

Sluttrapport i utredning av et Master program i fornybare energisystemer

Sammendrag

Et masterprogram i fornybare¹ energisystemer vil være et verdifullt komplement til de eksisterende masterprogram ved UiO. Det er en betydelig forventning til og vekst i bruk og investering i fornybare energi. Siden det vil påvirke hvordan energi distribueres, genereres, kontrolleres, og reguleres, vil fornybar energi medføre store endringer for samfunnet.

Til tross for forventningen knyttet til fornybar energi har de relevante bransjeorganisasjoner ikke kommet med klare anbefalinger når det gjelder behov og innhold i utdanning. Arbeidsgruppen foreslår bruk av en «best practise» oppbygging av studiet som anbefalt i sluttrapporten ifra nettverket av europeiske universiteter som arbeider med utdanning og innovasjon i forbindelse med EUs storstilte plan for omstilling til et bærekraftig energisystem UNI-SET (UNiversities in the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)). Studiet foreslås bygd opp av tre breddeemner innen fornybare energisystemer, en fordypning med 3 dybdeemner, to fritt valgte emner, samt et prosjekt og en kort masteroppgave. Breddefagene er tenkt å gi en oversikt over fornybare energisystemer og energilagring, grid og smartgrid, energimarkeder og analyse av energisystemer. Med basis i disse breddeemnene tilbys en spesialisering med tre mer dyptgående emner innen et spesielt område som for eksempel innen fornybar energi og energilagring. Tilbudet av spesialiseringsemner kan utvides i takt med utvikling og ulike institutters ønsker og ressurser. For å utnytte UiOs fordel med en stor faglig bredde, bør to emner kunne velges ifra hele universitetets tilbud. En fellesnevner for en slik tverrfaglig master er undervisning i grupper for bedre å kunne utnytte studentenes ulike bakgrunn. Arbeidsgruppen foreslår derfor et prosjekt med fokus på en tverrfaglig oppgave. Dette prosjektet kan også inngå som en forberedelse til en kort masteroppgave.

Arbeidsgruppen foreslår videre at det inngås utvekslingsavtale med minimum ett relevant europeisk universitet for derved å sikre kontakt og muligheter for erfaringsoverføring fra andre universiteter. En slik avtale vil potensielt også bidra til ekstern rekruttering.

Den skisserte strukturen krever minimum utvikling av to nye breddeemner og et prosjektemne. Arbeidsgruppen har skissert to ulike alternative implementeringer, enten et litt mer avgrenset program uten studieretninger eller et bredere program med flere studieretninger hvor studieretningene utvikles ettersom ressursene stilles til rådighet. Flere studieretninger gir mulighet for bredere samarbeid mellom instituttene, et bredere sett med veiledere, samtidig som det blir mer

¹ Fornybar og bærekraftig blir ofte brukt om hverandre. Fornybar energi er nødvendigvis ikke bærekraftig i alle situasjoner. Hva som er bærekraftig er delvis subjektivt når det kommer til akseptable miljøinngrep. Gruppen anbefaler at denne avgrensingen mellom bærekraftig og fornybar ikke reflekteres i fagsammensetning og faglig innretning. I det videre arbeidet brukes begrepet fornybar energi, og fokus er på fornybare energisystemer

utfordrende å få til den nødvendige tverrfaglige fellesskap for studentene. Disse avveiningene og ulike alternative studieretninger er diskutert i mer detalj i dokumentet.

Inntil en får bedre erfaring bør programmet dimensjoneres for 20 studieplasser, med en gradvis oppstart. Det foreslåtte program har en bred tverrfaglig oppbygging og har derfor et bredt opptakskrav. I lys av dette, og med et fagfelt i stadig utvikling, og markedets manglende beskrivelse av utdanningsbehov, mener arbeidsgruppen at det foreløpig ikke synes å være behov for et eget bachelorprogram eller studieretning på eksisterende bachelorprogram innen fornybare energisystemer.

Med brede opptakskrav og med en anbefalt «europeisk struktur» mener arbeidsgruppen at programmet bør kunne rekruttere både fra UiO, nasjonalt, og internasjonalt.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Mandat arbeidsgruppa	3
Bakgrunn	4
Trender i utviklingen av energisystemet	4
Samfunnets behov	5
Eksisterende utdanninger innen Fornybare energisystemer	6
Internasjonalt	6
Universitetsprogram i Norge	8
Energiaktivitet ved UiO	12
Erfaring ifra eksisterende masterutdanninger	14
Anbefalt struktur og avgrensinger	15
Innretning og omfang av masterprogram i fornybare energisystemer ved UiO	16
Overordnet	16
Læringsmål	16
Kunnskap	16
Ferdighet	16
Foreslått struktur og innhold	17
Studieplasser	18
Opptakskrav	18
Internasjonalisering	19
Iverksetting	19
Master program uten studieretninger	19
Masterprogram med flere studieretninger	19
Rekrutteringsgrunnlag	21
Institutt for informatikk	22
Matematisk institutt	22

Fysisk institutt:.....	22
Kjemisk institutt:.....	22
Inst. for geofag:	22
Behov for nytt BSc program eller studieretning innen eksisterende BSc program, ...	23
Litteratur.....	23

Mandat arbeidsgruppa

Fakultetet ønsker at det utarbeides et toårig masterprogram innen området Bærekraftige energisystemer. Programmet skal være et samarbeid mellom ulike institutter ved MN og UiO:Energi, og legges ved det nye Institutt for teknologisystemer på Kjeller, ITS. Studieprogrammet skal tentativt starte høsten 2019.

Fakultetet oppnevner følgende arbeidsgruppe:

Stian Løvold, ITS - leder

Frank Eliassen, IFI

Edouard Monakhov, FI

Jon Ove Hagen, GEO

Anders Elverhøy, UiO:Energi

Fred Espen Benth, MI

Anja Sjøstad, KI

Gruppen ble høsten 2017 utvidet med Sabrina Sartori og Øivind Kure, begge ifra ITS. Sistnevnte tok over ledelse av arbeidsgruppen.

Innen 29.5.2017 bes arbeidsgruppen om å:

- *Utarbeide en beskrivelse av masterprogrammet inkl. evt. studieretninger, tentative læringsutbyttebeskrivelser og tentativ oppbygging. Teksten skal baseres på føringer for de nye masterprogrammene ved fakultetet.*
- *Utarbeide forslag til opptakskrav, og i denne sammenheng vurdere rekrutteringsgrunnlaget internt og eksternt.*
- *Utarbeide forslag til opptaksramme, samt forslå hvilke(t) studieprogram(er) rammen skal tas fra. Forslaget bes om å begrunnes.*
- *Vurdere hvilke eksisterende emner som kan inngå.*
- *Foreslå emner som bør opprettes, evt. nedlegges.*

Masterprogrammet skal være et supplement til øvrige masterprogram ved fakultetet, og med et mer anvendt fokus. Arbeidsgruppen bes spesielt om å unngå overlapp med øvrige masterprogram.

For å unngå at programmet tar for stor andel av rekrutteringsgrunnlaget til nærliggende masterprogram, bes arbeidsgruppen om å ha et særlig fokus på muligheter for ekstern rekruttering.

I denne sammenheng bes arbeidsgruppen videre om å vurdere og gi råd om etablering av:

- *En studieretning innen Bærekraftige energisystemer ved et eksisterende bachelorprogram.*
- *Et eget bachelorprogram innen Bærekraftige energisystemer.*

Arbeidet legges frem til diskusjon på fakultetsledelsens Husøy-seminar

29.-31.5.2017. Basert på innspill fra dette møtet bes arbeidsgruppen om å ferdigstille arbeidet for oversendelse til fakultetet innen 1.12.2017. Fakultetets administrasjon vil jobbe videre med teksten sammen med arbeidsgruppens leder og instituttledermøtet, før programmet meldes inn til UiO med frist 1.4.2018 for opptak fra høsten 2019.

3.3.2017

Solveig Kristensen, studiedekan

Bakgrunn

Trender i utviklingen av energisystemet

- ✓ Omstillingen til et mer bærekraftig samfunn forutsetter betydelig økt bruk av fornybar energi, en omstilling som vil medføre store endringer for samfunnet. Dette gir helt nye føringer for hvordan energi distribueres, genereres, kontrolleres, og reguleres. Disse eksterne driverne påvirker også kundedadferd i energisystemet. Energiforbruket (spesielt elektrisitet) forventes å øke som følge av velstandsvekst. Vi vil se en økende grad av *elektrifisering* som en del av omleggingen til et lavutslippssamfunn, samt *desentralisering* og *digitalisering* av energiproduksjon. Utslippsskutt i transportsektoren avhenger av en omstilling vekk fra fossile brensler, og en større bruk av elektrisitet, biodrivstoff og hydrogen.

