



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell økonomi/Prosjektledelse	Vårsemesteret, 2017 Åpen
Forfatter: Lise Marie Stokke
Fagansvarlig: Roy Endré Dahl, Universitetet i Stavanger Veileder: Geir Inge Berg, Multiconsult ASA	
Tittel på masteroppgaven: Analyse av to biobrenselanlegg til nærvarme Engelsk tittel: Analysis of two biomass plants for district heating	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Biobrenselanlegg Energikostnader Framskrivinger CO ₂ -utslipp Pluss- minus metoden	Sidetall:144... + vedlegg/annet:30... Stavanger, 14.06.2017

Forord

Denne oppgaven er det avsluttende arbeidet av en toårig mastergrad i Industriell Økonomi ved Universitetet i Stavanger. Oppgaven er normert til 30 studiepoeng. Oppgaven har vært lærerik og gitt med innblikk i et tema som var nytt for meg.

Jeg vil gjerne rette en takk til mine fagansvarlig, Roy Endrè Dahl, for raske tilbakemeldinger og hjelp underveis i oppgaven. Jeg vil gjerne rette en takk til Geir-Inge Berg og Multiconsult for blant annet veiledning i valg av tema, i tillegg til kontorplass og hjelp underveis. Jeg vil også rette en takk til familie og venner.

Lise Marie Stokke

Stavanger, 14. juni 2017

Sammendrag

Norge er bundet av Pris-avtalen til å jobbe mot menneskeskapte klimaendringer (United Nations, 2015). Strømnettet opplever høyere effektuttak (Nve, 2016b). Biobrensel til oppvarming er en ressurs som kan bidra med en overgang til fornybare energikilder og energifleksibilitet. Det er estimert cirka 21 TWh tilgjengelige bioenergiressurser i Norge, hvorav skog utgjør rundt 17 TWh (Melbye, Rørstad & Killingland, 2014). Denne oppgaven har hatt som mål å analysere bruken av biobrenselanlegg som alternativ til oppvarming. Dette ble gjort gjennom å undersøke energikostnader, CO₂-utslipp og samfunnsøkonomiske konsekvenser av to nærvarme biobrenselanlegg, i oppgaven identifisert som Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, som begge driftes med flis.

Den kostnadsbaserte analysen for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW ble gjort gjennom å finne energikostnaden over levetiden (LCOE). Med utgangspunkt i forbrukskurver ble produksjonskostnadene beregnet ut fra en rekke forutsetninger og antakelser. Resultatet ble 0,964 kr/kWh for Biobrenselanlegg 500kW, og 1,1 kr/kWh for Biobrenselanlegg 150kW. Beregningene ble også gjort på sesong- og månedsbasis, som viste at sommermånedene hadde høye energikostnader, mens vintermånedene hadde lavere. Dette var hovedsakelig på grunn av de faste kostnadene, som var antatt å betales jevnt gjennom året. En sensitivitetsanalyse ble gjennomført med hensikt å få informasjon om hvilke variabler som påvirket LCOE'en i størst grad. Resultatet viste at LCOE'en er mest sensitiv til en reduksjon i produsert varme. En kostnadssammenligning med flere energikilder og teknologier til oppvarming ble også gjennomført. Resultatet viste, gjennom årlige sammenligninger, at energikostnadene til begge anleggene var høyere enn ved bruk av de sammenlignede energikildene. På månedsbasis hadde Biobrenselanlegg 150kW høyest kostnader gjennom året. Biobrenselanlegg 500kW derimot hadde, i vintermånedene, lavere energikostnad sammenlignet med flere av kostnadene til de andre teknologiene og energikildene, som for eksempel propankjel og fyringsoljekjel. Til tross for at LCOE'en til biobrenselsanleggene er relativt høye, viser estimerte framskrivninger at Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW overstiger elkjel prisene, i henholdsvis 2025 og 2019, med de forutsetningene som er satt. Ved skifte fra fyringsolje, som begge anleggene ble driftet med før, ble det spart 230,6 tonn CO₂-utslipp i året fra Biobrenselanlegg 500kW, og 77,8 tonn CO₂-utslipp fra Biobrenselanlegg 150kW. Konklusjonen av de samfunnsøkonomiske konsekvensene av biobrenselanlegg, funnet ved pluss-minus metoden, er at den er overveiende positiv, og tyder på et potensiale for gevinst ved bruk av biobrenselanlegg i forhold til andre energikilder til energisentralen.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	III
Sammendrag.....	V
Innholdsfortegnelse	VII
Tabbeliste	XI
Figurliste.....	XII
1 Introduksjon.....	2
1.1 Problemstilling	3
1.2 Oppgavens struktur.....	3
1.3 Avgrensninger	3
2 Bakgrunn	4
2.1 Markedet nå.....	4
2.1.1 Varmemarkedet generelt	4
2.1.2 Historiske brenselpriser	6
2.1.3 Statistikk fra støtteordninger	9
2.1.4 Lokale energisentraler	13
2.1.5 Beskrivelse av markedssituasjonen til lokale varmesentraler	14
2.1.6 Modenhet til varmeteknologi	16
2.2 Markedet fremover	17
2.2.1 Påvirkningskrefter generelt	17
2.2.2 Påvirkningskraft av brenselpris på markedsandeler.....	20
2.2.3 Tilgjengelig brensel og teknisk potensial	23
2.2.4 Forventede endringer.....	26
3 Teknisk teori.....	28
3.1 Dimensjonering	28
3.2 Brensel.....	29
3.3 Virkningsgrad.....	31
3.4 Røykavtrekk/rensing av luft	33
3.5 Drift av anlegget.....	34
3.6 Generelle fordeler og ulemper.....	37
3.6.1 Bioenergi vs Elektrisitet	37
3.6.2 Andre fordeler	38
3.6.3 Ulemper.....	39
4 Metode.....	40
4.1 Fremgangsmåte	40
4.2 Data og materiale.....	40
4.2.1 Litteraturens kvalitet.....	42

4.2.2	Feilkilder	44
4.3	Levelized cost of energy (LCOE).....	45
4.4	Sensitivitetsanalyse	45
4.5	Sammenligning med andre energikilder.....	46
4.6	Fremtidsendringer	47
4.6.1	Lærekurver og lærerrater	47
4.6.2	Framskrivning i analyse del 3.....	48
4.7	Samfunnsøkonomisk analyse	49
5	Analyse.....	50
5.1	Case	50
5.2	Analyse del 1: LCOE og sensitivitetsanalyse.....	52
5.2.1	LCOE.....	52
5.2.2	Sensitivitets analyse.....	59
5.3	Analyse del 2: Andre energikilder.....	64
5.3.1	Generelle antakelser	65
5.3.2	Elkjel	65
5.3.3	Andre faste biobrensler.....	73
5.3.4	Varmepumper	76
5.3.5	Fyringsoljekjel.....	78
5.3.6	LPG kjel	81
5.3.7	Solfangere.....	83
5.3.8	Resultat analyse del 2	85
5.4	Analyse del 3: Framskrivinger	89
5.4.1	Biokjel	89
5.4.2	Elkjel	90
5.4.3	Andre faste biobrensler.....	95
5.4.4	Varmepumpe	96
5.4.5	Fyringsoljekjel.....	98
5.4.6	LPG kjel	102
5.4.7	Solfangere.....	104
5.4.8	Resultat analyse del 3	105
5.5	Analyse del 4: CO ₂ utslipp	108
5.5.1	Antakelser.....	108
5.5.2	Resultat.....	108
5.6	Analyse delmål 5: Samfunnsøkonomisk analyse	109
5.6.1	Sysselsetting	109
5.6.2	Sikkerhet.....	110

5.6.3	Miljø	110
5.6.4	Areal	110
5.6.5	Fleksibilitet	111
5.6.6	Pluss-minus vurdering:	111
6	Diskusjon	114
6.1	Diskusjon analyse del 1: LCOE	114
6.1.1	Sammenligning med tidligere arbeid	114
6.1.2	Metode	118
6.2	Diskusjon analyse del 2: Andre energikilder	118
6.2.1	Sammenligning	119
6.2.2	Metode	119
6.3	Diskusjon analyse del 3: Framskrivinger	120
6.3.1	Sammenligning	120
6.3.2	Metode	120
6.4	Diskusjon analyse del 4: CO ₂ -utslipp	121
6.5	Diskusjon analyse del 5: Samfunnsøkonomiske analyse	122
7	Konklusjon	124
7.1	Videre arbeid	125
8	Referanseliste	126
9	Vedlegg	132
	Vedlegg A: Definisjoner	132
	Vedlegg B: Beregning av LCOE til Biobrenselanlegg 500kW energisentral	133
	Vedlegg C: Beregning av LCOE til Biobrenselanlegg 150kW energisentral	137
	Vedlegg D: Beregning av energikostnad for Elkjel – Energirapporten energipris	141
	Vedlegg E: Beregning av energikostnad for Elkjel - Lyse Elnett energipris - Biobrenselanlegg 500kW	143
	Vedlegg F: Beregning av energikostnad for Elkjel - Lyse Elnett energipris - Biobrenselanlegg 150kW	146
	Vedlegg G: Beregning av energikostnad for andre faste biobrensler	149
	Vedlegg H: Beregning av energikostnad for varmpumper	151
	Vedlegg I: Beregning av energikostnad for fyringsolje	153
	Vedlegg J: Beregning av energikostnad for gasskjele/LPG	155
	Vedlegg K: Beregning av LCOE for solfangere	157
	Vedlegg L: Mineralavgiftsendringer	158
	Vedlegg M: Faktura fra Lyse Elnett	161

Tabbeliste

Tabell 1: Oversikt over anlegg som har fått støtte av Enova og Innovasjon Norge (Kristensen, 2016, s. 1).....	9
Tabell 2: Virkemidler for endring i energimarkedet	18
Tabell 3: Brensel- og logistikk priser ifølge rapport (Havskjold et al., 2011, s. 61)	20
Tabell 4: Tilvekst i Rogaland, grovt anslag av energien tilgjengelig (Andreassen et al., 2013, s. 21; Filbakk et al., 2014).....	25
Tabell 5: Faser til biobrensel (Arnold et al., 2011, s. 13).....	29
Tabell 6: Fuktiginnhold til forskjellige biobrensler (Norsk Standard, 2014, s. 53).....	29
Tabell 7: Energiinnhold brensel (Sidelnikova et al., 2015, s. 38)	31
Tabell 8: Forurensningskrav (Forurensningsforskriften, 2009; Kristensen, 2016, s. 3).....	34
Tabell 9: Forskriftsmessig oppvarmingsmetode (Vvs-Foreningen I Samarbeid Med Norconsult As, 2015).....	39
Tabell 10: Litteraturens kvalitet	43
Tabell 11: Spesifikasjoner for kjelen brukt ved Biobrenselanlegg 500kW (Anonym Produsent, 2013, s. 5).....	50
Tabell 12: Forbruk og driftstiden til energisentralene (Anonym Energiloggføringsystem Rogaland Fylke, 2016)	51
Tabell 13: Forutsetninger for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW (Anonym Produsent, 2013; Sidelnikova et al., 2015, s. 30, 152)	54
Tabell 14: Sammenligning LCOE til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW	56
Tabell 15: Elkjel kostnader (Sidelnikova et al., 2015, s. 141).....	65
Tabell 16: Spotpriser (Nord Pool, 2016; Tekniske Nyheter, 2017a).....	66
Tabell 17: Nettleie Kostnader Lyse Elnett (Lyse Elnett, 2017)	67
Tabell 18: Andre kraft kostnader fra vedlegg M.	68
Tabell 19: Brenselskostnader for faste biobrensler (Sidelnikova et al., 2015; Tekniske Nyheter, 2017a, s. 152).....	74
Tabell 20: Resultat av endring i LCOE fra delkapittel 5.2.2.1, Figur 41 og Figur 42.....	76
Tabell 21: Antakelser for beregninger med varmpumper(Sidelnikova et al., 2015, s. 166, 168).....	77
Tabell 22: Gjennomsnittpriser fyringsolje (Tekniske Nyheter, 2017a).....	79
Tabell 23: Gjennomsnittpriser propan(Tekniske Nyheter, 2017a).....	81
Tabell 24: Forutsetninger solfangeranlegg (Sidelnikova et al., 2015, s. 181).....	83
Tabell 25: Inndata for framskrivning av Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW	89
Tabell 26: input data for framskrivning av Elkjel kostnader.....	92
Tabell 27: Fremtidig inndata for andre faste biobrensler	95
Tabell 28: Inndata fremtiden til Varmepumper	97
Tabell 29: Grunnavgift på mineralolje til fyringsolje og CO ₂ -avgifter til LPG og fyringsolje (Skatteetaten, 2016).....	100
Tabell 30: Inndata til framskrivning av fyringsoljenderinger	100
Tabell 31: Inndata for fremtiden til LPG.....	103
Tabell 32: Framskrivning inndata solfangere.....	105
Tabell 33: CO ₂ -utslipp spart per år (Nve, 2016c; Sidelnikova et al., 2015, s. 39)	109
Tabell 34: Samfunnsøkonomiske effekter av biobrenselanlegg mot de andre energialternativene	111
Tabell 35: Forskjell i Sidelnikova et al. (2015, s. 151) sine beregninger og oppgavens beregninger .	115

Figurliste

Figur 1: Produksjon av primær energi i Norge (Statistisk Sentralbyrå, 2016c)	5
Figur 2: Biobrensel og avfall som primær energi (Statistisk Sentralbyrå, 2016c)	5
Figur 3: Produksjonen av fjernvarme fra forskjellige brenslere levert til fjernvarmenettet (Statistisk Sentralbyrå, 2016b)	6
Figur 4: Historiske priser og fremtidspriser på energikilder (Enova, 2016b, s. 9)	7
Figur 5: Prisen på briketter fra uke 1, 2009 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)	8
Figur 6: Prisen på pellets fra uke 1, 2009 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)	8
Figur 7: Prisen på flis med > 35% fuktighet og prisen på flis < 35% fuktighet fra uke 14, 2016 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 12)	9
Figur 8: Antall ferdigstilte anlegg 1-50 MW (Kristensen, 2016, s. 2)	10
Figur 9: Kontraktfestet energieresultat fordelt på energikilde, 2008-2015 (Enova, 2015, s. 3)	11
Figur 10: Energieresultat bioenergi (GWh) per teknologi (Enova, 2015, s. 5)	11
Figur 11: Utbredelse av varmeløst fordelt på energikilder i ulike regioner i perioden 2008–2015 (Enova, 2015, s. 6)	12
Figur 12: Skjermdump av kart av biobrenselanlegg (Kristensen, 2016, s. 6)	12
Figur 13: Antall prosjekter – fordelt på ulike teknologier, 2011–2015 (Enova, 2015, s. 13)	14
Figur 14: Energieresultat (GWh) fordelt på ulike teknologier. 2011–2015 (Enova, 2015, s. 14)	14
Figur 15: Oppsummering av markedsanalysen til lokale energi sentraler (Naper & Bjørndalen, 2010, s. 44)	16
Figur 16: Modenhet i teknologier som bruker fornybar energi kilde til oppvarming og kjøling (Eisentraut & Brown, 2014, s. 20)	17
Figur 17: Historiske priser og forventede priser på CO ₂ -kvoter (Enova, 2016b, s. 10)	19
Figur 18: Endring i markedsandeler ved ulike brenslerspriser i 2020 (Havskjold et al., 2011, s. 44)	22
Figur 19: Endring i markedsandeler ved ulike scenarier for brenslerspriser i 2030 (Havskjold et al., 2011, s. 45)	22
Figur 20: Årlig tilvekst, balansekvantum og ubrukt potensial (Avinor, Sas, Norwegian & Nho Luftfart, 2013, s. 10)	23
Figur 21: Tilbudskurve for skogflis til energiformål i 2020 for ulike flispriser levert anlegg (Bergseng et al., 2012, s. 10)	24
Figur 22: Forventet årlig fornybar termisk leveranse for Enova-støttede prosjekter mot 2020, fordelt på ulike energikilder (Enova, 2015, s. 6)	27
Figur 23: Grunnlast, spisslast og sommerlast (Fornybar.No, 2016f)	28
Figur 24: Energiinnhold i forhold til tetthet (Fornybar.No, 2016d)	30
Figur 25: Virkningsgrad som funksjon av røykgasstemperatur (Soma, 2005)	32
Figur 26: Prinsipp skisse av biobrenselanlegg (Soma, 2005)	35
Figur 27: Brenn kamme (Anonym Produsent, 2013, s. 7)	36
Figur 28: Fremgangsmåte for oppgaven	40
Figur 29: Verdikjeden til biobrensel	42
Figur 30: Sensitivitetsanalyse- illustrasjon	46
Figur 31: Eksempel på konsekvensmatrise for ikke-prissatte virkninger (Direktoratet for Økonomistyring, 2014, s. 84)	49
Figur 32: Forbrukskurver for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW energisentral (Anonym Energiloggføringsystem Rogaland Fylke, 2016)	52
Figur 33: Årlig LCOE for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW	55
Figur 34: Sesongbasert LCOE for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	55
Figur 35: Biobrenselanlegg 150kW månedlig LCOE	56
Figur 36: Biobrenselanlegg 500kW månedlig LCOE	57

Figur 37: Fordeling av kostnader per måned for Biobrenselanlegg 150kW	57
Figur 38: Fordeling av kostnader per måned for Biobrenselanlegg 500kW	58
Figur 39: LCOE fordelt på vintermånedene-Biobrenselanlegg 150kW	59
Figur 40: LCOE fordelt på vintermånedene- Biobrenselanlegg 500kW	59
Figur 41: Sensitivitetsanalyse av årlige kostnader Biobrenselanlegg 500kW	60
Figur 42: Sensitivitetsanalyse av Årlige kostnader Biobrenselanlegg 150kW	60
Figur 43: Sensitivitetsanalyse av sesongbaserte kostnader Biobrenselanlegg 500kW	62
Figur 44: Sensitivitetsanalyse av sesongbaserte kostnader Biobrenselanlegg 150kW	63
Figur 45: Nordpools budgivningsområder (Nord Pool, u.å.)	68
Figur 46: Sammenligning Elkjel med brenselspris fra Energirapporten, Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW	69
Figur 47: Sammenligning av Elkjeler med brenselspriser fra Lyse Elnett, og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	70
Figur 48: Sammenligning av Elkjeler med brenselspriser fra Lyse Elnett, Elkjel 500kW og Elkjel 150kW, og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, uten juli måned	70
Figur 49: Sammenligning elektrisitetskostnader med og uten effekt	72
Figur 50: Elektrisitetspris uten nettleiekostnader	73
Figur 51: Sammenligning av anlegg som går på briketter, pellets, flis og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	75
Figur 52: Sammenligning Biobrenselanlegg 150kW med varmepumper	77
Figur 53: Sammenligning oljekjel med Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW	80
Figur 54: Sammenligning gasskjel (LPG) med Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	82
Figur 55: Sammenligning Solfangeranlegg, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW..	84
Figur 56: Månedssammenligning av energikostnader.....	86
Figur 57: Energifkostnader gjennomsnittlig per måned og årlig kostnader delt på årlig produksjon.....	88
Figur 58: Framtidsutsikt Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	90
Figur 59: Historiske og fremtidige spotpriser for elektrisitet i Norge (Zaitsev et al., u.å. , s. 31).....	91
Figur 60: Sammenligning av fremtidig Energifkostnader for Elkjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW med utgangspunkt i Energirapporten	93
Figur 61: Sammenligning av fremtidig Energifkostnader for Elkjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW med utgangspunkt i Lyse Elnett sine kostnader.....	94
Figur 62: Sammenligning av fremtidig biobrenselskostnader for andre biobrensler og dermed kjelkostnader, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	96
Figur 63: Sammenligning av fremtidig Energifkostnader for varmepumper, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	98
Figur 64: Prisen på fyringsolje fra uke 1, 2008 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 10).....	99
Figur 65: Prisen på propan fra uke 1, 2008 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)	103
Figur 66: Sammenligning av fremtidig Energifkostnader for LPG kjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	104
Figur 67: Sammenligning av fremtidig energikostnader for solfangere, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW	105
Figur 68: Framskrivninger samlet	107
Figur 69: Resultatet av pluss-minus metoden	112

1 Introduksjon

Mellom 1980 til 2009 har verdens energiforbruk vokst med 1,8% årlig. Rundt 80% av energiforbruket er dekket av fossile brensler. International Energy Agency (IEA) forventer en økning av energiforbruket til 40% frem mot 2035. En omlegging av energiresurser må til for å bremse temperaturøkninger til et «bærekraftig» nivå, samtidig som det økende behovet for energi dekkes. I Norge står energibruk i bygg for om lag 40% av energibehovet (Norsk Teknologi, 2013, s. 3).

Fornybarandelen i henhold til EUs fornybardirektiv regner ikke varme og kjøling med strøm som fornybart. Dette førte til at Norge sin varme- og kjølesektor bare oppnådde en fornybarandel på 32,5 % i 2014 (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 95). Biobrensel er anerkjent som en fornybar energikilde, slik at en økning i biobrenselforbruk til oppvarming vil øke fornybarandelen. Gjennom Paris avtalen har «Norge påtatt seg en betinget forpliktelse om minst 40 % utslippsreduksjon i 2030 sammenlignet med 1990» (Meld. St. Nr. 9 (2011-2012), 2012, s. 93), som en driver for Norge mot mer fornybar energi.

Biomasse er den fjerde største energikilden på verdensbasis (Ladanai & Vinterbäck, 2009, s. 2). Ifølge International Energy Association (IEA) er bioenergi den største fornybare resursen i verden i dag, og står for 10% av verdens primær energiforsyning (International Energy Agency, u.å.). Det teoretiske ressurspotensialet fra skog er på 18,7 TWh fra skogressurser, som kan brukes til energiformål som varme (Melbye et al., 2014, s. I).

Med dette utgangspunktet ble interessen vekket for å analysere bruken av biobrenselanlegg som alternativ til oppvarming. Måten dette ble undersøkt er gjennom energikostnader, CO₂-utslipp og samfunnsøkonomiske konsekvenser. Energiforbrukene undersøkes med bakgrunn i to energisentraler som driftes med flis. De beregnede energikostnadene sammenlignes med flere energikilder og teknologier til oppvarming. I tillegg til at det gjøres framskrivinger av teknologien og deres energikilder/bærere.

1.1 Problemstilling

Analysen er delt opp i 5 deler, som er avdekket punktvis under.

- Energikostnaden over levetiden (LCOE) for oppvarming, ved Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW
- Sammenligning av energikostnadene til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW med andre alternative energikilder og teknologier til nærvarme sentraler
- Framskrivning av Biobrenselanlegg 500kWs og Biobrenselanlegg 150kWs LCOE, og andre alternative energikildene og teknologiene til nærvarme sentraler
- Analyse av mengden CO₂-utslipp fra noen av de forskjellige energikildene
- Samfunnsøkonomisk vurdering av de ikke prissatte virkningene av å ha biobrensel som energikilde, i forhold til de sammenlignende energikildene

1.2 Oppgavens struktur

Oppgaven er delt inn i en teori del og en analyse del. Teorien er brukt for å gi en bakgrunnsforståelse av analysen. I teorien er det først sett på hvordan markedet for biobrenselanlegg, spesielt nærvarme, er per i dag. Deretter er det i teori delen, sett på hvordan markedet for biobrensel kan bli i fremtiden. Til slutt er det i teori kapitlet sett på noe teknisk teori i forhold til biobrenselanlegg. Analysene er bygget opp i forskjellige deler, og gjennomgå slik som beskrevet i problemstillingen over.

1.3 Avgrensninger

Hovedfokus er satt på bioenergi i form av varme og ikke til kraft eller transport. Noe statistikk nevnt i teori delen, inneholder bioenergi til alle formål, ikke spesifikt varme. Videre i analysen er det avgrensningen satt til oppvarming med nærvarme og oppvarming av vann.

Når det kommer til analysene, hvor det er gjort beregninger, er det ikke sett på lønnsomheten, altså inntektstiden til anleggene, men heller kostnadene. Dette fordi lønnsomhet betyr inntekter, noe som ikke er tatt hensyn til. På den annen side kan energikostnadene gi et bilde av lønnsomheten med tanke på at en lav energikostnad kan gi høy lønnsomhet hvis energien selges til en dyrere pris. Prisen på energien solgt kalles for energipris videre i oppgaven. Det sees bort fra skatter. Overordnede antagelser og avgrensninger i forbindelse med oppgaven ble nevnt i dette delkapitlet, mens andre mindre overordnede antagelser til for eksempel beregninger kommer under tilhørende delkapitler.

2 Bakgrunn

Oppvarming kan skje på utallige måter. Denne oppgaven fokuserer, som nevnt i avgrensningen, på biobrenselanlegg til oppvarming av vann i nærområdet. Slike biobrenselanlegg kan være en felles betegnelse for flere energikilder innenfor bioenergi, som for eksempel faste biobrensler, bioolje, biogass og avfall. Det er også flere teknologier og energikilder som kan brukes til oppvarming i nærområdet. Disse er, som nevnt i avgrensningen, begrenset i oppgaven til energikilder som kan varme opp vann til tappevann eller vannbåren varme, samtidig som det kan gjøres i nærheten av sluttpunktet. Mulige energikilder som da kan benyttes er elektrisitet, fyringsolje, sollinnståling, naturgass og propan. Mulige teknologier er varmpumper, solfangere, elkjel og andre fyringskjeler. Panelovner er et eksempel på en teknologi som ikke kan benyttes til oppvarming av vann, men heller til direkte oppvarming av luft, og er derfor utenfor omfanget av oppgaven.

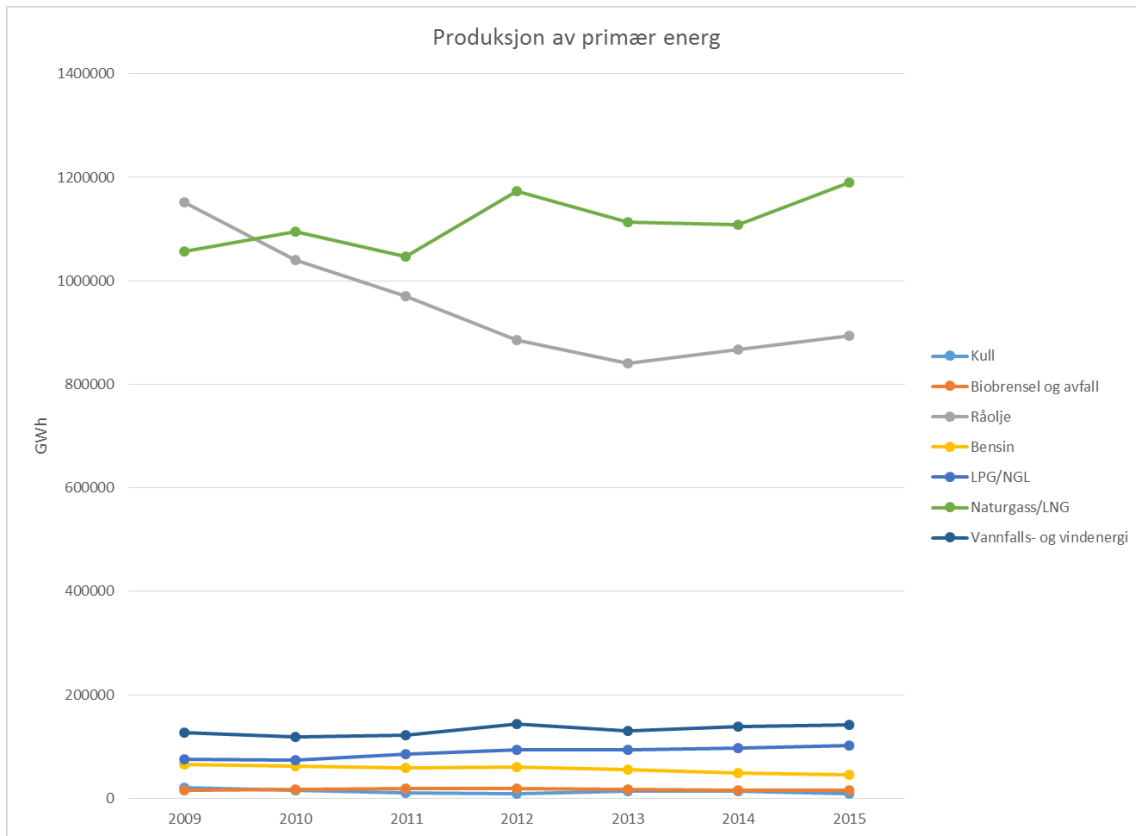
2.1 Markedet nå

For å få en innføring i bioenergi ble det gjort et litteraturstudie om hvordan markedet for bioenergi per i dag. Først sees det på hvordan dagens bruk av bioenergi er i Norge i forhold til andre energikilder. Deretter sees det på hvordan markedet for faste biobrensler er. Dette er gjort blant annet gjennom å presentere statistikk fra statistiske sentralbyrå og antall anlegg som har fått støtte gjennom forskjellige støtteordninger. Avslutningsvis i dette delkapittelet repeteres det hovedfunnene fra en analyse av attraktiviteten til lokale varmesentraler som blant annet bruker bioenergi.

2.1.1 Varmemarkedet generelt

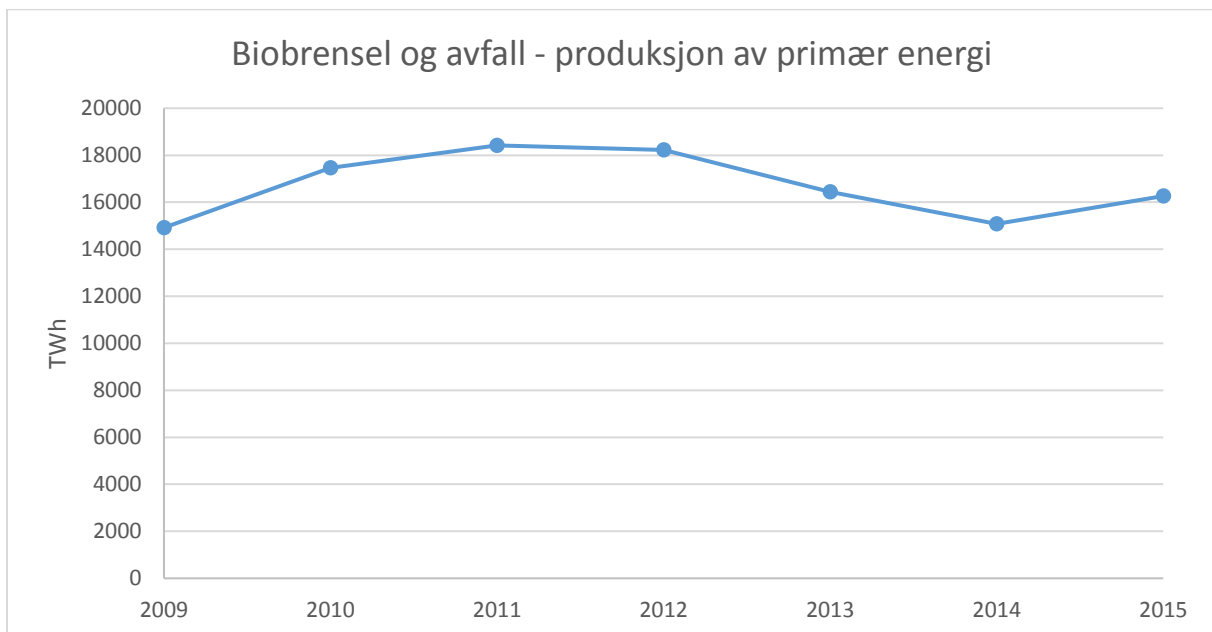
Ifølge IEA sine nettsider er bioenergi den største fornybare ressursen i verden i dag, og står for 10% av verdens primære energiforsyning (International Energy Agency, u.å.). I 2015 i Norge sto avfall og biobrensel for 0,7% av primær energien som ble utnyttet til energiformål (Statistisk Sentralbyrå, 2016b). Med primær energi menes energi som ikke er omformet, det er altså ikke tatt hensyn til energien som går tapt ved endring til for eksempel varme.

Statusen til biobrensel og avfall i forhold til andre primære energikilder er vist i Figur 1. Fra figuren ser man at utnyttelsen av biobrensel og avfall er lav, nesten like lav som for kull. Naturgass, LNG og råolje er ennå den energikilden som oftest blir brukt. Disse energikildene blir brukt til alle forbrukergrupper, ikke bare for varme.



Figur 1: Produksjon av primær energi i Norge (Statistisk Sentralbyrå, 2016c)

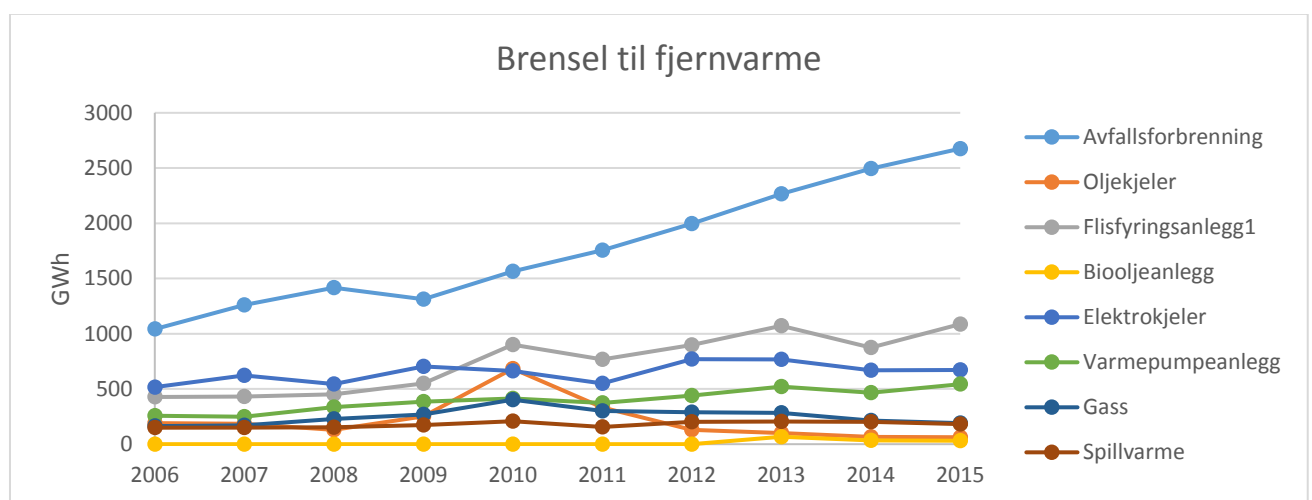
Figur 2 viser utviklingen av biobrensel og avfall som primærenergi. Sett fra figuren er den relativt stabil.



Figur 2: Biobrensel og avfall som primær energi (Statistisk Sentralbyrå, 2016c)

Grunnen til at det har vært en reduksjon i bioenergi mellom 2010 til 2014 er nedleggelser i treforedling, samtidig som midlere vintre har redusert behovet for energi generelt. Andre årsaker kan være at varmpumpe investeringer øker, i tillegg til at mer effektive vedovner fører til lavere energibehov. Reduksjon i biobrenselforbruk kan også relateres til at priser på andre energikilder, slik som elektrisitet og fyringsolje, har vært historisk lave. Konkurransen mellom strøm og bioenergi til oppvarming har altså vært stor.

I 2014 sto fjernvarme for rundt en tiendedel av romoppvarming og tappevann i Norge (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 47). Figur 3 under viser hvor mye varme som produseres av forskjellige brensler. Her ser man at avfallsforbrenningen har hatt den største økningen.

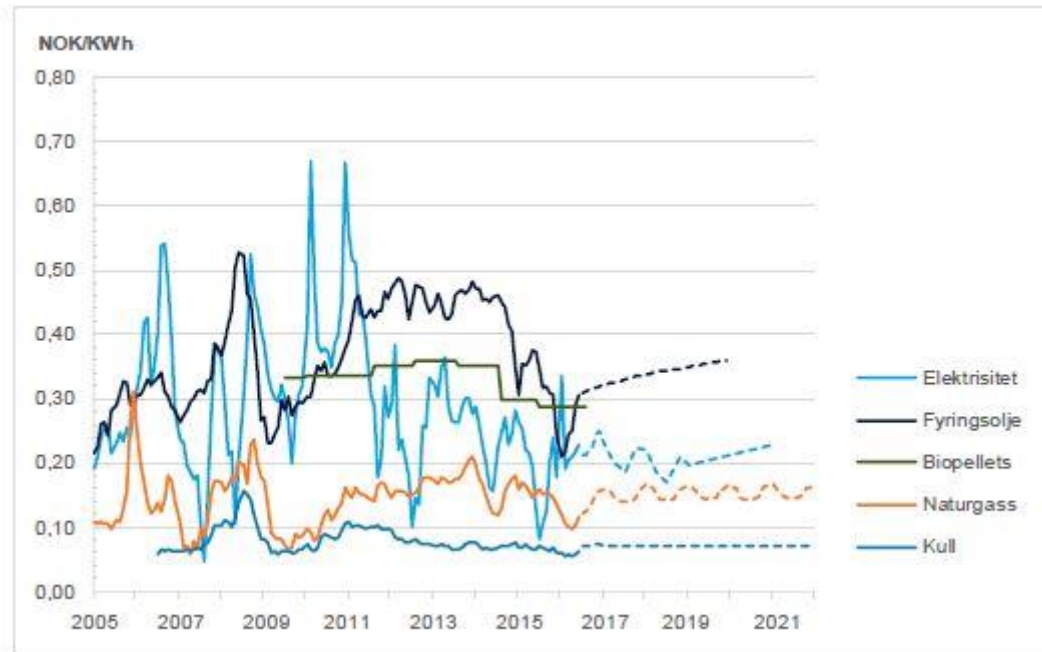


Figur 3: Produksjonen av fjernvarme fra forskjellige brensler levert til fjernvarmenettet (Statistisk Sentralbyrå, 2016b)

I følge Norsk fjernvarme dekket bioenergi i 2015 20% av norsk fjernvarme, hvorav skogsflis sto for 49,1% av andelen (Norsk Fjernvarme, 2016, u.å.). Denne statistikken omfattet bare anlegg med en installert effekt på minst 1MW (Norsk Bioenergiforening, 2012, s. 54).

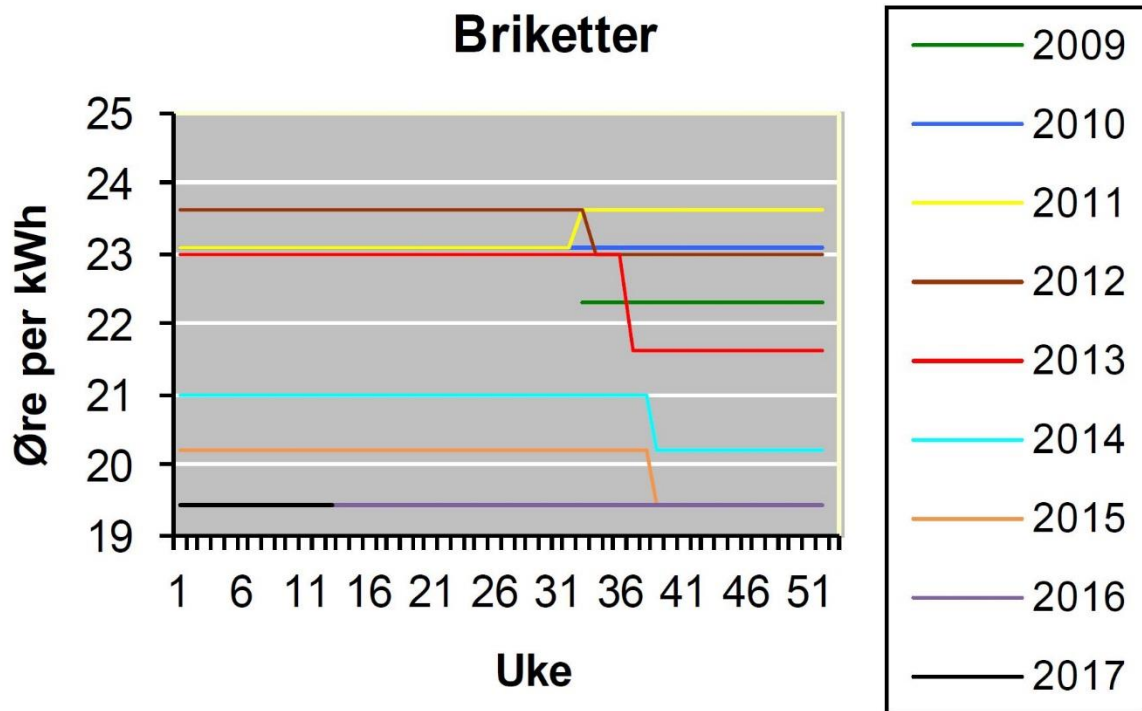
2.1.2 Historiske brenselpriser

Prisen på utvalgte energikilder er vist under i Figur 4. Figuren viser også hvordan prisutviklingene kan bli frem til 2022. Figuren er hentet fra Enovas årlige markedsutviklingsrapport. Siden 2014 har prisen på råolje falt, som har hatt en ringvirkning på de andre energikilder også. Det har vært generelle nedgangskonjunkturer, med svak etterspørsel og ledig produksjonskapasitet.

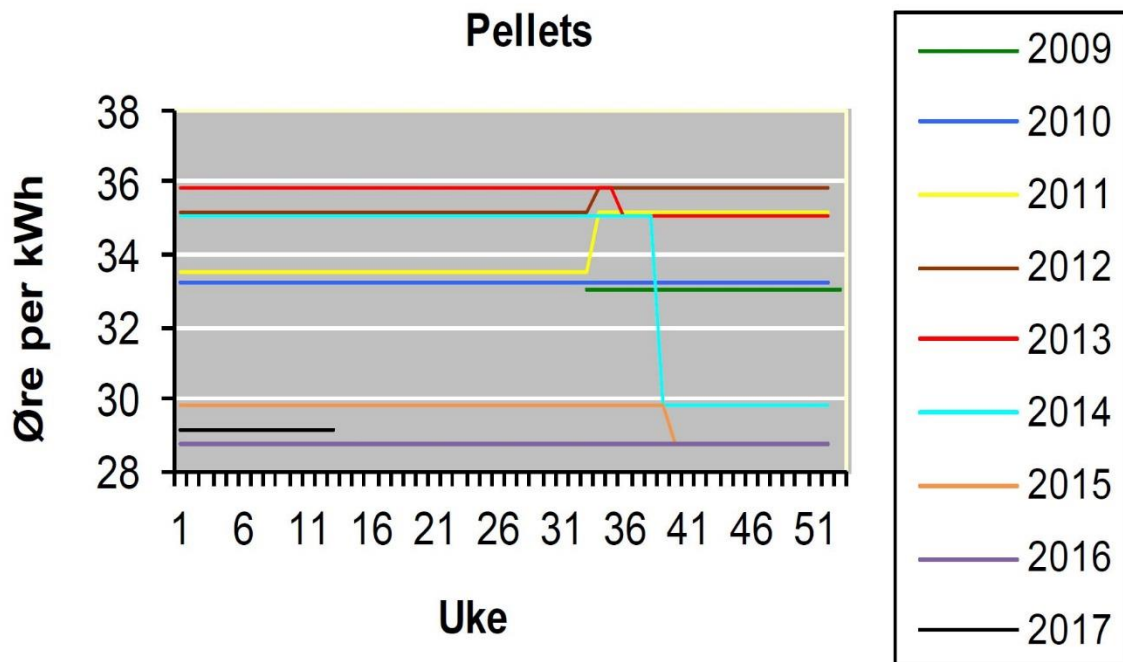


Figur 4: Historiske priser og fremtidspriser på energikilder (Enova, 2016b, s. 9)

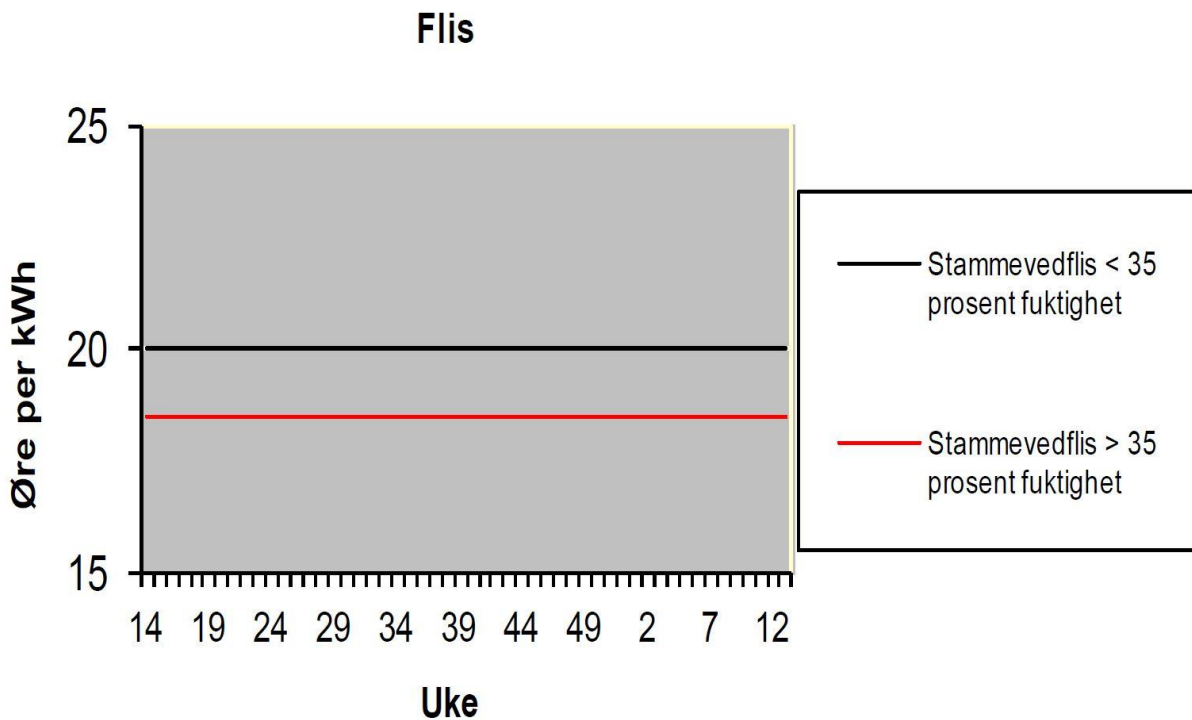
I følge Stortingsmelding 9 (2011-2012) (2012, s. 158) er produksjonen umoden og preget av svak lønnsomhet. Markedet for ved og foredlede brenslere har forskjellige grad av dokumentasjon. Flis, pellets og briketter er godt dokumentert, mens ved ikke er dokumentert like godt. På grunn av dette er henholdsvis bare priser for flis, pellets og briketter som er vist i figurene Figur 5, Figur 6 og Figur 7 under. Figurene viser hvordan prisutviklingen har vært fra 2009 til begynnelsen av 2017.



Figur 5: Prisen på briketter fra uke 1, 2009 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)



Figur 6: Prisen på pellets fra uke 1, 2009 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)



Figur 7: Prisen på flis med > 35% fuktighet og prisen på flis < 35% fuktighet fra uke uke 14, 2016 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 12)

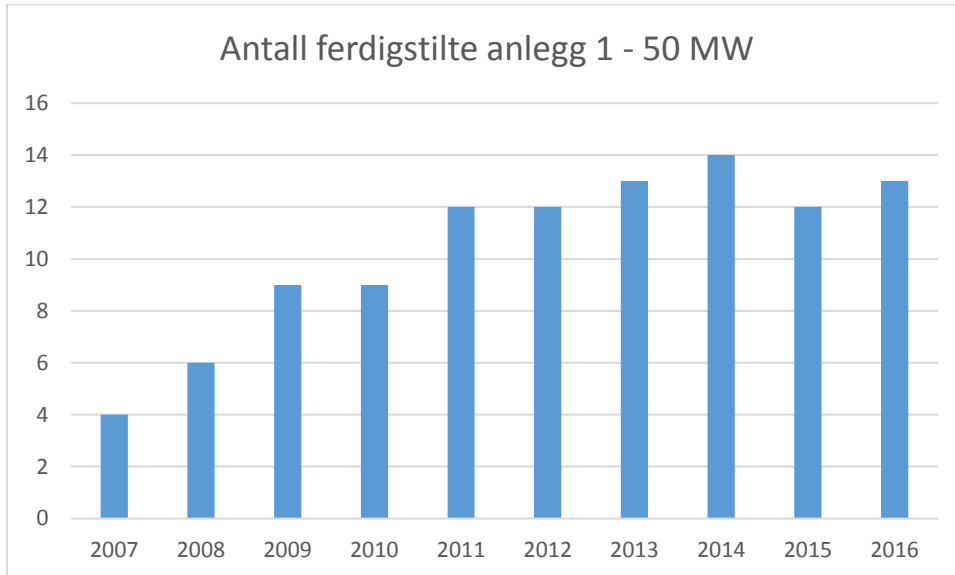
2.1.3 Statistikk fra støtteordninger

En annen pekepinn på hvordan biobrenselanlegg anerkjennes i markedet er reflektert gjennom støtteordninger fra Enova og Innovasjon Norge. I en kartlegging gjort av Norges Bioenergiforening i forbindelse med en høring i slutten av 2016, som forklares nærmere i delkapittel 3.4, kommer det frem en oversikt vist i Tabell 1 under (Kristensen, 2016). Tabellen viser hvor mange som har fått støtte av Enova og Innovasjon Norge. Nærmere bestemt viser denne en minimumsliste over anlegg som er i Norge.

Tabell 1: Oversikt over anlegg som har fått støtte av Enova og Innovasjon Norge (Kristensen, 2016, s. 1)

Effekt (MW)	Antall anlegg	Flis	Pellets (ink. trepulver)	Briketter	Halm	Samlet effekt (MW)	Gjennomsnittlig effekt (MW)
1-5	88	65	20	2	1	195,6	2,2
>5-20	16	15	1	0	0	162,4	10
>20-50	2	1	1	0	0	75	37,5
Totalt	106	81	22	2	1	433 MW	

Figur 8 viser årlig ferdigstilte anlegg som har en effekt på 1- 50 MW. Med grunnlag i tidspunktet noen anlegg er ferdigstilt, antas det at det er flere anlegg som vil være i drift frem til 2025 og 2030.



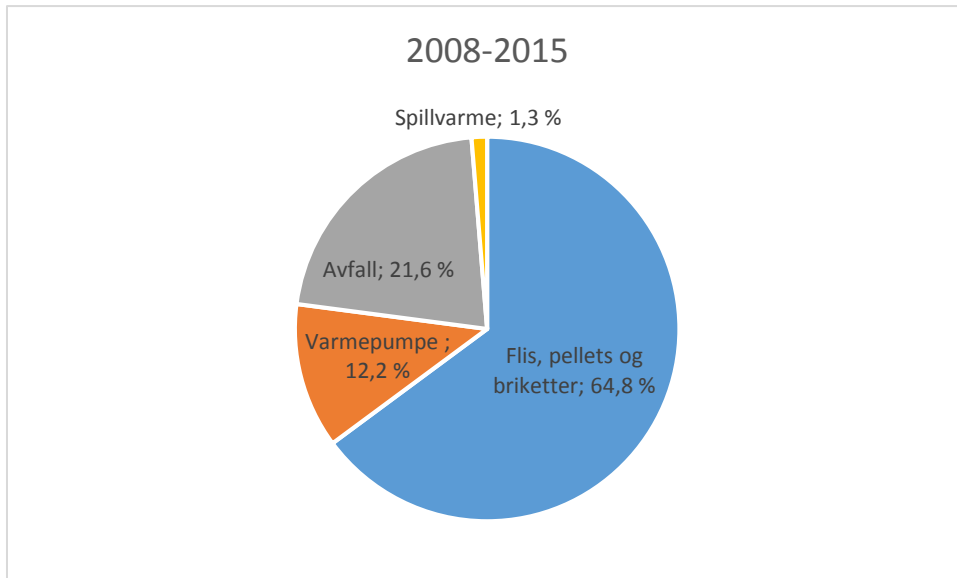
Figur 8: Antall ferdigstilte anlegg 1-50 MW (Kristensen, 2016, s. 2)

Når det gjelder varmesentraler spesifikt, har Enova et støtteprogram rettet direkte mot dette tiltaket. I følge Enovas hjemmesider gis det en støtte på 45% av investeringskostnadene, opp til 1 million kroner. Flis, briketter og pellets får 1700 kr/kW av installert effekt (Enova, u.å.). Det er for øvrig gitt støtte til 106 varmesentraler i løpet av de siste 12 månedene, fra april 2016 til april 2017. Disse inkluderer varmesentraler som går på flis, briketter, pellets, varmepumpe, luftvann, varmepumpe væske-vann og solfangere (Enova, u.å.).

