

## Forprosjekt til bacheloroppgave

<b>Oppgavens tittel:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge  <b>Project title:</b> Potential for hydrogen production in combination with renewable energy in Norway	<b>Gitt dato:</b> 21/12-2020
	<b>Innlevingsdato:</b> 07/02-2021
	<b>Gradering</b> <input checked="" type="checkbox"/> åpent <input type="checkbox"/> lukket <input type="checkbox"/> åpent fra _____
	<b>Antall sider/bilag</b> 28
<b>Gruppetakere:</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Veileder internt</b> (navn/email/tlf.): Pål Keim Olsen <a href="mailto:pal.keim.olsen@ntnu.no">pal.keim.olsen@ntnu.no</a> 73 41 20 59
<b>Studieretning:</b> Elkraftteknikk	<b>Prosjektnummer:</b> E2123
<b>Oppdragsgiver:</b> Hafslund Eco	<b>Kontaktperson hos oppdragsgiver</b> (navn/email/tlf.): Arne Lie-Rasmussen <a href="mailto:arne.lie@hafslundeco.no">arne.lie@hafslundeco.no</a> 97 52 72 46

---

## Sammendrag

Bachelorgruppen skal skrive en oppgave for Hafslund Eco der de skal se på potensialet for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge. Gruppen har utført et litteraturstudie der de har sett nærmere på produksjonsprofiler, elektrolyseanlegg, hydrogenøkonomi og politiske insentiver. Problemstillingen de har valgt basert på dette er to-delt. Første del består av en case der en offshore vindkraftpark skal prosjekteres og planlegges, og i andre del skal det lages en modell for beregning av "Levelized Cost of Hydrogen".

Det er blitt laget effektmål for sluttrapporten for å klargjøre hvorfor rapporten skrives, resultatmål for å vise hvordan studentene skal oppnå ønsket effekt og prosessmål for å vise gruppens forventninger til eget læringsutbytte og resultat. I tillegg er det utarbeidet en oversikt over prosjektorganiseringen, som skal illustrere hvordan vi tenker å styre prosjektoppgaven.

Avslutningsvis har vi inndelt arbeidsmengden i arbeidspakker med forventet tidsbruk og fordeling av arbeidsmengde.

---

## Forord

Bachelorgruppen bestemte seg i høstsemesteret 2020 for å skrive en oppgave som omhandler hydrogenproduksjon fra fornybare energikilder. Deretter ble det utsendt en forespørsel til flere bedrifter som omhandlet dette temaet. Valget av oppgave falt på Hafslund Eco sitt forslag, hvor oppgaven går ut på å kartlegge potensialet for hydrogenproduksjon ved hjelp av fornybare energikilder i Norge.

Oppgaven ble valgt på bakgrunn av gruppens interesse for fornybar energiproduksjon, og et ønske om å bidra til bærekraftig vekst i norsk kraftsektor. Hensikten med forprosjekt-rapporten er i all hovedsak å definere en problemstilling og å vurdere prosjektets realisme og verdi. I tillegg vil rapporten være et grunnlag for arbeidet med sluttrapporten.

Bachelorgruppen ønsker å takke veileder fra NTNU og oppdragsgiver fra Hafslund Eco for et godt samarbeid hittil i prosjektet.

---

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>1</b>
1.1	Definisjoner og forkortelser . . . . .	1
1.2	Oppgaveteksten . . . . .	1
1.3	Prosjektdeltakere . . . . .	1
1.4	Rapportens oppbygging . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Metoder og kilder</b>	<b>2</b>
2.1	Litteraturstudie . . . . .	2
2.1.1	Produksjonsprofil . . . . .	2
2.1.2	Elektrolyseanlegg . . . . .	3
2.1.3	Hydrogenøkonomi . . . . .	4
2.1.4	Politisk insentiv . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Teknisk del</b>	<b>7</b>
3.1	Problemstilling . . . . .	7
3.2	Avgrensninger . . . . .	7
3.3	Prosjektmål . . . . .	7
3.3.1	Resultatmål . . . . .	7
3.3.2	Effektmål . . . . .	8
3.3.3	Prosessmål . . . . .	8
3.4	Prosjektbeskrivelse . . . . .	8
3.5	Problemområder . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Prosjektorganisering</b>	<b>9</b>
4.1	Utstyr og ressurser . . . . .	9
4.2	Prosjektleveranser . . . . .	9
4.3	Tids- og ressursplan . . . . .	10
4.4	Kvalitetssikring . . . . .	14
4.5	Risikovurdering . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Arbeidspakker</b>	<b>15</b>

---

# 1 Innledning

## 1.1 Definisjoner og forkortelser

Vi har brukt følgende forkortelser i rapporten:

LCOH - Levelized Cost of Hydrogen

PEM - Proton-exchange membrane eller polymer electrolyte membrane

AEL - Alkalisk elektrolyse

## 1.2 Oppgaveteksten

**Hva er potensialet for grønn hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge?**

**Hvilke fornybare energikilder er mest egnet til hydrogenproduksjon?**

- Sammenligne ulike typer kraftverk i kombinasjon med hydrogenproduksjon og stadfeste hvilken konseptutforming som vil medføre lavest mulig LCOH.
- Dypdykk: Utforske tekniske og operasjonelle utfordringer ved hydrogenproduksjon i tilknytning med havvind.

Opgaven ble levert til NTNU som svar på forespørsel om oppgave fra gruppen.

## 1.3 Prosjektdeltakere

I prosjektet er vi totalt fem deltakere; prosjektgruppen, veileder fra NTNU og veileder fra Hafslund Eco.

Andreas Hagen er 30 år og kommer fra Åfjord i Trøndelag. På videregående gikk han tømrerfag, og har stort sett jobbet som tømrer før han i 2018 startet på elektroingeniørstudiet ved NTNU i Trondheim. Der har han valgt studieretningen elkraftteknikk og valgemnet praktisk prosjektledelse.

Andreas Aasheim er 29 år gammel og kommer fra Melhus i Trøndelag. På videregående gikk han elektrofag, med fordypning innen elenergi. Etter noen år i arbeidslivet startet han i 2018 på elektroingeniørstudiet ved NTNU i Trondheim. Der har han valgt studieretning elkraftteknikk og valgemnet matematikk/fysikk.

Martin er 21 år og kommer fra Røldal i Vestland. Han tok realfag på videregående og begynte etter dette rett på en 3-årig ingeniørutdanning innen elektro på NTNU i Trondheim. Han har valgt fordypning innen elkraft og har hatt valgemnet matematikk/fysikk.

## 1.4 Rapportens oppbygging

Vi belyser først funnene fra litteraturstudiet vi begynte med i etterkant av oppstartsmøtet med veileder og oppdragsgiver. Deretter skal vi presentere valget av problemstilling, prosjektmål og en grundigere beskrivelse av problemstillingen. Avslutningsvis skal vi gå gjennom prosjektorganiseringen og arbeidspakkene bacheloroppgaven deles inn i.