Utviklingstrekkene innebærer en storstilt utskiftning av dagens energiproduksjon basert på fossile brensler til energiproduksjon basert på fornybare ressurser. Storskala og distribuert energilagring vil bli viktigere for å håndtere økende mengder uregulerbar produksjon (vind, sol) i kraftsystemet. Energilagring (batterier) kan også bidra til fleksibilitet i energisystemet gjennom lastflytting samt reduksjon av strømutgiftene for den enkelte kunde. Utviklingstrekkene innen forbruk av energi innebærer også en stor satsning på energieffektivisering.

Samfunnets behov

- ✓ Det er betydelig enighet om at en satsing på fornybare energisystemer medfører at samfunnet har behov for ny og økt kompetanse over et meget bredt spekter. Industrien har til nå dessverre i liten grad vært i stand til å konkretisere disse behovene.

Vår “analyse” av samfunnets behov er innenfor den tematikken Fagstrategiutvalget foreslår for MN-instituttet ITS på Kjeller innen energisystemer. Denne tematikken har et fokus på komponentteknologi for fornybare energisystemer, samt hvordan disse komponentene spiller sammen i et nett/energisystem.

For å kartlegge samfunnets behov har vi tatt utgangspunkt i nasjonale og internasjonale artikler og rapporter som adresser kompetansebehov i energisektoren eller som adresserer utviklingstrekk i energisystemet som kan bidra til å avdekke kompetansebehov. Et gjennomgående trekk ved mange av disse artikler og rapporter er at de spesifiserer kompetansebehov i form av utdanninger på et generelt nivå (sivilingeniør, master), og bare i mindre grad angir de mer spesifikke behov i form av kunnskap og ferdigheter.

Utviklingen av transformative energisystemer krever nye ferdigheter og kompetanse. De artikler og rapporter som danner grunnlaget for denne analysen påpeker at fornybarsektoren trenger spesialiserte og inter-disiplinære ferdigheter. Energiselskaper er generelt på utkikk etter kandidater med:

- Solid vitenskapelig og teknisk forståelse av hvordan energisystemer virker (f.eks. distribusjon, brenselenergi (“fuels”), energinettssystemer (grid systems), drift av energinett, (grid operations), energi-effektivitet)
- Bred kunnskapsbase innen elektrisitet, informasjonsteknologi og programvare.
- Forståelse av kraftverksteknologi og kraftverksystemer (f.eks hydro- og gass-turbiner “combined cycle-and nuclear-power plants”)
- Kunnskap om løsninger for frekvenskonvertering (frequency converter solutions)
- Bakgrunn i materialvitenskap, systemdesign og process-engineering pluss kunnskap relatert til konstruksjon, installasjon, drift og vedlikehold av utstyr for fornybar energiproduksjon.
- Bakgrunn innen elektromekaniske systemer, kontrollsystemer, “high temperature/high pressure vessels” og gass/dampturbiner.
- Kunnskap om energipolitikk (vite noe om hvilken rolle avgjørelser knyttet til energi, spiller i samfunnet), lovgiving (reguleringer ang. miljø på et internasjonalt, nasjonalt, regionalt og lokalt nivå), samt energimarkeder.

Litteraturen som er gjennomgått spesifiserer kun kompetansebehov på et heller generelt nivå som oppsummert ovenfor. I denne forbindelse peker NIFU rapporten “Kompetansebehov i kraftnæringen” [1] på at mye av arbeidet som skjer i kraftnæringen angående kompetansebehov har en relativt kortsiktig erfaringsbakgrunn og bygger sjelden på en reell detaljert erfaringsoversikt over hvordan møte endringer i næringen. Det kan være behov for en større utveksling av konkrete ideer for å definere de langsiktige kompetansebehovene. Systematisk kartlegging av kompetanse ser ennå ut til å være i begynnerfasen i mye av kraftnæringen.

Ett spørsmål blir da hvilke kunnskaper og ferdigheter det nye programmet bør ta sikte på å dekke.

Eksisterende utdanninger innen Fornybare energisystemer

Internasjonal

I regi av EU er det etablert et omfattende samarbeid - UNI-SET - mellom europeiske universiteter og tekniske høyskoler knyttet til utdanning innen energisektoren. UNI-SET-prosjektet (UNiversities in the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)) - har som formål å mobilisere europeiske universiteter til å bidra inn mot energiomstillingen, se link <http://uni-set.eu/>.

Prosjektet har organisert en serie konferanser i 2016 og 2017. Gjennom konferanserekken har man identifisert og synliggjort relevante interdisiplinære forsknings- og utdanningsprogrammer innenfor og på tvers av ulike teknologiområder. Siste konferanse i regi av UNI-SET ble avholdt i Brussel 23-24 oktober 2017 med tittel: Universities in the Energy Transition: Towards a Clean Energy Future.

Med utgangspunkt i de forskjellige konferansene, besøk hos andre institusjoner og egne erfaringer fra UiO supplert med internasjonal litteratur kan erfaringer og anbefalinger innen feltet sammenfattes som følger:

Tverrfaglige kurs og utdanningsprogram innen energifeltet inkorporer data og teorier fra to eller flere disipliner, og kan ha lærerkrefter fra flere fakulteter. Intensjonen bak denne type studietilbud er å eksponere studentene for flere disipliner og dermed gjøre dem klar over at enkelte problemstillinger er så kompliserte og komplekse at de vanskelig kan forstås fra kun en fagdisiplin. Bakgrunnene for fremveksten av slike studietilbud er at enkelte problemstillinger krever tverrfaglig tilnærming. En fullstendig forståelse av energi og fornybare energisystemer vil for eksempel kreve at fysikere, samfunnsvitere og ingeniører arbeider sammen i team. Studentene bør derfor trenes i å samarbeide i grupper på tvers av fagdisipliner for å få evne til å se sitt fagfelt i lys av andre disipliner.

Denne kombinasjonen av kompetanse er ikke bare etterspurt i Akademia, men også arbeidsgivere som ønsker kandidater som evner å arbeide med personer fra andre fagmiljøer og fagbakgrunner. Samtidig som et slikt utdanningstilbud integrerer flere disipliner er det viktig at det ikke går på bekostning av den enkelte students fordypning. Dette fordi erfaring med tverrfaglig utdanning og forskning tilsier at disiplinær fordypning er en forutsetning for god tverrfaglig forståelse. Et utdanningstilbud i energistudier bør derfor være disiplinbasert med innslag av kurs som gir studentene kompetanse i å interagere med andre fagdisipliner.

Hver fagdisiplin har sine tradisjoner som består av perspektiver, tankemønstre og metoder. Utfordringen blir å gjøre disse tilgjengelige for studentene slik at de kommuniserer på tvers av de ulike fagdisiplinene. Dette gjøres best ved brede interdisiplinære emner/kurs med innslag av tverrfaglig prosjektarbeid og problemorientert løsning.

Gjennom denne læringsformen vil studentene lære å integrere perspektiver og konsepter fra flere ulike fagdisipliner, og derigjennom å få en mer helhetlig forståelse av energi. Gjennom gruppearbeidet skal studentene identifisere og konkretisere en problemstilling, finne ut hva de allerede vet, og hvor de kan finne mer informasjon som kan bidra til en løsning av problemstillingen. Dette innebærer igjen at de må lære seg å se hva de ulike fagdisiplinene kan bidra med, hvilket igjen medfører at studentene må kunne kommunisere på tvers av fagdisiplinene.

En forutsetning for et slikt samarbeid skal fungere er at hver enkelt student kan sin fagdisiplins metoder. For uten en skikkelig forståelse av sitt eget fagfelt vil studentene ikke bare ha problemer med å syntetisere med andre disipliner, deres bidrag inn i gruppearbeidet vil bli ufullstendig.

Et meget instruktivt eksempel fra Universitetet i Twente, Nederland, er vist under.

Masterprogrammet gir kandidatene både en bredde- og en dybdekomponent. Programmet heter Master in Sustainable Energy Technology. Dets overordnede læringsmål er å utdanne en ny generasjon ingeniører og forskere som er i stand til å utvikle, optimalisere og integrere bærekraftige energikilder, inkludert solenergi, vindkraft og energi fra biomasse, se: [Master Sustainable Energy Technology](#)

Programmet er åpent for studenter med bakgrunn i Bachelor in Mechanical, Electrical, Chemical, and Aerospace Engineering, and (Applied) Physics. Programmet rekrutterer primært eksternt, spesielt kandidater fra 3. verden.

