

Høgskolen i Gjøviks rapportserie, 2013 nr. 3

Inventar av mulig sertifikatberettiget fornybar kraftproduksjon i innlandet

Alemayehu Gebremedhin



Høgskolen i Gjøvik
2013

ISSN: 1890-520X

ISBN: 978-82-93269-18-2

Inventar av mulig sertifikatberettiget fornybar kraftproduksjon i innlandet

av

Alemayehu Gebremedhin



Forord

Avdelningen TØL ved Høgskolen i Gjøvik har jobbet med et forprosjekt, «Betydning grønne sertifikat for Innlandet», som ble støttet av Regionalt forskningsfond Innlandet. Prosjektet er av interesse med bakgrunn av det felles sertifikatmarked som ble startet 2012. Målet med prosjektet er ressursinventering av mulig vindkraft, vannkraft og biobrenselkraftvarme i Innlandet. Dessuten skal inventeringen gi grunnlag til fremtid hovedprosjekter. I denne rapport rapporteres resultatene fra arbeidet.

Undertegnede takker RFF Innlandet for finansiell støtte i arbeidet og samarbeidspartner Optensys Energianalys AB for et godt samarbeid.

Gjøvik 31.03.2013

Alemayehu Gebremedhin

Høgskolen i Gjøvik

Innhold

Sammendrag	5
1 Bakgrunn	7
1.1 Kort om energi og klima	7
1.2 Kort fakta om innlandet.....	7
2 Grønne sertifikat	10
2.1 Energikilder som gir sertifikater.....	10
2.2 Utstedelse av sertifikater	11
2.3 Kvoter.....	11
2.4 Prisene på grønne sertifikater	12
2.5 Kraftpris	14
3 Fornybar energi	17
3.1 Bioenergi	17
3.2 Vannkraft.....	18
3.3 Vindkraft	19
4 Fjernvarme	20
5 Energibalanse i innlandet	22
5.1 Forbruk	22
5.2 Produksjon.....	24
5.2.1 Bioenergi	24
5.2.2 Vannkraft.....	24
5.2.3 Vindkraft	24
6 Potensialer for fornybar kraftproduksjon i innlandet	25
6.1 Bioenergi	25
6.2 Vannkraft.....	25
6.3 Vindkraft	26
7 Konklusjoner	29
Referanser	31

Sammendrag

Det globale energisystem er i dag helt avhengig av fossile energikilder som er uttømmelig til sin natur og samtidig kjent for ligge bak en hel del miljøproblemer. En gradvis overgang til et bærekraftig energisystem som omfatter alle sektorer er klart nødvendig. De forskjellige direktive som for eksempel EU direktive om fornybar energi som også er aktuell for EØS er følgelig svar på dette behov. Norge og Sverige har 1. januar 2012 innført et felles sertifikatsystem med hensikt for å øke den totale årlige fornybar kraftproduksjon i Sverige og Norge med 26,4 TWh mellom 2012 og 2020.

Denne studie er et inventar av mulig sertifikatberettiget fornybar kraftproduksjon fra biomasse, vann og vind i innlandet. Innlandet som helhet har en ubalanse mellom egne produksjoner og forbruk samtidig er regionen kjent for store ressurser i form av biomasse, vannkraft og vindenergi. Ordningen grønne sertifikat kan føre til økt fornybar kraftproduksjon i innlandet.

Energiforbruk i innlandet er ca 14 TWh/år der fossile brensel (41 %) og elektrisitet (47 %) er dominerende. Transportsektor står for mesteparten av fossile energi mens husholdingen og tjenestesektor står for signifikant andel av elektrisitetsbruk. Hvis transportsektoren og deres energibruk ekskluderes vil Innlandet kunne dekke 60 % av det totale energibruket og 100 % av det totale elektrisitetsbruk gjennom lokale energikilder som bioenergi, vannkraft og vind. Hvor mye vannkraft, vindkraft og biobrensel basert kraft som kan utvikles i innlandet er avhengig av ulike faktorer men ressurskartlegginger som bygger på litteraturstudie og modeller viser et stort potensial i innlandet:

Størst potensial har vindenergi der potensialet kan vare mellom 8 – 300 TWh avhengig av utbyggingstetthet (2 – 15 MW/km² og vindhastigheter (større 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s). Potensialet blir mindre hvis en vil bruke deler av det utnyttbare arealet. I dette fall blir potensialet som lavest 3 TWh og som høyest 170 TWh. Det er per nå drøyt 700 MW vindkraft med tilsvarende produksjon på ca 2 TWh hos NVE for konsesjonsbehandling.

Det nest høyeste potensialet er funnet i vannkraft i hovedsak i småskala. Her er potensialet ca 2 TWh. Det er per nå flere søknader/melding hos NVE.

En utfordring er å finne potensialet for biomasse baserte kraftproduksjon. For det første er det ikke tal om å produsere kun kraft da dette er helt ikke økonomisk. Her handler det om samtidig produksjon av varme og elektrisitet. Et slikt produksjonsanlegg vil kreve tilstrekkelig varmebehov som i dette tilfelle krever etablering av store eller små skala fjernvarme. For å finne potensialet et energisystem modell har konstruert med Gjøvik som eksempel. Modellen er basert på lineær programmering og ulike størrelser av fjernvarme (10 – 300 GWh) undersøktes hvor muligheten for kombinert varme-og kraftproduksjon er også et alternativ. Basert på anvendt data i studiet en samtidig kraftproduksjon er mulig i alle alternativer. Av innlandets totale forbruk kan minst 20 % tilskrives oppvarming. Dette vil

med andre ord peke på stor potensial for stor/små skala fjernvarme der samtidig produksjon av varme og elektrisitet kan vare mulig. I følge Gjøvik modellen finnes det potensial mellom 3 – 90 GWh elektrisitet. Dersom disse proporsjoner brukes for innlandet kan dette tilsvare 40 – 1200 GWh. Tallene blir lavere da flere anlegg uten kraftproduksjon er allerede etablert. Dessuten skal man i å tanke at dagens og framtidens bosetningsmønstrer har avgjørende rolle for utvikling av fjernvarme hvilken er nødvendig i dette sammenheng.

Dette forprosjekt peker på stor potensial for kraftproduksjon basert på fornybare energikilder, i dette fall vann, biomasse og vind. Grønne sertifikatsystemet kan hjelpe for å realisere del av disse potensialer. Selv om det er stort potensial i innlandet det må vurderes hvor mye av disse potensialer som vil bli bygget i innlandet.

1 Bakgrunn

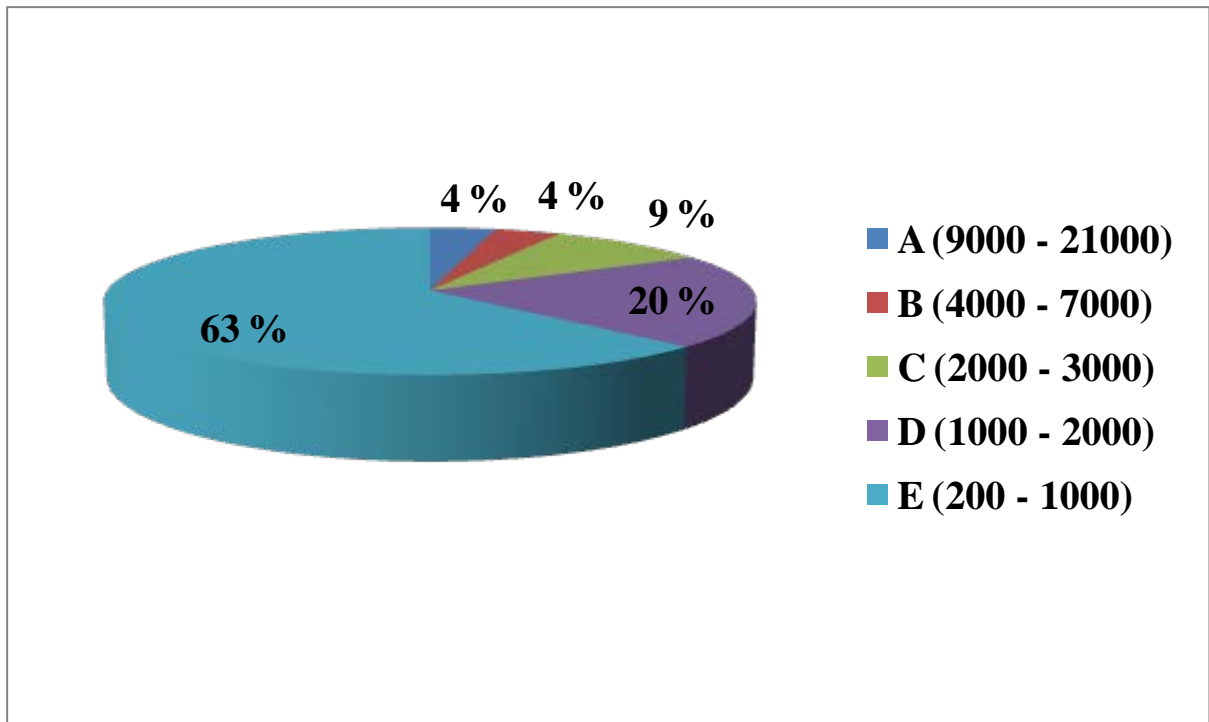
1.1 Kort om energi og klima

Energiforsyningen i verden er helt dominert av fossile brensel samtidig som verdens energisystem mer og mer har blitt integrert på grunn av økt globalisering av ulike markeder. Ifølge International Energy Agency (IEA) står fossile energikilder for omtrent 80 % av den totale energiforsyning i verden (IEA, 2011a). Dette gjør seg synlig i form av klimagassutslipp som skjer via forbrenning av fossile brensel. Energi, transport og industri er de sektorer som årsaker drøyt 80 % av den totale globale klimagassutslipp i form av CO₂ (IEA, 2011b).

Mange studier peker på at forbrenning av fossilt brensel er en viktig kilde til utslipp av klimagasser. Bevisstheten om at det globale energisystem må konverteres til et system med lavere energiforbruk og økt andel av fornybar energi har økt. Energiforsyningsusikkerhet på grunn av økende energipris og importavhengighet gjør omstillingen enda mer nødvendig. Andre drivkrefter for konvertering av energien er høy oljepris og høy avhengighet av import av energi, noe som skaper usikkerhet. Det er også miljømessige grunner til å bytte til bærekraftig energisystem. Konvertering av energisystemer til et bærekraftig system har derfor blitt politisk spørsmål som har fått mer fokus de siste årene. For eksempel, har EU gjennom det såkalte 20-20-20 målene satt opp ulike mål. Disse målene betyr 20% reduksjon av klimagasser, 20% fornybar energi i EU energiforbruk og 20% reduksjon av primær energi innen 2020. Innenfor EU noen nasjonale og kontinentale tiltak er innført for å oppnå disse målene. Kvotesystem for CO₂ og annen type av tilskudd for å fremme strøm generasjonen fra fornybare kilder er noen eksempler i denne retningen. EUs fornybar energi målet der 20% av energiforbruket skal komme fra fornybare energikilder er også relevant for Norge.

