flytende havvind i Norge.

3.2 Hva er innovasjon?

Innovasjon er et begrep det finnes mange ulike definisjoner på. Schumpeter (1983) var en pioner innenfor forskningen om innovasjoner. Han beskrev innovasjon som en kreativ ødeleggelse der et produkt blir erstattet med et nytt. Schumpeter forklarte gjennom sin forskning at profittmarginen blir redusert når andre aktører starter å kopiere den nye innovasjonen. Dette fører til insentiver for nye innovasjoner der man oppnår en høyere profitt. Det blir argumentert for at innovasjonen må skje spontant, at det må skje av nye foretak og at det må skje på basis av eksisterende kunnskap. Schumpeter operer med fem ulike måter innovasjon kan skje på. Gjennom nye; produkter, produksjonsmetoder,

markeder, forsyningskilder eller organisasjonsformer.

Forskere og institusjoner har endret og modifisert begrepet innovasjon i senere tid. Det er likevel en generell oppfatning at man kan dele innovasjon inn i to hovedtyper. Disse blir definert som radikale og inkrementelle innovasjoner (Krokstad 2015). Radikale innovasjoner vil si store endringer på kort tid, og inkrementelle innovasjoner vil si at det skjer små endringene over lengre tidsperioder. I forhold til flytende havvind er det tydelig at industrien kvier seg for å gjennomføre radikale innovasjonsprosesser grunnet den økonomiske risikoen ved slike type prosjekter (Krokstad 2015). En siste og mindre kjent form for innovasjon er disruptiv innovasjon. Det innebærer å gjøre ting på en helt ny måte innenfor det eksisterende innovasjonssystemet (Hanson et al. 2011).

Innovasjonsdrivere

Rosenberg (1994) var en pioner innenfor forskningen på driverne bak et teknologiskifte innenfor energifagfeltet. Det blir argumentert for at teknologiendringer ofte er baneavhengige. Det vil si at hva som endres, og hvordan endringen skjer avhenger av bestemte sekvenser av tidligere hendelser. Grubler (2012) har også sett på driverne for innovasjon. Han har samlet opp de tre viktigste driverne for historiske teknologiskifter. For det første kommer det frem viktigheten av energibruken for å drive frem en teknologiovergang. For det andre tar det lang tid før man oppnår et teknologiskifte, men ikke alltid. For det tredje er det tydelige trender for hvordan man skal lykkes med å skalere opp teknologisystemer. Det er ikke slik at historien alltid gjentar seg, men det er viktig å være klar over at det er disse driverne som har ført til teknologiske

endringer før i tiden. Skjølsvik (2008) mener det er sju drivere som er de viktigste for havbasert vindkraft. Disse er;

1. Teknologiutvikling
2. Kostnadsutvikling
3. Energipriser
4. CO₂-priser
5. Regelverk
6. Støtteordninger
7. Andre næringsinteresser
8. Miljø

Av disse driverne mener ikke Skjølsvik det er én som avgjør fremtiden til teknologien, men at alle faktorene påvirker utviklingen.

Innovasjonsprosessen

Arnulf Grubler (1999) karakteriserer 6 ulike stadier for teknologisk utvikling som blir gjenkjent av spesielle kjennetegn. Først finner man opp et konseptet, deretter blir teknologien utviklet og det blir etablert et nisjemarked. Dersom dette lykkes blir teknologien spredd i stort omfang før det skjer en metning i markedet. Tilslutt kommer stadiet der teknologien blir erstattet av en annen teknologi. Å øke hastigheten til innovasjonen fra et stadiet til det neste er viktig, fordi innovasjon er en av nøkkelfaktorene for å oppnå økonomisk vekst i samfunnet (Hekkert et al. 2007). Det å øke innovasjonshastigheten på et nasjonalt nivå er en svært krevende prosess. Det er enda vanskeligere å påvirke hvilken retning innovasjonsprosessen skal ta (Hekkert et al. 2007).

Johnson og Jacobsson (2000) utviklet et konsept kalt systemfunksjoner. Det vil si en eller flere komponenter som bidrar til å øke systemytelsen. De fant ut at åtte systemfunksjoner bidro til å øke hastigheten på innovasjonsprosessen.

1. Lage insentiver som oppfordrer selskaper til å engasjere seg i nyskapende arbeid.
2. Gi tilgang på ressurser som kapital og kompetanse.
3. Påvirke retningen av hvordan aktørene bruker sine ressurser.
4. Gjenkjenne potensialet for vekst ved å identifisere teknologiske muligheter og økonomisk levedyktighet.
5. Legge til rette for utveksling av informasjon og kunnskap mellom aktører.
6. Stimulere og skape markeder med tilbud og etterspørsel.
7. Redusere sosial usikkerhet.
8. Redusere motstand mot endring som kan oppstå i samfunnet når en innovasjon er innført. Dette vil si å skape legitimitet for den nye innovasjonen.

Funksjonene er formulert på en aktiv måte. Det vil si at de nesten er et sett med politiske anbefalinger. Disse systemfunksjonene har blitt videreutviklet og analysert. Hekkert et al. (2007) kom frem til sju systemfunksjoner som øker innovasjonshastigheten til en ny teknologi. Det blir lagt vekt på entreprenørens aktiviteter og tilstedeværelse i systemet, samt kunnskapsutvikling gjennom FoU, patenter og investeringer. Det blir argumentert for kunnskapsspredning og læring ved hjelp av nettverk og interaksjon mellom aktører. Det blir også fremhevet at myndighetene kan sette målsetninger for å påvirke retningen av hvordan aktørene bruker sine ressurser. Etablering av midlertidige nisjemarkeder eller andre støtteordninger, samt ressursmobilisering av både menneskelig og finansiell kapital blir betraktet som vesentlig. Ved etablering av legitimitet av den nye teknologien vil den kunne ta del i det eksisterende systemet, eller som et nytt marked. Ved å se på

tilbakekoblingseffekter mellom funksjoner er det mulig å se den indre dynamikken i systemet. Funksjonene kan sammen skape ringvirkninger som påvirker innovasjonsprosessen positivt. Dersom en eller flere av funksjonene ikke fungerer optimalt kan det føre til negative ringvirkninger for innovasjonssystemet (Hekkert et al. 2007). Det er en ulempe at det ikke er mulig å kartlegge alle aktivitetene til hver funksjon i innovasjonssystem. Nye støtteregimer, nye aktører og andre hendelser vil hele tiden endre karakteren til innovasjonssystemet. Det er derfor viktig å fokusere på de aktivitetene som påvirker målet til innovasjonssystemet. Målet er ifølge Hekkert et al. (2007) å utvikle, bruke og spre ny teknologisk kunnskap.

S-kurve modellen indikerer at spredning og vekst av en teknologi foregår i tre stadier. Modellen er godt dokumentert forhold til ulike teknologier. Den gir en generell innsikt i spredningen av en teknologi. Først er det langsom vekst fordi teknologien er begrenset til et nisjemarked. Da er det nyttig å støtte entreprenører ved å demonstrere sin teknologi, og hjelpe aktørene til å utnytte nisjene. Etterhvert vil det skje en akselerering slik at teknologien blir mer utbredt. Dette skjer ofte som følge av nettverk og geografiske klynger. Etter hvert som stordriftsfordelene oppnås gjennom rask vekst blir det tilslutt en metning i markedet (Gallagher et al. 2006).

Teknologisk utvikling er ikke en autonom prosess, og det er derfor nødvendig å styre prosessen (Hekkert et al. 2007). Det er ifølge Kobos et al. (2006) tre typer institusjoner som kan påvirke innovasjonsprosessen, og spredning av en teknologi. Dette er horisontale, vertikale og ideelle organisasjoner. Horisontale institusjoner er når det

oppstår tekniske avhengighetsforhold mellom ulike produkter. Vertikale institusjoner prøver å styrke samarbeidet mellom FoU og gitte produkter. Ideelle organisasjoner er ikke fokusert på kortsiktig profitt, men fremmer nye teknologier.

3.3 Teknologiske nisjer

I følge Raven et al. (2010) blir en nisje beskrevet som beskyttet fra det dominerende innovasjonssystemet, og er på et mikro nivå for sosial og teknologisk endring. Det er ikke avklarte standarder, nettverk og institusjoner. Det er eksperimentelle prosjekter som dekker sosiale behov. Nisjer skaper rom for radikale innovasjoner som kan oppleve vekst, og tilslutt ta over for eksisterende innovasjonssystemer. Geels (2008) argumenterer for at det tre prosesser som karakteriserer en suksessfull teknologisk nisje:

1. At forventninger og visjoner blir skapt.
2. At det blir bygd nettverk.
3. Læringsprosesser på flere dimensjoner (teknologisk, økonomisk og sosialt).

En teknologisk nisje blir etter hvert utviklet til et nisjemarked der det er etablert konsensus blant aktørene om dominant design. Denne veien fra enkeltstående prosjekter til en sekvens av prosjekter kan skape læringsforløp (Geels 2008). Flytende havvind er en nisje der det ikke er konsensus om ett dominant design (Ulla 2014a). Ringvirkningene mellom nisjer kan variere fra liten eller ingen grad, til svært stor grad av delt informasjon og erfaringer av teknologisklæring (Martinsen 2011).

I følge Carlsson og Stankiewicz (1991) blir nettverk viktig når en teknologi befinner seg i et nisjemarked. Funksjonen

til nettverket er å utveksle informasjon. Det kan etter hvert utvikle seg til å bli utviklingsblokker som består av klyngebedrifter innenfor en gitt teknologi (Carlsson & Stankiewicz 1991).

3.4 Ringvirkninger fra O&G til flytende havvind

For å forstå teknologisk endring må det bli etablert innsikt mellom eksisterende teknologier og den nye teknologien. Det er viktig å forstå hvilke betingelser som fremmer veksten av en ny teknologi, slik at den er i stand til å konkurrere med det eksisterende regime (Hekkert et al. 2007). I Norge er det O&G som er det eksisterende regime. Den flytende havvindindustrien kan ifølge Smit et al. (2007) få ny kunnskap fra dette regime. Det er sentralt å se på hvilke ringvirkninger dette kan være. Ringvirkninger kan skje som direkte eller indirekte effekter av aktiviteter knyttet til O&G. Det er også mulig med katalytiske ringvirkninger, som er effekter som påvirker strukturen til innovasjonssystemet (Menon 2012). Ringvirkningene i form av teknologisk læring vil ifølge Smit et al. (2007) øke ved mer interaksjon mellom de to innovasjonssystemene.

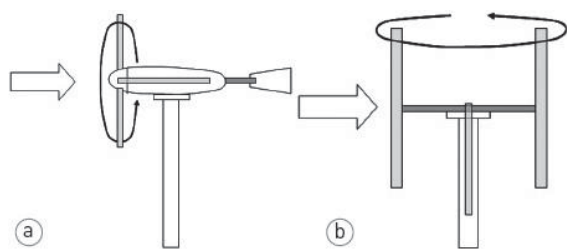
3.5 Teknologioversikt

Statoil (2014a) hevder den flytende teknologien har en rekke fordeler sammenliknet med den bunnfaste teknologien. Det blir antatt at det er lettere å standardisere masseproduksjonen for den flytende teknologien. Det er begrunnet med at teknologien ikke er avhengig av å bli tilpasset hver enkelt lokasjon. DNV GL har utviklet en standard med prinsipper, tekniske krav og guide for utviklingen av designet for flytende vindturbiner. Standarden blir kalt "Offshore Standard DNV.OS-J103 (DNV 2013). Den er ment for å sikre risiko og sikkerhetsnivået som er ønskelig for teknologien. Den flytende

teknologien er vurdert som teknologisk bevist, og teknologisk effektiv gitt demoprojektet til Statoil (Statoil 2015). I det neste avsnittet vil det bli sett på teknologien i tårnet, bladene og selve turbinen, samt forankring og flytetechnologi.

Tårn

Det finnes to hovedkategorier for ulike vindturbiner. Horisontale aksebasert turbiner (HAWT), og vertikale aksebasert turbiner (VAWT). Det som skiller turbinene er at hovedrotorakselen går horisontalt eller vertikalt. Det fører til at utseendet på turbinen i form av bladene blir ulike ut, se Figur 2. En HAWT består av hovedkomponentene nav, vingebled, tårn og en nacelle. Nacellen befinner seg på toppen av tårnet på konvensjonelle konsepter. En VAWT har derimot hovedsakelig nacellen plassert ved havoverflaten. Dette gjør at turbinen har et lavere tyngdepunkt enn konvensjonelle turbiner. VAWT bruker hovedsakelig Savonius eller Darrieus turbiner (CFF 2015).



Figur 2 – a) Horisontal og b) vertikal hovedaksel turbiner. Kilde: (JEC magazine 2008)

Turbinblader

For det strukturelle designet av rotorbladene har DNV GL utviklet en standard kalt DNV-DS-J102 (DNV 2013). Det er et mål å redusere vekten til konstruksjonene ved hjelp av teknologiutvikling. En måte å oppnå redusert vekt er å øke hastighet til

rotorbladene slik at turbinen kan ha mindre girboks (NREL 2005).

Nacellen og turbinteknologi

I nacellen er generatoren, elektroniske styresystemer, kjøling, hydraulikk-systemer og vindmåleinstrumenter plassert (NORWEA 2012). Alle disse komponentene er viktige at turbinen skal fungere optimalt. For det strukturelle designet av turbinkomponentene gjelder IEC 61400-1, som er utviklet av International Electrotechnical Commission (IEC)(DNV 2013). En turbin med nacellen har en levetid på ca. 20 år. På grunn av miljøfaktorer og slitasje på girboksen må den i mange tilfeller skiftes ut etter seks til åtte år (Dabrowski & Natarajan 2015).

Forankring

Ankeret er en viktig del av konstruksjonen. Hvilke type anker som brukes avhenger av ulike faktorer. En av hovedfaktorene er hva slags sedimentet det er på havbunnen. Det er store variasjoner på hvordan designet på ankeret må være avhengig av om havbunnen består av hard eller mykt sediment. De fem hovedtypene er ifølge (Vryhof anchors 2010):

1. Ankere basert på tyngdekraften.
2. Dreggbaserte ankere.
3. Ankere som må installeres langt ned i sedimentet.
4. Ankere som baserer seg på endring i trykk.
5. Avanserte dreggbaserte ankere som trenger dypere ned i sedimentet.

Den største utfordringen forhold til teknologien er hvordan forankringen skal bli gjort best mulig (Statoil 2014a). Forankring kan hovedsakelig bli delt inn i tre kategorier:

1. Slakk forankring med helning (catenary)

2. Stram vertikal forankring (vertical)
3. Stram forankring med helning (taut leg)

Ulike flytende konsepter bruker ulike fortøyningsmetoder og det er ikke noen konsensus blant forskere og næringsliv hvilket konsept som er best. Hvilket materiale fortøyningene er laget av varierer mye. De fem mest vanlige alternativene er ifølge Eriksson og Kullander (2013) er listet opp her;

- Stålvaier
- Stålkjetting
- Syntetisk fibertau av polyester eller polyetylen
- Miks av kjetting og vaier
- Miks av kjetting og syntetisk fibertau

De ulike ankrene brukes avhengig av hvilken type som fortøyning som blir brukt. Med slakk forankring med helning vil det være vanlig å bruke dreggbaserte ankere. Ved stram vertikal forankring vil det være mulig å bruke ankere basert på tyngdekraften, ankere som må installeres langt nede i sedimentet eller ankere som baserer seg på endring i trykk. Ved stram forankring med helning vil det vanligvis bli brukt avanserte dreggbaserte ankere.

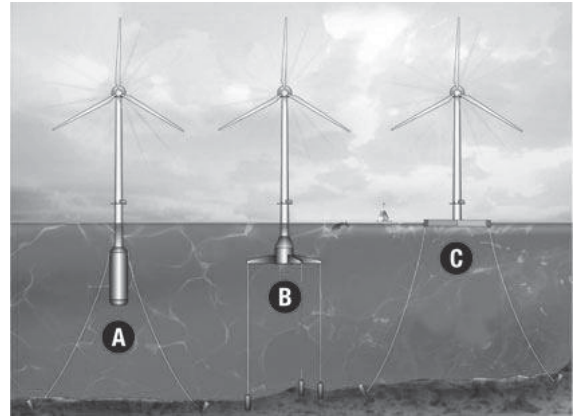
Flyteteknologi

Det finnes tre hovedkonsepter for flytende havvind (NREL 2011). Konseptene er basert på ulike løsninger for hvordan konstruksjonen skal kunne flyte, se Figur 3. Disse tre konseptene er;

A - Teknologi basert på ballast. (Spar)

B - Teknologi basert på oppdriften til konstruksjonen. (TLP)

C - Teknologi basert på flyteevnen til plattformen. (Flyter)



Figur 3 – Tre ulike hovedkonsepter for flytende havvind. Kilde: (NREL 2011)

A: Spar

Spar er et konsept som er basert på en søyle, og er basert på ballast fra vann eller betong. Konstruksjonen går dypt under havoverflaten. Ankeret er forholdsvis greit å installere. Selve installasjonen har potensial for forbedring. Fjerning og vedlikehold av teknologien har en relativ fordel. Konseptet har en fordel for å forebygge korrosjon. Konseptet er mindre sensitivt til havbunnsforhold og bølger forhold til de andre konseptene, se Figur 4 (NREL 2005).

B: TPL

TLP går ut på at plattformen er senket under havoverflaten. Det blir oppnådd stabilitet ved hjelp av en stram forankringen der konstruksjonen har oppdrift. Det er lite bevegelse i den vertikale retningen, men mer bevegelse i form av svaiing som følge av påkjenning fra bølger. Det er utfordringer til hvordan forankringen skal skje mest mulig kostnadseffektivt. Fordelen med metoden er at sjøbunnen blir i liten grad påvirket (DEWEK 2010). Konseptet har en relativ fordel forhold til de andre konseptene når det gjelder designverktøy og metoder. Flytetank og forankringssystemer har også en relativ

fordel når det gjelder kostnader og kompleksitet. Konseptet har også god toleranse mot korrosjon ødeleggelser. Konseptet gir minimalt med fotavtrykk til sine omgivelser og konstruksjonen er ikke sensitiv til bølger. Det er lite bevegelse i tårnet, og muligheten til å kontrollere teknologien er god. Konseptet vil også ha en fordel til andre konsepter ved at konstruksjonen unngår skarp krengevinkel som skaper mindre slitasje på utstyr i nacellen, se Figur 4 (NREL 2005).

C: Flyter

Flytere kan bestå av plattformer på havoverflaten eller halvt nedsenkbare flytere. Konseptet med flyter har en relativ fordel når det kommer til installasjon, vekt, kompleksiteten og kostnadene ved ankeret. Konseptet har også en relativ fordel forhold til fjerning og vedlikehold. Konseptet er ikke sensitivt til bunnforhold eller havdybde, se Figur 4 (NREL 2005).

C1: Halvt nedsenkbare flytere

Semisub konseptet er basert på halvt nedsenkbare plattformer. Søylen på plattformen har stor avstand mellom hverandre, og med store tverrsnitt. De er knyttet sammen ved hjelp av pongtonger. Det vil si at søylene er knyttet sammen på overflaten, og i bunnen av søylene. Dette gjør at bevegelsene i plattformen blir reduserte. Ved å redusere arealet på plattformen vil bevegelsene i plattformen bli reduserte. Volumet på søylene og pongtongene er avhengig av hvor mye oppdrift det er behov for. Det kan bli brukt både stål og betong til disse plattformene, men stål er mest vanlig. Semisub konseptet kan være basert på tre eller fire søyler. Dersom plattformstrukturen befinner seg under havoverflaten, og har tre søyler blir konseptet kalt "tripod-flyter" (NREL 2005).

C2: Flytere på havoverflaten

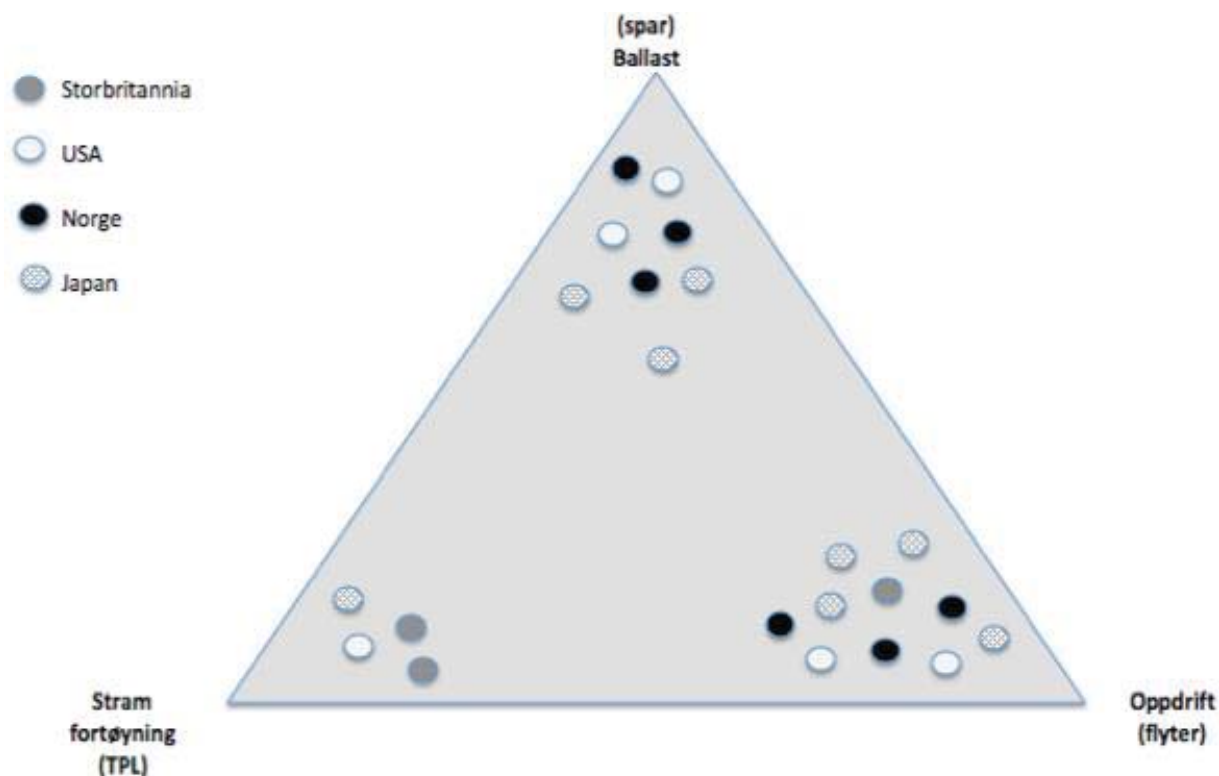
Dersom plattformen er basert på tre søyler, og en vindturbinen i midten av konstruksjonen som flyter på havoverflaten blir konseptet kalt en "tri-floater". Konseptet baserer seg ikke bare på stabilitet ved hjelp av forankring, men blir mer stabil etter installasjonen av vindturbinen på plattformen. Dette gjør at konstruksjonen ikke trenger et aktivt ballastsystem. Konstruksjonen har likevel et passivt ballastsystem for å nå optimal høyde for konstruksjonen forhold til havoverflaten (EWEA 2013b).