Enovas energiresultat fra 2016 er preget av bioenergi som største energikilde. Bioenergi sto for 40% av kontraktfestet energiresultat 2016, hvorav flis sto for 60% av bioenergien (Enova, 2016a, s. 30). Med kontraktfestet energiresultat menes en kontrakt som inngås om forventet årlig leveranse av fornybar varme (Enova, 2015, s. 1). Gjennom antall tilskudd fordelt på tiltak ser man at det gjelder 48 tiltak til biokjel, og 1342 tiltak til væske-vann varmepumper (Enova, 2016a, s. 36).

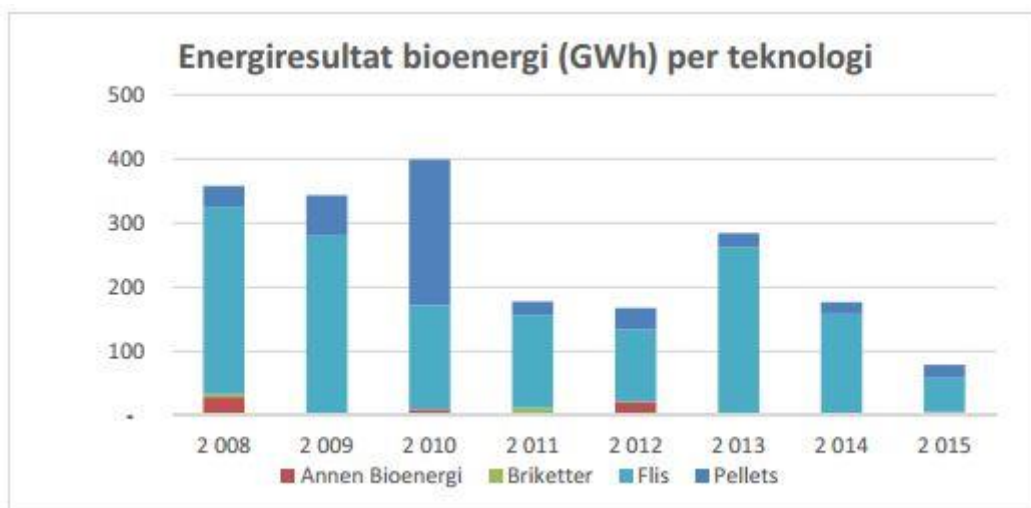
Det samme resultatet kommer frem fra Varmefakta 2015, som er lagt ut som en publikasjon på Enova sine nettsider. Der står det at det er bioenergi som er «den klart største energikilden i varmeprosjektene» (Enova, 2015, s. 3). Fra Figur 9 er det mulig å se at bioenergi som flis, pellets og briketter sto for over halvparten av den totale kontraktfestede energileveransen i perioden 2008 -2015. Det kan bemerkes at det er flere antall varmepumpeinstallasjoner, mens

det er den biobasert energi som bidrar til størst energiresultat. Dette kan tyde på at de anleggene som går på biobrensel er større enn de anleggene som drives av varmepumper.



Figur 9: Kontraktfestet energiresultat fordelt på energikilde, 2008-2015 (Enova, 2015, s. 3)

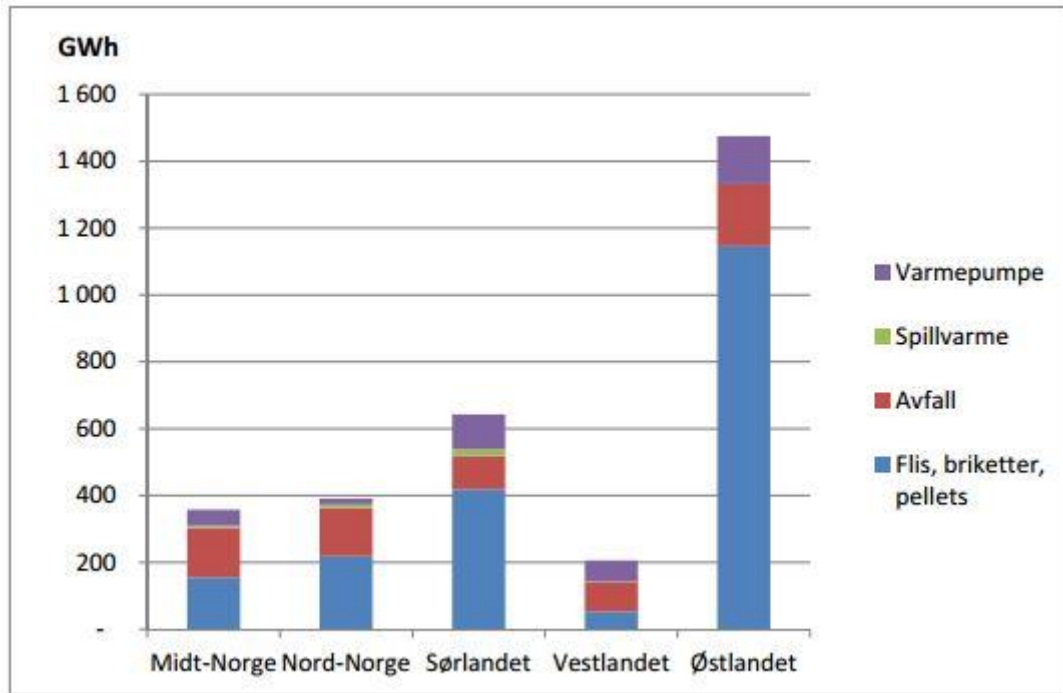
Innenfor biobrensel er det som nevnt over, flis som er den dominerende kilden. Dette kommer frem av Figur 10, som viser støtten fra Enova til anlegg fordelt på bioenergikilder.



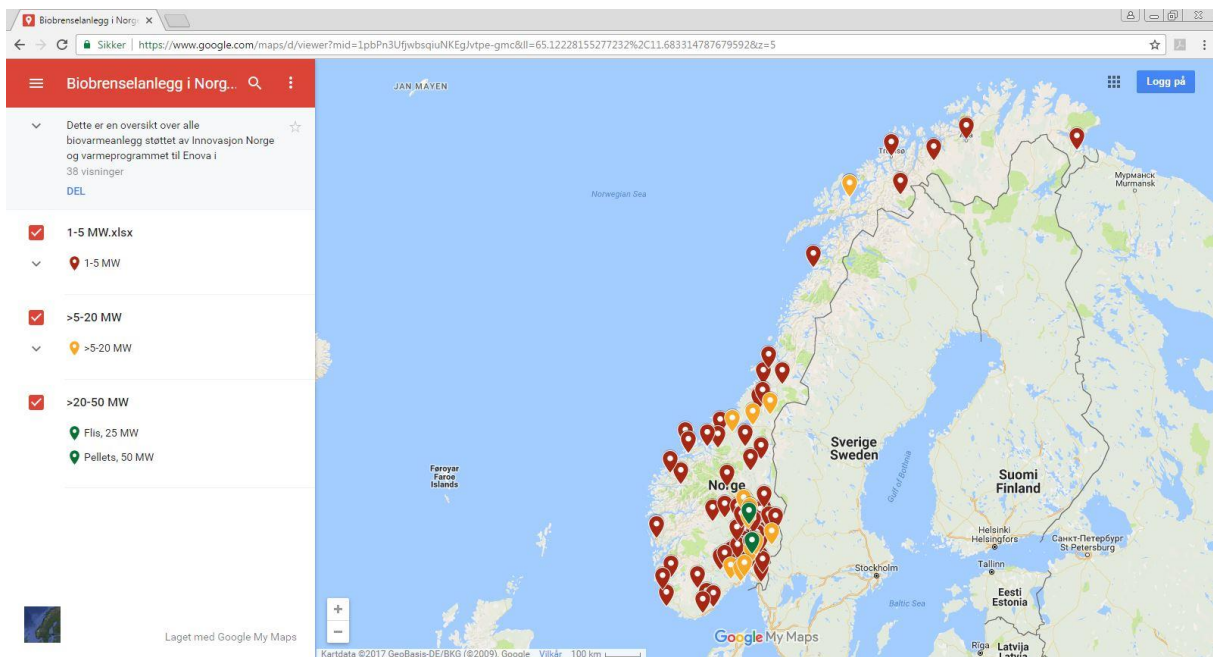
Figur 10: Energiresultat bioenergi (GWh) per teknologi (Enova, 2015, s. 5)

2.1.3.1 Regionale forskjeller

Det er regionale forskjeller i bruken av biobrensel. Dette kan leses av fra Figur 11 som viser varmeleveranse fordelt på energikilder i ulike regioner fra 2008 til 2015. Der kommer det frem at Vestlandet har lavest bruk av biobrensel som energikilde.



Figur 11: Utbredelse av varmeleveranse fordelt på energikilder i ulike regioner i perioden 2008–2015 (Enova, 2015, s. 6)



Figur 12: Skjermdump av kart av biobrenselanlegg (Kristensen, 2016, s. 6)

De regionale forskjellen kommer også frem gjennom kartleggingen gjort av Norges Bioenergiforening, vist i Figur 12 over. Et skjermdump av googlemaps viser hvor de forskjellige anleggene er plassert. De røde prikkene viser anlegg som er mellom 1-5 MW, de gule er i størrelsen 5 MW til og med 20 MW, og de grønne viser biobrenselanlegg som er større enn 20 MW.

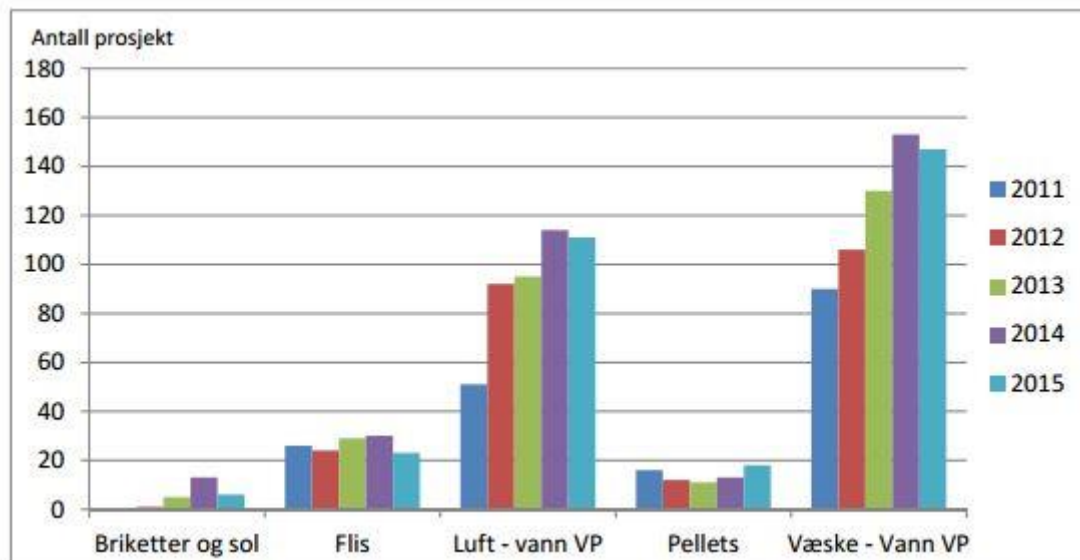
2.1.4 Lokale energisentraler

De to anleggene som blir sett på i analyse delen av oppgaven er lokale energisentraler. I den anledning var det ønskelig å se hvordan det sto til med akkurat den typen energisentraler. Lokale energisentraler har flere definisjoner, men fellesbetegnelsen er anlegg som produserer energi til ett eller flere bygg, som i størrelsesorden er mindre og nærmere forsyningsmålet enn fjernvarme.

I 2007 var det ønskelig for Enova og etablere et program som rettet seg mot mindre varmesentraler. Med bakgrunn i dette, ble det satt i gang en barrierestudie. Studien kom frem til at det i hovedsak var to barrierer som taler mot etablering av lokal, fornybar varme i Norge. De to var «manglende marked og manglende lønnsomhet». Med manglende marked mener rapporten den barrieren som er den fysiske mangelen på infrastruktur i den norske bygningsmassen, nærmere bestemt det vannbårne systemet. Byggstatistikken fra 2007 viser at 75% av boligsektoren var basert på elektrisk oppvarming fra panelovner, mens det var 50% for næringsbygg og offentlige bygg. (Martinsen, Baardsen, Aadnevik, Asheim & Kjølstad, 2007, s. 5)

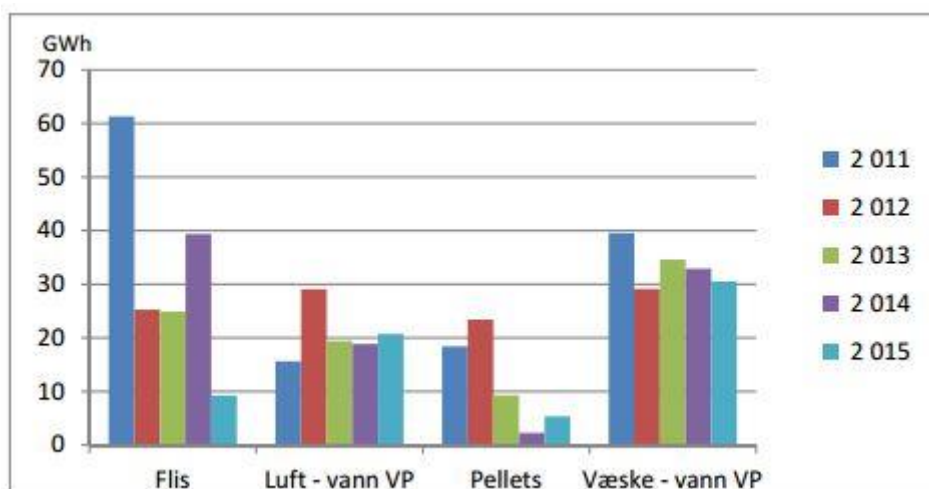
Dette antas ikke å være dagens barriere for bruk av lokale energisentraler. I boliger bygget etter 2008 til 2012 hadde hele 42 prosent vannbårent system (Statistisk Sentralbyrå, 2014). På den andre siden er det nok det økonomiske perspektivet er en viktigere barriere i dagens marked. Dette er på grunn av de uforutsigbare elektrisitetsprisene. Elektrisitet kan ikke lagres, utenom i vannmagasiner, og må derfor brukes når det produseres. Dette kan føre til svingninger i strømpriser, som oppleves som en barriere for å investere i biobrenselanlegg. Dette fordi svingningene kan føre til at biobrenselanlegg på et tidspunkt er lønnsomt for så å bli ulønnsomt (Martinsen et al., 2007, s. 8). I tillegg er det som nevnt lave priser på andre energikilder som fører til at det blir mer attraktivt å investere i disse kildene enn i bioenergi.

Til tross for barrierene mot å investere i lokale energisentraler gjøres det likevel. Dette er sett fra antall lokale energisentraler som har fått støtte av Enova, sett fra Figur 13 under. Ut fra figuren dominerer væske-vann varmpumper og luft- vann varmpumper. I perioden 2011 til 2015 ble det produsert nær en halv TWh fornybar energi (Enova, 2015, s. 11) .



Figur 13: Antall prosjekter – fordelt på ulike teknologier , 2011–2015 (Enova, 2015, s. 13)

Energieresultatet fra energisentralene som er støttet av Enova er vist i Figur 14 under. Ut fra figuren er varmpumpens energiproduksjon relativt stabil i forhold til flisanlegg. Dette kan tyde på at det var en eller flere større bioenergisentraler som ikke var i drift etter 2011, og at det senere er investert i energisentraler med lavere effekt.



Figur 14: Energieresultat (GWh) fordelt på ulike teknologier. 2011–2015 (Enova, 2015, s. 14)

2.1.5 Beskrivelse av markedssituasjonen til lokale varmesentraler

For ordens skyld er det verdt å merke seg at biovarmebransjen i Norge er relativt vertikalt integrert, dette med tanke på verdikjeden til varmen. Det kan for eksempel være samme aktør som er brensel leverandører, konsulenter, utstyrsleverandører, varmetbyggere og varmetilbydere. I motsetning til for eksempel varmpumpe bransjen som har sin kjerne i utstyreleveransen (Arnold, Granlund & Kjølstad, 2011, s. 11).

Kartlegging av markedsstrukturen og konkurransekraftene til forskjellige energikildene brukt i lokale varmesentraler ble sett på igjennom en rapport gjort tidligere (Naper & Bjørndalen, 2010). Denne rapporten tar for seg markedsanalysen av lokale energisentraler, med fokus på faste biobrensel, solvarme og varmepumper. Det ble brukt Porters Fem Krafts Model som analyseverktøy. Analysen fokuserte på kunde, konkurrentene og deres leverandører, substitutter og potensielle inntrengere i markedet.

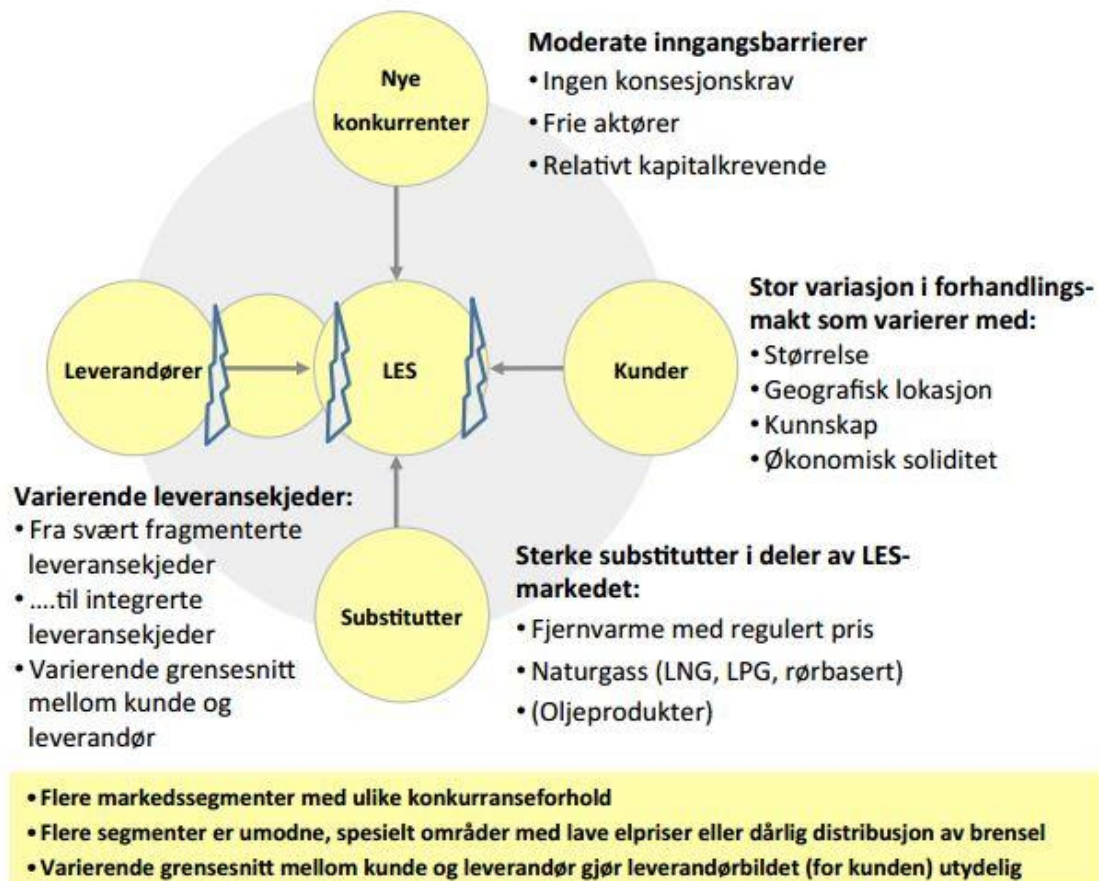
Grensesnittet for kunder av nærvarmesentraler i denne analysen hadde en felles betingelse, de er eiere av et eller flere bygg. Andre karakteristikk som segmenterte og grupperte kunden av nærvarmesentral kan være offentlig eller privat kunder, forskjellige kontraktsforhold, porteføljestørrelse av byggeier, samt type virksomhet. Med kontraktsforhold forstås det som bygget brukes av eier eller leies ut, noe som er relevant med tanke på prioritering av investeringskostnader. Porteføljestørrelsen, antall bygg som eieren eier, kan påvirkes blant annet av hvor mye kunnskap eieren har til andre energiløsninger.

Lokale energisentraler (LES), vist som LES i Figur 15 under, referer til eksisterende konkurrenter, altså selger siden av lokale varmesentraler. Skillet mellom eksisterende konkurrenter og leverandør i analysen gjort av Naper og Bjørndalen (2010) ble satt til å være leverandør av brensel og mindre deler til varmeproduksjon som rør. Eksisterende LES produsenter og forhandlere rettes mot deler som er av stor betydning for sleve varmesentralen. Eksempler er kjelen, produksjonen av varmen, importen og salg av varmen. I 2010 var det ca 150 store og små selskaper som spilte en rolle i leveringen eller foredlingen av bioenergi ved å produsere, importere, forhandle og/eller være leverandør (Naper & Bjørndalen, 2010, s. 29). De fleste kjelene kom fra land som har lang tradisjon fra mekanisk industri, som for eksempel Østerrike, Danmark og Sverige.

Leverandører er, som nevnt over, kategorisert som de resterende leddene som det er behov i verdikjeden til varmesentralen og produksjonen av varmen. Disse er rådgivere, installatører og brensel leverandører. Brensel leverandører bærer preg av forskjell med tanke på brensel kvalitet, lokal forsyning og ungt marked. Rådgivning har tidligere vært for smalt og dårlig, men med tiden har rådgiveren økt sin kompetanse. Installatører kunne være rørleggere og elektrikere, som har hatt mangel på kompetanse innenfor lokale varmesentraler (Naper & Bjørndalen, 2010).

Konkurrenter i dette tilfelle er de som selger kjeler basert på biobrensel. Dette er internasjonale aktører som vil komme på banen og det var ikke mangelen på eksisterende aktører. Den største barrieren for nye aktører er mangel på kunnskap (Naper & Bjørndalen, 2010).

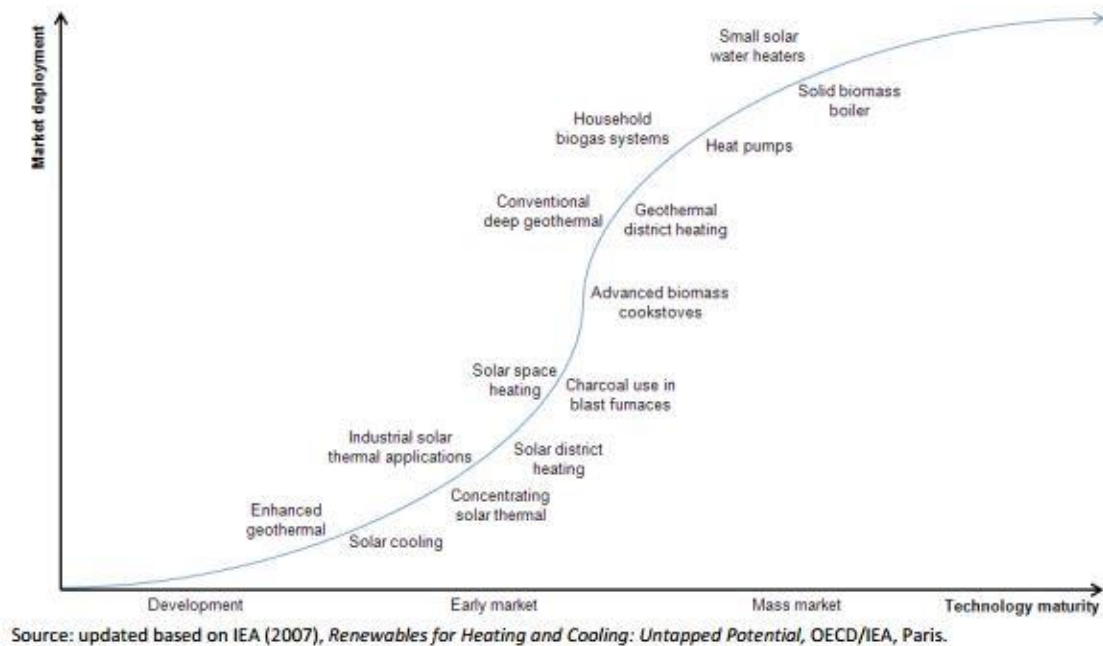
Substitutter til varmesentraler kan være naturgass, fjernvarme, strøm, propan og fyringsolje. Sett fra biobrenselsiden er det antatt at varmesentraler som går på solfangere og varmepumper også er substitutter (Naper & Bjørndalen, 2010).



Figur 15: Oppsummering av markedsanalysen til lokale energi sentraler (Naper & Bjørndalen, 2010, s. 44)

2.1.6 Modenhet til varmeteknologi

Figur 16 viser tilstanden for markedsutvikling av teknologier som bruker fornybar energi til oppvarming og kjøling i verdensmarkedet per 2014. Som man kan se fra Figur 16 er kjeler som går på fast biomasse, solid biomass boiler, den teknologien som har modnet mest og er en del av det store markedet, vist lengst til høyre for x-aksen. Fra figuren er det også mulig å se hvordan utviklingen er for andre energiteknologier (Eisentraut & Brown, 2014, s. 20).



Figur 16: Modenhet i teknologier som bruker fornybar energi kilde til oppvarming og kjøling (Eisentraut & Brown, 2014, s. 20)

2.2 Markedet fremover

I Norge er det et stort potensial for bruk av biobrensel i form av skog. I stortingsmelding 25 (2016) om regjeringens energipolitikk frem mot 2030, blir det skrevet at «det tekniske potensialet for å høste mer bioenergi og bruke mer bioenergi er stort» (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 168).

For å få en forståelse for potensialet til bioenergi til oppvarming ble det undersøkt hvordan fremtiden kan endres, hva potensialet til bioenergi var som energikilde, og hvordan biobrenselet vil bli på virket i forhold til markedsandeler. Dette ble gjort ved å se på tidligere arbeid fra andre rapporter, samt stortingsmeldinger og internettsiden fornybar.no. Til slutt blir det oppramsing av hvordan forskjellige kjennere tror fremtiden til bioenergi vil bli.

2.2.1 Påvirkningskrefter generelt

Historisk sett har økonomisk vekst vært en drivkraft i økningen av energibehov og dermed klimagasser. Denne koblingen er blitt svakere (Enova, 2016b, s. 8). En annen faktor som påvirker mengden energi det er behov for er prisen på energien. Dette med tanke på at lave energipriser gir svakere insentiv til energieffektivisering, ettersom lønnsomheten går ned (Enova, 2016b, s. 9). Hvilke energikilde som velges kan endres gjennom blant annet politiske rammevilkår som for eksempel Paris-avtalen. En kort oppsummering av virkemidler for endring i valg av energi og energibehov er vist i Tabell 2 under.

Tabell 2: Virkemidler for endring i energimarkedet

Fellesbetegnelse	Virkemidler
Politiske rammevilkår	Lover, internasjonal handelsforhold, støtteordninger, CO ₂ avgifter, CO ₂ -avgifter, innmattingstariffer
Økonomisk utvikling og finansielle forhold	Befolkningsvekst, energi behov
Utvikling i energimarkedet	Priser på energikilde, teknologi

Støtteordninger gjennom Enova og Innovasjon Norge som subsidierer for eksempel investeringskostnader (Fornybar.No, 2016e), er en faktor biobrenselforbruk er sårbar mot (Melbye et al., 2014, s. 44). Til tross for at biobrenselprosjekter i noen tilfeller leverer 40% lavere resultat enn forventet da prosjektene ble satt i gang, er det fremdeles et av hovedmålene til Enova (Enova, 2016a, s. 47). Dette kommer også frem i November 2016 da regjeringen lanserte sin Bioøkonomistrategi som viser at regjeringen vil fortsette å satse på bioenergi gjennom Bioenergiprogrammet og Enova (Nærings- Og Fiskeridepartementet, 2016, s. 10).

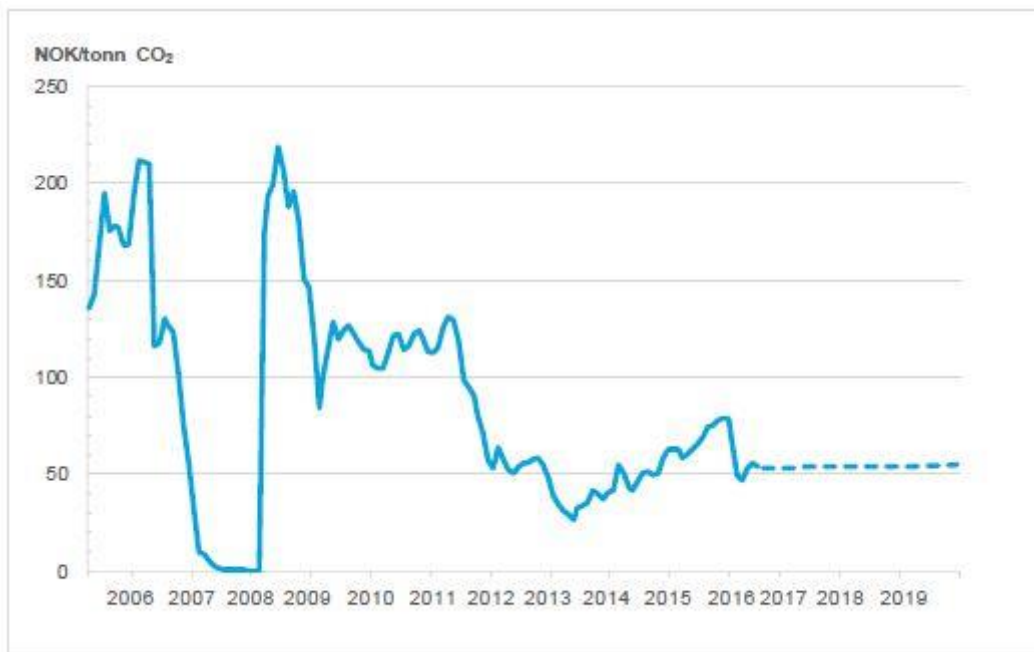
Lover i form av for eksempel utslippskrav er en måte å regulere typen energikilde valgt og mengden brukt. Strengere utslippskrav for mellomstore biobrenselanlegg fører til at anlegg må investere i dyrere renseanlegg. Dette er noe biobrenselanlegg er følsomme mot, og som kan føre til at slike anlegg ikke vil realiseres på grunn av manglende lønnsomhet. Dette basert på høringsvar (Kristensen, 2016). På den annen side er avgifter en faktor som kan påvirke utslipp. Dette er for eksempel vist gjennom at NO_x utslippene har gått kraftig ned siden innføring av avgiften i 2007 (Nho, 2016).

Krav som zero emission buildings (ZEB) kan føre til at biobrenselandelen øker, i tillegg til restriksjoner for bruk av visse energikilder. Ledig kapasitet på råvarer er en kraft som påvirker pris og dermed valget av energi. I tillegg er Norge og de nordiske landene sende sterke signaler til det globale samfunnet om at de ambisiøse målene til Paris-avtalen er oppnåelige (International Energy Agency & Ner, 2016, s. 12).

En annen faktor som kan påvirke energimarkedet er prisen på CO₂-kvoter. CO₂-kvote, også kalt klimakvoter, handler om tillatelse til å slippe ut klimagasser. Prisen på kvotene er regulert på lik måte som en børs, det vil si avhengig av tilbud og etterspørsel av kvotene som er i omløp. I Norge er det fastlandsindustrien, olje- og gassvirksomheten og luftfart som er pliktig til å kjøpe kvoter. Fastlandsindustrien som er kvoteplikt inkluderer energianlegg er over 20 MW

(Miljødirektoratet, 2017b), og fjernvarme. Treforedlingsindustrien er også kvotepliktig (Miljødirektoratet, 2017c), hvor flis er et biprodukt av denne næringen.

Det var et fall i pris av CO₂-kvoter mellom 2011 til midten av 2013, og prisen har stabilisert seg på et lavt nivå. Det vil si at det ikke koster mye å slippe ut CO₂. I følge Enova (2016b, s. 10) forventes det at kvoteprisen vil holde seg lav fremover, slik som sett fra Figur 17. Dette kan føre til at det fortsatt vil være billig å slipp ut CO₂.



Figur 17: Historiske priser og forventede priser på CO₂-kvoter (Enova, 2016b, s. 10)

CO₂-kvoter er sett i sammenheng med CO₂-avgifter. Det vil si at industri som er kvotepliktig, skal i hovedsak unngå å betale CO₂-avgifter, slik at de ikke må betale dobbelt opp (Miljødirektoratet, 2017b). CO₂-avgiften, sammen med CO₂-kvoter, er et av de viktigste virkemidlene i Norges klimapolitikk. I 2016 var 80 % av Norges industri pliktig til å betale for CO₂-kvoter eller CO₂-avgifter. CO₂-avgifter pålegges i hovedsak bedrifter som ikke er kvotepliktig (Miljødirektoratet, 2017a). CO₂-avgifter kan variere fra 29 kr per tonn CO₂-ekvivalenter til 430 kr per tonn CO₂-ekvivalenter. CO₂-avgifter er mer forutsigbare enn CO₂-kvoter, siden avgiften er fastsatt i motsetning til kvotene som bestemmes av markedet.

De andre miljøgassene som ikke er CO₂, men som også påvirker klimaet, er regnet om til CO₂-verdier som kalles for CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2017a). Disse «nye» CO₂ utslippene kan da bli tatt med i CO₂-kvoten.

2.2.2 Påvirkningskraft av brenselspris på markedsandeler

En måte å gjøre et anslag av hvordan markedet vil bli i fremtiden, er å se på hvordan de forskjellige markedsandelene vil endres. Dette er nærmere utredet i en rapport utarbeidet av Xrgia for Enova som ser på «Potensial for fornybar varme og kjøling i 2020 og 2030» (Havskjold, Lislebø, Langseth & Ingeberg, 2011). For en grundigere oppfatning anbefales det å lese rapporten, siden det bare nevnes de mest vesentlig forutsetningene og deler av resultatene her.

For å gjøre et anslag av hvordan markedsandelene vil bli i fremtiden er det blitt gjort noen forutsetninger. Det er antatt en økning i oppvarmet areal på 30 prosent fra 2008 til 2030, på nasjonalt nivå. I 2020 er 40 prosent av bygningsmassen i eksisterende bygg ikke rehabilitert, mens det er 12 prosent i 2030 (Havskjold et al., 2011).

Det antas at i fremtiden vil energirammene strammes inn slik at både det spesifikke og totale energibehovet synker. Energibehovet er beskrevet som produkt av totalt areal og spesifikt energibehov. Det spesifikke energibehovet er avhengig av kvaliteten på bygget, og bruken av bygget (Havskjold et al., 2011).

En annen forutsetning er at det ikke er tillatt å bruke panelovner i 2020. At det skal være tilfelle allerede i 2020 er, som nevnt i rapporten, en streng forutsetning (Havskjold et al., 2011). Alle energikildene har utgangspunkt i forutsetningene over, samt energiprisene som er vist i Tabell 3 under.

Tabell 3: Brensel- og logistikk priser ifølge rapport (Havskjold et al., 2011, s. 61)

Brenseltype	Brensel (Øre/kWh)	Logistikk (Øre/kWh)	Virkningsgrad (%)	Per 2016 – inkludert logistikk (øre/kWh)
Flis	18	1-18	80	20
Pellets, småsekk	43	7-15	85	-
Pellets, bulk	31	1-15	85	28,7
Briketter	31	1-17	85	19,4
Gass	46	Ink. i brenselpris	90	39,04
Lett fyringsolje	58	Ink. i brenselpris	90	60
Elektrisitet	48	8-42	97	62,7
Bioolje	75	Ink. i brenselpris	90	-
Ved	44	Ink. i brenselpris	70	-

Markedspotensialet er definert som å være «den andelen av det tekniske potensialet hvor den gitte teknologien er det rimeligste alternativet, med de forutsetninger som er lagt til grunn» (Havskjold et al., 2011, s. 48). Resultatet fra rapporten viser at fornybare løsninger vinner markedsandeler i fremtiden. Det vil være størst potensialet for økning av fornybarandelen i lokal punktoppvarming i boliger. Dette er kanskje ikke så uforutsigbart siden det er noe som må erstatte de «ulovlige» panelovnene (Havskjold et al., 2011).

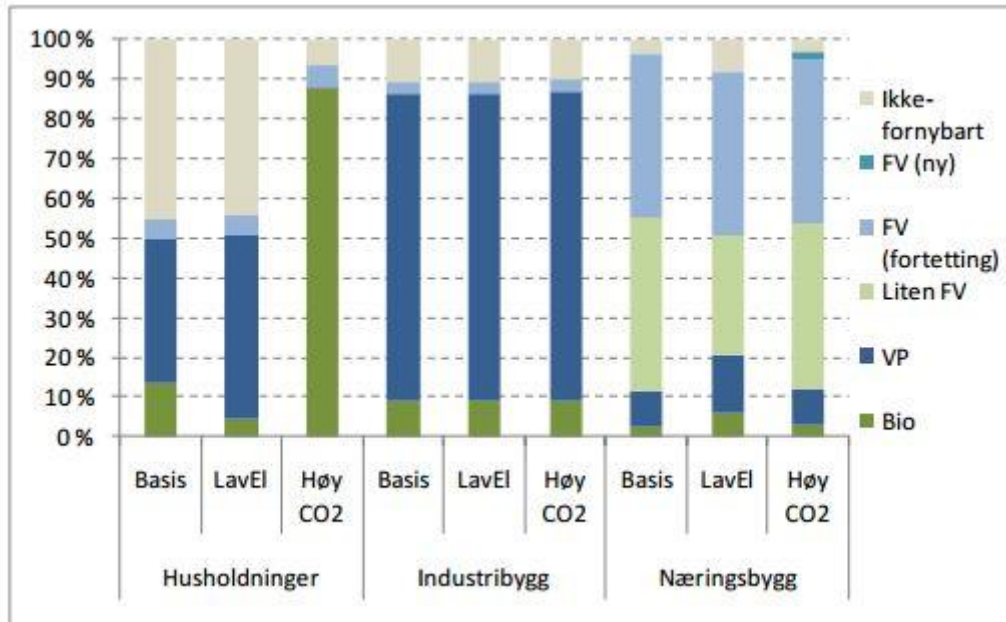
Figur 18 og Figur 19 viser energikildenes fremtidige markedsandeler. Basis viser resultatet ut fra forutsetningene beskrevet over. De resterende punktene, LavEL og HøyCO2 ser på hvor sensitive brensel prisene er i forhold til markedsandeler. Lav El er når prisen på elektrisitet synker med 30% fra basiscaset til rapporten, mens Høy CO2 er når prisen på olje, gass og elektrisitet øker med 30% (Havskjold et al., 2011).

Figurene viser også hvor usikre slike framskrivninger og fremtiden er, noe som igjen må tas i betraktning i tolkningen av resultatet. Bio og VP er bioenergi som ved og pellets, mens VP er varmpumpe. Begge disse vil være punktoppvarming for en bolig, mens liten FV er nærvarme som betjener mer enn en bolig, hvor det er antatt at bioenergi i form av flis er grunnlast. (Havskjold et al., 2011) Grunnlast forklares nærmere i delkapittel 3.1.

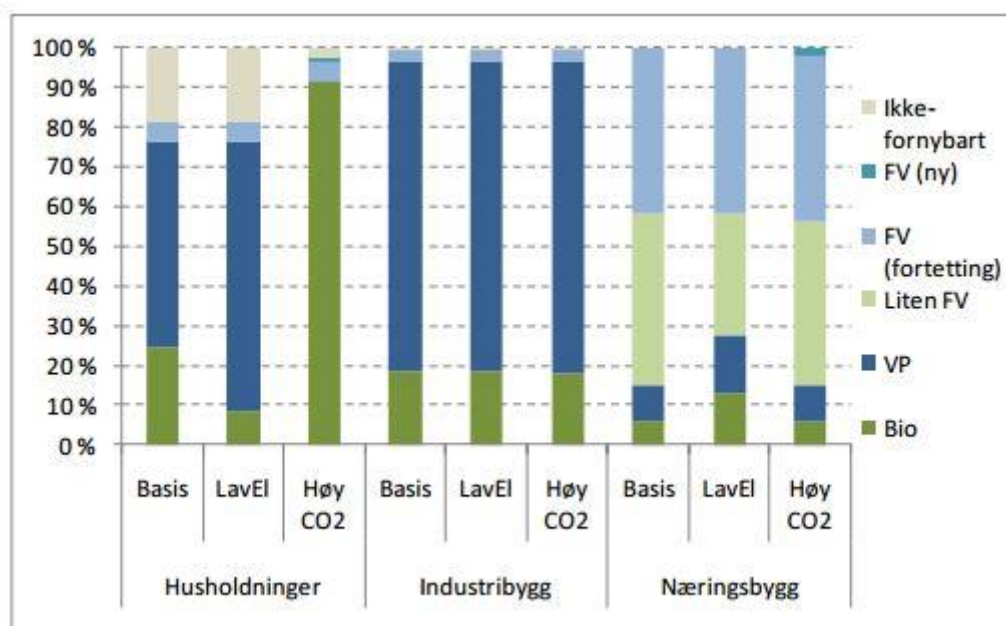
Begge Figur 18 og Figur 19 viser at det vil være en betydelig endring i markedsandeler for bioenergi i husholdninger om prisen på elektrisitet, olje og gass stiger. Grunnen til at bioenergi vil dekke en så stor andel av energibehovet ved høy CO2, er at det vil være billigere enn fyring med olje- og gasskjeler eller luft- til- luft varmpumper. Det vil derimot skje det motsatte med Lav EL som fører til at den billige elektrisiteten tar en større markedsandel av energibehovet, fordi det da vil bli billigere å ta i bruk varmpumper.

Når det kommer til hvordan markedsandelen i industri- og næringsbygg vil endres i fremtiden på grunn av pris er mindre merkbart. Det vil si de er mer robuste til prisendringer generelt. Endringen i bioenergi i form av ved er lav i industri- og næringsbygg siden det ifølge Havskjold et. al (2011, s. 44) kun er tiltatt å bruke ved i husholdninger. Industribygg er ikke påvirket av prisreduksjon i elektrisitet, LavEL, siden varmpumper er den største og vinnende energikilden i basis situasjonen. Dette fører til at varmpumper ikke tar en større andel, til tross for prisreduksjonen. På den annen side, med en økning i elektrisitetspriser er det heller ingen endring. Dette kan tyde på at kostnadene til de andre energikildene er såpass høye at selv om elektrisitets prisene stiger med 30%, vil varmpumpe løsningen være billigere. Næringsbygg er hovedsakelig knyttet av oppvarming med felles knutepunkt, liten fjernvarme og FV. Med en

reduksjon i el-, olje- og gasspriser tar punktoppvarming med varmpumpe og ved en større andel av den kollektive løsningen. Ved Høye CO2 kommer ny fjernvarme (FV) inn som oppvarming. Ny FV vil si der fjernvarme ikke er etablert eller konsesjonssøkt.



Figur 18: Endring i markedsandeler ved ulike brenselpriser i 2020 (Havskjold et al., 2011, s. 44)



Figur 19: Endring i markedsandeler ved ulike scenarioer for brenselpriser i 2030 (Havskjold et al., 2011, s. 45)

Kostnadene som er utgangspunktet for beregningen, er delvis like kostnadene fra 2016. Disse er hentet fra Energirapporter fra 2016 (Tekniske Nyheter, 2017a) og er utgangspunktet for deler av analysen. Det kan derfor antas at markedsendringen vil være gjeldene, men vil ikke bli tatt med i analysen utover det som er kommentert i dette kapitlet.

2.2.3 Tilgjengelig brensel og teknisk potensial

For at bioenergi skal ta større del i markedet må det være tilgjengelig brensel. Dette blir sett på i følgende delkapittel. Biobrensel i dette delkapittelet refereres til som ressurser som kommer fra skog og ikke avfall.

I følge Melbye et al. (2014) på oppdrag fra Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) er biobrensel «den eneste karbonbaserte fornybare energikilden vi kjenner i dag som direkte kan erstatte fossile energikilder» (Melbye et al., 2014, s. 58). Det kommer fram av Melbye et al. (2014) at et teoretisk ressurspotensial, altså maksimalt uttak uten økonomiske eller miljømessige restriksjoner av energi, er på rundt 18,5 TWh per år; mens det realistiske ressurspotensialet til energiuttak ligger på cirka 17 TWh per år. Realistisk vil da være det uttaket som kan gjøres på en bærekraftig og økonomisk måte. Det vill ikke være økonomisk eller bærekraftig gunstig å ta ut hele ressurspotensialet. Dette er fordi mye av skogen i Norge vokser i bratt terreng, som fører til høye kostnader ved uttak.



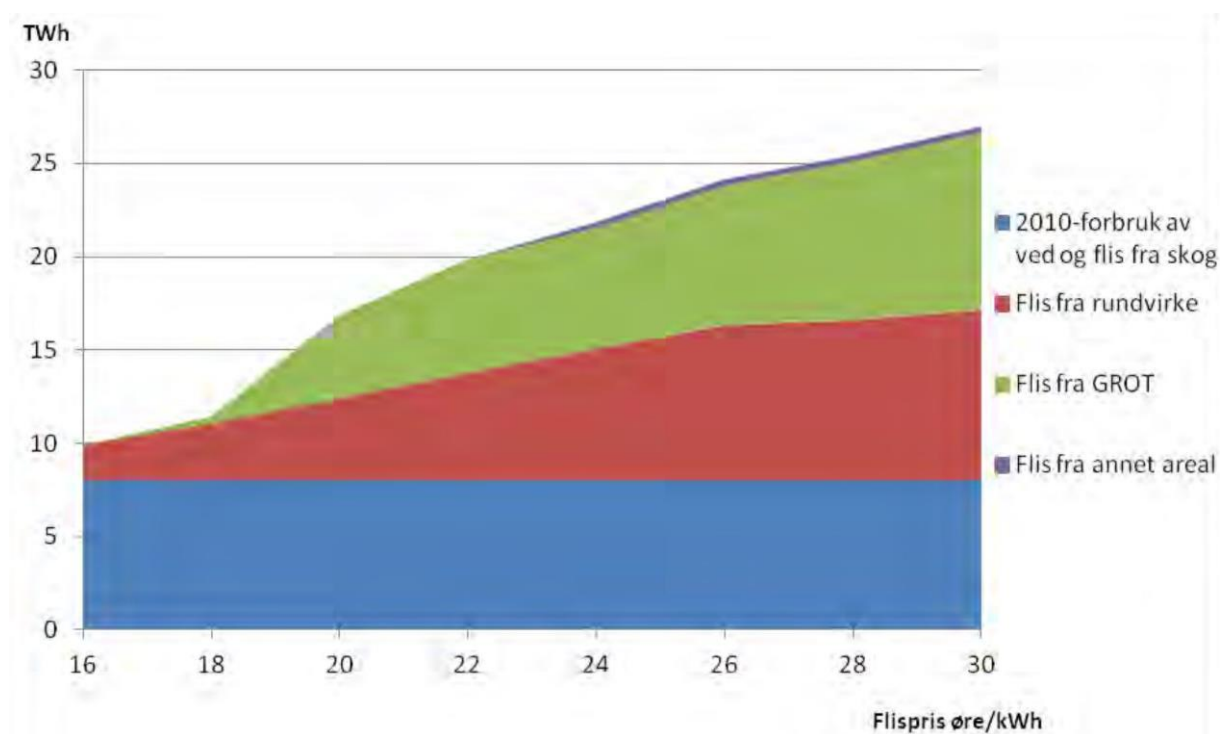
Figur 20: Årlig tilvekst, balansekvantum og ubrukt potensial (Avinor, Sas, Norwegian & Nho Luffart, 2013, s. 10)

Med bærekraftig menes den mengden skog som kan fjernes uten at det vil føre til en reduksjon av skog i fremtiden. Dette er også kalt balansekvantum. Figur 20 over viser hvor mye tilvekst av skog det var i 2012, hvor mye som ble fjernet og hvor mye som ble igjen. Tallene er basert på tilveksten og uttaket i 2012, på et nasjonalt nivå (Avinor et al., 2013). Ut fra figuren ser man at det er et stort ubrukt potensial. Dette er også tilfelle i senere tid der tall fra Statistisk Sentralbyrå (2016a) viser at tilveksten av skog har hatt en økning fra 2010 til 2015, som tyder på at det er mindre skog en balansekvantumet som tas ut.

Flismarkedet er relativt umodent, i forhold til for eksempel tømmer som er bestemt av tilbud og etterspørsel. Det vil si at markedet har en mindre transparent prisdannelse (Bergseng, Eid, Rørstad & Trømborg, 2012; Melbye et al., 2014, s. 3, IV). Til tross for dette er det gjort et

anslag på hvor mye flis som vil bli utnyttet til energiformål med forskjellige energikostnader i 2020. Dette er vist i Figur 21. Det blå området viser forbruket av rundvirke i 2010, mens den røde regionen viser potensialet til en økning flis fra GROT. Den lilla delen viser flis fra annet areal. Her er det forutsatt at rundvirken har en pris elasticitet på 1%, og at forholdet mellom sagtømmer og massevirke er konstant. Det vil si at ikke alt uttaket går til energiformål. Med økt sagbruk og massevirke vil også avfallet stige (Bergseng et al., 2012; Melbye et al., 2014, s. 3, IV) .

16 øre/kWh tilsvarer et avvirkningsnivå på 12millioer m³ (Bergseng et al., 2012, s. 10). En utnyttelse av balansekvantumet på omtrent 17 millioner m³ vil føre til 27 TWh med en flispris til 30 øre/kWh. Utgangspunktet for bioenergi er hogstavfall av rundevirke med lav kvalitet, mens om det blir en nedgang i prisen fra treforedlingsindustrien, kan det hende massevirken heller går til energiformål (Bergseng et al., 2012, s. 7).



Figur 21: Tilbudskurve for skogflis til energiformål i 2020 for ulike flispriser levert anlegg (Bergseng et al., 2012, s. 10)

Når skogen avvikles til tømmer, vil store deler av tremassen som går tapt i form av greiner, topper og bark. Disse delene utgjør en betydelig mengde og blir for det meste liggende igjen i skogen. Dette er en ressurs som kan utnyttes til å lage flis (Nærings- Og Fiskeridepartementet, 2016, s. 48). Samtidig er det registrert liggende død ved beregnet til å være 16% av skogarealet (Statistisk Sentralbyrå, 2016a). Dette er også ressurser som går tapt.

2.2.3.1 Tilgjengelig potensialet for biobrensel i Rogaland

Det var ønskelig å se på hvor mye tilvekst av skog det var tilgjengelig i Rogaland, siden det er det området caset som forklares i delkapittel 5.1 ligger. Andreassen, Eriksen, Tomter og Granhus (2013) takserte skogarealet i Rogaland Fylke fra 2009 til 2012. Mer oppdatert statistikk er tilgjengelig av Statistisk Sentralbyrå (2016a) sine sider, fra 2011 til 2015. Her kommer derimot statistikken for Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal under ett. Det ble derfor valgt å bruke Andreassen et al. (2013) i stedet for tall fra Statistisk Sentralbyrå (2016a) for å gjøre et grovt overslag av tilgjengelig brensel til fyring. Andreassen et al. (2013) viser at tilveksten øker. I tillegg øker antall m³ skog i eldre klasser. Skogen eldes med andre ord, og hogges ikke ned.

Et grovt anslag av ressurspotensialet er vist i Tabell 4 under. Brennverdien er beregnet med et gjennomsnitt av stammeved, innerbark, yttrebrak, stubbeved, ved i gran, nåler/bladverk. Det er også brukt den gjennomsnittlige tettheten til de forskjellige delene av treet, stammeved, heltre, bark, topp med nåler og topp uten nåler (Filbakk, Heyerdahl & Gjølsjø, 2014). For enkelhets skyld er lauvtrær satt til å være bjørkeskog, dette fordi 30 prosentpoeng av lauvtreskogen er bjørk (Andreassen et al., 2013, s. IV). Nedre brennverdi forklares mer i dybde i delkapittel 3.2.