---

## 2 Metoder og kilder

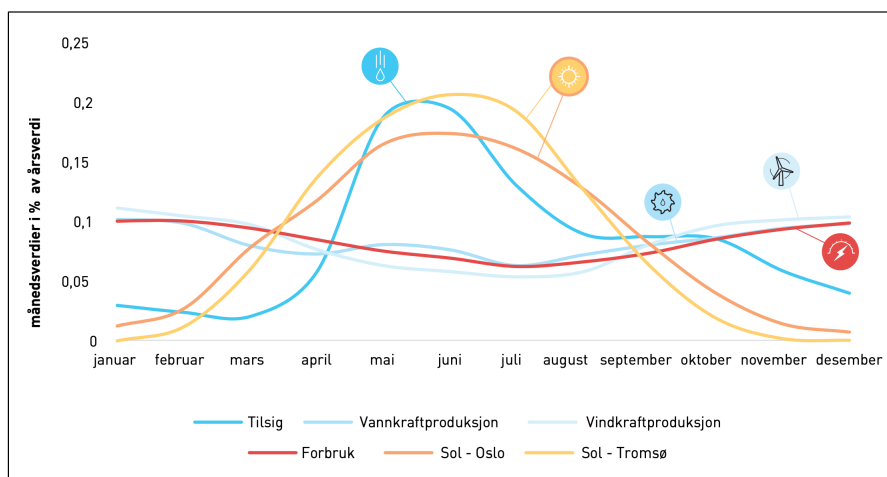
### 2.1 Litteraturstudie

Etter oppstartsmøtet med bachelorgruppen, oppdragsgiver og veileder ble det bestemt at før valget av problemstilling ble tatt skulle det gjøres et litteraturstudie. Vi skulle oppsøke litteratur om produksjonsprofiler, elektrolyseanlegg, hydrogenøkonomi og politisk insentiv.

I dette kapittelet skal vi oppsummere og drøfte litt rundt informasjonen vi har funnet i litteraturstudiet.

#### 2.1.1 Produksjonsprofil

Vi ville finne produksjonsprofilene til norske energikilder slik at vi kunne utforske hvilken energikilde som vil fungere best til produksjon av hydrogen. Vi visste grovt sett hvordan produksjonsprofilene til sol-, vind- og vannkraft så ut, men vi ville gjerne finne litteratur som omtalte produksjonsprofilene i det norske klimaet.



Figur 1: Illustrasjon av produksjonsprofiler i Norge, (Olje og Energidepartementet 2015-2016)

Fra produksjonsprofilene i figur 1 ser vi at sol, både i Oslo og Tromsø, ikke vil produsere mye kraft på vinterhalvåret. Dersom man har et anlegg der man kan produsere hydrogen både ved å bruke strøm fra nettet og ved å bruke egen solkraft, vil man måtte produsere hydrogen ved hjelp av kjøpt strøm gjennom nesten hele vinterhalvåret. Strømprisen er jevnt høy på vinterhalvåret, så dette forventer vi vil føre til høy LCOH.

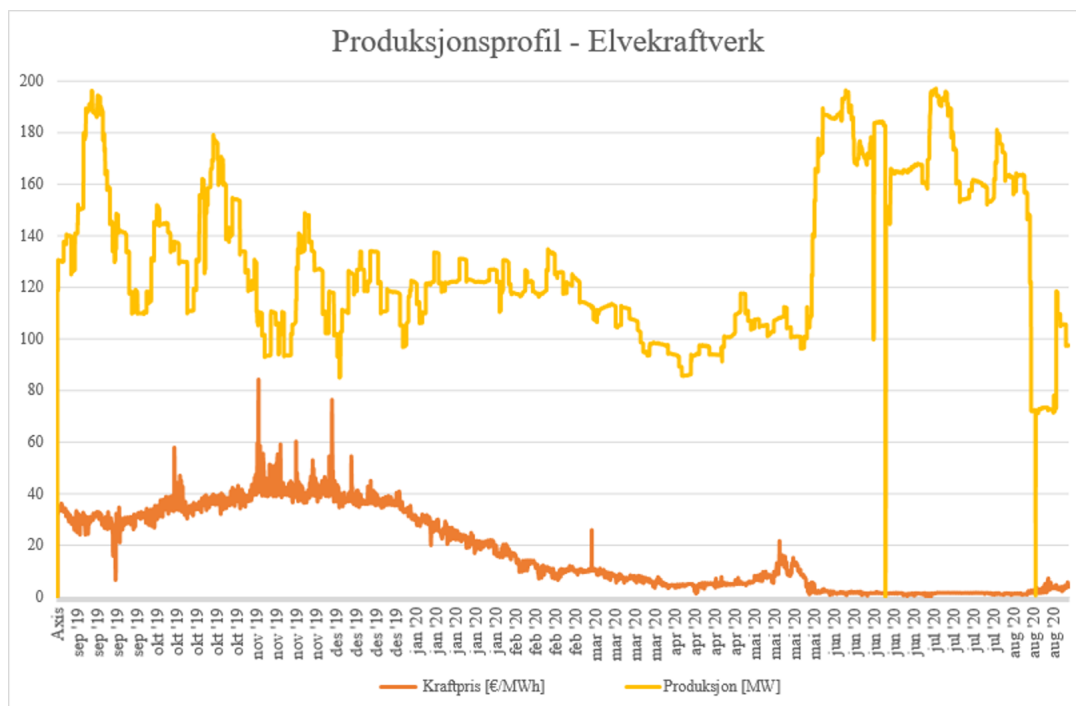
Produksjonsprofilen til vindkraft viser at vindkraftproduksjonen er størst på vinterhalvåret, noe som kan være gunstig for LCOH. Et dilemma som oppstår når du kan velge mellom å produsere hydrogen og å levere strøm til nettet, er at det kanskje vil lønne seg å selge strømmen direkte dersom strømprisen er høy.

Vannkraftens produksjonsprofil er som forventet veldig lik forbruksprofilen i landet. Ettersom vannkraften er en regulerbar energikilde og står for 88% av den norske produksjonskapasiteten (*Kraftproduksjon - Energifakta Norge, 2021*), vil det dekke det

---

aller meste av Norges energibehov året rundt. Fordeler med hydrogenproduksjon fra et regulerbart vannkraftverk er at man selv kan velge produksjonsmengden, og man trenger ikke å ta hensyn til hverken årstid eller produksjonsprofil. Behovet for energilagring er på den andre siden allerede dekket i et regulerbart vannkraftverk.

Produksjonsprofilen til et elvekraftverk kan både være jevn og ujevn da det er veldig avhengig av størrelsen og minstevannsføringen på elva og den maksimale vannmengden turbinen kan ta i mot. Vi har fått produksjonsdata fra et stort elvekraftverk fra Hafslund Eco.



Figur 2: Produksjonsprofil og kraftpris, (Hafslund Eco)

### 2.1.2 Elektrolyseanlegg

Vi har gjennom litteratursøket vårt funnet ut at de to mest modne elektrolyseteknologiene er PEM og AEL. Solid Oxide Electrolyzer Cell (SOEC) kunne også vært et alternativ å bruke grunnet den høye effektiviteten på over 90% (Masoum and Fuchs 2015), men det er en nyere elektrolyseteknologi og krever høy driftstemperatur (700 - 800 °C). Her sammenligner vi PEM og AEL:

Karakteristikk	AEL elektrolyse	PEM elektrolyse	Enhet	Kommentar
Strømtetthet	0.2 – 0.7	1.0 – 2.2	$A/cm^2$	
Driftstemperatur	60 – 80	50 – 84	$^{\circ}C$	
Strømforbruk	50 - 73 (53)	47 - 73 (52)	$kWh/kg(H_2)$	(Gjennomsnittlig) Dette gjelder for elektrolyse-systemet isolert sett
Minimumslast	20% – 40%	3% – 10%		
Oppstartstid	20 – 60+	5 – 15	minutt	Oppstartstid fra kaldt anlegg til minimumslast er nådd
Effektivitet	45% – 67%(63%)	45% – 71%(63%)		(Gjennomsnittlig) (Low heating value) Dette er kun effektiviteten til selve elektrolyse-anlegget
Levetid	20 - 30 (26)	10 - 30 (22)	År	(Gjennomsnittlig)
Pris	760 - 1100 (930)	1200 - 1940 (1570)	$\$/kg$	(Gjennomsnittlig) LCOH