Miljøfaktorer og fysiske krefter påvirker valg av teknologi for et flytekonsept. Se Vedlegg B for fysiske krefter, og Vedlegg C for miljøfaktorer som påvirker valg av teknologi.

3.6 Oversikt over aktuelle flytende havvindprosjekter

For å kunne si noe om det norske TSIS er det interessant å etablere oversikt over flytende havvindprosjekter i det globale markedet. Se Vedlegg D for detaljert informasjon over alle relevante prosjekter for flytende havvind.

Alle prosjektene er i ulike faser, alt fra idéstadiet til store demoutbygginger og pilotprosjekter. I Norge er det seks prosjekter under utvikling. Tre av prosjektene utvikler teknologi innenfor spar teknologien, og tre prosjekter er innenfor flyte konseptet. To av konseptene er hybridkonsepter der både vind og bølge ressursene blir utnyttet. Det er hovedsakelig i kategorien flytere at man finner hybridkonseptene. I USA er det fem flytende havvind prosjekter. Tre av disse prosjektene, (en spar, en TLP og en flyter) har samme prosjektutviklere. Det er kun ett av disse konseptene som kommer til å bli utviklet videre. De to siste prosjektene består av en flyter og en spar. I Storbritannia er det tre ulike prosjekter som satser på den flytende



Figur 4 – Prosjektoversikt i de fire aktuelle landene for denne studien.

havvindteknologien. To av prosjektene fokuserer på TLP teknologien. Det siste konseptet er basert på en flyter. I Japan er det sju prosjekter under utvikling innenfor flytende havvind. Et av prosjektene er et TLP konsept. Det er også utviklet tre spar konsepter, og fire ulike konsepter for flytere. Det er den samme prosjektutvikleren for det ene spar-prosjektet og semisub-konseptet. Ett av prosjektene er et hybridkonsept som utnytter både vind og tidevannsressursen, se Figur 4.

3.7 Kostnadskomponenter for teknologien

Kostnadene er et viktig element for utvikling av teknologiske konsepter innenfor flytende havvind. "Levelized Cost of Energy" (LCOE) ligger på i overkant av 150 EUR/MWh for alle flytende konsepter (Myhr, A. et al. 2014). Investeringskostnaden (CAPEX) ligger på ca. 3 500 000 EUR per MW for de fleste konseptene (Myhr, A. et al. 2014). Kostnadene for teknologien blir påvirket

av en rekke faktorer. Størrelsen på turbinene, avstand til kysten, prosjektets levetid og havdybde (Myhr, Anders et al. 2014). Weiss et al. (2013) mener at teknologien har en global leverandørkjede. Dette fører til kostnadsreduksjoner på grunn av økt konkurranse. Det blir også argumentert for kostnadsreduksjoner som følge av læring ved å oppskalere teknologien, økt produktivitet og mer effektiv planlegging av prosjekter.

Utvikling av konsept

Kostnaden for å utvikle et konseptet er beregnet å være på ca. 4% av den totale CAPEX kostnaden (Renewables Advisory Board 2010). Innenfor denne kostnaden ligger alle undersøkelser av miljøforhold, prosjektering og utviklingstjenester. Forhold til CAPEX verdien er utviklingen av konseptet en relativt liten del av den totale kostnadsinvesteringen. Kostnaden ligger på ca. 200000 EUR per MW (Myhr, Anders et al. 2014).

Innkjøp av materialer

Kostnadene for teknologiene er i stor grad avhengig av kostnadene på kopper, betong og stål som blir brukt uavhengig av teknologisk konsept. Prisene på disse råvarene har økt utover 2000-tallet (Zwaan et al. 2011). De totale kostnadene for materialer er på 34% av CAPEX kostnaden (Renewables Advisory Board 2010). Dette tallet er basert på bunnfast teknologi, og vil derfor kunne endres ved et flytende konsept. Det er funnet ut at de konseptene som har lavest mengde med stål vil også være de konseptene som har den beste ytelsen forhold til LCOE (Myhr, A. et al. 2014).

Turbinen

Den totale kostnaden for turbinen forhold til CAPEX er på 33%. Da er ikke selve tårnet inkludert i estimatene. Av dette vil nacellen stå for 22%, mens rotoren som inkluderer vingelader og huben står for 11% av kostnadene (Renewables Advisory Board 2010). Ved å se på CAPEX verdien er det turbinen som står for den største kostnaden for alle konsept på ca. 1250000 EUR per MW (Myhr, A. et al. 2014). Inne i nacellen er det girboksen som har den største kostnaden på 9% av den totale CAPEX kostnaden. Girboksen vil kunne redusere sine kostnadene med 15% mot 2020 ifølge IRENA (2012). Turbinen står for 10% av den totale bruken av materialer (Renewables Advisory Board 2010). I mange prosjekter har størrelsen på turbinen økt fra 1-3 MW til 5-7 MW. Dette gjør at OPEX kostanden blir estimert til å bli redusert med 12% per MW (Weiss et al. 2013).

Tårn

Kostnaden for selve tårnet er estimert til å være på 6% av den totale CAPEX kostnaden (Renewables Advisory Board 2010).

Flyter

Det er vanskelig å gi noe konkrete tall for denne delen av teknologien fordi all kjent litteratur baserer seg på bunnfaste fundamenter. Estimaten for disse er at fundamentet står for ca. 16% av de totale CAPEX kostnadene (Renewables Advisory Board 2010).

Forankring

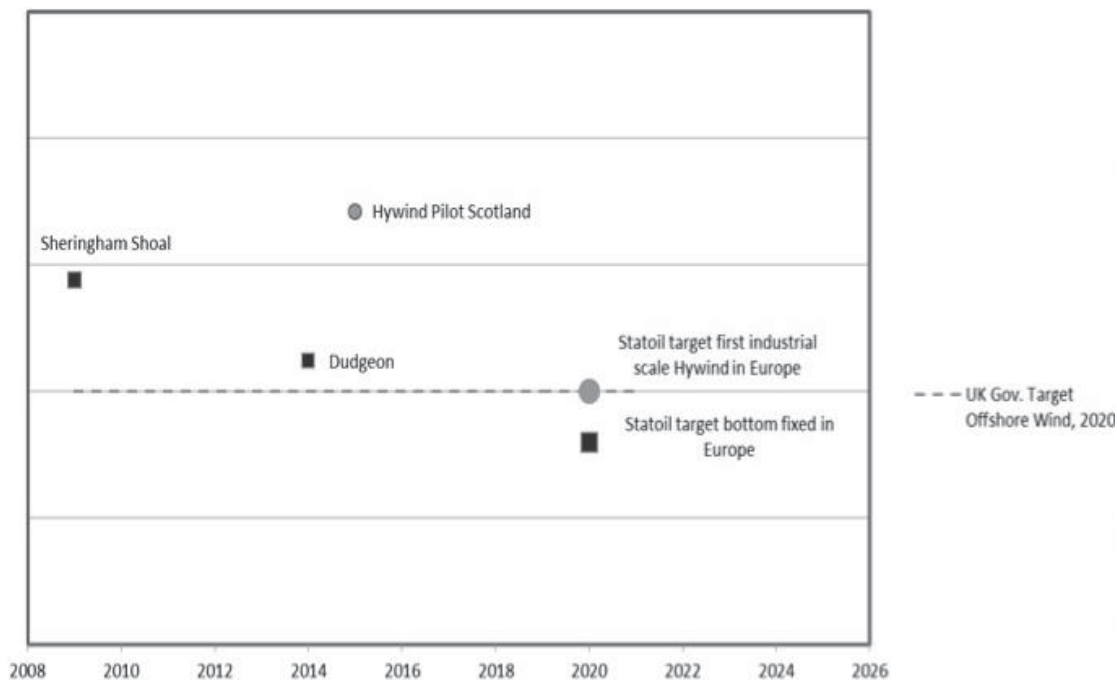
Å fjerne forankringene har også en kostnad. Denne kostnaden blir beregnet å være 90% av kostanden for å installere fortøyningen (Myhr, Anders et al. 2014).

Installasjon og fjerning

Installasjon og fjerning av teknologien er beregnet til å være ca. 26% av den totale CAPEX kostnaden (Renewables Advisory Board 2010). Det blir antydnet at installasjonen er på ca. 10% av investeringskostnaden (Tong 1998). Det er en fordel at det vil være mulig å gjøre store deler av monteringen på land før man fullfører installasjonen (Statoil 2014a). Det å fjerne teknologien etter endt livstid er kapitalintensivt. For et flytende havvind prosjekt blir det indikert at kostnaden for fjerning av teknologien ligger på ca. 70% av installasjonskostnaden (Myhr, Anders et al. 2014). Det har blitt sett en økning i kostnadene for den bunnfaste teknologien de siste årene når det gjelder kostnadene. Denne økningen kan forklares med mangel på installasjonsfartøy og spesialiserte installasjonsentreprenører. Det er forventet at ved et økt antall havvind prosjekter vil det bli økt konkurranse slik at kostnadene reduseres (Weiss et al. 2013).

Drift og vedlikehold

Kostnaden for vedlikehold er estimert til å være på 38% av den totale OPEX kostnaden. Det blir estimert at 15% av OPEX kostnaden går til drift av teknologien. Avstanden fra en havn og ut



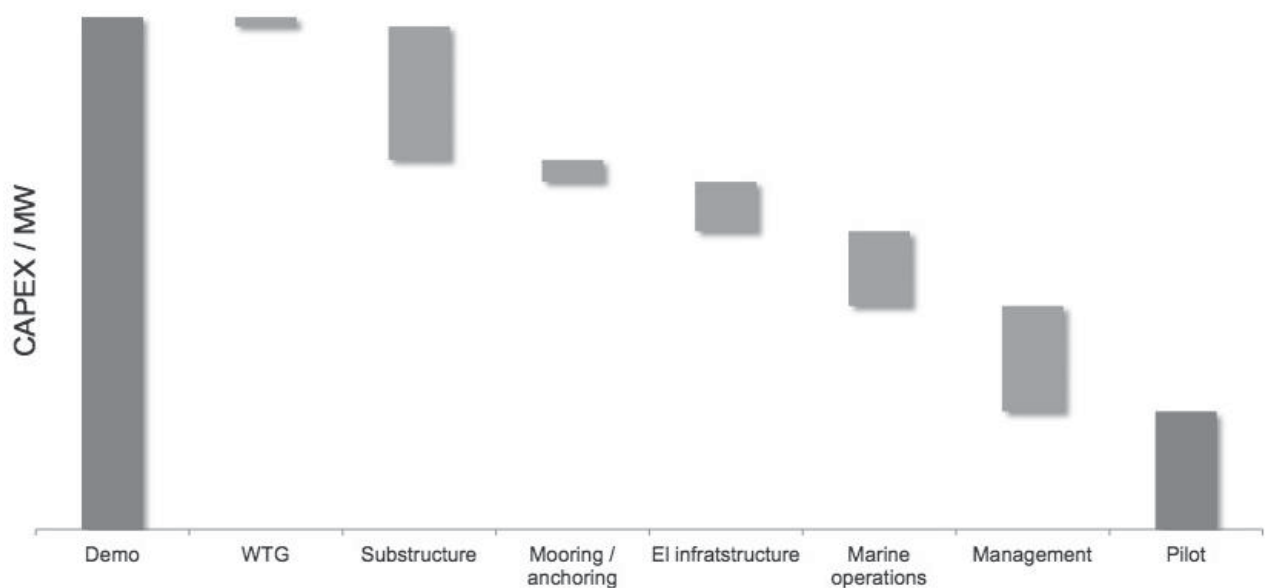
Figur 5 – Statoil sine mål for kostnadsreduksjoner til flytende havvind prosjekter. Kilde: (Statoil 2014b)

til lokasjonen har betydning for både kostnader knyttet til kabler, men også forhold til kostnaden for servicefartøy. Servicefartøyene transporterer mannskap og teknologi i tilknytning til installasjon og vedlikehold. Det er beregnet at havneaktiviteter står for ca. 31% av de totale OPEX kostnadene (Renewables Advisory Board 2010).

3.8 Potensialet for kostnadsreduksjoner

Det er vanlig at kostnadene for en umoden teknologi er høyere i starten av innovasjonsprosessen. Etter en viss periode med økt installert effekt vil det generelt oppstå kostnadsreduksjoner. Veksten i antall flytende havvindprosjekter vil føre til kostnadsreduksjoner som et resultat av ulike faktorer, deriblant læringseffekter. Læringskurver blir brukt for å se på utviklingen av realiserede kostnadsreduksjoner som en funksjon av kumulativ produksjonskapasitet (Zwaan et al. 2011). Læringskurver har blitt etablert for en rekke ulike teknologier. Foreløpig har det vært for lite installert

kapasitet av flytende havvind til å kunne etablere noen læringskurver for teknologien. Det er derimot gjort beregninger på kostnadsutviklingen til den bunnfaste teknologien ved hjelp av læringskurver. Forskning indikerer at den globale læringsraten ved utbygginger er på 7% for den bunnfaste teknologien (IRENA 2012; Weiss et al. 2013). Enkelte av estimatene på læringsraten som har blitt gjort for den bunnfaste teknologien ligger i underkant av dette (Zwaan et al. 2011). Upton og Dismukes (2013) argumenter for at det ikke er bevist at å oppskalere havvind prosjekter fører til kostnadsreduksjoner. Kostnadene for den flytende teknologien er høyere sammenliknet med bunnfastteknologi, men teknologien har større muligheter for kostnadsreduksjoner (Statoil 2014b). Statoil har et mål om å nå 80 pund per MWh for den flytende havvindteknologien, se Figur 5 (Statoil 2014b). I Storbritannia har man som mål å redusere kostandene til 100 pund per MWh innen 2020, se Figur 5 (The Crown Estate et al. 2015). Det er usikkert når man vil nå dette kostnadsnivået, men mye



Figur 6 – Forskjellen i CAPEX per MW for demo Hywind i 2009 og den forventede ferdigstilte pilotparken til Statoil i Skottland i 2017. Kilde: (Statoil 2014a)

tyder på at det er mulig å oppnå i løpet av 2020-årene (Statoil 2015). NOWITECH har som mål å oppnå en 50% kostnadsreduksjon fra dagens nivå av LCOE innen 2030 (NOWITECH 2015). Modeller av LCOE indikerer at dersom flyterne kan bli redusert til 25 % av det totale kostnadsbilde vil det være mulig å oppnå \$0,05/kWh (NREL 2005).

Case – Hywind

Hywind konseptet er utviklet av Statoil, og den fullskala demoen stod ferdig i 2009. I 2017 skal Hywind pilotpark stå ferdig i Skottland (Statoil 2015). Investeringskostnaden per MW vil bli kraftig reduserte fra demoprojektet til pilotprosjektet (Statoil 2014a). Statoil forventer en betydelig teknologisk læring i løpet av de åtte årene mellom prosjektenes ferdigstillelse. Det er innenfor flytetechnologien det er forventet størst kostnadsreduksjon. Administrasjonskostnadene forventes også å bli betydelig redusert. Se Figur 6 for omfanget av å utnytte læringspotensialet til teknologien. Det er gjort et estimat for læringskurve for flytende havvind basert på ett case, se

vedlegg E. Estimater for læringskurven tilsier at Hywind prosjektet har en læringsrate på 30%. Ved å vite omfanget av den teknologiske læringen vil det være mulig å si hvor mye økonomiske midler som skal til for å nå break-even punktet. Denne kunnskapen er nødvendig for at myndigheter skal kunne gi støtte slik at teknologien kan kommersialiseres. Se Vedlegg F for en oversikt av støttereimene i Norge, USA, Storbritannia og Japan for flytende havvind.

4. METODIKK

Kapittelet gjør rede for valgt metode for å undersøke den sosiale ytelsen til det norske TSIS. Forskningsdesignet for analysen blir kartlagt gjennom informasjon om utvalg, datainnsamling og hvordan datamaterialet har blitt bearbeidet.

4.1 Spørreundersøkelse

Forskningsdesignet er basert på en spørreundersøkelse av norske aktører. Det ble vurdert som ikke relevant å ta kontakt med aktørene i det globale TSIS. I litteraturen blir det skilt mellom kvalitativ og kvantitativ forskningsdesign. Spørreundersøkelsen er basert på kvalitativ metode. Ved bruk av denne metoden er man interessert i hvordan noe gjøres, sies, oppleves, fremstår eller utvikles. Forskningen interesserer seg for aktørenes egne perspektiver og beretninger om verden rundt dem (Birkmann & Tanggard 2012). Ved hjelp av metoden er det dermed mulig å få oversikt over et gitt temafelt.

Formålet med undersøkelsen er å avdekke hvordan teknologisk læring fungerer i den norske innovasjonsprosessen for flytende havvind. For å etablere oversikt over temaet blir det norske TSIS kartlagt. Da er det sentralt å etablere oversikt over hvor mange aktører som er en del av det norske TSIS. Informasjon fra aktørene om hvordan de selv opplever markedet, og framtidsutsiktene vil gi innsikt i forskningsspørsmålet.

4.2 Utvalget

Det ble tatt kontakt med Norwegian Renewable Energy Partners (IntPOW). Dette er en klyngeorganisasjon for å bedre nettverket mellom norske og utenlandske aktører innenfor en rekke industrier, deriblant havvind industrien. Utvalget til spørreundersøkelsen ble gjort

fra et dokument fra IntPOW. Det bestod av en liste på 255 aktører i den norske havvindindustrien. Etter en gjennomgang ble utvalget redusert til 198 aktører. Utvalget ble plukket ut etter følgende kriterier:

- Aktøren ligger i den offentlige databasen til IntPOW under kategorien teknologi.
- eller
- Aktøren var deltaker på DeepWind2015 konferansen i Trondheim.
- eller
- Aktører med egen nettside der det kommer frem at selskapet holder på med teknologirelaterte aktiviteter i offshore bransjen.

Dersom noen av de opprinnelige 255 aktørene ikke tilfredsstilte ett eller flere av kriteriene ble aktøren fjernet fra listen.

4.3 Datainnsamling

Prosjektoppgaven var meldepliktig til personvernombudet i henhold til personopplysningsloven §31. Søknaden ble godkjent 03.02, og etter dette kunne arbeidet med datainnsamlingen starte.

Formålet med innsamlet datamaterialet er at det skal belyse forskningsspørsmålet. Datakvaliteten er god dersom visse kriterier er oppfylt. Da må datamaterialet bli bygget på vitenskapelige sannhetsforpliktelser og logisk drøfting. Innsamling av data må også bli gjennomført på en systematisk og forsvarlig måte (Grønmo 2007). De to viktigste kriteriene for å oppnå god datakvalitet er validitet og reliabilitet.

Validitet vil si troverdighet eller gyldigheten til dataene. Det vil si om funnene som blir gjort ved hjelp av metoden har svart på formålet, altså svart på forskningsspørsmålet. Validiteten er avhengig av hvordan

spørreundersøkelsen er utformet, og hvordan man har plukket ut utvalget til undersøkelsen. Det blir skilt mellom ulike former for validitet, men hovedpoenget er at dataene skal være meningsfulle, tolkbare og mulige å generalisere (Grønmo 2007).

Relabilitet vil si påliteligheten til dataene. Det vil si om man kan stole på resultatene fra de innsamlede dataene. Reliabilitet er et uttrykk for hvor stor forskjell det er mellom datasett dersom undersøkelsen blir gjennomført flere ganger. Reliabiliteten viser altså til i hvilken grad variasjoner i datamaterialet skyldes måten datainnsamlingen er blitt gjort på. Dersom resultatene man får på en undersøkelsen er tett knyttet opp til utformingen og gjennomføringen av undersøkelsen vil relabiliteten være lav. Ved motsatt tilfelle vil relabiliteten være høy. For å oppnå dette forutsettes det at datainnsamlingen blir utført nøye og systematisk. (Grønmo 2007).

For å oppnå et best mulig kunnskapsgrunnlag før utarbeidelsen av spørreundersøkelsen ble litteratur gjennomgått, og deltakelse på den tre dager lange DeepWind2015 konferansen i Trondheim gjennomført. Det ble sendt ut et varsel til utvalget om at det ville komme en spørreundersøkelse til alle teknologileverandører uken etterpå. Dette varselet gjorde at aktørene fikk gi tilbakemeldinger før selve undersøkelsen ble sendt ut. Tilbakemeldingene dreide seg hovedsakelig om at andre personer innad i bedriften heller burde svare på undersøkelsen. Det ble også gitt beskjed fra enkelte bedrifter at de ikke leverte teknologi. Tilbakemeldingene ble tatt til følge før selve spørreundersøkelsen ble sendt ut.