Første og andre semester i programmet består delvis av obligatoriske emner, til sammen 24 studiepoeng. Flere av disse emnene er basert på problemorientert læring hvor studentene arbeider sammen i tverrfaglige grupper. Det andre året er i stor grad viet til fordypning (36 studiepoeng) og begynnende arbeid med masteroppgave (45 studiepoeng). Studentene velger mellom en av følgende fordypning:

- Autonomous systems
- Solar systems
- Bio/solar systems
- Wind & economics
- Solar & economics
- Biomass & economics

Semestrene i Nederland er inndelt i flere bolker og emner varierer i studiepoenguttelling. Hovedsakelig er hvert emne på 4 ECTS men noen emner strekker seg over flere semestre. Under følger en forenklet tabell av masterprogrammet i Sustainable Energy Technology som viser strukturen som ligger til grunn for masterprogrammets oppbygning.

Skjematisk oversikt over oppbygging og innhold for master i «Sustainable Energy Technology»

Obligatoriske emner, tilsammen 24 studiepoeng: Renewable Energy, Technical writing, Energy System Optimization, Economics and Regulations of sustainable energy, System Integration Project

Tema og innhold for fordypning, 36 studiepoeng: Autonomous systems: Wind – Storage – Solar, Solar systems: Solar – Power – Storage, Bio/solar systems: Biomass – Solar – Storage, Wind & economics: Wind – Power – Economics, Solar & economics: Solar – Power – Economics, Biomass & economics: Biomass – Storage – Economics

Valgfri kurs, 15 studiepoeng

Master oppgave 45 studiepoeng

Detaljert informasjon om studieprogrammet og hvilke emner som inngår i de ulike spesialiseringene finner man her: [Master Sustainable Energy Technology](#)

Universitetsprogram I Norge

- ✓ Alle universitet og mange høyskoler tilbyr MSc program innen fornybar energi. Det er et stort spenn i oppbyggingen og emner, fra helt ustrukturert (UiB) til strukturert med mange ulike vinklinger og internasjonale samarbeidspartnere (NTNU). Ser en bort ifra NTNU har ingen av universitetene og de høyskoler vi har sett på et tilsvarende tilbud som det arbeidsgruppen har skissert. NTNU har tilsvarende tilbud både emnemessig og i oppbygging, men tilbyr dette sammen med Europeiske og nordiske samarbeidspartnere.
- ✓ De fleste høyskoler og universitet har BSc program innen fornybar energi.

NTNU har et bredt tilbud av MSc og integrerte MSc program innen fornybar energi utover de tradisjonelle MSc og BSc programmer innen el-kraft. Det er to relevante 5-årige studieprogrammer, Energi og miljø samt Industriell økonomi og teknologiledelse.

Målet for programmet innen energi og miljø er:

«Studiet kombinerer energi- og prosessteknikk med elkraftteknikk slik at du får gode kunnskaper innenfor begge felter. Dette gjør deg meget godt egnet til å arbeide med løsninger på aktuelle problemstillinger og teknologiske utfordringer i energisektoren.

Dette programmet passer for deg som er interessert i teknologi og hvordan denne kan utnyttes for å tilfredsstille samfunnets behov for energi på en miljøvennlig måte. Dette gjelder alt fra storindustri til små husholdninger. Som energi-ingeniør vil du ta stilling til utfordringer knyttet til valg av energikilder og energibærere, tekniske løsninger med mer.

Vi legger vekt på å utvikle kreativitet med tanke på;

å finne nye energieffektive og miljøvennlige produkter

å oppnå forståelse for sammenhengen mellom samfunnsutvikling og energibruk og økonomi

å utvikle gode ferdigheter i planlegging og utforming av morgendagens energisystem.» (sitat NTNU)

Den 5-årige integrerte masteren i industriell økonomi og teknologiledelse samler 4 ulike teknologi spesialiseringer inn i en felles ramme og metoder. En av spesialiseringene er energi og miljø, som vil ha sammenfallende fag med MSc i energi og miljø.

Når det gjelder toårige MSc har NTNU tilbud innen :

- Energibruk og energi planlegging som sammenfaller med tilsvarende studieretning innen den 5 årige energi og miljø
- Bærekraftig energi med fokus på energibruk i bygninger

NTNU har også tilbud som del av en felles nordisk masterprogram innen innovative sustainable energy engineering. Målet med programmet er: I *“The programme contains five study tracks covering traditional energy engineering, innovative technologies and renewable energies (year one – year two universities in brackets):*

- Bio Energy (KTH – Aalto)
- Energy Systems (Aalto – KTH)
- Heat and Power Engineering (Aalto – Chalmers)
- Solar Cell Systems and Materials (DTU – NTNU)
- System Integration of Wind Power (NTNU – DTU)”(sitat NTNU)

NTNU har også tilbud som del av en felles Europeisk masterutdannelse innen vind energi: *“The EWEM- European Wind Energy Master aims to educate 120-150 MSc graduates per year, covering the top 1-2% global demand of Wind Energy professionals with post-graduate education. EWEM is an advanced MSc for elite cohorts of students, with four specializations that follow the energy conversion chain:*

- Wind Physics
- Rotor Design
- Electric Power Systems
- Offshore Engineering

EWEM is a 2 year (120 ECTS) master course. The joint first semester and the specific multi-disciplinary and project-oriented teaching will give the student the ability to transfer knowledge and competences beyond his/her specialisation and to embed design choices in a sociotechnical context. The student acquires knowledge in theoretical and applied sciences underlying wind energy systems, and specific competencies necessary to operate in the chosen area of specialization.

The European Wind Energy Master consortium is composed of four Universities, world leaders in Wind Energy and Offshore Wind Energy research and education:

- Delft University of Technology (coordinator)
- Technical University of Denmark
- Norwegian University of Science and Technology
- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg” (sitat NTNU)

NMBU har et toårig masterprogram innen fornybar energi. *«Utfordringene knyttet til klimaendringer og bærekraftig energibruk skaper stor interesse for fornybar energi. Studiet gir prosjekt- og gjennomføringskompetanse og du lærer å vurdere styrker og svakheter ved ulike energialternativene.” (sitat NMBU)*

“Programmet er toårig, og består av 120 studiepoeng, inkludert ei masteroppgave på 30 studiepoeng. Obligatoriske emner er FORN300 Vind- og vannkraft - ressursgrunnlag, lønnsomhet og valg av løsninger, FORN310 Bioenergi - ressursgrunnlag, lønnsomhet og valg av løsninger, FORN330 Effektiv energi- og ressursutnyttelse, FORN240 Energidistribusjon- og -lagringssystemer, BUS230 Operasjonsanalyse og RØP330 Prosjektanalyse og prosjektledelse i skog-, energi- og ressursforvaltning. I tillegg må et metodeemne velges.” (sitat NMBU).

Utover dette har NMBU en 5 år integrert master(Siving) i miljøfysikk og fornybar energi, samt to ulike bachelorprogrammer, ett i energi og miljøfysikk, og ett i fornybar energi.

HiOA tilbyr en master i energi og miljø i bygg. Studiet kan gjennomføres på heltid over 2 år, eller deltid over 3-4 år. Målet med studiet er: *«Studentene skal tilegne seg kunnskap om behovsstyrt og energioptimal utforming av installasjoner som bidrar til godt inneklima i bygg, som ventilasjon, solavskjerming og varme- og kjølesystemer. Kunnskapen skal være tilpasset siste gjeldende forskrifter for bygninger. Det legges også vekt på drift og vedlikehold av komplekse systemer for styring av energi- og miljøtekniske installasjoner» (sitat HiOA)*

UiT/Norges arktiske universitet har et 5 årig integrert masterprogram (siving) i energi, klima og miljø. De har et 3-årig bachelorprogram i energi, et bachelorprogram innen elkraftteknikk, og en 2 åring master i fysikk med studieretning innen energi og klima.