(Ruth, Mayyas, and Mann 2017)

Dataene i denne tabellen er hentet fra et dokument fra National Renewable Energy Laboratory (NREL), og vi har funnet kilder som oppgir omtrent like data. Vi har imidlertid funnet en annen kilde som påstår at levetiden for AEL-anlegg er på 10 år, mens levetiden til PEM-anlegg er på bare 3-4 år (Guo et al. 2019). Etter å ha funnet mer litteratur på levetid fant vi en kilde (Götz et al. 2016) som påsto at AEL-anlegg har en typisk levetid på 30 år, og en annen sa at PEM-anlegg har en levetid som er omtrent halvparten så stor som AEL-anlegg (Schmidt et al. 2017).

### 2.1.3 Hydrogenøkonomi

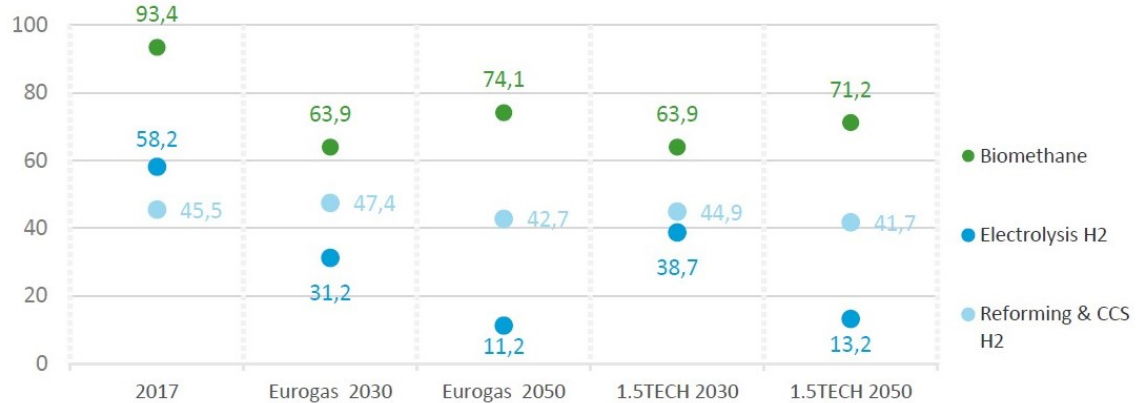
Basert på en studie gjort med LCOH analyse for byer i Marokko, kan man se at vind kommer bedre ut enn sol i kystbyen Laayoune (Ennassiri, Belhaj, and Bouzekri 2019). Om man sammenligner Laayoune med Norges kyst, har vi større effekttetthet for vind (The Global Wind Atlas 2020), og langt dårligere effekttetthet for sol (The Global Solar Atlas 2021).

Elektrolyse fra vindkraft kan foregå både tilkoblet, og ikke tilkoblet strømnettet. Det viser seg å kunne være lønnsomt å bygge ut i begge tilfeller, avhengig av strømpris og hydrogenpris. LCOH for tilfellet hvor anlegget er tilkoblet viser seg imidlertid å være omtrent 4 ganger større (Haghi, Fwoler, and Raahemifar 2017).



### Cost of decarbonised gas

Units: €/MWh



Figur 3: Kostnadsprosjeksjon for biometan, blå hydrogen og grønn hydrogen, ("European Carbon Neutrality: The Importance of Gas" 2020)

Majoriteten av hydrogenproduksjon i dag foregår ved bruk av steam-methane reforming (SMR). Dette går under kategorien "grått" eller "blått" hydrogen, da man kan fange opp store deler av biproduktet CO<sub>2</sub>. Teknologien for denne fremkallingen er moden, samt at lønnsomheten ved det er stor. Dette gjør at det har et foreløpig konkurransefortrinn over "grønn" hydrogen fra fornybare energikilder i et økonomisk perspektiv ("Developments in the global hydrogen market: The spectrum of hydrogen colours" 2020). Figur 3 illustrerer hvordan denne utviklingen kan se ut i fremtiden.

Potensialet for den økonomiske gevinsten av hydrogenproduksjon styres i hovedsak av to ting; hydrogenprisen og etterspørselen (Hou et al. 2017). Hydrogenprisen vil i hovedsak styres av etterspørselen og produksjonskostnadene. Produksjonskostnadene til grønn hydrogen består hovedsaklig av kapitalkostnadene av elektrolyseanlegget og gjennomsnittlig strømpris (Ball and Weeda 2016). Etterspørselen av hydrogen må øke og prisen på fornybar strøm må reduseres dersom hydrogen skal kunne ta en større rolle som energibærer i Norge.

#### 2.1.4 Politisk insentiv

Med klimaendringene vi står ovenfor og Paris-avtalen som Norge har underskrevet, er det nødvendig at norsk politikk endres. I Granavolden-plattformen, en rapport nåværende regjering har utarbeidet, finner vi blant annet disse punktene:

- Legge til rette for samfunnsøkonomisk lønnsom produksjon av fornybar energi i Norge.
- Legge til rette for et grønt skifte med større vekt på fornybar energi, der ren energi brukes til å fase ut fossil energi i andre sektorer.
- Legge til rette for utviklingen av nye teknologier og markedsløsninger som bidrar til å styrke forsyningssikkerheten.

- 
- Bidra til realisering av demonstrasjonsprosjekt for flytende havvind, bølgekraft og tidevannskraft.

(Statsministerens kontor 2019)

Det samme året utarbeidet DNV GL en rapport for Klima- og miljødepartementet og Olje- og energidepartementet som omhandlet produksjonen og bruken av hydrogen i Norge, hvor det blant annet nevnes at ettersom kraftoverskuddet i Norge er forventet å øke fra 5 TWh i 2018 til 20 TWh i 2030, åpner dette for å se på mer elektrolysebasert hydrogenproduksjon (“Produksjon og bruk av Hydrogen i Norge” 2019).

---

## 3 Teknisk del

### 3.1 Problemstilling

Problemstillingen er blitt konkretisert til følgende:

- ”Undersøkelse av 1GW vindkraftpark for hydrogenproduksjon ved elektrolyse i Sørlige Nordsjø II, med fokus på LCOH.”

Vi har brukt mye tid på å ta et endelig valg av problemstilling, og har prøvd å komme frem til en oppgave som tilfredsstiller bachelorgruppens behov for faglig relevans samtidig som vi besvarer oppdragsgiverens oppgave. Problemstillingen ble utarbeidet basert på litteraturstudiet og i møter med både veileder og oppdragsgiver.

Oppgaven inneholder temaene forskning og utvikling. Vi ser for oss å gjøre en to-delt oppgave der vi ser på dimensjonering og prosjektering av en offshore vindpark, i tillegg til å lage en modell for utregning av LCOH til denne vindparken. I denne modellen vil vi kunne endre parametre for å se hvilken modell som gir oss lavest LCOH. Ved å velge offshore vind, tar vi utgangspunkt i en kraftkilde med stort energipotensial som er lite utnyttet i Norge, og som det er et politisk insentiv bak.