Tabell 4: Tilvekst i Rogaland, grovt anslag av energien tilgjengelig (Andreassen et al., 2013, s. 21; Filbakk et al., 2014)

	Volum (m ³ /år)	Prosent (%)	Tetthet (kg/m ³)	Nedre brennverdi (kWh/kg)	Energi potensial (kWh)
Gran	256 000	51	416	5,39	574 013 440
Furu	115 000	23	395	5,66	257 105 500
Lauvtrær (bjørk)	133 000	26	526,25	5,83	408 048 987
Sum	504 000	100			831 118 940

Sett fra tabellen står tilveksten i Rogaland for en liten del av tilveksten på landsbasis, rundt 1%. Det er for øvrig Østfold, Akershus, Oslo og Hedmark som står for den største delen. Disse fylkene har rundt 28% av årlig tilvekst på landsbasis i årene fra 2011-2015 (Statistisk Sentralbyrå, 2016a).

Fra Energibalansen i 2011 tilsvarte energibruken i bygg om lag 80 TWh i hele Norge (Abrahamsen, Bergh & Fedoryshyn, 2013, s. 11), og i 2014 var energibruken i husholdninger på 45 TWh (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 23). Av de 45 TWh sto biobrensel for om

lag 5,3 TWh av energibruken. I hovedsak er dette bruk av ved, med mindre innslag av energikilde som pellets og bioolje.

Tilveksten av skog som kom i Rogaland i 2012, ville dekket en liten del av det totale energi behovet i bygg på nasjonalt nivå, rundt 1%. Med tanke på at Rogaland var og er en av de mer tettbygde delene av landet, er det usannsynlig at den ene prosenten av energibehovet er nok til å dekke energibehovet til bygg i Rogaland.

2.2.4 Forventede endringer

Politiske rammer og støtteordninger er en viktig påvirkningsfaktor som kan endre energimarkedet i fremtiden. En oppsummering av hvordan utvalgte stortingsmeldinger, Enova, NVE og IEA ser for seg fremtiden til biobrenselanlegg og bioenergi er oppramset her.

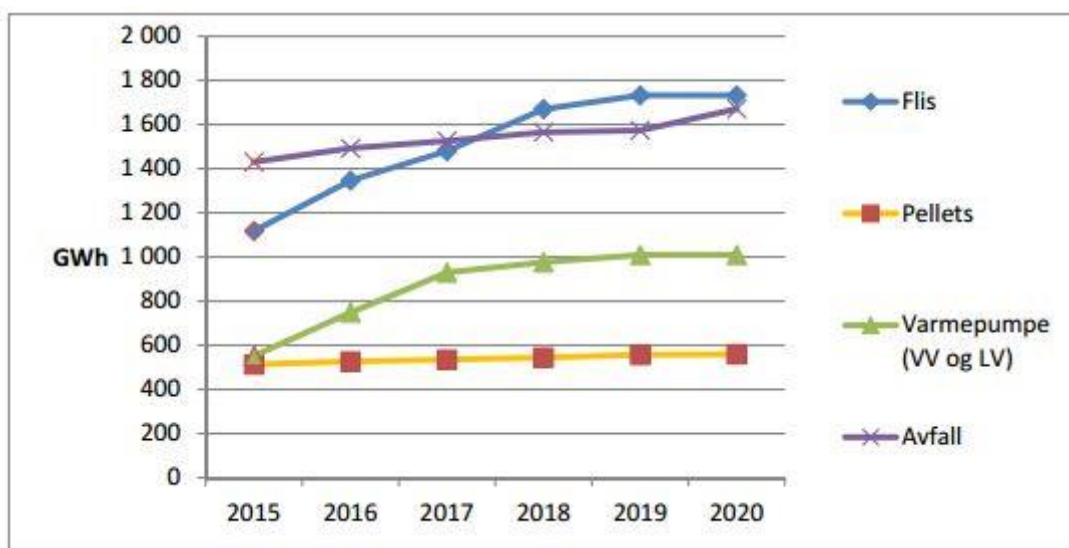
Som nevnt tidligere har Stortingsmelding 34 (2006-2007) (2007) som mål å øke utbygging av bioenergi med inntil 14TWh per år innen 2020. Dette sammenlignet med 2006 sitt nivå på 14,5 TWh. I 2012 utgjorde bioenergi 18,1 TWh (Melbye et al., 2014, s. XIII). I stortingsmelding 11 (2016- 2017) (2017, s. 15) Endring og utvikling- en fremtidsrettet jordbruksproduksjon forventes det en økning i biobrenselsproduksjonen. Miljødepartementet (2015, s. 48) anslår en økning i bruken av fast biobrensel på 1,6 TWh i året innen 2030, dette beregnet ut fra nivået i 2015.

Når det kommer spesifikt til flis, ifølge Nærings- og Fiskeridepartementet (2016, s. 10), forventes det liten eller ingen vekst av den typen bioenergiproduksjon. På den annen side, som nevnt tidligere, vil det være eksisterende anlegg som går på biobrensel, som tilsier at behovet for flis vil være relevant i årene fremover (Kristensen, 2016).

Som oppfølging av Stortingsmelding 34 (2006-2007) (2007) Norsk Klimapolitikk, ble det lagt frem en rapport med navnet «Klimakur 2020» (Nve, Oljedirektoratet, Statens Vegvesen, Statistisk Sentralbyrå & Klima- Og Forurensningsdirektoratet, 2010) som skulle danne grunnlaget for en vurdering av klimapolitikken til Stortinget samt behovet for endringer av virkemidler som brukes. Den tar for seg flere «menyer», altså virkemidler, som Stortinget kan ta i bruk for å nå målene fra Stortingsmelding 34 (2007). I alle menyene er det en økning i biobrensel. Inkludert i bioenergi økningene er det et behov for opptil 6 TWh flis (Nve et al., 2010, s. 16), pellets eller ved til erstatning for fyringsolje brukt i industri og bygg i dag.

NVE (2016a) antar at det er store deler av elektrisitet til oppvarming skal erstattes med andre energikilder. Det er en av grunnene til at det kan antas at deler av oppvarmingen vil skje med blant annet biobrensel.

Enova (2015, s. 3) antar at det vil være en økning i nærvarmeløsninger og utveksling av energi mellom bygg innenfor begrensede områder. Her har da lokale energisentraler som går på bioenergi potensial til å bidra. Enova (2015) forventer en termisk leveranse slik som representert i Figur 22 under. Tallene er basert på sluttdato for allerede inngåtte tilsagn fra Enova (2015, s. 6). Her ser man at det vil være en økning bruken av flis. Dette kan føre til lavere fliskostnader.



Figur 22: Forventet årlig fornybar termisk leveranse for Enova-støttede prosjekter mot 2020, fordelt på ulike energikilder (Enova, 2015, s. 6)

I Enovas årsrapport (2016a, s. 78) skrives det derimot at de ser for seg at det i det korte løpet vil være en «utflating, eller forsiktig vekst» i bruken av bioenergi. Dette er fordi de ser for seg at det vil være lave strømpriser fremover som fører til anstrengt lønnsomhet for bioenergi prosjekter.

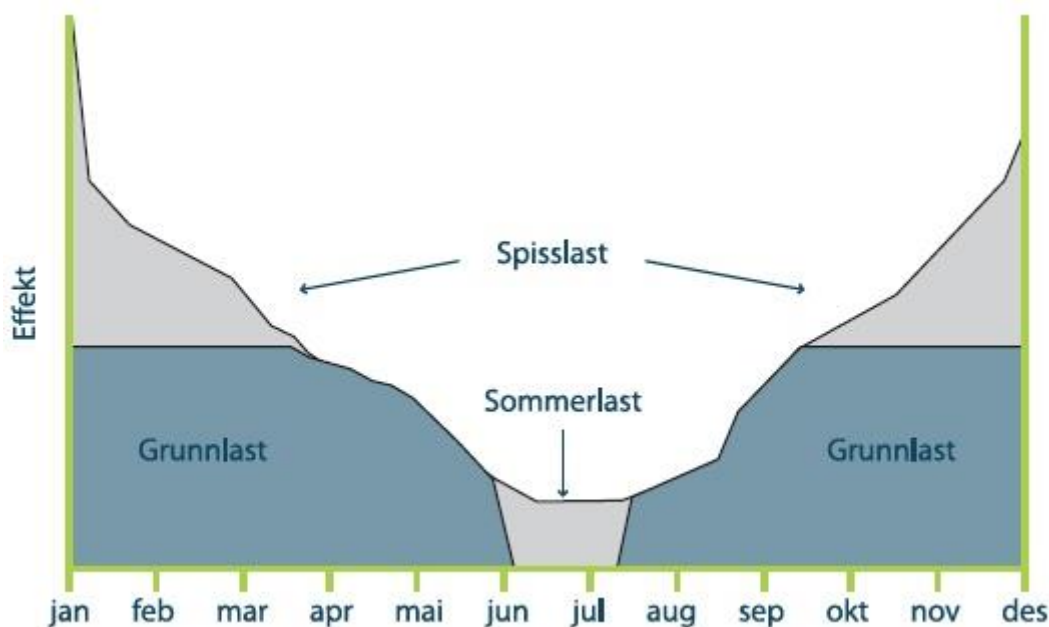
I samme rapport formidler Enova (2016a, s. 78) at de har grunn til å tro at med innføring av restriksjoner mot fossil oppvarming vil andelen bioenergi som går til fjernvarme og energisentraler øke. De skriver også at ny teknologi og innovasjon rettet mot fjernvarme vil være viktig fremover. Slik satsing kan føre til at bioenergi vil være mer konkurransedyktig og vil således være med på å øke etterspørselen mot lavutslippssamfunnet.

3 Teknisk teori

Noe teknisk teori er gunstig å ha i tankene når det kommer til sammenligning av andre energikilder med bioenergianlegg. Derfor vil noe av den tekniske teorien relatert til biobrenselanlegg presenteres her, mens annet vil bli utelatt.

3.1 Dimensjonering

Som regel vil en biokjel som er dimensjonert til å dekke 40-60% av det maksimale effektbehovet, kunne dekke 90% av energibehovet (Arnold et al., 2011, s. 29). Dette tilsvarer grunnlasten (Sidelnikova et al., 2015, s. 14). Figur 23 viser hvordan grunnlasten og spisslasten fordeler seg over året, i forhold til effekten. Om sommeren trengs det en lavere effekt enn det som trengs om vinteren, hvor det ofte er behov for mer oppvarming.



Figur 23: Grunnlast, spisslast og sommerlast (Fornybar.No, 2016f)

I følge Sidelnikova et al. (2015, s. 139), er større varmesentraler, fjernvarme og lignende, gjerne dimensjonert slik at maksimalt effektbehov kan dekkes med største kjelenhet ute av drift. Dette er kaldt N-1 kriteriet. N-1 kriteriet vil si at hvis en av enhetene er ute av drift, vil de resterende enhetene kunne dekke behovet (Selfors & Bølling, 2011, s. 5). Dette er vanligvis løst ved at anlegget benytter to eller flere energikilder (Sidelnikova et al., 2015, s. 139). Eksempelvis kan det benyttes en kjel som driftes av fast biobrensel, som også er koblet til en akkumulatortank som inneholdt en el-kolbe. Bruken av en elkjel og varmepumpe vil da ikke dekke N-1 behovet. Dette er fordi strøm er energikilde til begge teknologiene.

For å utnytte energien på best mulig måte er det viktig at utstyret har en stor varmeoverføringsflate, for å åpne god røykavkjøling. Forbrenningskammeret og annet utstyr som luftdyser må være konstruert med materialer som tåler de høye temperaturene som oppstår (Anonym Produsent, 2013).

3.2 Brensel

En viktig del av et biobrenselanlegg er selve biobrenselet. Brenselet kan forekomme i 3 forskjellige faser, slik som vist i Tabell 5 under.

Tabell 5: Faser til biobrensel (Arnold et al., 2011, s. 13)

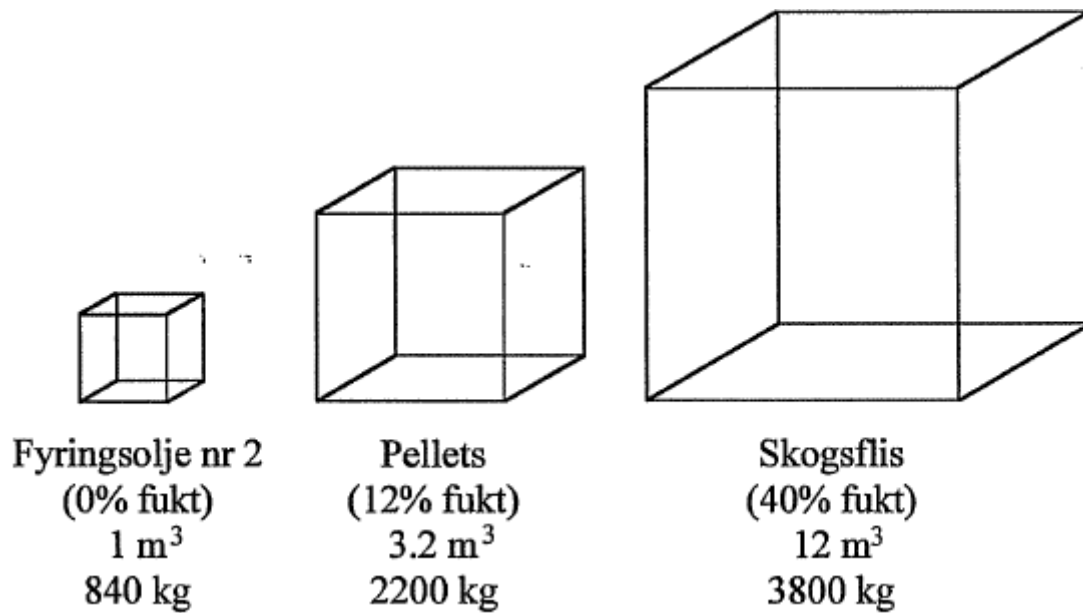
Fase/form	Typer
Fast	Ved, pellets, halm, flis, briketter
Flytende	Etanol, biodiesel, bioolje
Gas	Biogass, deponigass

Store biobrenselanlegg, over 1MW, har muligheten til å brenne skogavfall og våt flis, mens mindre pelletskamner bare kan bruke standardiserte pellets. En faktor som er varierende for de forskjellige brenslene er fuktighetsinnholdet. Typisk fuktighetsnivå til de forskjellige typer faste biobrensler er oppsummert i Tabell 6 under (Norsk Standard, 2014, s. 53).

Tabell 6: Fuktighetsinnhold til forskjellige biobrensler (Norsk Standard, 2014, s. 53)

Typer fast brensel	Fuktighetsinnhold
Pellet og briketter	10%
Langtidstørket, naturtørket ved og flis	25%
Råflis med noe innblanding av f.eks flis fra sesongen lageret (skogslageret) trevirke, eller annen tørrere biomasse	40%

Det sies at jo mer bearbeidet brenselet er, jo mer forutsigbar blir forbrenningen. Samtidig stiger prisen. På den annen side, jo mindre bearbeidet brenselet er, jo høyere blir investeringskostnadene for kjelen og transportkostnader (Havellen, 2004). Dette kan sees fra Figur 24 som insinuerer at det trengs mye større volum for å oppnå samme energiinnhold ved bruk av skog enn ved bruk av fyringsolje. Dette fører til, som nevnt, at transportkostnaden blir høyere for skogsflis enn for fyringsolje.



Figur 24: Energiinnhold i forhold til tetthet (Fornybar.No, 2016d)

Når det kommer til energiinnholdet i brenselet kan den refereres til som brennverdi. Brennverdi er «den mengde energi som frigjøres når et materiale brenner fullstendig opp» (Filbakk et al., 2014). Det er tre typer brennverdi, øvre, nedre og effektiv. All biomasse inneholder hydrogen, og når hydrogenet brenner dannes det vann. Det vil si at selv om treverket er helt tørt, vil det være damp i røykgassen. Øvre brennverdi er den mengden energi som måles når alle gassene som dannes ved brenning, kjøles ned til romtemperatur. Dette vil si at all energien nyttiggjøres ved at man får tilbake fordampningsvarmen fra vanddampen. Nedre brennverdi er den energimengden som måles når ovnen slipper ut gasser som inneholder vannet som dannes ved brenning. Det vil si ikke all varmen er utnyttet. Øvre og nedre brennverdi er målt på bakgrunn av at trevirke er helt tørt, men i praksis vil det alltid være noe fuktighet i treverket. Effektiv brennverdi tar høyde for dette. Effektiv brennverdi tar hensyn til det vannet som omdannes ved brenning av treverket og den «ekstra/tilførte» fuktigheten (Filbakk et al., 2014) Med et høyere fuktinnhold går større deler av varmeenergien til å fordampning av vannet i biobrenselet (Havellen, 2004) . I denne oppgaven vil det fokuseres på effektiv brennverdi (Filbakk et al., 2014), hvis ikke annet spesifiseres.

Tabell 7 viser brennverdier til forskjellige typer faste biobrensel, samt andre energikilder. Her, slik som i Figur 24, kommer det frem at andre fossile kilder har høyere energiinnhold enn alle de faste biobrenslene.

Tabell 7: Energiinnhold brensel (Sidelnikova et al., 2015, s. 38)

Brensel	Enhet		Energiinnhold (kWh/kg)
Tørr flis < 10% fuktighet	kWh/kg	4,60	4,60
Skogflis, 35% fuktighet	kWh/kg	3,10	3,10
Skogflis, 50% fuktighet	kWh/kg	2,33	2,33
GROT 55 % fuktighet	kWh/kg	2,22	2,22
Pellets, 10% fuktighet	kWh/kg	4,67	4,67
Avfall	kWh/kg	2,92	2,92
Bioolje	kWh/liter	8,97	8,97
Kull	kWh/kg	6,69	6,69
Lettolje	kWh/liter	11,33	13,48
Naturgass	kWh/Sm ³	9,83	11,57
LPG	kWh/kg	12,78	12,78
Kjernebrensel (uran)	MWh/kg	115	155 000

Brenselets volum kan betegnes på to måter. Enten i fast (fm³) eller løst (lm³) volum. Fast volum tar ikke hensyn til luftens volum, mens løst volum tar hensyn til luft som for eksempel volumet etter flising (Norsk Gartnerforbund, 2014, s. 2). I denne oppgaven vil det være løst volum som vil bli anvendt, hvis ikke annet er spesifisert.

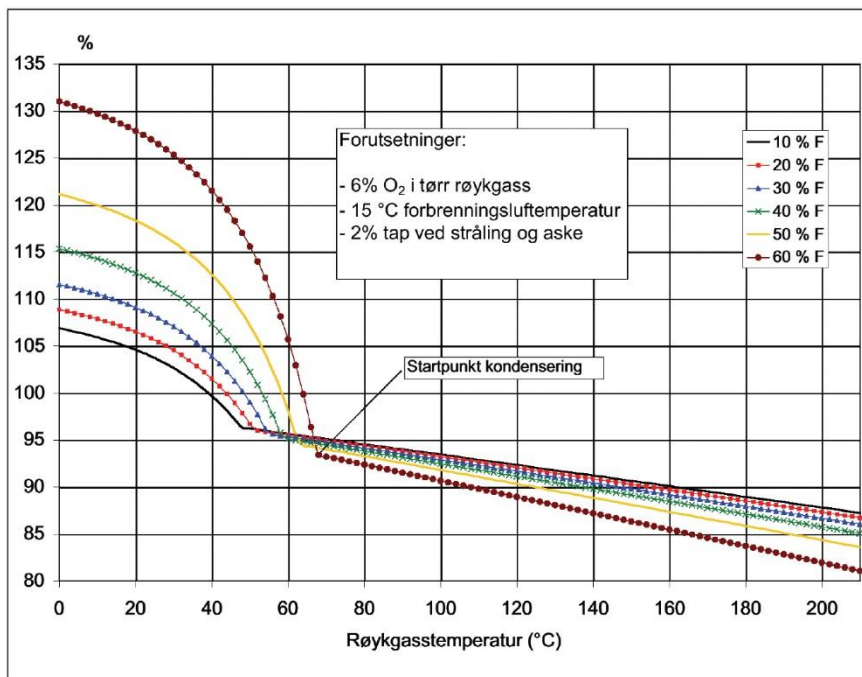
3.3 Virkningsgrad

Virkningsgrader forteller i hvor stor grad energien fra en energikilde kan bli nyttiggjort. Det finnes forskjellige typer virkningsgrad, blant annet systemvirkningsgrad, årsvirkningsgrad og momentanvirkningsgrad. Systemvirkningsgrad viser ifølge NS 3031 «hvor stor del av levert energi til systemet som nyttiggjøres på bruksstedet» (Norsk Standard, 2014, s. 47).

Årsvirkningsgrad tar hensyn til virkningsgraden gjennom året (Sidelnikova et al., 2015, s. 10). Denne virkningsgraden er forholdet mellom anleggets leverte energimengde og hvor mye energi som blir tilført i løpet av året. Det vil si at årsvirkningsgraden tar hensyn til ugunstig drift som start/stopp og lav last. I følg Norsk Bioenergiforening (Arnold et al., 2011, s. 33) blir ofte den årlige virkningsgraden overvurdert. En årsvirkningsgrad på 85% vurderes som god. Momentan virkningsgrad tar ikke hensyn til variasjonen gjennom året (Sidelnikova et al., 2015, s. 11). Dette betyr at årsvirkningsgraden er lavere enn momentan virkningsgrad. Andre faktorer

som kan påvirke virkningsgraden er volumet på akkumulator tanken, samt tur- og returtemperaturer til varmfordelingsanlegget (Arnold et al., 2011, s. 33).

Kondensering av røykgassen fører til muligheten til å øke virkningsgraden til anlegget. Det vil si at anlegget tar i bruk brenselets øvre brennverdi. I følge Soma (2005) blir det brukt ca. 0,7 kWh pr kg vann fordampet. Etter hvert når gassen kjøles, vil ikke gassen klare å holde igjen dampen som fører til en utfelling av vann. Det vil da slippes ut nevnte 0,7 kWh per kg vann. Figur 25 under viser at jo mer fuktig brenset er, jo mer potensial har kondenseringene til å øke virkningsgraden. Det er viktig å merke seg at Figur 25 viser virkningsgraden ved den effektive brennverdien og at det er derfor det er mulig å oppnå en virkningsgrad som er høyere enn 100%. Mengden oksygen påvirker hvor mye CO og NO_x som dannes. Denne dannelsen er lav ved 6% og derfor forutsatt (Rosenberg, 2013).



Figur 25: Virkningsgrad som funksjon av røykgasstemperatur (Soma, 2005)

En annen faktor som påvirker virkningsgraden, er sot som setter seg på haleflatene til kjelen. Dette med tanke på at det dannes ofte mer sot fra biobrensel enn det gjør fra andre energikilder som fyringsolje. Dette reduserer virkningsgraden (Havellen, 2004).

En annen måte å utnytte all energien i brenselet på er ved å ha tilstrekkelig oppholdstid i brannkammeret slik at brenset for tid til å brenne opp. Dette gir muligheten til fullstendig forbrenning. Driftsrutiner som innmating, lufttilførsel og temperatur (800-850 °C) kan også øke forbrenningen av brenselet (Fornybar.No, 2016c).

3.4 Røykavtrekk/rensing av luft

Ved forbrenning av fast biobrensel dannes det utslipp til luften. Disse utslippene er uønsket og kontrolleres til akseptable nivåer ved hjelp av renseløsninger, samt moderne forbrenningsteknologier og metoder. Utslippene innebærer uforbrente gasser og partikler, NO_x, SO₂, støv, tungmetaller og dioksiner (Fornybar.No, 2016b).

NO_x er fellesbetegnelsen for nitrogenoksidene NO og NO₂ (Miljødirektoratet, 2016). Det er disse avgassene som fører til sur nedbør, luftveissykdommer og dannelse av ozon nær jordoverflaten (Nho, u.å.). Det slippes som oftest ut mindre nitrogendioksid ved forbrenning av biobrensel enn ved forbrenning av fossile brensler.

Ved forbrenning av fossile energikilder må CO₂-avgifter betales. Det gjelder ikke for faste biobrensler. NO_x avgifter derimot, betales av kjeler som har en samlet installert innfyrt effekt på mer enn 10 MW (Skatteetaten, 2017). Disse avgiftene ble innført i 2007 (Nho, 2016).

Når det kommer til rensing av røykgassen, kan dette gjøres på forskjellige måter. Avgassene fra rent biobrensel inneholder få skadelige komponenter, og første rensing prosedyre innebærer fjerning av partikler. En måte å fjerne partikler på er bruk av et multisyklonanlegg. Dette innebærer at gassen blir sendt til en sykolon, som utnytter gravitasjonskrefter som da fører til at de tyngre partiklene faller til bunnen av sykolon. Til anlegg som er mindre enn 1 MW stilles det ikke spesielle krav til utslipp, og det brukes vanligvis da Multisyklonanlegg som er beskrevet over. Med strengere krav (utslipp mer enn ca. 150 mg partikler per Nm³) (Fornybar.No, 2016f) må andre metoder tas i bruk. To andre systemer med høyere renseseffekt, er elektrofilter og tekstilfiler. Tekstil filter (også kalt posefilter) er filter som tar i bruk tekstilposer til å samle opp partikler. Etter at partiklene er samlet opp, spyles de av med luft. Den fungerer i prinsippet som en stor støvsuger. Dette filteret fungerer ved å ta i bruk plateformede oppsamlingselektroder forbundet med jord og en trådformet elektrode, påtrykt en likespenning. Denne trådformede elektroden plasseres mellom oppsamlingsplatene. Partiklene i røyken blir tilført negative utladningselektroder og trekkes til oppsamlingselektroden. Oppsamlingselektroden renses ved vibrasjon med jevne mellomrom. Elektrofilter er som oftest brukt ved større anlegg på grunn av høye investeringskostnader, men er også ofte mer robuste og driftssikre. Partikkel filtre er billigere enn elektrofilter, men tåler ikke like høye røykgasstemperaturer som elektrofilter og må oftere byttes ut (Soma, 2005).

I følge «Forskrift om begrenning av forurensning» (Forurensningsforskriften, 2009) er det i skrivende stund kravene under som gjelder. Men i slutten av 2015 vedtok EU et direktiv som

setter «strengere» krav til mellomstore forbrenningsanlegg (1MW – 50MW) angående støvpartiklene som skapes ved forbrenning av blant annet fast biobrensel. Det nye direktivet har ført til at utslipp av mellomstore forbrenningsanlegg er tatt opp til høring. Gjennom et høringssvar sendt inn av Nobio (Kristensen, 2016) kommer det frem at et slikt grensesnitt vil være en betydelig kostnad for de anleggene som har en nominell effekt mindre enn 5MW, tross en innførings tid frem til 2030. Mindre anlegg, under 1MW, reguleres av økodesigndirektivet. Tabell 8 viser en oppsummering av forurensningskravene som er gjeldene i skrivende stund.

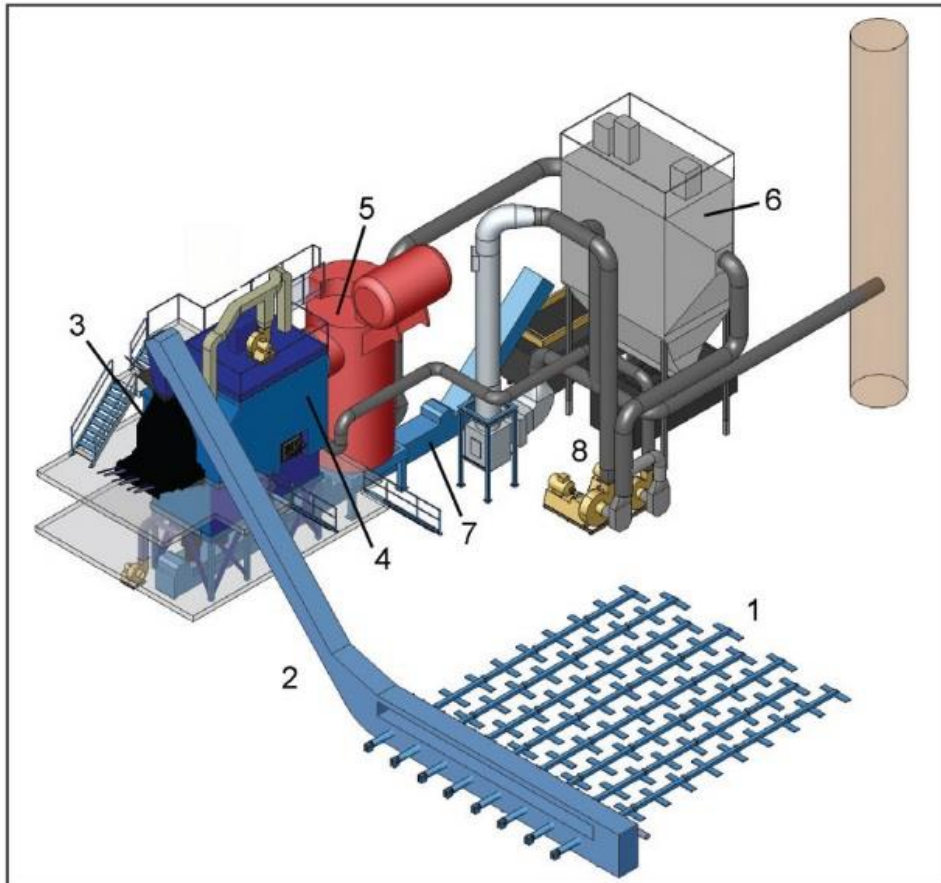
Tabell 8: Forurensningskrav (Forurensningsforskriften, 2009; Kristensen, 2016, s. 3)

Effekt	Støv mg/Nm ³ 12 timers middelverdi	NO _x mg/Nm ³ timesmiddel	CO mg/Nm ³ timesmiddel
Nye anlegg			
1 < 5 MW	225	-	200
5 < 20 MW	75	300	200
20 < 50 MW	30	300	150
Gamle anlegg (før 2014)			
1 < 10 MW	225	-	350
10 < 20 MW	75	450	350
20 < 50 MW	30	450	200
Foreslått krav			
Eksisterende anlegg			
1 > 5 MW	50		
5 < 20 MW	50		
20 < 50 MW	30		
Nye anlegg			
1 < 5 MW	50		
5 < 20 MW	30		
20 < 50 MW	20		

3.5 Drift av anlegget

Et eksempel på hvordan et anlegg fungerer, er ved at taket til det nedgravde flislageret åpnes og legge flisen oppi. Bunnen av lageret kan være utstyrt med stangmaterer, som er vist som (1) i Figur 26 under. Stangmaterne skraper flisen til brenseltransportsystemet, som i figuren er en skrapetransportør, vist som (2). Denne transportskruen leder flisen bort til nye transportskurer, som er plassert på skrå, som flytter flisen opp til toppen av en innmatingssjakt, vist som (3) i figuren. Et stempel er plassert i bunnen av innmatingssjakten, som skuer brenselet inn i ovnen. Ovnene er vist som (4) i figuren. Temperaturen i ovnen holder seg normalt mellom 850 og 1050

grader celsius. Deretter går den varme røykgassen til kjelen, merket som (5), hvor røykgassens temperatur avkjøles til rundt 150 – 200 grader celsius. Etter at røykgassen har blitt avkjølt, går den videre til rensing, som i dette tilfelle er et elektrofilter, vist som (6) i figuren. Til slutt transporteres en røykgassviften røyken til skorstein, som vises som (8). (7) viser asketransportsystemet, som flytter asken til en container (Soma, 2005).

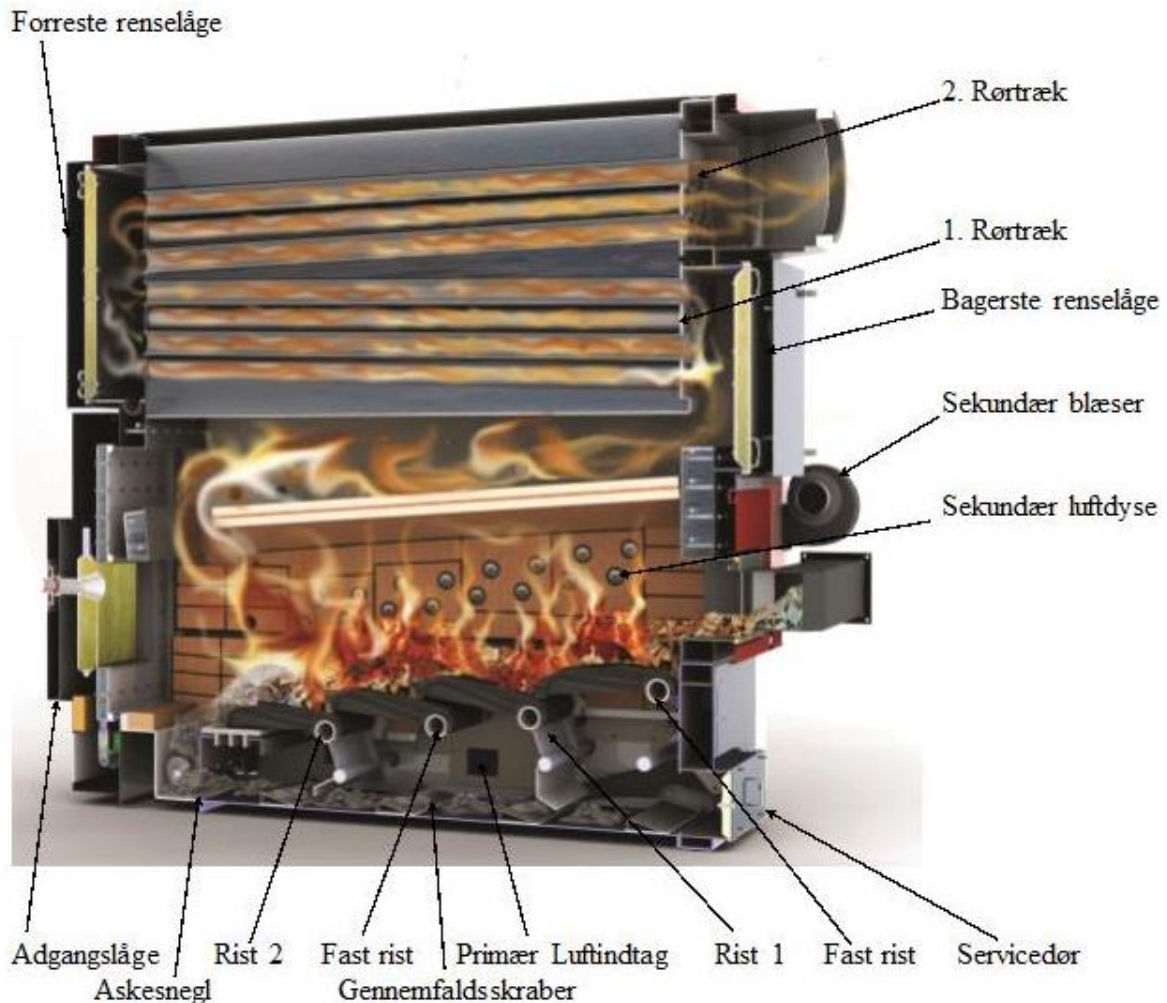


Figur 26: Prinsipp skisse av biobrenselanlegg (Soma, 2005)

Et eksempel på en ovn, vist som (4) i Figur 26 over, er vist i Figur 27 under (Anonym Produsent, 2013). I motsetning til Figur 26 over, er Figur 27 under utstyrt med innmatingskruer. Innmatingskruer leder flisen bort til forbrenningsristene. Det er to typer rister i dette tilfelle, en bevegelig rist og en som er fast. Disse kan sees i Figur 27 som henholdsvis viser rist en og rist to som bevegelig, mens fast rist viser den faste risten.

En blåser er plassert under risten, som tilsetter primærluft, henholdsvis primær luftindtag i Figur 27. Under primærluft er det plassert en skrapere som transporterer asken bort til askens transportskruer, merket som askesnegl i Figur 27. Kjelen, som består av vannkjølte vegger og tak, ligger over forbrennings risten. Som sett fra Figur 27 sitter det sekundærluftdyser mellom kjelen og risten. Kjelen har en åpning i enden (fremme) hvor røyken går inn og vendes tilbake

til motsatt side, mens temperaturen av røykgassen tas ut. Når røyken har nådd den andre siden, vendes røyken tilbake gjennom det første røykrørføringen, fra det bakerste rense lokke til det fremste rense lokke. Røyken vendes så igjen til å gå gjennom den andre røykrørføringen. Etter andre røykrørføringen går gassen ut mot et renseanlegg som kan eksempelvis være multisyklonen (Anonym Produsent, 2013). Multisyklonen fungerer slik som beskrevet i delkapittel 3.4.



Figur 27: Brenn kamme (Anonym Produsent, 2013, s. 7)

En måte å bruke styringsautomatikken på, er ved at reguleringen av last blir styrt av turtemperaturen ut fra kjelen. Det da være innmatingskruen som styrer drift/pause etter lastbehovet (Anonym Produsent, 2013).

Det er viktig at biobrenselanlegget ikke reguleres til lavere enn 20-30% av maksimal last (Fornybar.No, 2016a). Dette er fordi lav last vil føre til ufullstendig forbrenning av brenselet, som da øker utslippene av svart karbon (Regjeringen, 2016b). Det forutsetter at anlegg som

drifter et bygg med et effekt behov som er mindre enn 20% av den installerte effekten til anlegget, har en av/på-drift. Forlenging av drift og stans tid kan opprettholdes med bruk av en akkumulatortank. Endringer i last tar relativt lang tid, med en time fra oppstart til fullast og en halv time fra full last til stopp (Sidelnikova et al., 2015, s. 150).

3.6 Generelle fordeler og ulemper

Noen fordeler og ulemper av biobrenselanlegg legges frem i dette kapitlet, mens andre kostnads- og nyttvirkninger som sysselsetting, sikkerhet, miljø, areal og fleksibilitet blir tatt opp i den samfunnsøkonomiske analysen.

3.6.1 Bioenergi vs Elektrisitet

Elektrisitet står ennå for 70 – 80 prosent av oppvarmingen i husholdninger i Norge, avhengig av prisen på elektrisitet (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 23-24). I tillegg har andelen elektrisitet i husholdninger gått opp fra 73% i 1990 til 83% i 2014, noe som skyldes at det er en utfasing av fossile kilder til oppvarming og flere elektriske apparater. Bioenergi kan da være med å frigjøre noe av den elektrisiteten som brukes i oppvarming til bruk i andre apparater i stedet. Bioenergi kan i tillegg være med å øke forsyningssikkerheten ved at den ikke er avhengig av strøm. I beliggenheter hvor det er behov for økt energi og hvor det er svakt el-nett, kan løsningen være å ta i bruk biobrenselenergi i stedet for å øke trafo-kapasiteten (Tekniske Nyheter, 2017c).

I 2015 ble det produsert rundt 141,5 TWh fornybar kraft, strøm, i Norge. Det tilsvarer en andel på rundt 98% av den energien som totalt ble produsert i Norge (Nve, 2016c). Det er da sannsynlig at Norge hovedsakelig utnytter fornybar energi, men dette er ikke tilfelle ved en annen beregningsmetode NVE benytter. Denne beregningsmetoden NVE bruker er varedeklarasjonen for elektrisitet, som tar høyde for kjøp og salg av opprinnelsesgaranti. Opprinnelsesgaranti er «en EU-ordning som gir mulighet til å dokumenter at det er produsert en gitt mengde kraft basert på en fornybar energikilde» (Nve, 2015). Gebyret kan kjøpes av strømkunder som vil ha det garantert at den strømmen som forbrukes, blir produsert med fornybare kilder.

Når en kraftleverandør har solgt sin opprinnelsesgaranti separat fra kraftproduksjonen, kan den ikke lenger telles som fornybar i Norge. Fordi i prinsippet er den fornybare kraften som produseres i Norge, brukt i andre land hvor opprinnelsesgarantien er kjøpt, som fører til at Norge da må importere kraft som er produsert fra «ukjente» kilder. I 2015 var det 97,5 TWh som ble erstattet av denne «ukjente kraften» som erstattes av den Europeiske energimiksen.

Denne energimiksen består av 60,96 % varmekraft fra fossile brensler, som førte til at 60 TWh av det norske kraft forbruket ikke er fornybart (Nve, 2016c). Dette står da for 41% av produksjonen av kraft i Norge. Varedeklarasjonen er forskjellige fra fysisk forbruk av strøm (Vermes, 2016).

Et eksempel på at dette skjer, er ifølge Tekniske Nyheter (2017b) at Norge hadde en nettoimport av kraft fra Danmark i uke 2 i 2017. Dette var fordi forbruk av kraft gikk ned den uken, i tillegg til at det var høy nordisk vindkraftproduksjon. En annen faktor som vil sette press på effektbehovet, er prosjekter som skal konverteres fra diesel til strøm, som for eksempel marine transport og etablering av land strøm (Enova, 2016a, s. 30).

3.6.2 Andre fordeler

En annen fordel med å ta i bruk biobrensel er at det er mulig å oppnå en negativ karbonbalanse (Melbye et al., 2014, s. 38). Dette kan oppnås med kombinasjon av bio-basert forbrenning sammen med karbon fangst og lagring. Dette med tanke på at trærne som inneholder CO₂ ikke råtner og slipper ut CO₂ til atmosfæren, men heller lagres. FNs klimapanelers femte hovedrapport «legger til grunn at mellom 40 og 100% av biomasseforbrenningen må være tilknyttet anlegg for fangst og lagring av CO₂ mot slutten av århundret for at vi skal kunne nå et tograders mål» (Nærings- Og Fiskeridepartementet, 2016, s. 18). Gitt at avvirkingen er gjort på en bærekraftig måte.

Lokale varmesentraler fører ofte til redusert energitap, fordi en felles varmesentral kan driftes mer effektivt enn mange individuelle anlegg (Damman, Ruud, Fodstad, Espegren & Midthun, 2017, s. 57). En annen fordel med biobrensel er at en byttehandel av biobrensel i form av fast biomasse sannsynligvis ikke vil skje internasjonalt. Dette er antatt fordi det kommer frem av en masteroppgave at den gjennomsnittlige transportavstanden for brensel til varmesalganlegg er på 15,3 km (Vivestad, 2016, s. V). Det fører til at det er mulig å ha litt kontroll over verdikjeden til brenselet, i forhold til for eksempel miljøforhold med produksjonsstedet og for å unngå sosial dumping.

En annen positiv faktor ved biomasse er at store deler av biomassen kommer fra restprodukter, som har lav alternativ verdi. For eksempel kan det tas i bruk sagflis til å lage pellets eller briketter (Fornybar.No, 2016b). Mange av de andre energikildene til oppvarming, som sol og eventuelt vind til elektrisitet, er avhengig av når ressursene er tilgjengelige (International Energy Agency & Ner, 2016, s. 18).

Byggteknisk Forskrift (2010) stiller krav til at bygninger med over 1000m² oppvarmet BRA skal «ha energifleksibile varmesystemer». Disse energifleksibile varmeløsningene skal ha muligheten til å dekke minimum 60% av «normert netto varmebehov», det vil si oppvarming av rom og ventilasjonsvarme og varmt vann (Byggteknisk Forskrift, 2010). Her kan biobrenselanlegg være en alternativ løsning. Spesielt i områder hvor andre energikilder som grunnvarme ikke egner seg.

Når oppvarming skjer uten direktevirkene elektrisitet eller fossile brensler stilles det krav til oppvarmingsmetode. Her er kjeler/ovner som bruker biobrensel en oppvarmingskilde som er godkjent som forskriftsmessig oppvarming (Vvs-Foreningen I Samarbeid Med Norconsult As, 2015). Eksempler på oppvarmingskilder som ikke er godkjent er panelovner som ikke er plassert i rommet det skal varme. Kravene er vist i Tabell 1 under.

Tabell 9: Forskriftsmessig oppvarmingsmetode (Vvs-Foreningen I Samarbeid Med Norconsult As, 2015)

Forskriftsmessig oppvarmingsmetode (tillatt som grunnlast og hoved oppvarming)	Ikke forskriftsmessige energi kilder/oppvarmingsmetoder (tillatt som backup/spisslast)
Alle ovner/kjeler med biobrensel	Oljekjel (med fossil olje)
Varmepumper inkludert elektrisitet til drift av varmpumpen uavhengig av energikilder	Gasskjel (LPG, naturgass)
Kjeler fyrt med biogass eller biooljer	Elkjel
Solenergi	Panelovner
Spillvarme f.eks. fra datasentraler (serverpakker)	
Fjernvarme og større nærvarmeanlegg	

Forskriftskrav etter TEK 10 har allerede satt krav til bruken av de spesifikke kilder til sluttbruker, og de nye TEK 17 forskriftene kan det antas at de blir strengere.

3.6.3 Ulemper

I Holtmark (2010, s. 4) kommer det frem at det å ta i bruk biodrivstoff ikke er en så miljøvennlig løsning som først antatt. Dette fordi karbonene som er bundet under planten kan føre til mer utslipp enn det som er bundet opp i planten.

Som sett fra delkapittelet 2.2.3, er det et balanse kvantum som kan tas i bruk til bioenergi. Det vil si bioenergi er en betinget fornybar ressurs. I tillegg må det gjenstå en vis mengde skog som har muligheten til å ta opp CO₂'en som blir sluppet ut i atmosfæren (Ung Energi, 2016).

4 Metode

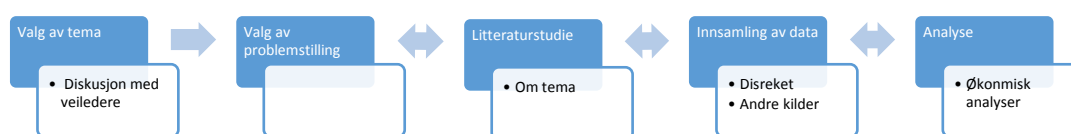
Dette kapitlet forklarer fremgangsmåten til oppgaven, hvilke data og materialer som er brukt og hvilke metoder som foreligger i analysen i kapittel 5.

4.1 Fremgangsmåte

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Multiconsult ASA. Multiconsult, etablert i 1908, er et av Norges ledende firmaer innen prosjektering og rådgivning. Multiconsult har oppdrag blant annet innen bygg og eiendom, industri, olje og gass, samferdsel, fornybar energi, vann og miljø samt by og samfunn (Multiconsult, u.å.).

Metode er å følge en bestemt vei mot målet. Videre er det denne «veien» som tar for seg hvordan informasjon om virkeligheten skal hentes fram (Johannessen, Tufte & Christoffersen, 2010, s. 29). Kort oppsummert har denne oppgaven sett på «virkeligheten» rundt biobrensel anlegg, gjennom å bruke «veien» analyse.

Innledningsvis ble det arbeidet med valg av tema, deretter utført litteraturstudier for en nærmere definering av oppgaven. Figur 28 under viser en kort oppsummering av fremgangsmetoden. Den er utstyrt med piler som går i begge retninger. Dette fordi det gjennom tiden oppgaven ble skrevet, kom fram behov for ny informasjon til for eksempel beregningene til analysen. Noe som førte til at det ble gått tilbake i oppgaven for å finne ny litteratur og et par ganger endring av på problemstillingen.



Figur 28: Fremgangsmåte for oppgaven

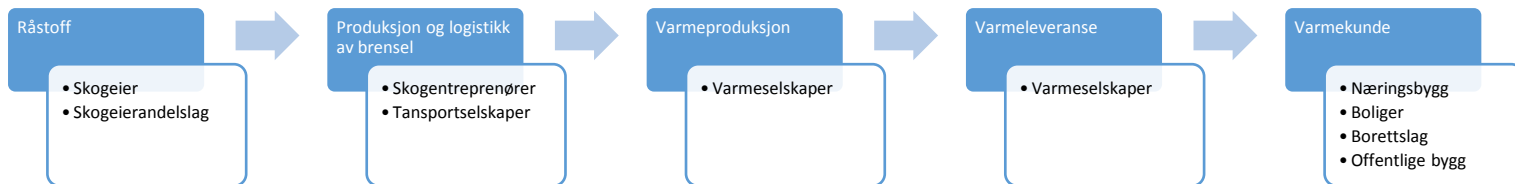
4.2 Data og materiale

Kvalitative data er definert som «data som foreligger som skrevne tekster, lyd eller bilder, og bearbeidet for å få fram meningsinnholdet» (Johannessen et al., 2010, s. 400). Oppgaven har en kvalitativ tilnærming til de to biobrenselanleggene, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, gjennom sekundær «hard» data fra Energisentralenes loggføringssystem. Hard data er data som kan registreres i form av tall, og det er det som er

utgangspunktet til beregningene gjort for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW.

Det ble brukt litteraturstudie for innsamling av teori og informasjon. Denne metoden gir tilgang til en stor mengde data. Oppgaven sammenstiller informasjon fra tidligere rapporter og statistikk.

Det ble valgt ikke å gjennomføre kvantitative intervjuer og spørreundersøkelser av for eksempel driftsansvarlig eller investorer av nærvarme biobrenselentraler. Dette fordi det kommer frem gjennom Vivestad (2016, s. 8) at eiere og drivere av bioenergisentraler ofte mottok slike spørreundersøkelser og dermed var lei av å svare. Det kunne blitt gjort dybde intervjuer med flere bioenergisentraler i Rogaland. Det hadde derimot vært et utvalg som var lite representativt for hvordan biobrenselanlegg brukes på landsbasis, siden det ikke er så mange bioenergisentraler stasjonært i Rogaland, som avdekket i delkapittel 2.2.3.1. Dette kunne ha ført til at de ikke har like bra brukererfaring i Rogaland, som for eksempel på Østlandet, hvor fagmiljøet vil være presumptivt bedre fordi det er flere anlegg i drift. På den annen side kunne dybde intervjuer i forhold til brensel kvalitet og pris gitt et representativt bilde, dette fordi brensel handles på det «lokale markedet».



Figur 29: Verdikjeden til biobrensel

Figuren over viser verdikjeden til biovarme (Arnold et al., 2011, s. 11). De første økonomiske analysene og CO₂-utslippet tar hovedsakelig for seg den delen som innebærer varmeproduksjon, mens den samfunnsøkonomiske analysen tar for seg hele kjeden.

4.2.1 Litteraturens kvalitet

Kvaliteten på innhentet informasjon kan variere. Det er derfor viktig å sette krav til reliabilitet, validitet og feilkilder (Johannessen et al., 2010, s. 404). Reliabilitet og validitet begrunnes som:

- Reliabilitet: Reliabilitet viser hvor pålitelig dataen som innsamles er. Det vil si hvor nøyaktig informasjonen som samles inn er, hvilke data som brukes og hvordan den samles inn og bearbeides.
- Validitet: validitet betyr gyldighet, med andre ord hvor godt dataen representerer virkeligheten.

Det er blitt laget en skala for reliabilitet, henholdsvis dårlig, middels, god og meget god. Noen av de mest brukte kildene i litteraturstudiet og analysen er vurdert i forhold til denne skalaen, med begrunnelse for skala valg. Det ble ikke brukt kilder som kunne hatt karakteren middels eller dårlig. Alle rapportene som er brukt, representerer virkeligheten på en god måte. Tabell 10 viser vurderingen. Et eksempel på en kilde som hadde hatt en reliabilitet er wikipidea eller en avis som ofte informerer «fake news», falske nyheter.

Tabell 10: Litteraturens kvalitet

Utgiver	Tittel (kilde)	Type/Genre	Reliabilitet	Begrunnelse
Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW loggføringssystem	Forbruksdata (Anonym Energi loggføringssystem)	«Hard» data	Meget God	Det er ansett som lite sannsynlig at forbrukstillene endres av ytre faktorer som for eksempel de ansatte som hentet ut informasjonen til oppgaven. Nøyaktigheten er relativt god, siden forbruket er oppgitt i kWh, men for bedre nøyaktighet kunne de vært oppgitt i Wh. En annen mindre god måte å samle inn data til forbruket kunne vært gjennom, for eksempel, flis kjøpt.
NVE	Kostnader i Energisektoren (Sidelnikova et al., 2015)	Rapport	Meget God	Publikasjoner gjort på vegne av NVE tyder på god reliabilitet, fordi det er et direktorat underlagt Olje- og energidepartementet. Det anses derfor som urealistisk at direktoratet hadde publisert informasjon som ikke har meget god reliabilitet.
Tekniske Nyheter DA	Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a)	Rapport	Meget God	Energirapporten er referert til i andre rapporter som er publisert på NVE sine nettsider.
EC Group AS/ Enova	Markedsanalyse – lokale energisentraler (Naper & Bjørndalen, 2010)	Rapport	God	Anses som god reliabilitet siden den er skrevet av et analysefirma, som derfor også tolker informasjon. Rapporten er funnet på Enova sine

				nettsider, som hever reliabiliteten siden de, i likhet med NVE, ikke kan anses å publisere rapporter med liten reliabilitet. Samtidig som EC Group'en oppfordrer til å ta kontakt med deres kunder (Ec Group As, u.å.).
Norsk Bioenergiforening	Veien til biovarme (Arnold et al., 2011)	Manual	God	Denne manualen er gitt en god reliabilitet siden den er produsert av Norsk Bioenergiforening. På den annen side kan forfatterne av manualen ha en baktanke med å fremme bruken av biovarme som bedre enn den egentlig er.
SSB		Statistikk	Meget God	SSB henvises til i mange sammenhenger av mange aktører, som for eksempel politikere, og viktige beslutninger for samfunnet tas med grunnlag i statistikk fra SSB. Må alltid ha god reliabilitet.
Nord Pool AS		Statistikk	Meget God	Nord Pool må ha korrekt data slik at prisen på strøm er korrekt.
Regjeringen	Melding til Stortinget (Meld. St. Nr. XX)	Melding til Stortinget	God	Denne kilden er gitt en god reliabilitet, men ikke meget god siden den gir stort spillerom for misforståelser.