Det ble valgt å ha en strukturert utspørringer der flest mulig av spørsmålene var lukkede slik at det ville

være mulig å generalisere dataene i etterkant av undersøkelsen (Grønmo 2001). Det ble likevel åpnet for at aktørene kunne komme med ustrukturerte kommentarer på slutten av undersøkelsen slik at alle viktige aspekter fra respondentens side skulle kunne bli uttrykt (Grønmo 2001). Spørsmålene og svarkategoriene ble utformet så nøytrale som mulig, slik at respondentene ikke skulle bli ledet til å svare noe. Undersøkelsen ble sendt ut som en test til en kontaktperson i et av firmaene som deltok i undersøkelsen. Denne personen gikk gjennom alle spørsmålene, og svarte med kommentarer og forbedringer. Spørsmålene ble sendt til utvalget på mail ved hjelp av Questback. Spørreskjemaet ble formet slik at de viktigste spørsmålene komme først. Spørsmålene ble utarbeidet slik at spørsmålene respondenten får avhenger av hva som ble svart på forrige spørsmål. Det ble skilt mellom;

1. Aktører som deltar i markedet.
2. Aktører som har en strategi om å delta i markedet i fremtiden.
3. Aktører som ikke er en del, og heller ikke har en strategi om å delta i markedet i fremtiden. Disse respondentene har ikke vært relevant for undersøkelsen.

Siden spørsmål om teknologi kan være sensitivt for bedrifter ble det valgt at alle respondentene skulle være anonyme. Det ble tydelig informert om at informasjonen gitt i spørreundersøkelsen ville bli behandlet konfidensielt. Alle respondenter fikk muligheten til å få tilsendt det de selv hadde svart på mail.

4.4 Bearbeidelse av datamaterialet

Resultatene fra undersøkelsen ble overført manuelt fra Questback til Excel. Det ble laget en liste over hva aktørene svarte på hvert av spørsmålene. Ved hjelp av denne listen ble det utarbeidet data i

form av grafer og diagrammer til å illustrere svarene fra undersøkelsen. Det ble beregnet et konfidensnivå på 90% som fører til en feilmargin på +/- 8,8% (Spørreundersøkelser.no 2015).

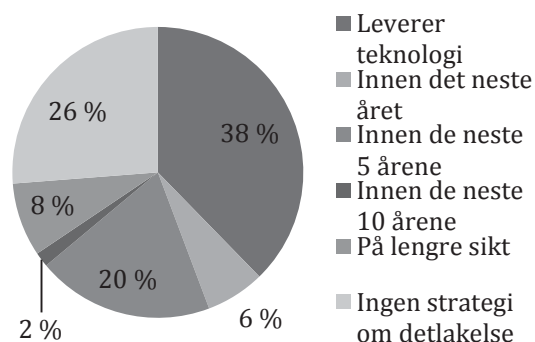
5. RESULTATET FRA SPØRREUNDERSØKELSEN

Varslet om undersøkelsen ble sendt til et utvalg på 198 respondenter. Selve spørreundersøkelsen ble sendt til et utvalg på 184 aktører. Fra dette utvalget var det 61 respondenter som svarte på undersøkelsen. Det var 45 av 61 respondenter mottok spørsmål relevant for resultatene om det flytende havvind markedet, se Tabell 2.

Tabell 2 – Oversikt over spørreundersøkelse

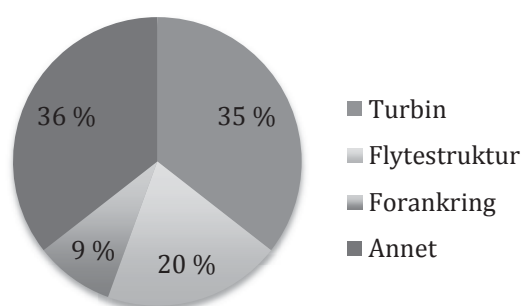
	Ble sendt til	Respondenter
Varsel	198	Ukjent
Undersøkelse	184	61
Spørsmål relevant for spørreundersøkelsen	45	Se svarprosent på hvert spørsmål

Leverer ditt selskap per i dag teknologi til flytende havvind prosjekter? Resultatet viser at 23 aktører (38%) leverer teknologi til flytende havvindprosjekter i dag. I tillegg har 22 aktører en strategi om å delta i markedet. Tilsammen tilsvarende dette 45 aktører (74%) av de 61 respondentene, se Figur 7.

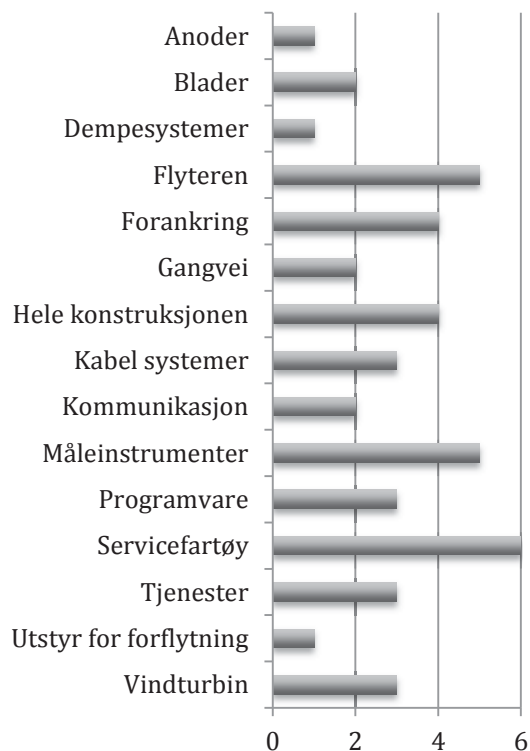


Figur 7 - Oversikt over hvor mange av de 61 respondentene som leverer teknologi til flytende havvind prosjekter (100% av 61).

Hvilke teknologisk komponent(er) er selskapets spesialkompetanse som benyttes eller kan benyttes i det flytende havvind markedet? Det er 35% av respondentene som utvikler teknologi tilknyttet turbinen. Det er mindre andel av aktørene som utvikler teknologi i forbindelse med flyteren og forankringen. Den største andel av respondentene utvikler teknologi innenfor kategorien annet, se Figur 8 og 9. For mer detaljert informasjon se Vedlegg H.

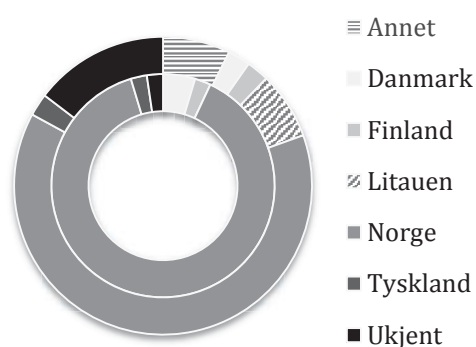


Figur 8 - Grov inndeling av teknologier som respondentene utvikler (100% av 45).



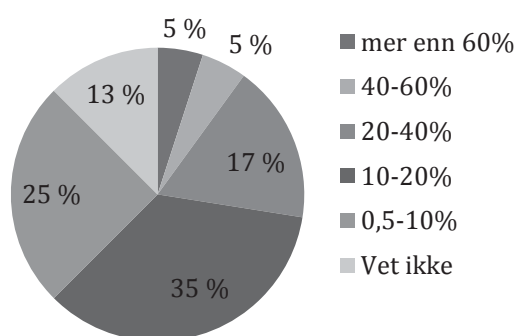
Figur 9 - Antall respondenter som utvikler gitt teknologi til det flytende havvindmarkedet (100% av 45).

I hvilket land blir komponenten(e) utviklet? Av de 45 aktørene som plasserer seg innenfor det norske TSIS blir 89% av teknologien utviklet i Norge. Det vil si 38 av aktørene utvikler sin teknologi i Norge, se Figur 10. Det ble også spurt om i hvilket land blir komponenten(e) produsert. Til sammenlikning viser dataene at 63% av teknologien vil bli eller blir produsert i Norge. Det vil si at 26 av respondentene vil produsere sin teknologi i Norge, se figur 10. Kategorien ukjent i Figur 10 vil si at aktørene ikke vet hvor de kommer til å produsere teknologien forløpig.



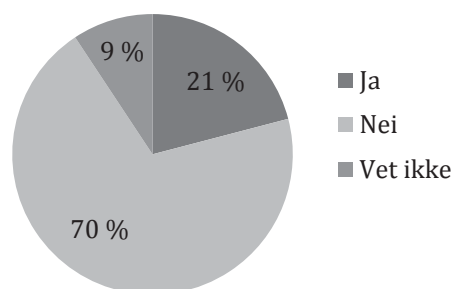
Figur 10 – Innerste sirkel viser i hvilket land respondentene utvikler teknologien sin (93,3% av 45). Ytterste sirkel viser i hvilket land teknologien til respondentene vil bli produsert (88,8% av 45).

Anser du at teknologikomponenten(e) vil ha potensiale for kostnadsreduksjoner ved masseproduksjon? Det var 57% av teknologileverandørene som forventet kostnadsreduksjoner på over 10% på sin teknologi, se Figur 11.



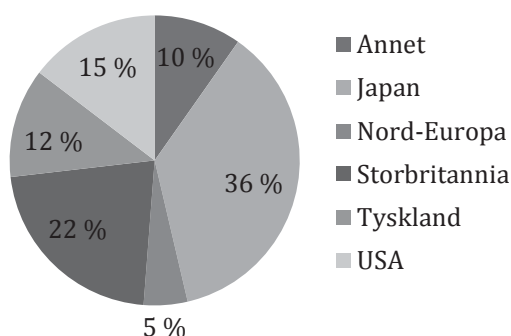
Figur 11 – Forventede kostnadsreduksjoner på teknologien til respondentene ved masseproduksjon (88,8% av 45).

Er det søkt om patentbeskyttelse for teknologikomponenten(e)? Det kommer frem fra undersøkelsen at 70% av aktørene ikke har patent på sin teknologi. Det var 9% av respondentene som ikke visste om teknologien hadde patent eller ikke, se Figur 12.



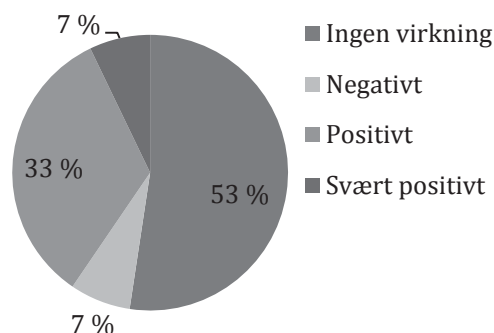
Figur 12 – Om det er søkt på patenter på teknologien til respondentene (95,5% av 45).

Hvilket land anser du som det største markedet for flytende havvind? Landene Japan, Storbritannia og USA representerer 73% av markedspotensialet sett fra respondentene. Japan blir sett på som det desidert største fremtidige markedet for flytende havvind, se Figur 13.



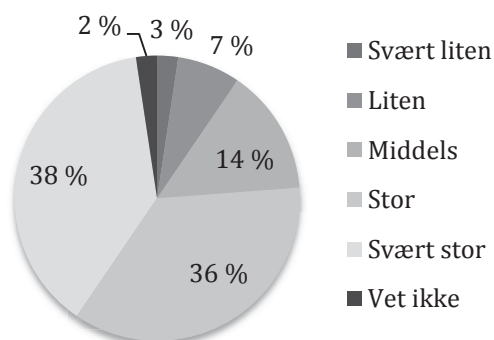
Figur 13 – Størst markedspotensialet sett fra respondentene i undersøkelsen (91,1% av 45)

Hvordan påvirker det ditt selskap at det er mange ulike teknologiske konsepter for flytende havvind? Det var 93% av respondentene som mente at det ikke har noen innvirkning, er positivt eller svært positivt at det finnes mange ulike teknologiske konsepter for flytende havvind, se Figur 14.



Figur 14 – Respondentenes mening om hvordan det påvirker deres selskap at det finnes ulike konsepter for flytende havvind (93,3% av 45).

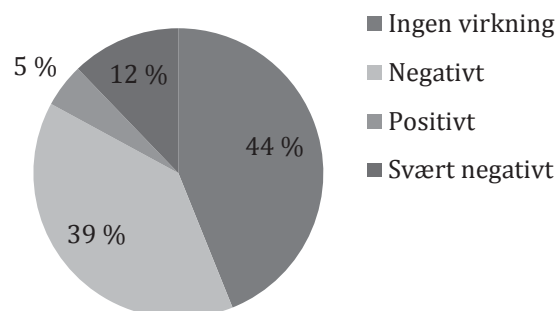
Hvordan anser du muligheten for kunnskapsoverføring fra olje og gassindustrien til teknologi-leverandørene i havvind markedet? Det var 74% av respondentene som mente at Norge har en stor eller svært stor mulighet for kompetanseoverføring fra den allerede godt etablerte O&G industrien, se Figur 15.



Figur 15 - Muligheten for kunnskapsoverføring fra O&G (93,3% av 45).

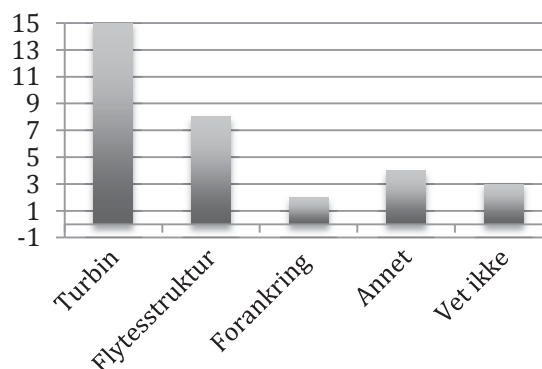
Hvordan påvirker det mulighetene for ditt selskap at utbygginger og pilotprosjekter av flytende havvind blir gjort hovedsakelig i utlandet? På dette spørsmålet ble det svart at 51% mener at det er negativt eller svært negativt for deres virksomhet at pilotprosjekter og utbygginger av havvind prosjekter hovedsakelig skjer i utlandet. Det er 44%

av respondentene som det har ingen virkning for deres virksomhet, Figur 16.



Figur 16 – Påvirkning av at utbygging skjer i utlandet (91,1% av 45).

Hvilken teknologisk komponent, uavhengig av ditt firma, anser du til å ha størst potensial for kostnadsreduksjoner innenfor flytende havvind? Respondentene mente at det er størst mulighet for å oppnå kostnadsreduksjoner innenfor turbinteknologien, se Figur 17.

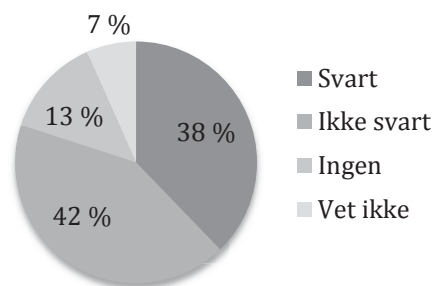


Figur 17– Respondentenes svar på hvor det er mulig å oppnå høyest kostnadsreduksjoner for teknologien (71,1% av 45).

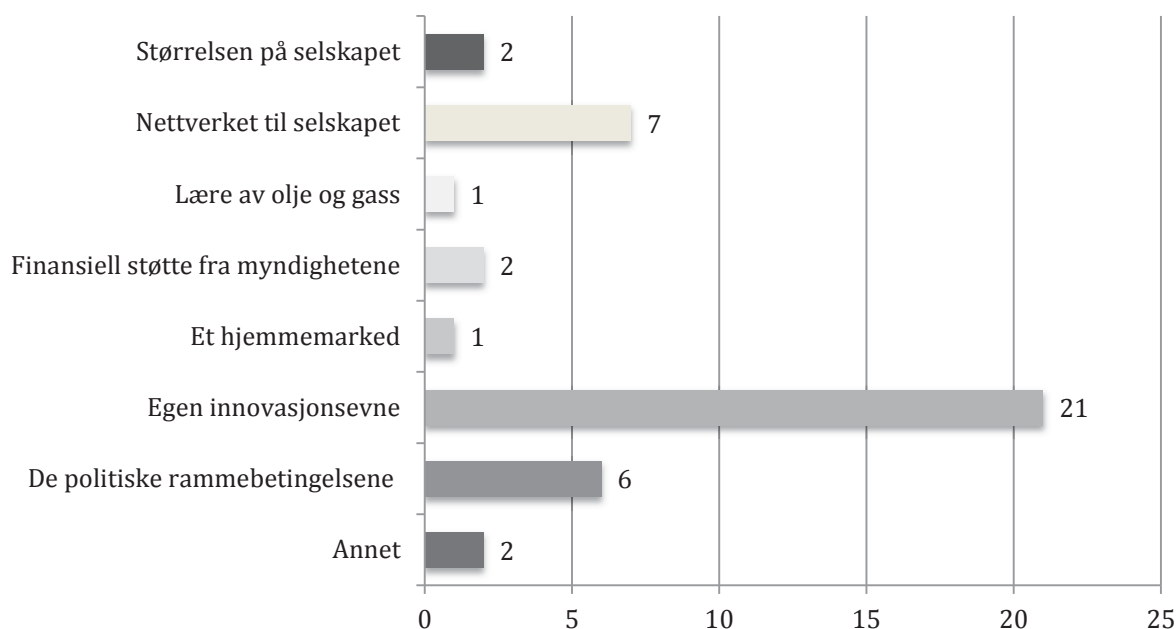
Med tanke på teknologikomponenten(e) hvilket USA basert, Japan basert og Storbritannia basert selskap anser du som hovedkonkurrenter til ditt selskap? Det var kun to respondenter som navnga konkurrenter i alle de tre landene. De resterende har svart for et eller to av landene. Det var 13% av respondenten

som mente at det ikke finnes konkurrenter til sin teknologi de gitte landene, se Figur 18.

Hva er den viktigste faktoren for å lykkes med å levere teknologi til det globale flytende havvind markedet? Det var 50% av respondentene som fremhevet at det er bedriftens egen innovasjonsevne som avgjør hvorvidt selskapet vil få suksess i det flytende havvindmarkedet. Deretter er det nettverket til selskapet og de politiske rammebetingelsene som respondentene mener er de viktigste faktorene for å lykkes i markedet, se Figur 19.



Figur 18 – Hvordan de norske aktørene forholder seg til konkurrenter i det globale markedet (57,8% av 45).



Figur 19 – Den viktigste faktoren for å lykkes i det flytende havvindmarkedet (93,3% av 45).

6. DISKUSJON

For å fullføre den teoretiske analogien vil det i dette avsnittet bli diskutert rundt følgende hovedtemaer:

- 6.1 Potensialet for teknologisk læring fra det globale marked.
- 6.2 Mulighet for kompetanseoverføring fra O&G.
- 6.3 Andre funn fra studien.
- 6.4 Forutsetninger for at norsk industri skal lykkes.

Tilslutt vil det bli diskutert metoden og videre arbeid.

6.1. Potensialet for læring fra det globale markedet

Det neste avsnittet vil diskutere realisert og potensialet for teknologisk læring gitt de fire formene LBS, LBD, LBU og LBI.

6.1.1 Læring gjennom forskning på teknologien (LBS).

I det globale markedet er det en økende mengde prosjekter med ulike teknologier under utvikling. Figur 14 indikerer at mye av teknologien som blir utviklet i Norge kan brukes uavhengig av konseptløsning for flytende havvind. Resultatene fra undersøkelsen viser at flest respondenter utvikler teknologi under kategorien annet, se Figur 8. Dette samsvarer med at teknologisk konsept ikke har betydning for mange av aktørene i det TSIS. Norge utvikler foreløpig kun konsepter innenfor to av de tre hovedkategoriene for ulike konsepter, se Figur 4. Ifølge resultatene vil det ikke få implikasjoner for norsk næringsliv dersom TLP konseptet skulle vise seg å bli det dominerende designet i fremtiden. Resultatet fra undersøkelsen viser at antallet aktører som er en del av det aktive TSIS til flytende havvind kommer til å dobles i løpet av en tiårsperiode, se Figur 7. Det er en stor

variasjon i hvilken type teknologi aktørene satser på i det TSIS, se Vedlegg H.

I følge Hanson et al. (2011) har den norske teknologipolitikken vektlagt å fremme disruptive innovasjoner. Dette er teknologier som er langt unna kommersialisering, men som kan få betydning for energisystemet på lang sikt. Det kan forklare hvorfor det er blitt utviklet relativt mange konsepter for flytende havvind i Norge sammenliknet med det globale markedet, se Figur 4. Resultatene fra undersøkelsen viser at 70 % av aktørene ikke har patent på sin teknologi, se Figur 12. Dette kan ha flere forklaringer. Lite fokus på å ta patenter i den norske bedriftskulturen kan være forklaringen. Det kan også tyde på at aktørene anser det å holde teknologien skult for sine konkurrenter som bedre enn å offentliggjøre teknologi ved å søke om patent.

Norge var forholdsvis sent ute med å bygge opp forskningsinstitusjoner for vindbransjen forhold til enkelte andre land (Buen 2007). Det er likevel forholdsvis mange norske kunnskapsinstitusjoner som forsker på utvikling av flytende havvind i dag, se Vedlegg J.

Norge har satset på forskning og utvikling. Siden den flytende havvind industrien satser på inkrementelle innovasjoner kreves det et målrettede bidrag fra FoU for implementering av teknologien (Statkraft 2015). Da er tilgangen på data en sentral faktor for teknologisk læring. I følge Fedem Technology (2015) er tilgangen til åpne data svært begrenset. Det fører til at enkelte aktører får konkurransefortrinn i markedet. Industrien har et stort behov for data fra for eksempel turbinprodusentene for å kunne

optimalisere sine produkter. De norske aktørene vil kunne bli avhengige av tilbagemeldinger fra utenlandske aktører dersom det kun satses på å levere teknologi til det globale markedet. Det blir fremhevet at selskapene som gir ut data må få noe tilbake. Aktørene gir uttrykk for et behov for referansemålinger (benchmarking) mellom prosjekter, teknologier og aktører. På denne måten kan aktørene til enhver tid vite hvilke aktører som er best i bransjen. Det arbeidet DNV gjør ved å få på plass standardiseringer av flytende havvind teknologi blir sett på som en nøkkelfaktor for å redusere kostnadene (IRENA 2012).

6.1.2 Læring ved å produsere/bygge ut teknologien (LBD).

En del av de norske selskapene vil produsere sin teknologi i andre land enn Norge, se Figur 10. Dersom de norske aktørene er ansvarlig for produksjonen og implementering av sin teknologi vil de også ha kontroll på den teknologiske læringen. Det kan midlertidig oppstå tap av læringseffekter dersom norske teknologileverandør kun leverer teknologi, eller blir kjøpt opp av utenlandske aktører. I følge Volden et al. (2009) vil sannsynligheten øke for at aktørene blir kjøpt opp og flyttet utenlands dersom leverandørene med nye produkter ikke er godt etablert i Norge gjennom demoprojekter og utbygginger. Det er ca. halvparten av respondentene i undersøkelsen som synes det er negativt at utbygginger skjer i utlandet.