### 3.2 Avgrensninger

Vi har valgt å plassere vindkraftparken vår i området Sørlige Nordsjø II, basert på regjeringens åpning av feltene for fornybar energiproduksjon (Olje- og energidepartementet 2020). Feltet vil i utgangspunktet bestå av 91 vindturbiner av typen ”Siemens SG 11.0-200 DD” (Siemens Gamesa Renewable Energy 2021), som gir en samlet merkeeffekt på 1 GW.

Innledningsvis tenker vi å se på hydrogenproduksjon og -lagring til havs ved feltet, men om vi får tid kan vi også se på en on-grid løsning for produksjon og nettilknytning.

Den videre utformingen av vindparken vil gå med til å se på energioverføringen i parken, og hvilken utforming som vil gi lavest mulig LCOH.

### 3.3 Prosjektmål

#### 3.3.1 Resultatmål

- Produsere en kvalitetssikret sluttrapport, med åpenhet om svakheter i studien
- Utarbeide en poster / populærvitenskapelig artikkel som formidler resultatet av rapporten på et interessant og informativt vis
- Gjennomgående god dokumentasjon under hele prosjektperioden
- Utarbeide en modell for beregning av LCOE/LCOH

---

### 3.3.2 Effektmål

Rapporten skal gi bedre grunnlag for å velge den beste konseptløsningen for offshore vind til hydrogen basert på LCOH.

### 3.3.3 Prosessmål

- Oppnå karakteren A på bacheloroppgaven
- Tilegne seg erfaring og kunnskap innenfor prosjektbasert arbeid
- Videreutvikle elkraftteknisk kunnskap innen blant annet energiproduksjon og energioverføring

## 3.4 Prosjektbeskrivelse

Etter å ha innlevert forprosjektrapporten den 07.02, skal vi starte med planleggingen av en offshore vindkraftpark. I løpet av 2 uker skal vi innhente informasjon om prosjektering av en offshore vindkraftpark, og vi skal komme frem til beliggenheten, størrelsen og utformingen av den. Denne vindkraftparken blir grunnlaget vårt når vi senere skal beregne LCOH.

Etter vindkraftparken er blitt planlagt, skal vi se på teori rundt generatorer, kraftelektronikk, elektrolyseanlegg og overføringskabler/energilagring. Etter å ha sett på denne teorien skal vi ha et grunnlag for å kunne sammenligne forskjellige design, og komme frem til alternative utforminger av vindkraftparken.

Vi skal prøve å simulere en produksjonsprofil for vindkraftparken slik at vi kan regne ut hvor mye hydrogen parken kan produsere. Dersom vi ikke får til å simulere dette vil vi lage en teoretisk produksjonsprofil basert på data vi har funnet i litteratursøk.

Før sluttrapporten leveres, må den bli formatert ordentlig og korrekturleses. Det skal i tillegg lages en presentasjon som fremstiller resultatet av prosjektet, og som leveres sammen med sluttrapporten.

## 3.5 Problemområder

Ettersom det skal lages en modell for utregning av LCOH må vi skaffe oss informasjon om kostnader på elektrolyseanlegg, kabler, en eventuell rigg, vindpark, transport, utbygging, etc. Det kan bli utfordrende å få tak i riktige beregningsverdier for vårt tenkte anlegg.