1.2 Kort fakta om innlandet

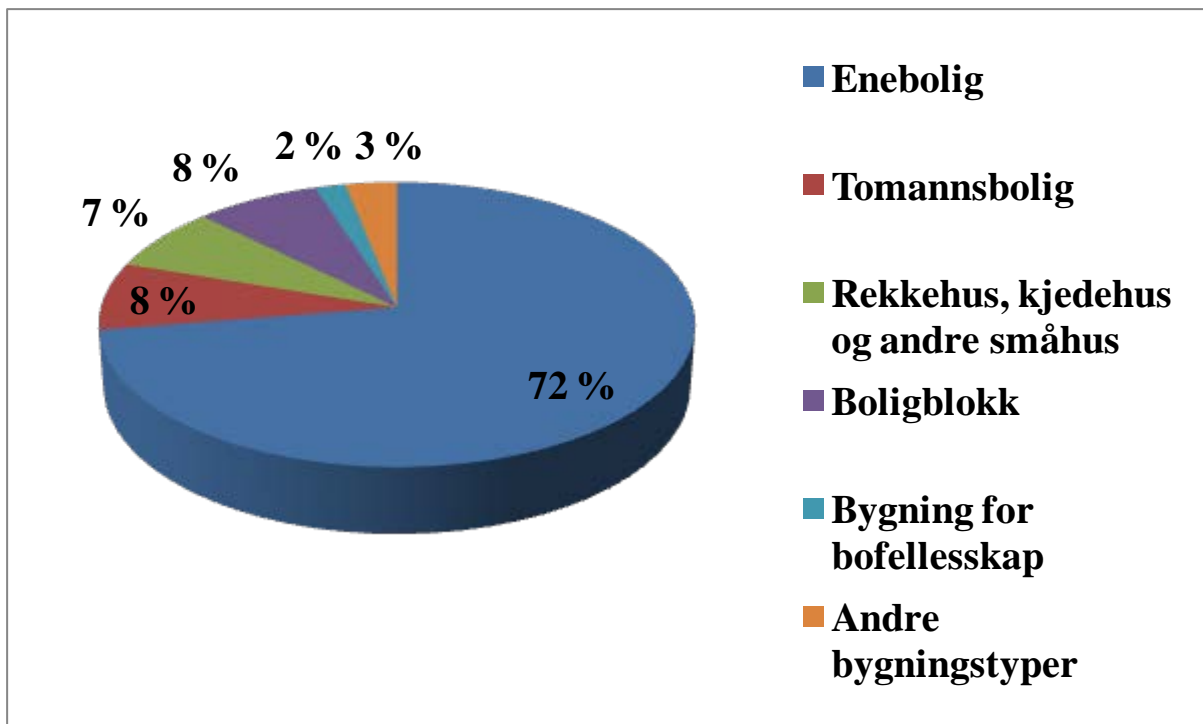
De to fylkene Oppland og Hedmark utgjør regionen Innlandet. Innlandet er en stor region med totalt areal på 52 590 km². Dette tilsvarer 16 % av hele Norges areal. Selv om arealene er stor befolkningstettheten er ganske lav. Totalt bodde 377 709 mennesker i begge fylkene per 1. januar 2011, 7.6 % av Norges folkemengde.



Figur 1: Folkemengder og tettsteder 2011, basert på data fra SSB¹

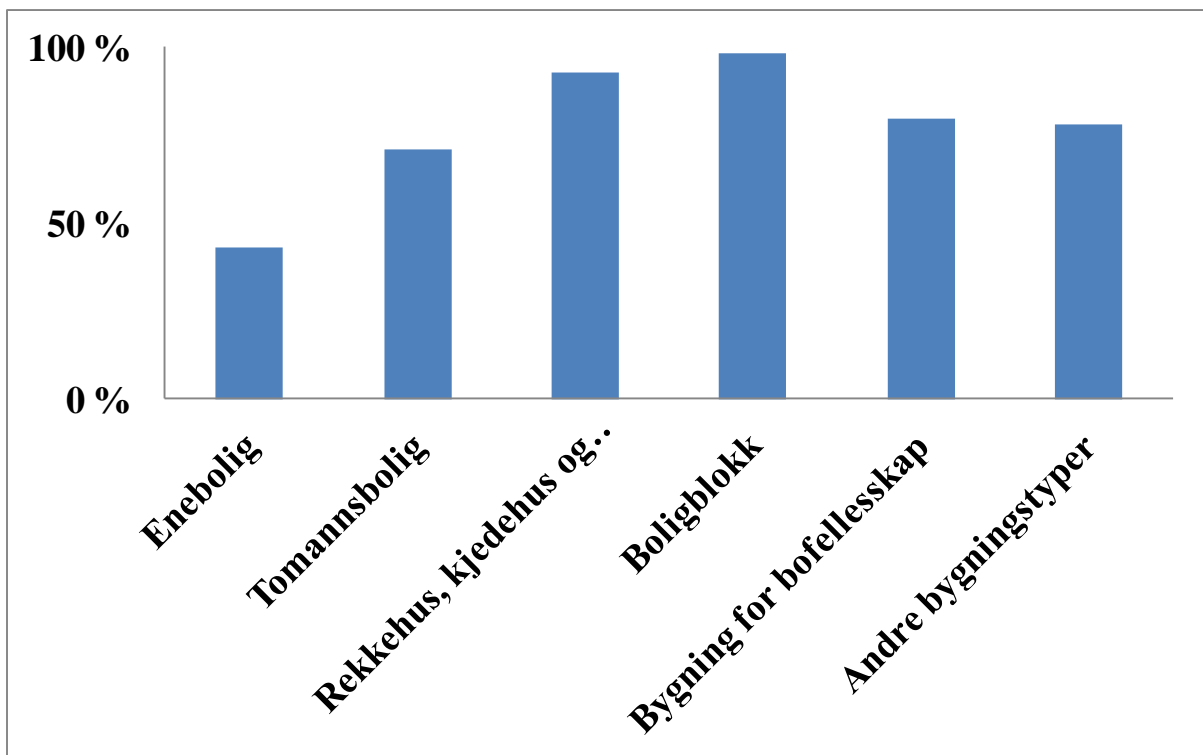
De to Fylkene har i alt 48 kommuner hvor bare ti av dem har befolkningstall høyere enn 10 000. Samlet så finnes det drøyt 100 tettsteder og litt mer enn 60 % av disse har folkemengde mellom 200 – 1000. Figur 1 gir informasjon om antall tettsteder og folkemengde. For hele fylkene som helhet, var det ca 190 000 boliger av ulike typer der eneboliger står for mesteparten.

¹ www.ssb.no



Figur 2: Boliger i innlandet, 2011 basert på SSB ²

Plassering av boligene er ulike med lavest andel i tettbygd strøk for eneboliger og høyest andel for boligblokker.



Figur 3: Andel boliger i tettbygd strøk, 2011 basert på data fra SSB ³

² www.ssb.no

2 Grønne sertifikat

EU har et mål om at 20% av sluttenergiforbruk i EU skal dekkes av fornybare energikilder innen 2020. fornybardirektivet er også en del av EØS-avtalen og gjelder Norge. Den norske regjeringen har satt som mål at fornybarandelen skal være på 67,5 % innen 2020 mens målet er satt til 50 % i Sverige.

Sverige har siden 2003 et sertifikatsystem for å støtte nye installasjoner som produserer elektrisitet fra fornybare energikilder. Systemet dekker siden 1. januar 2012, både i Sverige og Norge. Målet med det felles sertifikatmarked er å øke den totale årlige fornybar kraftproduksjon i Sverige og Norge med 26,4 TWh mellom 2012 og 2020.⁴

Myndigheter deler ut sertifikater for elektrisitet generert av fornybar energikilder. Sertifikatene kan selges og gi strømprodusenten ekstra inntekt i tillegg til inntekt fra salg av elektrisitet. En etterspørsel etter sertifikater er skapt av strømforbrukere, og deres leverandører må kjøpe sertifikater tilsvarende en viss prosentandel av strømforbruket.

Sertifikatmarkedet vil bidra til finansiering av den utvidede fornybar energi i Norge og Sverige t o m 2035. Norske anlegg må settes i drift innen 2020.⁵ Norge hadde tidligere investeringsstøtte til vind-, bølge-og annen fornybar kraftproduksjon. Målet om å øke fornybar generasjon sies å være oppnådd i en mer kostnadseffektiv måte i Norge og Sverige sammen enn egne ordninger. Den påkrevde mengde fornybar kraftproduksjon kan oppnås til en lavere kostnad. For eksempel er det et stort potensial for landbasert vindkraft i begge land. Sertifikater forventes å øke den norske utbygging av vindkraft spesielt mens vannkraft skal utvikles selv uten sertifikatet (Energimyndigheten, 2010a).⁶

2.1 Energikilder som gir sertifikater

Sertifikater kan produsere elektrisitet av vind, noen vannkraft, solenergi, jordvarme og bølgekraft og torv i CHP-anlegg. De fleste biodrivstoff er også kvalifisert for sertifikater.

I Sverige er det slik at en innehaver av kraftproduksjon anlegg er berettiget til å motta sertifikater dersom anlegget bruker biobrensel bestående av⁷

1. trær, deler av trær, hogstavfall og andre rester og biprodukter fra skogbruk,
2. bark, brennevin, slam, tallolje, flis, sagflis og andre avfallsstoffer og biprodukter fra skogindustrien prosesser,

³ www.ssb.no

⁴ www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Elcertifikat

⁵ www.nve.no/no/Kraftmarked/Elcertifikater/Ofte-stilte-sporsmal1

⁶ Pressmeddelande, Näringsdepartementet, Sverige, 8 dec 2010, www.regeringen.se/sb/d/7461/a/157380,

⁷ Svensk Förordning (SFS) 2003:120 om elcertifikat, www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030120.htm

3. biomasse, energivekster, frokostblandinger, oliven steiner, mutter skjell, strå og siv,
4. kildesortert treavfall og treavfall som er atskilt fra blandet avfall, eller
5. biogass, dannes når organisk materiale som gjødsel, kloakkslam fra kommunale og industrielle renseanlegg, husholdningsavfall og avfall fra matproduksjon, restauranter og handel brytes ned av metan-produserende bakterier under oksygenfrie forhold.

Det samme gjelder for pellets, briketter, pulver og væsker eller andre bearbejdede former av det biologiske materialet som er nevnt i avsnitt ovenfor. Flis av returtre inngår i kategori 4 og kvalifisere seg for 100% sertifikater. Selv trykkimpregnert trevirke er berettiget til sertifikater. Men plast, gummi, papir eller avløpsslam gir ikke rett til sertifikater.⁸ Det kom ett nytt svenskt regelverk för elcertifikat 2011 men alla bränslen som gav certifikat enligt de gamla reglerna ger certifikat även nu.⁹ Ettersom markedet er felles er det mest sannsynlig at samme regel gjelder også i Norge.