4.2.2 Feilkilder

Tid til gjennomføring av oppgaven må tas i betraktning. Det er bare brukt et semester på oppgaven (4 ½ måned), hvilket betyr at det er tid til å gjennomgå bare en begrenset mengde

litteratur. Som sett fra Tabell 10 er det bare brukt kilder med god eller meget god kvalitet. På den annen side kan dataen som er gitt feiltolkes eller misforståes. Det er brukt faguttrykk ved fremstilling av informasjon og data, som kan tolkes feil og lede til feiloppfatning.

En annen menneskelig feilkilde kan oppstå i beregningene gjort i Excel. Funksjonene lagt inn i Excel kan misforstås av forsker og dermed føre til feil resultat. I tillegg ble noen av beregningene gjort manuelt, som kan føre til at feil kan ha blitt oversett.

4.3 Levelized cost of energy (LCOE)

Som nevnt i problemstillingen, går den første delen av analysen ut på å undersøke energikostnaden til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. Dette er beregnet med levelized cost of energi (LCOE), oversatt til energikostnadene over levetiden. Heretter vil denne energikostnaden refereres til som LCOE. LCOE er den energiprisen som fører til «break-even», det vil si det er den laveste prisen som energiproduksjonen kan selges for. Kort forklart er det de samlede kostnadene fordelt på energiproduksjonen, over levetiden. Formelen under viser hvordan LCOE'en er beregnet (Sidelnikova et al., 2015, s. 25).

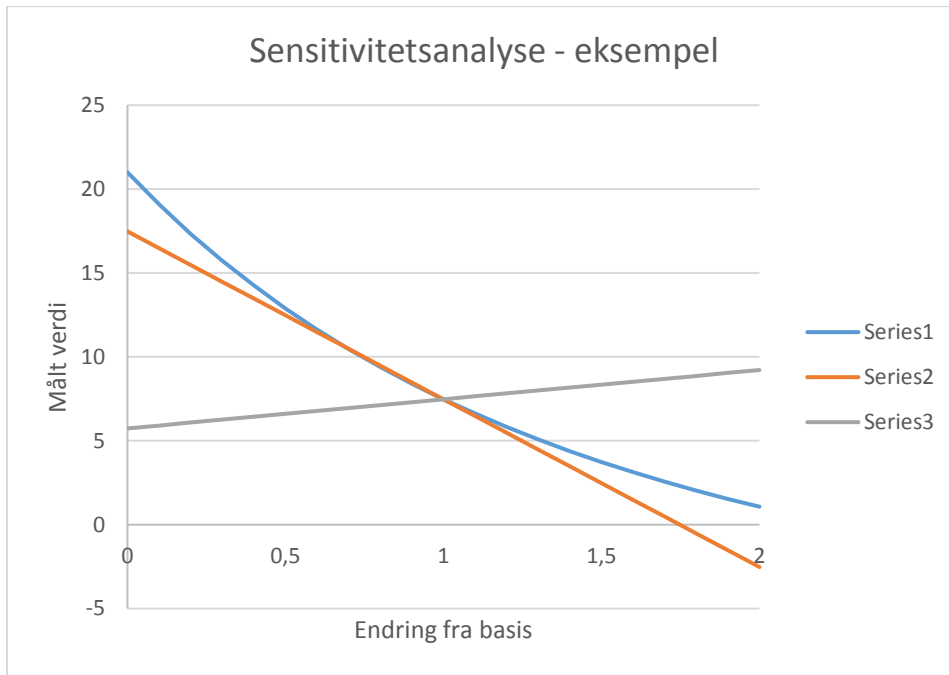
$$\frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Formel 1: I_t : Investerings- og utviklingskostnader (kr), M_t : Drifts- og vedlikeholdskostnader (kr), F_t : Energi- og brenselkostnader (kr), E_t : Energi produsert (kWh), n : Økonomisk levetid (år), r : diskonteringsrente (%)

Som formelen viser, blir både kostnadene og energiproduksjonen diskontert over levetiden. Dette vil si at de første årene i anleggets levetid teller mer enn de i slutten av levetiden.

4.4 Sensitivitetsanalyse

En måte å se på sensitiviteten og følsomheten til målte verdier er ved å ta i bruk et stjernediagram (Bøhren & Gjørnum, 1999). Dette er en metode som ser på hvordan «input» variabler endrer en målt verdi. Fremgangen er å endre variabler fra basis nivå med for eksempel en prosentvis endring. Dette fører til at det er mulig å se robustheten og den relative betydning til «input» variablene. Et eksempel på stjernediagram er vist i Figur 30 under. Her er variasjonsfaktor 1 basis verdien, eller utgangspunktet, mens 0,5 er en reduksjon i 50% av «input» variablene som endres, mens 1,5 er 50% økning fra «input» variablene. Disse inputverdiene endrer den målte verdien, som er vist på x-aksen.



Figur 30: Sensitivitetsanalyse- illustrasjon

En begrensning ved denne sensitivitetsanalysen er at det bare er mulig å endre på en variabel om gangen.

4.5 Sammenligning med andre energikilder

For å gjennomføre punkt to i problemstillingen er det etablert en formel, som vist under. Denne formelen er brukt for å holde sammenligningen av de forskjellige energikildene mest mulig lik. Forskjellen mellom LCOE kostnader og andre kostnader er hovedsakelig at LCOE kostnader er diskontert. Innenfor brenselkostnader kommer også avgifts kostnader. LCOE kostnadene er hentet fra Sidelnikova et al. (2015), mens brenselkostnadene er hentet fra Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a). Brenselkostnadene er avhengig av om det er den månedlig eller årlig kostnaden som analyseres.

- Energikostnad til sammenlikning (kr/kWh): $E_{\text{sammenligningsgrunnlag}}$
- LCOE totalt (kr/kWh): E_{totalt}
- LCOE brensel (kr/kWh): $E_{\text{LCOE-brensel}}$
- Brenselkostnader: E_{brensel}

$$E_{\text{sammenligningsgrunnlag}} = E_{\text{Totalt}} - E_{\text{LCOE-Brensel}} + E_{\text{Brensel}}$$

Formel 2: Sammenligningsgrunnlag andre energikilder (kr/kWh)

4.6 Fremtidsendringer

Metoden som er benyttet til å løse det tredje punktet av problemstillingen er vist under.

4.6.1 Lærekurver og lærerrater

Det er lettere å spå hvordan teknologien i vel etablerte markeder vil se ut noen år frem i tid, enn det er å forutsi hvordan den vil være flere tiår frem i tid. For eksempel kan teknologier som ikke er veletablerte i markedet per i dag påvirke energimarkedet i fremtiden, og eventuelt nye teknologier kommer til.

Til tross for denne reservasjonen, var det ønskelig å sammenligne og vurdere hvordan biobrenselanlegg og andre teknologier vil utvikle seg i fremtiden. I den anledning er det hovedsakelig brukt framtidsutsikter etablert i Sidelnikova et al. (2015). Sidelnikova et al. (2015, s. 31-34) bruker lærekurver og lærerrater i forøk på å forutse fremtiden. Den metoden ser på endringer i teknologi gjennom samspillet av forskning og utvikling, industri- og markedsutvikling. Gjennom overnevnte faktorer blir målrettet teknologiutvikling, storskalafordeler og interaksjon mellom produsent og forbruker dekket. De faktorene gjenspeiler blant annet modenheten til teknologier. Modne teknologier, som for eksempel vannkraftverk, vil sannsynligvis ikke ha like store endringer som det kan antas at for eksempel solcelleteknologien vil gjennomgå i markedet i Norge fremover. Det er derfor urimelig å anta samme utvikling for priser og kostnader i de to tilfellene.

Lærekurver definerer kostnadsendringer som en funksjon av kumulativ erfaring eller læring, i form av enheter produsert. En utdypet forklaring av lærekurver og lærerrater finnes i Sidelnikova et al. (2015). Det vil i denne analysen bare tas med en prosent erindringen i pris, som rapporten har regnt ut ved å bruke læringskurvene og læringsratene.

Det er greit å merke seg at lærekurver ikke er basert på naturlover, det vil si at de ikke kan anses som en 100% sikker vurdering av fremtiden. Derimot gir det en brukbar og interessant pekepinn over den teknologiske utviklingen og kostnadsendringer.

En annen metode som kan brukes til å se på fremtiden er ved å se på historien. Det ble ikke valgt å bruk historiske priser til å fremskrive de forskjellige kjelene og solfangeren. Det ble heller brukt Sidelnikova et al. (2015) som utgangspunkt, siden det anses som en pålitelig og sikker kilde som tar hensyn til flere faktorer som beskrevet over. Det ble derimot brukt historiske priser for antagelse av hvordan fyringsolje og propan prisen endres i fremtiden, i tillegg til mineralavgiftene for fyringsolje og propan. Det kan diskuteres hvor pålitelig denne metoden er siden det ofte er støtteordninger og avgifter som er drivere bak markedsendringer

og de antas ikke å følge et generelt mønster. En annen metode som kunne blitt brukt, er «TIMES-modell», men den ble ikke brukt siden den ble oppdaget sent i oppgave prosessen.

4.6.2 Framskrivning i analyse del 3

Framtidsutsiktene, som nevnt over, er hovedsakelig basert på tall som er presentert i Sidelnikova et al. (2015), men supplementeres også fra andre kilder hvor rapporten anses ikke å være tilstrekkelig. For eksempel ved endringer i brenselspriser og avgifter for fyringsolje og propan. For de fremtidsendringene er det brukt historiske priser og avgifter, for å lage et lineært forhold, hvor stigningstallet er endringene i kostnadene. Disse supplementære kildene vil bli nevnt i tilhørende energikilde og teknologi kapittel.

Det er greit å merke seg at fremtidig kostnadsestimering er usikre og det er bare en vinkling som blir presentert i denne oppgaven. Det vil heller ikke bli tatt hensyn til hvordan markedsandelene påvirker hverandre utover det som er beskrevet i delkapittel 2.2.2. På den annen side er det verdt å merke seg at markedsandeler vil påvirke tilbud og etterspørsel av energien.

Etter innsamling av data/informasjon fra Sidelnikova et al. (2015) og ulike kilder, er framskrivningene beregnet ved hjelp av en utarbeidet formel vist under. Denne formelen er lik for framskrivning av alle de presenterte energikildene og teknologiene. Alle kjelkostnadene er diskontert for, LCOE, mens brenselskostnadene variere mellom å være LCOE eller gjennomsnittet av de månedlig eller årlige prisene i 2016. Det antas lineære endringer i forhold til tid. Noen av brenslene inkluderer avgifter, disse er også fremskrevet og vist i tilhørende delkapittel.

- Framskrevet energikostnader: E_F
- Utgangspunkt tid: $n=0$ ved år 2016
- LCOE/energi­kostnad (kr/kWh) i 2016
 - LCOE Investering, faste driftskostnader, drift og vedlikehold osv.: $E_{u/brensel}$
 - LCOE/energi­kostnad til brensllet: $E_{brensel}$
- Årlig teknologisk endring (%): T
- Årlig brensel endring (%): B

$$E_{F@n} = E_{u/brensel} + E_{u/brensel} * T * n + E_{brensel} + E_{brensel} * B * n$$

Formel 3: Framskrevet energikostnad (kr/kWh)

4.7 Samfunnsøkonomisk analyse

Prosjekter kan ha lave og høye kostnader og inntekter sett i et bedriftsøkonomisk perspektiv. På den annen side kan samfunnet oppleve det motsatte av hva som kommer frem av slike bedriftsøkonomiske og tallfestet kostnads analyser. Det er derfor viktig å ha slike ikke tallfestete kostnader og inntekter med i en analyse. Det er disse ikke-prissatte virkningene som skal vurderes. En måte å analysere virkningene er gjennom å bruke en kvalitativ pluss-minus metode (Direktoratet for Økonomistyring, 2014).

I følge Direktoratet for Økonomistyring (2014) i samfunnsøkonomiske analyser tar denne analysen i bruk tre faktorer, konsekvens, betydning og omfang. Betydning og omfang verdsettes etter en skala med plusser og minuser for hvor stor betydning og omfang virkningen har. Disse plussene og minusene er lagt inn i en matrise som vist i Figur 31 under. Det er da summen av faktorene som utgjør konsekvens.

		Betydning		
		Liten	Middels	Stor
Omfang	Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
	Middels positivt	0 / -	++	++ / +++
	Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
	Intet	0	0	0
	Lite negativt	0	0 / -	- / --
	Middels negativt	0 / -	--	-- / ---
	Stort negativt	- / --	-- / ---	--- / ----

Figur 31: Eksempel på konsekvensmatrise for ikke-prissatte virkninger (Direktoratet for Økonomistyring, 2014, s. 84)

En viktig forutsetning for pluss-minus metoden er at betydning og omfang vurderes før konsekvens. For å få en mer objektivt og korrekt evaluering er det lurt å opprette et ekspertpanel på fagfeltene som gjennomgås.

5 Analyse

I denne delen av oppgaven blir analysen gjennomført. Først forklares caset, som er grunnlaget for videre analyser. Deretter beregnes energikostnadene, LCOE'en, til caset. Så sammenlignes caset opp mot andre teknologier og energikilder. Videre gjøres det et anslag av hvordan de fremtidige kostnadene til biobrenselanleggene og de andre teknologiene og energikildene vil bli. Så gjøres det en beregning av CO₂-utslippet som oppstår ved bruk av noen energikilder, og til slutt gjøres det en samfunnsøkonomiske analyse av faktorer som ikke er tallfestet i denne oppgaven, med bruk av pluss minus metoden.

Siden beregningene i analyse del 1,2 og 3 tar i bruk mange variabler, ble det vurdert som mest ryddig å ha en kort diskusjon under hver av analysene. Overordnet diskusjons elementer, som er relevant for hver analyse del, tas opp i kapitlet 6.

5.1 Case

For å anonymisere anleggene som analyseres ble de gitt navnet Biobrenselanlegg 500 kW og Biobrenselanlegg 150 kW. Effekten i navnet referer til den installerte effekten av anleggene.

Begge anleggene som er analysert i denne oppgaven ligger i Rogaland Fylke. Biobrenselanlegg 500kW supplerer, blant annet, en skole, hall og bo og aktivitetssenter med varme. Biobrenselanlegg 150kW supplerer varme til et bo og aktivitetssenter. Det er verdt å merke seg at bioenergi ikke er den eneste oppvarmingsløsningen til byggene anleggene supplerer med varme. Spesifikasjonen til brannkammeret er vist i Tabell 11 under. Som tabellen viser, bruker anleggene flis. Begge anleggene leveres med automatisk mating fra det eksterne flislageret. I tillegg har de en modulerende oksygenkontroll som sikrer at kjelene har optimal forbrenning (Anonym Produsent, 2013).

Tabell 11: Spesifikasjoner for kjelen brukt ved Biobrenselanlegg 500kW (Anonym Produsent, 2013, s. 5)

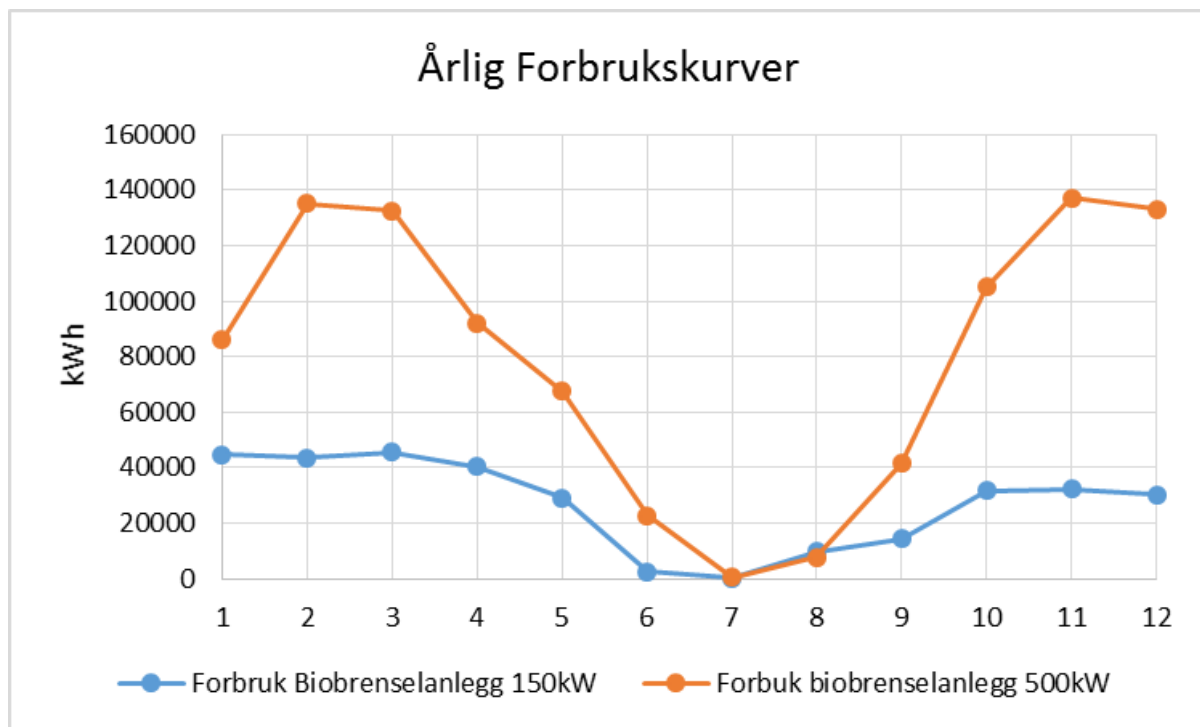
	Biobrenselanlegg 500kW	Biobrenselanlegg 150kW
Nominell ytelse/installert effekt	500 kW	150 kW
Brensel	Flis	Flis
Maksimalt vanninnhold i brensel	50%	50%
Modulerbar ytelse	20-100%	20-100%
Designtemperatur	100°C	100°C
Flislager kapasitet	150m ³	150m ³

Analysene som tar i bruk tallfestede beregninger, har utgangspunkt i forbrukskurven til de to sentralene beskrevet over. Energiuttaket og driftstiden for 2016 er oppgitt i Tabell 12 under.

Tabell 12: Forbruk og driftstiden til energisentralene (Anonym Energiloggføringsystem Rogaland Fylke, 2016)

Måned	Biobrenselanlegg 150kW		Biobrenselanlegg 500kW	
	Forbruk biologisk (kWh)	Driftstid (h)	Forbruk biologisk (kWh)	Driftstid (h)
31.01.16	44780	644,0	86000	438,0
29.02.16	43610	643,0	135100	629,0
31.03.16	45610	724,0	132500	722,0
30.04.16	40190	719,0	92000	580,0
31.05.16	29200	742,0	67500	608,0
30.06.16	2440	86,0	22800	227,0
31.07.16	60	6,0	400	4,0
31.08.16	9720	331,0	7800	77,0
30.09.16	14280	611,0	41500	393,0
31.10.16	31760	698,0	105100	723,0
30.11.16	32290	633,0	137100	688,0
31.12.16	30360	630,0	133100	721,0
Totalt	324 300	6 467,0	960 900	5 810

Figur 32 under viser at behovet er størst om vinteren og lavest om sommeren. Til sammenligning av Figur 23 kan det anatas at forbruket dekker spisslasten om vinteren, anlegget nesten ikke er i drift om sommeren. Dette kan skyldes stopp eller driftsfeil. Stopp i produksjon kan være på grunn av lite energibehov, på under 20% av installert effekt, som fører til at anlegget ikke kan driftes.



Figur 32: Forbrukskurver for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW energisentral (Anonym Energiloggføringsystem Rogaland Fylke, 2016)

5.2 Analyse del 1: LCOE og sensitivetsanalyse

I denne analysedelen er LCOE'en til de to energisentralene, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, beregnet. Avslutningsvis, i denne analysedelen, gjøres det en sensitivetsanalyse av de årlige og sesongbaserte LCOE'ene.

5.2.1 LCOE

Som nevnt tidligere, er det første målet med analysen å komme frem til en LCOE for de to energisentralene, Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. Energikostnaden regnes ut ved hjelp av den årlige produserte energiprofilen til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW fra 2016, opp mot tilhørende estimerte kostnader. For hver av anleggene ble det først laget en LCOE for året, deretter en LCOE for sommer halvåret og en for vinterhalvåret, og en LCOE'er på månedsbasis. Avslutningsvis er det gjort en endring i en forutsetningen, som forklares i tilhørende delkapittel 5.2.1.3, for å se utslaget i den månedlig LCOE'en.

5.2.1.1 Antakelser

Siden kostnadene er estimert, er det blitt gjort noen forutsetninger for beregningene. De estimerte kostnadene, utenom brenselprisen, er hentet fra Sidelnikova et al. (2015), hvis ikke annet er spesifisert.

Estimatet for investeringskostnadene omfatter kjel, installasjonskunster prosjektering og administrasjon, samt byggetidsrente. Byggetidsrente «er beregnet ved å anta at investeringene fordeles jevnt utover byggeperioden» (Sidelnikova et al., 2015, s. 27). Det er i tillegg lagt til 10 meter totalt i rørarbeid for å installere kjelen.

For beregning av kostnader for kjelen til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, ble det valgt å bruke kostnader til kjeler som har en ytelse på 1 MW for Biobrenselanlegg 500kW, mens det er brukt kostnader for kjeler med en ytelse på 150 kW for beregning av kostnader til Biobrenselanlegg 150kW.

Fuktighet på flisen er satt til 35% for begge anleggene. Dette er fordi manualen til kjelen brukt ved Biobrenselanlegg 500kW beskriver at anlegget bør anvende flis med maksimal fuktighet på 40%. Det er for enkelthets skyld antatt at energiinnholdet til flis holder seg stabilt gjennom hele året.

Det antas at støtteordninger er tatt i betraktning, selv om det ikke er kommentert i Sidelnikova et al. (2015). Dette begrunnes med at investeringskostnader for biokjelen er i Sidelnikova et al. (2015, s. 151) satt til 6 020 kr/kW for anlegg på 1 MW og 6 683 kr/kW for anlegg på 150 kW. I Kåre Gunnar Fløystad (2013), i samarbeid med Innovasjon Norge, undersøkes det hva investeringskostnaden for bioenergisentraler var. Oppgaven viser at «Flisfyringsanlegg har en investeringskostnad på 8 588 kr/kW» (Kåre Gunnar Fløystad, 2013, s. 4) uten investeringsstøtte. Ved å ta hensyn til en støtte på 1 700 kr/kW, som er den støtte Enova gir varmesentraler (Enova, u.å.), kommer det nesten samme tall som oppgitt i Sidelnikova et al. (2015, s. 151), på 6 888 kr/kW (8 588 kr/kW – 1 700 kr/kW). Det antas derfor at alle investeringskostnadene oppgitt og brukt i denne oppgaven tar hensyn til støtteordninger. Andre forutsetninger er listet under.

- Det antas at energiforbruket holder seg stabilt gjennom levetiden
- Diskonteringsrenten er satt til 4%.
- Alle virkningsgrader ut i fra den momentane virkningsgraden
- De faste kostnadene fordeles jevnt utover året
- Levetiden er satt til 20 år (Sidelnikova et al., 2015, s. 29). Den levetiden stemmer overens med Arnold et al. (2011) som påpeker at et varmeanlegg skal ha minst 20 års levetid

- Det blir ikke tatt hensyn til restbeløpet etter levetiden til utstyret til biobrenselanlegget og, som nevnt tidligere, skatter og avgifter er heller ikke tatt hensyn til, utenom miljøavgifter

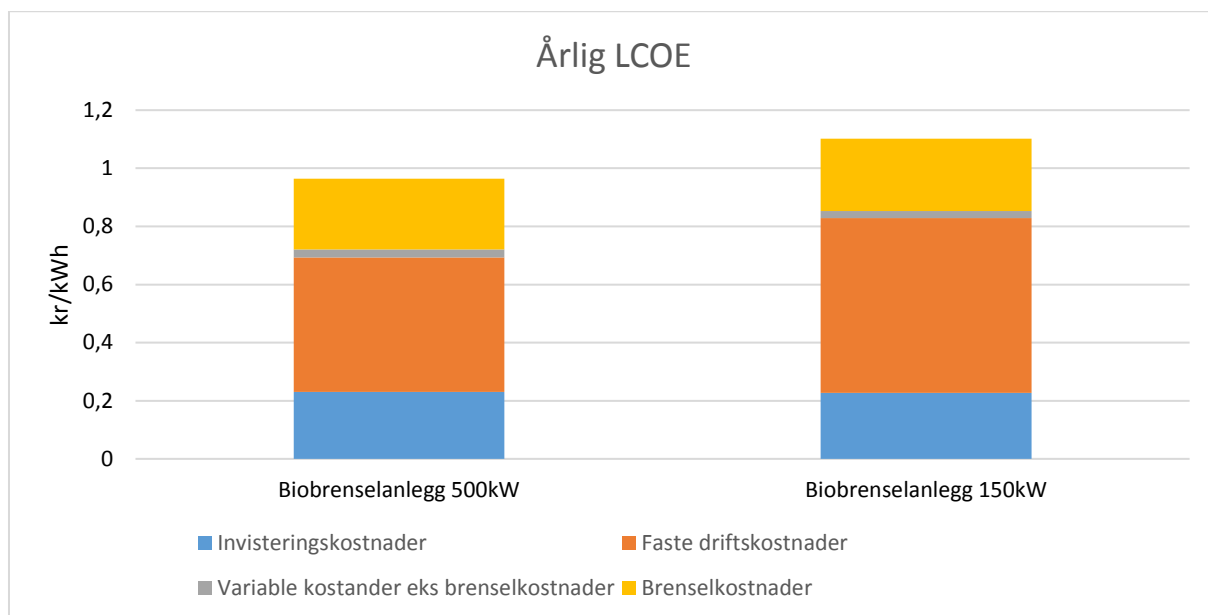
Resterende forutsetninger og en oppsummering er angitt i Tabell 13.

Tabell 13: Forutsetninger for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW (Anonym Produsent, 2013; Sidelnikova et al., 2015, s. 30, 152)

Forutsetninger for LCOE	Enhet	Biobrenselanlegg 150kW	Biobrenselanlegg 500kW
Kjel			
Ytelse	kW	150	500
Virkningsgrad (momentan)	%	84	86
Levetid	år	20	20
Investeringskostnader	Kr/kW	6683	6020
Driftskostnader			
Faste driftskostnader	(kr/kW/år)	6 683	6 020
Variable kostnader eks brensel	(kr/kWh)	0,024	0,027
Brensel			
Fuktighet flis	%	35	35
Brennverdi	(kWh/kg)	3,1	3,1
Brensel pris	(kr/kg)	0,65	0,65
Energipris	(kr/kWh)	0,2	0,2
Diskonteringsrente			
Diskonteringsrente	%	4	4

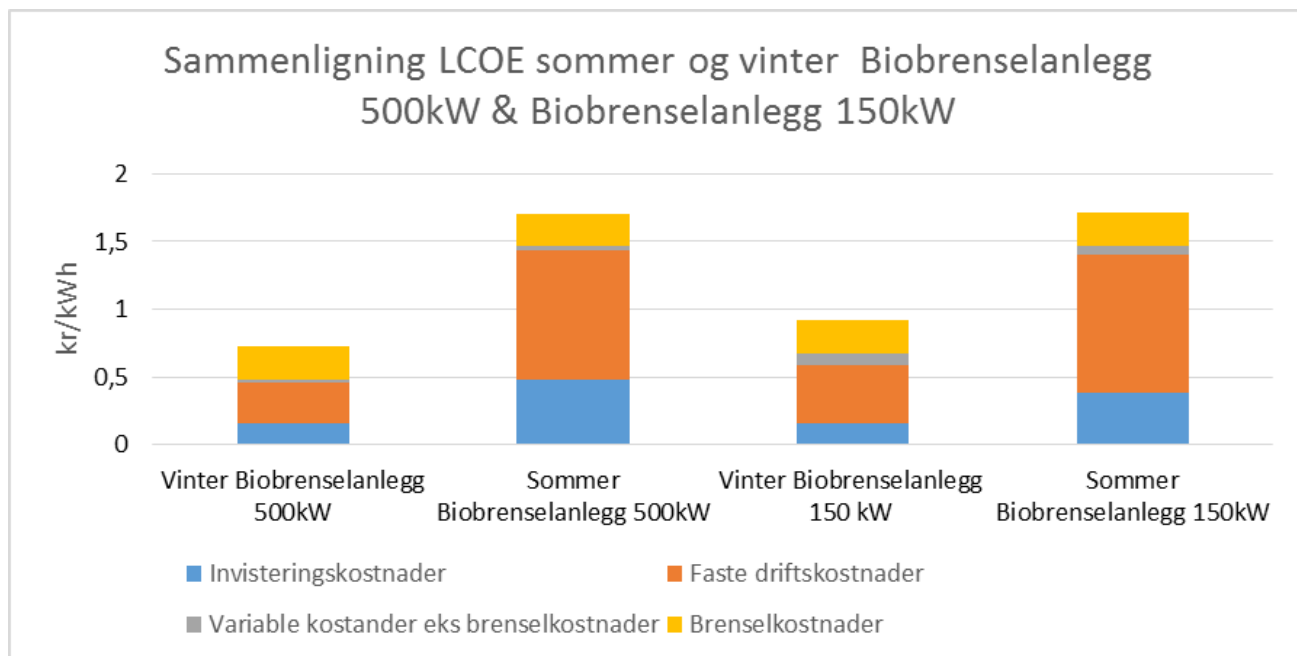
5.2.1.2 Resultat og diskusjon

Den årlige LCOE'en ble beregnet til å være 0,964 kr/kWh for Biobrenselanlegg 500kW og 1,102 kr/kWh for Biobrenselanlegg 150kW. Fordelingen av kostnadene er vist i Figur 33 under. Ut fra grafen er det mulig å se at anleggene har en relativt lik fordeling i forhold til hvor stor andel de forskjellige kostnadene tar av den totale kostnaden. Den største forskjellen er at de faste kostnadene til Biobrenselanlegg 150kW tar enn litt større andel av den totale kostnaden enn ved Biobrenselanlegg 500kW.



Figur 33: Årlig LCOE for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW

Det er også sett på den sesongbaserte LCOE'en. Resultatet er vist i Figur 34 under. Ut fra beregningene er det mulig å se at Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW har en lavere LCOE ved vinterstid i forhold til sommertid. Dette er fordi kostnadene deles på høyere produsert energi, kWh, om vinteren, enn om sommeren.



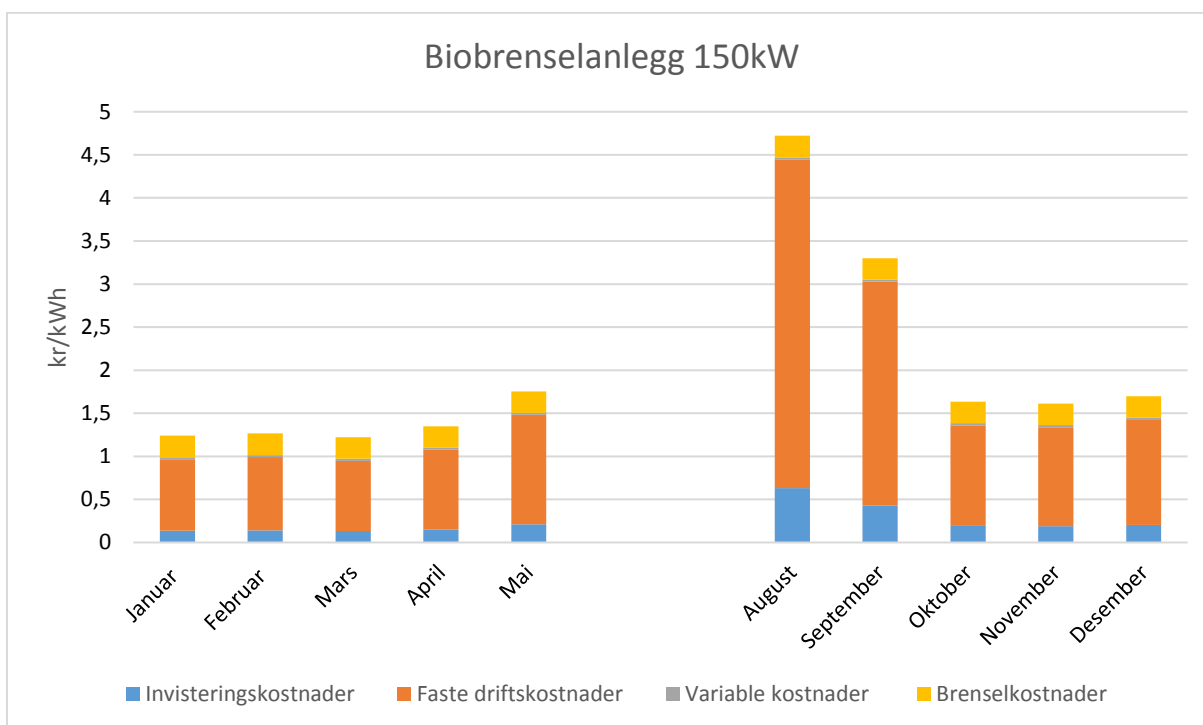
Figur 34: Sesongbasert LCOE for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

Tabell 14 oppsummerer LCOE'ene, og vedlegg B og C viser kontantstrømmen og utregningene gjort i Excel.

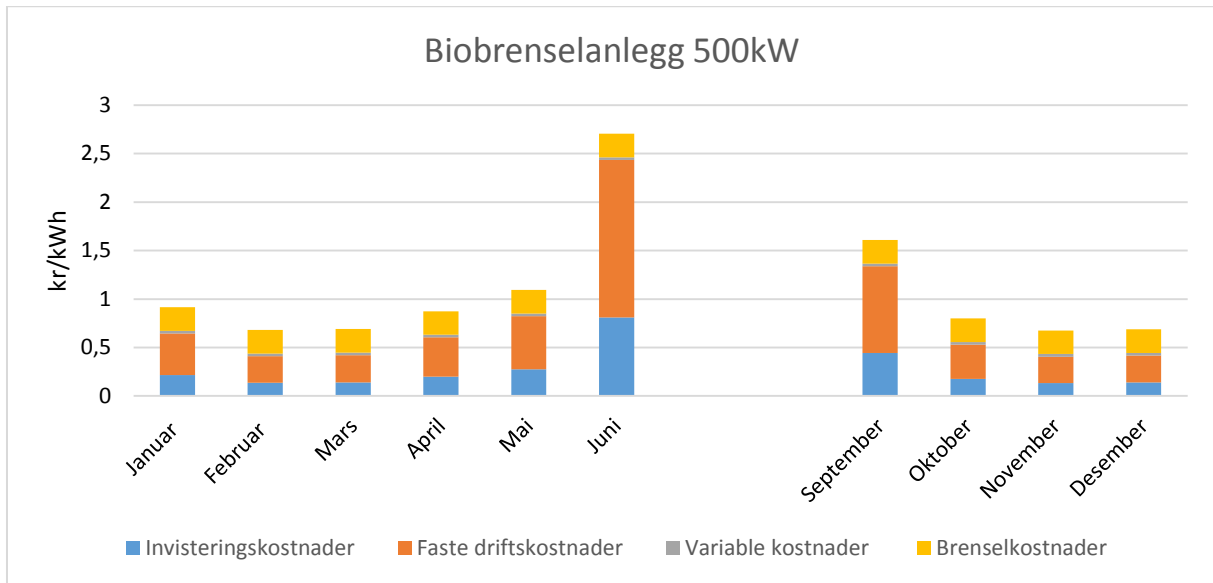
Tabell 14: Sammenligning LCOE til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW

	Biobrenselanlegg 150kW Energisentral	Biobrenselanlegg 500kW Energisentral
Årlige LCOE (kr/kWh)	1,102	0,964
Vinter LCOE (kr/kWh)	0,9241	0,728
Sommer (kr/kWh)	1,716	1,707

Det er også sett på den månedlig LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW. Resultatet er som vist i Figur 35 og Figur 36 under. Her kommer det frem at forutsetningen om å ha en jevn fordeling av investeringskostnader og faste kostnader påvirker LCOE'en i stor grad, spesielt i juni og juli for Biobrenselanlegg 150kW og juli og august for Biobrenselanlegg 500kW. To av månedene med høyst LCOE ble fjernet fra grafene slik at det var mulig å se sammenhengen i y-aksen. De to fjernede månedene er juni og juli for Biobrenselanlegg 150kW, med en LCOE på 18 kr/kWh og 720,78 kr/kWh. Biobrenselanlegg 500kW sine høyeste kostnader er 139,12 kr/kWh i juli og 7,4 kr/kWh i august. En tabulert oversikt over LCOE er vist i vedlegg B og C.

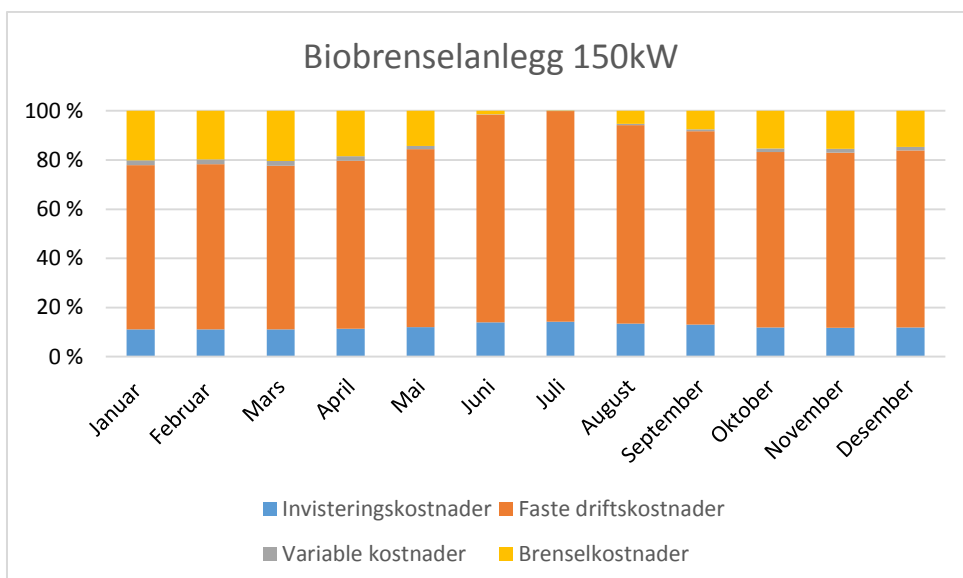


Figur 35: Biobrenselanlegg 150kW månedlig LCOE

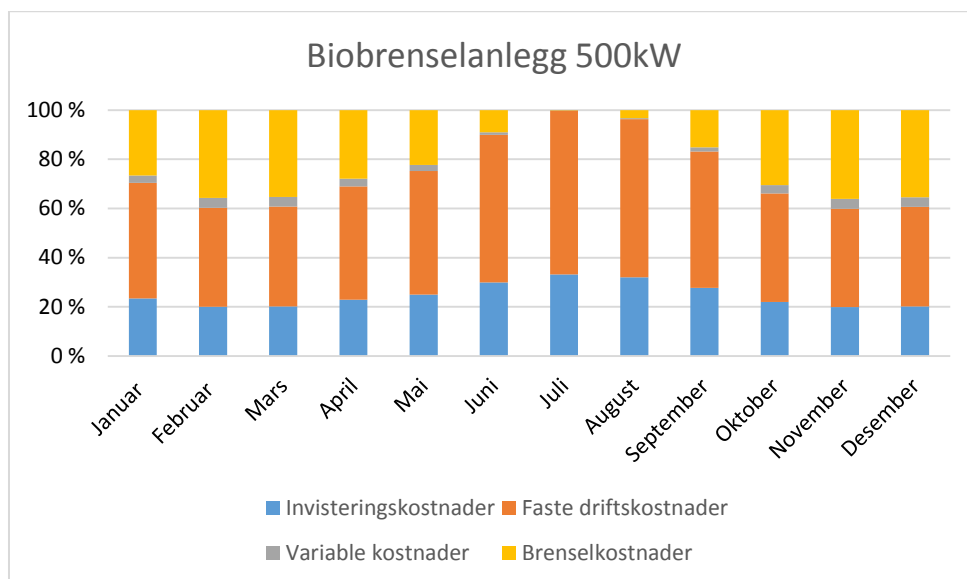


Figur 36: Biobrenselanlegg 500kW månedlig LCOE

Grunnen til at LCOE'en ble så høy i noen av sommermånedene var at det er forutsatt at de faste kostnadene måtte betales, uavhengig av produsert energi. Det vil si at det ble høye kostnader delt på lite energi. Prosentandelen av kostnadene er vist i Figur 37 og Figur 38. Her kommer det frem at for både Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW er juli en måned som er preget av investeringskostnader og faste kostnader og få variable kostnader. Dette viser at det var lav energiproduksjon, siden det ikke ble brukt noen variable kostnader som var avhengig av energien produsert.



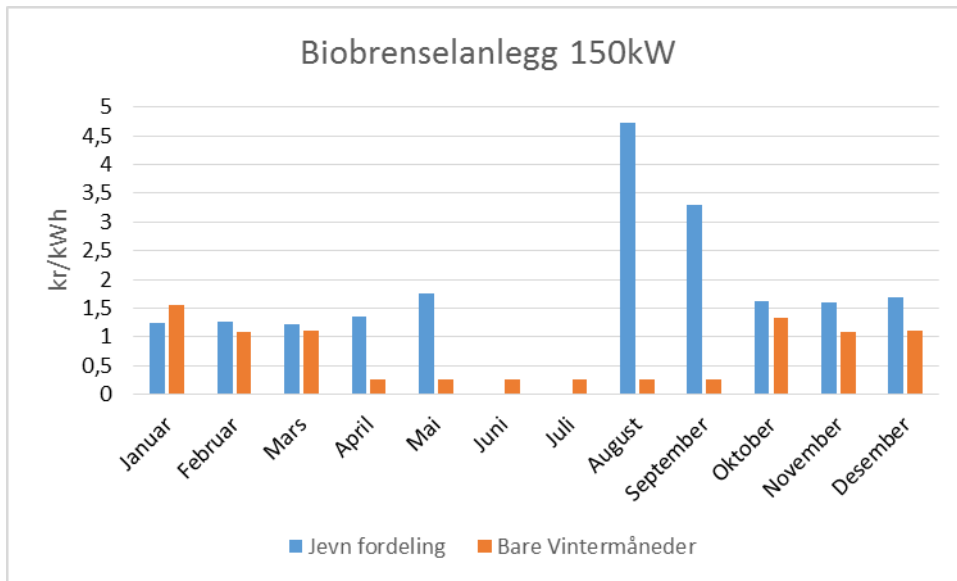
Figur 37: Fordeling av kostnader per måned for Biobrenselanlegg 150kW



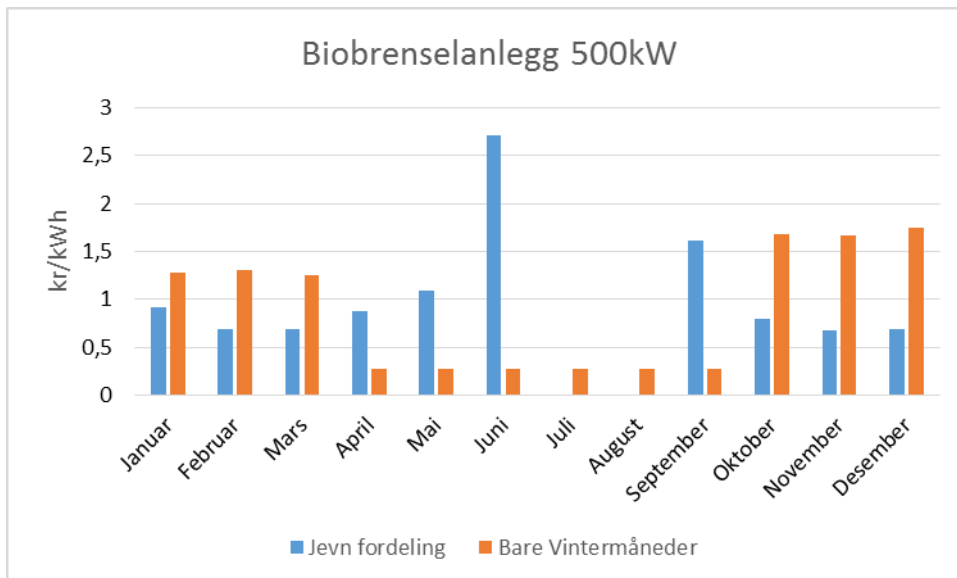
Figur 38: Fordeling av kostnader per måned for Biobrenselanlegg 500kW

5.2.1.3 LCOE- Fordeling av kostnadene på vintermånedene

Med bakgrunn i overnevnte resultater, var det ønskelig å se på hvordan kostnadene ville fordele seg om investeringskostnadene og de faste kostnadene var delt på de seks vintermånedene, hvor det er størst produksjon. Resultatet blir da som vist i Figur 39 og Figur 40. Her sees det at LCOE'en blir størst i vintermånedene, mens sommermånedene er bare preget av variable brenselkostnader og variable driftskostnader. Den høyeste månedlige LCOE'en for Biobrenselanlegg 500kW er på 1,56 kr/kWh ved denne beregningsmetoden, i motsetning til 139,2 kr/kWh ved den jevne fordeling av investeringskostnadene og de faste kostnadene. Den samme trenden gjelder for Biobrenselanlegg 150kW, som har den høyeste LCOE'en på 1,75 kr/kWh i motsetning til 720,77 kr/kWh. I tillegg blir gjennomsnittet endret til 0,742 kr/kWh for Biobrenselanlegg 500kW og 0,88 kr/kWh for Biobrenselanlegg 150kW. Dette tyder igjen på at de faste kostnadene og investeringskostnadene påvirker i ganske stor grad hvordan resultatet på den månedlig kostnadene blir.



Figur 39: LCOE fordelt på vintermånedene-Biobrenselanlegg 150kW



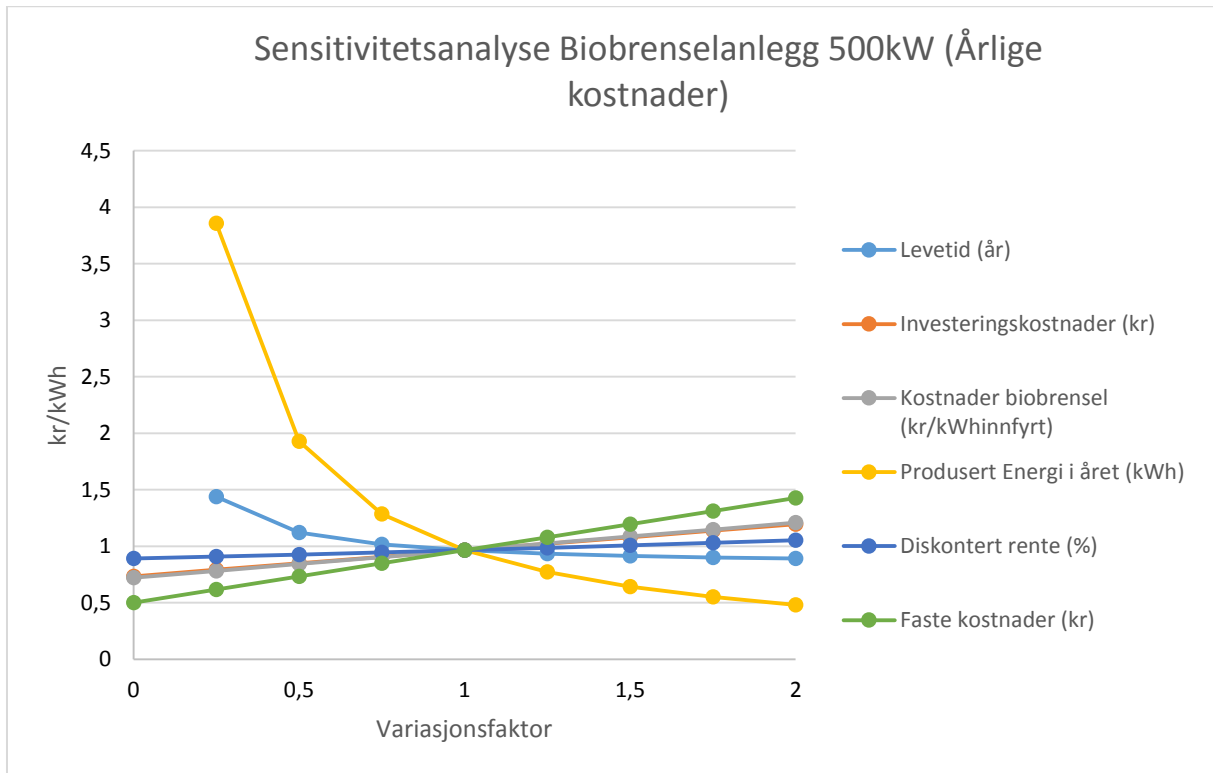
Figur 40: LCOE fordelt på vintermånedene- Biobrenselanlegg 500kW

5.2.2 Sensitivitets analyse

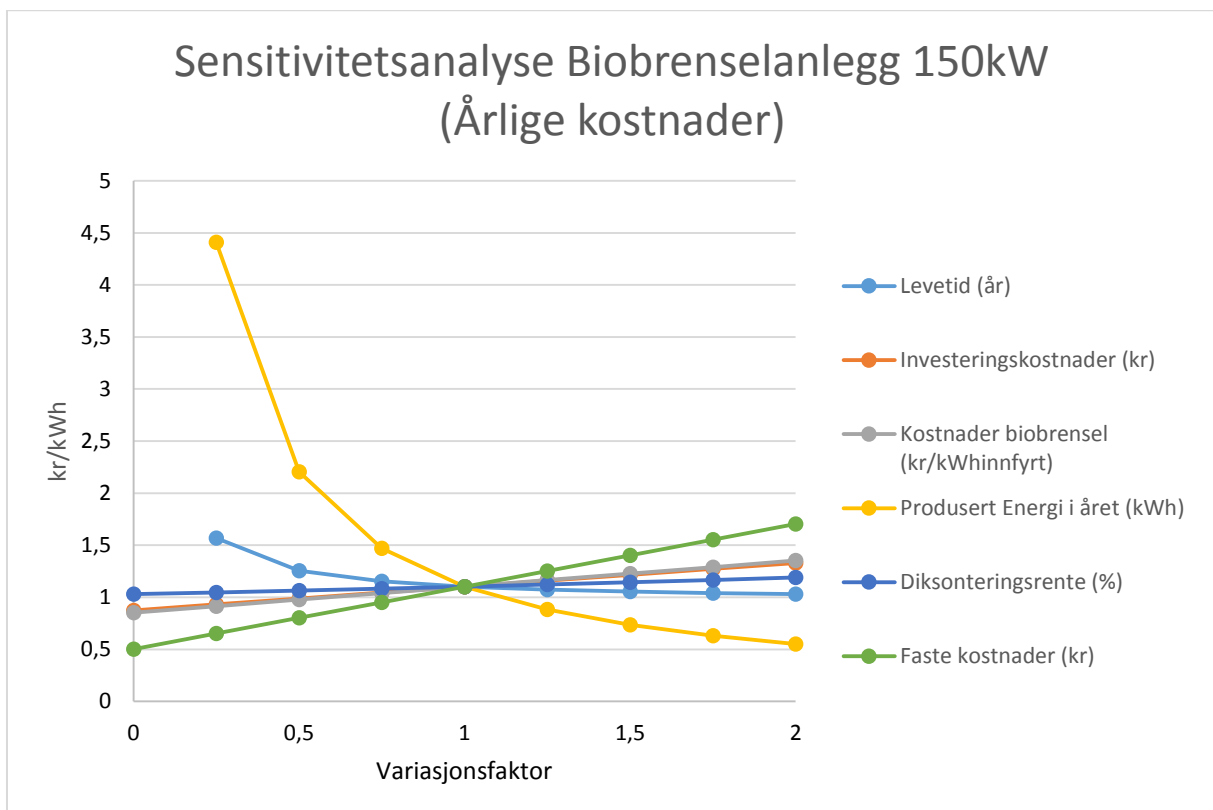
Det ble gjort en sensitivitetsanalyse for å se hvor sensitiv LCOE'en er til endring av input faktorer. Det ble sett på diskonteringsrente (%), brensel priser (kr/kg innfyrt), levetid (år), produsert energi (GWh), investeringskostnader (kr) og faste kostnader (kr) . Det ble valgt å se på den årlige og sesongbaserte LCOE'en.