---

## 4 Prosjektorganisering

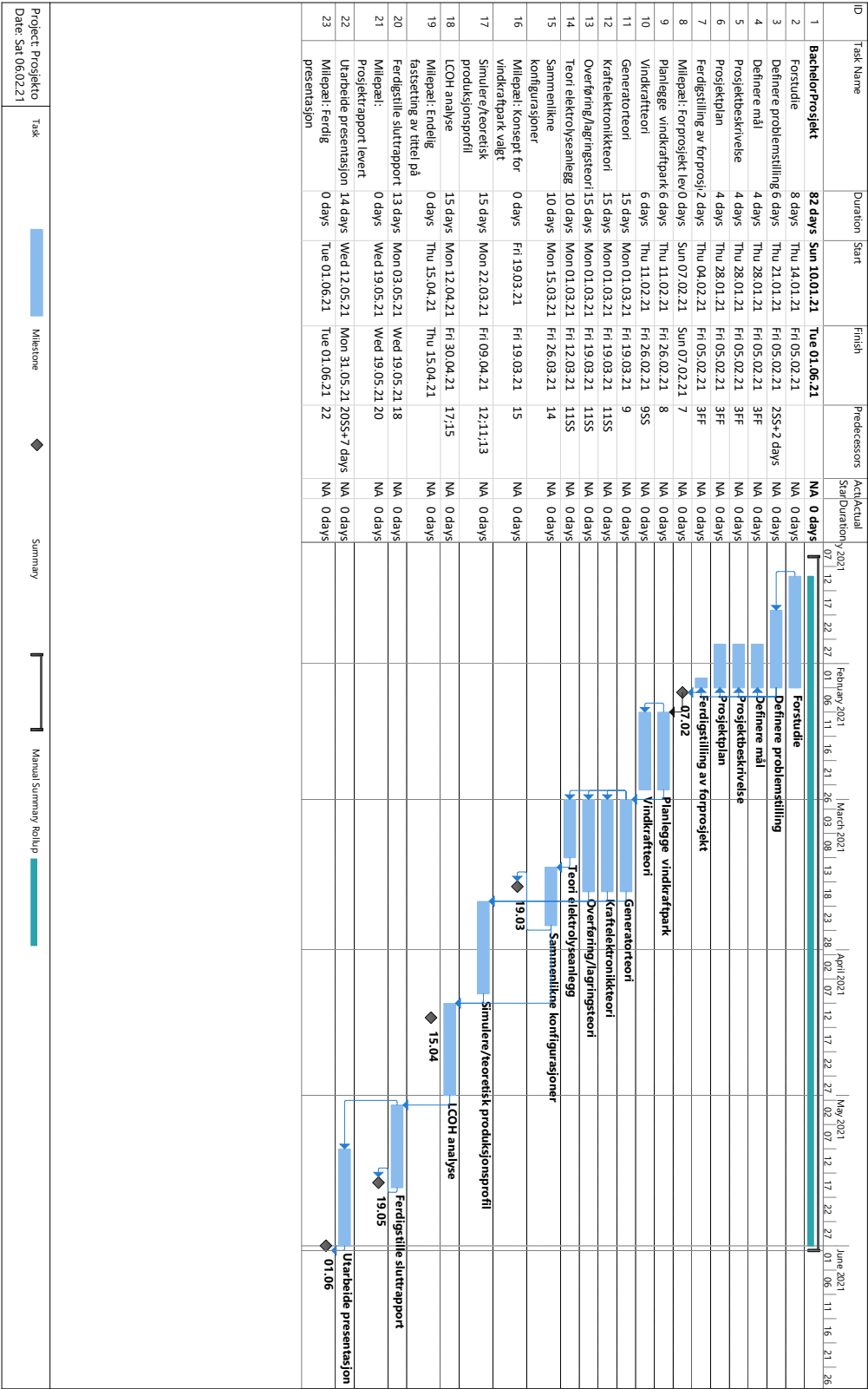
### 4.1 Utstyr og ressurser

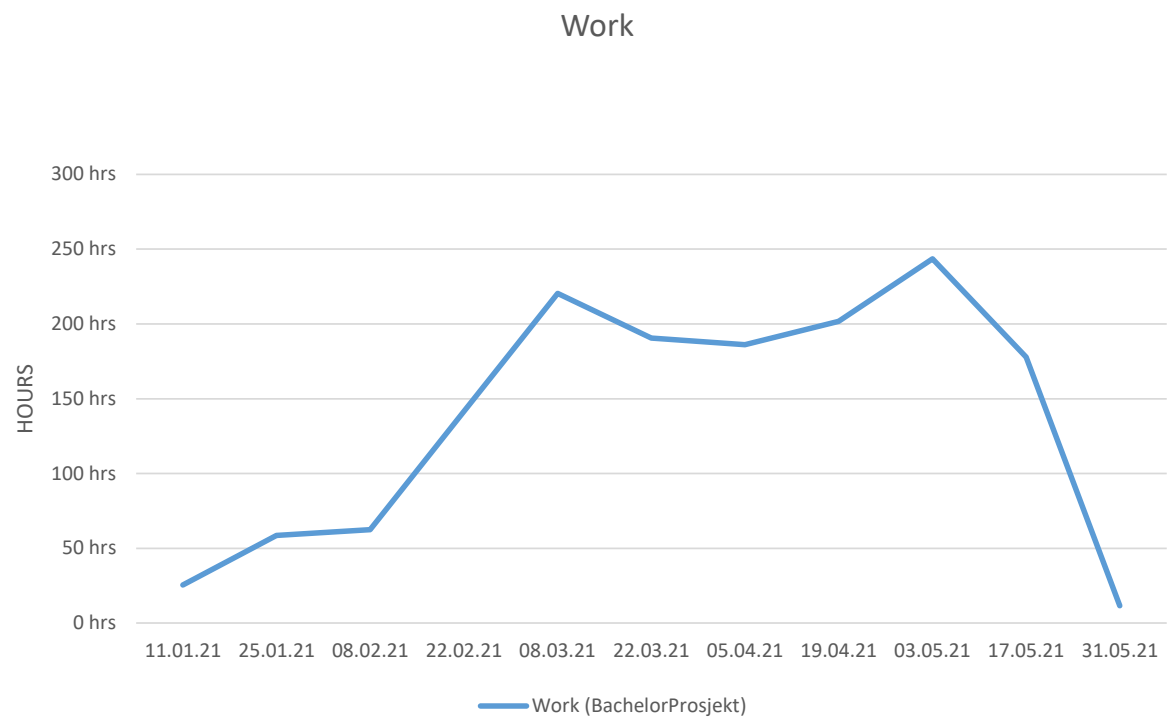
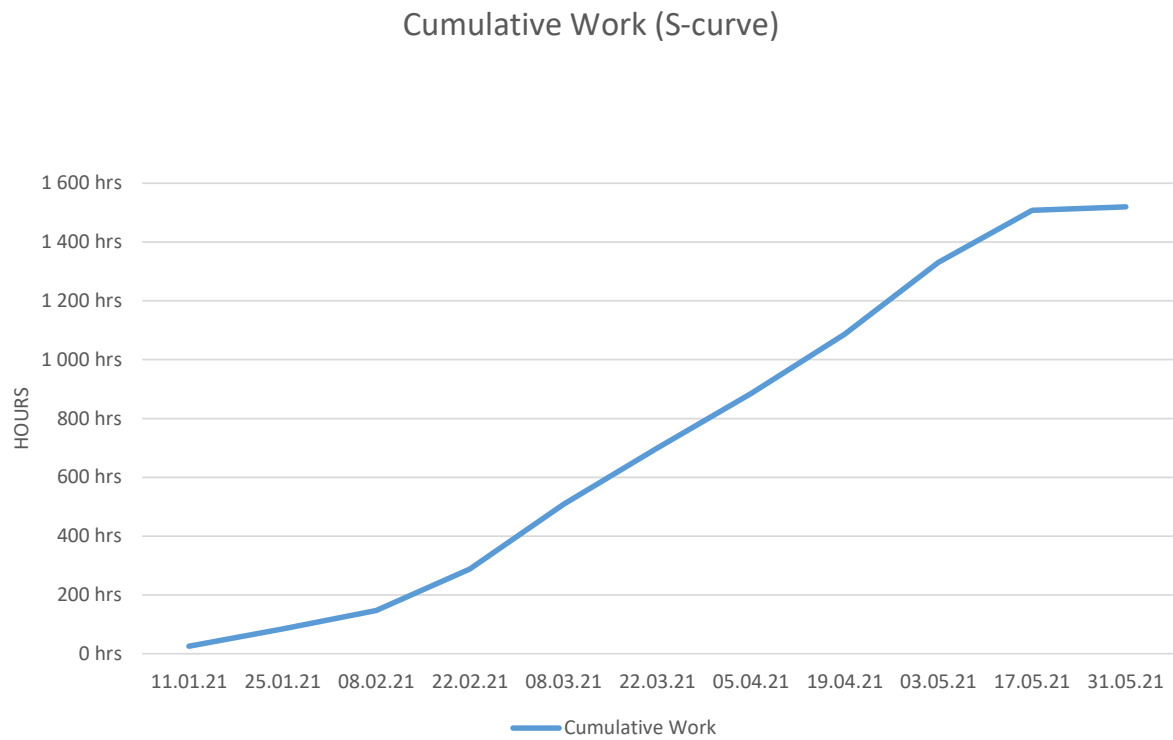
Prosjektgruppen har fått adgangstillatelse til Hafslund Eco sine kontor i Oslo, Hamar, Lillehammer, Gol, Aurland og Sarpsborg.