"Et hjemmemarked er avgjørende for å kunne lykkes ute. Om myndighetene satser midler og gir konsesjon for en større forskningspark for flytende offshore vind, kan vi utvikle både teknologi og metoder. Som med bunnfaste vindturbiner tror jeg Norge også vil la denne muligheten renne ut i sanda, pga. manglende visjoner/baller"

(Respondent 2015)

Den resterende delen av respondentene i undersøkelsen mener at hvor utbyggingene av flytende havvindprosjekter skjer har ingen betydning for egen suksess i markedet, se Figur 16. Det blir uttrykt at med de norske forutsetningene vil det være mest hensiktsmessig å fokusere ressurser på å nå ut i det globale markedet.

"Glem det norske markedet, følg de store turbinprodusentene utenlands"

(Respondent 2015).

Dette er et svært delt resultat, men samsvarer med funnene gjort i SINTEF rapporten Offshore vind og industrielle muligheter (Volden et al. 2009). Årsaker som kan forklare de ulike oppfatningene til respondentene kan være størrelsen, nettverk og ressurser til selskapet respondenten representerer.

Av de respondenten som er negative er 62% av dem aktive deltakere i det TSIS. Dette tyder på at enkelte av de norske aktørene som allerede levere teknologi til flytende havvindprosjekter ser et behov for testing av sin teknologi i eget land. Ved å bygge prosjekter i Norge vil det være med på å involvere de norske aktørene til å eksperimentere og forske på nye radikale innovasjoner. I følge forskningen gjort av Nilsson og Westin (2014) er det hovedsakelige de små aktørene som vil få en fordel av utbygninger i Norge. Resultatene fra undersøkelsen viser at det er vanskelig for enkelte teknologileverandører å komme inn på det globale markedet. Det blir forklart med prosjektisme, der de norske aktørene blir nedprioriterte i forhold til lokale aktører. Dette skaper en situasjon der de norske teknologileverandører har et konkurransedyktig produkt, men ikke et marked å levere til.

"Det er vanskelig å konkurrere med utenlandske aktører i dette markedet, da havvind-markedet ikke er underlagt samme kvalifikasjonskrav som i O&G. Samtidig har også utbygging av havvind-prosjekter i utlandet vært brukt som sysselsettingstiltak, og dermed vært gjenstand for proteksjonisme, i enkelte land".

(Respondent 2015)

Det blir også uttrykt stor frustrasjon hos enkelte aktører. De opplever at de store norske aktørene ikke inkluderer de små norske leverandørene i produksjonskjeden. Det fører til at norske leverandører sliter med å bli en del av verdikjeden både nasjonalt og globalt. I følge Volden et al. (2009) vil støtte til fullskala utbygginger av teknologien i Norge hjelpe mange av leverandørene inn i det globale markedet. Dette er i tråd med Hanson et al. (2011) som fremhever at uten et hjemmemarked for leverandørbedriftene vil det skape usikkerhet rundt muligheten for å bygge opp et sterkt og ledende TSIS innfor flytende havvind. Hekkert et al. (2007) argumenterer for at ved å skape et beskyttet nisjemarked vil aktørene kunne lære mer om den nye teknologien, og forventninger kan bli utviklet. Dette kan være avgjørende for å gi enkelte aktørene tilstrekkelig risikoavlastning til å kunne lykkes i markedet (Volden et al. 2009).

6.1.3 Læring ved å bruke teknologien (LBU).

I følge Gallagher et al. (2006) skjer kostnadsreduksjonene som følge av teknologi og markedsutvikling. Profitten bli derimot redusert jo flere aktører som entrer markedet. Det er derfor sentralt å være tidlig ute i innovasjonsforløpet for å hente ut mest mulig profitt (Schumpeter 1983). Dersom utenlandske aktører har ansvar for drift og vedlikehold av teknologien vil læringen gjennom bruk av teknologien bli redusert for norske aktører. Casestudiet med Hywind viser at den

estimerte læringsraten mellom de to første prosjektene i en teknologibane til flytende havvind er betydelig, se Vedlegg E. Den estimerte læringsraten på 30% svært høy sammenliknet med andre teknologier (Arnulf Grubler 1999). Begrensningene til dataene gjør det derfor uhensiktsmessig å dra slutninger for teknologien som helhet. Læringsraten kan likevel tyde på at det er riktig å satse på utviklingen av den flytende havvindteknologien.

Det er 57% av respondentene som hevder de vil ha en kostnadsreduksjon på mer enn 10% dersom deres teknologi ble masseprodusert. Det er 10% av respondentene som forventer en kostnadsreduksjon på mer enn 40%, se Figur 11. Ut ifra dataene er det ingen sammenheng mellom teknologi og de forventede kostnadsreduksjonene ved masseproduksjon. I forskningen gjort av Nilsson og Westin (2014) blir det fremhevet at er mulig å redusere kostnader ved å gjøre monteringen av teknologien på land før det blir plassert på en gitt lokasjon. Det blir også argumentert for at det kan bli brukt betong istedenfor stål slik at kostnaden for teknologien blir betraktelig redusert.

6.1.4 Læring gjennom interaksjon mellom aktører innenfor det samme teknologiske fagfeltet (LBI).

Mange respondenter i undersøkelsen fremhever at nettverket til selskapet er avgjørende for å kunne lykkes, se Figur 19. I følge Barreto og Kypreos (2004) kan teknologisklæring skje gjennom interaksjon mellom aktører på et lokalt, regionalt og globalt nivå. De mener at sammensetningen av læringsnettverkene spiller en viktig rolle i spredning av en teknologien. Nettverk kan derfor bli sett på som læring ved interaksjon (Hekkert et al. 2007). Den lave svarprosenten på spørsmålet om hvem som er konkurrentene til de

norske aktørene i det globale markedet kan ha flere årsaker. Det kan være at det ikke finnes konkurrenter til teknologiene. Eller at respondentene ikke har ønsket å oppgi konkurrenter for å unngå fokus på disse. Eller det kan tyde på at respondentene ikke har oversikt over aktuelle konkurrenter i de aktuelle landene. Dersom man antar at det siste er hovedforklaringen kan det tyde på at aktørene befinner seg i separate nisjemarkeder. Resultatene viser at det var flere respondenter som kunne navngi britiske konkurrenter, enn konkurrenter i USA og Japan. Dette funnet kan forklares med at det foregår en rekke ulike samarbeidsprosjekter mellom EU land. I en del av disse klyngeorganisasjonene har norske aktører en aktiv rolle. Dette fører til at det er større kjennskap til konkurrenter som er basert i Storbritannia. Disse internasjonale og nasjonale næringsklynger er sentrale for å øke innovasjonstempoet til flytende havvind. Hvilken og hva slags informasjon man har tilgang på avhenger i stor grad av nettverket til aktøren.

6.2. Kompetanseoverføring fra olje og gassindustrien

Norge har en økonomi som er tett knyttet opp mot O&G sektoren (Hanson et al. 2011). I O&G har det vært mange norske leverandører som utvikler teknologi innenfor flytestrukturer og forankring for plattformer. Leverandørindustrien innenfor O&G består av mange, men relativt små aktører som representerer hele verdikjeden (Volden et al. 2009). Dette var en aktiv politikk for å gjøre norske leverandører gode. Norge har tung erfaring og kompetanse på flytende konstruksjoner, undervannsteknologi, plattformer og leverandørindustri (Volden et al. 2009). For flytende havvind vil denne kunnskapen være direkte overførbart. Det er store

muligheter for at den norske industrien kan bli ledende ved hjelp av kompetanseoverføring fra O&G (Nilsson & Westin 2014). Det er 74% av respondentene i undersøkelsen som mener at det er store muligheter for kompetanseoverføring og læring fra O&G industrien, se Figur 15. Subsidiær som fremmer interaksjonen mellom flytende havvind aktører og O&G industrien, vil kunne fremme den teknologiske læringen. Dette kan gjøres ved å arrangere konferanser for å dele erfaringer med hverandre (Smit et al. 2007). For at ikke den eksisterende og dominerende teknologien skal hindre utviklingen av nye teknologier er det sentralt å ha nisjemarkeder for å beskytte den nye teknologien (Hanson et al. 2011). Elektrifisering av petroleumsaktiviteten på norsk sokkel kan gjøre at flytende havvind får et nisjemarked i Norge (Volden et al. 2009). Kompetansen gjør at Norge har et helt spesielt konkurransefortrinn i det globale markedet. Det som er viktig er hvordan denne kompetansen blir utnyttet. Prosjekter som WinWin prosjektet viser at norske selskaper nå utnytter denne kompetansen på tvers av industrielle sektorer, se vedlegg D. Det er viktig å fremheve at det ikke er fra O&G det kan være potensielle ringvirkninger fra. Resultatene fra undersøkelsen viser at forholdsvis mange norske aktører utvikler teknologi relatert til servicefartøyer for flytende havvind. Norge har historisk hatt en svært sterk maritim skipsnæring. Det er derfor potensial for ringvirkninger fra andre næringer enn kun O&G industrien. En av respondenten uttrykker det slik;

”Anser at olje og gassindustrien ikke har eller har hatt det nødvendige kostnadsfokus. Dermed er det ikke først og fremst fra den bransjen at løsningen for offshore vind vil komme. Man bør heller se til skipsindustrien og gjerne også hurtigbåtindustrien for høyavansert teknologi og et konkurransedyktige kostnadsnivå”.

(Respondent 2015)

Flest av respondentene i undersøkelsen svarer at det er størst potensial for kostnadsreduksjoner i forbindelse med turbinutviklingen, se Figur 17. Dette er i tråd med rapporten fra IRENA (2012). Resultatet kan forklares med at turbinen er den største andelen av de totale CAPEX kostnadene, se avsnitt 3.7. For å oppnå denne teknologiske læringseffekten og optimalisere utviklingen for den flytende havvindteknologien vil det være sentralt å se på erfaringene gjort for den bunnfaste teknologien.

6.3 Andre funn.

OED har ingen samlet oversikt over hvilke offentlige foretak som gir ut midler. OED kan heller ikke svare på hvor mye offentlig støtte som vil bli gitt til flytende havvind fremover i tid. Miljøteknologiportalen ble opprettet i 2013 for å gi aktørene mer oversikt. Utfordringen med denne portalen er at den ikke har med alle de offentlige aktørene som er aktuelle for norsk næringsliv. Det kommer ikke klart frem om dersom man har mottatt støtte fra én offentlig aktør om det ekskluderer støtte fra andre, og eventuelt hvilke. Systemet er i stor grad basert på at hvert prosjekt skal evalueres individuelt, og støtten skal bli gitt individuelt. Dette fører til en fragmentert politikk for fornybar energi som mangler helhetlig tenkning av systemoppbygging. Det er manglende oversikt over de totale midlene som er satt av til norske prosjektutviklerne og teknologileverandørene innenfor flytende havvind. Denne usikkerheten kan påvirke innovasjonssystemet i den forstand at aktørene ikke vet hva de kan forhold seg til av offentlig støtte (Buen 2007). Da mangler det offentlige virkemiddelapparatet visjoner, noe som senker forventningene til aktørene (Hekkert et al. 2007).

"Det mangler fullstendig (politisk) kunnskap om hva som skal til i Norge for begynne å konkurrere med de store ute, samt massiv mangel på støtteordninger for industrialisering av slike produkter om vi hadde dem gryteferdige. Norge må tenke nytt om vår rolle innen industri og verdiskaping i offshore vind".

(Respondent 2015)

På grunn av usikkerheten til aktørene kan det være nødvendig å gi slipp på teknologinøytraliteten for å redusere usikkerhet knyttet til investeringer (Volden et al. 2009). Markedet er i dag preget av klimapolitiske mål og reguleringer. Energipolitikk og næringspolitikk bør ses på i sammenheng (Volden et al. 2009). Den teknologiske konkurranseevnen er stivhengig (Hanson et al. 2011). Det vil si at sekvenser av prosjekter og handlinger fører til en teknologibane. Teknologibanen har myndighetene mulighet til å påvirke. Vet å se på den estimerte læringskurven, se Vedlegg E, vil det være mulig å få et bilde på hvor mye økonomisk støtte som må til for at den flytende havvind teknologien skal bli kommersialisert.

6.4 Forutsetninger for at norsk industri skal lykkes i å bli ledende

For at norske aktører innenfor flytende havvind skal kunne lykkes i det globale markedet er det åtte forutsetninger som bør komme på plass. Disse forutsetningene er i tråd med andre forskere (Hekkert et al. 2007; Hekkert & Negro 2008; Johnson 2001).

6.4.1 Lage insentiver som oppfordrer aktører til å engasjere seg i nyskapende arbeid.

Offentlig støtte vil være sentralt for utviklingen av nye radikale innovasjoner, slik som flytende havvind (Hanson et al. 2011). Entreprenører er viktig for å oppnå eksperimentering og dermed teknologisk læring (Hughes et al.

2012). I undersøkelsen fremhever respondentene at det er bedriftens egen innovasjonsevne som avgjør hvorvidt selskapet får suksess i det flytende havvindmarkedet, se Figur 19. De statlige virkemidlene bør derfor bli tilpasset hvert steg i innovasjonsprosessen for å bidra til økt innovasjon hos den enkelte aktør (Buen 2007). For å oppnå dette er det avgjørende at det offentlige Norge har langsiktige mål og visjoner for å fremme teknologisk læring, og dermed kostnadsreduksjoner for flytende havvind (Grubler 2012; Nilsson & Westin 2014; Smit et al. 2007). Norge bør se til hvordan Storbritannia har forutsett de fleste barrierer i innovasjonssystemet for etablering av et helhetlig virkemiddelapparatet rundt teknologien (Smit et al. 2007).

6.4.2 Gi tilgang på ressurser som kapital og kompetanse.

Det å bygge kompetanse er vesentlig for at de norske aktørene skal kunne lykkes i det flytende havvindmarkedet. Kompetanse kan bygges i eksisterende bedrifter, men også ved etablering av nye gründerbedrifter. Da trengs det et tett samarbeid mellom industri og forskningsinstitusjonene. Det er viktig at forskningsinstitusjonen utdanner og forsker på relevante problemstillinger innenfor flytende havvind. Den viktigste prosessen i et innovasjonssystem er læring (Lundvall 1998). Dette oppnås ved hjelp av eksperimentering, ny kunnskap og erfaringer. For å kunne oppnå dette er det vesentlig at det norsk næringslivet har tilgang på risikofri kapital for å betale for læringen underveis i innovasjonsprosessen.

6.4.3 Påvirke retningen av hvordan aktørene bruker sine ressurser.

Hekkert et al. (2007) argumenterer for at ressurser nesten alltid er en begrensende faktor for aktører i et TSIS. Det er derfor viktig at det blir bestemt en retning for investeringene (Rosenberg 1994). Smith (2010) argumenter for tre ulike business modeller for firmaer til å hente ut den økonomiske verdien av det teknologiske potensialet. Det er enten at teknologien blir inkludert i den allerede eksisterende driften. At en tredjepart får lisens til å videreutvikle teknologien, eller at et nytt selskap blir etablert for å utnytte teknologien på nye områder. Norge har to statseide firmaer som jobber med flytende havvindprosjekter. Disse to selskapene er Statoil og Statkraft. Hvert av disse selskapene har sin kjernevirksomhet i andre fagfelt, O&G og vannkraft. Det er en svært liten andel, både i form av ansatte og midler, til hvert av selskapene som blir brukt på den flytende havvindteknologien. Dersom norske myndigheter ønsker å satse på flytende havvind bør dette temaet opp på dagsorden. Hvordan aktøren bruker sine ressurser kan bli sett på som institusjonelle endringer som er avhengig av politikere for å skje (Jacobsson & Johnson 1998).

6.4.4 Gjenkjenne potensialet for vekst ved å identifisere teknologiske muligheter og økonomisk levedyktighet.

Gjennom FoU prosjekter er det mulig å identifisere teknologiske muligheter og økonomisk levedyktighet (Nilsson & Westin 2014; Ole-Christen Enger & Magnus Valmøt 2010; Volden et al. 2009). For å redusere kostnader kan den flytende havvind teknologien enten bli mer effektiv eller bli skalert opp i størrelse (Grubler 2012). Basert på historiske teknologiskifter blir det punktert at teknologien ikke må vokse for fort, i for stort omfang, for tidlig dersom teknologien skal lykkes med et

kommersielt gjennombrudd (Grubler 2012).

6.4.5 Legge til rette for utveksling av informasjon og kunnskap mellom aktører.

Det er viktig at det blir lagt til rette for at forskningsinstitusjoner og academia blir en del av det TSIS (Smit et al. 2007). Det er også svært viktig at interaksjonen mellom O&G industrien og de flytende havvind aktørene forsterkes for å fremme teknologisklæring (Smit et al. 2007). For å få til dette er det vesentlig at forskningsinstitusjoner får tilgang til data for å fremme FoU på området. Bygging av demoprojekter vil kunne fungere som en brobygger mellom industrien og det akademiske miljøet i Norge (Smit et al. 2007). Nettverk har en svært viktig rolle for å skape og spre ny kunnskap og informasjon (Jacobsson & Johnson 1998). Dersom aktørene tilhører en næringsklynge vil dette gi en stor konkurransefordel i markedet (Volden et al. 2009). Mange av aktørene mener at nettverket til selskapet er den viktigste faktorene for å lykkes i det globale markedet. Det bør derfor bli lagt til rette for mer samarbeid, og næringsklynger med Asia der aktørene ser det største markedspotensialet.

6.4.6 Stimulere og skape markeder med tilbud og etterspørsel.

Det finnes ingen norske forskrifter om at de statseide selskapene skal bruke og involvere flest mulig av de norske teknologileverandørene. Flere av respondentene opplever frustrasjon over at de store norske aktørene ikke inkluderer de små. Det å skape et marked for aktørene er en av nøkkelprosessene for å lykkes med innovasjonsprosessen (Hanson et al. 2011). Samtidig blir det uttrykt vanskeligheter for aktørene å nå ut i det globale markedet på grunn av

prosjektisme av lokale aktører i andre land (Ulla 2014b). Teknologileverandørene trenger å bli inkludert i et marked. Det er derfor behov for utbygging av flere fullskala prosjekter som norske aktører kan levere sine produkter til.

6.4.7 Redusere sosial usikkerhet.

Å redusere risikoen for aktører som ønsker å fremme innovasjonen innenfor det TSIS er vesentlig for å oppnå suksess innenfor den flytende havvindteknologien (Buen 2007; Krokstad 2015; Smit et al. 2007). Sosial risiko går ut på hvordan ulike handlinger påvirker aktørene (Johnson 2001). Denne risikoen kan bli redusert ved å ha offentlig informasjon tilgjengelig om atferden til de ulike aktørene (Johnson 2001). Både sosial, markedsrisiko og politisk risiko må være minimal. Dette er mulig å oppnå ved å opprette beskyttede nisjemarkeder for teknologien (Smit et al. 2007).

6.4.8 Redusere motstand mot endring som kan oppstå i samfunnet når en ny innovasjon blir innført.

Det vil si å skape legitimitet for den nye innovasjonen (Hanson et al. 2011). Ved å skape positive ringvirkninger for norsk industri, gjennom for eksempel et økt antall norske arbeidsplasser vil motstanden mot teknologien bli redusert. For å skape legitimitet for flytende havvind slik at det kan ta del i det etablerte innovasjonssystemet, er det nødvendig med lobby virksomhet. Dette kan bli gjort ved å sette den nye teknologien på dagsorden, skaffe teknologien ressurser og bedre støtteregimet rundt teknologien. Dette vil til sammen skape legitimitet (Hekkert et al. 2007). Det at noen fra industrien går i bresjen for å fremme utviklingen av

teknologien, både forhold til myndighetene og den almene befolkningen, er vesentlig for å lykkes med innovasjonsprosessen (Jacobsson & Johnson 1998).

6.5 Diskusjon av valgt metode

Det kan diskuteres om det er riktig å bruke et utvalg på 184, 61 eller 45 som basis for svarprosenten på de ulike spørsmålene i undersøkelsen. Det ble valgt å bruke 45 som utgangspunkt, fordi det var dette antallet respondenter som mottok spørsmålene relevant for å belyse forskningsspørsmålene. Informasjonen om at alle som svarte på undersøkelsen ville forbli anonyme kan ha bidratt til en høyere svarprosent. Det var kun de som plasserte seg selv som en aktør eller fremtidig aktør i det TSIS for flytende havvind som mottok spørsmål relevante for undersøkelsen. Dette gjorde at feilkildene på grunn av manglende kunnskap hos respondentene ble minimalisert (Grønmo 2001). Ved å se på stillingstittelen til de som har svart ser man at det generelt er personer høyt oppe i bedriftshierarkiet som har svart på spørsmålene, se vedlegg I. Dette taler for at troverdigheten til dataene gitt av respondentene er høy (Carlsson & Stankiewicz 1991; Grønmo 2001). Resultatene fra undersøkelsen viser at det var riktig å velge USA, Storbritannia og Japan til å representere det globale markedet. Ifølge respondentene representerer disse landene 73% av markedspotensialet, se Figur 13. Dette resultatet samsvarer godt med det som ble presentert av DTU på Deepwind2015 konferansen (Paulsen 2015). Det vil kunne oppstå skjevheter i fremstillingen av dataene dersom man velger annen inndeling av kategorier for de ulike teknologiene. Flere av aktørene spesifiserte at de er aktører innenfor et bredt spekter av ulike teknologier. Dette skaper utfordringer i hvordan man skal

kategorisere teknologiene. Det er likevel ikke grunn til å tro at disse skjevhetene er av en slik karakter at det ville endret konklusjonen av analysen ved en gjentakelse av undersøkelsen.