2.2 Utstedelse av sertifikater

I følge Elsertifikatloven § 7 utstedes elsertifikater for kraftproduksjon basert på fornybare energikilder som vindkraft, vannkraft, solenergi, bioenergi, havenergi og geotermisk energi.¹⁰ Kraftproduserende anlegget må i følge Elsertifikatloven § 8 oppfylle noen av kriteriene for å få godkjent:¹¹

- a) ha hatt byggestart etter 7. september 2009,
- b) være et vannkraftverk med installert effekt inntil 1 MW som hadde byggestart etter 1. januar 2004, eller
- c) varig øke sin energiproduksjon med byggestart etter 7. september 2009.

Det er NVE (Norge) og Energimyndigheten (Sverige) som godkjenner anlegget.

2.3 Kvoter

Strømforbrukere må kjøpe sertifikater tilsvarende en viss kvote av elektrisitetsforbruket. Norges og Sveriges kvotekurver tilsvarer utvidelse av årlig produksjon for hver av 13,2 TWh. Den svenske kvoteplikt er 2010-2012 på rundt 18%, men senkes i 2013 til ca 14% fordi de fleste anlegg som eksisterte da sertifikater ble introdusert vil ikke lenger motta sertifikatet. Norge starter med en kvote på 3 % i 2012. Kvoteforpliktelsen øker deretter i begge land til nesten 20% i 2020 før den faller ned til null i 2036.¹² Den norske kvoteforpliktelsen er utformet slik at bare den nye norske vannkraft er ikke tilstrekkelig til å oppfylle kvoteforpliktelse (Energimyndigheten 2010a). En gjennomgang av sertifikatet bør gjøres

⁸ Jenny Hedström, Energimyndigheten, Sverige, 8 oktober 2009

⁹ Svensk Förordning (SFS) 2011:1480 om elcertifikat, www.notisum.se/rnp/sls/lag/20111480.htm

¹⁰ www.lovddata.no

¹¹ www.lovddata.no

¹² Energimyndigheten 2012, www.nve.no (www.nve.no/pagefiles/12469/03%20-%20elsert%20-%20tor%20bjarne%20heiberg.pdf)

innen 2015, noe som kan bety en justering av kvoter. Det grønne sertifikatsystemet kan utvides til flere land enn Sverige og Norge (Energimyndigheten 2011a).

2.4 Prisene på grønne sertifikater

Grønne sertifikatprisen avhenger blant annet av elektrisitetsforbruket, strømpriser, kvoteplikt og tilgangen på fornybar elektrisitet fra produksjonsanlegg som er kvalifisert for elsertifikater. I de senere årene har det vært en betydelig utbygging av fornybar kraftproduksjon som økte tilbudet av grønne sertifikater i Sverige. I mellomtiden har den svenske strømforbruk vært lavere enn forventet, noe som reduserte mengden av fornybar elektrisitet kvoteplikt tilsvarende og dermed redusert etterspørsel etter sertifikater. Den økt tilbud og redusert etterspørsel resulterte i lavere sertifikatpriser. Prisreduksjonen av sertifikater (i Sverige) i 2011 kan delvis skyldes etableringen av det felles svensk-norsk sertifikatsystem. Overskuddet av sertifikater ventes å nå en topp i 2011 og 2012 (Energimyndigheten, 2011b) og sertifikatprisen når dermed minimum og deretter øke. Det felles svensk-norske sertifikatmarkedet er forventet å føre til mer stabile priser for grønne sertifikater som reduserer risikoen for investeringen.

Siden sertifikater kan lagres, er det en forventning om de langsiktige kostnadene ved ny fornybar kraftproduksjon som sammen med f.eks. kraftprisen bestemmer prisen på sertifikatene. Grønne sertifikatprisen vil fortsette å settes av kostnaden for vindkraft på land, som er omtrent like høy i Norge og Sverige. Det er den dyreste typen produksjon som må utvides for å møte kvoteforpliktelsen. Inntektene fra grønne sertifikater og elektrisitetspris må sammen dekke kostnadene for vindkraft på land (Energimyndigheten 2010a). Landbasert vindkraft er estimert til å ha en kostnad på nesten 600 SEK / MWh (520 kr / MWh) (Elforsk, 2011). Det er litt lavere enn før, noe som kan dempe sertifikat priser.

Den felles grønne sertifikatmarked i Norge og Sverige gjør at sannsynligheten for høye sertifikatpriser og behovet for en pristak for sertifikater reduseres. Produksjon av fornybar elektrisitet i nye svenske anlegg (hovedsakelig vind) kan bli noe lavere (Energimyndigheten, 2010a; Energimyndigheten, 2010b). Dette betyr at det er norske anlegg der det er billigere å produsere sertifikatberettigende elektrisitet, noe som senker sertifikatprisen. Hvis mange nye norske kraftproduksjonsanlegg (hovedsakelig vannkraft) settes i drift i løpet av de første årene med sertifikater i Norge, kan det bidra til å senke sertifikatpriset (Energimyndigheten, 2010a). Under fellessystemets sju første måneder sertifikatprisen i Norge var i gjennomsnitt bare 2/3 av den svenske (i svenske kroner).¹³

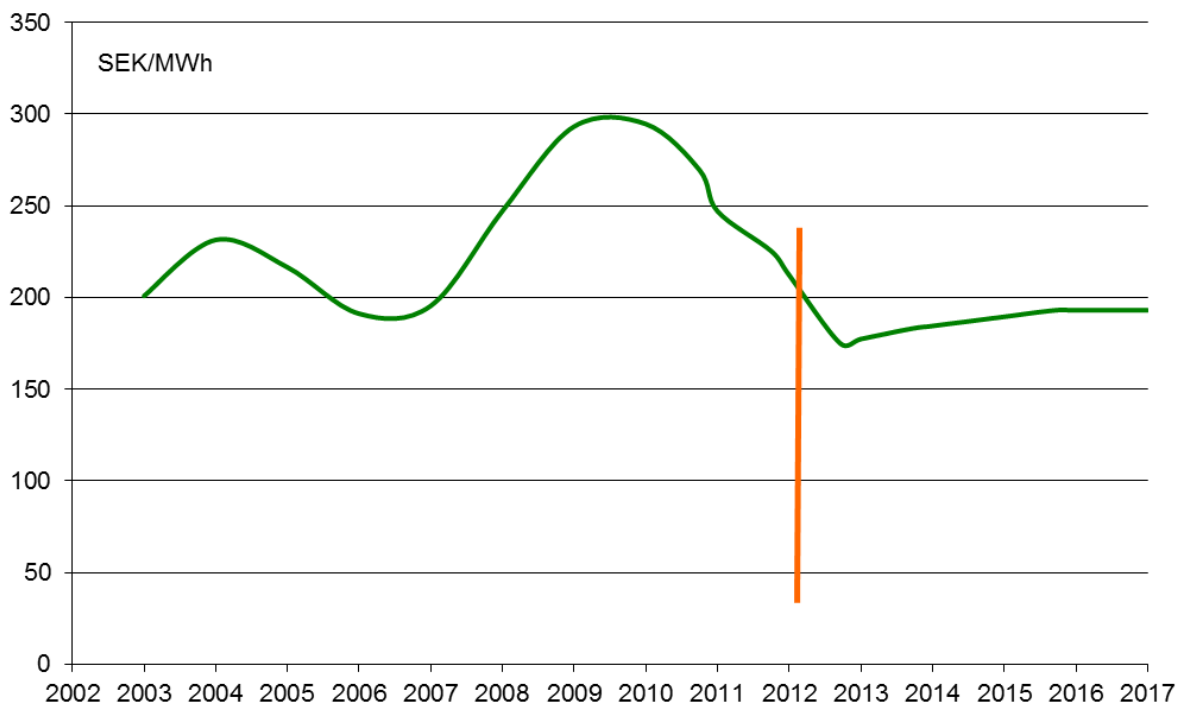
En annen faktor som kan påvirke prisen på sertifikatene er at mange eldre svenske anlegg kommer å forlate sertifikatsystemet i de kommende årene. Vindkraft vil stå for en større andel av sertifikatberettigende kraftproduksjon. De anleggene som inngår i systemet om et par år vil

¹³ <http://necs.statnett.no/Lists/PublicPages/StatisticsEICertificates.aspx>

i gjennomsnitt ha høyere produksjonskostnader enn dagens anlegg, noe som kan øke sertifikatpriser (Energimyndigheten, 2010a).

Den gjennomsnittlige prisen for grønne sertifikater (i Sverige) i 2011 var 250 SEK/ MWh (220 NOK). Månedlig gjennomsnittlig pris varierte fra 180 (desember) og 280 (mars) SEK / MWh (160 og 240 NOK). I løpet av første halvår 2012 kostet sertifikater i gjennomsnitt 200 SEK/ MWh i Sverige og 130 NOK / MWh i Norge med svenske gjennomsnittlig månedspris fra 160 (februar) til 220 (mars) SEK/ MWh. Den norske sertifikatprisen svingt mindre og er lavt for alle måneder mellom 124 og 134 NOK/ MWh.¹⁴ Når gamle svenske anlegg som i 2013 ikke lenger får motta sertifikat reduseres tilbudet som ville øke prisen på sertifikatene. Sertifikater for 2013-2017 i august 2012 kan kjøpes for 170-190 SEK / MWh.

Diagrammet nedenfor viser prisutviklingen på sertifikat så langt (i Sverige)¹⁵ og en sertifikatprisprognose. Prisene i diagrammet nedenfor er i løpende priser frem til nå (august 2012, den oransje loddrette linje) og i 2012 pengeverdien for 2012-2017 (Siden sertifikatene ble innført, tilsvarte en SEK i gjennomsnitt til 0,86 norske kroner). Grønne sertifikatprisen har sunket de siste årene på grunn av økt tilbud og redusert etterspørsel. Lavere forventet produksjonskostnader for vindkraft, kanskje særlig i Norge, har også dempet fremtidige sertifikatpriser.