### 4.2 Prosjektleveranser

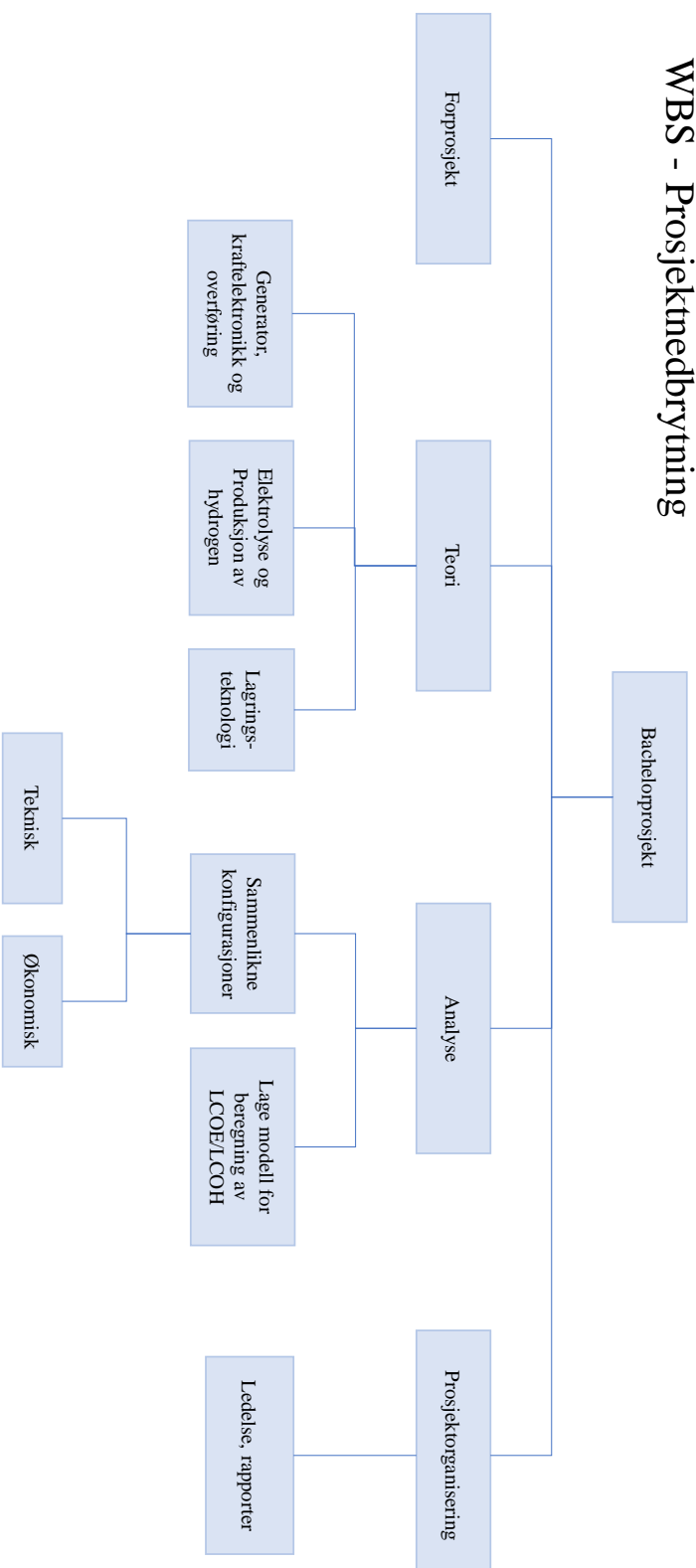
Prosjektgruppen skal levere sluttrapporten som én fil i PDF-format, og prosjektdokumentasjonen (PA-mappen) leveres på en ZIP-fil. Sluttrapporten skal inneholde en fremstilling av prosjektet i form av en populærvitenskapelig artikkel eller poster.

4.3 Tids- og ressursplan



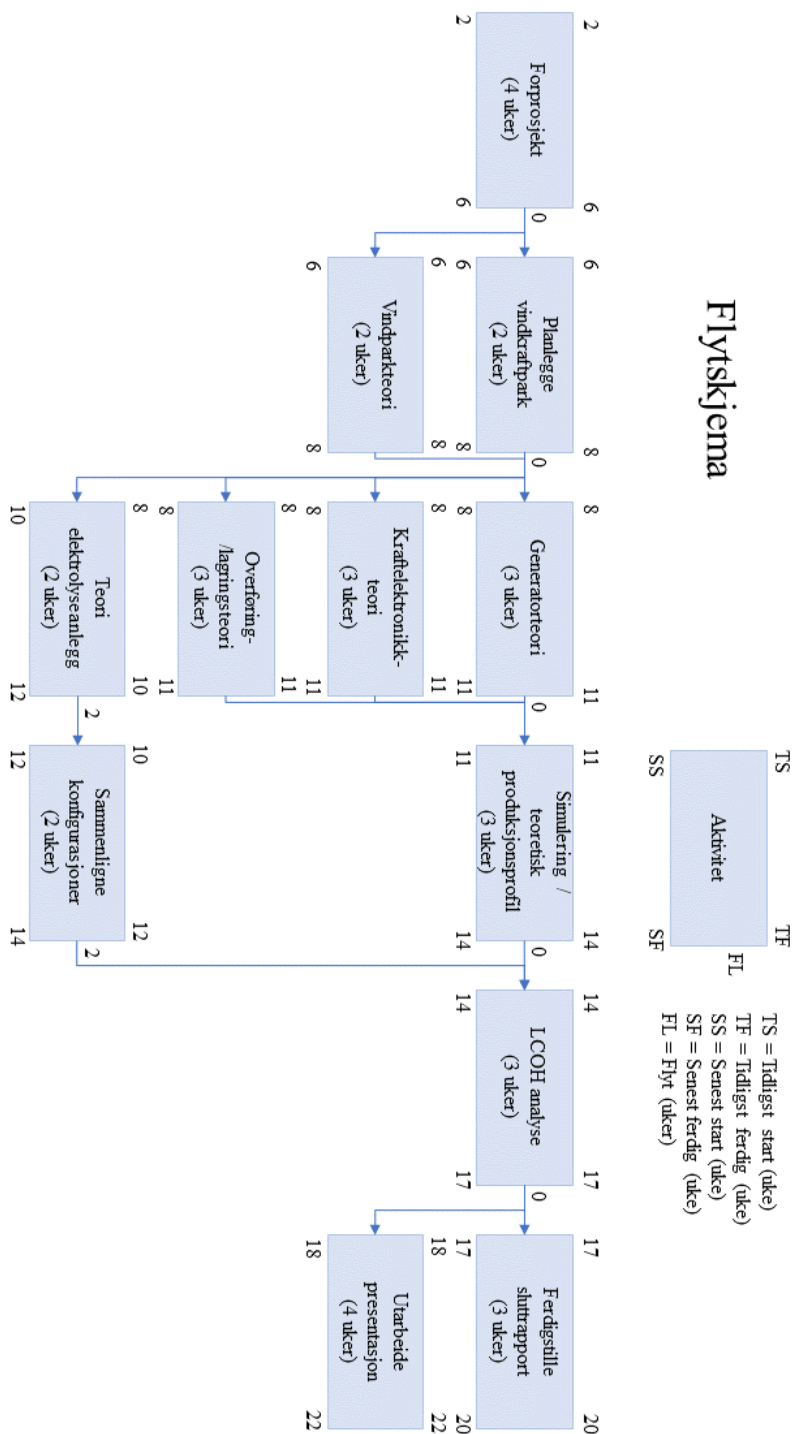


## WBS - Prosjektnedbrytning





# Flytskiema



---

## 4.4 Kvalitetssikring

For å sikre god kvalitet på sluttrapporten, har vi satt faste rammer for arbeidstiden vår. Vi tar utgangspunkt i å arbeide med rapporten mellom klokken 09:00 og 16:00 mandag til fredag.

Vi skal avholde møter med veileder og oppdragsgiver hver andre uke og skrive en toukersrapport om arbeidet som har blitt gjort mellom møtene. Det skal også føres møtereferat etter alle møter med veileder/oppdragsgiver. Både toukersrapporten og møtereferatet skal godkjennes på starten av hvert møte.

Vi fører alle timer vi bruker på arbeid med bacheloroppgaven, og vi noterer aktivitetene. Det er forventet at hver student bruker 550-600 timer hver på bacheloroppgaven. Videre vil timelistene danne grunnlaget for prosjektoppfølgingen da det faktiske timeforbruket måles opp mot det planlagte slik at vi lett kan identifisere avvik.

## 4.5 Risikovurdering

Starten av 2021 har i stor grad vært preget av coronapandemien. Dette gjør at hjemmekontor blir mer aktuelt, etter anbefalinger fra Trondheim kommune, samt stor pågang på reservering av grupperom.