6.6 Evaluering av eget arbeid og forslag til videre arbeid

Ressursene tilgjengelige for å belyse problemstillingen dyptgående er begrensningen for analysen. Metoden som er benyttet har prøvd å etablere en oversikt over det norske TSIS for flytende vind. Dette har blitt gjort for å kunne si noe om realisert og potensiell teknologisk læring. Moteoden ved å se på det TSIS har sine svakheter fordi den er kvasi statisk. Det vil si at det er fokus på de sosiale strukturene i innovasjonssystemet, men lagt mindre vekt på dynamikken i innovasjonssystemet. Det er nødvendig å se på dynamikken i innovasjonssystemet for å få en full forståelse (Hekkert et al. 2007). Det er derfor blitt prøvd å se på det norske TSIS i sammenheng med det globale systemet. Analysen ser på en begrenset del av det reelle globale TSIS. Dette gjør at det kan bli noen skjevheter i analysen. Systemgrensene for et TSIS er vanskelig å definere. Det er også vanskelig å definere hvordan læring foregår i TSIS. Disse utfordringene gjør at det trengs mer forskning for å etablere full oversikt over det teknologiske læringspotensialet, og hvordan kunnskapen i O&G kan påvirke den teknologiske utviklingen til flytende havvind.

Temaer for utredning og videre forskning.

Det er behov for å utarbeide læringskurver for flytende havvind basert på alle de globale prosjektene. Dette vil kunne gi en mer helhetlig oversikt over kostnadsutviklingen for teknologien som helhet. Dette er et omfattende arbeid, da svært få aktører

ønsker å oppgi konkret informasjon knyttet til spesifikke kostnader som er nødvendig for å utarbeide en læringskurve. Det er også behov for å kartlegge hvordan O&G industrien kan utnytte sin kompetanse effektivt for å fremme innovasjonsprosessen til flytende havvind. Det bør forskes mer på hvordan den lave prosentandelen på patenter påvirker det norske næringslivet. Det er også et stort behov å se nærmere på hvordan det norske virkemiddelapparatet kan fremme egen innovasjonsevne til aktørene mest mulig effektivt.

7. KONKLUSJON

Den teoretiske tilnærmingen ved å se på det TSIS gir et godt innblikk i markedet for flytende havvind. Det er likevel vanskelig å kartlegge fullstendig den "sorte boksen" som teknologisklæring representerer. Resultantene fra analysen indikerer at det globale markedet for flytende havvind vil kun gi enkelte av de norske aktørene den teknologiske læringen som er nødvendig for å lykkes. Hvilke aktører som lykkes vil i stor grad avhenge av egen innovasjonsevne, nettverk og ressurser tilgjengelig i selskapet. Det kan virke som om det globale markedet for flytende havvind ikke vil gi tilstrekkelig læringspotensial til at norsk teknologiindustri som helhet kan bli ledende uten et velfungerende hjemmemarked.

Kompetansen som allerede er opparbeidet i O&G næringen gjør at Norge har ett konkurransefortrinn i markedet. Fortrinnet gjør at norske aktører står i en særstilling til å kunne utvikle konsepter, og optimalisere den flytende havvindteknologien. Hele den maritime næringen sitter med kompetanse som kan være relevant for den teknologiske læringen for flytende havvind. For at konkurransefortrinnet skal kunne utnyttes er det sentralt å få på plass et helhetlig virkemiddelapparat. Dersom dette kommer på plass, har den norske teknologiindustrien et stort potensiale til å bygge opp en leverandørindustri innenfor flytende havvind på samme måte som det ble gjort i O&G sektoren.

8. REFERANSE LISTE

- 4Coffshore. (2015). *Aerogenerator X*. UK. Tilgjengelig fra: <http://www.4coffshore.com/windfarms/turbine-wind-power-limited-aerogenerator-x-tid60.html> (lest 09.04).
- Arnulf Grubler, N. N., David G. Victor. (1999). Dynamics of energy technologies and global change. *Energy Policy*, 27: 247-280.
- Barreto, L. & Kypreos, S. (2004). Emissions trading and technology deployment in an energy-systems "bottom-up" model with technology learning. *European Journal of Operational Research*, 158 (1): 243-261.
- Birkmann, S. & Tanggard, L. (2012). *Kvalitative metoder. Empiri og teoriutvikling*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag As. 223 s.
- Bob van der Zwaan & Rabl, A. (2004). The learning potential of photovoltaics: implications for energy policy. *Energy Policy*, 32 (13): 1545-1554.
- BOEM. (2015). *Renewable Energy Programs*. USA: Bureau Ocean Energy Management. Tilgjengelig fra: <http://www.boem.gov/Regulatory-Development-Policy-and-Guidelines/> (lest 05.03).
- Buen, J. (2007). Danish and Norwegian wind industry: the relationship between policy instruments, innovation and diffusion. *Energy Policy*, 34: 3887-3897.
- Carbon Trust. (2014a). *Appraisal of the Offshore Wind Industry in Japan*. Uk. Tilgjengelig fra: <https://ore.catapult.org.uk/documents/10619/118716/pdf/41f8364a-04d3-4780-bb90-657b513cc9a0>.
- Carbon Trust. (2014b). *Offshore Wind Japan Project*. Carbon Trust. Tilgjengelig fra: <https://ore.catapult.org.uk/documents/10619/118730/pdf/298316eb-d7c7-47c5-a4d8-1c0afd4eac2a> (lest 65).
- Carlsson, B. & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Evolutionary Economics*, 1: 93-118.
- CFF. (2015). *Vertical Axis Wind Turbines*: Conserve Energy Future. Tilgjengelig fra: <http://www.conserve-energy-future.com/VerticalAxisWindTurbines.php> (lest 16.04).
- Dabrowski, D. & Natarajan, A. (2015). *Assesment of gearbox operational loads and reliability under high mean wind speeds*. Deepwind2015. Trondheim: DTU - Department of Wind Energy. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/globalassets/project/eera-deepwind-2015/presentations/d/d_dabrowski_dtu.pdf (lest 06.02).
- DeepCWind. (2015). *The Consortium*: US. Tilgjengelig fra: <http://www.deepcwind.org/about-the-consortium/about-deepcwind-consortium> (lest 06.04).
- DEWEK. (2010). *Offshore wind turbines on TLPS - Assessment Of Floating Support Structures For Offshore Wind Farms In German Waters*. Tilgjengelig fra: http://www.researchgate.net/publication/260433221_OFFSHORE_WIND_TURBINES_ON_TLPS_ASSESSMENT_OF_FLOATING_SUPPORT_STRUCTURES_FOR_OFFSHORE_WIND_FARMS_IN_GERMAN_WATERS.
- DNV. (2013). *DNV-OS-J103: Design of Floating Wind Turbine Structures*: Det norske veritas. Tilgjengelig fra: <https://exchange.dnv.com/publishing/CodeS/download.asp?url=2013-06/os-j103.pdf> (lest 16.01).
- DOE. (2015). *Green Power Markets*. USA: U.S. Department of Energy. Tilgjengelig fra: <http://apps3.eere.energy.gov/greenpower/markets/certificates.shtml?page=5> (lest 23.04).
- Energy, X. (2015). *SeaBreeze*. Tilgjengelig fra: <http://www.xanthusenergy.com/products/sea-breeze.php> (lest 09.04).
- Enova. (2011). *Høring - forskrift om elserifikater*. Tilgjengelig fra: https://http://www.regjeringen.no/content/assets/9d7e6c1a13ce4a9395e29e5f94d57c76/enova_sf.pdf (lest 11.03).
- Enova. (2015). *Program introduksjon av ny teknologi*. Trondheim: Enova. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/finansiering/naring/programtekster/program-introduksjon-av-ny-teknologi/245/296/> (lest 11.03).
- Eriksson, H. & Kullander, T. (2013). Assessing feasible mooring technologies for a Demonstrator in the Bornholm Basin as restricted to the modes of operation and limitations for the Demonstrator: University of Gothenburg.
- EWEA. (2009). *Wind energy - The facts*. Tilgjengelig fra: <http://www.wind-energy-the-facts.org/> (lest 26.01).
- EWEA. (2013a). *Deep Water*. Brussels: The European Wind Energy Association. Tilgjengelig fra: http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Deep_Water.pdf (lest 05.01).
- EWEA. (2013b). *Integrated design of floater, mooring and control system for a semisubmersible floating wind turbine*. The Netherlands: EWEA. Tilgjengelig fra: http://www.gustomsc.com/index.php/zoo/brochures/doc_download/774-integrated-design-of-floater-mooring-and-control-system-for (lest 29.02).
- EWEA. (2015). *The European offshore wind industry - key trends and statistics 2014*: European Wind Energy Association. Tilgjengelig fra: <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-European-Offshore-Statistics-2014.pdf> (lest 08.04).
- Fedem Technology. (2015). *Access to open data*. Deepwind2015, Trondheim: I. M. Malvik.
- Forskningsrådet. (2014). *Budsjettforslag 2015*. Oslo: Norges forskningsråd. Tilgjengelig fra:

- <http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadervalue1=Content-Disposition%3A&blobheadervalue1=attachment%3B+filename%3D%22Budsjettforslag2015web.pdf%22&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1274505710966&ssbinary=true> (lest 07.04).
- Forskningsrådet. (2015a). *Om Noregs forskningsråd*. Tilgjengelig fra: http://www.forskningsradet.no/no/Om_Forskningsradet/1138650413071 (lest 03.04).
- Forskningsrådet. (2015b). *Stort program (ENERGIX)*. Oslo. Tilgjengelig fra: <http://www.forskningsradet.no/no/Utlisning/ENERGIX/1253979646833> (lest 15.04).
- Fukushima Offshore Wind Consortium. (2012). *Fukushima Floating Offshore Wind Farm. Demonstration Project*. Japan: The University of Tokyo. Tilgjengelig fra: <http://www.fukushima-forward.jp/pdf/pamphlet3.pdf> (lest 04.02).
- Gallagher, K. S., Holdren, J. P. & Sagar, A. D. (2006). Energy -Technology Innovation. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 31: 193-237.
- Geels, J. S. a. F. W. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20 (Eindhoven University of Technology,): 537-554.
- Govindji, A.-K., James, R. & Carvallo, A. (2014). *Appraisal of the Offshore Wind Industry in Japan*. UK: Carbon Trust. 103 s.
- Grubler, A., Nakicenovic, N. & Victor, D. G. (1990). Dynamics of energy technologies and global change. *Energy Policy*, 27 (5): 247-280.
- Grubler, A. (2012). Energy Transitions research: Insights and cautionary tales. *Energy Policy*, 50: 8-16.
- Grønmo, S. (2001). *Samfunnsvitenskapelige metoder*: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke.
- Grønmo, S. (2007). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS. 440 s.
- Hanson, J., Kasa, S. & Wicken, O. (2011). *Energirikdommens paradokser -Innovasjon som klimapolitikk og næringsutvikling*. Oslo: Universitetsforlaget. 264 s.
- Havkraft. (2015). *The right team for the job*. Tilgjengelig fra: <http://www.havkraft.no/the-havkraft-team/> (lest 01.04).
- Hekkert, M. P., R.A.A., S., S.O., N., S., K. & R.E.H.M., S. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting & Social Change*, 74: 413-432.
- Hekkert, M. P. & Negro, S. O. (2008). *Innovation Systems and Technological Change*. Department of Innovation Studies: Utrecht University. Tilgjengelig fra: <http://www.geo.uu.nl/isu/pdf/isu0810.pdf> (lest 08.01).
- Hughes, T. P., Bijker, W. E. & Pinch, T. (2012). *The Social Construction of Technological Systems: new directions in the sociology and history of technology*. Anniversary Edition. USA: MIT press. Tilgjengelig fra: http://monoskop.org/images/1/1f/Bijker_Hughes_Pinch_eds_The_Social_Construction_of_Technological_Systems._New_Directions_in_the_Sociology_and_History_of_Technology_no_OCR.pdf (lest 17.02).
- Innovasjon Norge. (2014). *Statsbudsjett 2015 - oppdragsgiver innovasjon norge*. Oslo: Det kongelige Nærings- og Fiskeridepartement. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/content/assets/ab7b70cc80924f038a26a89417d0eb66/oppdragsbrev2015_innovasjon norge.pdf (lest 25.03).
- IRENA. (2012). *Renewable energy technologies: cost analysis series. Wind Power*: International Renewable Energy Agency. Tilgjengelig fra: http://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-wind_power.pdf (lest 5/5).
- Jacobsson, S. & Johnson, A. (1998). The dilution of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy Policy*, 28 (Department of Industrial Dynamics, School of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology): 625-640.
- Japan for Sustainability. (2009). *World's First Hybrid Spar*. I: test, W. s. f. h. s.-t. p. f. f. w. t. s. i. d. (red.). Tilgjengelig fra: http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id029511.html (lest 05.02).
- JEC magazine. (2008). *An experimental vertical-axis wind turbine system with Bellshion blades*: JEC group. Tilgjengelig fra: <http://www.jeccomposites.com/news/composites-news/experimental-vertical-axis-wind-turbine-system-bellshion-blades> (lest 02.03).
- Johnson, A. & Jacobsson, S. (2000). *Technology and the Market. Demand, Users and Innovation*. Inducement and blocking mechanisms in the development of a new industry: Edward Elgar Publishing Ltd. .
- Johnson, A. (2001). Functions in Innovation system approaches. Paper for DRUID's Nelson-Winter Conference: Chalmers University of technology. 19 s.
- Junginger, M. (2005). *Learning in renewable energy technology development*: Universiteit Utrecht. 215 s.
- Kobos, P. H., Erickson, J. D. & Drennen, T. E. (2006). Technological learning and renewable energy costs: implications for US renewable energy policy. *Energy Policy*, 34 (13): 1645-1658.
- Krokstad, J. (2015). *R&D as input to cost of energy reduction*. EERA DeepWind2015: Statkraft. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/globalassets/project/eera-deepwind-2015/presentations/closing/closing_krokstad_statkraft.pdf (lest 06.02).

- Kyushu University. (2012). *Demonstration Test of Offshore Wind Farming in Hakata Bay Kicks Off*. Tilgjengelig fra: http://www.kyushu-u.ac.jp/english/topics/index_read.php?kind=&S_Category=N&S_Page=English&S_View=&word=&page=&B_Code=4330 (lest 19.02).
- LLC. (2013). *Japan's floating offshore wind projects; an overview*. Main International Consulting. Tilgjengelig fra: <http://www.maine-intl-consulting.com/resources/MIC+Japan+Floating+Projects+May+2013+for+MOWII+Webinar.pdf> (lest 27.02).
- LLC. (2014). *Japan's Floating Offshore Wind Projects*. Energy Ocean, Atlantic city: Main(e) International Consulting.
- Lundvall, B.-Å. (1998). *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*, b. The Anthem other canon series. UK: Anthem press.
- Martinsen, T. (2011). Technology learning in a small open economy-The systems, modelling and exploiting the learning effect. *Energy Policy*, 39 (5): 2361-2372.
- Menon. (2012). *Ringvirkningsmetodikk til bruk for næringsstudier i forvaltningsplanarbeidet*. Håndbok og bakgrunnsrapport. Tilgjengelig fra: <http://menon.no/upload/2013/10/02/rapport-46-2012-metode-for-ringvirkningsanalyse-i-forvaltningsplanarbeidet-bakgrunnsrapport.pdf> (lest 02.05).
- Miljøportalen. (2015). *Vellykket test for Havkraft*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljøteknologi.no/Aktuelt/Vellykket-test-for-Havkraft/> (lest 13.04).
- Mitsui. (2010). *Initial design of TLP for offshore wind farm*. Tilgjengelig fra: http://windeng.t.u-tokyo.ac.jp/ishihara/proceedings/2010-6_paper.pdf (lest 17.02).
- MODEC. (2013). *Floating wind & current hybrid power generation*. Japan. Tilgjengelig fra: <http://www.modec.com/fps/skwid/pdf/skwid.pdf> (lest 20.02).
- Myhr, A., Bjerkeseter, C., Ågotnes, A. & Nygaard, T. A. (2014). Levelised cost of energy for offshore floating wind turbines in a life cycle perspective. 714-728.
- Myhr, A., Bjerkeseter, C., Ågotnes, A. & Nygaard, T. A. (2014). Levelised cost of energy for offshore floating wind turbines in a life cycle perspective. *Renewable Energy*, 66: 714-728.
- NauticaWindpower. (2015). *Licenses*. US. Tilgjengelig fra: http://www.nauticawindpower.com/design_advantage/ (lest 09.04).
- Nilsson, D. & Westin, A. (2014). *Floating wind power in Norway - analysis of future opportunities and challenges*. Lund Universitet, Division of Industrial Electrical Engineering and Automation Faculty of Engineering. 139 s.
- Norfund. (2015). *Om Norfund*. Norge. Tilgjengelig fra: <http://www.norfund.no/om-norfund/category272.html> (lest 11.04).
- NORWEA. (2012). *Vindkraftens ABC*. Oslo. Tilgjengelig fra: <http://www.vindportalen.no/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FVindkraftens+ABC.pdf> (lest 03.01).
- NOWITECH. (2015). *Innovations in offshore wind energy*. Deepwind2015. Trondheim: NOWITECH. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/globalassets/project/deepwind-2013/deepwind-presentations-2013/opening-session/tande-j.o_sintef.pdf (lest 07.02).
- NREL. (2003). *Feasibility of Floating Platform Systems for Wind Turbines*. US: National Renewable Energy Laboratory. Tilgjengelig fra: <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34874.pdf> (lest 09.03).
- NREL. (2005). *Engineering Challenges for Floating Offshore Wind Turbines*. Copenhagen Offshore Wind Conference Denmark: NREL. Tilgjengelig fra: http://wind.nrel.gov/public/SeaCon/Proceedings/Copenhagen.Offshore.Wind.2005/documents/papers/Future_innovative_solution/S.Butterfield_pp.pdf (lest 14.03).
- NREL. (2011). *Loads analysis of several offshore floating wind turbine concepts*. Hawaii: National Renewable Energy Laboratory. Tilgjengelig fra: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/50539.pdf> (lest 11.02).
- NVE. (2014). *Elsertifikater: Statusrapport*. Oslo: Norges vassdrag og energidirektorat. Tilgjengelig fra: http://www.nve.no/Global/Elsertifikater/kvartalsrapporter-Elsertifikater/elsert_4kv13_06022014.pdf (lest 12.04).
- NVE. (2015). *Vindkraft: Norges Vassdrag og Energidirektorat*. Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/no/Konsesjoner/Konsesjonssaker/Vindkraft/> (lest 04.01).
- NWF. (2013). *Incentivizing Offshore Wind*. National Wildlife Federation. Tilgjengelig fra: <https://http://www.nwf.org/pdf/OffshoreWind/Incentivizing-Offshore-Wind-Fact-Sheet.pdf> (lest 21.03).
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2014). *Statsbudsjettet 2015 - oppdragsbrev til siva*. Oslo: NFD. Tilgjengelig fra: <http://siva.no/wp-content/uploads/2015/03/oppdragsbrev-2015-for-siva-fra-nfd.pdf> (lest 18.04).
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2014). *Prop. 1 S (2014-2015)*. Oslo: NFD. Tilgjengelig fra: https://http://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/Prop-1-S-20142015/id2005453/?docId=PRP201420150001NFDDDEPIS&ch=1&q=®i_oss=10&ref=search&term= (lest 01.04).
- OED. (2014a). *Energi 21 - del 1*. Strategi 2014. Oslo: Olje og energidepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername=Content-Disposition%3A&blobheadervalue1=+attachment%3B+filename%3D%22Energi21201>

- [4del1web.pdf%22&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1274505420137&ssbinary=true](#) (lest 05.01).
- OED. (2014b). *Energi 21 - del 2*. Oslo: Olje og energidepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadervalue1=Content-Disposition%3A&blobheadervalue1=+attachment%3B+filename%3D%22Energi212014del2web.pdf%22&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1274505391247&ssbinary=true> (lest 05.01).
- Offshore Wind Power Systems of Texas. (2015). *Titan200 Deep Offshore Platform*. US. Tilgjengelig fra: http://offshorewindpowersystemsoftexas.com/titan_200_deep_offshore_platform (lest 11.03).
- OFGEM. (2014). *Renewables obligation: guidance for licensed electricity suppliers*. Tilgjengelig fra: <https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/58129/ro-supplier-guidance.pdf> (lest 27.04).
- Ole-Christen Enger & Magnus Valmot. (2010). *Offshore wind power - Industrial opportunities in Norway*. Trondheim: NTNU, Department of Industrial Economics and Technology Management Strategy and International Business Development. 126 s.
- Paulsen, U. S. (2015). *Outcomes of the DeepWind conceptual design*. DeepWind2015, Trondheim: Danish Technical University DTU.
- PelagicPower. (2015). *Mobilising the total offshore renewable energy resource*. Tilgjengelig fra: <http://www.pelagicpower.no/> (lest 15.01).
- Raven, R., Bosch, S. v. d. & Weterings, R. (2010). Transitions and Strategic Niche Management: Towards a Competence Kit for Practitioners. *Technology Management* 51: 57-74.
- REcharge. (2015). *IN DEPTH: 'Win-Win' plan to tap wind for oil extraction*. Tilgjengelig fra: <http://www.rechargenews.com/wind/1392391/in-depth-win-win-plan-to-tap-wind-for-oil-extraction> (lest 15.04).
- Renewable energy magazine. (2013). *Ocean energy*. Tilgjengelig fra: <http://www.renewableenergymagazine.com/article/wave-hub-to-install-and-operate-pelastar-20130909> (lest 02.03).
- Renewables Advisory Board. (2010). *Value breakdown for the offshore wind sector*. Tilgjengelig fra: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48171/2806-value-breakdown-offshore-wind-sector.pdf (lest 24.04).
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the black box. Technology, economics, and history*. United Kingdom: Cambridge University Press. Tilgjengelig fra: <http://books.google.ca/books?id=yfmQps9Cij8C&printsec=frontcover&hl=no-v=onepage&q&f=false> (lest 19.01).
- Schumpeter, J. A. (1983). *The theory of economic development*. USA: Harvard University Press. Tilgjengelig fra: <http://books.google.ca/books?id=-OZwWcOGeOwC&printsec=frontcover&hl=no-v=onepage&q&f=false> (lest 28.03).
- Skjølvsvik, K. O. (2008). *Potensialet for havenergi i Norge*. Enova fagseminar. Oslo: Enova. Tilgjengelig fra: http://bellona.no/filearchive/fil_Enova_presentation_havenergi_Bellona.pdf (lest 02.04).
- Smit, T., Junginger, M. & Smits, R. (2007). Technological learning in offshore wind energy: Different roles of the government. *Energy Policy*, 35 (12): 6431-6444.
- Smith, D. (2010). *Exploring Innovation*: McGraw-Hill Higher Education
- Spørreundersøkelser.no. (2015). *Svarprosent og spørreundersøkelsens pålitelighet*. Tilgjengelig fra: <http://www.xn--sporreunderskelser-10bj.no/index.asp?valg=Svarprosent-palitelighet> (lest 10.03).
- Statkraft. (2015). *R&D as input to cost of energy reduction*. DeepWind2015. Trondheim: Jørgen R. Krokstad. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/globalassets/project/eera-deepwind-2015/presentations/closing/closing_krokstad_statkraft.pdf.
- Statoil. (2014a). *Kommersialisering av Hywind -i et marked i utvikling*. Enovakonferansen 2014 - Det grønne gullet. Tilgjengelig fra: <http://enovakonferansen.enova.no/upload/images/DD1290A5BF5F459A8A5E0B5BD6CD9C11.pdf> (lest 15.02).
- Statoil. (2014b). *Offshore Wind in Statoil*.
- Statoil. (2015). *Hywind Scotland -status and plans*. EERA DeepWind 2015 Trondheim (lest 06.02).
- Sway. (2015). *Sway concept*. Tilgjengelig fra: <http://www.sway.no/?page=166> (lest 07.01).
- The Crown Estate, RenewableUK, Offshore wind program board & Green Investment Bank. (2015). *UK offshore wind: opportunities for trade and investment*. Deepwind2015. Trondheim. Tilgjengelig fra: http://www.greeninvestmentbank.com/media/44638/osw-pitchbook_dec-2014.pdf (lest 14.04).
- Tong, K. C. (1998). Technical and economic aspects of a floating offshore wind farm. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 74-76: 399-410.
- TU. (2014). *SWAY TURBINE -Derfor gikk Sway Turbine konkurs*. Teknisk ukeblad: Jannicke Nilsen. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/kraft/2014/05/22/derfor-gikk-sway-turbine-konkurs> (lest 04.05).
- TU. (2015). *Staten har brukt 750 millioner på havvind - fortsatt har vi ingen havvindpark*. Teknisk ukeblad: Janicke Nilsen. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/kraft/2015/03/05/state>