5.2.2.1 Resultat og diskusjon

Resultatet er vist i Figur 41, Figur 42, Figur 43 og Figur 44. Først sees det på den årlige LCOE'en.



Figur 41: Sensitivitetsanalyse av årlige kostnader Biobrenselanlegg 500kW



Figur 42: Sensitivitetsanalyse av Årlige kostnader Biobrenselanlegg 150kW

For begge anleggene er det den produserte energien som har størst påvirkning på LCOE'en. Det kommer frem av den gule linjen, Produsert Energi i året. Denne faktoren viser at hvis den produserte energien synker, vill LCOE'en stige raskt, det vil si den har en bratt stigningskurve. På den annen side, ved å øke i variasjonsfaktoren, altså økning i produksjonen, synker LCOE'en. Dette skjer derimot ikke i like stor grad som for reduksjonen i produksjonen. For eksempel med en variasjonsfaktor på 0,5 fra den originale LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW, stiger LCOE'en fra 0,964 kr/kWh til 1,929 kr/kWh. På den andre siden, hvis den produserte energien øker til 1,5 i variasjonsfaktor vil reduksjonen i LCOE bare synke fra 0,946 kr/kWh til 0,735 kr/kWh. «Hoppet» er mye større til venstre for variasjonsfaktor 1, enn til høyre for variasjonsfaktor 1. For repetisjon er variasjonsfaktor 1 basis caset.

Levetiden til anleggene har også stør innvirkning på LCOE'en. Dette fordi ved en variasjonsfaktor på 0 vil anlegget ikke har vært i drift, som fører til at LCOE'en ville tilsvare investeringskostnadene. Denne variasjonsfaktoren på null for levetiden ble ikke vist i figuren. Det kan trekkes frem at en variasjonsfaktor på 0,5, altså en levetid på 10 år, har det en relativt liten påvirkningseffekt på LCOE'en. Dette vil si at LCOE'en forandres i relativt liten grad ved endringer i levetid, gitt at levetiden er mer enn 10 år.

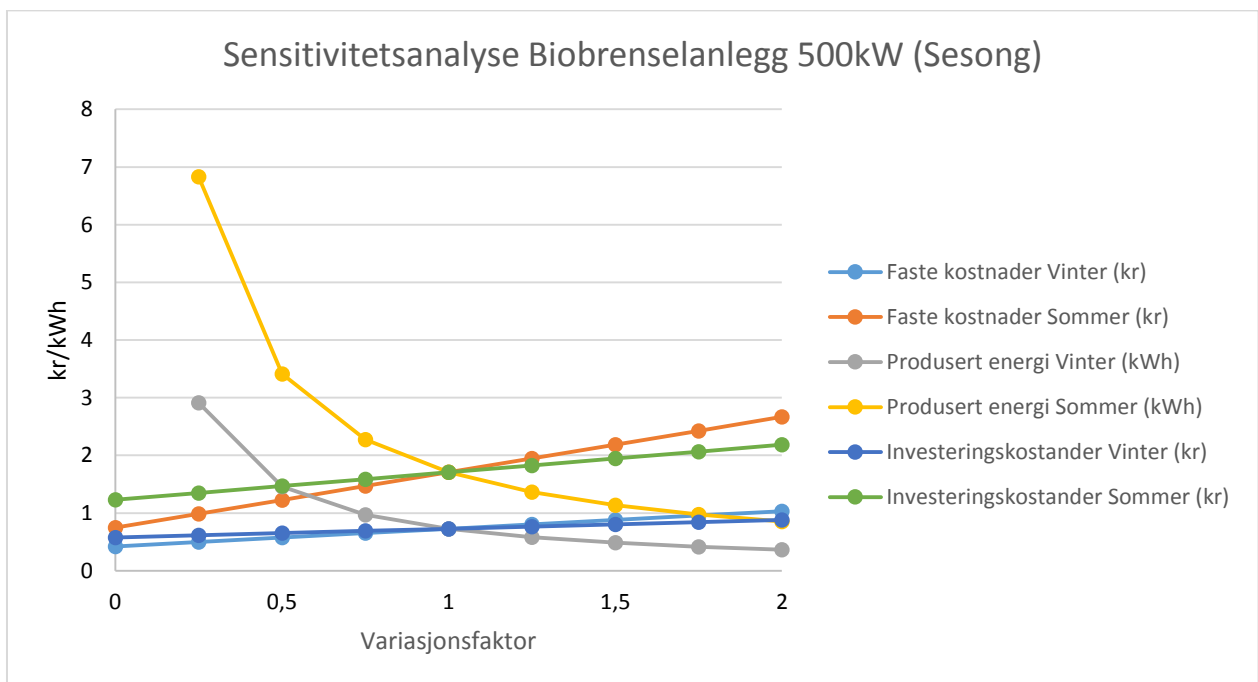
De andre inputfaktorene har et lineært forhold. Det vil si en økning eller reduksjon i variasjonsfaktor til de forskjellige input faktorene vil påvirke i like stor grad, men trekke i forskjellige retning i forhold til endringen i LCOE'en. Den inputfaktoren som har størst effekt etter den produserte energien og levetiden, er de faste kostnadene. Endring i de faste kostnadene påvirker Biobrenselanlegg 150kW mer enn det gjør Biobrenselanlegg 500kW. Dette kommer av at den faste kostnadene i Biobrenselanlegg 150kW er en større andel av LCOE'en enn for Biobrenselanlegg 500kW, slik som sett fra resultatet til LCOE'ene. Det vil da føre til at LCOE'en stiger raskere ved samme variasjonsfaktor i samme retning.

De inputfaktorene som påvirker i mindre grad, er investeringskostnaden og brenselskostnadene til LCOE'ene. Disse påvirker LCOE'en i relativt lik grad, fordi de tar en tilnærmet lik andel av LCOE'en. Som beskrevet i delkapittel 2.2.3 tidligere, om fremtidig uttak av skog i 2020, kan et økt uttak av skog føre til at prisen på flis øker. Med tanke på at inputfaktoren for prisen på flis ikke påvirker LCOE'en i betydelig grad, kan uttaket være realistisk i forhold til etterspørsel for den dyrere flisen. Endringer diskonteringsrente påvirker LCOE'en i minst grad.

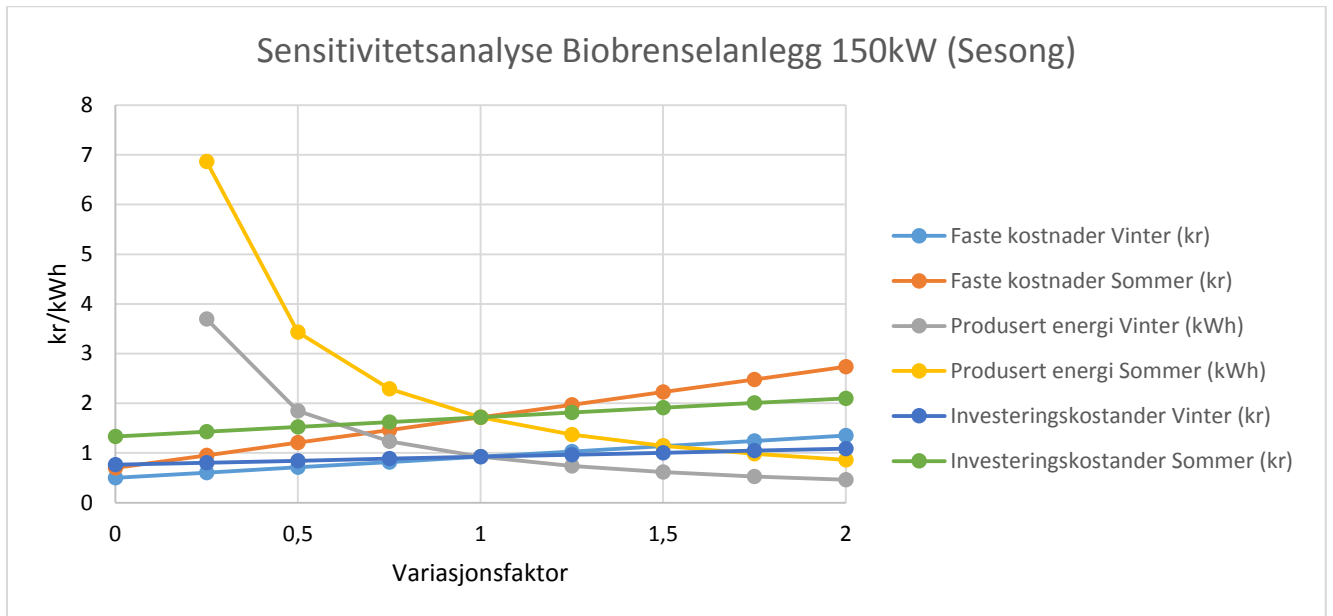
Resultatet av sensitivitetsanalysen viser at usikkerheten og sårbarheten ligger hovedsakelig i den produserte energien og de faste kostnadene. Det kan antas at for å redusere LCOE'en bør

det hovedsakelig jobbes med å opprettholde energiproduksjon, samtidig som å redusere de faste kostnadene mest mulig. Det trengs ikke å legges mest ressurser i økning av produsert energi eller reduksjon i brenselkostnader. Det er for eksempel viktigere å unngå driftsstopp enn å få bedre leveringspriser på brensel eller øke energiinnholdet i brenselet, med for eksempel bruk av mindre fuktig brensel. På den annen side henger disse to faktorene sammen fordi jo mer foreldet brenselet er, jo mindre sjanse er det for driftsstopp, samtidig som energiinnholdet i brenselet øker.

De månedlige LCOE'ene spriket relativt mye fra måned til måned. Med bakgrunn i dette var det ønskelig å se på hvordan den sesongbaserte energikostnaden reagerte på forskjellige inputfaktorer. Det ble da valgt å se på de faste kostnadene, produserte energi og investeringskostnadene.



Figur 43: Sensitivitetsanalyse av sesongbaserte kostnader Biobrenselanlegg 500kW



Figur 44: Sensitivitetsanalyse av sesongbaserte kostnader Biobrenselanlegg 150kW

Fra Figur 43 og Figur 44 legges det merke til at investeringskostnadene påvirker LCOE'en i like stor grad i sommersesongene som i vintersesongene. Dette kan sees gjennom helningen fra den mørke blå og grønne kurven til begge anleggene. Forskjellen i selve kr/kWh kommer igjen av at det er mindre energi å fordele investeringskostnaden på, slik at investeringskostnadene er høyere per kWh om sommeren enn om vinteren.

De faste kostnadene og den produserte energimengden derimot, påvirker LCOE'en i forskjellig grad avhengig av sesong. Den faste kostnaden, lyseblå og oransje, har relativt likt utgangspunkt, deretter divergerer kostnadene med variasjonsfaktoren.

For den produserte energien synker LCOE'en mer hyppig for sommermånedene enn ved vintermånedene. LCOE'en synker senest for vintermånedene, sammenlignet med den sommerbaserte og årlige LCOE'en. Det er sett fra de gule og grå kurvene i Figur 43 og Figur 44. Dette kan komme av at en reduksjon i 50%, variasjonsfaktor på 0,5, av den produserte energien om vinteren ennå er en stor nok energiproduksjon til å holde LCOE'en på et lavt nivå. Det er derimot motsatt for sommermånedene hvor produksjonen er så lav at en ytterligere 50% reduksjon, variasjonsfaktor på 0,5, vil føre til en relativt høyere økning i LCOE'en. Kurven til den Produserte energien i sommersesongen og vintersesongen konvergerer. Det vil at med en viss økning av variasjonsfaktoren vil LCOE'en være den samme, uavhengig av sesong. For eksempel ved en variasjonsfaktor på 50 vil økningen i produsert energi påvirke LCOE'en til sommermånedene og vintermånedene i like stor grad, med andre ord bli en like lav LCOE med

en økning i energi produsert. Med uendelige økning i produksjon vil LCOE'en til begge anleggene konvergere mot en LCOE på nært 0.

Gjennom den sesongbaserte sensitivitetsanalysen er det mulig å se at for å redusere LCOE'en i størst mulig grad vil det lønne seg å legge inn tiltak som kan øke energiuttaket om sommeren. Dette kan gjøres ved å koble oppvarmingen opp mot for eksempel tappevannet slik at behovet holder seg mer stabilt over året eller til oppvarming av for eksempel basseng. En annen mulighet er å koble på flere bygg til sentralene.

Årsaken til forskjellen i sommerbaserte og vinterbaserte sensitivitetsanalysen, er hovedsakelig at det er en høyere produsert energimengde som fører til at endringene blir forskjellige for månedene gjennom et års drift. Det er denne årsaken som hovedsakelig skiller de to sesongene.

Et negativt aspekt ved sensitivitetsanalysen i dette tilfellet, er at ved noen inputfaktorer er det en liten endring. Som for eksempel for diskonteringsrenten, som originalt er satt til 4% vil en variasjonsfaktor på 2 medføre en endring til 8%, mens ev variasjonsfaktor på 2 av levetiden medfører til en økning fra 20 til 40 år. Det fører til at ikke alle ytterpunktene er blir vurdert.

5.3 Analyse del 2: Andre energikilder

For å få et bilde av hvordan biobrenselanlegg stiller i forhold til andre typer energikilder og teknologier, ble det valgt å se på forskjellige i energikostnader til et utvalg av teknologier og energikilder. Dette blir først sett på månedsvis for 2016, for hver at teknologiene og tilhørende energikilde. Til slutt vises en årlig sammenligning av de forskjellige teknologiene og tilhørende energikildene.

Det ble valgt å sammenligne med 5 forskjellige typer kjeler og energikilder, og solfangere. Sammenligning av akkurat de kjelene og deres tilhørende brenslere ble valgt på bakgrunn av at den ukentlige Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) følger opp prisutviklinger på akkurat de brenslene. Det ble derfor ikke sammenlignet med oppvarming fra for eksempel biogass og bioolje, siden de ikke er fulgte opp av Energirapporten gjennom 2016. Formel 2 er benyttet, hvor LCOE totalt og LCOE brensel er hentet fra Sidelnikova et al. (2015, s. 139-184), mens månedlige brenselkostnader er hentet fra Energirapporten.

Brenselkostnadene ble ikke diskontert, siden det bare var sett på år 2016, hvor diskontering uten å se på endringer i fortiden eller fremtiden innen levetiden til teknologien, ville har ført til samme kr per kWh. Det fører til at sammenligning med kjel kostnadene som er diskontert for i Sidelnikova et al. (2015), og sammenligning med Biobrenselanlegg 150kWs og

Biobrenselanlegg 500kWs LCOE holder sammenligningsgrunnlaget. LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW og energikostnader vil derfor i denne delen av analysen være synonymt.

5.3.1 Generelle antakelser

Det er forskjellige antakelser og avgrensninger som er gjort i Sidelnikova et al. (2015), og bare de antakelsene som anses som vesentlige for sammenligning og beregning, vil bli gjentatt i oppgaven. Det vil si at noen antakelser ikke vil bli nevnt. Så for en full forståelse av de andre kostnadene til kjelene og solfangerne, se Sidelnikova et al. (2015) . For en full forståelse av brenslets antakelser, se Tekniske Nyheter (2017a).

Avgrensingen til teknologiene som sammenlignes med er basert på teknologier som varmer opp vann, og kan ligge nær sluttpunktet til der det oppvarmet vannet skal brukes. I tillegg må teknologien kunne brukes ved energisentraler. For enkelhets skyld ble det brukt kostnader for kjeler som har en ytelse på 150 kW for både Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW.

Forutsetninger om investeringskostnadene for biobrenselkjelene er de samme for alle kjelene, med tanke på prosjekteringskostnader, byggetidsrenter osv. Ved beregningene gjort av Sidelnikova et al. (2015, s. 9) er det valgt å ikke å forskjellig avkastningskrav til de forskjellige energikildene slik at det ikke er det som er driveren til forskjellen i LCOEen, men heller kostnaden ved å produsere energi. Dette gjelder for sammenligningen mellom Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW beregnet i 5.2.1.2, hvor det også er brukt et avkastningskrav på 4%. Alle virkningsgradene er momentane virkningsgrader.

5.3.2 Elkjel

For sammenligning med elkjeler ble beregningen gjort med bakgrunn i to strømpriser, som er brenselet til elkjeler. Den ene sammenligningen har bakgrunn i elektrisitetsprisene oppgitt i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a), mens den andre tar utgangspunkt i Lyse Elnett (2017) sine priser og vilkår for bedrifter. Kostnadene relatert til kjelen er, som nevnt, fra Sidelnikova et al. (2015). Tabell 15 viser kostnadene som er brukt til kjel beregningene.

Tabell 15: Elkjel kostnader (Sidelnikova et al., 2015, s. 141)

Ytelse	Enhet	150 kW
Virkningsgrad		98%
Investeringskostnader	kr/kW	1 405
Faste driftskostnader	Kr/kW/år	4
Variable kostnader eks brensel	Øre/kWh	0,1

Strøm, som da er brenselet for elkjeler, inkluderer flere variabler. Spotprisen er en av variablene. Månedsgjennomsnittet er vist i Tabell 16 under.

Tabell 16: Spotpriser (Nord Pool, 2016; Tekniske Nyheter, 2017a)

	Enhet	Energirapporten	Nordpool (NO2)
Januar	Kr/kWh	0,28155	0,2483
Februar	Kr/kWh	0,1688	0,18332
Mars	Kr/kWh	0,12255	0,20195
April	Kr/kWh	0,2018	0,20429
Mai	Kr/kWh	0,2078	0,2102
Juni	Kr/kWh	0,22055	0,22485
Juli	Kr/kWh	0,22055	0,21939
August	Kr/kWh	0,1928	0,20122
September	Kr/kWh	0,217466667	0,21446
Oktober	Kr/kWh	0,2948	0,27717
November	Kr/kWh	0,3522	0,33347
Desember	Kr/kWh	0,3522	0,27835
Gjennomsnitt	Kr/kWh	0,23609	0,23308

5.3.2.1 Kostnader basert på Energirapporten

Spotprisen i Tabell 16 over, og kostnadene som er fremvist punktvis under, er lagt til grunn for brenselkostnadene gjennom 2016. Alle kostnadene her er oppgitt i en variabel pris, det vil si avhengig av produksjon.

- Gjennomsnittspris fra NO1 (Øst- Norge), vist i Tabell 16
- Påslag på 1 øre per kWh
- El sertifikat påslag 2,1 øre/kWh
- Nettleie på 20 øre/kWh
- Forbruksavgift på 16,32 øre/kWh

Kostnadene over er lagt til kostnadene i Tabell 15. Virkningsgraden til kjelen er tatt hensyn til ved å gå ut fra at brensel behovet øker for å dekke forbruket, altså at det blir litt høyere energikostnad på brenselet/strømmen sin del, inkludert nettleien.

5.3.2.2 Kostnader basert på Lyse Elnett

Ifølge Lyse Elnett (2017) skal næringskunder med et forbruk høyere enn 80 kVA, ha effektmålt overføring. Nettsiden forklarer også at 80 kVA tilsvarer 200 A i 230 V-nettet og 125 A i 400 V-nettet. De oppgitte prisene stemmer overens med prisene oppgitt i en faktura fra Lyse Elnett, se vedlegg M. Fra fakturen er det også mulig å se at Biobrenselanlegg 500kW er en kundetype

av «lavspenning med måneds effektmåling». Kostnadene er vist i Tabell 17 under. Det antas videre at Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW er koblet til lav spenningsnett på 230 V. Effektuttaket fra energisentralen er beregnet på en forenklet måte, ved å dele forbruket på antall timer sentralen var i drift.

For denne sammenligningen ble det beregnet en egen energikostnad for brenselet/strømmen, siden det var nettleiekostnader som var oppgitt i kr/kW og det var da behov for å beregne kostnadene per kWh. I tillegg må Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW ha forskjellige priser siden det ble tatt ut forskjellige effekter. Disse blir kalt Elkjel 150kW og Elkjel 500kW

Det sees bort fra hvordan hver enkelt kunde, for eksempel skolen, hallen, bo og aktivitetssenteret, skal betale for «sin» effektpris. På den annen side vil sammenligningen med en elkjel være lik siden elkjelen også ville brukt tilsvarende effekt. Det er greit å merke seg at strømpris og effektpris ikke er det samme.

Tabell 17: Nettleie Kostnader Lyse Elnett (Lyse Elnett, 2017)

Fastledd	Variabel nettleie	Forbruksavgift	Aktiv effekt (vintermåned)	Reaktiv effekt (vintermåned)
kr/år	kr/kWh	Kr/kWh	kr/kW	kr/kW
18 800	0,045	0,16	75	40

Den månedlige spotprisen, kraftprisen, for denne beregningen er hentet fra Nord Pool sin nettside (Nord Pool, 2016). Ut fra et kart over Nord Pool, i Figur 45, er det mulig å se at Rogaland Fylke tilhører sone NO2. Derfor ble historiske priser fra Kristiansand valgt.



Figur 45: Nordpools budgivningsområder (Nord Pool, u.å.)

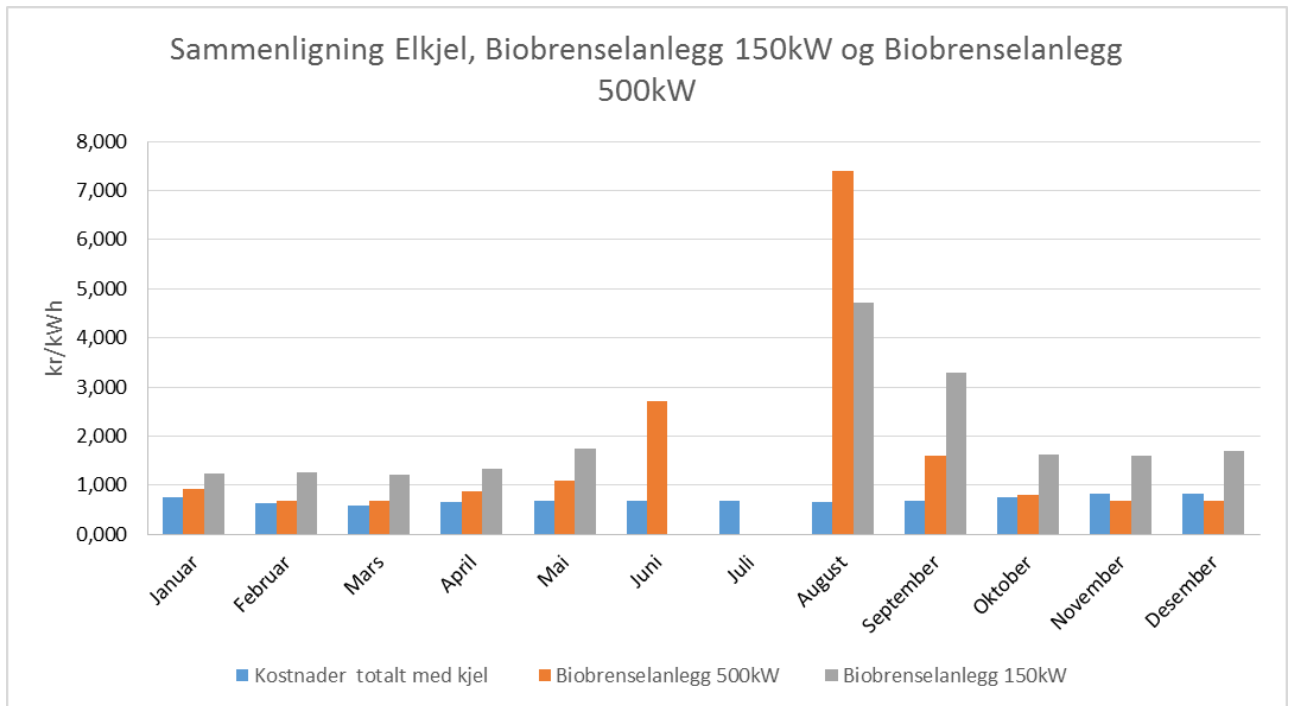
I tillegg til Elspot prisene legger Lyse Elnett på et fastprispåslag på 11,5 kr per måned, samt fornybargaranti på 0,20 øre/kWh. Disse kostnadene er vist i Tabell 18 under og er hentet fra vedlegg M faktur fra Lyse Elnett

Tabell 18: Andre kraft kostnader fra vedlegg M.

	Kr/kWh
Garanti for fornybar (kr/kWh)	0,0025
Fastprispåslag per måned (kr)	11,5

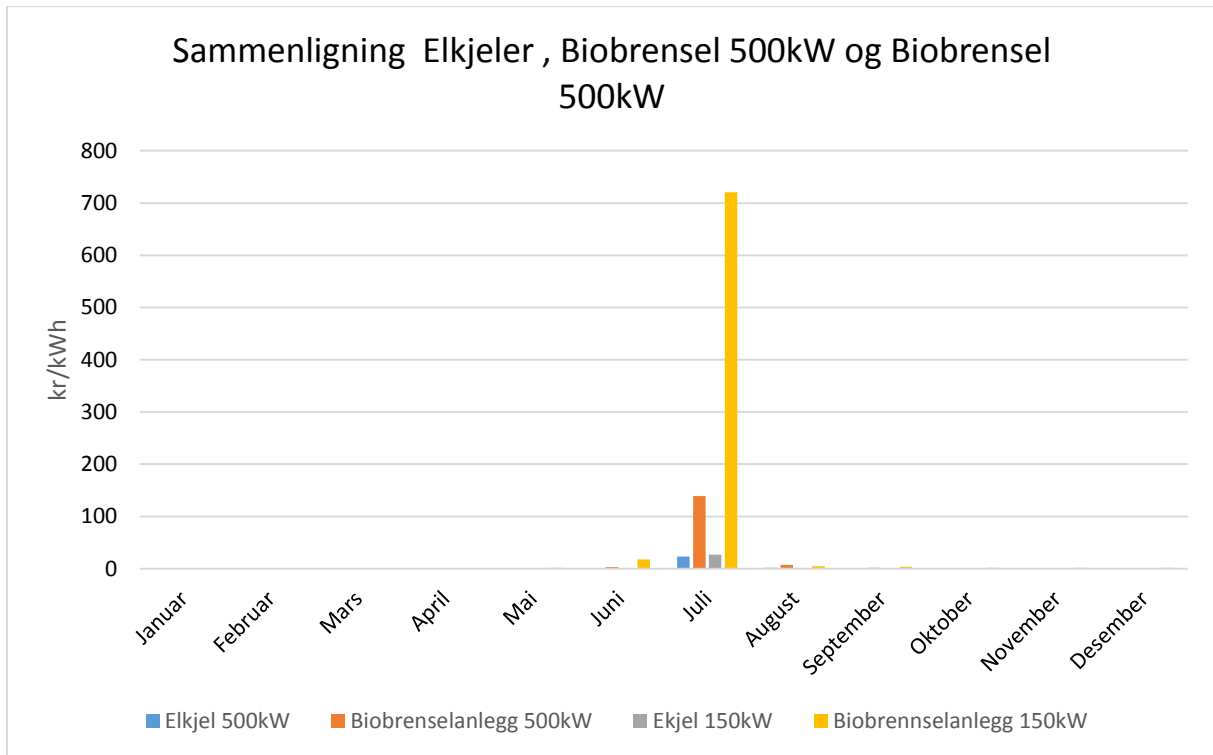
5.3.2.3 Resultat

Figur 46 viser sammenligningene mellom biobrenselanleggene og en mulig elkjel. Her måtte også de to mest ugunstige månedene til biobrenselanleggene fjernes, for å se sammenhengene i grafen. Ut fra grafen er det mulig å se at elkjelen har en lavere kostnad enn Biobrenselanlegg 150kW i alle månedene. Mens Biobrenselanlegg 500kW har lavest kostnad i november og desember.

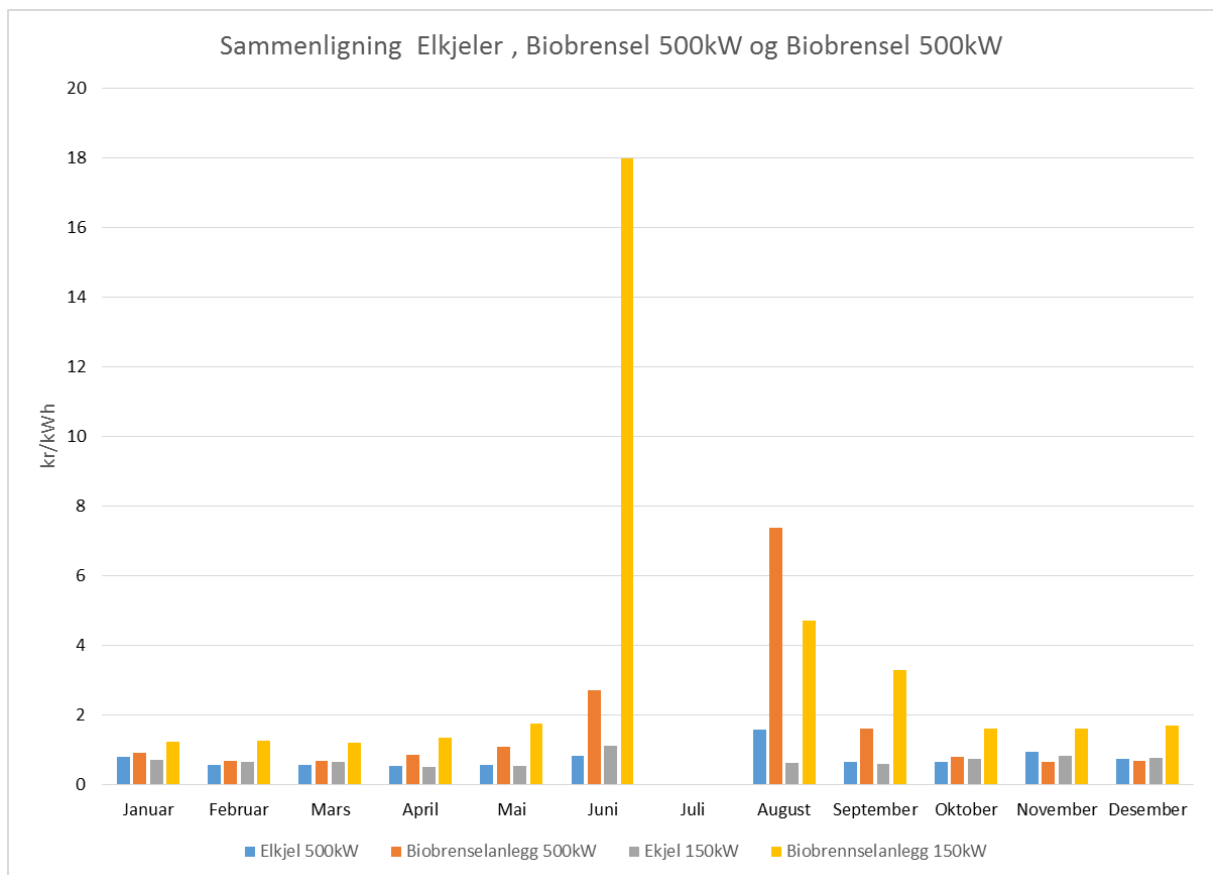


Figur 46: Sammenligning Elkjel med brenselspris fra Energirapporten, Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW

Figur 47 og Figur 48 viser sammenligningen med elkjel kostnadene som tar hensyn til effektuttaket. Resultatet er vist i to tabeller for å se resultatet av de kostnadene som er høye, og de kostnadene som er lave. Resultatet viser at Biobrenselanlegg 500kW har lavest kostnader i november og desember. Mens elkjelene er billigst i de resterende månedene. Igjen er det Biobrenselanlegg 150kW som peker seg ut med relativt høye kostnader i juni. Dette kommer som nevnt av at den faste Kostnaden må betales, uavhengig av energiuttak.



Figur 47: Sammenligning av Elkjeler med brenselpriser fra Lyse Elnett, og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW



Figur 48: Sammenligning av Elkjeler med brenselpriser fra Lyse Elnett, Elkjel 500kW og Elkjel 150kW, og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, uten juli måned

Biobrenselanlegg 500kW biobrenselanlegg har lavest energikostnad i november og desember, uavhengig av beregningsmetode av elektrisitetsprisen.

5.3.2.4 *Diskusjon*

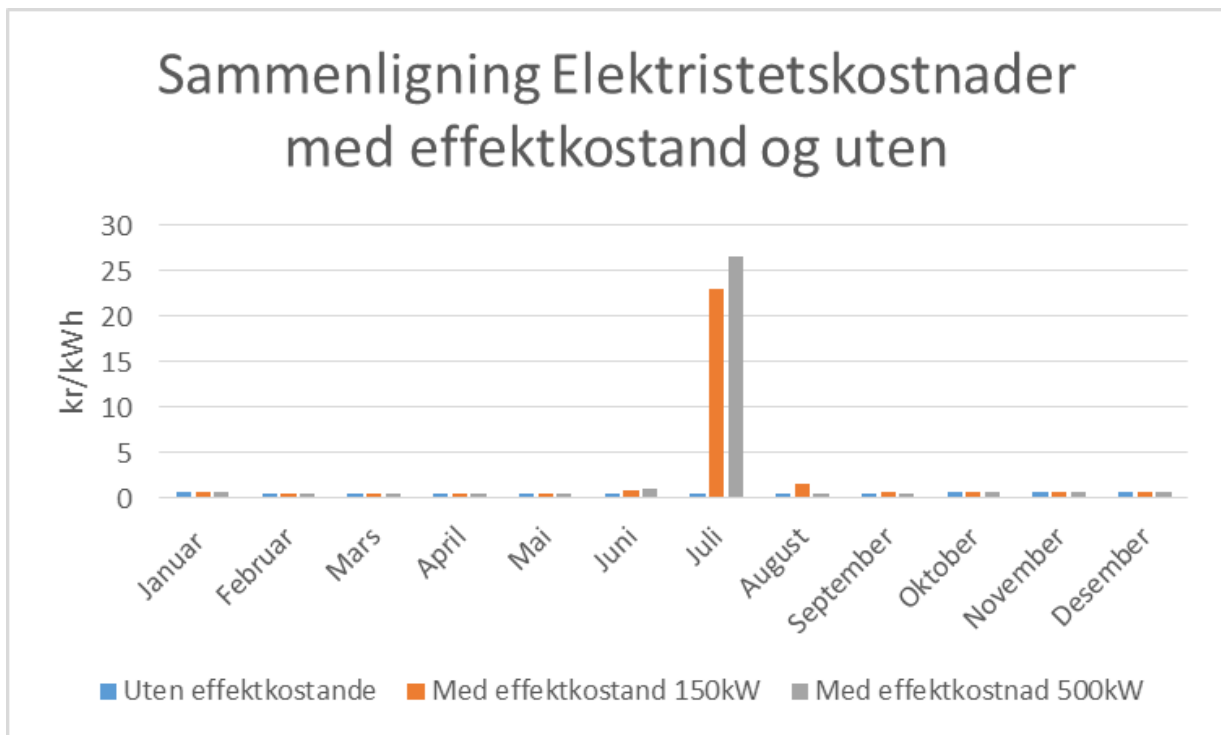
Det er, som nevnt, tatt hensyn til effektuttaket gjennom Lyse Elnett sine kostnader, men det kan diskuteres hvor pålitelig det estimerte effektuttaket fra anlegget er. Det er sannsynlig at effektuttaket er høyere enn produsert energi delt på driftstid, slik som beregningene er gjort. Antagelsen om høyere effektuttak er sannsynlig fordi forbrukskurven til sentralene tilsier at energien ikke dekker tappevannet, men heller romoppvarming. Dette kan føre til at effektuttaket er intradag, variere gjennom dagen. Det vil si at det sannsynligvis er et høyere uttak om dagen og mindre om natten. Dette gjelder for eksempel for skolen. Om anleggene hadde dekket tappevannet, ville temperaturen holdes relativt jevn gjennom døgnet. Da ville brukt beregningsmetode være mer pålitelig. På den annen side må tappevannet varmes til en høy temperatur en gang om dagen for å unngå legionella, som hadde ført til et høyt effektuttak og mindre jevnhet i effekt (Aei, u.å.), om biobrenselanlegget dekket tappevannet.

På grunn av muligheten for at effektuttaket brukt til beregningene er for lave, var det interessant å se hvor mye effektuttaket måtte stige for at biobrenselanleggene skulle ha lavest energikostnader. Biobrenselanleggene påvirkes ikke av effektuttaket slik som elkjeler, som kan ha et ekstra kostandsledd som påvirkes av denne faktoren, avhengig av hvilke beregningsmetode og forutsetninger som er tatt. For at Biobrenselanlegg 500kW skal ha lavest energikostnad i forhold til elkjelen, må effektuttaket økes med 45% i januar, 53% i februar og 69% i mars, mens den må øke med 88% i oktober. For at Biobrenselanlegg 500kW ikke skal ha den laveste energikostnad i november, må effektuttaket synke med 65%. For at Biobrenselanlegg 150kW skal ha lavest kostnader må effektuttak vil måtte øke i mye større grad. Gjennomsnittlig økning for energiuttaket må være 5 ganger så mye som det er i 2016. Disse økningene forutsetter at de andre faktorene som spottpriser og årsavgifter holdes konstant.

Effektuttaket til Biobrenselanlegg 150kW må øke mye mer enn for Biobrenselanlegg 500kW. Det gir mening siden Biobrenselanlegg 150kW er en mindre sentral med lavere installert effekt, og tar derfor ikke ut like store effekter som Biobrenselanlegg 500kW.

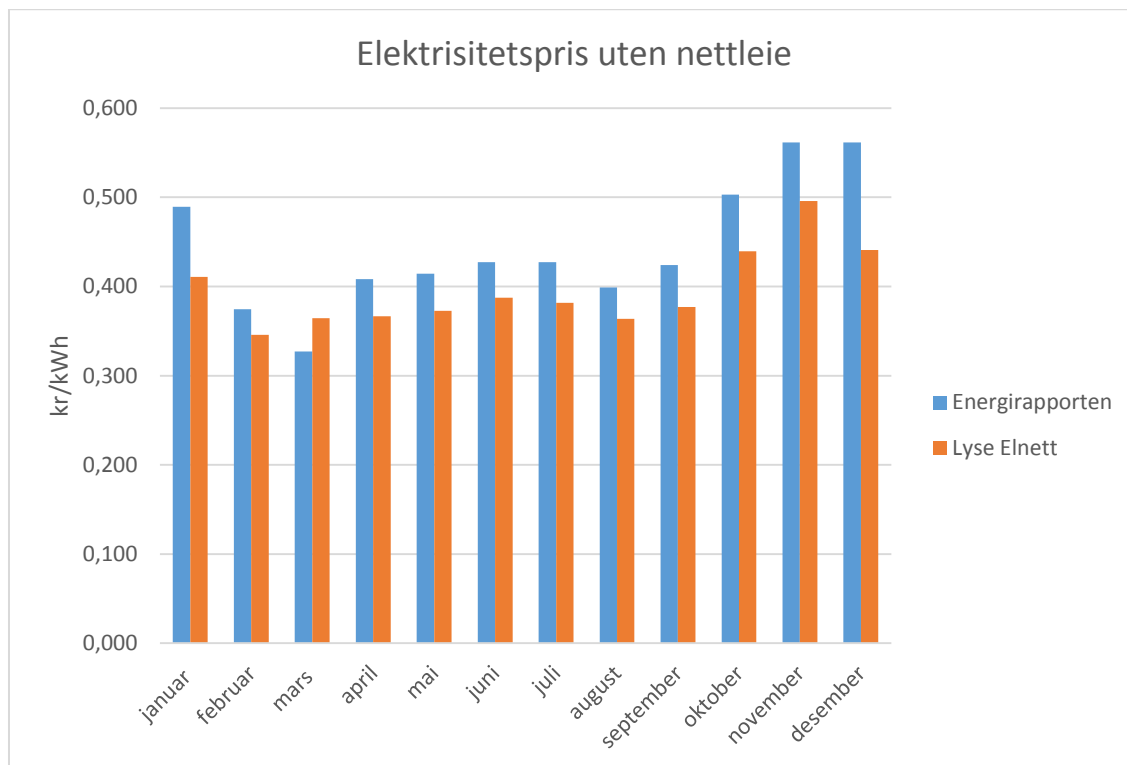
Når det kommer til sammenligning av elektrisitetskostnadene, er det et stort sprik mellom hvordan elektrisitetskostnadene er gjennom året. Energifkostnaden som tar hensyn til effekt, ble høyere, igjen grunnet at det var et fast beløp i form av nettleie som må betales uavhengig av

energiuttak. Energikostnaden fra Energirapportene (Tekniske Nyheter, 2017a) var bare variable, det vil si avhengig av energi produsert. Dette er vist i Figur 49.



Figur 49: Sammenligning elektrisitetskostnader med og uten effekt

Resultatet av kostnadene til Lyse Elnett sine kostnader blir noe upålitelig og misvisende, fordi nettleien er høyest i sommermånedene for begge elkjellene, på grunn av de faste årlige kostnadene og lavt energiuttak. Dette er ikke tilfelle siden det som regel er høyest effektuttak om vinteren når det er mer behov for oppvarming.



Figur 50: Elektrisitetspris uten nettleiekostnader

Figur 50 viser hvordan elektrisitetskostnadene blir om det ikke tas hensyn til nettleieprisene. Denne forskjellen er mye mindre, og hadde ført til at de totale energikostnadene hadde vært likere. Denne kostnaden inkluderer spottprisen og forbruksavgifter. I tillegg inneholder Energirapportens kostnader en tilleggsavgift og Lyse Elnett sine kostnader inneholder en fornybar garanti avgift. Dette tyder på at det er nettleien i de forskjellige beregningsmetodene som er begrunnelsen for forskjellen.

På den annen side, ved beregning av hvor mye elektrisiteten vil koste, kan den faste nettleien sees bort fra. Dette er fordi om anleggene allerede er tilkoblet strøm, trengs det bare å betale de variable kostnadene som aktiv og reaktiv effekten.

5.3.3 Andre faste biobrensler

I dette delkapittelet sammenlignes flere typer faste biobrensler, og deres tilhørende kjøpskostnader. Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) følger utviklingen til flere faste biobrensler. Disse er briketter, pellets og flis ved mer enn 35% fuktighet og mindre enn 35% fuktighet.

5.3.3.1 Antakelser og fremgangsmetode

Utgangspunktet for sammenligning med Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kWs sesongbaserte kostnader var kjelkostnadene fra Sidelnikova et al. (2015, s. 151), og

brenselskostnader fra Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a). Kjelkostnaden og brenselskostnadene er vist i Tabell 19. I Sidelnikova et al. (2015, s. 151) er kjeler til pellets og flis analysert, men ikke kjeler til briketter. Det ble derfor antatt at kjeler som bruker briketter hadde samme kostnader som kjeler som bruker pellets.

Brenselskostnadene er stabile gjennom året. Når det kommer til virkningsgrad, er den tatt hensyn til med brenselet som utgangspunkt. Det vil si det trengs mer brensel, altså innfyrt brensel, til å få ut en gitt mengde energi.

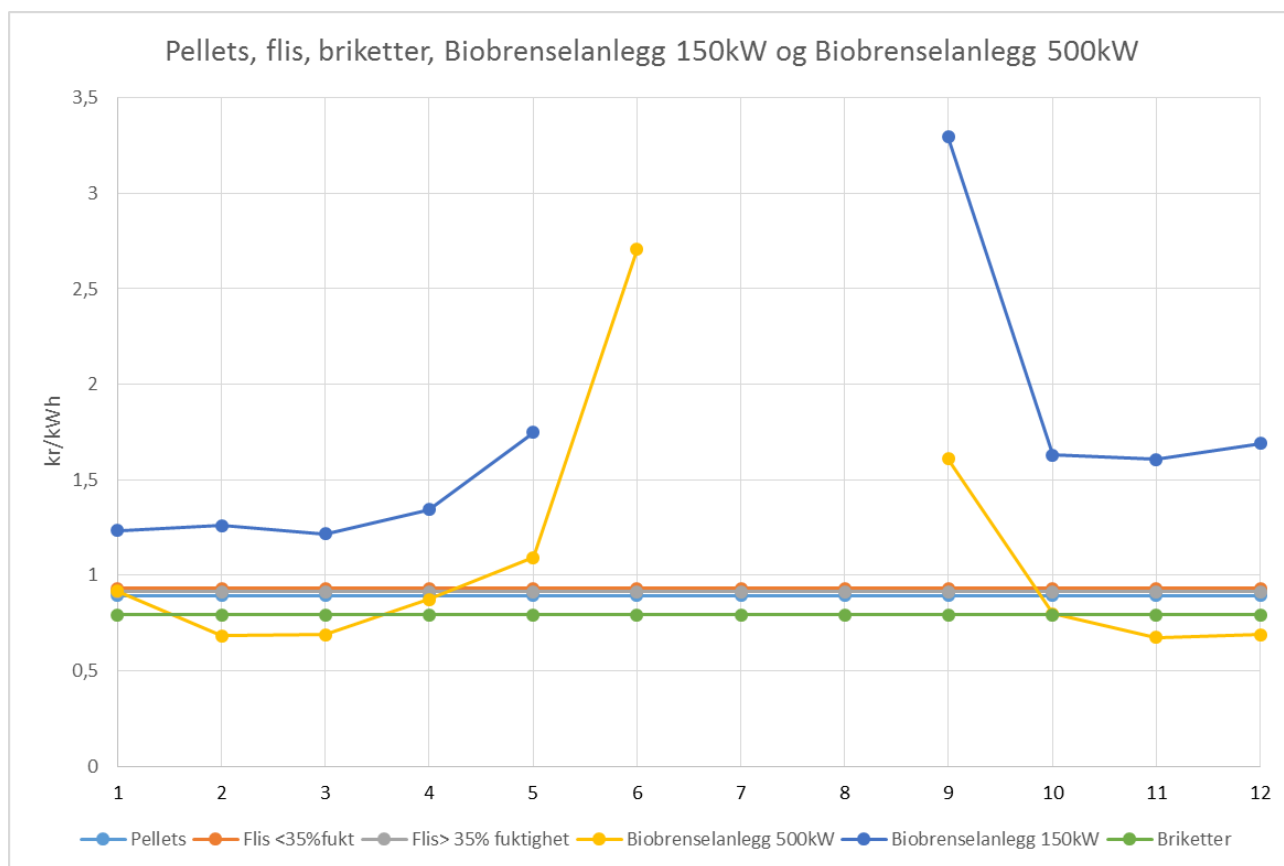
Tabell 19: Brenselskostnader for faste biobrensler (Sidelnikova et al., 2015; Tekniske Nyheter, 2017a, s. 152)

Brensel	Energikostnad (øre/kWh)	Kjelkostnadene (øre/kWh)
Briketter	19,4	58,3
Pellets	29,1	58,3
Flis > 35 % fuktighet	18,5	71,4

Brenselskostnadene har blant annet, utgangspunkt i opplasting ved fabrikk eller terminal. Andre antakelser gjort i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) for brenselskostnader, kan leses der.

5.3.3.2 Resultat

For å sammenligne resultatet av den sesongbaserte kostnaden til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW i Figur 51, måtte de dyreste månedene fjernes. Resultatet viser at Biobrenselanlegg 500kW har den lavest energikostnadene i de fleste månedene som er karakterisert som vintermånedene, februar, mars, oktober, november, desember, mens en kjel som er driftet med briketter, er billigst i januar og sommermånedene. Biobrenselanlegg 150kW, derimot, er har høyest energikostnad i alle månedene. Resultatet er vist i vedlegg G.



Figur 51: Sammenligning av anlegg som går på briketter, pellets, flis og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.3.3.3 Diskusjon

Noen av de estimerte variablene brukt i beregningene har sine begrensninger. Sidelnikova et al. (2015) bruker nesten de samme drifts- og vedlikeholdskostnadene for kjelene, selv om de utnytter forskjellige brensel. En merkbar drift- og vedlikeholdskostnad kommer derimot frem i størrelsesorden på 30 MW, hvor det nesten er en dobling i vedlikeholdskostnader fra fuktig flis til pellets.

Den forutsetningene om nesten like vedlikeholdskostnader er kanskje ikke tilfelle, vist i Kåre Gunnar Fløystad (2013, s. 33), hvor det er klart flere driftsstopp og dermed vedlikehold, for flisanlegg til sammenligning med halm og ved. Dette resultatet viser at det er forskjell mellom vedlikeholdskostnadene, avhengig av brensel. På den andre siden, undersøkes denne forskjellen for ved, flis og halm, og ikke briketter og pellets. Størrelsesordenene er på mellom 19 – 600 kW (Kåre Gunnar Fløystad, 2013, s. 3), hvor Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW passer inn.

En svakhet ved bruk av kostnadene i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) er at kostnadene er beregnet med utgangspunkt i opplastning ved terminal eller fabrikk. Dette blir ikke tatt hensyn til ved sammenligningen av brenselstypene. Siden energiinnholdet per kg er høyere ved mer bearbeidet brensel, vil det føre til at det trenges en større lastebil for å transportere lik mengde energi til slutt punktet, eventuelt flere turer. På en annen side er det gjennomsnittlig 15,3 km (Vivestad, 2016, s. III) fra fabrikk/terminal til anlegg, slik at denne faktoren kanskje ikke utgjør en så stor forskjell. Dette gjelder for eksempel med fuktig flis og pellets.

En annen sammenligning som kunne blitt gjort, var å ta i bruk de årlige kjelkostnadene beregnet fra delkapittel 5.2.1.2. Resultatet hadde da blitt en sensitivitetsanalyse i forhold til hvor følsom LCOE'en er til brenselskostnadene, fordi det er den eneste faktoren som hadde blitt endret i den analysens tilfelle. Tabell 20 viser hvordan endringen i den årlige LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW da hadde blitt. Disse verdien kan også leses av fra Figur 41 og Figur 42, med variasjonsfaktor som variabel. Denne faktoren tas med som diskusjonselement, siden den hadde flere begrensninger og resultatet allerede er vist i Figur 41 og Figur 42.

Tabell 20: Resultat av endring i LCOE fra delkapittel 5.2.2.1, Figur 41 og Figur 42

Brensel	Variasjonsfaktor	LCOE Biobrenselanlegg 500kW	LCOE Biobrenselanlegg 150kW
Utgangspunkt	1	0,964	1,096
Briketter	0,928	0,946	1,078
Pellets	1,39	1,059	1,191
Flis > 35 % fuktighet	0,8851	0,934	1,068

5.3.4 Varmepumper

Når det kommer til varmpumper, har de samme brensel kilde som elkjelen, altså elektrisitet. Det ble valgt å sammenligne med elektrisitet som tar utgangspunkt i effektbehov og faste kostnader fra Lyse Elnett, slik at sammenligningsgrunnlaget ble jevnere med tanke på at Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW også har faste kostnader.