---

## 5 Arbeidspakker

### Arbeidspakke 1

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Forprosjekt	<b>Aktivitet nr.:</b> 1	
<b>Start:</b> 10.01.21	<b>Slutt:</b> 07.02.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Ingen		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Planlegge vindkraftpark		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Utføre et mer generelt litteraturstudie rundt produksjonsprofiler til fornybare energikilder, elektrolyseanlegg, hydrogenøkonomi og politiske insentiver. Deretter bestemme problemstilling basert på funn og dialog med veileder / oppdragsgiver.		
<b>Mål:</b> Få definert en faglig relevant problemstilling, som svarer på oppgavebeskrivelsen.	<b>Antall timeverk:</b> 100 Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Arbeidspakke 2

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Planlegge vindkraftpark	<b>Aktivitet nr.:</b> 2	
<b>Start:</b> 08.02.21	<b>Slutt:</b> 28.02.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Forprosjekt		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Generatorteori Kraftelektronikkteori Overførings-/lagringsteori Teori elektrolyseanlegg		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Planlegge beliggenhet, størrelse og utforming av vindkraftanlegget.		
<b>Mål:</b> Finne konkrete lokasjoner for utbygging, potensiell energimengde og antall turbiner man kan / bør benytte.	<b>Antall timeverk: 50</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

### Arbeidspakke 3

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Vindparkteori	<b>Aktivitet nr.:</b> 3	
<b>Start:</b> 08.02.21	<b>Slutt:</b> 28.02.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Forprosjekt		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Generatorteori Kraftelektronikkteori Overførings-/lagringsteori Teori elektrolyseanlegg		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Sette seg inn i grunnleggende teori som kreves for å kunne planlegge beliggenhet, størrelse og utforming av et vindkraftanlegg.		
<b>Mål:</b> Finne metoder for beregning av optimal utforming, samt forutsetninger for prosjektering.	<b>Antall timeverk: 45</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Arbeidspakke 4

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Generatorteori	<b>Aktivitet nr.:</b> 4	
<b>Start:</b> 01.03.21	<b>Slutt:</b> 21.03.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Planlegge vindkraftpark Vindparkteori		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Simulering / teoretisk produksjonsprofil		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Sette seg inn i faglitteratur som omhandler de mest relevante generatortypene vi finner innen vindkraft.		
<b>Mål:</b> Få en grundig forståelse for fordeler og ulemper ved bruken av hver generator, i samsvar med kraftelektronikken som kan inngå.	<b>Antall timeverk: 90</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 0 % 100 % 0 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Andreas Joten Aasheim		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>		
Andreas Harsvik Hagen	tlf. 91829703	email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a>
Andreas Joten Aasheim	tlf. 98478991	email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a>
Martin Gulleik Teigenes	tlf. 91515386	email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>

---

## Arbeidspakke 5

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Kraftelektronikkteori	<b>Aktivitet nr.:</b> 5	
<b>Start:</b> 01.03.21	<b>Slutt:</b> 21.03.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Planlegge vindkraftpark Vindparkteori		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Simulering / teoretisk produksjonsprofil		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Sette seg inn i faglitteratur som omhandler kraftelektronikken typisk brukt i vindkraft.		
<b>Mål:</b> Få god forståelse for hvordan kraftelektronikk påvirker kvaliteten av kraftproduksjon i vindturbiner, og kunne sammenligne forskjellige løsninger.	<b>Antall timeverk: 90</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 0 % 0 % 100 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Martin Gulleik Teigenes		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>		
Andreas Harsvik Hagen	tlf. 91829703	email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a>
Andreas Joten Aasheim	tlf. 98478991	email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a>
Martin Gulleik Teigenes	tlf. 91515386	email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>

---

## Arbeidspakke 6

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Overførings-/lagringsteori	<b>Aktivitet nr.:</b> 6	
<b>Start:</b> 01.03.21	<b>Slutt:</b> 21.03.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Planlegge vindkraftpark Vindparkteori		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Simulering / teoretisk produksjonsprofil		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Sette seg inn i faglitteratur som omhandler kraftoverføring for offshore vindkraft, og finne ut av hvilken type energilagringsmetode som passer best for vindkraftanlegget.		
<b>Mål:</b> Lage et design for hvordan kabler legges i vindkraftparken, og se på mulige løsninger for energilagring.	<b>Antall timeverk: 90</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 100 % 0 % 0 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Andreas Harsvik Hagen		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>		
Andreas Harsvik Hagen	tlf. 91829703	email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a>
Andreas Joten Aasheim	tlf. 98478991	email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a>
Martin Gulleik Teigenes	tlf. 91515386	email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>



---

## Arbeidspakke 7

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Teori elektrolyseanlegg	<b>Aktivitet nr.:</b> 7	
<b>Start:</b> 01.03.21	<b>Slutt:</b> 14.03.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Planlegge vindkraftpark Vindparkteori		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Sammenligne konfigurasjoner		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Innhente informasjon fra bedrifter eller litteratur om elektrolyseanlegg som kan brukes i kombinasjon med vindkraftanlegget.		
<b>Mål:</b> Danne grunnlaget for å kunne sammenligne potensielle elektrolyseløsninger til vindkraftanlegget.	<b>Antall timeverk: 40</b> Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 25 % 25 % 50 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Martin Gulleik Teigenes		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Arbeidspakke 8

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021								
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge									
<b>Aktivitet:</b> Sammenligne konfigurasjoner	<b>Aktivitet nr.:</b> 8								
<b>Start:</b> 15.03.21	<b>Slutt:</b> 04.04.21								
<b>Foregående aktiviteter:</b> Teori elektrolyseanlegg  <b>Etterfølgende aktiviteter:</b> LCOH analyse									
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Gå gjennom funn fra de foregående arbeidspakkene og utarbeide et løsningsforslag på designet av vindkraftanlegget med tilhørende elektrolyseanlegg.									
<b>Mål:</b> Finne en optimal løsning på alt fra kraftproduksjon til hydrogenproduksjon i vindkraftanlegget.	<table><tr><td><b>Antall timeverk: 40</b></td><td><b>Fordeling:</b></td></tr><tr><td>Andreas Harsvik Hagen</td><td>40 %</td></tr><tr><td>Andreas Joten Aasheim</td><td>40 %</td></tr><tr><td>Martin Gulleik Teigenes</td><td>20 %</td></tr></table>	<b>Antall timeverk: 40</b>	<b>Fordeling:</b>	Andreas Harsvik Hagen	40 %	Andreas Joten Aasheim	40 %	Martin Gulleik Teigenes	20 %
<b>Antall timeverk: 40</b>	<b>Fordeling:</b>								
Andreas Harsvik Hagen	40 %								
Andreas Joten Aasheim	40 %								
Martin Gulleik Teigenes	20 %								
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>									

---

## Arbeidspakke 9

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Simulering / teoretisk produksjonsprofil	<b>Aktivitet nr.:</b> 9	
<b>Start:</b> 22.03.21	<b>Slutt:</b> 11.04.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Generatorteori Kraftelektronikkteori Overførings-/lagringsteori  <b>Etterfølgende aktiviteter:</b> LCOH analyse		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Simulere en produksjonsprofil, eller lage en teoretisk produksjonsprofil fra vindkraftanlegget basert på data funnet i litteratursøk.		
<b>Mål:</b> Lage en produksjonsprofil som kan brukes til å estimere produksjonen av hydrogen fra vindkraftanlegget.	<b>Antall timeverk:</b> 260 Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Arbeidspakke 10