- n-har-brukt-750-millioner-pa-havvind---
fortsatt-har-vi-ingen-havvindpark.
- Ulla, T. (2014a). *Dominant design*. Statoilkontoret i Oslo (30.09).
- Ulla, T. (2014b). *Prosjektisme*. Statoilkontoret i Oslo (30.09).
- Upton, G. & Dismukes, D. (2013). *Economies of Scale, Learning Curves and Offshore Wind Development Costs*. Louisiana State University. Tilgjengelig fra: [http://www.usaee.org/usaee2013/submissions/Presentations/Overnight Cost Presentation.pdf](http://www.usaee.org/usaee2013/submissions/Presentations/Overnight%20Cost%20Presentation.pdf) (lest 06.05).
- Volden, G. H., Bull-Berg, H., Skjeret, F., Finne, H. & Hofmann, M. (2009). *Vindkraft offshore og industrielle muligheter*. Trondheim: SINTEF. Tilgjengelig fra: https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/industriell_og_konomi/rapporter/sintef-rapport-versjon8-enderlig.pdf (lest 16.01).
- Vryhof anchors. (2010). *The Guide to Anchoring*. The Netherlands: Vryhof anchors.
- Weiss, J., Sarro, M. & Berkman, M. (2013). *A Learning Investment-based Analysis of the Economic Potential for Offshore Wind: The case of the United States* Tilgjengelig fra: <http://www.cesa.org/assets/2013-Files/OSW/BrattleA-Leaning-Investment-based-Analysis-of-Econ-Potential-for-OSW-2.28.13-final.pdf> (lest 07.05).
- Windpower. (2014). Japan plays the long game with floating technology. Tilgjengelig fra: <http://www.windpowermonthly.com/article/1228423/japan-plays-long-game-floating-technology> (lest 10.04).
- Zwaan, B. v. d., Rivera-Tinoco, R., Lensink, S. & Oosterkamp, P. v. d. (2011). Cost reductions for offshore wind power: Exploring the balance between scaling, learning and R&D. *Renewable Energy*, 41: 389-393.

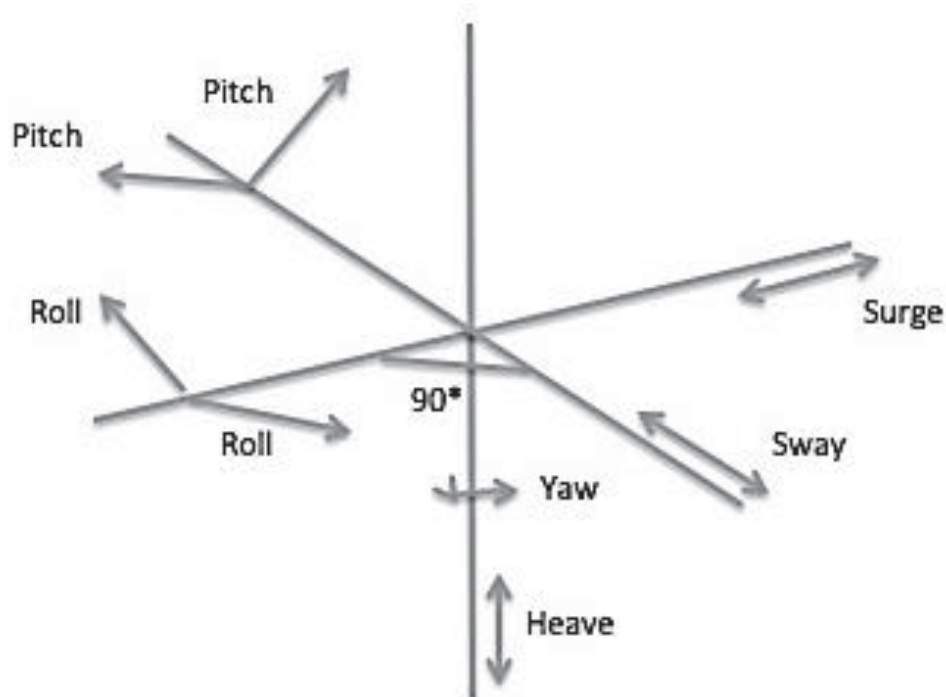
VEDLEGG A – TEKNISKE UTFORDRINGER

Tabell 1 – Tekniske utfordringer til flytende plattformer. + er en relative fordel og – er en relativ ulempe for konseptet. Kilde: (NREL 2005)

Plattformdesign utfordringer	A: Spar	B: <u>TLP</u>	C: Flyter
Design verktøy og metoder	-	+	-
Flytetank (kostnad/kompleksitet)	-	+	-
Forankringssystemer (kostnad/kompleksitet)	-	+	-
Anker (kostnad/kompleksitet)	+	-	+
Installasjon (potensial)	+	-	+
Fjerning og vedlikehold	+	-	+
Korrosjonsresistent	+	+	-
Havdyp avhengig	-	-	+
Sensitivitet til havbunnsforhold	+	-	+
Minimalt med fotavtrykk til omgivelser	-	+	-
Bølge sensitivitet	+	+	-
Turbin vekt	-	-	+
Tårnets bevegelser på toppen	-	+	-
Kontroll kompleksitet	-	+	-
Minimum krengevinkel	-	+	-

VEDLEGG B – BAKGRUNNSINFORMASJON OM FYSISKE KREFTER

Det er ikke slik at et konsept alltid kun bruker én type teknologi. Flytende havvind bruker i mange tilfeller hybridløsninger, men ofte er det valgt ut en hoved metode for å oppnå stabilitet. Grunnen til at stabilitet er så viktig er fordi det er ulike krefter som påvirker den flytende strukturen. Det er seks fysiske krefter som påvirker stabiliteten. Disse kreftene blir på engelsk kalt; surge, sway, heave, roll, pitch og yaw (DNV 2013). En flytestruktur kan bevege seg i den vertikale retningen, i den horisontale retningen eller i tverretningen. Disse blir henholdsvis kalt heave, surge og sway. For en flytende turbin vil hovedvindretningen være i samme retningen som surge retningen. Roll, pitch og yaw vil rotere rundt hver sin akse. Kraftene skaper bevegelse i konstruksjonen, og dersom designet ikke er optimalt kan konstruksjonen risikere å synke. De tre hovedkonseptene for flytende havvind har løst denne problematikken på ulike måter.



Figur 20 – Krefter som virker på en flytende struktur.
Kilde: (DNV 2013)

VEDLEGG C – BAKGRUNNSINFORMASJON OM MILJØFAKTORER

Grunnen til at man opplever ulike konsepter for tilnærmet lik teknologi er fordi aktørene i markedet tilpasser sine prosjekter til spesielle nisjeforhold med tanke på miljøforhold og optimalisering. Designet på teknologien vil være spesifisert forhold ulike miljøforhold. Dette prinsippet går ut på at mange like lokasjoner med tilnærmet like miljøforhold kan bruke den samme teknologien (DNV 2013). Miljøbelastningen kan komme fra vind, jordskjelv, tidevannet, snø/is, marin gjengroing og hydrodynamiske belastninger. De ulike miljøklassene blir vurdert ut ifra (DNV 2013):

- Signifikant bølgehøyde H_s
- Maksimal bølgeperiode T_p
- Gjennomsnittlig bølgeretning
- Retningsbestemt spredning av bølgene
- 10 minutter gjennomsnittlig vind- hastighet i en spesifikk referanse høyde U10
- Standardavviket av vindhastigheten Q_u
- Gjennomsnittlige vindhastighet
- Skjevheter mellom vindretningen og bølgeretningen

For å få informasjon om disse forholdene er det nødvendig med kartlegging av de ulike miljøforholdene. Dette gjøres ved å bruke Lidar og sonar teknologi (Carbon Trust 2014b).

Vind

Vind blir representert ved hjelp av U10 og Q_u ved en spesifikk referansehøyde. U10 måler intensiteten til vinden gjennom ti minutter. Q_u måler variasjonen fra gjennomsnittet. Ved ekstreme vindforhold vil ikke disse to parameterne være tilstrekkelige. Da er det ikke tilstrekkelig å bruke U10, men det burde heller bli brukt U60. Vindkast og varigheten til dem er svært viktig for designet av turbinen. Alle vindkast med en varighet på mer enn 10,5 sekunder skal tas høyde for i designet. Det kan oppstå ekstreme vindkast. Ved utregning av vindkast kan man gjøre ved hjelp av tid, varighet, høyde, vindprofil og forskjellen mellom maks. og min. vindhastighet ved et vindkast (DNV 2013).

Gjennomsnitt vindhastighet målt i 10 moh. løpet av 10 minutter er svært forskjellig for ulike regioner (DNV 2013). I norske farvann ligger gjennomsnittet av U10 på 41 m/s. I farvann rundt Japan ligger gjennomsnittet av U10 på 38,7 m/s. På vestkysten av USA ligger verdien på 31 m/s. Dataene går ut i fra en sannsynlighet for at denne vindhastigheten kan inntreffe for et gitt år på 2 %. Det kan være store lokale forskjeller fra disse tallene, men de gir en indikasjon på ulike miljøklasser.

Bølger

Bølger blir representert ved H_s og T_p . H_s blir definert som fire ganger standardavviket av sjøhøyden. T_p er relatert til gjennomsnittshøyden til sjøen. Bølger oppstår som følge av vinden. Det kan føre til at det oppstår dønninger som kan ha en helt annen retning enn de vind genererte bølgene. Det må bli tatt høyde for 50-års bølgehøyde i designet av turbinkonstruksjonen. Den blir estimert ved hjelp av en faktor gange 50-års signifikant bølgehøyde, (faktoren kan ha en verdi på 2). Det er viktig at designet til turbinen tar høyde for tsunamibølger (DNV 2013).

I følge data publisert av DNV GL så varierer den signifikante bølgehøyden gjennom tre timer med stasjonære sjø forhold markant fra region til region. Dataene har en 2% sannsynlighet for å inntreffe for et gitt år. I farvannet rundt Storbritannia er Hs målt til å være på 8,1 meter. I farvannet rundt Norge er Hs på 14,4. I farvannet rundt Japan er Hs på 13,8 meter, mens på vestkysten av USA er den Hs verdien på 16.1 meter.

Havstrømmer

Havstrømmer kan påvirke stabiliteten til flytende konstruksjoner. Det er derfor viktig å bli kartlagt.

Havdybde

Havdybden påvirker hva slags type forankring og konsept som er aktuelt. Dette er viktig for definisjonen av en miljøklasse.

Vannivå

Vannivået blir påvirket av tidevannet og er viktig å ta inn i beregningen for designet og miljøklassene for flytende vindturbiner. Det er både høyverdier og laveverdier som følge av tidevannet og det er viktig å ta begge disse verdiene med inn i betraktningene (DNV 2013).

Seismisk aktivitet

Sensitiviteten konstruksjonen har til jordskjelv og andre seismiske aktiviteter er svært viktig, spesielt for TLP konsepter (DNV 2013).

Grunnforhold

Grunnforhold har stor betydning for hva slags type forankring og ankere som skal bli brukt. Grunnforhold er derfor viktig forhold til definisjonen av miljøklassene. Det er to hovedkategorier for sedimenter. Det er leire og sand. Sand kan bli delt inn i fin, medium eller grovkornet. Disse typene har ulik friksjonspåvirkning noe som gjør at ulik teknologi er egnet. Leire blir delt inn i seks ulike kategorier, fra veldig myk til svært hard leire (DNV 2013).

Andre miljøfaktorer

Salt nivåene i havet betyr noe for hva slags materiale som skal bli valgt på konstruksjon. Saltet har også innvirkning på flyteevnen til konstruksjonen og dermed også stabiliteten. Temperatur er en annen faktor som er svært viktig. Det gjelder både temperaturen på sjøvannet, men også i atmosfæren i det aktuelle område. Både høye og lave verdier kan påvirke designet på den flytende strukturen. Ved lave temperaturer kan det oppstå ising, som er svært sentralt for vekten på konstruksjonen. Marin tilgroing som følge av alger og andre mikroorganismer må være kartlagt forhold til vektøkning og økt dimensjoner av konstruksjonen.

NORGE

I Norge er det seks konsepter som er under utvikling.

Hywind

Statoil utviklet det første flytende fullskala demoprojektet i verden. Konseptutviklingen for denne teknologien ble startet i 2001. I 2005 ble teknologien testet i et havlaboratoriet, og i 2009 stod demoprojektet ferdig (Statoil 2014a). Den 2,3 MW store Simens turbinen var verdens første flytende havvindturbin som var koblet direkte til el-nettet på land. Konseptet av sparbøyen er utviklet av Statoil. Konstruksjonen består av en stålsylinder fylt med vann og stein og veier 138 tonn. Søylen strekker seg 100 meter under havoverflaten, og er festet med tre ankerfester. Turbinen har produsert 40 GWh siden oppstart, og har en kapasitetsfaktor på 40%. Turbinen har overlevd en vindstyrke på 40 m/s og en maks bølgehøyde på 19 meter de siste 5 årene (Statoil 2014a). Statoil ser for seg at det vil bli bygd en pilotpark i Skottland basert på teknologien fra Hywind innen 2016/17. Den skal bestå av fem turbiner med 6MW (Statoil 2015). Kommersialisering av teknologien er forventet å skje i løpet 2020-2030 tallet (Statoil 2014a).

Sway

Sway har utviklet et annet "spar bouy" konsept i Norge. Dette konseptet skiller seg fra andre konsepter ved at turbinen er vendt bort fra den dominerende vindretningen. Turbinen er forankret som en TLP som kan dreie slik at turbinen alltid står rett forhold til vindretningen. Konseptet har blitt verifisert gjennom åtte år og det er blitt sjøsatt en pilot. Teknologien er tidligere brukt i olje og gass industrien (O&G). Konseptet er antatt å ha mulighet for store kostnadsreduksjoner sammenliknet med andre flytende konsepter. Det blir antatt at konseptet vil ha tilnærmet lik kostnadsramme som en bunnfast (Sway 2015). Selskapet startet konseptutviklingen allerede i 2001, og i 2011 ble den første prototypen vellykket utplassert. Utviklerne gikk midlertidig konkurs i 2014, og solgt konseptet til General Electric (TU 2014).

W2Power

Prosjektet er utviklet av det norske firmaet Pelagic Power, og er basert på et hybridkonsept for å utnytte både energien fra vind og bølger. Konseptet er basert på to 3,6 MW turbiner på hver sin side av en trekantformet plattform. I det tredje hjørnet er kraftuttaket for bølgeteknologien. Plattformen er forventet å levere mer enn 10 MW i områder med mye bølger. Monteringen er mulig å ferdigstille i havner, og dermed er det mulig med tauing av hele installasjonen til bestemt lokasjon. Dette er kostnadsbesparende forhold til å gjøre monteringen til havs. Konseptet vil være tilgjengelig på markedet i løpet av 2015 (PelagicPower 2015).

WindSea

Dette prosjektet er utviklet av Force Technology og NLI innovation. Dette er et semisub konsept består av tre turbiner på en flyter. Konstruksjonen står alltid rettet med to av turbinene mot vindretningen. Den bakerste turbinen er bygd høyere enn de to andre. Den er for løping testet i en testtank med turbinstørrelse på 1 MW, men målet er at flyteren vil bestå av tre 3,6 MWs turbiner. Plattformen er halvt nedsenkbar og har en slakk forankring. Dette gjør det mulig for plattformen å rotere for å utnytte vindressursen best mulig.

H-WEC

Dette er et hybridkonsept som utnytter både bølge og vindenergi. Det er Havkraft som er utvikler av prosjektet, men prosjektet har en rekke ulike samarbeidspartnere. Blant disse er; Patent office, Shipyard, Innovasjon Norge, Visma, Price Waterhouse Coopers, Norwegian Centre of Expertise Maritime, Connect Vest og Frequency (Havkraft 2015). Teknologien består av en flyter der bølgene presser luft opp et rør som spinner en turbin. Dette fører til at virkningsgraden på turbinene er på over 35%. Teknologien er ble i 2013 testet i samarbeid med Marintek og i 2014 ble konseptet sjøsatt (Miljøportalen 2015).

WinWin

DNV GL har gjennom et samarbeid med seks av de største og mest etablerte aktørene innenfor havvind og O&G utviklet. Konseptet går ut på å bruke en sparbøye til å drive en undervannspumpe til å injisere ubehandlet sjøvann inn i et oljereservoar. Aktørene mener at dette konseptet kan bli konkurransedyktig mot tradisjonelle løsninger i O&G industrien i løpet av kort tid (REcharge 2015).

USA

I USA er det tre ulike prosjekter som utvikler ulike konsepter for flytende havvind.

DeepCWind

Prosjektet hadde i 2013 den første flytende prototypen som var koblet til el-nettet på fastlandet i USA. Prosjektet har en rekke ulike samarbeidspartnere, og er delt inn i åtte ulike faser. For utvikling av flyte konseptet er det AEWG, Maritime Academy, Technip, NREL, Sandia National Labs, Ashland, Kenway Corporation, Harbor Technologies, PPG Industries, Owens Corning, Zoltek, og Polystand som deltar (DeepCWind 2015). University of Maine spiller en stor rolle i testingen av teknologien. Samarbeidspartnerne har som mål å bli ledende i teknologiutvikling i USA. De har kommet opp med tre ulike konsepter, en TLP, en semisub og en sparbøye. Disse konseptene ble i 2013 testet nær kysten av Maine. Kapasiteten til turbinen var på 20 kW, men målet er å velge ett av konseptene og oppskalere størrelsen til 6 MW innen 2017 (EWEA 2013a).

Nautica Windpower

Selskapet ble i 2011 valgt ut av amerikanske myndigheter til å utvikle konsepter for flytende havvindteknologi. Selskapet har nå patent på "Advanced Floating Turbine" (AFT) teknologien. Konseptet er svært likt det norske konseptet utviklet av Sway. Konseptet består av en dyptgående flyter med ballast, har en stram forankring, er vendt fra vindretningen. Den største forskjellen fra Sway konseptet er at det blir satset på to vingelader istedenfor tre. Det er forventet en 75% reduksjon i vekten på konstruksjonen sammenliknet med de andre plattform konseptene (NauticaWindpower 2015).

Titan 200

Konseptet er utviklet av Offshore Wind Power Systems of Texas og hovedkontoret befinner seg i Houston. Titan200 plattformen kan bli tauet til aktuell lokasjon for deretter senke seg selv ned. Dette gjør at det ikke trengs å utføres vanskelige løft. Plattformen til konseptet er basert på et design der tre stål sylindere blir senket ned i vannet for å oppnå stabilitet. Tårnet er plassert i midten av disse tre søylene. Plattformen kan tåle en storm som er kategorisert som CAT 5 (Offshore Wind Power Systems of Texas 2015).

STORBRITANNIA

I Storbritannia er tre prosjekter for flytende havvind under utvikling.

Aero-generator X

Konseptet er utviklet av Wind Power Limited og er svært unikt. Konstruksjonen består av to roterende blader som roterer horisontalt rundt plattformen. Konstruksjonen er halvparten så høy som andre flytende havvind konsepter, men har en lengde på 275 meter. Den veier halvparten av tilsvarende konsepter og det meste av vekten er konsentrert i bunn av konstruksjonen for å oppnå stabilitet (4Coffshore 2015).

Pelastar

Konseptet er utviklet av det amerikanske selskapet the Glisten Associates som samarbeider med Alstom. Konseptet består av en TLP prototype med en 6 MW floating Haliade 1500 turbin for dypt vann. Konstruksjonen har stram vertikal forankring med fem forankringspunkter (Renewable energy magazine 2013).

Ocean Breeze

Dette konseptet er utviklet av Xanthus Energy. Konseptet er basert et TLP teknologi som er forankret til et rektangulært fundament på havbunnen bestående av betong og stål. Det er en stram vertikal forankring til dette fundamentet. Konseptet er basert på oppdrift. Konseptet har en begrensning ved at den kun støtter turbiner til en havdybde på 60 meter (Energy 2015).