Figur 4: Pris for grønne sertifikat (SEK/MWh)

¹⁴ Svenska kraftnät 2012: <https://elcertifikat.svk.se/cmcall.asp>,
<http://necs.statnett.no/Lists/PublicPages/StatisticsEICertificates.aspx>

¹⁵ Svenska kraftnät 2012: <https://elcertifikat.svk.se/cmcall.asp>,
<http://necs.statnett.no/Lists/PublicPages/StatisticsEICertificates.aspx>

2.5 Kraftpris

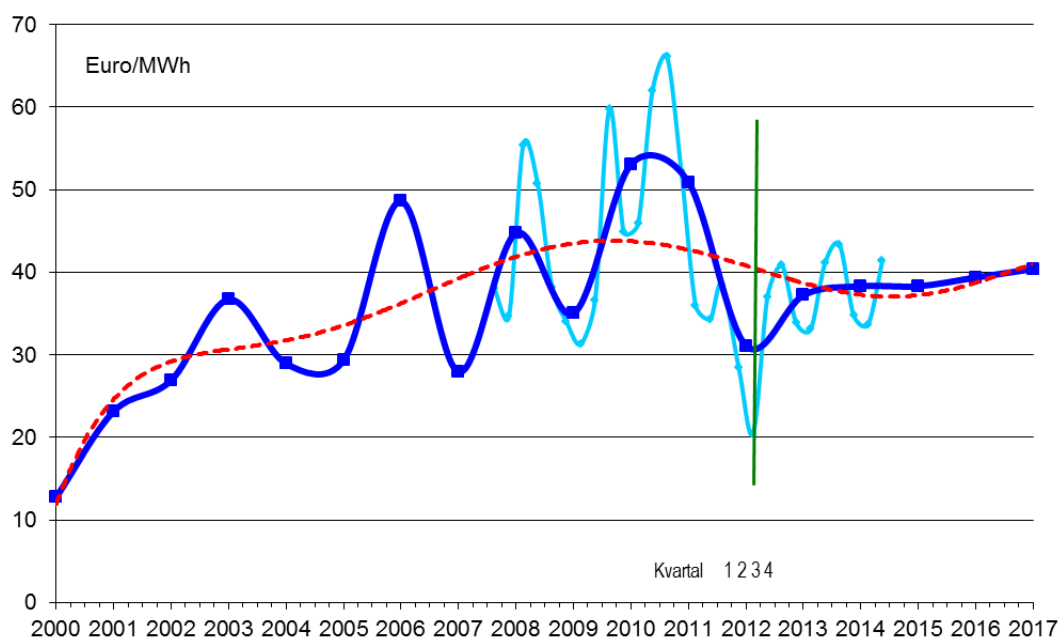
Norge og Sverige er med i EU kraftmarkedet der prisen på elektrisitet i prinsippet bestemt av kortsiktige marginalkostnaden, dvs. den høyeste rørlige prisen på elektrisitet fra kraftverkene som er i drift i øyeblikket. Med dagens forhold så bestemmes ofte de nordiske kraftprisene av strømproduksjonskostnadene i kullfyrte kondenserende kraftverk.

Prisen på elektrisitet er avhengig av mange faktorer:

- Kapasitet og produksjon av kraftverk i regionen
- etterspørsel etter elektrisitet i regionen
- Overføring til og fra andre regioner og land
- Strømprisene i utlandet, som i sin tur skyldes delvis brenselpriser

Kostnadene for å produsere elektrisitet i kullfyrte kondenserende kraftverk er hovedsakelig avhengig av prisen på kull og prisen på utslipp for karbondioksid. Brenselpriser og insentiver påvirker også kraftproduksjonskostnaden i noen nordiske kraftverk.

Figuren nedenfor viser spotprisen på strøm på den nordiske kraftbørsen NordPool for hele systemet, dels historiske løpende priser frem til juli 2012, dels prisen for forwards i juli 2012 for høsten 2012 og perioden 2013-2017 i dagens penger. Den solide tykke linjen er årsmiddel. For 2008-2014 angis også strømpriser for hvert kvartal. En stiplet trendlinje er også vist i figuren. Den vertikale linjen markerer august 2012. Fremtidige priser oppført i 2012 prisnivået og viser en ekte prisutvikling for 2012-2017. Strømprisene har svingt kraftig fra år til år. Den høyeste angitte nivået er den gjennomsnittlige prisen i løpet av første kvartal 2011 og det laveste nivået ble vedtatt i juli 2012.



Figur 5: Kraftpris på NordPool¹⁶

En euro var verdt i gjennomsnitt 7,50 NOK i juli 2012. 40 EUR/MWh tilsvarer da 300 NOK/MWh. Sammen med en mulig sertifikatpris for 2017 på 160 NOK/MWh, betyr dette en samlet inntekt fra salg av elektrisitet og sertifikater på 460 NOK/MWh, som er noe lavere enn kostnadene ved vindkraft på land.

Utbygging av fornybar kraftproduksjon stimulert av sertifikater øker tilførselen av elektrisitet, som kan senke prisen på elektrisitet (Energimyndigheten, 2010a). Å andre siden kan det produserte elektrisitet bli eksportert utenfor de nordiske land hvor strømprisen er høyere, noe som kan øke prisen på elektrisitet i de nordiske landene.

Kraftprisområde

Norge har lenge blitt inndelt i elektrisitet områder. Siden 1. november 2011 er også Sverige delt inn i fire områder som kan ha ulike kraftpriser. Prisene i disse områdene er ulik når flaskehalser i nettet begrenser mengden av strøm som kan overføres mellom regioner. Dette skjer spesielt i løpet av timer når strømforbruket er høyt og derfor finnes behov for overføring av kraft. Prisforskjellene mellom regionene gir et signal for å øke kraftproduksjonen og redusere strømforbruket på kort og lang sikt i områder med lav, men signifikant forbruk. Forskjellene i strømprisene minsker hvis overføringskapasiteten mellom områder øker og nye kraftanlegg bygges i områder med høyt strømforbruk.¹⁷

Siden de svenske elektrisitet prisområder ble innført, prisen på elektrisitet for det meste av tiden vært den samme i hele Sverige, men prisforskjellene har lett til at prisen på elektrisitet i

¹⁶ www.nordpoolspot.com, www.nasdaqomxcommodities.com/trading/marketprices

¹⁷ Svenska kraftnät 2011: www.svk.se/Energimarknaden/El/Elomraden, Rosten 2010: Tony Rosten, Energimarknadsinspektionen i Energivärlden nr 4, Energimyndigheten, jmf Anmälningssömden på den svenska elmarknaden: Förslag till marknadsdelning, Svenska kraftnät rapport 2009/35

Sør-Sverige i gjennomsnitt har vært ca 10% høyere enn andre steder i landet.¹⁸ Denne delen av Sverige grenser ikke til Norge. Strømprisene er noen ganger høyere i Sør-Sverige enn i Nord-Sverige på grunn av at det er stor tilbud av elektrisitet i nord, mens i sør er det en stor etterspørsel. Transporten av elektrisitet fra nord til sør betyr også en kostnad som påvirker kraftprisene oppover.¹⁹

¹⁸ www.nordpoolspot.com

¹⁹ Svenska kraftnät 2011: www.svk.se/Energimarknaden/EI/Elomraden, Tony Rosten, Energimarknadsinspektionen, i Energivärlden nr 4, 2010

3 Fornybar energi

Hensikten med dette kapittel er å gi en kort oversikt om fornybar energi som er relevante i dette prosjekt. Da dette prosjekt går ut på inventarier av bioenergi, vannkraft og vindkraft begrenses beskrivelsen til disse tre.

3.1 Bioenergi

Begrepet bioenergi er mye brukt over hele verden, og det refererer til energi leddet fra biomasse. Biomasse kan generere energi i form av varme og elektrisitet. Biomasse kan også brukes til å produsere drivstoff. Biomasse kan betraktes som en ressurs som ikke vil utarmes (hvis forvaltes riktig). Energi fra biomasse er generelt CO₂-nøytral sammenlignet med fossilt basert energi, men det er viktig å betrakte hele produksjonskjeden for å få helhetsbildet. På verdensbasis så utgjør biobrensel ca. 10 % av verdens totale primær energitilførsel (IEA, 2011a). Biomasse og avfall utgjør 76 % av verdens tilførsel av fornybar energi hvorav ca 70 % er faste biobrensel som brukes for oppvarming og matlaging (IEA, 2011c). Biobrensel, spesielt tradisjonell ved, utgjorde 8,5 % av det globale sluttforbruket av fornybar energi som i sin tur utgjør 16,7 % av det totale sluttforbruket av energi (REN21, 2012). Selv om andelen er litt biomasse baserte kraftproduksjon sto for 1,2 % av verdens totale kraftproduksjon og har den tredje største andel etter vannkraft og vind (Observ'ER, 2011). Det totale potensial av biomasse i verden er ca. 28 900 TWh hvorav ca. 9 % finnes i Europa (M.F. Demirbas et al., 2009). Bioenergi har en viktig rolle i det europeiske energisystemet. På EU nivå utgjør fornybar energi for ca 10 % av det totale sluttforbruket av energi hvorav bioenergi står for ca 70 %. (European biomass association, 2011). Bioenergi har stor betydning for nordiske landene. Imidlertid varierer graden av utnyttelse av denne energi mye innenfor landene, med Finland og Sverige som har den høyeste andelen. Ifølge statistikk fra Eurostat, har Sverige og Finland høyest andel av bioenergi i det totale energiforbruket.²⁰ Anvendelsen av bioenergi varierer mye innenfor de nordiske landene, der Finland har en ledende posisjon når det gjelder kraftproduksjon og Sverige i form av varmeproduksjon (ECON Pöyry, 2008).

Norge har begrenset biomasseutvikling sammenlignet med Sverige og Finland. Tall fra 2008 viser at ved, avlut og avfall utgjorde 5 % av det totale sluttforbruket av energi for hele landet.²¹ Ifølge energibalansen for Norge for 2011 så kan man utlese at det ble produsert primære energiprodukter tilsvarende 16,63 TWh i form av ved, avlut og avfall.²² Sluttforbruket av disse produkter lå på ca 13 TWh hvorav industrisektor sto for ca 40 % og resten for "andre sektor".²³ Andre studie peker på at fordeling av bruk av bioenergi er som følgende: 20 % i fjernvarmesektor (der avfall, bark og flis brukes), 30 % i industri hovedsakelig skogsindustri (der trebrensel, avlut og avfall brukes) og resten er andre sektor der vedfyring dominerer (Trømborg et al., 2011).

²⁰ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

²¹ www.ssb.no

²² www.ssb.no

²³ www.ssb.no

I en annen studie der biomassens ressurspotensial for bioenergiproduksjon studeres, det bærekraftige potensial av biomasse for energiproduksjon estimeres mellom 32 – 38 TWh (N. Scarlat et al., 2011). Dette viser at potensialet av bioenergi er betydelig høyere enn bruket. Den norske regjeringen har som mål at øke bruk av bioenergi med 14 TWh innen 2010.

For å nå målet kreves det en del satsning innenfor oppvarmingssektor der en omstilling fra dagens system til systemer med biobrensel er nødvendig. Fjernvarme kan da spille en avgjørende rolle for fremveksten av bioenergi i Norge. Da er det viktig at fokus ikke legges kun på varmeproduksjon uten også på en kombinerte produksjon.