5.3.4.1 Antakelser

Det er tre forskjellige typer varmpumpe som er sammenlignet med. En luft-til-vann varmpumpe, og to væske-vann varmpumper som bruker grunnvarme som varmekilde. Grunnvarmen har utgangspunkt i to utgangstemperaturer, en med utgangstemperatur på 50 °C

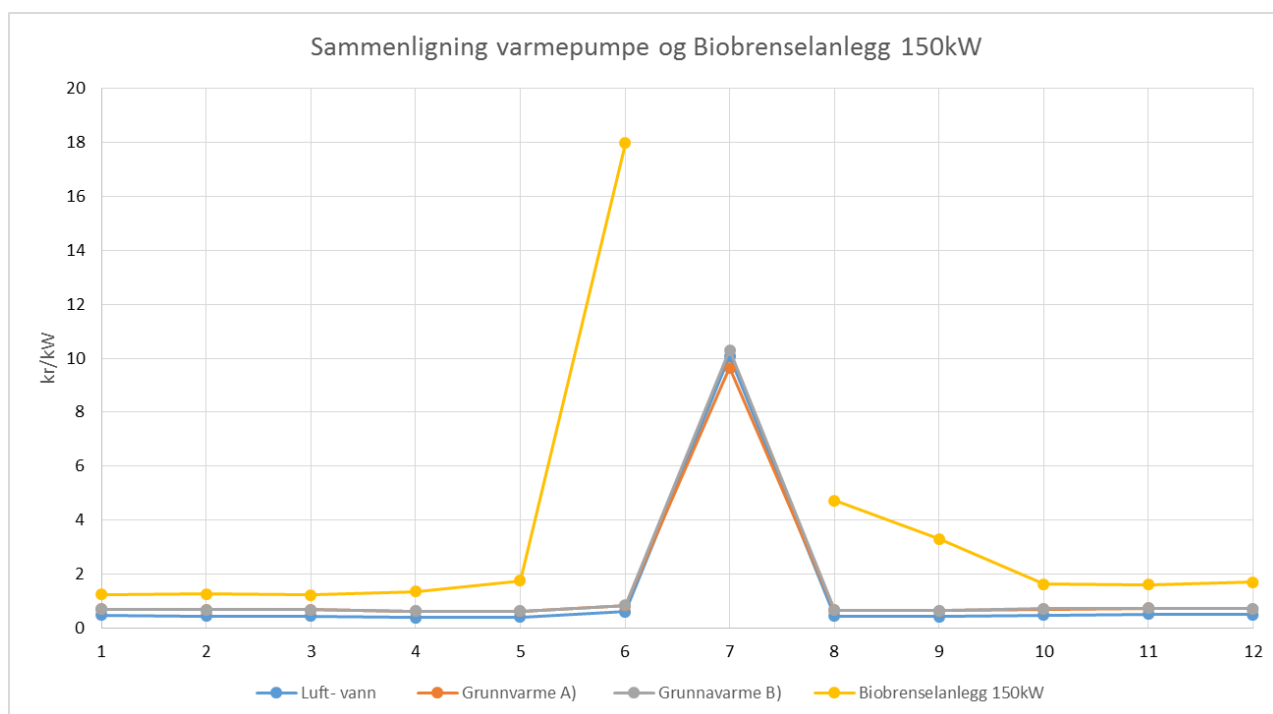
og en med 70°C. Tilhørende effektfaktor, også kalt COP, for de tre varmepumpene er henholdsvis 2,7, 2,9 og 2,7. Antakelsene som er lagt til grunn i beregningene, er vist i Tabell 21.

Tabell 21: Antakelser for beregninger med varmepumper (Sidelnikova et al., 2015, s. 166, 168)

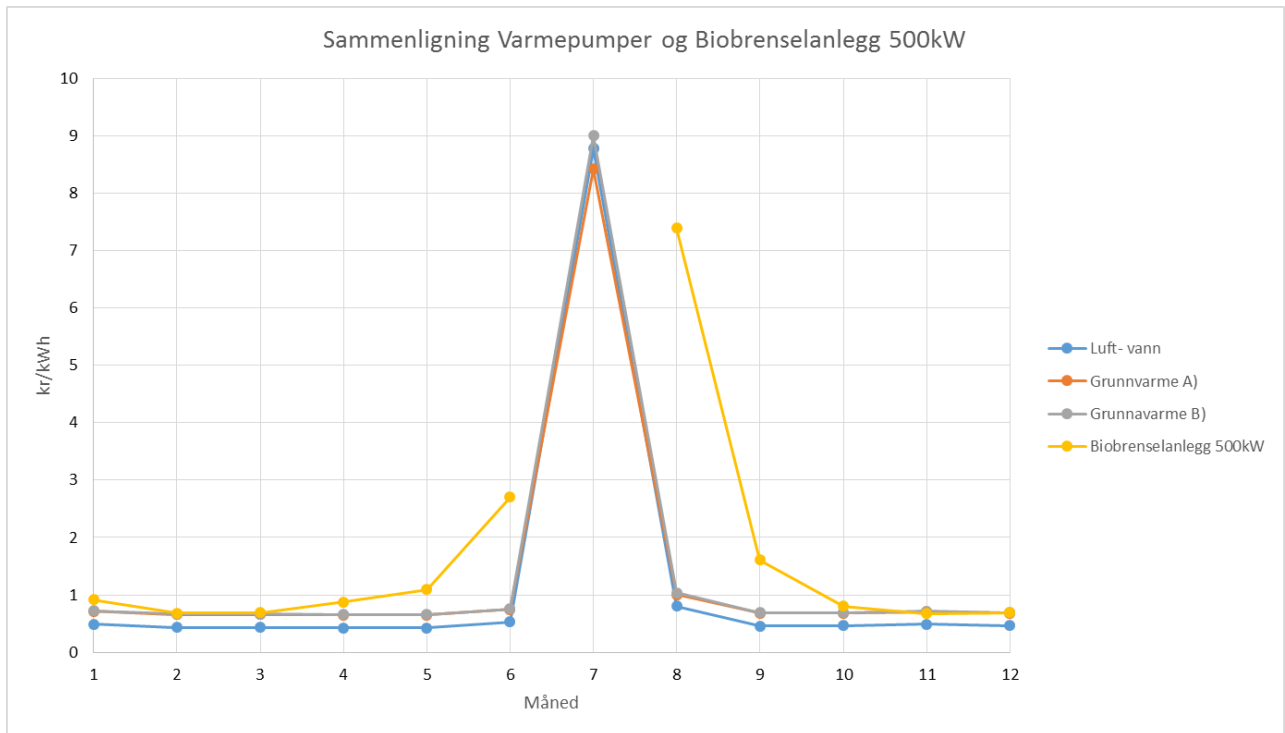
Varmepumpe	Luft-til- vann	Grunnvarme 50 °C	Grunnvarme 70°C
Utgangstemperatur	50 °C	50 °C	70°C
Effektfaktor/COP	2,7	2,9	2,7
LCOE uten brensel	0,2189 kr/kWh	0,45859 kr/kWh	0,449 kr/kWh
Brensel	Se delkapittel 5.3.2.2	Se delkapittel 5.3.2.2	Se delkapittel 5.3.2.2

5.3.4.2 Resultat

Figur 52 og Figur 53 viser resultatet for sammenligningen. Igjen ble de minst gunstige månedene for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW ekskludert fra grafen. Biobrenselanlegg 150kW var dyrere enn alle varmepumpeløsningene, mens luft- til- vann varmepumper har den laveste energikostnaden. Biobrenselanlegg 500kW, derimot, har relativt lik energikostnad som grunnvarmepumpene i vintermånedene. Utrekningene er vist i vedlegg H.



Figur 52: Sammenligning Biobrenselanlegg 150kW med varmepumper



Figur 32: Sammenligning Biobrenselanlegg 500kW med varmepumper

5.3.4.3 Diskusjon

Ved å bruke elektrisitetskostnaden, som tar hensyn til effekt uttaket til elkjelene, kan det føre til feil. Dette fordi det med varmepumpen ikke trengs å ta ut like høy effekt på grunn av COP'en til varmepumpen. Varmepumper kan brukes til kjøling og ikke bare varme (Sidelnikova et al., 2015, s. 158). Dette kan fører til at investeringskostnadene til et bygg som helhet blir lavere.

Sidelnikova et al. (2015, s. 166-170) beregner LCOE til luft-til-vann varmepumper til å være 45,5 øre/kWh, mens grunnvarmepumpene, med utgangstemperatur på 50°C, til å ha en LCOE på 68,1 øre/kWh og 68,7 øre/kWh med utgangstemperatur på 70°C. Dette er noe lavere kostnader enn det som kommer frem av beregningene gjort i denne oppgave.

5.3.5 Fyringsoljekjel

En sammenligning med bioenergi kostnadene opp mot fyringsolje er gjort i dette delkapittelet.

5.3.5.1 Antakelser

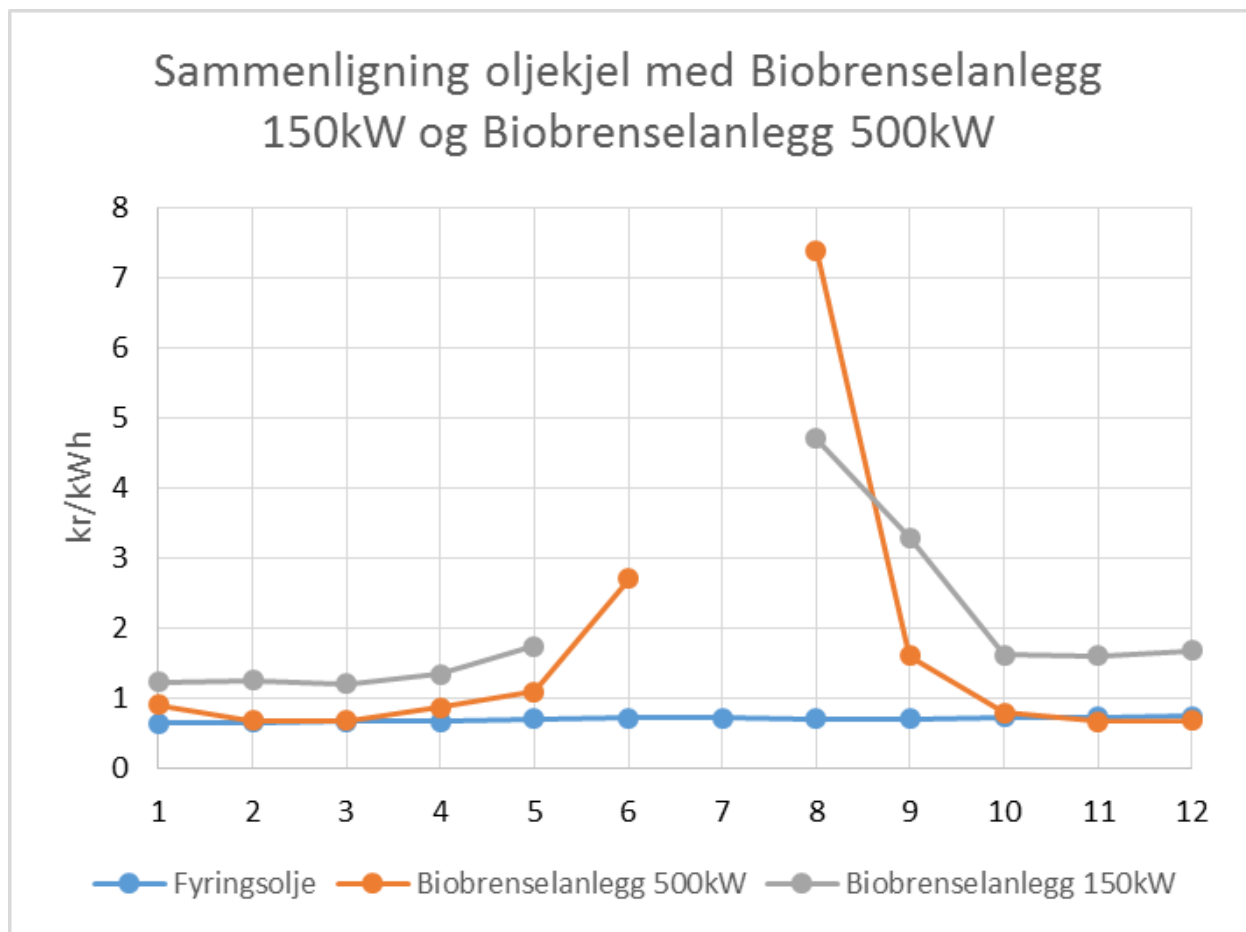
Kjel kostnadene til fyringsolje er satt til 5 øre/kWh (Sidelnikova et al., 2015, s. 143), kjelene som hadde en effekt på minst 1MW, som da ble brukt i utregningene. De månedlige fyringsoljeprisen er vist i Tabell 22. Fyringsoljeprisene inkluderer en rabatt på 22% for større bedriftskunder. Prisen inneholder også mineraloljeavgifter. Det anatas at mineraloljeavgiften inkluderer CO₂-avgifter og grunnavgifter. Utregningen er vist i vedlegg I.

Tabell 22: Gjennomsnittspriser fyringsolje (Tekniske Nyheter, 2017a)

	Gjennomsnittspris (øre/kWh)
Januar	55,43333333
Februar	55,66666667
Mars	57,325
April	57,475
Mai	60,4
Juni	62,3
Juli	62,3
August	60,675
September	60,73333333
Oktober	62,9
November	63,04
Desember	64,4

5.3.5.2 Resultat

For å sammenligne resultatet i graf format måtte de dyreste månedene til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW fjernes. Biobrenselanlegg 500kW har den lavest energikostnaden i februar, mars, oktober, november og desember. Biobrenselanlegg 150kW, derimot, er dyrere enn oljekjel alternativet.



Figur 53: Sammenligning oljekjel med Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW

5.3.5.3 Diskusjon

Siden det ble benyttet kostnader til kjeler som hadde en effekt på 1MW, kan det ha ført til billigere kostnader enn de reelle for et anlegg på 150 kW. Fordi det sannsynligvis er lavere investeringskostnad per energimengde produsert, ved større anlegg.

Når det kommer til bruk av oljefyring, oppstår et problem som faste biobrenselanlegg ikke har, nemlig muligheten for lekkasjer som kan være skadelig for huset. I verste fall kan lekkasjen spre seg til grunnmuren og hele huset må rives (Dølgård, 2017).

Resultatet av energiprisen til fyringsoljekjelen i denne oppgaven har noe forskjellige fra LCOE'en som kommer frem i Sidelnikova et al. (2015). Den høyeste energikostnaden beregnet i oppgaven er 0,9833 kr/kWh, mens LCOE utregnet i Sidelnikova et al. (2015, s. 148) beregner en energikostnad på 1,14 kr/kWh. Dette avviket kan komme av at Sidelnikova et al. (2015) bruker høyere brensel og avgifts priser enn det som er oppgitt i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a). I tillegg har Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) grunnlag i at det er

22% rabatt for bedriftskunder. Til tross for rabatter, er Biobrenselanlegg 500kW mer gunstig i februar, mars, november og desember.

5.3.6 LPG kjel

I denne delen av analysen vises forskjellen i energikostnader til en gass kjel og Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. I følge LPG Norge er det mulig å si at LPG (Liquefied Petroleum Gas) er det samme som ren propan i Norge (Propan Norge Lpg, 2017b). Dette fordi frysegenskapene til propan er egnet for norske forhold (Sidelnikova et al., 2015, s. 17).

5.3.6.1 Antakelser:

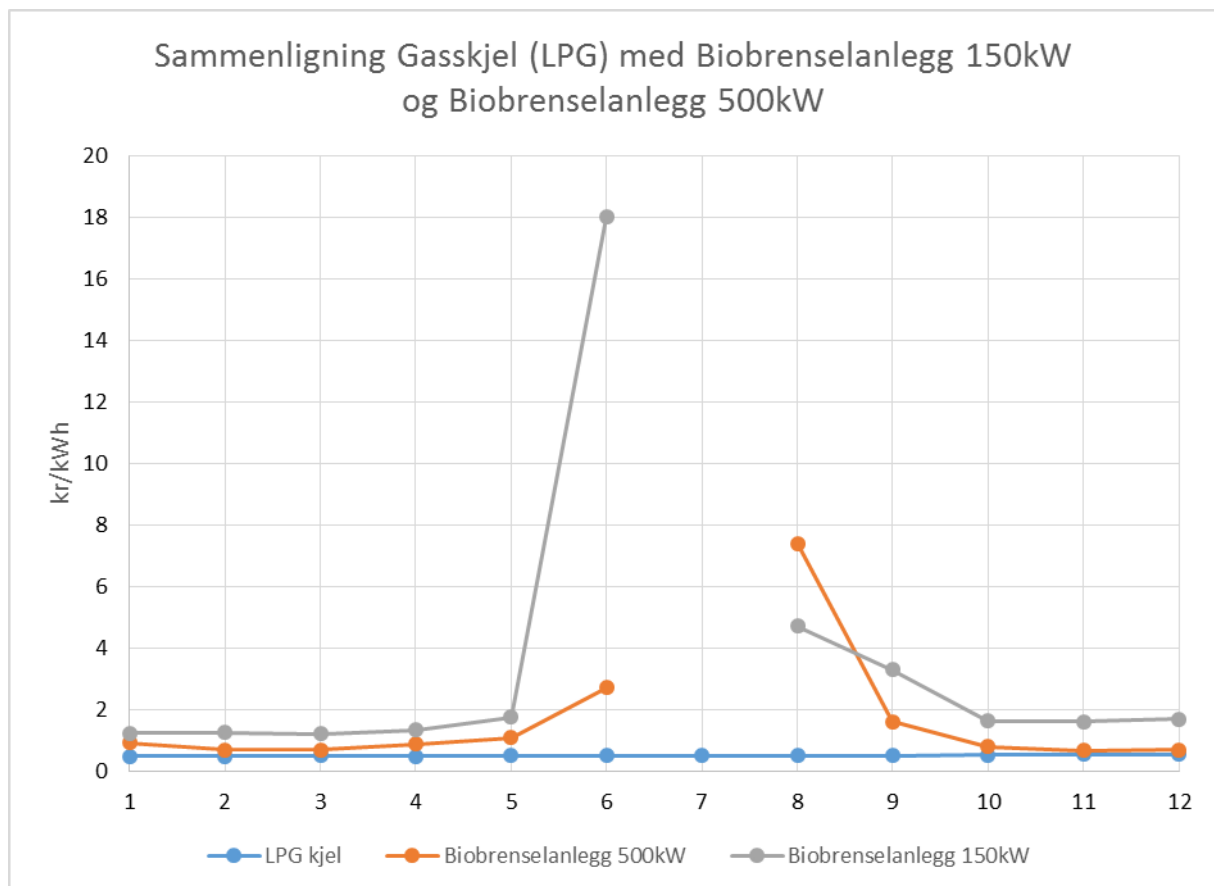
Her er LCOE'en uten brenselkostnader satt til 11,4 øre/kWh. Propan prisen er vist i Tabell 23. Antagelser gjort i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) for brenselkostnadene, kan leses i Energirapporten.

Tabell 23: Gjennomsnittspriser propan(Tekniske Nyheter, 2017a)

	Gjennomsnitt (Øre/kWh)
Januar	36,125
Februar	35,9
Mars	38,1
April	37,82
Mai	39,75
Juni	39,375
Juli	39,375
August	37,95
September	38,67
Oktober	41,8
November	42,425
Desember	44

5.3.6.2 Resultat

Resultatet av sammenligningen er vist i Figur 54. For å sammenligne resultatet i graf format måtte de dyreste månedene til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW fjernes her også. Resultatet viser at Biobrenselanlegg 150kW er dyrest i alle månedene, mens Biobrenselanlegg 500kW har like kostnader som LPG kjelen i februar, mars, november og desember.



Figur 54: Sammenligning gasskjel (LPG) med Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.3.6.3 Diskusjon

Sidelnikova et al. (2015, s. 148) kommer frem til en total LCOE på 88,1 øre/kWh, mens en sammenligning med den høyeste prisen beregnet i denne oppgaven, med kjelekostander og 2016 sine propanpriser, viser en kostnad på 55,4 øre/kWh. Den lave kostnaden for kjele kan komme av at propanprisen har vært lav, som sett fra Tabell 23, i forhold til Sidelnikova et al. (2015, s. 37) som bruker en energikostnad på 78,78 øre/kWh.

Her kan det diskuteres hvor bra LPG er i forhold til miljøet. Forbrenning av LPG fører til en økning av CO₂. I tillegg er det ikke uendelig med tilførsel av propan, siden det er et biprodukt av naturgass, og derfor ikke er en fornybar energikilde (Propan Norge Lpg, 2017a).

Det hadde vært mulig å sammenligne med andre former for gass, som for eksempel naturgass. Men dette ble ikke gjort siden tallene oppgitt i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) refererer til prisen i det engelske markedet og det ble sett på som utenfor oppgavens omfang å beregne kostnadene frem til sluttbrukere i Norge.

5.3.7 Solfangere

Det ble også valgt å sammenligne solfangere med biobrenselanlegg. Dette er fordi biobrenselanlegg og solfanganlegg i utgangspunktet utligner hverandre, på det viset at det er mye sol om sommeren, når kostnadene per kWh er høye for biobrenselanlegg. Samtidig som det er høye kostnader for solfangeranlegg om vinteren, når det er mindre sol.

Denne beregningen er gjort på et litt annet vis enn de overgående energikildene og teknologiene, siden det bare var tilgjengelig kostnader i Sidelnikova et al. (2015, s. 178-183) for en gitt størrelse solfangeranlegg. Det vil si de foregående energikildene og teknologiene har utgangspunkt i at det er et forbruk som skal dekkes, mens solfangerne har en gitt mengde solfangerareal som kan produsere en gitt mengde energi. Denne solfangerkostnaden er diskontert for, noe de andre sammenlignede energikildene ikke er.

5.3.7.1 Antagelser

Det ble først hentet solinnstrålingsdata hos Landbruksmeteorologisk Tjeneste (2016) fra en værstasjon som heter Særheim. Denne værstasjonen ligger i Rogaland fylke og Klepp kommune. Det ble lastet inn timesverdier fra 2016 som viser gjennomsnittet av solinnstrålingen, timen etter måletidspunktet. Denne dataen ble så summert for å finne månedlig solinnstråling. Solinnstrålingens dataen er målt på en horisontal flate (Landbruksmeteorologisk Tjeneste, 2017). Solinnstrålingen finnes i vedlegg K. Den årlige solinnstrålingen kom til 935 kWh/m².

Deretter ble det sett på kostnader fra Sidelnikova et al. (2015, s. 178-180). Det anlegget som passet best til caset av de investeringskostnadene presenter i Sidelnikova et al. (2015), var et solfanger anlegg som hadde et areal på 300 m². Inndataen som ble brukt til beregningene, er vist i Tabell 24.

Tabell 24: Forutsetninger solfangeranlegg (Sidelnikova et al., 2015, s. 181)

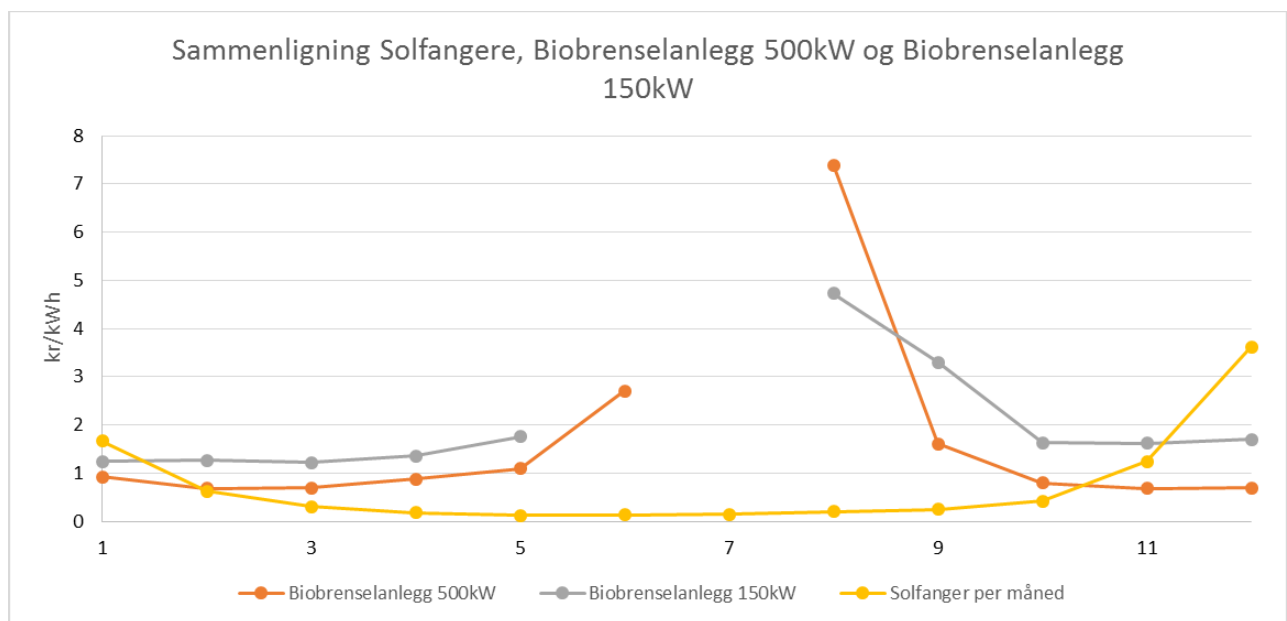
Areal solfangere	300 m²
Levetid	25 år
Investeringskostnaden	990 000 kr
Drifts- og vedlikeholdskostnader	1% av investeringskostnaden

Det er ikke tatt hensyn til virkningsgraden, siden Sidelnikova et al. (2015) ikke nevner noe om det og definerer heller ikke om det er plane eller vakuum solfangere som er brukt til beregningene. Det er derimot tatt utgangspunkt i solinnstrålingen på horisontalt plan, som nevnt

over, noe som reduserer strålingen som når platen. Dette utlignes delvis for manglende hensyn til virkningsgrad.

5.3.7.2 Resultat

Figur 55 viser resultatet fra den beregnede variable LCOE'en per måned til solfangeranlegget, LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW.



Figur 55: Sammenligning Solfangeranlegg, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

Resultatet viser at solfanger kostnadene som er sesongbasert, er billigst i sommermånedene, fra og med mars til og med september.

På den annen side vil et solfangeranlegg på 300 m² og solinnstrålingene for 2016, bare ha muligheten til å dekke inn forbruket til Biobrenselanlegg 500kW i juni, juli og august, mens forbruket til Biobrenselanlegg 150kW vil være dekket i mai, juni, juli og august. Den årlige LCOE'en til solfangeranlegget ble beregnet til 0,745 kr/kWh.

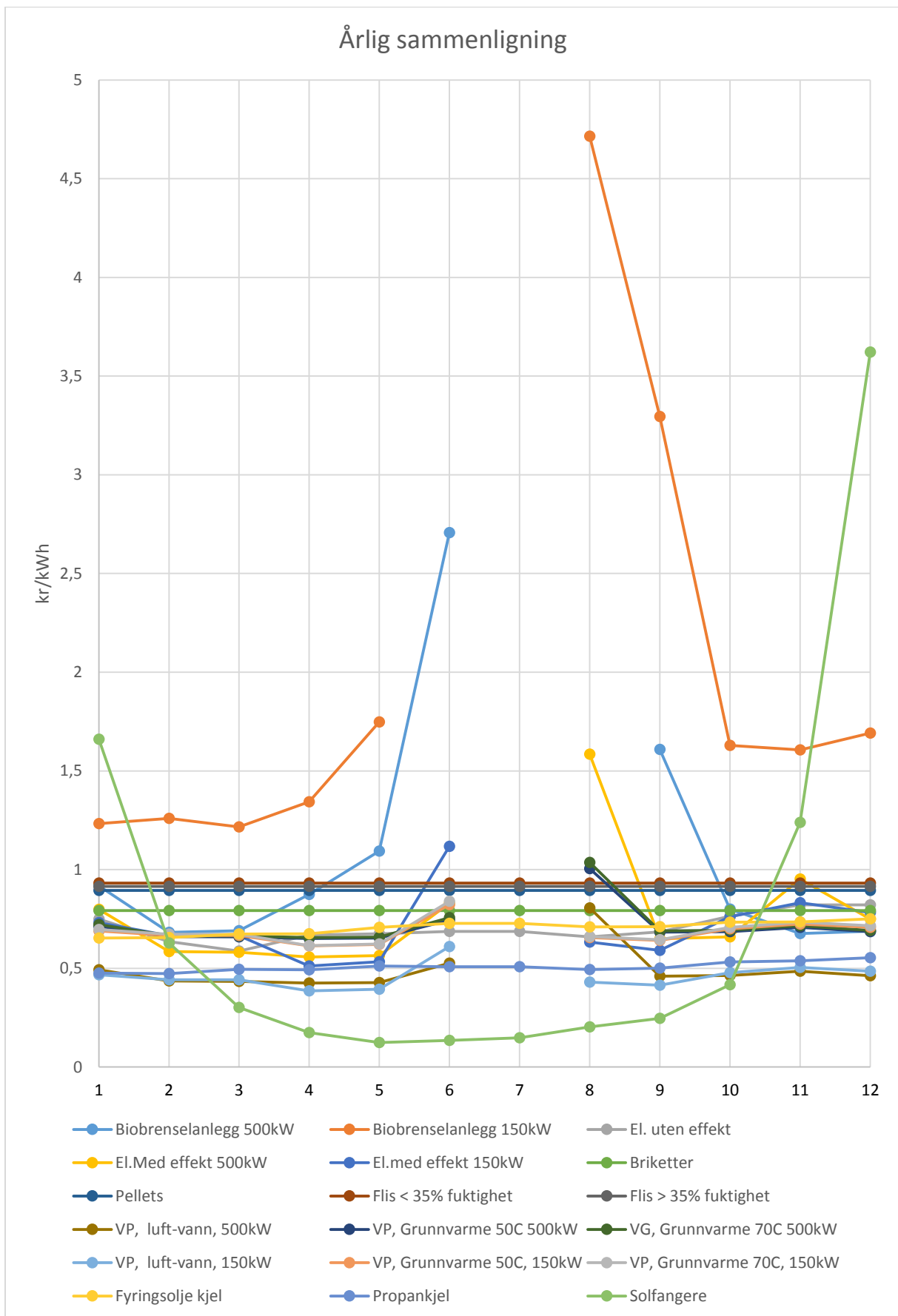
5.3.7.3 Diskusjon

Siden solfangerne ikke har mulighet til å dekke forbruket til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW måtte det vært flere energikilder enn solfangeranlegget, en «hybrid» løsning. Dette kan føre til høyere totalkostnader. Det er ikke tatt hensyn til hvordan solinnstrålingen er i løpet av en dag. For eksempel vil ikke solfangeranlegget kunne dekke forbruket om natten. Dette vil være et større problem for boliger, enn for skoler siden forbruket til skoler sammenfaller bedre enn døgnforbruket av varme enn det boliger gjør. LCOE'en til solfangeren er størst i vintermånedene, hvor behovet for oppvarming er størst. Det er heller ikke tatt hensyn til om det er tilstrekkelig areal tilgjengelig for solfangerne.

LCOE kostnaden beregnet i Sidelnikova et al. (2015, s. 181) kom på 0,5 kr/kWh. Forutsetningene for solfangeranlegget er de samme som for beregningene over, utenom beliggenheten, som i Sidelnikova et al. (2015)s tilfelle er i Kristiansand.

5.3.8 Resultat analyse del 2

Figur 56 viser de månedlige kostnadene for alle energikildene og teknologiene i 2016. Alle de månedlige kostnadene som er over 5 kr/kWh ble fjernet fra grafen, for å kunne se sammenhengen. Vedlegg B-L viser en tabulert oversikt over alle energikostnadene. Ut fra grafen ser man at det er solfangere som er billigst om sommeren, mens luft- til- luft varmepumper er billigst om vinteren. Dette gjelder for varmepumper med installert effekt på 500kW og 150kW.

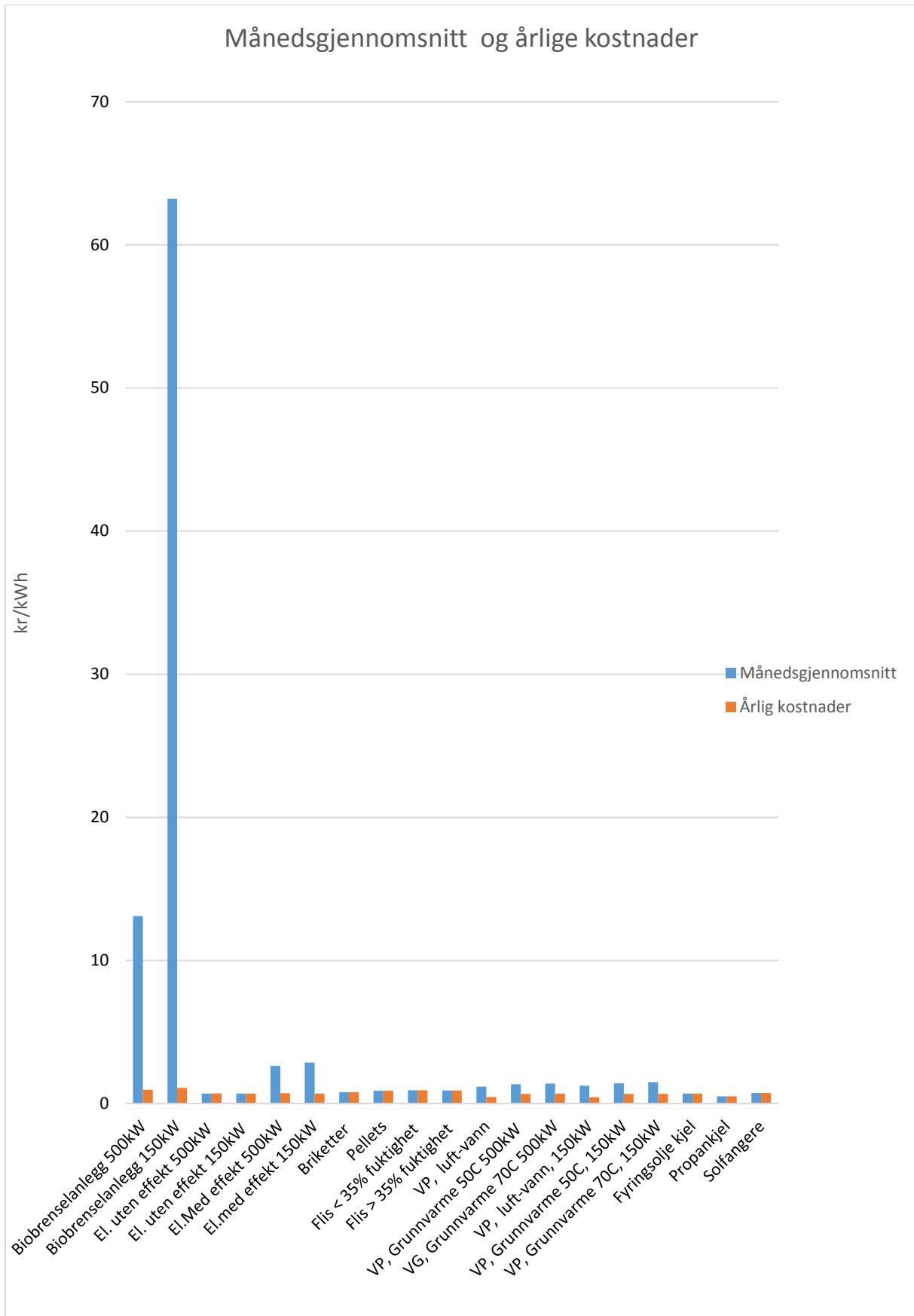


Figur 56: Månedssammenligning av energikostnader

Figur 57 viser den gjennomsnittlige kostnaden over året beregnet på to metoder. Den ene er regnet ut som gjennomsnittet av de månedlige energikostnadene, som er referert som Månedsgjennomsnitt i figuren. Den andre kostnaden, vist som Årlige kostnader i figuren, er regnet ut som summen av de årlige kostnadene dividert på årlig energiproduksjon, som da er forbrukskurven. De store utslagene kommer igjen av at det er de dyre sommermånedene for biobrenselanleggene og de andre energikildene som har faste kostnader når det produseres relativt lite energi. Dette kan sees i figuren gjennom for eksempel Biobrenselanlegg 150kW og elkjeler som tar hensyn til effekt, henholdsvis Biobrenselanlegg 150kW og El. Med effekt i Figur 57.

Resultatet av de årlige kostnadene fra Figur 57 viser at luft- til luft- varmpumper for Biobrenselanlegg 150kW, det vil si størrelsesorden 150 kW installert effekt, har den laveste energikostnad. Varmepumpene beregnet for Biobrenselanlegg 500kW, i størrelsesorden 500 kW, har nest lavest energikostnad. Sett bort fra varmpumpene, er det propankjelene som er den lavest energikostnad. Den høyeste årlige energikostnad ligger hos flisfyingsanleggene Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW, sammen med flisfyingsanleggene som er beregnet med Sidelnikova et al. (2015). Sett bort fra de biobaserte kjelene er det det solfangerne som har høyest årlige energikostnad, deretter elkjelene beregnet for Biobrenselanlegg 500kW's effektbehov, og så fyringsolje.

Ved årlige energikostnader beregnet fra gjennomsnittet av de månedlig energikostnad, er det ikke varmpumpene som har den billigste energikostnad, det derimot propankjelene. Dette er, som nevnt, fordi varmpumpene er beregnet med en fast månedlig kostnad, i form av nettleieprisen til strøm, noe propankjelen ikke har. Den nest laveste energikostnaden er fyringsolje og elkjel beregnet med variable priser, som heller ikke har faste kostnader.



Figur 57: Energikostnader gjennomsnittlig per måned og årlig kostnader delt på årlig produksjon

5.4 Analyse del 3: Framskrivinger

For å gjøre en mer verdifull analyse, er det valgt å gjøre et anslag på hvordan kostnadene til teknologiene og energikildene vil bli i fremtiden. Dette blir analysert i delkapitlene under.

5.4.1 Biokjel

Framtidsutsiktene til biokjeler og biobrensler er kommentert i delkapittel 2.2.4. Noen av utsiktene er brukt i dette delkapittelet. Energikostnadene beregnet i 5.2.1.2 framskrives.

5.4.1.1 Antakelser

Når det kommer til biobrenselkjeler, er det potensial for reduksjon i investerings-, drifts-, og brenselkostnader (Sidelnikova et al., 2015, s. 153). Ut fra delkapittel 2.1.6, plasserer IEA biokjeler som en moden teknologi. Som antatt i Sidelnikova et al. (2015), er det potensial for reduksjon i investerings- og driftskostnader på 1-2 % fra 2014 til 2030. Det antas at denne reduksjonen fortsetter med lik rate frem til 2035. Når det kommer til kostnadsendring for biobrenselet, er den satt til å ha en endring på 0% frem til 2035. Dette fordi både Sidelnikova et al. (2015) og Enova (2016a, s. 78) spår dette.

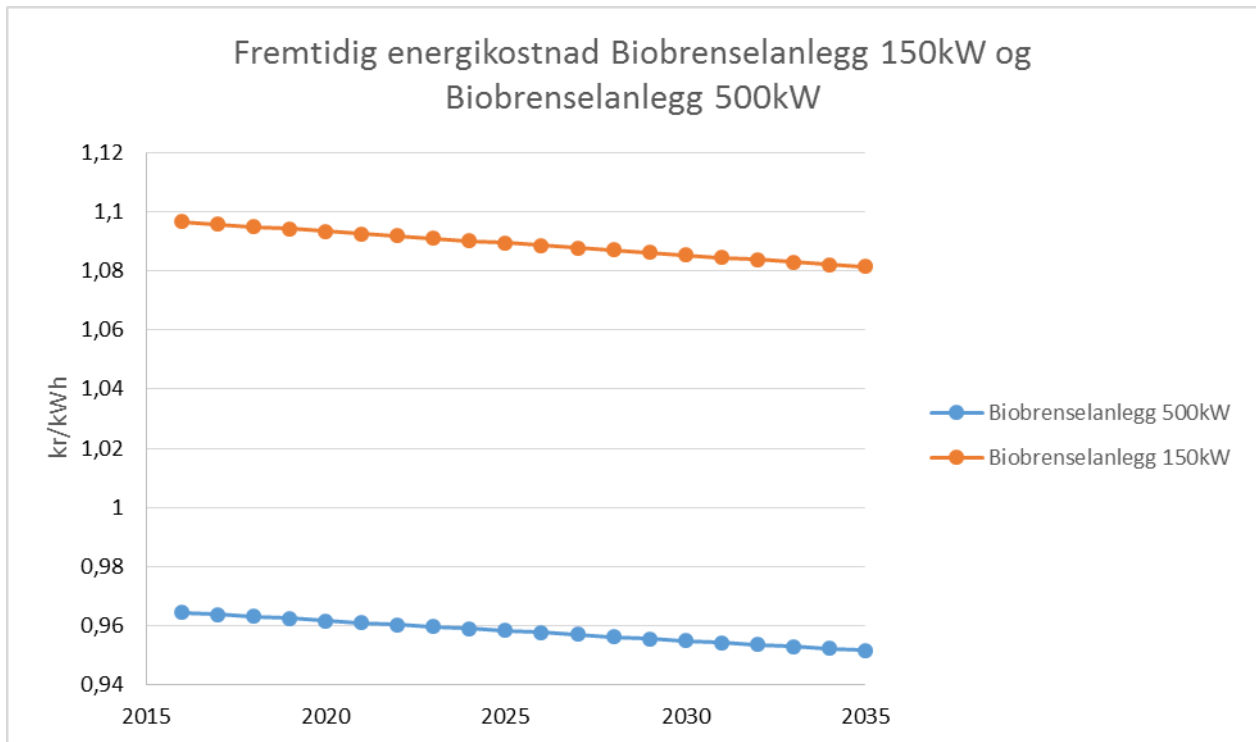
Utgangspunktet for endringene er den årlige LCOE'en for biobrenselanlegg, og ikke den månedlige gjennomsnittlige LCOE'en. Inndataen er samlet i Tabell 25 under.

Tabell 25: Inndata for framskrivning av Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW

	Variabel i Formel 3	Biobrenselanlegg 500kW	Biobrenselanlegg 150kW
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,7206	0,8527
Årlig teknologisk utvikling	T	0,09%	0,09 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	$E_{brensel}$	0,2438	0,2496
Årlig brensel pris endring	B	0%	0%

5.4.1.2 Resultat

Som sett fra Figur 58 er det en svak reduksjon i energikostnaden for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW i fremtiden.



Figur 58: Framtidsutsikt Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.4.1.3 Diskusjon

Endringen i biobrenselpriser til flis er satt til 0%. Dette er i imidlertid en konservativ fremstilling av kostnadsreduksjon i brenselpriser. Historiske analyser av priser på skogflis i Sverige fra 1975- 2003 viste en reduksjon i transport- og lagringskostnader førte til en reduksjon i brenselpris på 12-15% (Sidelnikova et al., 2015, s. 153). På den annen side viser delkapittel 2.2.3 at ved økt uttak av skog til flis, vil prisen på flis øke. Det vil si en endring i brenselprisene kan forekomme, om prisen på teknologien synker og det da blir økt uttak. Men, som vist fra sensitivitetsanalysen til LCOE i delkapittel 5.2.2.1, er det ikke brenselkostnadene som utgjør den største andelen, slik at dette er en usikkerhet som ikke påvirke resultatet av kostnadene i så stor grad som de faste kostnadene og investeringskostnadene som er relatert til kjelen.

5.4.2 Elkjel

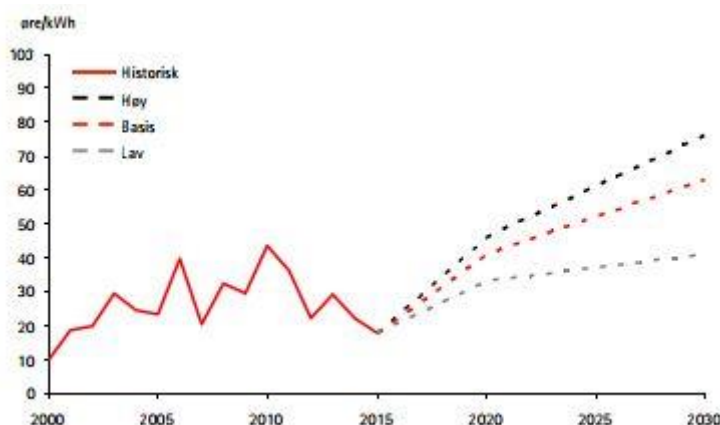
I dette delkapittelet framskrives elkjel kostnadene og strømprisene.

5.4.2.1 Antakelser

Framskrivning av kostnader relatert til bruk av elkjeler og tilhørende brenselpriser, har utgangspunkt i Formel 3. Brenselet til elkjeler er strøm/elektrisitet, som er påvirket av flere faktorer. Det skilles mellom kraftpris og andre priser som nettleie og øvrige avgifter. Summen av disse anses å bli elektrisitetsprisen. Det er gjort anslag på hvordan fremtiden til noen av disse

faktorene vil bli. Elkjel som teknologi er moden (Sidelnikova et al., 2015, s. 142), og det er derfor endring i kjelkostnader satt til å være lik 0%.

Når det kommer til reduksjon i kraftprisen, er det tatt utgangspunkt i en rekke faktorer utover det som er beskrevet i Sidelnikova et al. (2015, s. 142). Ifølge tall fra Statistisk Sentralbyrå (2016a) kommer det frem at elektrisiteten brukt i Norge kommer hovedsakelig fra vannkraft. Den utgjorde hele 95,8% i 2015. På grunn av dette, ble det antatt at det er endringen i produksjonskostnadene av vannkraft, som brukes som utgangspunkt i endringen i pris på kraft. Sidelnikova et al. (2015, s. 57) anslår at det vil være samme kostnadsnivå på vannkraft nå som i fremtiden. Det er derimot ikke gitt et konkret anslag på hvordan spotprisen til kraften vil endre seg. I Zaitsev, Rehbinder, Heimdal og Abbas (u.å., s. 30-31) anslås det at Statnett forventer at den norske spottprisen vil ligge mellom 31 - 43 øre/kWh innen 2020, og 39 - 74 øre/kWh innen 2030. Figur 59 viser utviklingen. For enkelhets skyld er det bestemt at spottprisen vil øke fra 23,3 øre/kWh til 55,5 øre/kWh frem mot 2030, som er en økning på 138%. Det ble valgt å bruke den gjennomsnittlige spotprisen for 2016 som utgangspunkt for økningen. Den årlige økningen anses å fortsette på samme måte frem mot 2035.



Figur 59: Historiske og fremtidige spotpriser for elektrisitet i Norge (Zaitsev et al., u.å., s. 31)

Ved oppgradering av nettet, kan nettleieselskapene kreve penger av kraftprodusentene eller av kraft forbrukerne. Dette vil påvirke energikostnadene til et eventuelt nærvarmeanlegg som bruker elkjeler og derfor strøm. Det forventes en økning i nettleien på 25% fra 2015 til 2025, som tilsvarer en økning på 2,5% per år. For enkelhets skyld antas det at denne økningen vil fortsette frem til 2035. Grunnen for økningen i nettleie er blant annet investering i nye smartmålere, fornying av nettets infrastruktur og tilførsel og integrasjon av fornybar energiproduksjon (Zaitsev et al., u.å., s. 31). Siden økningen i nettleie og spot priser er såpass høye, anses el sertifikat påslag, fornybargaranti og forbruksavgifter å være konstant. Spotprisen

og nettleien er en av kostnaden som gir størst utslag i strømprisene. Disse kostnadene er vist i vedlegg E.

Formelen brukt til beregning av brenselets framskriving blir som vist under. E_{spotpris} er den gjennomsnittlige spotprisen i 2016, mens E_{nettleie} er den årlige nettleie kostnaden dividert på årlig produsert energi. S er årlige endring i spotpris, mens N er årlige endring i nettleie. Q representerer øvrige avgifter, el sertifikat påslag, fornybargaranti og forbruksavgifter, som ikke er fremskrevet. Disse er vist i Tabell 17 og Tabell 18. Tid $n=0$ er år 2016, slik som Formel 3.

$$E_{\text{brensel}@n} = E_{\text{spotpris}} + E_{\text{spotpris}} * S * n + E_{\text{nettleie}} + E_{\text{nettleie}} * N * n + Q$$

Formel 4: Framskrivning av elektrisitetskostnader

Analysen er gjort for både Energirapporten sine kostnader og Lyse Elnett sine kostnader. Ved framskriving av nettleie kostnadene fra Lyse Elnett ble det valgt å ikke ta hensyn til hvordan endringene i nettleiekostnadene om vinteren og om sommeren, vil variere. Det ble heller gjort med summen av de årlige nettleiekostnadene dividert på summen av produsert energi det året.

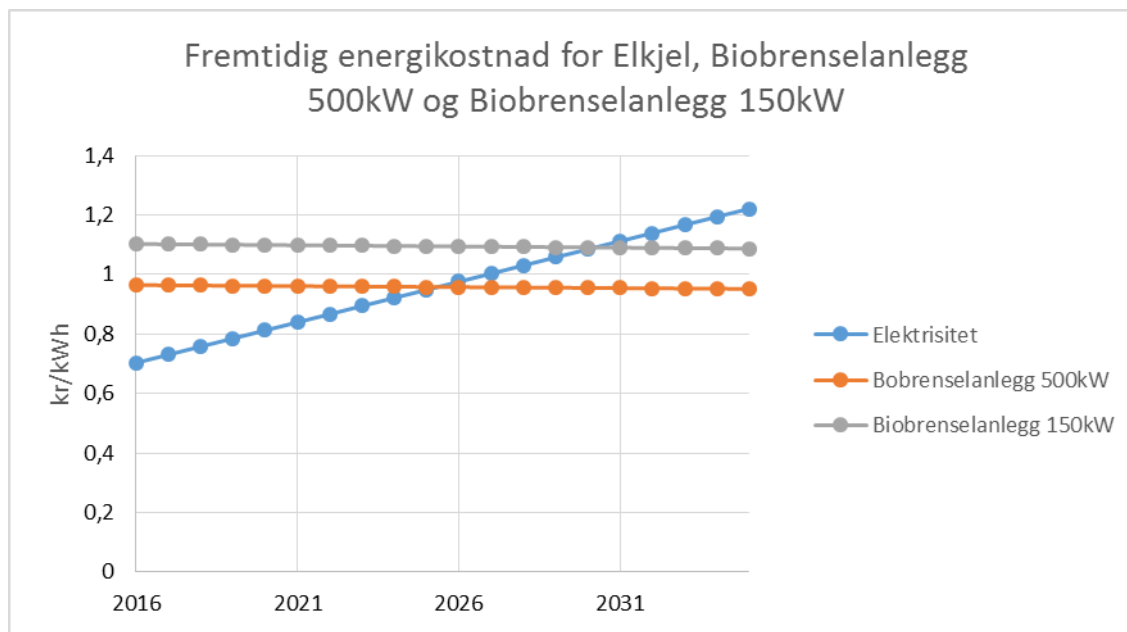
Tabell 26 oppsummerer hvilke faktorer som er brukt i Formel 3 og Formel 4.

Tabell 26: input data for framskriving av Elkjel kostnader

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 4	Energirapporten kostnader	Lyse Elnett	
				Elkjel 500kW	Elkjel 150kW
Kjelens LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/\text{brensel}}$		0,06	0,062	0,062
Årlig teknologisk utvikling	T			0%	
Brenselskostnader					
Spot pris 2016 (kr/kWh)		E_{Spotpris}	0,236	0,233	0,233
Årlig endring i spot pris		S		9,2%	
Nettleie (kr/kWh)		E_{nettleie}	0,2	0,42	0,392
Årlig endring i nettleie		N		2,5%	

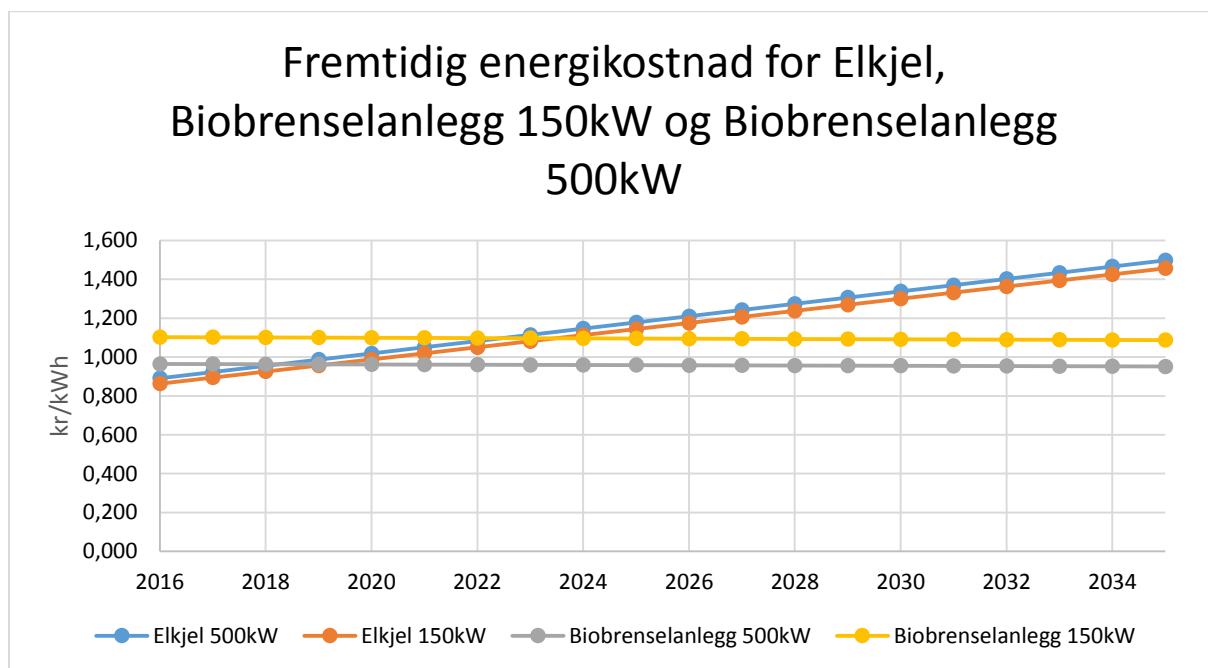
5.4.2.2 Resultat

Endringene blir vurdert i forhold til kostnader fra Energirapporten og Lyse Elnett. Figur 60 og Figur 61 viser resultatet. Med utgangspunkt i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a) vil Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW være billigere i henholdsvis 2026 og 2030.