JAPAN

I Japan finnes det forskjellige estimerer for antall prosjekter som utvikler flytende havvind. Etter en nøye gjennomgang av litteratur er det seks prosjekter det er mulig å finne utfyllende informasjon om. Det er en rekke prosjekter og samarbeidspartnere som har som mål å teste sin teknologi i japansk farvann. Blant dem er Statoil, Glisten, Principal Power og IDEOL. Disse vil ikke bli diskutert nærmere her (Carbon Trust 2014b).

Kabashima Island, Kyushu

Dette konseptet er utviklet som et samarbeid mellom en rekke ulike aktører i Japan. De involverte er; Toda Constuction, Fuji Heavy Industries, Kyoto University, National Maritime Research Institute of Japan. Prosjektet blir finansiert av Japanese Ministry of Environment. Den første demoen hadde en turbinstørrelse på 1 kW. Den fullskala piloten på 2 MW stod ferdig i 2013 og består av en sparbøye med en total lengde på 170 meter og en rotor diameter på 80 meter. Den nederste delen av sparbøyen består av super hybrid betong (LLC 2013).

Hakata Bay Wind Lens, Kyushu

Konseptet er utviklet av Kyushu University og demoen av konseptet var klar i 2011. Prosjektet leverte energi til el nettet på land (EWEA 2013a). Teknologien består av en flytende plattform som er formet som et heksagon. Plattformen er 18 meter i diameter. På denne plattformen er det plassert to turbiner på 3 kW sammen med solcellepaneler. Turbinene skiller seg fra konvensjonelle turbiner ved at det er plassert en sirkelformede bremme rundt vingbladene på turbinen. Denne nye teknologien lager en lavtrykkssone bak turbinen. Dette fører til at av vinden foran turbinen blir utnyttet 2 til 3 ganger bedre enn konvensjonelle HAWT turbiner. Dette konseptet gir derfor en økt produksjon

sammenliknet med andre konsepter. Det er antatt at kostandene vil være på ca. \$952 til \$1429 per kilowatt (kW) (Kyushu University 2012). Prosjektet har som mål å lage en stor vindfarm der flere av plattformen er satt sammen. Et fremtidig mål for prosjektet er at systemet skal generere strøm fra både vind, sol, tidevannet og bølger (Carbon Trust 2014a).

Fukushima Offshore Wind

Fukushima prosjektet er et demonstrasjonsprosjekt der det satses på semi-sub (LLC 2014). Det er et samarbeid mellom Marubeni Coporation og 10 andre samarbeidspartnere. Disse er; The University of Tokyo, Mitsubishi Corporation, Mitsubishi, JMU, MES, Nippon Steel & Sumitomo metal corporation, Mizlho, Hitachi, Furukawa electric og Shimz. Prosjektet er delt inn i to faser. I første fase ble det utviklet en 2 MW semisub plattform med fire søyler, og en substruktur. Disse stod ferdig i 2013. I løpet av 2015 vil det bli installert to turbin på 7 MW. Dette bli verdens største flytende havturbiner. Den ene turbinen er basert på en avansert sparbøye der konstruksjonen under vann har et helt nytt konsept sammenliknet med andre sparbøyer. Den andre turbinen er en V-formet semisub. Plattformen er trekantformet og vil være forankret med åtte slakke forankringspunkter (Fukushima Offshore Wind Consortium 2012). METI støttet prosjektet med U\$12,2 million i 2011 (Windpower 2014).

Modec Squid

MODEC i Japan har utviklet et hybridkonsept der både vind og tidevannsressursen blir utnyttet. Det blir brukt en VAWT med en Darrius turbin. Dette fører til at turbinen kan utnytte lav og høyhastighets vind dobbelt så effektivt sammenliknet med konvensjonelle turbiner bestående av tre blader. Den sirkulære plattformen har et lavt gravitasjonssenter som skaper stabilitet. Flyteren har stram forankring med helning (MODEC 2013).

Mitsui Zosen

Selskapet har utviklet og testet et konsept for TLP. Konseptet er spesielt utviklet for å tåle ekstremvær og jordskjelv. Konseptet består av en flytende struktur med et senter og tre utstikkere fra dette senteret. Plattformen er forankret med to stramme vertikale ankerfester (Mitsui 2010).

Sasebo

I 2009 ble det utviklet en skalert prototype av en hybrid sparbøye. Konseptet bestod av både stål og betong og ble testet med en 1 kW turbin. Høyden er 55 meter og den ble installert Teknologien er utviklet av Kyoto University, Toda, Sasebo Heavy Industries og Nippon Hume (Japan for Sustainability 2009)

VEDLEGG E – ESTIMAT FOR LÆRINGSKURVE

Læringsrater blir ifølge Grubler et al. (1990) beregnet ut i fra historiske data. I dette caset blir læringsraten beregnet ut i fra forventede tall for fremtiden.

Case: Hywind

Alle tall er estimater for kostnadene, og regnet ut ifra Figur 5 og 6.

Siden Storbritannia har et mål om 100 pund per MWh. Se Figur 5.

Hywind pilot: 170 pund per MWh. Se Figur 5.

Hywind demo: 170 pund per MWh * 4 = 680 pund per MWh. Se figur 6.

Hywind demo 2009: 2,3MW og 680 pund per MWh

Hywind pilot 2017: 30MW og 170 pund per MWh

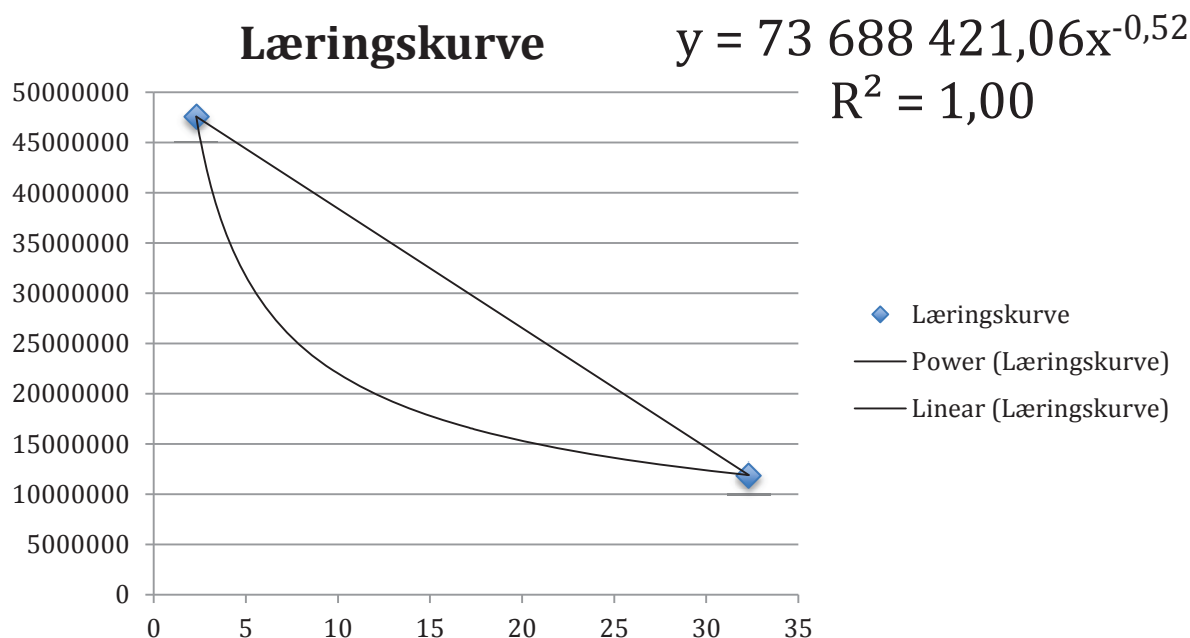
Det blir antatt 3500 fullast timer, og 20 års levetid.

For å få pund per MW:

Hywind demo 2009: 680 pund per MWh * 3500 t * 20 år = 47 600 000 pund per MW

Hywind pilot 2017: 170 pund per MWh * 3500 t * 20 år = 11 900 000 pund per MW

Ved å sette inn i et log-diagram, der x-aksen er akkumulert produksjon og y-aksen er pund per MW.



Læringsparamenter = 0,52

Fremdriftshastigheten (FR) = $2^{-E} = 2^{-0,52} = 0,6973718332$

Læringsraten = $1 - FR = 1 - 2^{-E} = 1 - 2^{-0,52} = 0,3026281668 = 0,30 = \underline{30\%}$

Ved dette estimatet vil læringsraten for Hywind være på 30%.

Det blir i de videre utregningene forutsatt at læringshastigheten fortsetter å være 30%.

Statoil har som mål å nå 80 pund per MWh.

For å få pund per MW: $80 \cdot 3500 \cdot 20 = 5\,600\,000$ pund per MW

Dette blir satt som break-even kostnaden.

$$73688421,06X^{-0,52} = 5\,600\,000$$

$$\text{Log} X^{-0,52} = \text{Log} (5\,600\,000 / 73688421,06)$$

$$\text{Log} X = (-1,119211224 / -0,52)$$

$$X = 10^{2,152329271}$$

$$X = \underline{142 \text{ MW}}$$

Ved en installert effekt på 142 MW vil målet om 80 pund per MWh bli nådd.

$$Y = 73688421,06X^{-0,52}$$

$$Y = 73688421,06(142)^{-0,52} = 5600274,463$$

$$\begin{aligned} \int_{2,3}^{142} 73688421,06x^{-0,52} - 5600000 \, dx &= [153517543,9x^{0,48} - 56000000x]_{2,3}^{142} \\ &= \underline{645\,453\,228 \text{ pund}} \end{aligned}$$

For å få norske kroner: $645\,453\,228 \text{ pund} \cdot 12$ (antatt valutakurs) = 7 745 438 731 NOK

Det vil koste 7,7 milliarder NOK for å nå målet om 80 pund per MWh.

Dette estimatet er beregnet fra etter ferdigstillelse av prosjektet i 2009.

Dersom man ser på kostnadene som skal til for å nå målet på 80 pund per MWh fra etter 2017. Altså etter at pilotprosjektet i Skottland er ferdig utbygd.

$$\begin{aligned} \int_{32,3}^{142} 73688421,06x^{-0,52} - 5600000 \, dx &= [153517543,9x^{0,48} - 56000000x]_{32,3}^{142} \\ &= \underline{228\,520\,036,5 \text{ pund}} \end{aligned}$$

For å få norske kroner: $228\,520\,036,5 \cdot 12$ (antatt valutakurs) = 2 742 240 438 NOK

Etter at Hywind pilotprosjektet står ferdig i 2017 vil det koste 2,7 milliarder NOK i læringskostnader før målet på 80 pund per MWh blir nådd.

Finansielle virkemidler kan hovedsakelig være investerings basert eller produksjonsbasert. Både elsertifikater og feed-in tariff er produksjonsbasert (EWEA 2009).

NORGE

I Norge er det en rekke ulike offentlige aktører som gir støtte til prosjektutviklere og teknologileverandører til flytende havvind. Myndighetene etablerte i 2013 miljøteknologiportalen for å skape oversikt over de ulike finansieringsløsningene.

Elsertifikater

Det norske virkemidlet for å fremme satsning på fornybar energi er først og fremst elsertifikater som ble innført i 2012. Prisen på sertifikatet ligger på mellom 20,1-21,1€/MWh frem mot 2017 (NVE 2014). Sertifikatet blir forvaltet av Norges vassdrag og energidirektorat (NVE) og blir gitt til produsenter av fornybar energi. Havvind produsenter faller inn under kategorien NVE har bestemt har rett til å motta slike sertifikater. Disse sertifikatene vil ikke kunne bli brukt før produksjonen fra et anlegg er i gang. Prosjekter for demonstrasjon av umodne teknologiløsninger vil ha mulighet til å motta både støtte fra el sertifikatene og investeringsstøtte fra Enova (Enova 2011).

Investeringsstøtte

Prosjektutviklere kan få støtte til investeringskostnaden fra Enova. Finansiering skjer ved hjelp av energifondet og fondet for klima, fornybar energi og energiomlegging. Havvind kommer inn under støtte til introduksjon av ny teknologi. Støtten til prosjekter under dette programmet blir vurdert individuelt. Det er hovedsakelig to faktorer som begrenser støtten. Det er ekstrakostnader og prosjektets lønnsomhet. Med ekstrakostnader menes at det må bli oppgitt et alternativ til den ønskede innvesteringen. Forskjellen mellom kostnadene på den ønskede innvesteringen og alternativer blir kalt merkostnaden. Støtten som blir gitt av Enova vil være en gitt prosentandel av denne merkostnaden. Støtten er ment for å støtte prosjekter som ikke er bedriftsøkonomiske lønnsomme, men hvert prosjekt kan maks få en støtte på 50% av investeringskostnaden (Enova 2015).

GIEK

Disse to støtte regimene som er nevnt over er hovedsakelig til prosjektutviklere og eiere av prosjekter. Garantiinstituttet for Eksportkreditt (GIEK) har derimot som mandat blant annet å støtte eksportører i å redusere risiko knyttet til drift, finansielle forhold og omdømme. GIEK er underlagt Nærings og fiskeridepartementet (NFD) og skal hjelpe til å redusere både den miljømessige og sosiale risikoen ved å investere i blant annet fornybare energikilder (Nærings- og fiskeridepartementet 2014).

Innovasjon Norge

Innovasjon Norge skal bidra med nyskapning i det norske næringslivet med utvikling av konkurransedyktige norske bedrifter. Organisasjonen satser på å kommersialisering og har økt etableringstilskuddsordningen med 110 millioner kr. for 2015. Det er også spesifikt satt av 330 millioner i støtte til bedrifter innenfor miljøteknologi. Målgruppen for disse midlene er aktører som etablerer pilot og demonstrasjonsprosjekter. (Innovasjon Norge 2014).

Forskningsrådet

Forskningsrådet skal fremme en helhetlig strategisk utvikling forhold til utvikling av nye forskningsfelt, utvikling av høyere kvalitet og støtte nye satsninger som møter samfunnsutfordringer. Under dette mandatet kan aktører innenfor flytende havvind søke om støtte til forskningsprogrammer, frittstående prosjekter (FRIPRO), infrastruktur og institusjonelle tiltak og nettverkstiltak (Forskningsrådet 2015a). ENERGIX er hovedprogrammet som skal sikre en bærekraftig omstilling av energisystemet ved hjelp av å utnytte de fornybare ressursene. Dette programmet har et budsjett på 389 millioner kr. for 2015. 140 millioner skal gå til å støtte innovasjonsprosjekter i næringslivet. (Forskningsrådet 2015b). Det blir også satset på Maritim strategi "stø kurs 2020" som blant annet kan komme tjenesteleverandører og utstyrsleverandører innenfor flytende havvind til gode. MAROFF er rådets viktigste aktivitet for å støtte innovasjon og miljøvennlig verdiskapning i de maritime næringene. EUROSTARS 2 retter seg mot å støtte utviklingen av et bærekraftig næringsliv (Forskningsrådet 2014).

Norfund

Dette fondet ble opprettet av Stortinget i 1997 og blir kalt Statens Investeringsfond for Næringsvirksomhet i Utviklingsland. Fondet har som formål å utvikle bedrifter ved et samarbeid mellom norske og utenlandske aktører. Fondet investerer i blant annet ren energi så det er derfor relevant for norske flytende havvind aktører i utlandet. Norfund gir enten egenkapital eller lån til eksisterende eller nye bedrifter. Fondet kan maksimalt ha 35% i eierandeler (Norfund 2015).

Siva

Siva er et statsforetak eid av NfD. Foretaket er en del av det offentlige virkemiddelapparatet for å fremme innovasjon og næringsutvikling i distriktene i Norge. Dette gjøres ved å støtte oppstartsmiljøer og bedriftsfellesskap. Siva har et ansvar for å støtte profesjonelle aktører som gjør en innsats for utvikling av det norske næringsliv. Støtten blir gitt gjennom enten et inkubasjonsprogram, næringshageprogram eller et innovasjonscluster-program. Førstnevnte er ment for å skape vekst til allerede eksisterende bedrifter. Næringshageprogrammet skal fremme vekst, samarbeid og utvikling ved å samlokalisere bedrifter. Klyngeprogrammet ønsker å utvikle næringsklynger som er konkurransedyktige innen sitt fagområde. Siva har totalt 700 millioner kr. i midler for 2015 (Nærings- og fiskeridepartement 2014).

USA

Amerikanske myndigheters havvind politikk har blitt utviklet helt siden 1800-tallet da den første loven kalt "Rivers and Harbors Act of 1899" der amerikanske føderale myndigheter tok kontroll på all konstruksjon som skulle gjøres i føderalt farvann. I 2005 endret innenriksministeren denne loven til "Energy Act of 2005". Det var "Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement (BOEMRE)" som fikk ansvar for å ivareta dette mandatet (BOEM 2015). I 2010 annonserte "Department of Energy" (DOE) et havvind innovasjons og demonstrasjons initiativ. I 2011 ble det bestemt at 80% av elektrisitetsproduksjonen skal komme fra fornybare energikilder innen 2035. I 2012 bestemte DOE at det skal bli gitt \$168 millioner i støtte over seks år for sju havvind demonstrasjonsprosjekter. Det er tre flytende prosjekter som vil få tilgang til midler av denne støtteordningen (EWEA 2013a). De tre prosjektene er beskrevet i kapittel 3.

"Renewable Energy Certificates" (RECs) er tilsvarende norske opprinnelsesgarantier og gir en produsent av ren energi et sertifikat som kan selges. Dette gir en merverdi for produsenter til flytende havvind (DOE 2015).

I 2013 ble "Incentivizing Offshore Wind Power Act" innført. Denne loven gir alle produsenter som investerer i havvind 30% skattefradrag på investeringskostnaden. Dette gjelder kun for de 3000 første MW'ene som blir investert (NWF 2013).

STORBRITANNIA

Myndighetene i Storbritannia har en stor interesse for flytende havvind og gjorde i 2012 en intensjonsavtale med USA om å akselerere utviklingen av flytende havvind. I 2013 øremerket "Energy Technology Institute" (ETI) 29,6 millioner pund til flytende havvindprosjekter (EWEA 2013a). I tillegg har myndighetene to ulike virkemidler for havvind. Det blir gitt et grønt sertifikat kalt for "Renewable Obligation Certificate" (ROC) til all grønn elektrisitet produsert fra fornybare energikilder. Det er "Office of gas and Electricity Markets" (Ofgem) som utsteder disse sertifikatene. Summen som blir gitt avhenger av teknologi, men den blir gitt for hver MWh produsert. For havvind blir det gitt ROCs² som vil si at teknologien får 2 ROCs for hver MWh produsert (OFGEM 2014). Aktører i Storbritannia innenfor havvind mottar derfor 2 ROCs² pluss prisen på elektrisiteten for 20 år. Dette vil si at produsentene får 140-150 pund/MWh som tilsvarer ca. \$0,24-0,25/kWh for de grønne sertifikatene (Govindji et al. 2014).

Det ble i 2014 innført noe som blir kalt "Contracts of Difference" (CfD) som gjelder i 15 år fremover i tid. Dette tilsvarende en innmatingstariff. Den er tenkt å erstatte ROC fra 2017, men frem til dette kan produsenter velge om de ønsker å motta ROC eller om de ønsker CfD. For å kunne gjennomføre dette skifte blir ROCs for havvind redusert til 1,9 ROCs i 2015/16 og til 1.8 ROCs i 2016/17 (Govindji et al. 2014). Dersom aktørene velger CfD vil dette være ratene de må forholde seg til:

- 2014/15 og 2015/16 vil de få 155 pund/MWh, som tilsvarer \$0,26/kWh
- 2016/17 vil de få 150 pund/MWh, som tilsvarer \$0,25/kWh
- 2017/18 og 2018/19 vil de få 140 pund/MWh, som tilsvarer \$0,24/kWh

Statoil har fått bekreftet at de vil få 3,5 ROC for sitt Hywind Pilotprosjekt i Skottland (Statoil 2015). Det er også blitt annonsert et nytt utleieprogram for å drive kostnaden for teknologien nedover. I tillegg til dette har den Skotske regjeringen bevilget 17,8 millioner pund til å utvikle teknologien videre. Denne støtteordningen er ment for å støtte demonstrasjonsprosjekter mellom 2015 og 2017 (EWEA 2013a). Et annet viktig virkemiddel er salg av opprinnelsesgarantier for fornybar energi. I Storbritannia blir disse sertifikatene kalt "Levy Exemption Certificate" (LEC) og gjør at en produsent av fornybar energi vil tjene mer. Storbritannia satser på langsiktig rammeverk. Dette blir gjort ved hjelp av "The Levy Control Framework" (LCF) som har et satt budsjett frem til 2020/21 (The Crown Estate et al. 2015).

Storbritannia har opprettet "The offshore Wind Investment Organisation" (OWIO) som en del av myndighetenes industrielle strategi. Organisasjonen skal hjelpe potensielle investorer fra UK å etablere seg i det globale markedet. Et annet virkemiddel myndighetene opprettet i 2012 "Gzreen Investment Bank" (GIB). Denne banken har

allerede investert over 620 millioner pund på havvind i Storbritannia (The Crown Estate et al. 2015).

JAPAN

Japan har siden 1995 hatt et delvis deregulert marked, men dette har ikke fungert i praksis. Derfor lanserte japanske myndigheter i 2013 en plan for full deregulering av markedet. Dette er et ledd i å motivere nye aktører inn i elektrisitetsmarkedet og redusere makten til de regionale monopolistene i markedet. Myndighetene har som mål om at 20% av energiproduksjon skal komme fra fornybare kilder i 2030. Dette tilsvarer 13 % av elektrisitetstilbudet i Japan. Dette målet blir uttrykt i "Japan's Basic Energy Plan" fra 2010. Etter Fukushima ulykken har Japan redusert sine mål om reduksjon av karbondioksid. Nå ønsker Japan å redusere utslippene 3,8% innen 2020 fra 2005 nivåene. I 2003 innførte Japan "Renewable Energy Portfolio Standard (RPS)", men disse har blitt byttet ut med langsiktige innmatingstariffer. I 2012 trådte denne innmatingstariffen i kraft med et konkurransedyktig påslag slik at den private sektoren fikk insentiver til å investere i havvind.