3.2 Vannkraft

Vannkraft er elektrisk energi produsert av fallende vann. Energien i det fallende vannet driver en turbin som igjen spinner en generator for å omdanne mekanisk energi til elektrisk energi. På verdensbasis står vannkraft for 2,3 % av verdens totale primær energitilførsel (IEA, 2011a). Vannkraft utgjør 17,7 % av verdens tilførsel av fornybar energi (IEA, 2011c). Når det gjelder kraftproduksjon, står vannkraft for 16,2 % av verdens totale kraftproduksjon og har den største andel av all fornybar basert kraftproduksjon, 83 % (Observ'ER, 2011). Det tekniske potensialet av vannkraft i verden er 14 576 TWh/år (dette skal sammenlignes med dagens produksjon på 3350 TWh i 2009) hvorav 7 % finnes i Europa (Kumar, A. et al. 2011). Selv om bruk av fossile energikilder og kjernekraft er dominerende i Europa så har vannkraft en betydelig rolle i det europeiske kraftsystemet. Installert effekt og produksjon var 17 respektive 12 % av det totale i EU-27 i 2009 (Power statistics and trends, 2011). Vannkraft har stor betydning for nordiske landene med Norge og Sverige som har den høyeste andelen. Ifølge statistikk fra Eurostat, har Norge høyest andel av vannkraft i det totale energiforbruket.²⁴

Norge har en langvarig tradisjon med vannkraft og er i dag verdens største vannkraftproduksjon per innbygger, og er den sjette største vannkraftprodusent i verden. Vannkraft utgjør ca 99% av den totale kraftproduksjonen i Norge.²⁵

Den totale vannkraftpotensial i Norge er nå 214 TWh/år hvorav 60 % er utbygd og drøyt 20 % er vernet eller avslått.²⁶ Småkraft (100 – 10 000 kW) og kraftverk med effekt større en 10 MW står for drøyt 60 % av det totale utbyggbare potensial. En digital ressurskartlegging fra NVE viser at det finnes et potensial tilsvarende 32 TWh i hele landet.²⁷

²⁴ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

²⁵ www.iea.no

²⁶ www.nve.no

²⁷ www.nve.no

3.3 Vindkraft

Vindkraft er elektrisk energi produsert av vind. Elektrisitet produseres når vinden driver bladene på en vindturbin som roterer den sentrale drivakselen som driver en elektrisk generator.

Vindkraft har fortsatt en marginal andel i forhold til biomasse og vannkraft som per i dag har merkbare andeler av det globale energisystemet. 1,5 % av verdens tilførsel av fornybar energi kommer fra vindkraft (IEA, 2011c) og vindkraft står for 1,6 % av verdens totale kraftproduksjon og har den nest største andelen av all fornybar basert kraftproduksjon, 8,3 % (Observ'ER, 2011). Det er vanskelig å si om vindkraftpotensialet i verden da det er mange faktorer som spiller inn. I følge en rapport fra IPCC estimeres det globale vindkraftpotensial mellom 19 400 - 840 000 TWh/år (Wiser, R. et al., 2011). Selv om bruk av fossile energikilder og kjernekraft er dominerende i Europa så har vindkraft en betydelig rolle i det europeiske kraftsystemet. Installert effekt og produksjon var 9,6 respektive 4,5 % av det totale i EU-27 i 2010.²⁸ Selv om potensialet er stort har vindkraft fortsatt en lav andel i nordiske landene med Danmark unntatt. Ifølge statistikk fra Eurostat, har Danmark høyest andel av vindkraft i det totale energiforbruket.²⁹

Norge har for nærværende 512 MW vindkraft kapasitet som under 2011 produserte 1,3 TWh.³⁰

Dette er mye lavere enn potensialet. NVE ga oppdrag til Kjeller vindteknikk for kartlegge vindressursene over fastlands-Norge og havområdene utenfor. I følge kartleggingen finnes det enorm vindkraftpotensial tilsvarende 400 – 1900 TWh/per år i Norge men dette skulle kreve areal utnyttelse mellom 2 til 27 % av Norges landareal (NVE, 2009). I tillegg er det kartlagt i et annet studie at Norge har stor vindkraftpotensial til havs der utbyggingspotensialet vurderes mellom 6 – 30 GW (NVE, 2008).

²⁸ Power statistics and trends 2011, www.eurelectric.org.

²⁹ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

³⁰ www.nve.no

4 Fjernvarme

Et fjernvarmesystem er et system hvor varmt vann genereres sentralt og deretter distribueres gjennom rørledning til ulike typer kunder som er koblet til nettverket. Fordelene med fjernvarme er:

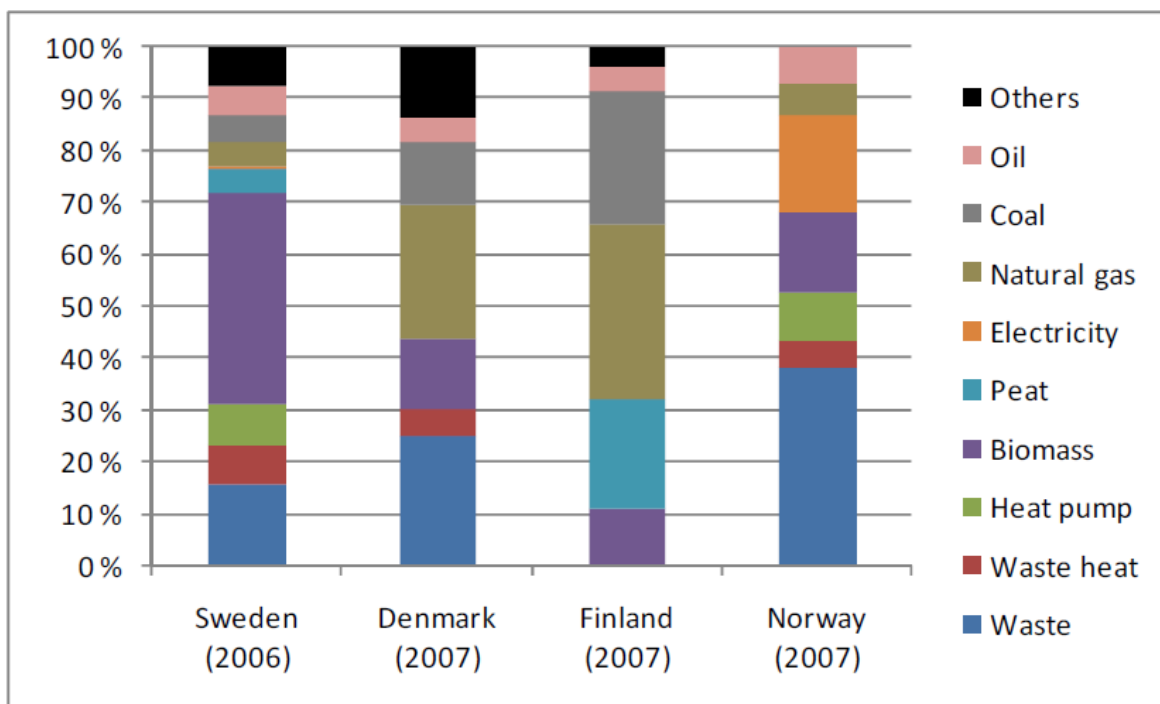
- fjernvarme gir mulighet til å innlemme forskjellige type av produksjonsenheter og energikilder. Dette omfatter mulighet for utnyttelse av spillvarme og annen overskuddsvarme og også bruk av avfall som brensel. Dette åpner for fleksibel produksjon hvilken normalt ikke skulle gå ved individuell oppvarming.
- gir mulighet for kombinert varme og kraftproduksjon (CHP). Denne mulighet betyr mindre bruk av primærenergi.

I denne forbindelse kan fjernvarmesystem gi en bedre mulighet for bærekraftige utnyttelse av biomasse. Teknologien av fjernvarme er i dag godt etablert og fjernvarmesystemer finnes i dag i mange land. Fjernvarme er vel utbredt i mange europeiske land men andelen i det totale varmemarkedet varierer sterkt. På EU-nivå er andelen 12 % i husholdingene og tjenestesektor og 9 % i industrisektor (Euroheat & power, 2012).

Fra det nordiske perspektivet, har fjernvarme blitt en viktig del av den energisystem. Den totale produksjon av fjernvarme varierer fra om lag 5 TWh i Norge ³¹ til 60 TWh i Sverige. ³² Typen av energibærere som brukes til fjernvarmeproduksjon varierer også avhengig av markedet og ressurs. Fig. 7 viser andel energibærere i produksjonen. Som det kan ses fra figuren, er den høyeste andelen biomasse ses i Sverige mens Danmark og Finland har en betydelig andel av fossilt brensel.

³¹ www.norskfjernvarme.no

³² www.svenskfjarrvärme.se



Figur 7: Energibærere i fjernvarmeproduksjon.³³

Selv om størrelsen er litt sammenlignet med øvrige nordiske land, fjernvarme i Norge er i stadig vekst. Men andelen i varmemarkedet er fortsatt lav og fjernvarme utgjør bara en liten del av sluttforbruket av energi. Når det gjelder bruk av fjernvarme står tjeneste sektor for den største andel, med over 60 %.³⁴

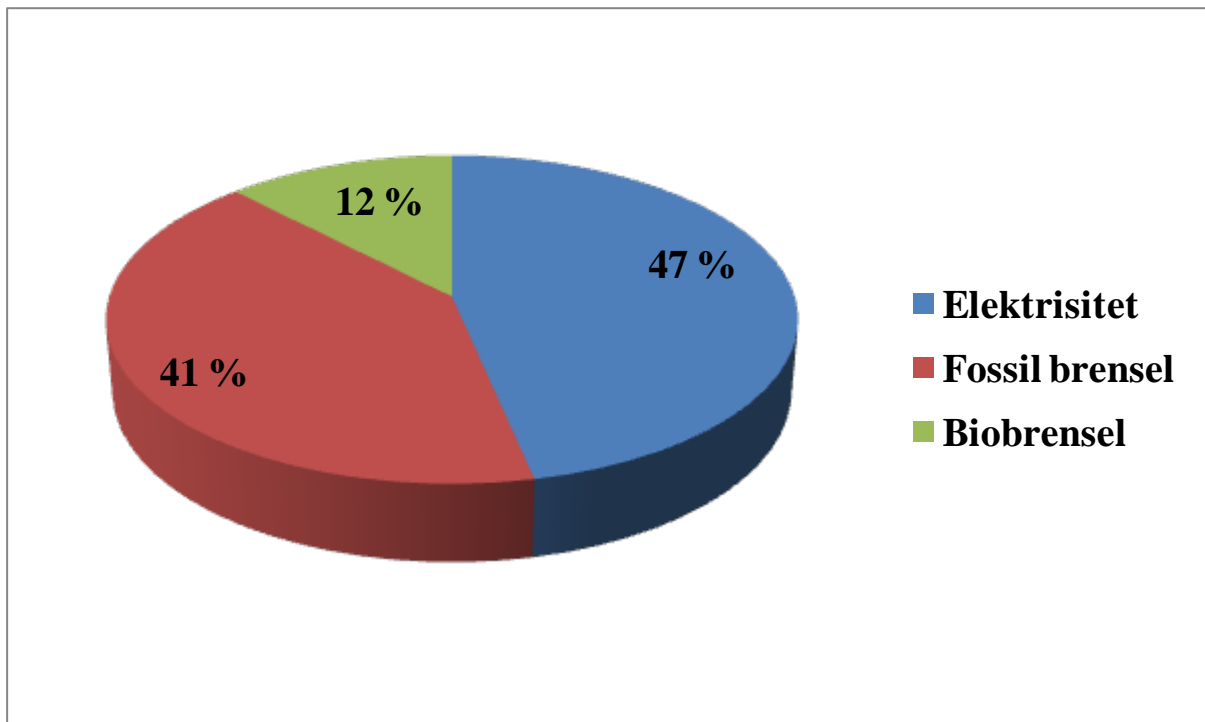
³³ The Future of Nordic District Heating Intermediate report Nordic Energy Perspectives 2009.
<http://www.nordicenergyperspectives.org/Nordic%20District%20Heat.pdf>

³⁴ www.ssb.no

5 Energibalanse i innlandet

5.1 Forbruk

Den totale energibruken i regionen var ca 14 TWh i 2009.³⁵ Dette tilsvarer 6 % av netto innenlands sluttforbruk i Norge. Innlandets energiforbruk per innbygger blir 37 000 kWh/person (Energiforbruk per innbygger for hele landet var ca. 45 500 kWh/person. Fordeling av energiforbruket med type er vist i figuren nede. I følge figuren er elektrisitet den dominerende energikilde som brukes mest i fylkene etterfulgt av fossilt brensel og biomasse. I følge SSB så var nettoforbruket av elektrisitet for husholdningene i innlandet ca. 7700 kWh/innbygger.