Innholdet i det 5-årige masterprogrammet er : «*Studieprogrammet består av en basisblokk de fem første semestrene på 150 studiepoeng, som er felles og obligatorisk for alle studenter, og som danner et solid fundament for videre spesialisering i ulike retninger.*

Studiet kombinerer krav til faglig bredde og oppøving av teknologiske ferdigheter, med sikte på anvendelse av denne kunnskapen på et vidt spekter av praktiske og teoretiske problemstillinger. Basisblokken består derfor av grunnemner i matematikk og fysikk, samt innføringsemner innen fornybar energi, klimaendringer, geologi, kjemi, informatikk og statistikk, og utgjør et faglig fundament for sivilingeniørutdanningen som gir studentene en bred kunnskap om teori, metoder og verktøy innen fagfeltet.

Miljøvennlig energiproduksjon, klimadynamikk, og miljøovervåkning er tre mulige spesialiseringer i studiet. Hovedsatsingene innen miljøvennlig energi er fusjonsenergi og fornybar energi. Studenter som spesialiserer seg innen fornybar energi vil lære om de fire energikildene, vind, sol, bølge og tidevann. Denne spesialiseringen belyser de energikildene som verden må satse på for oppfylle målsettingen fra Verdenskommisjonen for miljø og utvikling, om en bærekraftig utvikling. Studenter innen fusjonsenergi vil opparbeide seg en dypere forståelse av plasmamediet, og utfordringer knyttet til magnetisk innelukking og energiutvinning i fusjonsreaktorer. Klimastudentene vil tilegne seg kunnskaper om klimadynamikk, analyse av klimadata, og vurderinger av menneskeskapt og naturlige klimaendringer. Studenter innen miljøovervåkning vil lære om satellittfjernmåling for jordobservasjoner, og hvordan ulike anvendelser av jordobservasjonsdata kan brukes til å overvåke og kartlegge kystområder, oljeutslipp, flom, vind, globale havstrømmer, iskanter, isfjell, snødekte områder og skoggrensen.”(sitat UiT)

Læringsmålene for det 2-årige masterprogrammet er: “*Climate change has made it critical to search for environmentally friendly and sustainable sources of energy. There is a great need for knowledge that can help us undertake the shift towards sustainable energy production. We need to develop sustainable energy solutions, for instance from fusion energy, wind, and solar sources. In addition, continued monitoring of climate change, its causes and effects, and an understanding of climate dynamics in general will be essential for coming generations in order to make climate predictions. This is the knowledge that the Energy and Climate discipline aims to provide. The education and the master's projects offered are rooted in the research interests at UiT within the field. Current research on sustainable energy concentrates on renewable energy and fusion energy. The research on climate change concerns climate modelling and polar meteorology. Most activities are oriented towards challenges and opportunities in the High North. Students will find work opportunities in the energy and power private sector as well as in major companies that has sustainability and self-sufficiency on their agenda. In addition, students may continue with their work in science at research institutes and the university sector within sustainable energy and climate dynamics.*

This discipline offers specialisation in three different fields of research:

Climate dynamics

Fusion plasma physics

Solar energy and hybrid systems”. Sitat UiT)

og de ulike spesialiseringer innen studieretningen har forskjellige krav til fag, of det er derfor ingen felles obligatoriske fag.

UiB har et masterprogram i Energi. Målsetningen med studiet er å utnytte forskning og ekspertise både fra universitetets fagmiljø og eksterne forskningsmiljø innen energi, til å utdanne kandidatar med teknologisk kompetanse som er velegnet for arbeid i næringsliv så vel som i forvaltning og universitets- og høyskulesektoren.»(sitat UiB). Masteren har to studieretninger, fornybar energi og energiteknologi. Studiet er bygget opp med ulike obligatoriske fag avhengig av spesialisering. Det er et stort antall spesialiseringer uten fellesfag og dermed uten tett binding seg imellom. Eksempler på spesialiseringer er: Elkraft teknikk, regnceller, bioenergi, energianalyser og optimering, havenergi basert på strømmer, havenergi basert på tidevann. Det er et stort antall kontaktpersoner knyttet til masterprogrammet, en for hver spesialisering.

UiB tilbyr også en 5 åring integrert master i Energi (siving). *“I dette studiet får du innsikt i ulike energikilder som er i bruk, korleis dei blir omforma og brukte. Du får òg innsikt i fornybare energikilder som i dag gir eit lite bidrag til global energiforsyning, men som er i rask vekst, som for eksempel vindenergi, solenergi, biodrivstoff. Teknologiar som i liten grad er tatt i bruk, men som har vesentleg potensial, som for eksempel bølgeenergi, tidevassenergi, geotermisk energi, tar vi òg opp i studiet. Introduksjon av nye, fornybare energikilder vil gi nye utfordringar til energisystemet med omsyn til blant anna leveringssikkerheit. I studiet vil du få innsikt i teknologiske, samfunnsmessige og miljømessige konsekvensar av vår bruk av ulike energikilder.”* (sitat UiB)

UiS tilbyr et tverrfaglig 2-årig master innen energi, miljø og samfunn ved instituttet for medie, kultur og samfunn. Innholdet er: *«Masterprogrammet stiller grunnleggende spørsmål om hva bærekraftig energi kan være og hvordan en lavkarbonovergang kan se ut fra ulike perspektiver. Det finnes ikke tilsvarende tverrfaglige studietilbud med basis i samfunnsvitenskap i Norge.»* (sitat UiS)

Utover dette er det ingen enhetlig satsning innen utdanning, men energi relaterte emner finnes enkeltvis. *«– I de fleste ingeniørfag ved UiS er det fagkombinasjoner og teknologier som trengs for å bidra til å utvikle mer miljøvennlig energi, sier Siri Kalvig, leder for Forskningsnettverket for miljøvennlig energi ved UiS og IRIS.»*(sitat UiS)

UiA tilbyr 2-årig master i fornybar energi samt en BSc innen samme emne. Masterprogrammet har følgende oppbygging: *«Studiet har fire delvis overlappende hovedområder som til sammen dekker hele området industri og energiforsyning:*

Fornybar energi, som omfatter vannkraft, bioenergi, vind- og solenergi, pluss hydrogen, brenselceller og termoelektrisitet, for nullutslipps transportsystemer

Produksjonssystemer for elektrisk energi, med vannkraft i bunnen, vind- og solkraft, kraftnettets dynamikk og fremtidens smarte elektrisitetsnett

Industrielle anvendelser, med modellering og simulering, elektriske motordrifter for industri og offshore, kraftelektronikk og avansert reguleringsteknikk

Design og styring av energisystemer, som dekker både elektrisitetsforsyning, biofyrte anlegg for strøm og varme og avansert reguleringsteknikk

Vi har prosjektfag med selvvalgt tema som sammen med masteroppgaven gjør det mulig å spesialisere seg innen ett enkelt felt over et helt år» (sitat UiA)

HSN tilbyr en toårig master i energy and environmental technology. *«Studiet i Energy and Environmental Technology gir deg ferdigheter og spesialisert kunnskap innen:*

Renseprosesser, Alternative energisystemer, Masse- og varmeoverføring, Anvendt termodynamikk, Modellering og simulering, Prosjektledelse, Kostnadsestimering, Forskning» (Sitat HN)

BI tilbyr et deltids MSc program innen management av energisystemer. Studiet tilbyr «*Through this programme, you will develop the qualifications you need to lead the "industrial revolution", and prepare yourself for the most attractive management positions in the energy industry of today and tomorrow.*

The programme gives an overview of the present and future challenges in a global context. As reference cases we explore the development in Europe and Scandinavia during the last decade, as those regions have been pioneers with respect to new business models and energy market designs. In addition to the fundamentals of oil, gas and the electricity industry, you will gain a deep understanding of the undergoing energy transition." (sitat BI)

Energiaktivitet ved UiO

- ✓ UiO tilbyr ingen MSC direkte relatert til fornybar energi. Imidlertid, det er ett program relatert til komponenter for fornybar energi, MENA programmet. Programmet omfatter sol celler, superconducting materials, miljøvennlige materialer, mikroprosessor and sensor for fornybar energi. ITS tilbyr fem fag innen området. Matematisk institutt tilbyr MSc programmet "Stochastic Modelling, Statistics and Risk Analysis". Innen dette tilbudet er det flere kurs som kan være relevant for undervisning innen fornybare energisystem. IFI tilbyr et kurs innen energiinformatikk, og har som ambisjon å utvikle dette videre. UiO:Energi koordinerer aktiviteten innen området.. Det legges vekt på en tverrfaglig tilnærming for å utnytte nødvendig fagekspertise innen jussamfunnsvitenskap, humaniora, teknologi og naturvitenskap. UiO:Energi tilbyr foreløpig ett relevant tverrfaglig kurs på master nivå(ENERGI 4010 "Bærekraftige energisystemer".)