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> LCOH analyse	<b>Aktivitet nr.:</b> 10	
<b>Start:</b> 12.04.21	<b>Slutt:</b> 02.05.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Simulering / teoretisk produksjonsprofil		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Ferdigstille sluttrapport		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Lage en modell for beregning av LCOE/LCOH, som brukes for å sammenlikne kostnadene tilknyttet produksjon av hhv. energi og hydrogen for forskjellige produksjonsmetoder.		
<b>Mål:</b> Utarbeide en fungerende modell for LCOE/LCOH, samt en oversikt over kostnadene vha. nevnte modell for et utvalg kraftproduksjonssystemer.	<b>Antall timeverk:</b> 310 Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Arbeidspakke 11

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Ferdigstilling av prosjektet	<b>Aktivitet nr.:</b> 11	
<b>Start:</b> 03.05.21	<b>Slutt:</b> 20.05.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> LCOH analyse		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Utarbeide presentasjon		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Formatering, korrekturlesing, etc.		
<b>Mål:</b> Ferdigstille rapport.	<b>Antall timeverk:</b> 280 Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>		
Andreas Harsvik Hagen	tlf. 91829703	email: <a href="mailto:andrhag@stud.ntnu.no">andrhag@stud.ntnu.no</a>
Andreas Joten Aasheim	tlf. 98478991	email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a>
Martin Gulleik Teigenes	tlf. 91515386	email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>

---

## Arbeidspakke 12

<b>Fag:</b> TELE3021 Bacheloroppgave - elkraftteknikk	<b>Dato:</b> 05.02.2021	
<b>Prosjekt:</b> Potensial for hydrogenproduksjon i kombinasjon med fornybar energi i Norge		
<b>Aktivitet:</b> Utarbeide presentasjon	<b>Aktivitet nr.:</b> 12	
<b>Start:</b> 05.05.21	<b>Slutt:</b> 01.06.21	
<b>Foregående aktiviteter:</b> Ferdigstille sluttrapport		
<b>Etterfølgende aktiviteter:</b> Ingen		
<b>Arbeidsbeskrivelse:</b> Utarbeide en presentasjon som fremstiller resultatet av prosjektet.		
<b>Mål:</b> Lage presentasjon.	<b>Antall timeverk:</b> 160 Andreas Harsvik Hagen Andreas Joten Aasheim Martin Gulleik Teigenes	<b>Fordeling:</b> 33.3 % 33.3 % 33.3 %
<b>Faglig ansvarlig:</b> Gruppen <b>Prosjektmedarbeidere:</b> Andreas Harsvik Hagen      tlf. 91829703      email: <a href="mailto:andrhhag@stud.ntnu.no">andrhhag@stud.ntnu.no</a> Andreas Joten Aasheim      tlf. 98478991      email: <a href="mailto:andrejaa@stud.ntnu.no">andrejaa@stud.ntnu.no</a> Martin Gulleik Teigenes      tlf. 91515386      email: <a href="mailto:martingt@stud.ntnu.no">martingt@stud.ntnu.no</a>		

---

## Referanseliste

- [1] M. Ball and M. Weeda. “11 - The hydrogen economy—Vision or reality?” In: *Compendium of Hydrogen Energy*. Ed. by Michael Ball, Angelo Basile, and T. Nejat Veziroğlu. Woodhead Publishing Series in Energy. Oxford: Woodhead Publishing, 2016, pp. 237–266. ISBN: 978-1-78242-364-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-364-5.00011-7>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423645000117>.
- [2] “Developments in the global hydrogen market: The spectrum of hydrogen colours”. In: *Fuel Cells Bulletin* 2020.11 (2020), pp. 16–22. ISSN: 1464-2859. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1464-2859\(20\)30546-0](https://doi.org/10.1016/S1464-2859(20)30546-0). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464285920305460>.
- [3] Y. Ennassiri, I. Belhaj, and H. Bouzekri. “Techno-Economic Assessment of Hydrogen Production from vRE in Morocco Case Study: Laayoune, Ouarzazate, Midelt”. In: *2019 7th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*. 2019, pp. 1–6. DOI: 10.1109/IRSEC48032.2019.9078331.
- [4] “European Carbon Neutrality: The Importance of Gas”. In: *A study for Eurogas* OGNL.180049 (2020). URL: <https://eurogas.org/website/wp-content/uploads/2020/06/DNV-GL-Eurogas-Report-Reaching-European-Carbon-Neutrality-Full-Report.pdf>.
- [5] Manuel Götz et al. “Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review”. In: *Renewable Energy* 85 (2016), pp. 1371–1390. ISSN: 0960-1481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.066>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115301610>.
- [6] Yujing Guo et al. “Comparison between hydrogen production by alkaline water electrolysis and hydrogen production by PEM electrolysis”. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 371 (Dec. 2019), p. 042022. DOI: 10.1088/1755-1315/371/4/042022. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/371/4/042022>.
- [7] E. Haghi, M. Fowler, and K. Raahemifar. “Economic analysis of hydrogen production in context of a microgrid”. In: *2017 IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*. 2017, pp. 79–84. DOI: 10.1109/SEGE.2017.8052780.
- [8] Peng Hou et al. “Optimizing investments in coupled offshore wind -electrolytic hydrogen storage systems in Denmark”. In: *Journal of Power Sources* 359 (2017), pp. 186–197. ISSN: 0378-7753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.05.048>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775317306882>.
- [9] *Kraftproduksjon - Energifakta Norge*, 2021. URL: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>.
- [10] Mohammad A.S. Masoum and Ewald F. Fuchs. “Chapter 11 - Power Quality Solutions for Renewable Energy Systems”. In: *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines (Second Edition)*. Ed. by Mohammad A.S. Masoum and Ewald F. Fuchs. Second Edition. Boston: Academic Press, 2015, pp. 961–1084. ISBN: 978-0-12-800782-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800782-2.00011-7>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128007822000117>.
- [11] Olje og Energidepartementet. *Kraft til endring - Energipolitikken mot 2030*. [Online; Accessed 30 January 2021]. 2015-2016. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-25-20152016/id2482952/?ch=1>.
- [12] Olje- og energidepartementet. *Opner områder for havvind i Norge*. [Online; Accessed 13-02-2021]. 2020. URL: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/opner-omrader/id2705986/>.

- 
- [13] “Produksjon og bruk av Hydrogen i Norge”. In: *Klima- og miljødepartementet og Olje- og energidepartementet* 2019-0039, Rev. 1 (2019). URL: <https://www.regjeringen.no/contentassets/0762c0682ad04e6abd66a9555e7468df/hydrogen-i-norge---synteserapport.pdf>.
- [14] Ruth, Mayyas, and Mann. *Manufacturing Competitiveness Analysis for PEM and Alkaline Water Electrolysis Systems*. [Online; Accessed 31 January 2021]. 2017. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/70380.pdf>.
- [15] O. Schmidt et al. “Future cost and performance of water electrolysis: An expert elicitation study”. In: *International Journal of Hydrogen Energy* 42 (Dec. 2017), pp. 30470–30492. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2017.10.045.
- [16] Siemens Gamesa Renewable Energy. *SG 11.0-200 DD, Offshore wind turbine*. [Online; Accessed 15-02-2021]. 2021. URL: <https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-11-0-200-dd>.
- [17] Statsministerens kontor. *Granavolden-plattformen*. [Online; Accessed 03-02-2021]. 2019. URL: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/>.
- [18] The Global Solar Atlas. *Global Solar Atlas*. [Online; Accessed 31-01-2021]. 2021. URL: <https://globalsolaratlas.info/>.
- [19] The Global Wind Atlas. *Global Wind Atlas*. [Online; Accessed 31-01-2021]. 2020. URL: <https://globalwindatlas.info/>.