Figur 60: Sammenligning av fremtidig Energikostnader for Elkjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW med utgangspunkt i Energirapporten

Mens med utgangspunkt i Lyse Elnett sine priser, vil Biobrenselanlegg 150kWs være mer gunstig enn elkjel i 2024 og Biobrenselanlegg 500kWs biobrenselanlegg i 2018, som sett fra Figur 61.



Figur 61: Sammenligning av fremtidig Energikostnader for Elkjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW med utgangspunkt i Lyse Elnett sine kostnader

5.4.2.3 Diskusjon

Statnetts prognose på 25% økning i nettleien tilsvarer en økning på rundt 2,5% per år. Energi Norge (2016, s. 12) derimot, forventer en økning på 7% fra 2016 til 2020, som tilsvarer en årlig økning på 1,75%. Dette kan tyde på at anslaget fra Statnett er noe høyt. Det argumenteres også at prisen på nettleie synke etter 2022, ifølge Energi Norge (2016). Sett fra Figur 4 i delkapittel 2.1.2 forutsetter Enova også at det vil være en økning i elektrisitetspriser, som stemmer overens med antakelsen.

Antakelsen om at forbruksavgifter, fornybargaranti og el sertifikat påslag holdes konstant er ikke helt korrekt. Statistisk Sentralbyrå (2017) opplyser at forbruksavgiften økte fra 13,7 øre/kWh til 16 øre/kWh, fra 2015 til 2016.

Som nevnt tidligere, øker kostnadene ved forbedringer i nettet. På den andre siden fører den bedre krafttilførselen til en reduksjon i avbruddskostnader (Sidelnikova et al., 2015, s. 210). Lyse Elnett (u.å.) skriver på sine nettsider at de skal gjøre store investeringer i strømmettet frem mot 2030. Det taler for at prisene på nettleie vil øke. I fremtiden vil det sannsynligvis være mer produksjon av elektrisitet som ikke kan reguleres, som for eksempel med solceller eller vindturbiner. Disse kraft produksjonene er avhengig av når energikildene er tilgjengelige. Dette vil da påvirke prisen på strømmen og muligens føre til sesongbaserte effektpriser (Kanak, 2014).

Foreløpige tall viser at 2016 var et rekord år for kraftforbruk (Tekniske Nyheter, 2017b), fordi det har oppstått nye forbruker grupper, som elbiler og datasentre. Innføring av elbiler kan føre til en stor påkjenning på kraftnettet. Hvis eksempelvis alle som kommer hjem fra jobb skal lade bilene sine på samme tidspunkt, vil det kreve et ganske høyt effektutakk (Enova, 2016b, s. 38).

Utviklingen i spotpris er avhengig av hvordan prisen på fossilt brennstoff vil være (Zaitsev et al., u.å. , s. 30). Hvis prisen på CO₂ kvoter holder seg lav, vil det være større sjanse for at brensel som slipper ut CO₂ fortsatt vil benyttes, gitt at de er billigere enn andre energikilder. Samspillet mellom kraftmarkedet og andre energimarkeder påvirker hverandre. Hvis en annen energikilde enn kraft, altså strøm, kan erstatte energibehovet om vinteren, vil det ikke være like stort behov for en økning i infrastrukturen til kraftmarkedet (Meld. St. Nr. 25 (2015-2016), 2016, s. 47).

5.4.3 Andre faste biobrensler

I dette delkapittelet er utsiktene til biobrenselanlegg vurdert igjen, men med forskjellig utgangspunkt enn for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW.

5.4.3.1 Antakelser

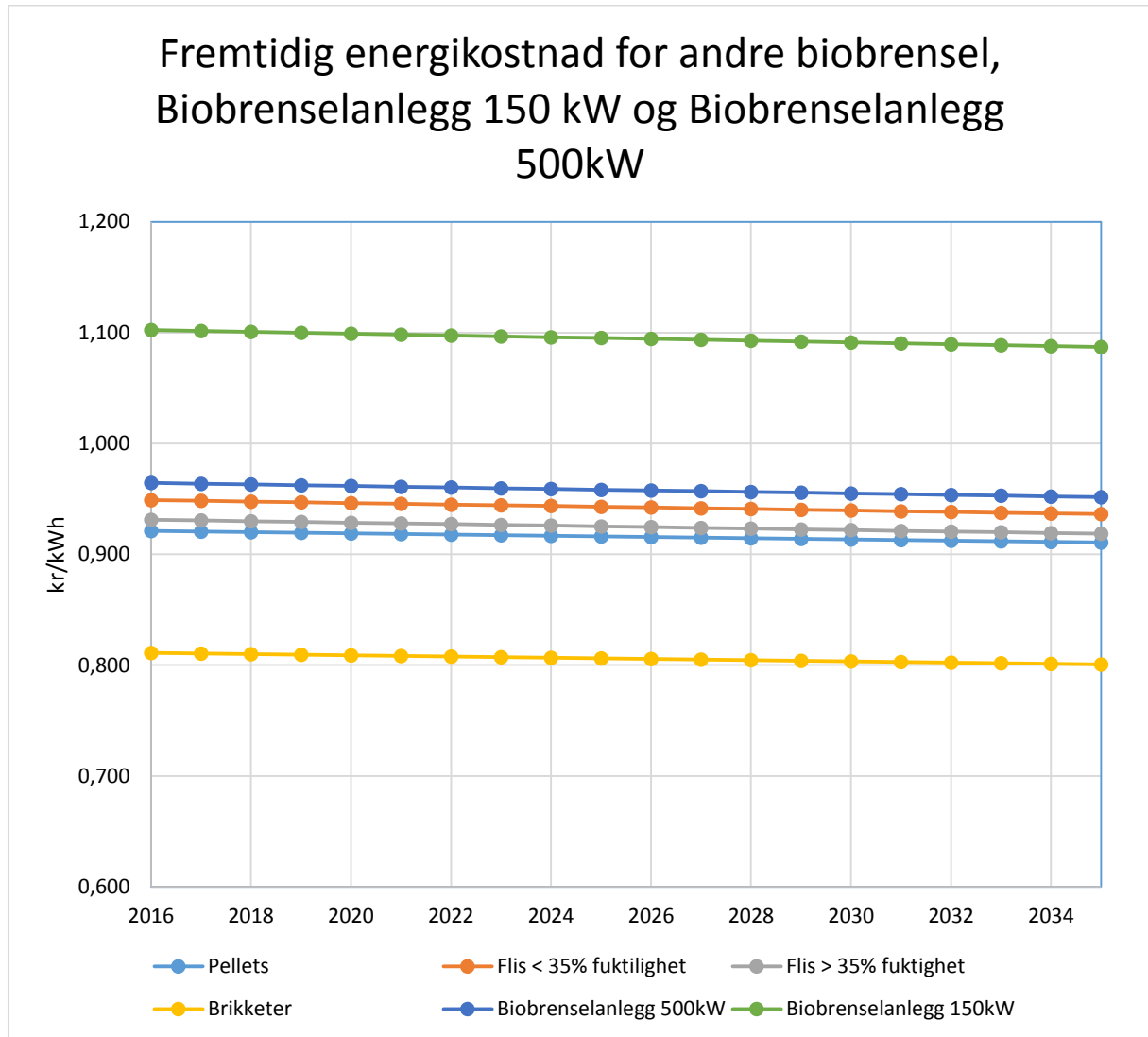
Framtidsutsiktene til andre faste biobrensler er de samme som for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW, mens utgangspunktet for endringene er forskjellig. Disse utgangspunktene og endringene er vist i Tabell 27 under.

Tabell 27: Fremtidig inndata for andre faste biobrensler

	Variabel i Formel 3	Briketter	Pellets	Flis < 35% fuktighet	Flis > 35% fuktighet
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,583	0,583	0,714	0,714
Årlig teknologisk utvikling	T	0,07 %	0,07 %	0,07%	0,07%
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	$E_{brensel}$	0,2108	0,312	0,2174	0,201
Årlig brensel pris endring	B	0%	0%	0%	0%

5.4.3.2 Resultat

Resultatet for framskrivingene er vist i Figur 62. Alle brensel typer endrer seg med samme faktorer som for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. Dette fører til at den energikilden som er dyrest, forblir dyrest og vice versa.



Figur 62: Sammenligning av fremtidig biobrenselkostnader for andre biobrensler og dermed kjelkostnader, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.4.3.3 Diskusjon

Her gjelder de samme diskusjonselementene som under delkapittel 5.2.1.2.

5.4.4 Varmepumpe

Til denne beregningen ble det brukt elektrisitetskostnader fra Lyse Elnett. Det ble gjort en forenkling ved å ta i bruk gjennomsnittet av nettleien til kjel kostnadene ved 150kW og kjelkostnadene ved 500kW, som bruker elektrisitet.

5.4.4.1 Antakelser

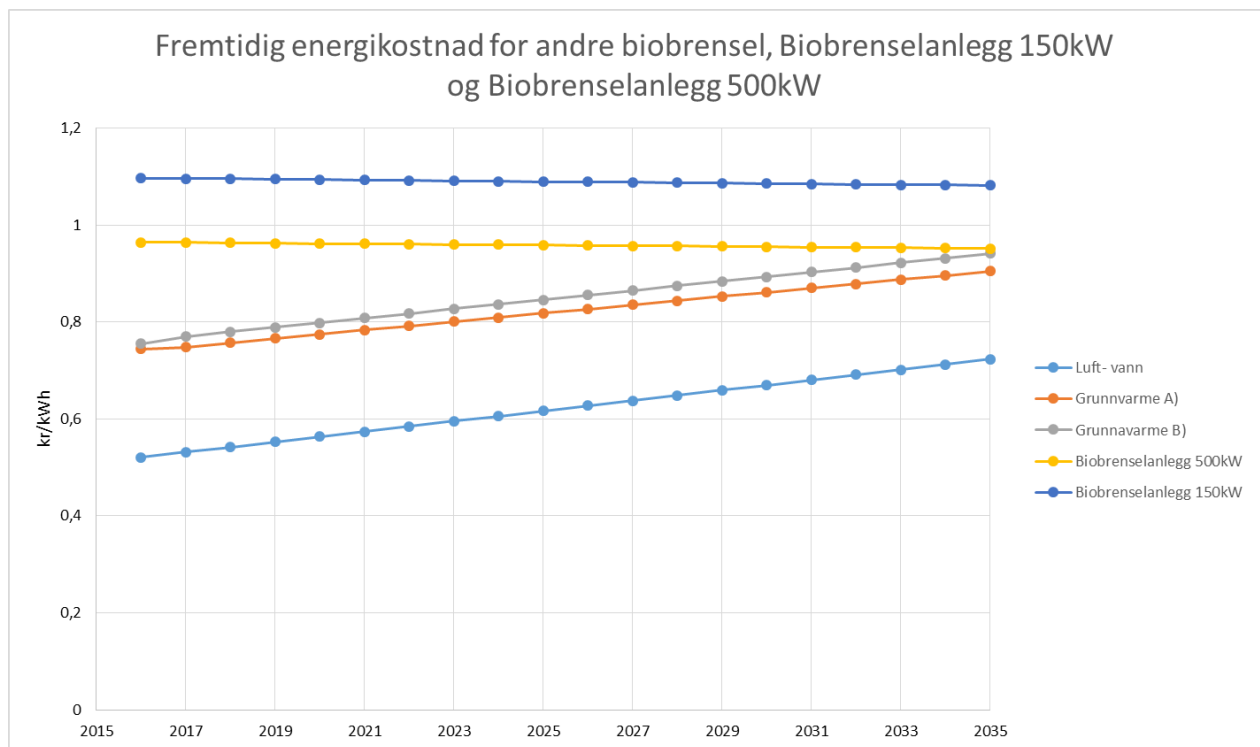
De samme karakteristikkene som er beskrevet i delkapittel 5.3.4.1 om de forskjellige varmepumpene, gjelder også i denne beregningen. Det er brukt anslag gjort av Sidelnikova et al. (2015) for å forutsi fremtidens investeringskostnader for varmepumper. Det er da blant annet lagt til grunn i Sidelnikova et al. (2015), at International Energy Agency (2011, s. 25) antar det vil være en mulig å øke effekt faktoren med 30 - 50% innen 2030. Sidelnikova et al. (2015, s. 174-175) anslår at det vil før til en reduksjon i energikostnad på 7 - 13% , fra 2014 til 2035. For enkelhets skyld er det antatt 10% endring frem til 2035, med en årlig reduksjon på 0,476% fra 2016 til 2035. Endringene i brensel, altså energi, er hentet fra delkapittel 5.4.2.

Tabell 28: Inndata fremtiden til Varmepumper

	Variabel i Formel 3	Luft- til- vann	Grunnvarme A)	Grunnvarme B)
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,219	0,459	0,449
Årlig teknologisk utvikling	T	0,48%	0,48%	0,48 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	Se Tabell 16, gjennomsnitt Tabell 17	Se Tabell 16 gjennomsnitt og Tabell 17	Se Tabell 16 gjennomsnitt og Tabell 17	Se Tabell 16 gjennomsnitt og Tabell 17
Årlig brensel pris endring	Se Tabell 26	Se Tabell 26	Se Tabell 26	Se Tabell 26

5.4.4.2 Resultat

Resultatet av framskrivinger av de forskjellige varmepumpene er fremstilt i Figur 63. Her er kostnaden for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW høyest i tidsrommet sett på. Men med den trenden som er fremstilt er det sannsynlig at det ikke vil ta mange år til Biobrenselanlegg 500kW blir mer gunstig enn grunnvarmepumper.



Figur 63: Sammenligning av fremtidig Energikostnader for varmepumper, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.4.4.3 Diskusjon

Effektuttaket til en varmepumpe er lavere i forhold effektuttaket til en elkjel, dette på grunn av COP'en. Elektrisiteten har utgangspunkt i effektuttaket til elkjelen som da er høyere enn det effektuttaket av varmepumpen vil være. Det fører til at elektrisitetens kostnadene blir litt lavere enn antatt i varmepumpe beregningene.

Ericson et al. (2016, s. 7) har fremskrevet varmepumpe muligheten fra 15 TWh i 2015 til å dekke 18 TWh, mens det teknologisk-økonomiske potensialet kan økes en ytterligere 8 TWh, det vil si 26 TWh totalt, hvor det totale varmebehovet er fremskrevet til å da være i overkant av 50 TWh.

5.4.5 Fyringsoljekjel

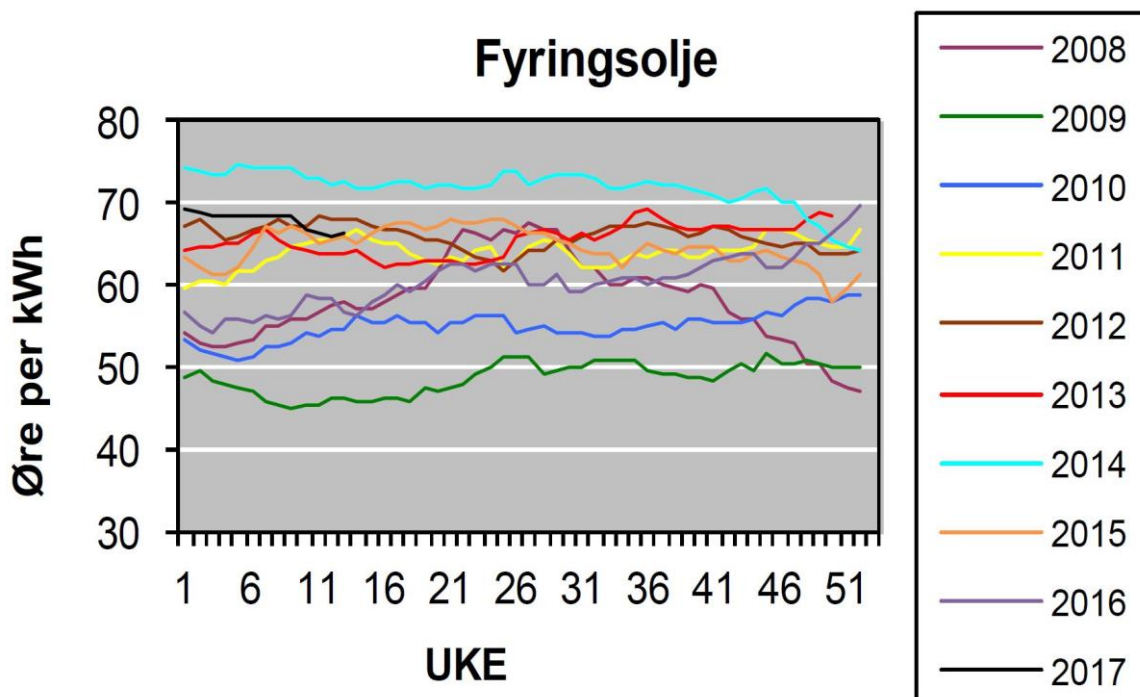
I dette delkapittelet framskrives kostnader for fyringsoljekjeler, inkludert fyringsoljepriser og mineraloljeavgifter.

5.4.5.1 Antakelser

Utgangspunktet for framskrivningen er den gjennomsnittlige fyringsoljeprisen i 2016 og LCOE uten brensel fra Sidelnikova et al. (2015). Den teknologiske utviklingen frem mot 2035 er satt

til å være null. Dette fordi teknologien er moden, og det er lite potensial for læring for å redusere kostnadene (Sidelnikova et al., 2015, s. 144).

Energikostnaden til oljekjeler er sterkt avhengig av brensel kostnader, hvor en hele 95-98% av brensel utgjør den totale kostnaden. Sidelnikova et al. (2015, s. 144) gjør ikke anslag på endringer i fyringsolje kostnader. Det ble valgt å gjøre et grovt anslag på prisøkning utefra de historiske prisene i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a). Figur 64 ble benyttet, hvor den høyeste og laveste prisen til hvert år mellom 2009 og 2016 ble lest av og brukt til å beregne tilhørende gjennomsnittlig endringen. De avleste verdiene er vist i vedlegg I.



Figur 64: Prisen på fyringsolje fra uke 1, 2008 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 10)

5.4.5.2 Framskrivning av avgifter

Når det kommer til kostnader til fyringsolje og LPG, blir disse påvirket av avgifter. Det var ønskelig å se hvordan avgiftene kom til å bli i fremtiden. Det ble derfor også innhentet historiske avgifter og funnet et stigningstall som ble utgangspunkt for endringen. Fremgangen finnes i vedlegg M. Avgiftene ble hentet fra Skatteetaten (2016).

Tabell 29: Grunnavgift på mineralolje til fyringsolje og CO₂-avgifter til LPG og fyringsolje (Skatteetaten, 2016)

	Grunnavgift mineralolje (kr pr liter)	Generell CO ₂ -avgift Mineralolje/Fyringsolje (kr per liter)	LPG CO ₂ -avgift (kr per kg)
2017	1,603	1,20	1,35
2016	1,63	0,92	1,26
2015	1,59	0,9	1,10
2014	1,577	0,88	0,99
2013	1,018	0,61	0,68
2012	0,999	0,6	0,67
2011	0,983	0,59	0,66
2010	0,886	0,58	0,65
2009	0,87	0,57	0,64
2008	0,845	0,55	0,62
2007	0,429	0,54	0,6
2006	0,421	0,53	-

Framskrivningen til fyringsolje ble da beregnet med Formel 5 under.

$$E_{Brensel @n} = E_{Fyringsoljepris u/avgift} + E_{Fyringsoljepris u/avgift} * S * n + A_{mineralolje} + A_{mineralolje} * K * n + A_{Grunnavgift} + A_{Grunnavgift} * N * n$$

Formel 5: Framskrivning av fyringsolje

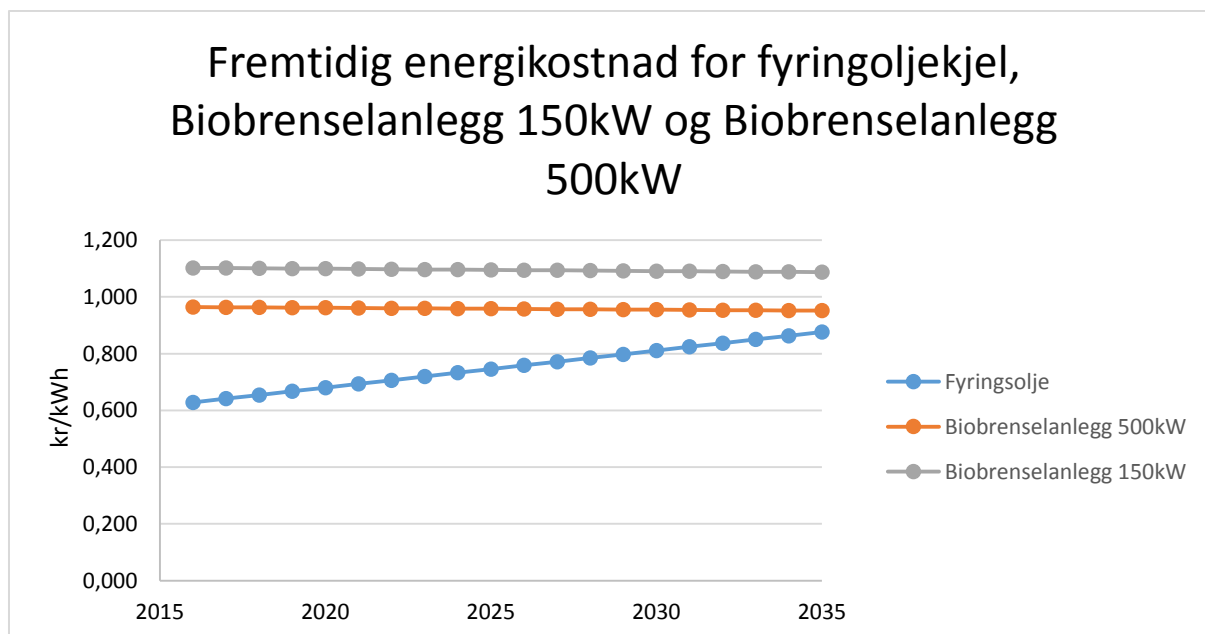
Dataen brukt til å fremskrive kostnadene er vist i Tabell 30.

Tabell 30: Inndata til framskrivning av fyringsoljenderinger

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 5	Inndata
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$		0,05
Årlig teknologisk utvikling	T		0%
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)		$E_{Fyringsolje}$	35,48
Årlig brensel pris reduksjon (kr/kWh)		S	0,001747
Grunnavgift i 2016 (kr/kWh)		$A_{Grunnavgift}$	0,143
Årlig økning i grunnavgift (kr/kWh)		N	0,0102
Mineralolje avgift i 2016 (kr/kWh)		$A_{mineralolje}$	0,083
Årlig økning(kr/kWh)		K	0,0046

5.4.5.3 Resultat

Gitt forutsetningene over, blir framskrivningene som vist i Figur 47. Resultatet viser at en kjele som går på fyringsolje vil være billigere enn Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW innenfor tidsrommet 2016 til 2035.



Figur 48: Sammenligning av fremtidig Energikostnader for oljefyrt kjele, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.4.5.4 Diskusjon

Resultatet kan være noe misvisende, som nevnt i delkapittelet 5.3.5 over, er prisen for fyringsoljen i Sidelnikova et al. (2015, s. 37) høyere enn prisen funnet i Energirapporten (Tekniske Nyheter, 2017a).

Fremtiden til oljefyring er dystert. 11.01.2017 var det høringsfrist for forbud mot fyring med mineralolje. I skrivende stund er statusen «under behandling» (Regjeringen, 2016a). Etter en rask gjennomgang av noen av hørings svarene, er det mulig å se at de fleste hørings svarene taler for fjerning av fyringsoljetanker. På grunn av dette kan det antas at det ikke er så lenge til det blir forbud mot oljefyring i Norge. Imidlertid, for at fyringsolje ikke skal være et attraktivt alternativ, må det ytre faktorer til.

På den annen side er det å lage en lineær endring i historiske avgifts priser, ikke den mest ideelle metoden, fordi det er myndighetene som bestemmer slike endringer. Det kan føre til at slike priser opplever større «hopp» enn andre faktorer, som teknologi, som er mer preget av tilbud og etterspørsel og merker en mer subtil endring. Det fører til at teknologiske prisendringer kan ha en mer lineær endring enn avgifter.

Det er også antatt lite forandring fordi det er en utfasing av oljekjeler på grunn av «økt fokus på miljø, politiske ønsker om å forby oljekjeler til grunnlast og relativt lave kraftpriser» (Sidelnikova et al., 2015, s. 144), anses det da at det ikke er poeng å bruke tid og krefter på blant annet teknologiske utviklinger.

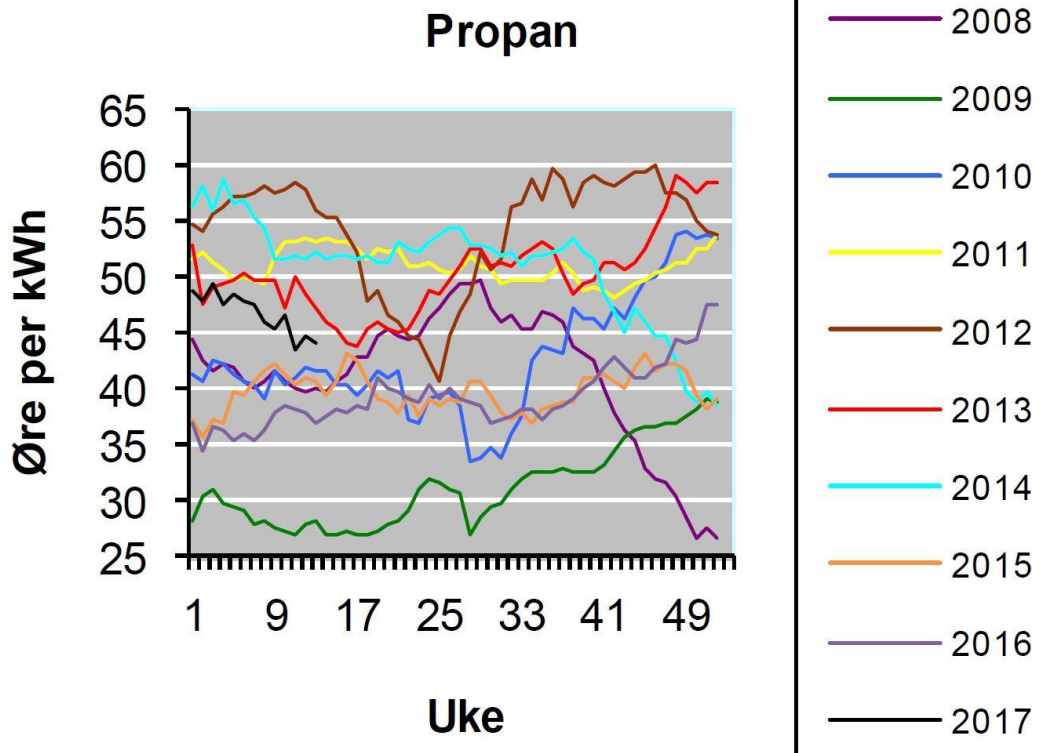
Det er likevel grunn til å tro at fyringsoljeprisene vill holde seg lave. Dett fordi at operatørene vil bli flinkere til å utnytte (hente opp) ressursene i reservoarene i allerede eksisterende oljefelt ved forbedringer knyttet til reservoarteknologi, slik at det derfor vil være tilgjengelig mer fossilt brensel over lengre tid. Også fordi det vil komme til nye felt. Det er store uutnyttede fossile ressurser i skiferreservoarene, selv om utvinning av disse blir ansett å være svært miljøfiendtlig og derfor kanskje aldri vil bli produsert.

5.4.6 LPG kjel

I dette delkapittelet fremskrives kjelkostnadene til LPG kjeler, inkludert propanpriser og mineraloljeavgifter.

5.4.6.1 Antakelser

Endringen i propan pris er funnet på samme måte som for fyringsolje. Grafen som det er lest av verdier, er vist i Figur 65. Økningen i avgifter er også funnet på samme måte som beskrevet for fyringsolje, hvor fremgangen er vist i vedlegg M.



Figur 65: Prisen på propan fra uke 1, 2008 - uke 13, 2017 (Energirapporten, 2017, s. 11)

Siden prisen til propan inneholder avgifter, ble det også her gjort en endring i den originale formelen fra delkapittel 5.3.6.2. Prisen endres med n , år.

$$E_{Brensel@n} = E_{LPG} + E_{LPG} * S * n + A_{LPGavgift} + A_{LPGavgift} * K * n$$

Formel 6: Framskrivning av Propankjel kostnader

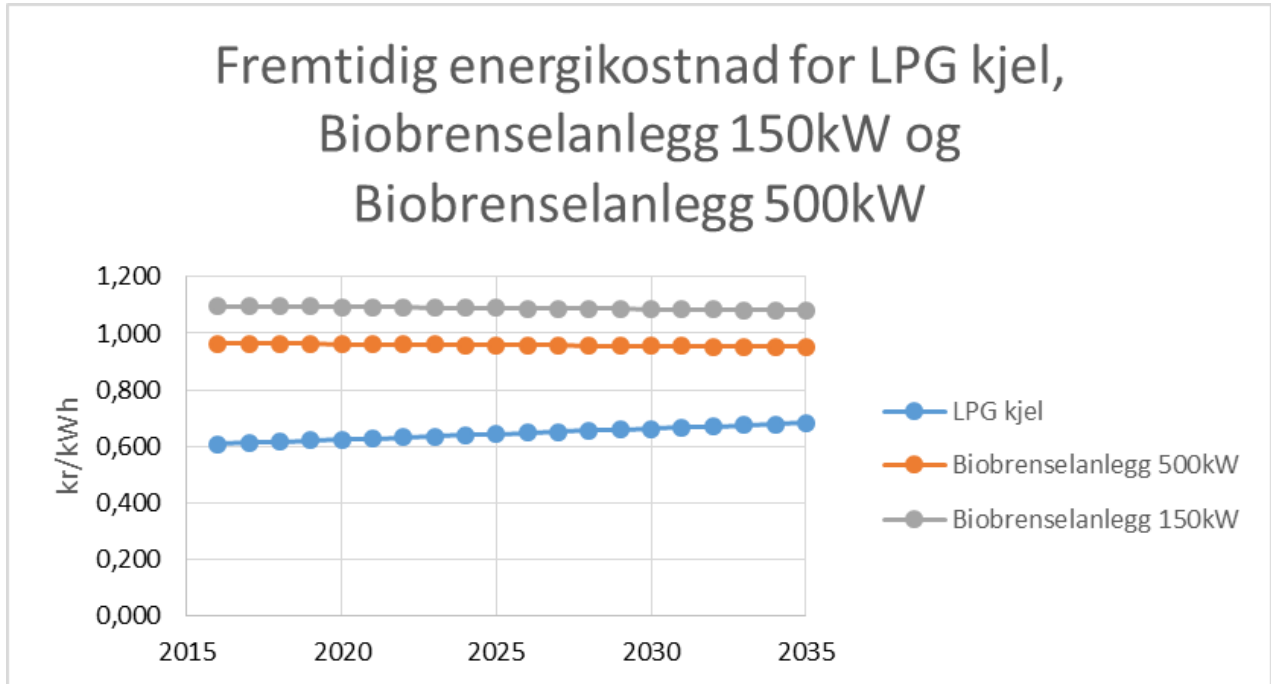
Inndataen er vist i Tabell 31.

Tabell 31: Inndata for fremtiden til LPG

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 6	Inndata
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$		0,114
Årlig teknologisk utvikling	T		0%
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)		E_{LPG}	0,3927
Årlig brensel pris reduksjon (kr/kWh)		S	0,002
LPG avgift i 2016 (kr/kWh)		$A_{LPGavgift}$	0,089
Årlig økning i grunnavgift (kr/kWh)		K	0,006

5.4.6.2 Resultatet

Resultatet av endringen er vist i Figur 66 under. Med forutsetningene som er presentert, vil en LPG kjel ha en lavere pris enn Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW helt frem til 2035.



Figur 66: Sammenligning av fremtidig Energikostnader for LPG kjel, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

5.4.6.3 Diskusjon:

Det er også grunn til å tro at framtidsutsiktene til LPG kjeler er også dystre. Etter hvert som oppvarmingsalternativer må bli mer fornybar, kan det antas at det ikke vil være lov å fyre med fossile brensler, slik som fyringsolje.

5.4.7 Solfangere

I dette delkapittelet fremskrives kostnadene relatert til solfangeranlegg. Det gjøres derimot ikke antagelser om hvordan endringen i solinnstråling i fremtiden vil bli.

5.4.7.1 Antakelser

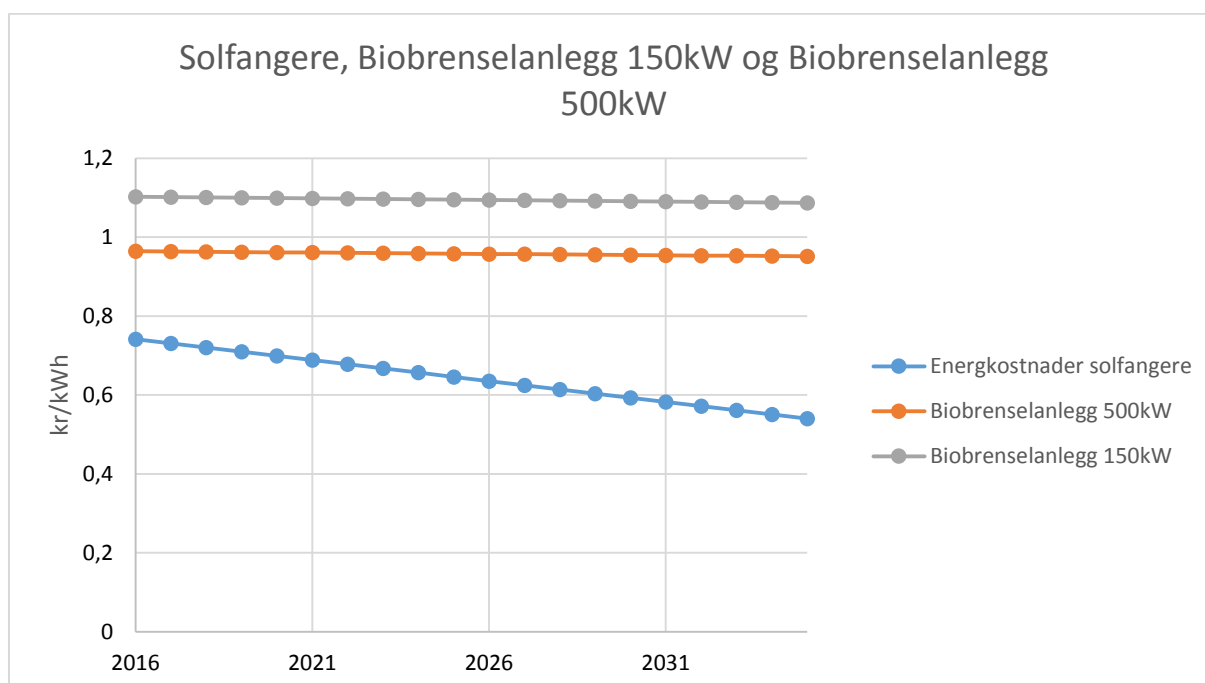
Som nevnt tidligere har solfangere ikke brenselskostnader. Prisen på energien fra solfangere er da bare avhengig av investerings- og driftskostnadene. Det teknologiske potensialet til solfangeren er stort i Norge. Kostnadsreduksjonen i Norge ligger hovedsakelig i prosjektering og installasjon. (Sidelnikova et al., 2015, s. 183) Det anslås at kostnadsreduksjonen er rundt 30% fra 2014 til 2035. Inndataen er vist i Tabell 32.

Tabell 32: Framskrivning inndata solfangere

	Variabel i Formel 3	
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,741
Årlig teknologisk utvikling	T	1,43 %

5.4.7.2 Resultat

Resultatet av framskrivningene av solfangeranlegg med beliggenhet i Rogaland, er vist i Figur 67 under.



Figur 67: Sammenligning av fremtidig energikostnader for solfangere, Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW

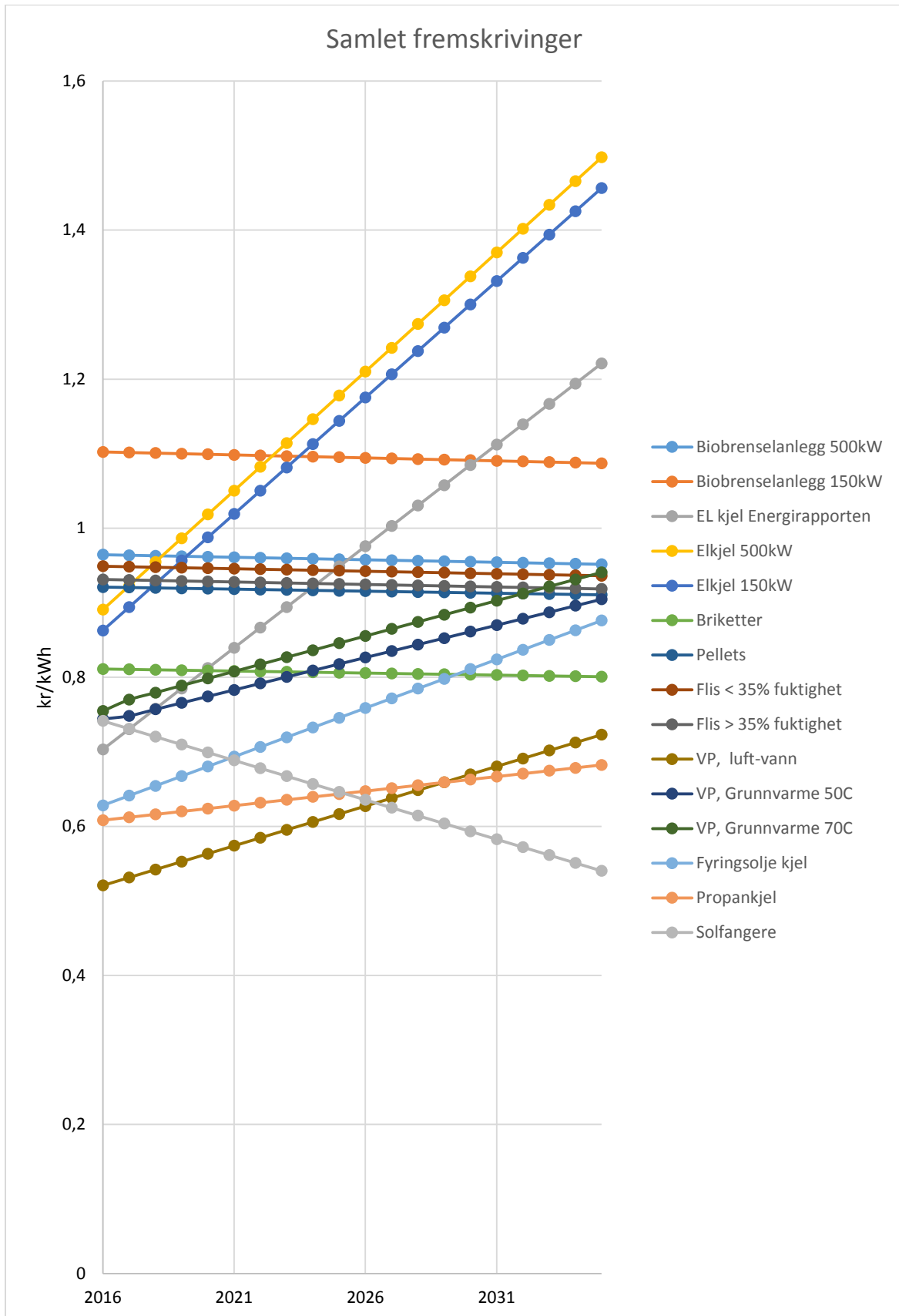
5.4.7.3 Diskusjon

Selv om Sidelnikova et al. (2015) anslår at det vil være en økning i solenergi, tror International Energy Agency og Ner (2016, s. 19) ikke de Nordiske landene vil oppleve den samme økningen som er sett i andre europeiske land .

5.4.8 Resultat analyse del 3

Resultatene som presenteres er som følge av flere forutsetninger og bør tolkes i lys av dette. Som lest fra Figur 68, er Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW representert som henholdsvis den lyseblå svakt synkende kurven, og den øverste oransje svakt synkende kurven. Som vist i de forrige delkapitlene, er det elkjelene som stiger kraftigst, og vil ende opp som de dyreste energikildene rundt midten av 2020, eller senest starten av 2030, avhengig av hvilke kostnader som man legger til grunn. Det vil si det bare er elkjelene som overstiger prisene

til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW. Det ser derimot ut som begge grunnvarmpumpene, og fyringsolje alternativet vil bli dyrere om ikke så lang tid etter 2035. Luft-til-vann varmepumper er billigst til og med 2025, mens solfangere antas å være billigere etter 2025. De tabulerte prisendringene er vist i vedlegg B-K.



Figur 68: Framskrivinger samlet

5.5 Analyse del 4: CO₂ utslipp

Før installasjonen av flisfyringsanlegget var energikildene til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW fyringsolje. Det var derfor ønskelig å bergene hvor mye CO₂ som er spart fra skifte og hvordan resultatet hadde vært om en elkjel, LPG kjel eller varmpumper ble installert i stedet.

5.5.1 Antakelser

Det ble gjort et anslag for hvor mange tonn CO₂ som ble sluppet ut per år. Det antas at fyringsoljen var lettolje. Inndataen og resultatet er vist i Tabell 33, sammen med resultatet. Det er beregnet CO₂-utslipp fra energien som er produsert, og ikke innfyrt. Det vil si at virkningsgraden til kjelene ikke er tatt hensyn til. CO₂- utslippet er derfor noe lavere enn resultatet hadde vært om virkningsgraden var tatt hensyn til. Varmepumpen tar hensyn til COP faktoren, i forhold til at det da trengs mindre strøm enn for en elkjel.

CO₂- prisen er i skrivende stund 66,2 kr per tonn CO₂-utslipp (Energirapporten, 2017, s. 9). I fremtiden anses denne CO₂-prisen å bli på 150 kr per tonn i 2020 og 260 per tonn i 2030 (Miljødirektoratet, 2015, s. 17). Kostnadene er fiktive på den måten at det bare er anlegg som har en totalt innfyrt termisk effekt på over 20MW som er kvotepliktig, noe biobrenselanlegget Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW ikke er (Miljødirektoratet, 2015).

På den annen side, selv om anleggene ikke hadde vært kvotepliktig, ville bruk av LPG og fyringsolje ført til at anlegget måtte betalt CO₂-avgifter. De sparte kronene er vist i Tabell 33 som kr sparte avgifter. I 2016 var CO₂-avgiften for fyringsolje på 0,92 kr per liter, og 1,256 kr per kg for LPG (Skatteetaten, 2016). Energiinnholdet brukt til beregningene er hentet fra Tabell 7. Avgiften i kr per kWh ble da på 0,081 kr/kWh for fyringsolje og 0,0982 kr/kWh for LPG.

5.5.2 Resultat

Resultatet fra beregningene er vist i Tabell 33. CO₂-faktoren for elektrisitet er hentet fra Nve (2016c).

Tabell 33: CO₂-utslipp spart per år (Nve, 2016c; Sidelnikova et al., 2015, s. 39)

	CO ₂ -faktor (kg CO ₂ /kWh)	Kg – CO ₂ spart Biobrenselanlegg 500kW	Kg – CO ₂ spart Biobrenselanlegg 150kW	Kr spart Biobrenselanlegg 500kW (CO ₂ -avgift)	Kr spart Biobrenselanlegg 150kW (CO ₂ -avgift)	Kr spart Biobrenselanlegg 500kW (CO ₂ -kvote)	Kr spart Biobrenselanlegg 150kW (CO ₂ -kvote)
Elkjel/ Elektrisitet	0,017	16 355	5 513	-	-	1 081	364
Fyringsoljekjel /Lettolje	0,24	230 616	77 832	78 025	26 333	15 266	5 152
LPG kjel	0,23	221 007	74 589	94 436	31 872	14 630	4 937
Luft- vann Varmepumper (COP=2,7)	0,0063	6 050	2 041	-	-	400	135
Grunnvarmepumpe A) (COP=2,9)	0,0059	5 632	1 901	-	-	372	125
Grunnvarmepumpe B) (COP=2,7)	0,0063	6 050	2 041	-	-	400	135

5.6 Analyse delmål 5: Samfunnsøkonomisk analyse

En annen måte å se på Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW er å ta i betraktning de ikke-prissatte virkningene. Dette blir gjort gjennom den kvalitative samfunnsøkonomisk pluss-minus metoden. I analysen blir noen sentrale virkninger som ikke er prissatt i selve kostnadsanalysen, fremstilt. Virkningene blir beskrevet kort verbalt og gitt en vurdering etter pluss-minus metoden som er beskrevet i delkapittel 4.7. Noen av virkningene kunne blitt verdisatt eller priggitt, men på grunn av oppgavens omfang ble det valgt å presentere dem i denne delen av analysen i stedet. Analysen tar utgangspunkt i bruken av et nærvarmeanlegg som går på biobrensel, opp mot de samme alternative energikilder som er drøftet i kostnadsanalysen. Forutsetningen verdt å merke seg, er at dette er en generell og overfladisk analyse.

I pluss-minus metoden er det for faktoren *betydning* valgt å bruke en skala på 7, fra stort positivt omfang til stort negativt omfang, slik som vist i matrisen i Figur 31. For faktoren *omfang* er det brukt en skala på 3, henholdsvis liten, middels og stor.

5.6.1 Sysselsetting

Sysselsetting er en virkning som kommer av tiltaket ved å ha biobrenselanlegg som energikilde til oppvarming. I Vivestad (2016, s. III), som ser på sysselsetting gjennom støtte til

biobrenselanlegg, kommer det frem at biobrenselanlegg har en positiv sysselsettingseffekt i forhold til produksjon av varmen. I tillegg bidrar nærvarme biobrenselanlegg til lokal aktivitet i form av produksjon av biobrensel (Vivestad, 2016, s. 19). Det kan også tenkes at behovet for biobrensel har en positiv effekt på den lokale transportnæringen. Varmepumper, derimot, sysselsetter bare en vaktmester og årlige kontroller. Et negativt aspekt ved biobrenselanlegg er at en økt markedsandel for biobrenselanlegg fører til en reduksjon i en annen form for energianlegg. Sysselsettingen ved bruk av biobrenselanlegg er derfor satt til å ha et middels positivt omfang, og stor betydning i forhold til de andre energimulighetene.

5.6.2 Sikkerhet

Biobrenselanlegg har litt høyere sikkerhetsbehov enn for eksempel elkjeler hvor risikoen kan anses som lavere. På den annen side er sikkerheten ved fyring av biobrensel lavere enn ved forbrenning av gasser. Dette med tanke på eksplosjonsfare (Selfors, Thorsen, Hofstad, Fagerlund & Wiggen, 2014, s. 34). Sikkerheten vurderes derfor som middels negativ, med middels betydning.

5.6.3 Miljø

Miljøutslipp er tatt hensyn til i form av kvotepriser, men det er ikke bare i form av kostnader utslipp bør vurderes. Det er valgt å gi biobrenselanlegg en middels positiv karakter for omfang, med en middels betydning. Dette er fordi selv om biobrensel ikke bidrar til økt utslipp i form av CO₂ bidrar den til uforbrente gasser og partikler, NO_x, SO₂, støv, tungmetaller og dioksider. På en annen side, kan det diskuteres hvor miljøvennlig og CO₂ nøytralt det egentlig er. Dette med tanke på at det tar tid for den frigjorte CO₂ blir bundet i trær, som så kan bidra til økte temperaturer i atmosfæren (Holtmark, 2010, s. 3), som nevnt i delkapittel 3.6.2.

CO₂ virkningene som blir påført utover forbrenningen, er at det vil for eksempel forekomme økt utslipp av CO₂ med behovet for transport av biobrensel, samt felling av skog som krever maskiner (Fornybar.No, 2016b). Denne utslippsvirkningen er høyere for faste biobrensler enn ved for eksempel varmpumper og sol som ikke har brensel som leveres fra transportnæringen. Andre kilder som fyringsolje har derimot behov for transport. CO₂ kostnader utover forbrenning anses derfor som å ha et lite negativt omfang med liten betydning. I tillegg, som nevnt i 5.3.5.3, er det fare for lekkage av fyringsolje i grunn, som ikke er en fare ved biobrenselanlegg.

5.6.4 Areal

Areal biobrensel: Områder hvor trær er felt for å lage biobrensel blir frigitt til å drive med for eksempel jordbruk eller utbygging av boliger. Ved fjerning av skog til biobrensel hindres

gjengroing. Gjengroing kan føre til tap av biomangfold, utsikt og opplevelsesverdi. Bioenergi er da en løsning (Jensen & Steel, 2015, s. 4). På den annen side kan det være fjerning av skog ødelegger for turgåere, samtidig som dyr mister sitt habitat. Disse faktorene anses å utligne hverandre, og arealet som brukes til å lage bioenergi får en pluss-minus karakter til å bli av liten betydning og i lite negativt omfang.

Areal sentral: En annen virkning ved biobrenselanlegg er beslag på sentralstørrelse. Ved bruk av bioenergisentraler tas det opp mer areal ved sentralen enn andre energisentraler. Dette fordi det trengs et relativt stort lager med biobrensel i motsetning til sentraler som har strøm som brensel. På en annen side tar solfangeranlegg betydelig mye større areal enn biobrenselanlegg, gitt at det ikke er på taket. Omfanget er vurdert som lite negativt og av middels betydning.

5.6.5 Fleksibilitet

Fleksibiliteten med biobrensel som energikilde anses som å være veldig god. Dette med tanke på at bioenergi er intermittent i forhold til andre fornybare kilder som solenergi, vindkraft og uregulert vannkraft. Intermittent vil si at produksjonen kan reguleres av forbruket og ikke av naturen (Sidelnikova et al., 2015, s. 24). En annen fleksibilitet ved bioenergi er at den er uavhengig av transport av brensel med kraftledninger, i motsetning til elkjeler og varmepumper. På den annen side er biobrensel en betinget fornybar resurs, i forhold til for eksempel sol. Fleksibiliteten til bioenergi anses derfor som å være middels positivt og ha middels betydning.

De ikke-prissatte effektene av bioenergisentraler er oppsummert i Tabell 34 under. De er kategorisert ut i fra nytte eller kostnadsvirkning.

Tabell 34: Samfunnsøkonomiske effekter av biobrenselanlegg mot de andre energialternativene

Nyttevirking	Kostnadsvirkning
Økt sysselsetting generelt	Økt utslipp av NO _x , SO ₂ , støv, tungmetaller og dioksider
Økt sysselsetting i nærområdet	Fjerning av habitat
Redusert CO ₂ -utslipp	Sikkerhet
Økt areal for jordbruk og bygging	
Øke fornybarandelen	
Økt fleksibilitet	

5.6.6 Pluss-minus vurdering:

De forskjellige virkningene er hovedsakelig delt inn i kategoriene som er lagt frem over. Miljø og areal er delt inn i to virkninger. Resultatet er vist i Figur 69 under.