Energi er ett av UiOs tverrfaglige strategiske forskningssatsninger. UiO tilbyr flere ulike program, emner og aktiviteter som er relevante for gruppens rapport. Imidlertid kan gruppen ikke se at det på nåværende tidspunkt finnes noe mastertilbud innen fornybare energisystemer.

UiO:Energi er en aktivitet for koordinering av forskning, utdanning og nettverksbygging innen fornybar energi. Initiativet fokuserer på avanserte måter innen bruken av energi for å redusere globale klimaendringer og andre miljø utfordringer. Det legges vekt på en tverrfaglig tilnærming for å utnytte nødvendig fagekspertise innen jus, samfunnsvitenskap, humaniora, teknologi og naturvitenskap. UiO:Energi tilbyr foreløpig ett relevant tverrfaglig emne på masternivå(ENERGI 4010 "Bærekraftige energisystemer".)

Fysisk institutt og Kjemisk institutt ved MN-fakultetet har et felles tverrfaglig masteprogram innen "Materials, nanophysics and quantum technology" (MENA). Programmet omfatter solceller, superconducting materials, miljøvennlige materialer, mikroprosessor and sensor for fornybar energi.

Centre for Materials Science and Nanotechnology (SMN) er et forskningssenter ved Fysisk institutt og Kjemisk institutt. Dette senteret er viktig for MENA-masterprogrammet. Senteret har fire forskningsgrupper hvorav en er "Energy Related Materials in Oslo" (FERMiO). FERMiO er en ledende forskningsgruppe med fokus på materialer brukt innen fornybar energi, som for eksempel brenselceller, hydrogen system, solceller, og termoelektriske materialer. Kjerneområder innen disse feltene er "ionics and electronics – energy, defect and transport in grids and nano structures"

Ved Institutt for informatikk er det et initiativ innen energiinformatikk. Foreløpig tilbys ett emne innen området (INF5870 "Energy Informatics")

<http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF5870/index-eng.html> . Kurset omhandler generelt IKT løsninger for bærekraftige energisystemer, inklusive smartgrid. Det er viktig at i en detaljering av læringsmål og tema i det nye masterprogrammet i Bærekraftige energisystemer, avklarer forholdet til energiinformatikk slik at undervisningstilbudet ved ITS og IFI hhv blir komplementerende og ikke konkurrerende.

Utover dette finnes det andre relevant aktiviteter innen f.eks. følgende studieprogrammer: Informatikk: design, bruk, interaksjon. Dette programmet er kanskje mest relevant i konteksten «energi i et sluttbrukerperspektiv». Programmet har fem spesialiseringer: Systemutvikling i brukerkontekst (Design), Store og komplekse informasjonssystemer (Informasjonssystemer), IT-ledelse (Informasjonssystemer), Interaksjonsdesign (Design), Digital medieproduksjon (Design).

Informatikk: programmering og systemarkitektur: Energiinformatikksatsningen ligger foreløpig under dette programmet, som en del av studieretningen "Distribuerte systemer og nettverk". Andre studieretninger er Informasjonssikkerhet og Programvare. Hele fem seksjoner pluss ITS bidrar med emner. Derav svært mange emner. De fleste emner anbefaler gode informatikk-kunnskaper men har ofte ingen formelle forkunnskapskrav (emnene bygger på at studentene har visse kunnskaper og ferdigheter). Flere faggrupper bidrar til energirelaterte masteroppgaver (kanskje PMA og ND spesielt). Emnet INF5870 Energiinformatikk anbefaler endel grunnleggende informatikk-kunnskaper (spesielt algoritmer, data kommunikasjon, grunnleggende kunnskap om operativsystemer). Emneporteføljen i energiinformatikk er under utvikling avhengig av ressurstilgang.

Informatikk: Robotikk og intelligente systemer Studieretningen "Robotikk og intelligente systemer" inkluderer allerede emner innen energi og miljøovervåking som gis av ITS (UNIK-emnene) samt emner innen mikroelektronikk (om relevant).

Matematisk institutt tilbyr MSc programmet "Stochastic Modelling, Statistics and Risk Analysis". Innen dette tilbudet er det flere emner som kan være relevant for undervisning innen fornybare energisystemer. Det er et spesialisert emne innen matematikk for energimarkeder, og andre mer generelle emner innen risiko modellering og analyse som kan være relevant for analyse av fornybare energisystemer (for eksempel MAT4770, STK4510, MAT4701, STK4021, STK4400.)

Norges Forskningsråd valgte ut og finansierte for 8 år åtte forskningssentre for miljøvennlig energiforskning (CEER) i 2009. Instituttet for Geofag er partner i ett av disse : SUBsurface CO2 storage – Critical Elements and Superior Strategy (SUCCESS). Knyttet til dette tilbys emner på Ms og PhD nivå "Carbon Capture and Storage (CCS) in the high north". Disse sommerkursene er et

samarbeide mellom University of Oslo, The University Centre in Svalbard (UNIS) and Colorado School of Mines (CSM). De er derfor også delt mellom disse lokasjonene.

Instituttet har også to andre relevante utdanninger: 1) Hydrology and Glaciology og 2) Meteorology and oceanography. Disse programmene har prosjekter og kurs som er relevante for vannkraft og vind energi. En mulighet innen disse programmene er å gjennomføre master utdanningen ved Center for Computing in Science Education (CCSE). Målet med CCSE er å integrere beregning som et naturlig verktøy inne all utdanning.

ITS har en seksjon fokusert på energisystemer. Det nåværende emnetilbudet ved ITS omfatter 5 emner innen fornybare energisystemer samt flere relevante emner innen kybernetikk samt innen industriell matematikk og sikkerhet.

I 2014 ble det utredet et mulig studieprogram innen fornybar energi ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet. Arbeidsgruppen ble ledet av Professor Frank Eliassen ved IFI og inkluderte fagpersoner ifra UiO Energi, Fysisk institutt, Institutt for Geofag og IFE. Rapporten foreslo to aktiviteter, en innen energiinformatikk og en innen fysikk og kjemi for energisystemer. Gruppen identifiserte et klart behov for en bedre samhandling med både industri og det offentlige.

Erfaring ifra eksisterende masterutdanninger

Den siste UNI-SET konferansen i Leuven, se link: http://www.eua.be/Libraries/uni-set/UNISSET-5/external-uni-set_leuven_schedule_23-05.pdf?sfvrsn=0 reflekterer om utviklingen innen denne type programmer i Europa og kan oppsummeres som følger:

1. Betydelig fokus på faglig innhold, pedagogikk og metodikk for læring.
2. Sterkere kobling mellom innovasjon, entreprenørskap, forskning og utdanning, og et økt fokus på; casestudies, utfordringer (challenge based) og tverrfaglig gruppearbeid som undervisningsmetoder.
3. Økt fokus på digitalisering av utdanningen. Skal dette fungere (på grunn av arbeidsmengde og kostnader) må det opprettes et nettverk og en database hvor universitetene kan dele forelesninger og casestudies.
4. Alle masterprogrammene som ble presentert var rettet mot studenter med enten ingeniør-, naturvitenskap-, teknologi- eller økonomibakgrunn. Samfunnsvitenskapelig perspektiv (foruten økonomi) var fraværende.
5. Det er flere tverrfaglige og internasjonale masterprogrammer under utvikling. Disse er ikke bare et samarbeid mellom universiteter, men involver oftest også forskningssentre og industri.

Etter gruppens mening bør strukturen for et masterprogram i fornybare energisystemer være en tilpasning av den strukturen Twente (og flere andre universitet) bruker. Gruppen mener at en direkte oversetting av strukturen Twente har, ikke er relevant fordi Twente har mindre fokus på masteroppgave enn hva UiO har og har færre studiepoeng per emne.

De fleste universiteter og høyskoler i Norge har et mastertilbud innen energi. Et nytt masterprogram vil derfor måtte rekruttere bachelorstudenter som allerede har et energirelatert master tilbud ved

sitt universitet. Det er derfor ikke tilstrekkelig å tilby en energirelatert masterutdanning. Tilbudet må være tydelig og formidle hva som er forskjellig og mere relevant enn andre eksisterende tilbud.