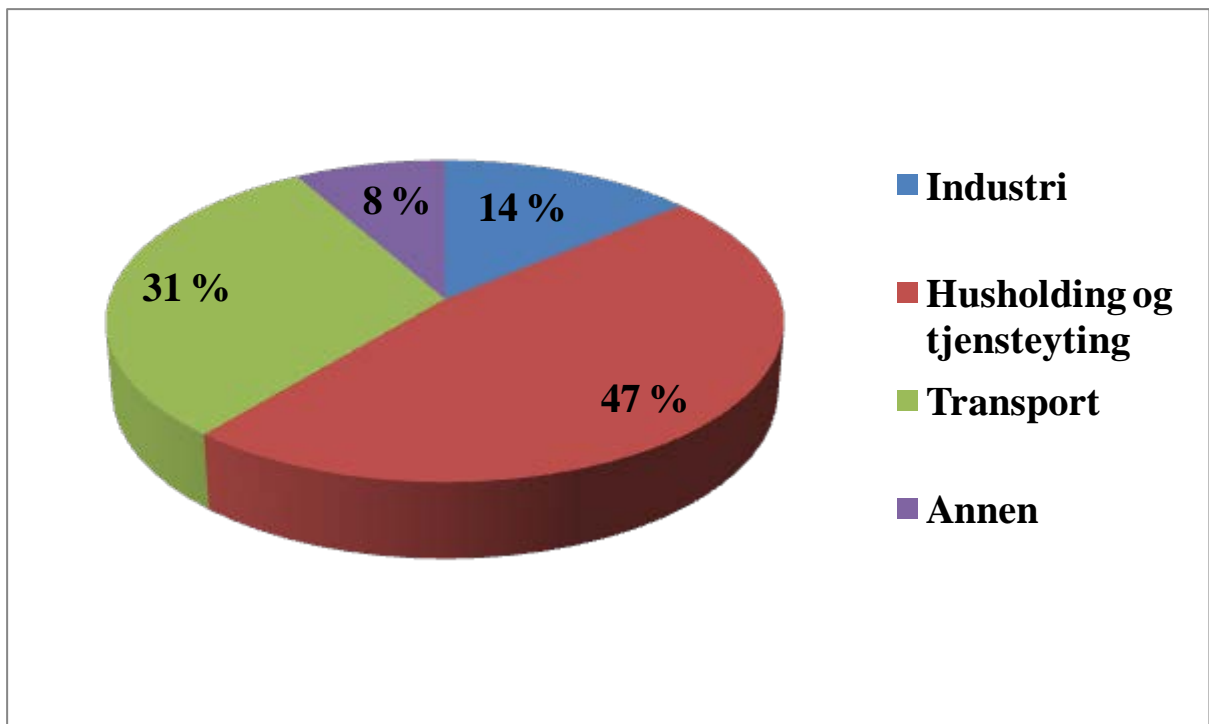
Figur 8: Energibruk per energikilde i innlandet 2009, basert på data fra SSB

Bruk av energi per innbyggere i innlandet var: 17 484 (hele landet 23 331) kWh elektrisitet, 13 546 (hele landet 100 77) kWh fossilt brensel til transport, 1821 (hele landet 8973) kWh fossilt brensel til annet, 4590 (hele landet 2572) kWh ved treavfall og avlutt.³⁶

Energibruk sektorvis vises i følgende figur. Som vises i figuren så står husholdningene og tjenesteyting for nesten halvparten av det totale forbruket og transportsektor for ca. 30 % av innlandets totale forbruk.

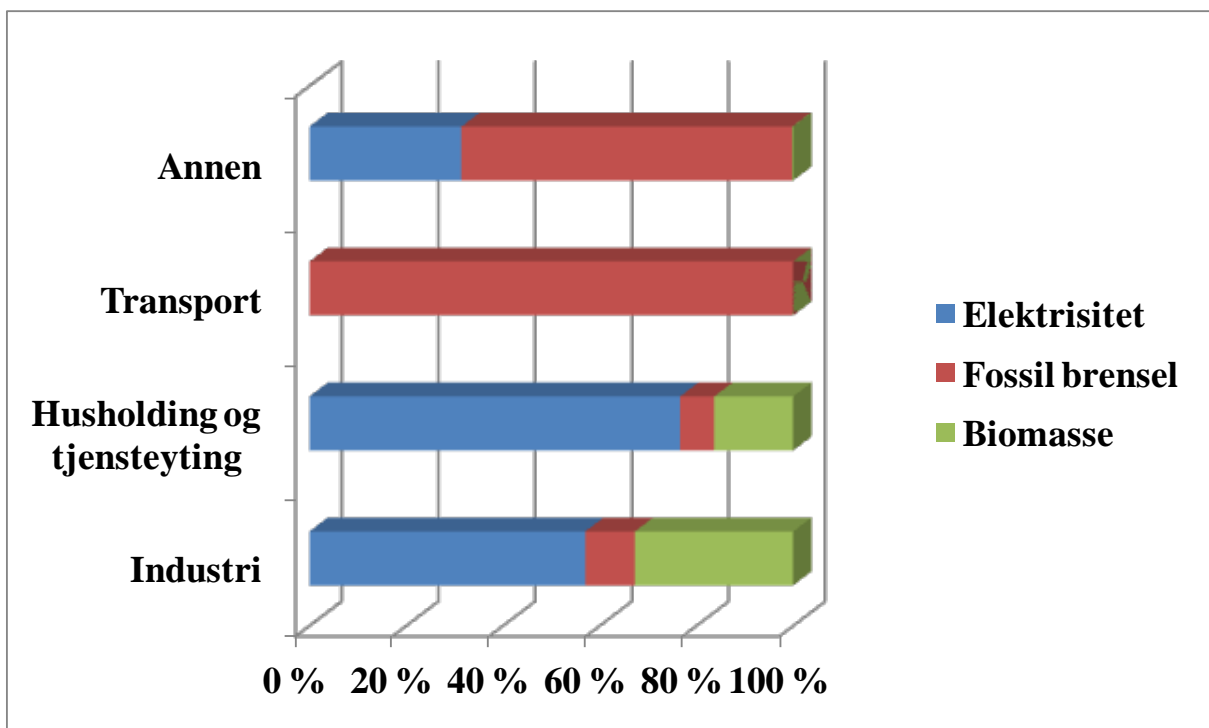
³⁵ www.ssb.no

³⁶ www.ssb.no



Figur 9: Energibruk per sektor i innlandet 2009, basert på data fra SSB

Hvilke energikilder som benyttes i de ulike sektorer vises i figuren nede.



Figur 10: Energibruk per sektor og energikilde i innlandet 2009, basert på data fra SSB

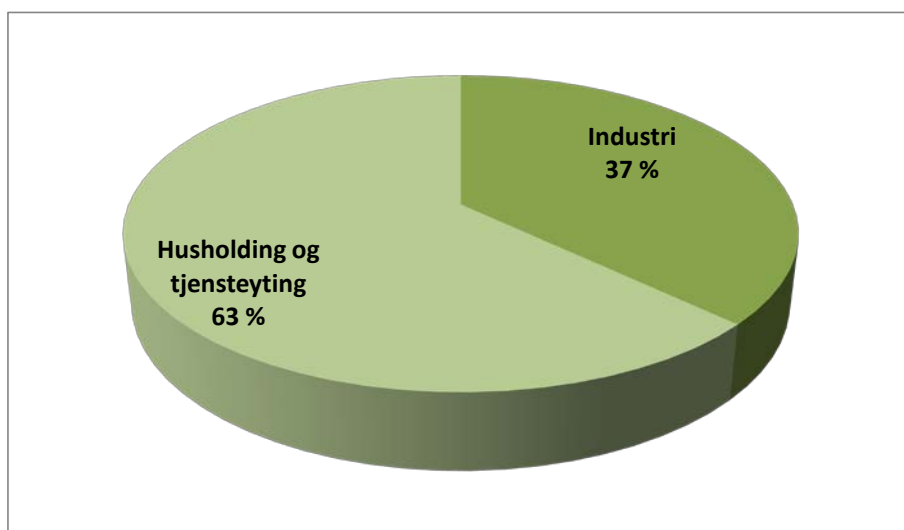
Husholdningen og tjensteyting utgjorde mer enn 70 % av det totale elektrisitetsforbruket i fylkene.

5.2 Produksjon

Da dette prosjekt går ut på inventarier av fornybar energi i dette fall bioenergi, vannkraft og vindkraft, som kan gi rett til grønne sertifikat. I dette avsnitt beskrives innlandets nåværende produksjon av fornybar energi.

5.2.1 Bioenergi

Som det nevntes tidligere bioenergi er produktet av en konverteringsprosess der biomasse er råvaren. De mest vanlige produkter av biomassekonverteringsprosesser er varme og elektrisitet.



Figur 11. Stasjonær energibruk av ved, treavfall og avlut i innlandet 2009, basert på data fra SSB

I følge tall fra SSB så hadde innlandet (1055 Hedmark + 662 Oppland) GWh forbruk av ved, treavfall og avlut i 2009. dette tilsvarer 14 % av det totale forbruk i Norge. Det savnes dokumentasjon av dette men det er antatt at det er ikke «importerte» råvarer som benyttes i innlandet. Dette innebær med andre ord at 12 % av innlandets energiforbruk dekkes av lokalt/regionalt produsert energikilder i form av biomasse. Det finnes per i dag ingen informasjon om kraftproduksjon basert på biomasse i innlandet.

5.2.2 Vannkraft

Innlandet bidrar med kraftproduksjon basert på fornybar energi, vannkraft. I følge SSB så var det 70 vannkraftstasjoner med en samlet installert effekt på 2075 MW (523 MW i Hedmark og 1552 MW i Oppland) i fylkene under 2010. Totalt ble det produsert 8828 GWh (2406 GWh i Hedmark og 6422 GWh i Oppland) under 2010. Dette tilsvarer 7,5 % Norges totale vannkraftproduksjon i 2010. Hvis en sammenligner produksjon og forbruk av elektrisitet i innlandet så var produksjonen drøyt 30 % høyere enn forbruket (tall for 2009).