Ifølge "Ministry of Economy, Trade and Industry (METI)" vil prisen og perioden på innmatingstariffen avhenge av teknologien. I 2014 ble det innført en innmatingstariff på 36 JPY/kWh (\$0,35/kWh) spesifikt for havvind i Japan. Dette er den høyeste tariffen man foreløpig har sett innfor denne teknologien globalt. Det er likevel usikkert om denne summen er tilstrekkelig for investorer som mener at det er 40 JPY/kWh som skal til for å få industrien i gang (Govindji et al. 2014).

Støttereformer	Norge	Storbritannia	USA	Japan
Investeringsstøtte	?	29,6 mil. pund	30% skattefradrag	?
Drifts støtte	\$0,21/kWh	\$0,24/kWh	?	\$0,30/kWh
Fjerningsstøtte	?	?	?	?

VEDLEGG G – SPØRREUNDERSØKELSEN

KARTLEGGING AV NORSK LEVERANDØRINDUSTRI FLYTENDE HAVVIND

JEG STUDERER FORNYBAR ENERGI PÅ NORGES MILJØ OG BIOVITENSKAPELIGE UNIVERSITET (NMBU), OG GJØR DENNE UNDERSØKELSEN I FORBINDELSE MED MIN MASTEROPPGAVE.

I OPPGAVEN SKAL JEG KARTLEGGE DET TEKNOLOGI SPESIFIKKE INNOVASJONSSYSTEMET (TSIS) I NORGE FOR FLYTENDE HAVVIND. DET VIL BLI GJORT EN SAMMENLIKNING MED MARKEDET I USA, STORBRITANNIA OG JAPAN.

PROBLEMSTILLINGEN ER SOM FØLGER; VIL DET GLOBALE MARKEDET FOR FLYTENDE HAVVIND GI TILSTREKKELIG LÆRINGSPOTENSIAL TIL AT NORSK TEKNOLOGIINDUSTRI KAN BLI LEDENDE? OG ER DET SLIK AT OPPARBEIDET KOMPETANSE FRA OLJE OG GASS ALLEREDE BIDRAR TIL Å GI NORSK TEKNOLOGIINDUSTRI ET STORT KONKURRANSEFORTRINN I FLYTENDE HAVVIND?

VED Å SVARE PÅ DENNE UNDERSØKELSEN VIL DU BIDRA TIL Å ETABLERE OVERSIKT OVER NORSK LEVERANDØRINDUSTRI. DETTE VIL INDIREKTE KUNNE BIDRA TIL BEDRE RAMMEBETINGELSER FRA MYNDIGHETENS SIDE FOR Å STYRKE DEN NORSKE SATSNING PÅ FLYTENDE HAVVIND.

UNDERSØKELSEN VIL TA UNDER 5 MINUTTER Å SVARE PÅ.

ALL INFORMASJONEN VIL BLI BEHANDLET KONFIDENSIELT. DIN IDENTITET VIL HOLDES SKJULT. LES OM RETNINGSLINJER FOR PERSONVERN. (ÅPNES I NYTT VINDU)

1) LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?

JA
NEI

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN
FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "NEI")

2) HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?

JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET.
JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.
JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE.
JA, MEN PÅ LENGRE SIKT.
NEI

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN
FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA") ELLER (HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK

"JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

3) HVILKE TEKNOLOGISK KOMPONENT(ER) ER SELSKAPETS SPESIALKOMPETANSE SOM BENYTTES ELLER KAN BENYTTES I DET FLYTENDE HAVVIND MARKEDET?

BLADER
FLYTER
FORANKRING
TEKNISK UTSTYR I TURBINEN
TÅRN
ANNET

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN
FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE.")

4) SPØRSMÅL 4: KAN DU SPESIFISERE HVILKEN KOMPONENT(ER) DETTE ER:

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN
FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

5) I HVILKET LAND BLIR KOMPONENTEN(E) NEVNT I SPØRSMÅL 4 UTVIKLET?

VELG ALTERNATIV

ANNET

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:

(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT.")

6) I HVILKET LAND BLIR KOMPONENTEN(E) NEVNT I SPØRSMÅL 4 PRODUSERT?

VELG ALTERNATIV

ANNET

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:

(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT.")

7) MED TANKE PÅ KOMPONENTEN(E) NEVNT I SPØRSMÅL 4 HVILKET USA BASERT, JAPAN BASERT OG STORBRIITANNIA BASERT SELSKAP ANSER DU SOM HOVEDKONKURRENTER TIL DITT SELSKAP?

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:

(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

8) ANSER DU AT TEKNOLOGIKOMPONENTEN(E) NEVNT I SPØRSMÅL 4 VIL HA POTENSIALE FOR KOSTNADSREDUKSJONER VED MASSEPRODUKSJON?

JA, PÅ MELLOM 0,5-5%
JA, PÅ MELLOM 5-10%
JA, PÅ MELLOM 10-20%
JA, PÅ MELLOM 20-40%
JA, PÅ MELLOM 40-60%
JA, PÅ MER ENN 60%
VET IKKE

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

9) ER DET SØKT OM PATENTBESKYTTELSE FOR KOMPONENTEN(E) NEVNT I SPØRSMÅL 4?

JA
NEI
VET IKKE

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN:
(HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

10) HVILKET LAND ANSER DU SOM DET STØRSTE MARKEDET FOR FLYTENDE HAVVIND?

VELG ALTERNATIV

ANNET

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

11) HVILKEN TEKNOLOGISK KOMPONENT, UAVHENGIG AV DITT FIRMA, ANSER DU TIL Å HA STØRST POTENSIAL FOR KOSTNADSREDUKSJONER INNENFOR FLYTENDE HAVVIND?

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN

FØLGENDE KITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE.")

12) HVORDAN PÅVIRKER DET DITT SELSKAP AT DET ER MANGE ULIKE TEKNOLOGISKE KONSEPTER FOR FLYTENDE HAVVIND?

SVÆRT NEGATIVT

NEGATIVT

INGEN VIRKNING

POSITIVT

SVÆRT POSITIVT

VET IKKE

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN FØLGENDE KITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND

INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE. " ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET.")

13) HVORDAN PÅVIRKER DET MULIGHETENE FOR DITT SELSKAP AT UTBYGGINGER OG PILOTPROSJEKTER AV FLYTENDE HAVVIND BLIR GJORT HOVEDSAKELIG I UTLANDET?

SVÆRT NEGATIVT

NEGATIVT

INGEN VIRKNING

POSITIVT

SVÆRT POSITIVT

VET IKKE

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE. " ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE. " ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET.")

14) HVORDAN ANSER DU MULIGHETEN FOR KUNNSKAPSOVERFØRING FRA OLJE OG GASSINDUSTRIEN TIL TEKNOLOGILEVERANDØRENE I HAVVIND MARKEDET?

SVÆRT STOR

STOR

MIDDELS

LITEN

SVÆRT LITEN

VET IKKE

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (HVIS "LEVERER DITT SELSKAP PER I DAG TEKNOLOGI TIL FLYTENDE HAVVIND PROSJEKTER?" ER LIK "JA" ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, MEN PÅ LENGRE SIKT." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE FEM ÅRENE." ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, INNEN DE NESTE TI ÅRENE. " ELLER HVIS "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "JA, I LØPET AV DET NESTE ÅRET.")

15) HVA ER DEN VIKTIGSTE FAKTOREN FOR Å LYKKES MED Å LEVERE TEKNOLOGI TIL DET GLOBALE FLYTENDE HAVVIND MARKEDET?

EGEN INNOVASJONSEVNE TIL SELSKAPET
FINANSIELL STØTTE FRA MYNDIGHETENE
DE POLITISKE RAMMEBETINGELSENE
NETTVERKET TIL SELSKAPET
STØRRELSEN PÅ SELSKAPET
ANNET

DENNE INFORMASJONEN VISES KUN I FORHÅNDSVISNINGEN FØLGENDE KRITERIER MÅ VÆRE OPPFYLT FOR AT SPØRSMÅLET SKAL VISES FOR RESPONDENTEN: (Hvis "HAR DITT SELSKAPET EN STRATEGI OM Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN EN GANG I FREMTIDEN?" ER LIK "NEI")

16) HVORFOR HAR DITT SELSKAP IKKE UTARBEIDET EN STRATEGI FOR Å BLI EN TEKNOLOGILEVERANDØR TIL DEN FLYTENDE HAVVIND INDUSTRIEN?

17) HVA ER DIN YRKESTITTEL?

18) DERSOM DU HAR NOE INFORMASJON DU TENKER ER RELEVANT Å FÅ MED FORHOLD TIL DETTE TEMAET, ELLER DERSOM DU HAR ANDRE KOMMENTARER, SKRIV GJERNE HER;

19) KAN JEG KONTAKTE DEG PER TELEFON ELLER MAIL DERSOM JEG TRENGER MER INFO.?

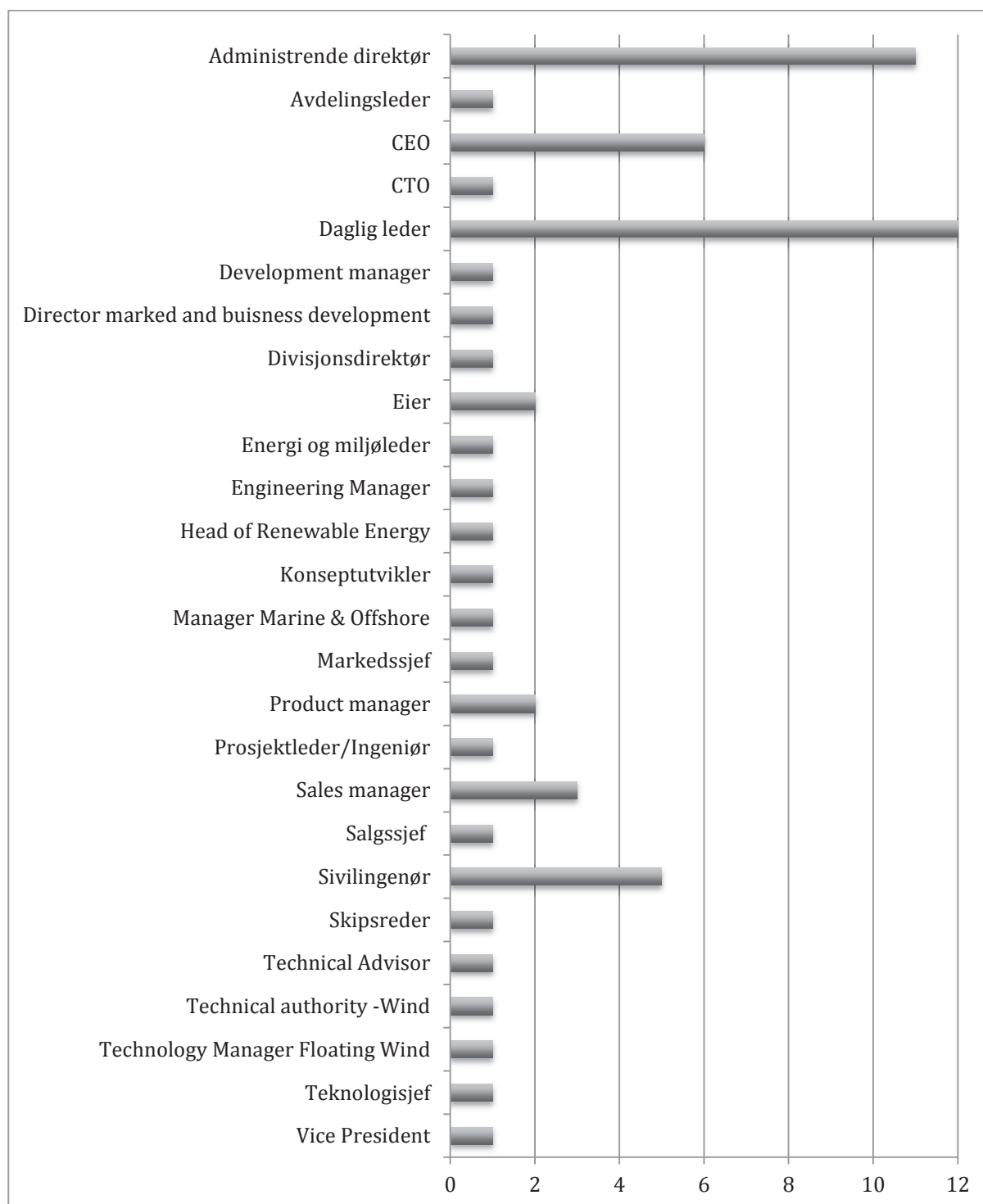
JA
NEI

TUSEN TAKK FOR AT DU TOK DEG TID TIL Å SVARE PÅ UNDERSØKELSEN!

VEDLEGG H – LISTE OVER TEKNOLOGIEN TIL RESPONDENTENE

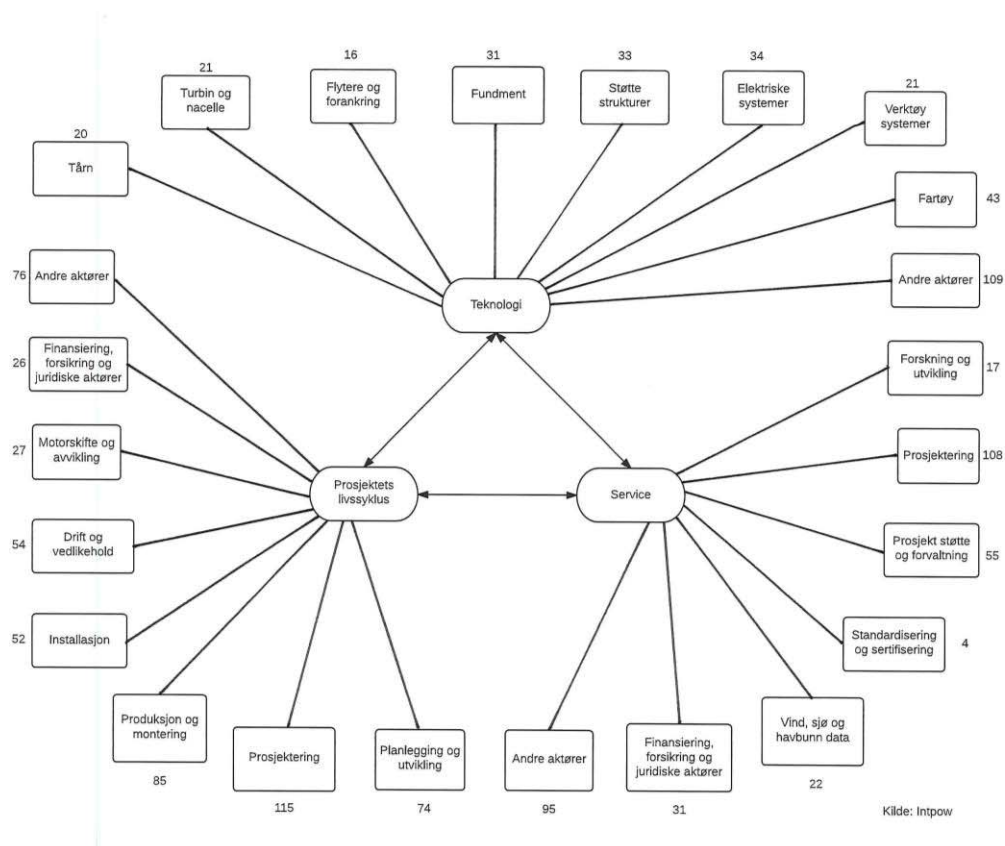
Offshore Wind servicefartøy
Design og utvikling av service fartøyer
Programvare for optimalisering av layout
Kabel beskyttelse
Flytende fundament
HD VoIP telefoner. Kommunikasjon mellom tårn/turbin og base.
Undervanns kabelsystemer
Servicefartøy
Komplett konkurransedyktig 8 MW vindturbin
Utstyr for å flytte fundamenter fra land til sjø
Blad design
Gangvei for å komme fra fartøy til turbin
Flytende fundament med forankringssystem
Fundamenter basert på betong
Lett flytende løsning, sammensetting, uttauing og installasjon.
Design og analyse og rådgivning
Målinger av vindprofil, havbølger, strømprofil
Havbunnundersøkelser, Utslep og forankring av Flytende vindmøller
Analyse og simulerings software
Grouting w/ultra high strength grout
Tjenester
Nytt konsept for flytende havvind basert på et nytt design for flyter og forankringssystem.
Hele turbinen
Sensorer og overvåkningsutstyr
Mellomsspennings koblingsanlegg
Komplett driftsstøttesystem (programvare) for overåking og drift av turbiner/parker
Floater-motion kontroller for flytende WTG
Offeranoder for katodisk beskyttelse, og engineering/design av et slikt anodesystem
Vind og strømmåler instrumenter
Elastomeric bearings, Dempesystemer
Flytende understell, anker og kjettinger
Crew transfer Gangway
AUV, posisjonering, overvåkning av turbiner i drift
Hydrodynamisk testing av flyteren
Utviklingsprosjekt på flytende fundament
Konsepter for flyterskrog/forankringssystemer/installasjonsmetoder/simuleringer/strukturanalyser
Telekommunikasjon til converter installasjonene
Teknisk utstyr i turbin, maskinerte støpte komponenter
Logistikk og marine operasjoner samt infrastruktur
Fiberarmeringer til bladproduksjon. Armeringsduk i glass- og karbonfiber
Bålgemålingsradarer til bruke f.eks. på installasjonskip for marine operasjoner.
Strukturspesialister, komponenter til nesten alle deler av en flytende havvindsinstallasjon
Vi kan utføre ingeniørtjenester for nett-tilknytning av flytende havvindmøller.
Vindfarm servicekatamaraner: transport av personell/utstyr i installasjon, vedlikehold og driftsfasen
Propellsystemer for servicefartøy (Wind Farm Service Vessels, WFSV)

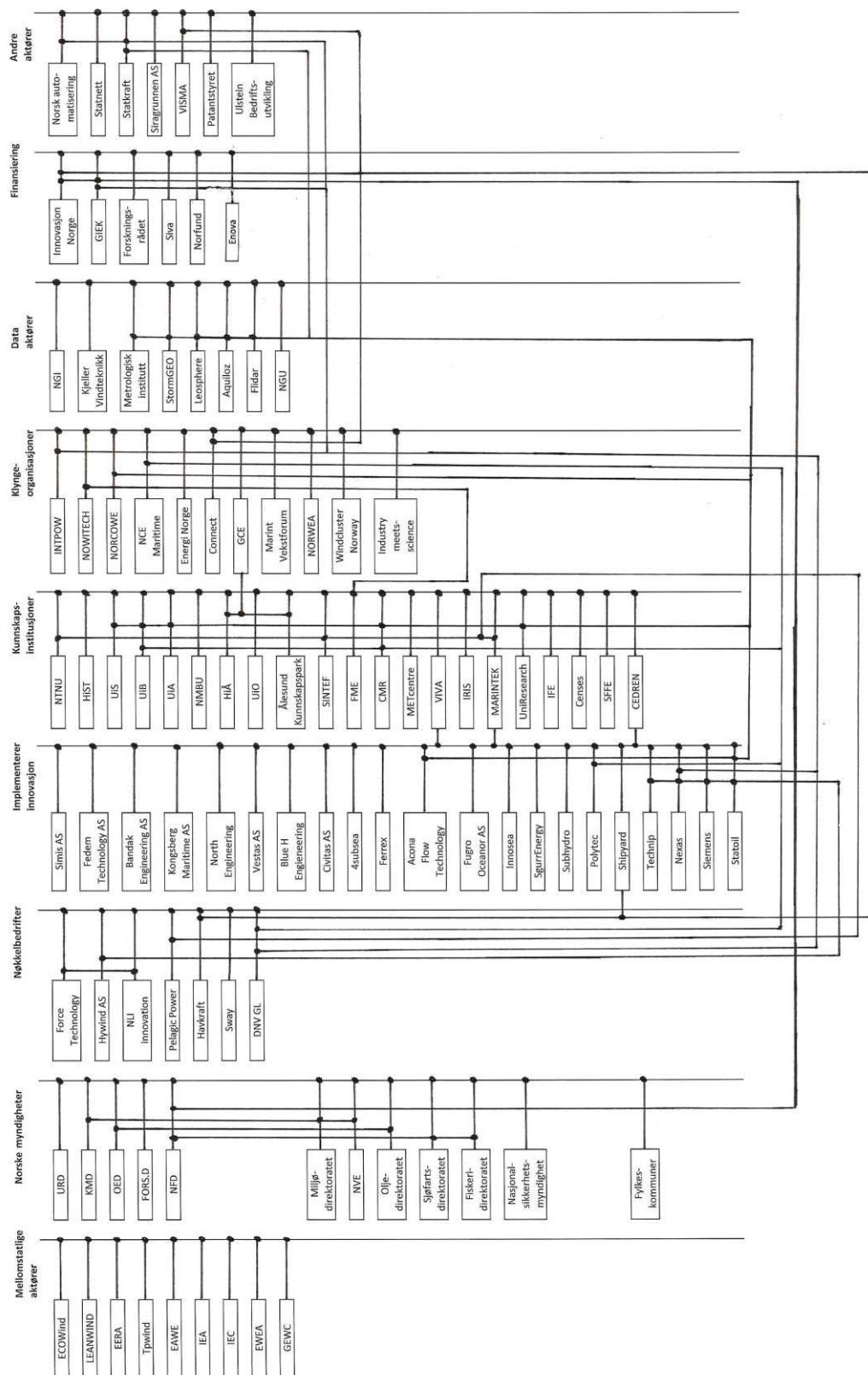
VEDLEGG I – STILLINGSTITLER TIL RESPONDENTER



VEDLEGG J – SYSTEMTEGNINGER

Det ble lagd systemtegninger for å få oversikt over aktørene i det norske markedet. Denne systemtegningen er laget ut fra databasen til INTPOW. Det ble sendt ut spørreskjemaet til de aktørene som var innenfor teknologibolken i denne systemtegningen, eller fylte de andre kriteriene satt i metode kapittelet.







Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no