Anbefalt struktur og avgrensinger

- ✓ Vi anbefaler en «best practise» med et sett av felles fag med spesialiseringsfag innen noen utvalgte områder. Det er naturlig at studenten har mulighet for å ta valgfrie fag utfra interesse og bakgrunn. En slik organisering er fleksibel siden fokusområdene kan endres og økes avhengig av rekruttering, ressurstilgang og endringer i samfunnet. En av UiO strategiske fordeler er bredden av faglig aktivitet. I prinsippet kunne derfor Master i fornybar energi hatt er bred tverrfaglig fokus. Gruppen tilrår ikke en slik tilnærming. Gapet i studentenes forkunnskaper blir så stort at det gis liten eller ingen mulighet for felles fag som favner alle potensielle studenter og som samtidig tilbyr faglig progresjon på masternivå.
- ✓ Fokus på system betyr et fokus på interaksjon mellom komponentene i systemet og ikke bare komponentene. Innen fornybare energisystemer er interaksjonen mellom komponentene ikke bare utveksling av kraft men i økende grad utveksling av kontrollinformasjon.
- ✓ Anbefalt struktur er 30 studiepoeng innen breddefag, 30 studiepoeng innen en spesialisering, 20 studiepoeng innen fritt valgte fag, 10 studiepoeng i et prosjekt, og kort MSc oppgave (30 studiepoeng)

Struktur: Som beskrevet tidligere synes «best practise» innen området å være et sett med fellesfag med spesialiseringsfag innen noen utvalgte områder. Det er naturlig at studenten har mulighet for å ta valgfrie fag utfra interesse og bakgrunn. En slik organisering er fleksibel siden fokusområdene kan endres og økes avhengig av rekruttering, ressurstilgang og endringer i samfunnet.

Første og andre semester bør bestå delvis av obligatoriske emner, som gir en bred innføring (30 studiepoeng) i fornybare energisystemer. Denne brede innføringen bygger opp under en spesialisering innen et delområde av samme omfang (30 studiepoeng) som den brede innføringen. Disse velges innen et sett av anbefalte fag med anbefalt sammensetning innen de ulike delområdene. For å kunne utnytte UiOs brede faglige fundament er det viktig at studentene har mulighet for 20 studiepoeng med fritt valgte emner. De valgfrie emnene bør være helt valgfrie blant UiOs emnetilbud på masternivå og bør kunne settes sammen utfra hva student og veileder finner relevant for masteroppgaven. Arbeidsgruppen er i hovedsak enige om at det bør inngå et emne på 10 studiepoeng innen prosjekt som kan gi studentene erfaring med å arbeide med en tverrfaglig problemstilling i gruppe. Dette medfører at masterstudiet i hovedsak kun har rom for å tilby korte masteroppgaver. Masteroppgavene kan bygge videre på problemstillingene i prosjektoppgavene, slik at en kort oppgave rent faglig kan ha et større faglig omfang enn vanlig kort masteroppgave

En av UiOs strategiske fordeler er *bredden* av faglig aktivitet. Dette gir muligheter for bred tverrfaglig tilnærming til et forskningsproblem. I prinsippet kunne derfor en master i fornybar energi hatt en

bred tverrfaglig fokus. Arbeidsgruppen tilrår ikke en slik tilnærming. Bakgrunnen for dette er at gapet i studentenes forkunnskaper vil kunne være så stor at det er liten eller ingen mulighet for felles fag som favner alle nye masterstudenter og som samtidig gir faglig progresjon på masternivå. En bred tverrfaglig vinkling vil også gjøre det vanskelig å formidle en klar profil ovenfor potensielle studenter, noe som vil vanskeliggjøre rekruttering.

Avgrensning av fornybare energisystemer: Fornybare energisystemer vil som et minimum inneholde en fornybar energikilde, et lagringsmedium, en distribusjonsgrid og utveksling av kontroll- og sensorinformasjon mellom disse komponentene. Energien ifra ulike kilder bør kunne distribueres slik at en kan gå utenfor paradigme at hver husstand, industri og ladepunkt skal være selvstendige enheter. Vannkraft og elektrisk distribusjon er derfor begge felt som potensielt kunne vært inkludert som spesialiseringsområder i masterstudiet. Innen begge felt er det gode nasjonale masterutdanninger. Imidlertid er dette områder som det må gis faglig innføring i som en del av den innledende breddeundervisningen i masterstudiet.

Fokus på system betyr et fokus på interaksjon mellom komponentene i systemet og ikke bare komponentene. Innen fornybare energisystemer er interaksjonen mellom komponentene ikke bare utveksling av kraft, men i økende grad utveksling av kontrollinformasjon. Dagens system består hovedsakelig av lukkede fornybare energisystemer hvor distribusjon ikke er utover husholdet og hvor selve elektrisitetsgriden kontrolleres av et lukket system. Morgendagens system vil være åpent hvor de ulike komponenter integreres og utveksling skjer både innen informasjon og kontroll. Denne utvekslingen sammenfattes ofte som smartgrid. Et fokus på system vil derfor måtte innebære en aktivitet innen smartgrid. Områder som potensielt bør inkluderes i en masterutdanning er også kjennskap til produksjon (begrenset til solenergi og vindsolenergi), lagring, og kontroll (begrenset til smartgrid og sensorer). Det må foretas en avgrensning av smartgrid ved ITS mot energiinformatikk ved IFI slik at smartgrid-retningene ved ITS og IFI blir komplementerende og ikke konkurrerende.

Innretning og omfang av masterprogram i fornybare energisystemer ved UiO

Overordnet

Læringsmål

Kunnskap

- God forståelse av fornybare energisystem, dets komponenter og samspill mellom komponentene. I dette inngår alle fornybare energiteknologier, ulike lagringsteknologier, distribusjonsgrid, smartgrid inklusive sensorer. Regulering og kontroll, og både «stand alone» systemer og store integrerte distribusjonssystemer.
- God forståelse av nasjonal og internasjonal reguleringer og rammebetingelser for fornybare energisystem. Dette innebærer også ulike prismodeller og aktørøppførsel.
- Dybdekunnskap innen et spesialområde som sol energi, lagring, smartgrid.
- Spesial kunnskap innen et felt av fornybare energisystemer oppnådde gjennom arbeidet med en masteroppgave.

Ferdighet

- Kunne grovdesigner fornybare energisystem.
- Detalj designe en komponent i systemet

- Analysere hvordan endringer i funksjonalitet i en komponent vil påvirke de andre komponentene i systemet.
- Bruke laboratorier og emulatorer av fornybare energisystem for å analysere relevante problemstillinger.
- Kunne identifisere, definere, presentere og kommunisere problemstillinger innen fagområdet.
- *Kan gjennomføre et selvstendig, avgrenset forsknings- eller utviklingsprosjekt under veiledning og i tråd med gjeldende forskningsetiske normer innen fornybare energisystemer.*

Generell kompetanse (utover generell mål for master):

- Kjenner til fagets utvikling, begrensninger og muligheter – faglig, etisk og samfunnsmessig.
- Kjenner til nytenkning og innovasjonsprosesser.
- Være vant til å jobb i tverrfaglige grupper.

Foreslått struktur og innhold

En viktig fellesnevner for breddeemnene er fokus på problembasert læring og gruppearbeid, siden studentene vil ha en varierende faglig bakgrunn. Det er viktig at problem/case oppfattes som relevant og er hentet ifra reelle situasjoner. Dette medfører at det er viktig å bruke en del eksterne gjesteforelesere. I liten grad kan en forvente å finne relevante lærebøker og undervisningen må derfor i større grad baseres på egne kompendier, oversiktsartikler og «white paper». Siden studentene har forskjellig bakgrunn, vil oppbygging av felles definisjoner, og symboler være viktigere enn i fag som bygger videre på et felles faglig fundament. Av samme grunn blir arbeid i grupper viktig, siden en må forvente at studentene kan ha en svak bakgrunn innen enkelte moduler av et fag. Gjennom gruppearbeid kan studentene lettere få støtte og motivasjon fra andre gruppemedlemmer som har en bedre bakgrunn innen den aktuelle modulen. Disse betraktningene er basert på en gjennomgang av tre energi relaterte emner: energi 4010 Bærekraftige energisystem, UNIK4800 Renewable energy; science and technology , og INF5870 Energiinformatikk.

Ulike læringsmål kan grupperes på flere måter for breddeemnene. Vi foreslår en faglig gruppering utfra disiplin, slik at et breddeemne kan gi nødvendig disiplinær bakgrunn.