5.2.3 Vindkraft

I følge foredrag fra Energi og samfunn seminar 2012 så finnes det et anlegg på 225 kW.

6 Potensialer for fornybar kraftproduksjon i innlandet

6.1 Bioenergi

Som nevnt tidligere i kapittel 3 det finnes biomassepotensial for energiproduksjon på landsbasis mellom 32 – 38 TWh. Hvor mye av dette som blir elektrisitet er avhengig av mange faktorer. Det har satset en hel del på biovarme i siste årene og dette gjør muligheten for biokraft vanskeligere.

Det er stor bioenergipotensial i Innlandet men hvor mye biobasert kraft som kan utvikles i regionen er sterkt avhengig av utviklingen av stor/små-skala fjernvarme. I følge NVE er det gitt totalt 21 konsesjoner i Hedmark og Oppland men det er vanskelig å si om total kapasitet og produksjon.

Statistikk fra Norsk Fjernvarmeforening (på forespørsel) ble det produsert ca. 300 GWh fjernvarme i 2011 i innlandet (dette er usikker tall da det er vanskelig avgjøre hva som hører til innlandet). i statistikken savens informasjon om energikilder som benyttes for fjernvarmeproduksjon.

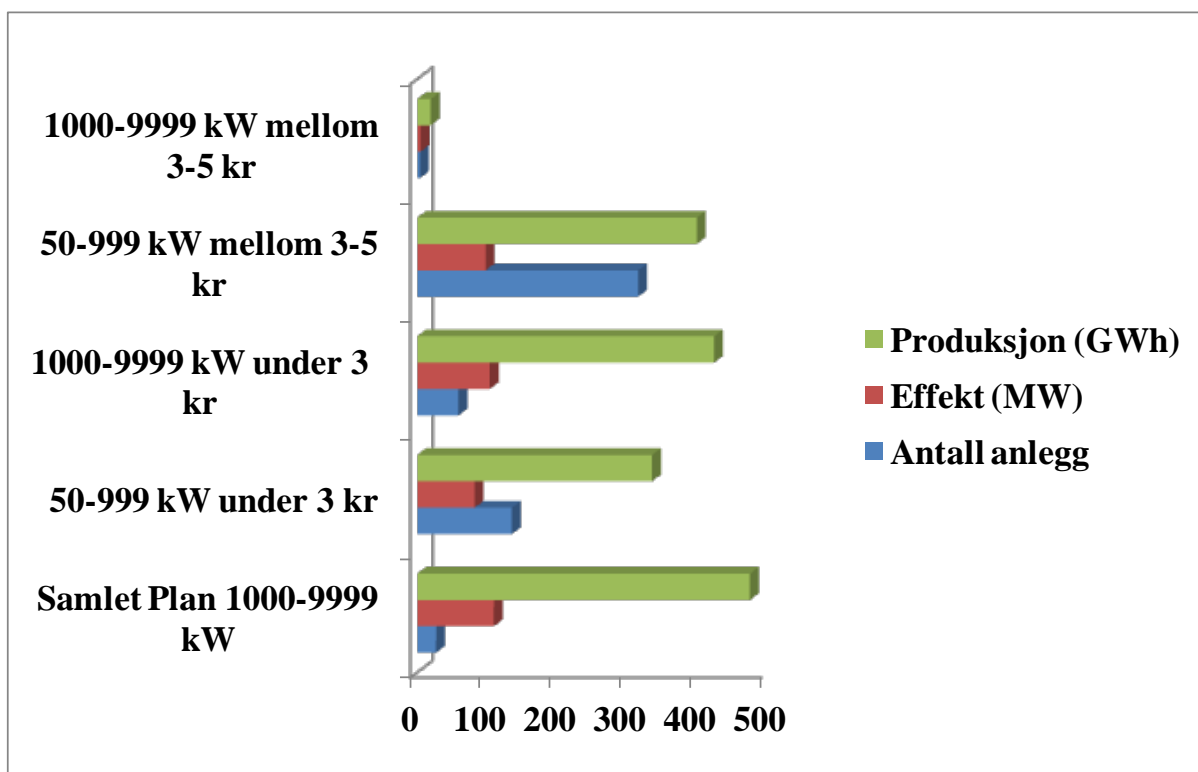
En utfordring er å finne potensialet for biomasse baserte kraftproduksjon. For det første er det ikke tal om å produsere kun kraft da dette er helt ikke økonomisk. Her handler det om samtidig produksjon av varme og elektrisitet. Et slikt produksjonsanlegg vil kreve tilstrekkelig varmebehov som i dette tilfelle krever etablering av store eller små skala fjernvarme. For å finne potensialet et energisystem modell har konstruert med Gjøvik som eksempel. Modellen er basert på lineær programmering og ulike størrelser av fjernvarme (10 – 300 GWh) undersøktes hvor muligheten for kombinert varme-og kraftproduksjon er også et alternativ (Gebremedhin, 2012). Basert på anvendt data i studiet en samtidig kraftproduksjon er mulig i alle alternativer. Av innlandets totale forbruk kan minst 20 % tilskrives oppvarming. Dette vil med andre ord peke på stor potensial for stor/små skala fjernvarme der samtidig produksjon av varme og elektrisitet kan være mulig. I følge Gjøvik modellen finnes det potensial mellom 3 – 90 GWh elektrisitet. Dersom disse proporsjoner brukes for innlandet kan dette tilsvare 40 – 1200 GWh. Men, tallene blir lavere da flere anlegg uten kraftproduksjon er allerede etablert. Andre faktorer som har stor betydning i dette sammenheng er bosetningsmønsteret (tettsted, boligtype, folkemengde etc. se figurene 1-3)

6.2 Vannkraft

Som nevnt tidligere så finnes et potensial tilsvarende 32 TWh i hele landet ³⁷ hvorav småkraft (100 – 10 000 kW) og kraftverk med effekt større en 10 MW står for drøyt 60 % av det totale utbyggbare potensial.

³⁷ www.nve.no

Hvor mye vannkraft som kan utvikles i innlandet er avhengig av ulike faktorer men i følge NVEs ressurskartlegging finnes det en stor potensial i innlandet. Figur 12 viser potensial ved ulike investeringsgrenser. I følge diagrammet er potensialet ca 2 TWh. For å lagge diagrammet har data fra NVEs ressurskartlegging benyttet. ³⁸



Figur12: Vannkraftpotensial i innlandet basert på data fra NVE

Det er per nå flere vannkraftsøknader under konsesjonsbehandling. Innlandet har per nå ifølge NVE totalt drøyt 400 MW ny effekt med total produksjon på 1,6 TWh under melding/søknader/innstilling faser. ³⁹ Dette tilsvarer ca 80 % av det totale potensialet.

6.3 Vindkraft

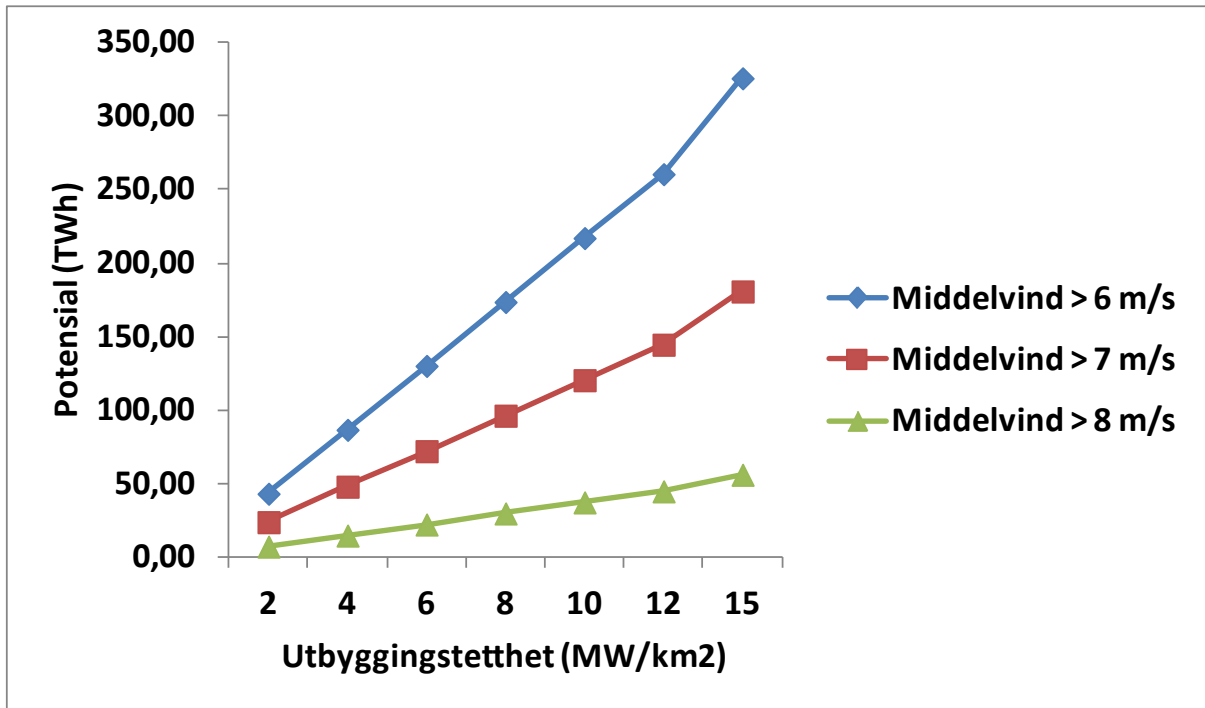
NVE ga oppdrag til Kjeller vindteknikk for kartlegge vindressursene i Norge. I følge kartleggingen så finnes det enorm vindkraftpotensial tilsvarende 400 – 1900 TWh/per år i Norge men dette skulle kreve areal utnyttelse mellom 2 til 27 % av Norges landareal (NVE, 2009).

Hvor mye vindkraft som kan utvikles i innlandet er avhengig av ulike faktorer men i følge rapporten finnes det en stor potensial. Figuren nede viser teoretisk potensial ved ulike utbyggingstetthet og ved bruk av ulike andel av den utnyttbare areal. For å lagge diagrammet har data fra NVE rapporten benyttet (NVE, 2009).