Breddeemne: Fornybare energisystem grunnleggende teknologi. Emnet skal omfatte ulike typer fornybar energi kilder, de bakenforliggende fysiske lover, ulike lagrings metoder. Dette vil i stor grad sammenfalle med eksisterende emne UNIK 4800

Breddeemne: Energimarkeder og regulering. Emnet skal omfatte energimarkeder, aktører, fremtidige forventede aktører, verdikjeder, prismekanismer, nasjonale og internasjonale reguleringer og politiske rammeverk, analyse metoder, energiforbruk. Dette er et emne som ikke eksisterer pr. i dag, og som derfor må utvikles

Breddeemne Grid og smartgrid. Emnet skal inneholde Struktur og oppbygging av elektrisk distribusjonsgrid, fysikken bak elektrisk kraftoverføring, kontroll av grid, smartgrid funksjonalitet og utvikling av AMS funksjonalitet og infrastruktur, utvikling innen micro og nano grids. Dette er et emne som må utvikles.

Fornybare energisystemer			
Sem 4	Master oppgave		
Sem 3	Søyleemne 3	Valgfri 2	Prosjekt
Sem 2	Valgfri 1	Søyleemne 1	Søyleemne 2
Sem 1	Fornybare energisystem	Energimarkeder	Grid og smartgrid

Studieplasser

Nasjonalt er 20 studieplasser ansett som et minimum for et robust masterprogram. Det her foreslått masterprogrammet har et bredt rekrutteringsgrunnlag og burde være et attraktivt program innen et samfunnsaktuelt problemområde. Dette skulle tilsa en høyere opptaksramme. Samtidig er dette et nytt program som krever nyutvikling av emner. Hvor lett eller vanskelig det er å rekruttere studenter er ikke kjent. Dette tilsier en forsiktig oppstart. Den tverrfaglige strukturen tilsier at det må være en viss bredde blant studentene. Dette medfører at antallet studenter ikke bør være for lavt. Basert på disse betraktninger, foreslår arbeidsgruppen en opptaksramme på 20 studieplasser, med et anbefalt opptak på 15 første året.

Denne opptaksrammen bør revurderes etter 4 år når UiO har erfaringstall på søkermassen, gjennomføringsgrad og med 3 gjennomførte kull.

Arbeidsgruppen anser ikke at det er dens mandat å angi hvor opptaksrammen skal hentes fra, men bemerker at det foreslåtte masterprogrammet ikke er en erstatning for eksisterende program eller studieretninger.

Opptakskrav

Opptak til dette masterprogrammet/studieretningen krever følgende:

- fullført bachelorgrad eller tilsvarende utdanning
- en faglig fordypning fastsatt av programmet
- et vektet karaktersnitt i fordypningen på minst C for bokstavkarakterer, eller 2.7 for tallkarakterer
- generell studiekompetanse

Krav til faglig fordypning

Den faglige fordypningen utgjør til sammen 80 studiepoeng og består av:

10 studiepoeng på bachelornivå innen hvert av de tre fagområdene matematikk / statistikk, informatikk, fysikk / mekanikk / kjemi

Og:

50 studiepoeng på bachelornivå innen realfaglige emner fordelt på inntil tre av fagområdene matematikk / statistikk , informatikk , fysikk , kjemi

Det er krav om å ha 20 studiepoeng i spesialiseringsemner (tilsvarende 3000 emner)

Internasjonalisering

Som diskutert i seksjonen lærdom ifra andre masterutdanninger så synes samarbeid på tvers av institusjonsgrenser viktig. Det er derfor viktig å legge til rette for utveksling av studenter. Gruppen mener at et første skritt er å forsøke å formalisere samarbeide med andre europeiske universiteter som har samme struktur som den som er anbefalt. To alternativer peker seg ut, en utveksling som en del av kort masteroppgave (dvs. i 4.semester), og en utveksling i 3. semester (deler av fordypning og frivillige emner). I utgangspunktet bør en forsøke å inngå avtale med to universiteter. Gruppen mener at dette punktet må bearbeides og avtales nærmere når endelig struktur for programmet er vedtatt og ansvarlige fagpersoner identifisert slik at en kan utnytte eksisterende nettverk i størst mulig grad.

Både av hensyn til utveksling og rekruttering utenfor Norges skal all undervisning og veiledning være engelsk dersom engelskspråklige studenter tas opp.

Iverksetting

Strukturen med tre felles breddeemner og tre fordypningsemner gir en fleksibilitet i hvordan masterprogrammet iverksettes. Etter hvert som studietilbudet, dvs antall spesialiseringsemner utvides, kan antall spesialiseringer øke.

Gitt dagens situasjon er det to alternativer som peker seg ut.

Master program uten studieretninger

ITS har tilstrekkelig fagtilbud til å kunne tilby en spesialisering innen solenergi og lagring. Fordelen er at studentene samles på ITS og studentene har mulighet for å oppnå samholdet som er en viktig del gitt deres potensielle forskjellige bakgrunn. Samtidig svekkes mulighetene for samhandling mellom ulike institutt. Siden det kun finnes et tilbud om spesialisering vil en måtte forvente at de fleste veiledere for masteroppgaven blir innen ITS stab. Studentene vil mangle bakgrunn for å kunne være interessant for veiledning ifra ansatte på andre institutt. Dette vil også utgjøre en utfordring kapasitetsmessig når det gjelder veiledning. En annen konsekvens er at UiO ikke får utnyttet sitt potensiale for veiledning innen et bredere sett av oppgaver innen fornybare energisystemer.

Masterprogram med flere studieretninger

En annen mulig organisering er å tilby flere studieretninger som har felles basisfag. Spesialiseringen i de tre dybdeemnene utgjør det spesifikke ved studieretningen. De skisserte opptakskravene må da endres, typisk med krav om fordypning i innen et spesielt felt som del av bachelorutdanningen. Uten studieretning er kravet til fordypning på bachelornivået innen flere likestilte fordypninger. Fordelen er at opptakskravene kan skreddersys for studieretningen. Samhandlingen mellom ulike institutter styrkes siden studieretningene vil involvere flere institutt både med undervisning og veiledning. Ulempen er risikoen for spredning av studentene på ulike lokasjoner og dermed svekke den ønskede samholdet. Bruken av prosjektemne vil delvis kunne motvirke dette.

Et mulig valg for studieretninger er å ta utgangspunkt i breddefagene siden disse spenner opp bredden av fagfeltet. Samtidig er det ingen grunn til å tilby en studieretning innen grid, siden UiO mangler fagkunnskapen og denne studieretningen er alt meget godt dekket av NTNU. Et mulig utgangspunkt for studieretningene blir da 1) solenergi og lagring, 2) energimarkeder og analyse, og 3) smartgrid og IoT. Dersom ønskelig kan deler av det eksisterende emnet energiinformatikk inngå i den siste studieretningen.

Utfra dagens fagtilbud ser det ut til å være mulig at to studieretninger, en innen solenergi og lagring (studieretning 1), og en innen energimarked og analyse (studieretning 2) kan tilbys uten en større

utvikling av fag. I tabellen under har vi oppsummert noen emner som i utgangspunktet er relatert til fornybare energisystemer. Hensikten er ikke en detaljert gjennomgang av emnene, men gi en grov oversikt over emner som kan danne utgangspunkt for en studieretning.

Når det gjelder en studieretning innen solenergi og lagring finnes emner som vil kunne dannet et godt utgangspunkt., jfr emnene UNIK4450 Solceller, UNIK4830 Sol energi systemer, og UNIK4810 Batteri teknologi. Det bør eventuelt foretas en justering av innhold og opplegg for å gi en best mulig tilpassing til et helhetlig masterprogram. En spesialisering innen energimarkeder og analyse kunne ta utgangspunkt i MAT4720, som erstatter MAT4701 Stokastisk analyse med anvendelser, MAT4770 stokastisk analyse av energi og råvare markeder, MAT-INF4110 Matematisk optimering, og UNIK4820 Energisystem analyse. Dette er ikke ment som en absolutt liste, men som et utgangspunkt for tilpasning av eksisterende emner. MAT-INF4110 er et såkalt NÅRBERT-kurs (=Når behov og ressurser tilsier...), og går derfor ikke hvert semester/år. I en eventuell studieretning vil spesialiseringsemnene være obligatoriske og en «NÅRBERT-status» vil dermed ikke forenlig med hensikten med emner. Dette representerer et mindre praktisk problem, men tydeliggjør ressursbehov for masterprogrammet. Også for denne studieretningen bør det foretas en justering av innhold og opplegg for å gi en best mulig tilpassing til et helhetlig masterprogram

Oppsummert, ut fra denne oversikten er det tilstrekkelig tilbud for to mulige studieretninger : 1) solenergi og lagring, 2) energimarkeder og analyse. Dagens emner bør trolig endres og justeres for å tilpasses et helhetlig masterprogram. Det bør også utvikles emne(r) innen energimarked og analyse dersom denne retningen skal gis et komplett tilbud.

Dersom en ønsker å utvikle en studieretningen inn smartgrid og IoT (studieretning 3), er det ikke et tilstrekkelig emnetilbud. Flere emner må utvikles. Frank Eliassen, IFI's representant, har ikke deltatt på diskusjonen rundt iverksetting, pga reiser og sykdom. Gruppen har derfor ikke avklart hvor ansvar bør ligge og detaljer rundt innhold for temaer som IoT og Smartgrid. Dette må avklares som en del av den videre prosess rundt en eventuell studieretningen innen Smartgrid og IoT.

Dersom en ønsker å utvikle flere studieretninger er det naturlig at de institutt som får (del-)ansvar, må ta ansvaret for å utvikle studieretningen.

Nedenfor gis oversikt over emner som kan være relevante for å kunne videreutvikles/brukes innen studieretninger innen masterprogrammet for fornybare energisystemer. Dette er ikke ment som en endelig liste. Strukturen på det foreslåtte programmet gjør det mulig med ulike utvidelser etter som spesialiseringsemner blir konkretisert og undervist.

Code	Number	Title	
INF	5870	Energy Informatics	Basis for mulig spesialisering 3
Energi	4010	Bærekraftige energisystemer	Dekket av breddeemner
UNIK	4800/9800	Renewable energy; science and technology	Breddeemne
UNIK	4450/9450	Solceller	Mulig spesialisering 1
UNIK	4850/9850	Numerisk simulering av solceller og andre	N/A

		halvlederkomponenter	
UNIK	4830/9830	Solenergisystemer	Mulig spesialisering 1
UNIK	4820/9820	Energisystem-analyse: Modellering, metoder og scenarier	Mulig spesialisering 2
UNIK	4810/9810	Batteriteknologi	Mulig spesialisering 1
MAT-INF	4110	Matematisk optimering	Mulig spesialisering 2
MEK	4330	Turbulensteori og modellering	N/A
STK	4120	Ekstremverdistatistikk	
STK	4400	Rsiko- og pålitelighetsanalyse	
STK	4150	Miljøstatistikk og romlig statistikk	
MAT	4770	Stokastisk analyse for energi og råvaremarkeder	Mulig spesialisering 2
STV	4282	International Energy Politics	
MAT	4701	Stokastisk analyse med anvendelser	Mulig spesialisering 2
SGO	3200	Environment and innovation	N/A
SOS-GEO	2301	Environment and society	N/A
SOS-ANT	4282B	Overheating: The anthropology of accelerated change	N/A
MENA	1000*	Materialer, energi og nanoteknologi	N/A
MENA	3000*	Funksjonelle materialer	N/A
FYS	3320*	Fysikk og energiresurser	Mulig spesialisering 1

- Bør utvikles til en mastervariant hvis de skal tilbys som del av masterprogrammet i fornybare energisystemer.

Rekrutteringsgrunnlag

Opptakskravene er relativt åpne og mange bachelorstudenter fra andre universitet både norske og europeiske vil være kvalifisert. Antallet potensielle kandidater å rekruttere vil ikke være begrensingen og arbeidsgruppen har derfor ikke forsøkt å tallfeste antallet potensielle kandidater.

I lys av angitte læringsutbytte og opptakskrav vil det kunne rekrutteres ifra følgende program ved UiO:

Institutt for informatikk:

Vanskelig å vurdere på nåværende tidspunkt uten å vite noe om kunnskapskrav til det nye programmet. **Informatikk: design, bruk, interaksjon**

Kan være relevant i konteksten ”energi i et sluttbrukerperspektiv”. Kun informatikk-emner som er obligatoriske. Inkluderer valgfri 40-gruppe med støttefag der stort sett humanistiske og samfunnsvitenskapelige emner anbefales.

Informatikk: programmering og systemarkitektur

Fokus på kjernedelen av informatikken. Frie emner: anbefales at man velger emner som komplementerer informatikkemner man har tatt tidligere.

Informatikk: Robotikk og intelligente systemer

Programmet gir kunnskap innen programmering, elektronikk, digital teknologi og matematikk bl.a. for å konstruere innebygde (embedded) systemer, hvordan analysere og modellere systemer som inneholder både programvare, maskinvare og mekanikk (inkl mekatronikk). Obligatoriske emner inkluderer 15 studiepoeng matematikk og 5 poeng fysikk (mekanikk).

Valgfrie emner, men ingen spesielle krav.

Matematisk institutt:

Potensielt rekrutteringsgrunnlag fra følgende studieprogram :

<http://www.uio.no/studier/program/matematikk-informatikk/index.html> og / eller
<http://www.uio.no/studier/program/matematikk-okonomi/index.html>

Fysisk institutt:

Potensielt rekrutteringsgrunnlag fra følgende studieprogram :

<http://www.uio.no/studier/program/elektronikk-it/index.html> og / eller
<http://www.uio.no/studier/program/fysikk-astronomi/index.html>

Kjemisk institutt:

Potensielt rekrutteringsgrunnlag fra følgende studieprogram :

<http://www.uio.no/studier/program/materialvitenskap/index.html> og / eller
<http://www.uio.no/studier/program/kjemi-biokjemi/index.html>

Inst. for geofag:

Potensielt rekrutteringsgrunnlag fra følgende studieprogram :

<http://www.uio.no/studier/program/geologi/index.html> og / eller
<http://www.uio.no/studier/program/geofysikk/index.html>.

Studenter fra begge disse bachelorprogrammene kan være aktuelle for en master innen fornybare energisystemer. De nye studentene har en bedre og bredere generell realfagbakgrunn enn tidligere

og burde kunne rekrutteres til relevante masteroppgaver med bakgrunn også i geologi, hydrologi og meteorologi.

Behov for nytt BSc program eller studieretning innen eksisterende BSc program,

(Sitat mandat) « I denne sammenheng bes arbeidsgruppen videre om å vurdere og gi råd om etablering av:

- *En studieretning innen Bærekraftige energisystemer ved et eksisterende bachelorprogram.*
- *Et eget bachelorprogram innen Bærekraftige energisystemer.»*

Det skisserte program er lagt opp til å rekruttere Bsc studenter med en bred bakgrunn. Den legger opp til en bred tematisk dekning av fornybare energisystemer med lav krav til spesifikk forkunnskap i energisystemer. Imidlertid er det en forutsetning om en basis innen matematikk, fysikk, og programmering, og med en spesialisering innen flere eksisterende BSc program. Utfra et rekruteringsperspektiv fraråder arbeidsgruppen at det opprettes ett nytt BSc program eller spesialisering innen fornybar energisystemer.

Fornybar energi systemer kan bli et populært tema som studenter forventer er en del av sin BSc program. Vurderingen av en eventuell studieretning kan således bli en del av diskusjonen rundt hvorvidt den eksisterende BSc utdanning møter studentenes forventninger, noe som er utenfor gruppens mandat.

Opprettelsen av et tematisk MSc program nødvendiggjør ikke opprettelsen av et nytt BSc program eller studieretning. På sikt vil det være nødvendig med en revisjon av det foreslåtte MSc program i fornybare energisystemer. Dersom temaet snevres inn kan det være nødvendig å revidere de brede opptakskravene og dermed også behovet for eget BSc program eller studieretning.

Litteratur

1. D.S. Olsen, T.C. Carlsten, K. Rørstad, Kompetansebehov i kraftnæringen, Tilleggsstudie basert på NHOs kompetansebarometer, NILU Rapport 7/2015.
2. THEMA Consulting Group, Gjennomgripende endringer i energisystemet - en omverdenanalyse (på oppdrag fra Energi21), THEMA rapport 2016-27, desember 2016.
3. L. Henden m.fl., Batterier i bygg kan få betydning for det norske kraftsystemet, NVE rapport 66/2017.
4. World Economic Forum, The Future of Electricity. New Technologies Transforming the Grid Edge, March 2017.
5. L. Backa, M. Wihersaari, Future engineering education: what competences are energy companies looking for when recruiting graduates with a master of science (technology) degree?, Engineering Education, 9(1), 2014.
6. Skills and occupational needs in renewable energy, International Labour Office, Geneva, European commission, 2011.