³⁸ www.nve.no

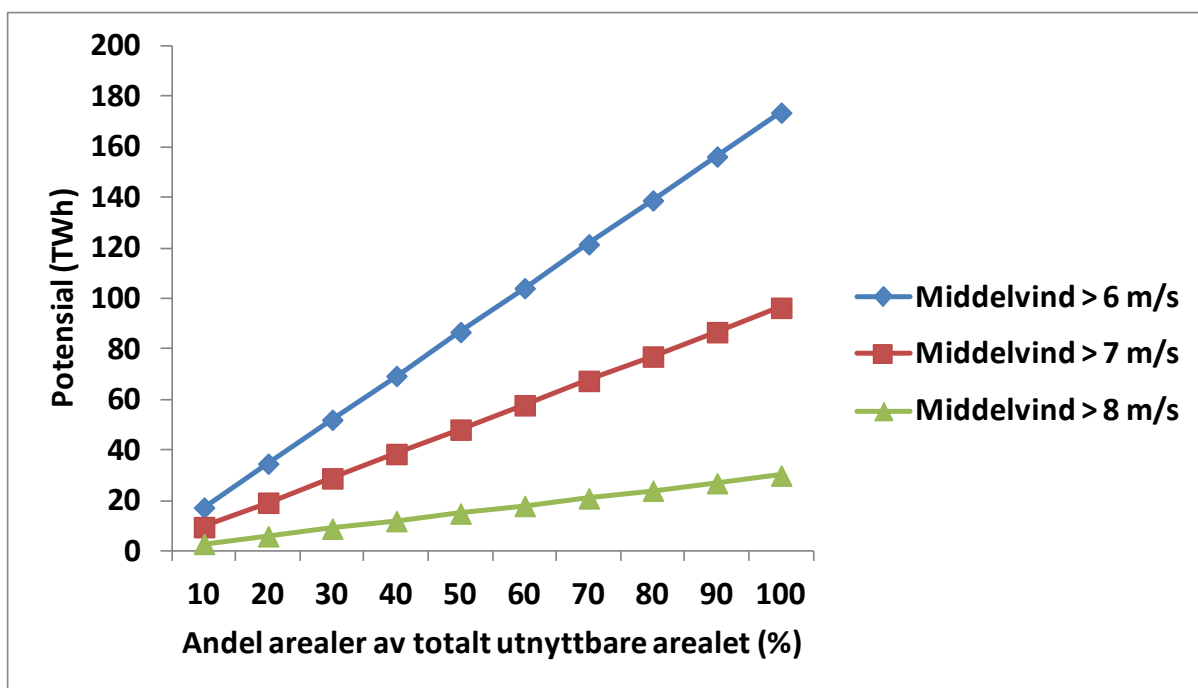
³⁹ www.nve.no

I følge diagrammet er det teoretiske potensialet mellom 8 – 40 TWh (ved utbyggingstetthet på 2 MW/km² avhengig av vindhastigheten) og 50 – 320 TWh (ved utbyggingstetthet på 15 MW/km² avhengig av vindhastigheten).



Figur13: Vindkraftpotensial ved ulike utbyggingstetthet og middelvind

Figur 14 er gjort for å vise potensialene i forhold til ulike andel av den utnyttbare areal for de forskjellige årsmiddelvind. I følge diagrammet er det teoretiske potensialet mellom 3 – 20 TWh (ved å bruke bara 10 % av potensialareal og avhengig av vindhastigheten) og 30 – 170 TWh (ved å bruke 100 % av potensialareal og avhengig av vindhastigheten). Her er det antatt utbyggingstetthet på 8MW/km²



Figur14: Vindkraftpotensial ved utnyttelse av ulike utnyttbare arealer

Det maksimale teoretisk potensial skulle fås ved utbyggingstetthet på 15 MW/m^2 og årsmiddelvind høyere en 6 m/s . Dette skulle i dette fall kreve at 16% av innlandets totale areal må benyttes. Hvis en fokuserer på bare hastigheter som er større enn 8 m/s så reduseres det maksimale potensial med ca 80% (her trengs bare 2% innlandets totale areal).

Årsmiddelvind for alle vindkraft i Norge for perioden 2000-2011 var $7,9 \text{ m/s}$ (gjennomsnittsverdi) i følge produksjonsstatistikk fra NVE.⁴⁰

Det er per nå flere vindkraftsøknader under konsesjonsbehandling. Innlandet har per nå ifølge NVE totalt 755 MW vindkraft med total produksjon på ca 2 TWh under behandling.⁴¹ Dette tilsvarer drøyt 60% av det totale potensialet ved 10% utnyttelse av utnyttbart areal av vindområde med årsmiddelvind større en 8 m/s (se figur 14).

⁴⁰ Vindkraft – produksjonsstatistikk 2011, NVE

⁴¹ www.nve.no

7 Konklusjoner

Det har ikke vært noe store forendring i tilførselen av energi i Innlandet der elektrisitet, fossile brensel og biobrensel utgjør fundamentet av energisystemet. Trenden har vært slik at anvendelsen av ulike energislag har økt de seneste 15 årene (Lerfald m.fl., 2007).

Energiforbruk i innlandet er ca 14 TWh/år der fossile brensel (41 %) og elektrisitet (47 %) er dominerende. Transportsektor står for mesteparten av fossile energi mens husholdningen og tjenestesektor står for signifikant andel av elektrisitetsbruk.

Hvis transportsektoren og deres energibruk ekskluderes vil Innlandet kunne dekke 60 % av det totale energibruket og 100 % av det totale elektrisitetsbruk gjennom lokale energikilder som bioenergi, vannkraft og vind. Hvor mye vannkraft, vindkraft og biobrensel basert kraft som kan utvikles i innlandet er avhengig av ulike faktorer men ressurskartlegginger som bygger på litteraturstudie og modeller viser et stort potensial i innlandet:

Størst potensial har vindenergi der potensialet kan vare mellom 8 – 300 TWh avhengig av utbyggingstetthet (2 – 15 MW/km² og vindhastigheter (større 6 m/s, 7 m/s, 8 m/s). Potensialet blir mindre hvis en vil bruke deler av det utnyttbare arealet. I dette fall blir potensialet som lavest 3 TWh og som høyest 170 TWh. Det er per nå drøyt 700 MW vindkraft med tilsvarende produksjon på ca 2 TWh hos NVE for konsesjonsbehandling.

Det nest høyeste potensialet er funnet i vannkraft i hovedsak i småskala. Her er potensialet ca 2 TWh. Det er per nå flere søknader/melding hos NVE.

En utfordring er å finne potensialet for biomasse baserte kraftproduksjon. For det første er det ikke tal om å produsere kun kraft da dette er helt ikke økonomisk. Her handler det om samtidig produksjon av varme og elektrisitet. Et slikt produksjonsanlegg vil kreve tilstrekkelig varmebehov som i dette tilfelle krever etablering av store eller små skala fjernvarme. For å finne potensialet et energisystem modell har konstruert med Gjøvik som eksempel. Modellen er basert på lineær programmering og ulike størrelser av fjernvarme (10 – 300 GWh) undersøktes hvor muligheten for kombinert varme-og kraftproduksjon er også et alternativ. Basert på anvendt data i studiet en samtidig kraftproduksjon er mulig i alle alternativer. Av innlandets totale forbruk kan minst 20 % tilskrives oppvarming. Dette vil med andre ord peke på stor potensial for stor/små skala fjernvarme der samtidig produksjon av varme og elektrisitet kan vare mulig. I følge Gjøvik modellen finnes det potensial mellom 3 – 90 GWh elektrisitet. Dersom disse proporsjoner brukes for innlandet kan dette tilsvare 40 – 1200 GWh. Tallene blir lavere da flere anlegg uten kraftproduksjon er allerede etablert.

Innlandet har potensial til å bli ledende på fornybar energi med sitt brede utvalg av potensielle kilder som biomasse, vannkraft og vind. Dette forprosjekt peker på stor potensial for kraftproduksjon basert på fornybare energikilder, i dette fall vann, biomasse og vind. Grønne

sertifikatsystemet kan hjelpe for å realisere del av disse potensialer. Selv om det er stort potensial i innlandet det må vurderes hvor mye av disse potensialer som vil bli bygget i innlandet.

Referanser

A. Gebremedhin 2012. Introducing District Heating in a Norwegian town – Potential for reduced Local and Global Emissions, *Applied Energy* 95 (2012) 300–304.

ECON Pöyry (2008). Status and Potentials of Bioenergy in the Nordic Countries ECON Pöyry-Report no. 2008-057, Project no. 53160 Public ISSN: 0803-5113, ISBN 82-7645-977-7

Elforsk 2011. El från nya och framtida anläggningar, Elforsk rapport 11:26, 2011, Stockholm Sverige

Energimyndigheten 2010a. Gemensamt elcertifikatsystem med Norge, Energimyndigheten rapport ER 2010:28, Eskilstuna, Sverige

Energimyndigheten 2010b. Åtgärder för att skydda elkunden mot höga elcertifikatpriser, Energimyndigheten rapport ER 2010:27, Eskilstuna, Sverige

Energimyndigheten 2011a. Samarbetsmekanismer enligt förnybartdirektivet, Energimyndigheten rapport ER 2011:16, Eskilstuna, Sverige

Energimyndigheten 2011b. Elcertifikatsystemet 2011, Energimyndigheten rapport ER 2011:32, Eskilstuna, Sverige

Erik Trømborg, Monica Havskjold , OleL islebø , Per Kristian Rørstad. 2011. Projecting demand and supply of forest biomass for heating in Norway, *Energy Policy*39(2011)7049–7058).

European biomass association. 2011. Annual report 2011, www.aebiom.org

Euroheat & power 2012. Heat Roadmap Europe 2050 study for EU 27, <<http://www.euroheat.org>>.

IEA 2011a, Key world energy statistics, International Energy Agency; 2011. <<http://www.iea.org>>.

IEA 2011b. CO₂ Emissions from fuel combustion highlights, International Energy Agency; 2011. <<http://www.iea.org>>.

IEA 2011c. CO₂ Renewables Information IEA Statistics, International Energy Agency; 2011. <<http://www.iea.org>>.

Kumar, A., T. Schei, A. Ahenkorah, R. Caceres Rodriguez, J.-M. Devernay, M. Freitas, D. Hall, Å. Killingtveit, Z. Liu, 2011: Hydropower. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA..

Lerfald M., Vasaasen A. og M. Ørbeck.(2009): Energistatus Innlandet. ØF-rapport 10/2009.

M. Fatih Demirbas, Mustafa Balat, Havva Balat. 2009. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development, *Energy Conversion and Management* 50 (2009) 1746–1760 1747).

Nicolae Scarlat, Jean-Francois Dallemand, Odd Jarle Skjelhaugen, Dan Asplund, Lars Nesheim. 2011. An overview of the biomass resource potential of Norway for bioenergy use, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 3388– 3398).

NVE 2009. Vindkraft for Norge, *Rapport nr 9/2009*, NVE 2009.

NVE 2008. Vindkraftpotensialet utenfor norskekysten (offshore) (Revidert utgave av NVE rapport 1-2007)).

Observ'ER 2011. Worldwide electricity production from renewable energy sources, Thirteenth inventory 2011,

REN21 2012. Renewables 2012, Global Status report, <<http://www.ren21.net>>.

Power statistics and trends 2011, www.eurelectric.org.

Wiser, R., Z. Yang, M. Hand, O. Hohmeyer, D. Infield, P. H. Jensen, V. Nikolaev, M. O'Malley, G. Sinden, A. Zervos, 2011: Wind Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.).