Ikke-prissatte virkning	Betydning	Omfang	Konsekvens
Sysselsetting	Stor	Middels positivt	++ / +++
Sikkerhet	Middels	Lite negativt	0 / -
Miljø utover forbrenning	Liten	Liten negativ	0
Miljøutslipp	Middels	Middels positivt	++
Areal biobrensel	Liten	Lite negativt	0
Areal sentral	Middels	Lite negativt	0 / -
Fleksibilitet	Middels	Middels positivt	++

Figur 69: Resultatet av pluss-minus metoden

6 Diskusjon

Her skal det diskuteres funnene som kommer frem av de forskjellige analysene. I analyse del to og tre er det allerede diskutert hva som er styrker og svakheter til de forskjellige variablene brukt til beregningene. Det er derfor bare diskutert overordna diskusjonselementer i denne diskusjonsdelen.

6.1 Diskusjon analyse del 1: LCOE

I dette delkapittelet er det diskutert funnene og metoden fra analyse Del 1.

6.1.1 Sammenligning med tidligere arbeid

En av hovedfunnene fra analyse Del 1 er at LCOE'en er mest avhengig av hvor mye energi som blir produsert. Fjernvarmebransjen er påvirket av samme konsekvens, og dermed støtter resultatet av analysen. Bransjen opplever høye kostnader gjennom redusert varmebehov å dele kostnadene på, grunnet bedre isolerte hus. Fjernvarme står samtidig overfor en omlegging fra fossile til fornybare varmeløsninger, som fører til høye installasjonskostnader (Melbye et al., 2014, s. 41).

Til sammenligning av årlige LCOE kommer Sidelnikova et al. (2015, s. 151) frem til at et anlegg på 150 kW, som bruker tørr flis ved 10% fuktighet som brensel, ble beregnet til en LCOE på 100 øre/kWh (71,4 øre/kWh uten brensel). Et anlegg på 1 MW, som er sammenlignbart med Biobrenselanlegg 500kW, har en LCOE på 76,2 øre/kWh (48,3 øre/kWh uten brensel). Sammenligningen tyder på at de utregnede LCOE'ene er noe høye, nærmere bestemt 10,24 øre/kWh dyrere for Biobrenselanlegg 150kW og 20,24 øre/kWh for Biobrenselanlegg 500kW. Ut fra sammenligningen er det mulig å se at forskjellen hovedsakelig ikke har med brenselkostnadene å gjøre, men heller har sin årsak i de faste kostnadene og investeringskostnadene. Tabell 35 under viser hvordan differensen er.

Tabell 35: Forskjell i Sidelnikova et al. (2015, s. 151) sine beregninger og oppgavens beregninger

	Biobrenselanlegg 150kW	NVE 150MW	Differanse	Biobrenselanlegg 500kW	NVE 1MW	Differanse
LCOE uten brensel (kr/kWh)	0,8527	0,721	0,1317	0,7206	0,483	0,2376
LCOE brensel (kr/kWh)	0,2496	0,287	0,0374	0,2439	0,278	0,0341
LCOE totalt (kr/kWh)	1,1024	1,00	0,1024	0,9644	0,762	0,2024

Det kan da diskuteres om forskjellen hovedsakelig ligger i at Sidelnikova et al. (2015) sine beregninger er ambisiøse med tanke på energien som produseres ved anleggene. En forskjell i antagelser mellom Sidelnikova et al. (2015) sine beregninger og beregningene i denne oppgavene, er at Sidelnikova et al. (2015, s. 139) dekker grunnlasten, mens forbrukskurven til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW viser å dekke spisslasten. Dette fordi den har et såpass ujevnt produksjonsnivå, samtidig som forbruket er lavt om sommeren. Siden biobrenselanlegg som går på fast brensel, har såpass høye investeringskostnader, lønner det seg at de skal dekke grunnlasten (Ramm & Jarstein, 2012).

Med utgangspunkt i energien produsert ved anleggene som grunn til forskjellen mellom LCOE'en til Sidelnikova et al. (2015) og Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, er det enten brukstiden eller effekten som kan være årsaken, eller blanding av de to faktorene. Fullasttimene til kjelene i Sidelnikova et al. (2015, s. 153) er satt til å være 2 800 timer i året, med en installert effekt på 150 kW. Fullasttimer, også kalt brukstid, er definert som årlige produsert energi (kWh) delt på installert ytelse (kW) (Sidelnikova et al., 2015, s. 30). Biobrenselanlegg 500kWs fullasttimer ligger på rundt 1 920 timer, og Biobrenselanlegg 150kW på rundt 2 160 timer. Både Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW ligger litt under denne fullasttiden. Dette kan igjen tyde på at Sidelnikova et al. (2015) er overambisiøse i sine beregninger, med tanke på estimerte fullasttimer og faktiske fullasttimer.

På den annen side, viser Kåre Gunnar Fløystad, Halvorsen og Qvenild (2013, s. 16) at gjennomsnittlige fullasttimer ligger på 2 628 timer, for anlegg i størrelsesorden 38 – 2 750 kW.

Den høyeste brukstiden var på 7 439 timer, mens den lavest var på 520 timer. Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW's fulllasttimer er godt innenfor disse ytterpunktene.

Med sammenligning av faktisk tid anlegge har vært i bruk, fra Tabell 12, er tiden Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW mye høyere enn beregnet ved fulllasttimer. Dette kan tyde på at energisentralene har lavt effektuttak. Lavt effektuttak kan tyde på at det er planlagt å øke produksjonen, med for eksempel å koble flere bygg til sentralen. En annen faktor som kan påvirke driftstiden er driftsstans eller stopp. Det kan diskuteres om det oftere skjer driftsstans enn det som er antatt ved dimensjonering. Dette kan føre til at de faste kostnadene og investeringskostnadene blir mye høyere per produsert enhet energi enn antatt.

I en spørreundersøkelse gjort av Kåre Gunnar Fløystad (2013, s. 3), ble det spurte 125 tiltakshavere av flisanlegg hvor ofte flisanleggene opplevde uforutsette driftsstopp. Svar resultatet viste at 74% av flisfyringsanleggene opplevde minst en uforutsett driftsstopp per år. I samme undersøkelse svarte 100 tiltakshaverne at anleggene produsert 11% mindre varme enn antatt ved anskaffelse. Begge disse faktorene tyder på redusert energiproduksjon, og dermed en høyere LCOE enn først antatt. Det resultatet støtter derfor at beregningen av Sidelnikova et al. (2015) LCOE'en, opp mot beregningen i denne oppgaven, er optimistisk.

Kåre Gunnar Fløystad (2013, s. 65) kommer frem til at den spesifikke energikostnadene for flisfyringsanlegg blir anslått til 57 øre/kWh. Denne kostnaden kommer frem av en kvantitet spørreundersøkelser hvorav anleggene hadde hovedsakelig en installert effekt på mindre enn 150 kW. I tillegg var det lagt til grunn 30% investeringsstøtte og at kostnaden var avskrevet i løpet av en 20 års avskrivningsperiode. Fønhus (2007, s. 37) beregnet at gjennomsnittet til 19 flisfyringsanlegg hadde en total kostnad på 53,70 øre/kWh, hvorav den installerte effekten varierte med 65- 200 kW. Kåre Gunnar Fløystad (2013) og Fønhus (2007) sine resultater er også lavere enn resultatet i denne oppgaven.

En svakhet ved Kåre Gunnar Fløystad (2013) sine resultater er at det ble sendte ute spørreundersøkelser til anlegg som hadde fått støtte av Innovasjon Norge. Dette kan føre til at svarerne av spørreundersøkelsen, utga informasjon som førte til lavere kostnader enn de faktisk var, slik at den støtten svarerne hadde fått hadde ført til er lønnsomt prosjekt. Fønhus derimot, besøkte anleggene på stedet, og kunne derfor være mindre farget av overnevnt problem.

Belbo og Fisknes (2012, s. iii) så på 12 flisfyringsanlegg som hadde en installert effekt på mellom 50 - 2 000 kW. Resultatet viser at varmeanleggene hadde en total kostnad på mellom

51 -81 øre /kWh. Det store spriket mellom kostnadsnivåene har to hovedgrunner, hvorav en av dem var at anleggene har forskjellige utnyttelsesgrad og virker å være overdimensjonert i forhold til hvor mye varmebehov som skal leveres. Det er dette som også kan være en av grunnen til at Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW har en høyere beregnet LCOE enn andre sentraler.

At Biobrenselanlegg 500kW har lavere LCOE enn Biobrenselanlegg 150kW støttes av at Kåre Gunnar Fløystad (2013, s. 3). Fordi det kommer frem indikasjoner av spørreundersøkelsen at det er en sammenhengen med årlige kostnader per kWh er synkende med større anlegg. Det samme er vist i denne oppgaven, med at Biobrenselanlegg 150kW har en høyere energikostnad enn Biobrenselanlegg 500kW.

Ramm og Jarstein (2012) gjennomførte et mulighetsstudie på vegne av Enova. Studiet kom frem til at hvis industrien skulle lege om 3 til 4 TWh til å bli biobasert måtte alternative energikostnader ikke være på lavere enn 50 øre/kWh (Ramm & Jarstein, 2012, s. 2). Det vil si at hvis energikostnaden til bioenergien er på mer enn 50 øre/kWh, vil man foretrukket alternative energikilder. Denne energikostnaden er lavere enn den beregnet i Sidelnikova et al. (2015), men det kan være en indikasjon på at jo større anleggene blir, jo lavere blir energikostnaden. Dette med tanke på at industrien anvender mer energi enn oppvarming av bygg har behov for.

En annen svakhet med analysen er at den ikke tar hensyn til regionale pris forskjeller, som er sett i Figur 11 og Figur 12. Det kan anatas at disse regionale forskjellene fører til at prisen på biobrensel varierer fra området til området.

Gjennom sensitivitetsanalysen kommer det frem at den variablene som Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW er mest følsom for, er reduksjon i energiproduksjonen. Det samme resultatet kommer frem av en sensitivitetsanalyse gjort i Sidelnikova et al. (2015, s. 152), for et anlegg som hadde en installert effekt på 10 MW. Det anlegget er derimot mer følsom mot bresnellsprisene enn Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, som er mer følsom mot faste kostnadene og investeringskostnader. Det kommenteres i Sidelnikova et al. (2015, s. 152), at jo mindre anlegget er, jo mer følsomme er de til faste kostnadene og investeringskostnader, som da støtter resultatet som kommer frem av sensitivitetsanalysen gjort i oppgaven.

Forutsetningen om årlig jevnt fordelte faste kostnader påvirker den sesongbaserte og månedlige LCOE'en i stor grad. Fra Sidelnikova et al. (2015, s. 140) er de fast driftskostnadene satt til en årlige service på kjelen. Det vil si, sett fra det månedlige perspektivet er det kun en måned som blir påvirket av denne faste kostnaden. Det kan argumenteres at beregningen gjort ved å fordele kostnaden på de seks månedene det er mest energiproduksjon, er mer realistisk enn å ha et jevnt avdrag per måned. På den annen side er faste kostnader, som lønn til driftspersonell og leie, en kostnad som må betales på månedsbasis. For ordens skyld, er det verdt å merke seg at et alternativ er å fordele den faste kostnaden på faktisk forbruk. Dette fører til at energikostnaden blir lik den årlige beregnede kostnaden i alle månedene.

Gjennom litteratursøk ble det ikke funnet mange resultatet som kunne sammenlignes med den typen anlegg Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW er. Belbo (2011, s. 3) fant derimot ut at lagring av halm i haller i stedet for ute, førte til faste kostnader ble høyere i form av forsikring og ytre vedlikehold. Rosenberg (2010) så på diverse fjernvarme og kom frem til at et flisanlegg på 30 GWh (18 MW), altså mye høyere installert effekt enn Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, hadde bestilling av brensel, energistatistikk, og diverse oppfølging til å tilsvare en arbeidsmengde på 100-400 timer/år.

6.1.2 Metode

Som nevnt i delkapittel 4.3 metode, er energikostnadene diskontert for. Dette vil si at de første årene i anleggets levetid teller mer enn de senere. Dette kan være noe ugunstig med tanke på at ved innkjøring av anlegget er det som regel en høy energikostnad kr/kWh, siden de ikke har nådd full last (Kåre Gunnar Fløystad et al., 2013, s. 16). Dette kan også føre til en høyere energikostnad for analysen enn nødvendig.

6.2 Diskusjon analyse del 2: Andre energikilder

Når det er marginale forskjeller på energikostnader, kan det skyldes tilfeldigheter i forutsetninger som drift og vedlikehold. Med betydelige forskjeller i kostnader kan det derimot antas at forskjellen er for store til å være tilfeldig. Dette avviket kunne vært unngått ved å se på flere år med driftstall og kostnader, opp mot flere energisentraler. Det er for eksempel bare små marginer i forskjell mellom Biobrenselanlegg 500kW og flere av de andre energialternativene. Det kan tyde på at bioenergi i en størrelsesorden som Biobrenselanlegg 500kW, er en kilde som er konkurransedyktig i varmemarkedet.

6.2.1 Sammenligning

Ved sammenligning av flere energikilder kommer Sidelnikova et al. (2015, s. 14-15) frem til luft-til-vann varmpumper har den lavest LCOE'en, ved oppvarming i størrelsesordenene 150 kW. Det samme gjelder for størrelsesorden 1 MW. Den nest laveste LCOE'en er frittstående solfangere. Forutsetningen er at teknologien dekker grunnlast. Ved dimensjonering av teknologi til å dekke spisslast, er det elkjel med installert effekt på 150 MW som har den laveste LCOE'en. I sammenligningen gjort i denne oppgaven, kommer det også frem at ved årlige kostnader, som er den mest sammenlignbare beregningen, er det luft-til-vann varmpumper som er har lavest energikostnader. Sidelnikova et al. (2015) ser ikke på dimensjonering av elkjel til å dekke grunnlast, noe som denne oppgaven tar for seg.

Som det nevnes i delkapittel 2.1.4, er en barriere for å investerer i biobrenselanlegg, mangel på lønnsomhet (Martinsen et al., 2007, s. 4-5). Det samme kommer frem gjennom analysen gjort i oppgaven også. Med lønnsomhet menes forskjellen i bioenergi og andre energikilder.

6.2.2 Metode

Å analysere flere energikilder, slik som i denne oppgaven, er både en svakhet og en styrke. Dette fordi det gir et bra overblikk av markedet som helhet, men det gir også grunnlag for flere antakelser og mindre mulighet til å gå inn i detaljer.

En styrke ved denne delen av analysen er at alle sammenligningene opprettholder avgrensningen om oppvarming av vann, som ikke har lang vei til sluttpunktet. En annen styrke ved sammenligning av teknologiene som er valgt, er nettopp det at de produserer varme nær sluttpunktet, som fører til at resultatet da kan sammenlignes med flere steder i Norge. Dette fordi resultatet ikke er påvirket av tap av varme fra produksjonssted til sluttpunktet, i like stor grad som for eksempel fjernvarme. Hadde dette blitt gjort, kunne resultatet vist at det er stor forskjell i for eksempel samme brensel brukt i Nord-Norge og Sør-Norge, bare fordi det er tapp i rørnett og ikke på grunn av brenselet.

En annen faktor som påvirkes av avgrensningene til de teknologiene som det sammenlignes med, er at teknologiene er relativt like, slik at valget av energikilde påvirker i større grad. Dette fordi forskjellen ikke oppstår på grunn av mediet som skal varmes opp, men heller energikilden eller bæreren. Sammenligning med for eksempel panelovner eller oppvarming av ventilasjonsluft med vannbåren varme, har større ulikheter, men kan ha samme energikilde. De løsningene ville heller ikke vært mulig å benytte i en energisentral, og er derfor utenfor omfanget av oppgaven.

En svakhet med analysen er at den ikke tar hensyn til hvordan prisen varierer i løpet av en dag. Dette kan spesielt påvirke resultatet til teknologier som driftes av strøm, som elkjel og varmepumpe, eller solfangerne. Strøm varierer med tilbud og etterspørsel i løpet av en dag, som sett fra fordeler og ulemper. Mens solfangerne som nevnt, er avhengig av solinnstrålingen. De andre energikildene som er sammenlignet med, har en konstant pris gjennom dagen.

6.3 Diskusjon analyse del 3: Framskrivinger

I dette delkapitlet diskuteres hovedtrekkene ved framskrivningene gjort i analyse del 3.

6.3.1 Sammenligning

Sammenligning av denne analysen er sett på i tilhørende delkapitler. Sammenligningen er hovedsakelig forskjeller i hvordan utsikter til energikildene og teknologiene antas å bli.

6.3.2 Metode

En svakhet med denne analysen er at den bare ser på en mulig utvikling, et scenario, av endring i energikostnader, istedenfor «stor endring», «liten endring» osv. Sett fra resultatet i delkapittel 5.4.8 dominerer væske-vann og luft – vann varmepumper frem til 2030, markedet for varmesentraler. Det kan diskuteres om dette vil være tilfelle i fremtiden hvis strømprisene stiger kraftigere enn forutsatt i bergingene.

En stryke ved denne delen av analysen er at den tar for seg minst to faktorer, teknologi og brensel, til grunnlag for hvordan fremtiden vil bli. Alternativet kunne vært å ta i bruk en endringsfaktor. Analysen kunne for øvrig tatt for seg enda flere faktorer for å styrke resultatet.

Antagelsen om lineære endringer i fremtidige kostnader er ikke helt realistisk. Dette fordi det er endringer som kan føre til større «hopp» enn den lineære faktoren kan ta for seg, som er mer subtil. Et eksempel på endringer ikke skjer lineært er gjennom avgiftsendringene, som er vist i vedlegg M, hvor det er relativt store hopp mellom for eksempel 2013 og 2014 for grunnavgiften til fyringsolje.

Flere av de sammenlignende teknologiene har en økonomisk levetid på minst 20 år (Sidelnikova et al., 2015, s. 29). Oljekjelen til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW var gravd opp i 2013, det er da rimelig å anta at Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW sine biobrenselanlegg var installert mellom 2013-2015. Det vil si at anlegget vil ha en levetid frem til 2033-2035. Analyse av fremtidsperspektiv mot 2035 er derfor et legitimt tidsintervall å analysere. Det tidsintervallet som analyseres anses derfor som en styrke ved analysen.

En svakhet er at analysen tar ikke spesifikt for seg hvordan energikostnadene til de forskjellige energikildene påvirkes av hverandres endringer. Energimarkedet er et dynamisk marked. I tillegg, som beskrevet i delkapittelet 2.2.1, er markedet endret av ytre betingelsene, som eksempelvis politikere setter. Markedskreftene vil påvirke hvordan energimiksen blir i fremtiden. Et eksempel er hvis uttaket av skog øker til balansekvantumet, og all skogen blir brukt til utnyttelse av biovarme, kan det føre til at større deler av varemarkedet blir tatt av biovarme. Det kan igjen føre til at andre energikilder og teknologier må gå ned i pris, som da kan føre til at bioenergi ikke blir valgt som energiløsning. Dette er ikke tatt med i brenningen av framtidsutsiktene.

6.4 Diskusjon analyse del 4: CO₂-utslipp

Reduksjon i CO₂-utslipp er avhengig av hva som har vært alternativ energikilde før omlegging og hvor stort anlegget er. Andre rapporter har sett på samme tema, men ved flere og større anlegg. I tillegg er det flere CO₂-faktorer som kan bli brukt til omregning.

Vivestad (2016, s. 3), som er en masteroppgave gjort i samarbeid med Norges bioenergiforening (Nobio), kommer frem til at 122 varmesalgsanlegg, sparte 34 000 tonn CO₂-ekvivalenter, som tilsvarer en verdi på 2,4 mill. kroner med 2016s lave kvotepris. Det tilsvarer et gjennomsnitt på 278,7 tonn CO₂-ekvivalenter per varmesentral. Både Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW sparer mindre CO₂ fra omgivelsene enn det som kommer frem av Vivestad (2016). Det er naturlig at dette resultatet er noe høyere enn resultatet fra denne analysen, siden den tar hensyn til CO₂-ekvivalenter og ikke bare CO₂-utslipp. CO₂-ekvivalenter er som nevnt omgjøring av andre klimagasser til CO₂-verdier. På den annen side er sammenligningen ikke så relevant siden, det som nevnt, er avhengig av hvor stort anlegget er.

Kåre Gunnar Fløystad et al. (2013, s. 3) beregner at en direkte erstatning av oppvarming som tidligere var gjort med fyringsolje eller elektrisitet til bioenergi, ved 45 varmesentraler resulterte i en reduksjon på 5 300 tonn CO₂. Dette gir en gjennomsnitt på 117 tonn CO₂ spart per energisentral. Biobrenselanlegg 500kW reduserer mengden CO₂ i større grad enn gjennomsnittet som kommer frem av Kåre Gunnar Fløystad et al. (2013), selv om det ble det brukt en CO₂-faktor på 340g/kWh Kåre Gunnar Fløystad et al. (2013, s. 56), som utgangspunkt for omgjøring av fyringsolje. Den faktoren er relativt høy, i forhold til faktoren brukt i

beregningene i Tabell 33. Som nevnt er over er CO₂-utslippene avhengig av størrelsen på anlegget, slik at en sammenligning er ikke så relevant.

En svakhet med avgrensningene med å bare se på utslipp redusert med forbrenning, er at det ikke er tatt hensyn til utslipp i sammenheng med produksjon eller transport av brensel. Dette hadde ført til at CO₂-utslippene spart med bytte til biobrensel, ikke hadde vært like høyt som beregnet.

6.5 Diskusjon analyse del 5: Samfunnsøkonomiske analyse

Bruk av pluss-minus metoden til dette caset har sine styrker og svakheter. En styrke er at den tar hensyn til konsekvenser ved biobrenselanlegg som ikke er tallfestet. Uten en slik metode ville disse konsekvensene blitt utelatt. En svakhet er derimot at analysens pluss-minus metoden ikke er gjort av et ekspertpanel, eller andre objektive konsulenter, og kan derfor være farget og ikke garantert objektivt.

En annen svakhet ved pluss-minus metoden gjort i analysen, er at sammenligningen er mellom biobrenselanlegg opp mot fem forskjellige alternative energikilder. Det fører til at det er mange faktorer som spiller inn på hver av konsekvensene som vurderes i analysen. I tillegg stiller biobrenselanleggene både positivt og negativt i noen av konsekvensene. Dette kan svekke vurderingen. På en annen side gir det et godt overblikk, og var vurdert som nyttig å bruke som analyseverktøy, med tanke på at biobrenselanlegg blir påvirket av flere ikke prissatte virkninger.

7 Konklusjon

Den kostnadsbaserte analysen for produksjon av varme til flisfyringsanleggene Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, ble gjort gjennom å finne LCOE'en til anleggene. Med utgangspunkt i forbrukskurvene, ble resultatet 0,964 kr/kWh for Biobrenselanlegg 500kW, og 1,1 kr/kWh for Biobrenselanlegg 150kW. Beregningene ble også gjort på sesong- og månedsbasis, som viste at sommermånedene hadde en høy LCOE, mens vintermånedene hadde en lavere LCOE. En sensitivitetsanalyse ble utført i forsøk på å gi informasjon om hvilke variabler som påvirket LCOE'en i størst grad. Resultatet fra sensitivitetsanalysen viste at LCOE'en er mest sensitiv til en reduksjon i varmen produsert ved anleggene.

Ved sammenligning av LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW og andre energikilder og teknologier, har Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW høyest energikostnader gjennom årlige sammenligninger. Biobrenselanlegg 150kW har også den høyeste LCOE'en ved sammenligning av månedlige energipriser. I vintermånedene har Biobrenselanlegg 500kW lavere LCOE sammenlignet med flere av de andre teknologiene og kildene, som for eksempel propankjel og fyringsolje.

Til tross for at LCOE'en til biobrenselanleggene er relativt høye, viser likevel estimerte framskrivinger at Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW overstiger elkjel prisene, med de gitte forutsetningene. Biobrenselanlegg 150kW vil være dyrest frem til 2025, deretter vil elkjeler ha høyest energikostnader. For Biobrenselanlegg 500kW vil elkjel prisen allerede være høyere mellom 2018 og 2019.

Ved skifte fra fyringsolje, som begge anleggene ble driftet med før, ble det spart 230,6 tonn CO₂-utslipp i året fra Biobrenselanlegg 500kW, og 77,8 tonn CO₂-utslipp fra Biobrenselanlegg 150kW. Det tilsvarer 15 266 kr i årlige avgifter for Biobrenselanlegg 500kW, og 5 152 kr i årlige avgifter for Biobrenselanlegg 150kW. Konklusjonen av de samfunnsøkonomiske konsekvensene av biobrenselanlegg, som kan trekkes gjennom pluss-minus metoden, er at den er overveiende positiv, og tyder på et potensiale for gevinst ved bruk av biobrenselanlegg, sett i forhold til andre energikilder til energisentralen.

Opgavens mål om å analysere bioenergi til varmeproduksjon ble gjennomført. Likevel er resultatet i analysene forekommet med grunnlag i flere antakelser, og må derfor vurderes i lys av disse. Grundigere undersøkelser må til for å trekke konkrete slutninger dersom disse forutsetningene ikke lenger skal være antakelser.

7.1 Videre arbeid

Oppvarming er generelt et stort tema, dette med tanke på at det er uendelige med muligheter i forhold til teknologi og energikilde som kan analyseres videre. Spesifikt til denne oppgaven er det derimot noe videre arbeid som kan gjennomføres.

Kostnadene som er brukt til å beregne Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW LCOE er hentet fra andre kilder, som fører til at resultatet blir estimert. En måte å forbedre resultatet på er ved å ta i bruk kostnadene som faktisk blir brukt i 2016 til å dekke forbruket som analyseres. Dette er spesielt med tanke på at resultatet viser å være så avhengig av de estimerte faste kostnadene.

Det antas at det er flere energikilder som dekker energibehovet til Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW siden energiforbruket er relativt lavt om sommeren, selv om det trengs energi til å dekke det varme tappevann. Ettersom analysen tar for seg andre energikilder opp mot biobrensel, hadde en muligheten vært å kjøre anlegget på de andre energikildene for å så sammenligne kostnadene. På den annen side hadde resultat hvert noe vilkårlig siden energiuttaket/forbruket ikke hadde vært garantert lik, som det vises fra resultatet er en viktig faktor ved beregning av LCOE. Løsningen for dette problemet kunne vært å hatt anlegget i drift over lenger tid, med forskjellige energikilder, slik at ikke engangstilfeller hadde ikke hadde ført til resultatene.

Den samfunnsøkonomiske analysen er ikke gjort av et ekspertpanel, som kan føre til at resultatet er farget. En måte å forbedre dette på er ved å danne et ekspertpanel, som har kunnskap på alle eller noen av energikildene som det sammenlignes med, til å jobbe sammen i team for å lage gjennomgå pluss-minus metoden. En annen eventuell mulighet er å sende ut intervjuer/spørreundersøkelser som besvares av eksperter på energikildene. For å gjøre en mer grundig analyse med bruk av pluss-minus metoden, kunne det blitt gjennomført en sammenligning mellom biobrenselanlegg og hver av energikildene.

8 Referanseliste

- Abrahamsen, A. S., Bergh, M. & Fedoryshyn, N. (2013). Energibruk i bygninger for tjenesteytende virksomhet 2011 Vol. 62/2013. Lastet ned fra https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/_attachment/154307?_ts=142fa6ff6d8
- Aei. (u.å. , u.å.). Enøkguiden Lastet ned 25.05, 2017, fra https://enok.no/enokguiden/07_3.html
- Andreassen, K., Eriksen, R., Tomter, S. & Granhus, A. (2013). Statestikk over skogforhold og skogressurser i rogaland Vol. 2/2013. *Ressursoversikt fra skog og landskap* Lastet ned fra http://www.skogoglandskap.no/filearchive/ressursoversikt_02_13_statistikk_over_skogforhold_og_skogressurser_i_rogaland_2005_2009.pdf
- Anonym Energiloggføringsystem Rogaland Fylke. (2016). Energioppfølgingssystemet til biobrenselanlegg 500 kw og biobrenselanlegg 150 kw.
- Anonym Produsent. (2013). *Anonym manual 500kw*. Skandinavia: Biobrenselanlegg produsent.
- Arnold, K. M., Granlund, L. & Kjølstad, C. (red.). (2011). *Veien til biovarme*. u.s.: Norsk Bioenergiforening.
- Avinor, Sas, Norwegian & Nho Luftfart. (2013). Bærekraftig biodrivstoff for luftfart Lastet ned fra https://avinor.no/globalassets/_konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/kortversjon.pdf
- Belbo, H. (2011). Halm som biobrensel Vol. 22/2011. Lastet ned fra http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_22_11_halm_som_biobrensel.pdf
- Belbo, H. & Fisknes, G. (2012). Flisfyring i nord-trøndelag 2012 Vol. 16/2012. Lastet ned fra http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_16_12_flisfyring_i_nord_trondelag.pdf
- Bergseng, E., Eid, T., Rørstad, P. K. & Trømborg, E. (2012). Bioenergiressurser i skog: Kartlegging av økonomisk potensial Vol. 32. *NVE Rapport* Lastet ned fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012_32.pdf
- Kapittel 14 energi, 14-4. Krav til løsning for energiforsyning (2010).
- Bøhren, Ø. & Gjærum, P. I. (1999). *Prosjekt analyse* Oslo: Skravet
- Damman, S., Ruud, A., Fodstad, M., Espegren, K. & Midthun, K. (2017). Norwegian energy road map 2050: Hvilke tiltak og virkemidler bør belyses? Vol. 3. Lastet ned fra [file:///C:/Users/lims/Downloads/WP1%20rapport%20endelig%20versjon%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/lims/Downloads/WP1%20rapport%20endelig%20versjon%20(4).pdf)
- Direktoratet for Økonomistyring. (2014). Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (s. 82-86). Lastet ned fra https://dfo.no/Documents/FOA/publikasjoner/veiledere/Veileder_i_samfunns%3B%20kono miske_analyser_1409.pdf
- Dølgaard, K. G. (2017, 2017.01.24). Oppvarming: Olje- og parafinforbud i 2020?, *Hus & bolig*. Lastet ned fra <http://www.huseierne.no/hus-bolig/tema/inneklima/fossil-opppvarming-forbud-i-2020/>
- Ec Group As. (u.å. , u.å.). Våre referanser Lastet ned 30.05, 2017, fra <http://www.ecgroup.no/vare-referanser>
- Eisentraut, A. & Brown, A. (2014). Heating without global warming Lastet ned fra https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/FeaturedInsight_HeatingWithoutGlobalWarming_FINAL.pdf
- Energi Norge. (2016). Investeringer i strømmettet 2015-2025 Lastet ned fra <https://www.energinorge.no/contentassets/fbffb0222cb14261a02ea1310e6eb710/investeringer-i-stromnettet-2015-2025.pdf>
- Energigården. (u.å., u.å.). Nærvarme Lastet ned 20.05, 2017, fra <http://www.energigarden.no/om-bioenergi/biovarme/naervarme/>
- Energirapporten. (2017). Sluttbrukerpriser Vol. 12. Lastet ned fra <http://www.tekniskenyheter.no/index.php/energirapporten>
- Enova. (2015). Siden 2008 er anlegg tilsvarende 4,7 twh fornybar varme satt i drift med støtte fra enova *Varmefakta 2015* Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/A8610D63495043EEB87DD4A D2A15380E.pdf

- Enova. (2016a). *Enova årsrapport 2016*. Trondheim: Enova Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/40189424DAEC4B2BB19EE0DC333641AC.pdf.
- Enova. (2016b). Markedsutvikling 2016 Vol. 3. *Hovedtrender i Enovas satsningsområder* Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/7D3F0B54910A49F2879CE70B12F01B62.pdf
- Enova. (u.å.) Lastet ned 2017.04.20, 2017, fra <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/varmesentraler/>
- Ericson, T., Fidje, A., Fonnaløp, J. E., Langseth, B., Magnussen, I. H., Rode, W. W. & Saugen, B. (2016). Varmepumper i energisystemet: Status og muligheter Vol. 60/2016. Lastet ned fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_60.pdf
- Filbakk, T., Heyerdahl, P. H. & Gjølsjø, S. (2014, 2014.02.27). Trevirkets brennverdi Lastet ned 02.04, 2016, fra http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2011/Brennverdi_trevirke/newsitem
- Fløystad, K. G. (2013). *Biovarme for folk og dyr - kostnader og brukererfaring fra eiere av mindre fyringsanlegg med flis, ved eller halm*. Mastergradsavhandling, Univeristet for miljø- og biovitenskap. Lastet ned fra <http://www.innovasjon norge.no/globalassets/old/pagefiles/32368/masteroppgave-floystad-2013.pf.pdf>
- Fløystad, K. G., Halvorsen, Ø. & Qvenild, S. (2013). Effektundersøkelse bioenergiprogrammet for landbruket Lastet ned fra <http://www.innovasjon norge.no/globalassets/old/pagefiles/28866/varmesalg-effektundersokelse.pdf>
- Fornybar.No. (2016a). 2. Teknologi Lastet ned 20.03, 2017, fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/teknologi>
- Fornybar.No. (2016b). Miljøkonsekvenser Lastet ned 20.03, 2017, fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/miljokonsekvenser>
- Fornybar.No. (2016c). Miljøkonsekvenser ved bruk av bioenergi Lastet ned 08.04, 2017, fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/miljokonsekvenser-ved-bruk-av-bioenergi>
- Fornybar.No. (2016d). Ressursgrunnlag Lastet ned 20.04, 2017, fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/ressursgrunnlag>
- Fornybar.No. (2016e). Støtteprinsipper og teknologisk modenhet/utvikling Lastet ned 08.04, 2017, fra <http://www.fornybar.no/energi/politikk/stotteprinsipper-og-teknologisk-modenhetutvikling>
- Fornybar.No. (2016f). Varmeproduksjon basert på faste brensler Lastet ned 08.02, 2017, fra <http://www.fornybar.no/bioenergi/varmeproduksjon/varmeproduksjon-basert-pa-faste-brensler/varmeproduksjon-basert-pa-faste-brensler>
- Forurensningsforskriften. (2009). *Forskrift om begrenning av forurensning*. Lastet ned fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_8-4#KAPITTEL_8-4.
- Fønhus, A. E. (2007). *Kostnader og brukererfaringer fra et utvalg av mindre flisfyringsanlegg i Norge*. Mastergradsavhandling, Univeristet for miljø- og biovitenskap. Lastet ned fra http://www.skogoglandskap.no/filearchive/kostnader_og_brukererfaringer_fra_et_utvalg_a_v_mindre_flisfyringsanlegg_i_norge.pdf
- Havellen, V. (2004). Beregning av energipriser Lastet ned fra <http://kompetansebiblioteket.no/Driftok/1%20Enok/1%202%20Beregning%20av%20energipriser.aspx>
- Havskjold, M., Lislebø, O., Langseth, B. & Ingeberg, K. (2011). Potensial for fornybar varme og kjøling 2020 og 2030 Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/3D13FCA16B4E478DB5B5D234B475CD99.pdf

- Holtmark, B. (2010). Virkningene på klimagassutslipp ved økt bruk av biodrivstoff – en litteraturgjennomgang Vol. 44/2010. Lastet ned fra https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_201044/rapp_201044.pdf
- International Energy Agency. (2011). Technology roadmap: Energy-efficient buildings: Heating and cooling equipment Lastet ned fra https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/buildings_roadmap.pdf
- International Energy Agency. (u.å., u. oppdatering). Bioenergy Lastet ned 02.02, 2017, fra <https://www.iea.org/topics/renewables/subtopics/bioenergy/>
- International Energy Agency & Ner (red.). (2016). *Nordic energy technology perspectives 2016: Cities, flexibility and pathways to carbon-neutrality*. u.s. : Nordic Energy Group.
- Jensen, N. & Steel, C. (2015). *Innspill til regjeringens bioøkonomistrategi*. Oslo: Lastet ned fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/2279d695167747e2ad4f787465f9ff94/innspill-til-bioekonomistrategien---wwf-norge-og-sabima.pdf>.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. u.s.: Abstrakt
- Kanak. (2014). *Utvikling i tariffer i distribusjonsnettet*. Paper presentert på Nettkonferansen 2014, http://xrgia.no/nyhetsarkiv/content_2/filelist_1054fc57-2e41-44c1-8a6c-d181cf21ece6/1423676165048/_2014_12_03_nettkonferansen_tariffer.pdf.
- Kristensen, M. S. (2016). *Høringsvar: Begrensing av visse luftforurensende utslipp fra mellomstore forbrenningsanlegg*. Oslo: Lastet ned fra <http://www.miljodirektoratet.no/PageFiles/35618/Utslipp%20fra%20forbrenningsanlegg%201-50%20MW%20Nobio.pdf>.
- Ladanai, S. & Vinterbäck, J. (2009). Global potential of sustainable biomass for energy Vol. 13. Lastet ned fra http://pub.epsilon.slu.se/4523/1/ladanai_et_al_100211.pdf
- Landbruksmeteorologisk Tjeneste. (2016). Særheim Lastet ned 21.04, 2017, fra http://lmt.bioforsk.no/weatherstations/48/table?ignored_from_date=01.01.2016&from_date=2016-01-01&ignored_to_date=31.12.2016&to_date=2016-12-31&log_interval=4
- Landbruksmeteorologisk Tjeneste. (2017, u.å.). Om lmt Lastet ned 04.05, 2017, fra <http://lmt.bioforsk.no/about>
- Lyse Elnett. (2017, u.å.). Priser og vilkår bedrift Lastet ned 03.04, 2017, fra <https://www.lysenett.no/priser-og-vilkar-bedrift/category15151.html#articleTab2>
- Lyse Elnett. (u.å.). Sikrer strømforsyningen til deg Lastet ned 01.05 2017, fra https://www.lysenett.no/?lang=no_NO
- Martinsen, A., Baardsen, B., Aadnevik, Ø., Asheim, K. & Kjølstad, C. (red.). (2007). *10 år med røde tall: Barrierer for økt utbygging av lokale varmesentraler og nærvarmeanlegg*. u.s.: Enova.
- Melbye, A. M., Rørstad, P. K. & Killingland, M. (2014). Bioenergi i norge Vol. 41. *Rapport* Lastet ned fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_41.pdf
- Meld. St. Nr. 9 (2011-2012). (2012). *Landbruks- og matpolitikken: Velkommen til bords*. Oslo: Landbruks- og matdepartement Lastet ned fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/adb6bd7b2dd84c299aa9bd540569e836/no/pdfs/stm201120120009000dddpdfs.pdf>.
- Meld. St. Nr. 11 (2016-2017). (2017). *Endring og utvikling: En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*. Lastet ned fra https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-11-20162017/id2523121/sec2?q=biobrensel#match_0.
- Meld. St. Nr. 25 (2015-2016). (2016). *Kraft til endring: Energipolitikken mot 2030*. Lastet ned fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/31249efa2ca6425cab08130b35ebb997/no/pdfs/stm201520160025000dddpdfs.pdf>.
- Meld. St. Nr. 34 (2006-2007). (2007). *Norsk klimapolitikk*. Lastet ned fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Stmeld-nr-34-2006-2007-/id473411/sec3>.

- Miljødirektoratet. (2015). Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030: Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling Vol. 386. Lastet ned fra <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>
- Miljødirektoratet. (2016, 2016.05.27). Nitrogenoksid (nox) Lastet ned 17.04, 2017, fra <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/sur-nedbor/nitrogenoksid-nox/>
- Miljødirektoratet. (2017a, 2017.01.11). Co2-avgift Lastet ned 06.04, 2017, fra <http://www.miljostatus.no/tema/klima/tiltak-klimagassutslipp/co2-avgift/>
- Miljødirektoratet. (2017b, 2017.05.15). Kvotesystemet Lastet ned 22.05, 2017, fra <http://www.miljostatus.no/klimakvoter>
- Miljødirektoratet. (2017c, 2013.07.09). Tildeling av kvoter til industri Lastet ned 19.04, 2017, fra http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/klima/CO2_kvoter/Klimakvoter-for-industrien/Klimakvoter-for-2013-2020/
- Multiconsult. (u.å., u.å.). Kort om multiconsult Lastet ned 25.04, 2017, fra <http://www.multiconsult.no/om-oss/kort-om-multiconsult/>
- Naper, L. R. & Bjørndalen, J. (2010). Markedsanalyse: Lokale energisentraler Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/F26022CBE8AD4BCAB19BE2ED18D91438.pdf
- Nho. (2016). Fortsatt nedgang i de nasjonale nox-utslippene Lastet ned 26.03, 2016, fra <https://www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/Nyhetsarkiv/2016/nox-utslippene-har-blitt-kraftig-redusert-siden-nox-fondet-ble-innfort-i-2007/>
- Nho. (u.å.). Hva er nox? Lastet ned 26.03, 2017, fra <https://www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/Dette-er-NOx-fondet/Hva-er-NOx/>
- Nord Pool. (u.å., u.å.). Bidding areas Lastet ned 04.03, 2017, fra <http://www.nordpoolspot.com/How-does-it-work/Bidding-areas/>
- Nord Pool. (2016, 2017.05.02). Elspot prices Lastet ned 03.05, 2017, fra <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/NO/Monthly/?view=table>
- Norsk Bioenergiforening. (2012). Analyse av norsk bioenergistatistikk: Forslag til kvalitetsheving Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/3797304E60234FB780C23B391B4AD54F.pdf
- Norsk Fjernvarme. (2016, u.å.). Fjernkontrollen Lastet ned 05.05, 2017, fra <http://www.fjernkontrollen.no/>
- Norsk Fjernvarme. (u.å.). Energikilder i fjernvarme Lastet ned 06.04, 2017, fra <http://fjernvarme.no/index.php?pageID=100&openLevel=34>
- Norsk Gartnerforbund. (2014). Biobrensler Lastet ned fra <http://www.ngfenergi.no/sites/default/files/files/Temahefte%20Biobrensler.pdf>
- Norsk Standard. (2014). Ns 3031: Beregning av bygningers energiytelse: Norsk Standard.
- Norsk Teknologi. (2013). Energibruk i bygg - rammer, krav og muligheter. 8, 2- 5. Lastet ned fra <http://nelfo.no/Documents/Dokumenter,%20rapporter,%20publikasjoner/Faktahefter/1/faktahefte%20nr%208%20%E2%82%AC%202013%20small.pdf>
- Nve. (2015, 2017.05.15). Varedeklarasjon Lastet ned 23.05, 2017, fra <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/varedeklarasjon/>
- Nve. (2016a, 2016.06.08). Elektrisitetsbruk i norge mot 2030 Lastet ned 01.02, 2017, fra <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/elektrisitetsbruk-i-norge-mot-2030/>
- Nve. (2016b, 2016.06.08). Energi og effekt Lastet ned 25.05, 2017, fra <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/energi-og-effekt/>
- Nve. (2016c, 2017.05.08). Varedeklarasjon 2015 Lastet ned 22.05, 2017, fra <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/varedeklarasjon/varedeklarasjon-2015/>

- Nve, Oljedirektoratet, Statens Vegvesen, Statistisk Sentralbyrå & Klima- Og Forurensningsdirektoratet. (2010). Klimakur 2020 Lastet ned fra <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2590/ta2590.pdf>
- Nærings- Og Fiskeridepartementet. (2016). *Kjente ressurser- uante muligheter: Regjeringens bioøkonomistrategi*. Lastet ned fra https://www.regjeringen.no/contentassets/32160cf211df4d3c8f3ab794f885d5be/nfd_biokonomi_strategi_uu.pdf.
- Propan Norge Lpg. (2017a, u.å.). Hva er propangass Lastet ned 16.03, 2017, fra <http://www.lpgnorge.no/lpg/>
- Propan Norge Lpg. (2017b, u.å.). Om oss Lastet ned 16.03, 2017, fra <http://www.lpgnorge.no/om-oss/sporsmal/>
- Ramm, B. & Jarstein, S. (2012). Mulighetsstudie: Bioenergi i industrien Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/18B014B792ED4E3E8FAC3D27570EECF0.pdf
- Regjeringen. (2016a, 2016.10.12). Høring - forbud mot fyring med mineralolje Lastet ned 20.05, 2017, fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing---forbud-mot-fyring-med-mineralolje/id2515472/>
- Regjeringen. (2016b, 2016.12.09). Kortlevde klimaforurensere Lastet ned 02.04, 2016, fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/kortlivede-klimagasser/id2343541/>
- Rosenberg, M. (2010). Kostnader for fjernvarmeutbygging Lastet ned fra https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/45D005031D184BFFB2FC1F0ECFA0DCAE.pdf
- Rosenberg, M. (2013). *Utslippskrav til eksisterende anlegg fra 31.12.2014, mulige tiltak for å oppfylle kravene*. Paper presentert på Driftsseminar, u.s. http://nobio.no/upload_dir/pics/MatsRosenberg.pdf
- Selfors, A. & Bølling, J. K. (2011). Rammer for utbygging og drift av fjernvarme Vol. 3/2011. *Veiledere* Lastet ned fra <https://www.nve.no/media/2260/2013-01-10-revidert-veileder-fjernvarme-drift-2.pdf>
- Selfors, A., Thorsen, K., Hofstad, K., Fagerlund, K. H. & Wiggen, T. M. (2014). Naturgass- en generell innføring Vol. 12. *Rapport* Lastet ned fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2004/rapport2004_12.pdf
- Sidelnikova, M., Weir, D. E., Groth, L. H., Nybakke, K., Stensby, K. E., Langseth, B., . . . Qureishy, T. H. (2015). Kostnader i energisektoren: Kraft, varme og effektivisering Vol. 2/2015. Lastet ned fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_02a.pdf
- Skatteetaten. (2016, 2016.01.22). Mineralske produkter Lastet ned 13.04, 2017, fra <http://www.skatteetaten.no/no/Radgiver/Rettskilder/rundskriv-retningslinjer-og-andre-rettskilder/avgiftsrundskriv/mineralske-produkter/>
- Skatteetaten. (2017, 2017). Nox-avgift Lastet ned 07.03, 2017, fra <http://www.skatteetaten.no/no/Bedrift-og-organisasjon/avgifter/miljo/nox-avgift/>
- Soma, M. (2005). Mellomstore biobrenselanlegg 0,5–5 mw Lastet ned fra http://kompetansebiblioteket.no/Prenok/Energisentralen_Kjeler_varmepumper_varmeveksler_undersentral/4_30_Mellomstore_biobrenselanlegg_0_5_5_MW.aspx?searchStr=biobrensel
- Statistisk Sentralbyrå. (2014). Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene Lastet ned 08.04, 2017, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/kartlegging-av-oppvarmingsutstyr-i-husholdningene>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016a). Landsskogtakseringen, 2011-2015 Lastet ned 14.03, 2017, fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst/aar/2016-08-26#content>

- Statistisk Sentralbyrå. (2016b). Produksjon og forbruk av energi: Energibalanse, 2014-2015, endelige tall Lastet ned 13.04, 2017, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse/aar-endelige/2016-10-18%20>
- Statistisk Sentralbyrå. (2017). Elektrisitetspriser, 4. Kvartal 2016 Lastet ned 03.03, 2017, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris/kvartal/2017-02-24#content>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016a). Elektrisitet, desember 2015 Lastet ned 04.05, 2017, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned/2016-02-04>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016b). Fjernvarme og fjernkjøling, 2015 Lastet ned 05.05, 2017, fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/fjernvarme/aar/2016-05-13?fane=tabell#content>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016c). Produksjon og forbruk av energi, energibalanse.
- Tekniske Nyheter. (2017a). Energirapporten Lastet, 2017, fra <http://www.tekniskenyheter.no/index.php/energirapporten>
- Tekniske Nyheter. (2017b). Høyere temperaturer og høy vind-kraftproduksjon gav lavere kraftpriser Vol. 2/40. Lastet ned fra <http://www.tekniskenyheter.no/index.php/energirapporten>
- Tekniske Nyheter. (2017c). Politisk føring og dårlig el-nett førte til valg av bioenergianlegg Vol. 2/40. Lastet ned fra <http://www.tekniskenyheter.no/index.php/energirapporten>
- Ung Energi. (2016, 2016.11.16). Hva er bioenergi Lastet ned 08.04, 2017, fra <http://ungenergi.no/energikilder/bioenergi/hva-er-bioenergi/>
- United Nations. (2015). *Paris agreement*. Lastet ned fra http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- Vermes, T. (2016, 2016.07.09). 75,1 prosent av norsk strømforbruk i 2015 var fossil- og atomkraft, *abc nyheter*. Lastet ned fra <https://www.abcnyheter.no/penger/2016/07/09/195228156/751-prosent-av-norsk-stromforbruk-i-2015-var-fossil-og-atomkraft>
- Vivestad, H. (2016). *Effekter av investering og drift av varmesalgсанlegg – sysselsetting, økonomi og klimagassreduksjon fra fossile kilder* Mastergradsavhandling, Institutt for Naturforvaltning. Lastet ned fra <http://www.innovasjon norge.no/contentassets/e59c6b400fca4ae89836f80b3e6fe213/maste-roppgave-2016-henriette-vivestad.pdf>
- Vvs-Foreningen I Samarbeid Med Norconsult As. (2015). Varmenormen 2015 Lastet ned fra http://kompetansebiblioteket.no/Varmenormen/5_Varmeavgivere_og_kjolelementer/4_2_1_Forskriftsmessig_oppvarmingsmetode.aspx
- Zaitsev, D., Rehbinder, E., Heimdal, K. & Abbas, A. (u.å.). Mot lysere tider: Solkraft i Norge – fremtidige muligheter for verdiskaping Lastet ned fra http://awsassets.wwf.no/downloads/160315_wwf_a4_screen_spread.pdf

9 Vedlegg

Vedlegg A: Definisjoner

- Energisentral: Gjennom oppgaven brukes nærvarme energisentral og lokal energisentral synonymt.
- Kraft: elektrisitet
- Energi og effekt: Energi er i form av Wh, mens effekt er W.
- NVE: Norges vassdrags- og energidirektorat
- Biobrenselanlegg 150kW: Biobrenselanlegg 150kW bioenergisentral
- Biobrenselanlegg 500kW: Biobrenselanlegg 500kW bioenergisentral
- LCOE: levelized cost of energy, energikostnad over levetiden
- Energifaktor: kostnaden for energien (kr/kWh) som ikke er diskontert for. Energifaktor kan kalles for energipris i andre oppgaver.
- Energifaktor: Prisen energien er solgt for (kr/kWh)
- Vintermåned: januar, februar, mars, oktober, november, desember. Sommermåned: april, mai, juni, juli, august, september
- Effektfaktor/COP varmpumpe: ifølge Sidelnikova et al. (2015, s. 158) er COP «Forholdet mellom avgitt energi og tilført energi til varmpumpen kalles for effektfaktoren og avhenger av både temperaturløftet og egenskapene til varmpumpen.»
- Brensel: energikilder/energibærer
- Energikilde: Kilden til energi. Eksempelvis flis, pellets, vannkraft, solinnstråling
- Energibærer: Energibærer er en energitype som flytter energi fra kilden, som for eksempel kraft. Kraft har flere energikilder som vannkraftverk, solceller ect. Men er bare en bærer som er kraft. For forenkling skyld vil ordet energikilde også inkludere energibærer.
- Lokale energisentraler: betegnes som det samme som lokal varmesentraler.
- Fjernvarme er «sentralvarmeanlegg som forsyner en bydel eller flere bygg med energi til varmt tappevann og oppvarming» (Energigården, u.å.).
- Nærvarme er «lokale varmesentraler som ofte ikke har en større installert effekt enn 1 MW» (Energigården, u.å.).
- Teoretisk ressurspotensialet: Teoretisk ressurspotensialet vil si det maksimale ressurspotensialet uten å ta hensyn til økonomiske, miljømessige eller økologiske restriksjoner. (Melbye et al., 2014, s. I)

Vedlegg B: Beregning av LCOE til Biobrenselanlegg 500kW energisentral

Inndataen brukt til beregning av LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW er vist i tabellen under.

Innput		Biobrenselanlegg 500kW
Forutsetninger for LCOE	Enhet	
Ytelse	kW	500
Virkningsgrad (momentan)	%	86
Levetid	år	20
Investeringskostnader	Kr/kW	6020
Driftskostnader		
Faste driftskostnader	(kr/kW/år)	6 020
Variable kostnader eks brensel	(kr/kWh)	0,027
Brensel		
Fuktighet flis	%	35
Brennverdi	(kWh/kg)	3,1
Brensel pris	(kr/kg)	0,65
Spesifikk energipris	(kr/kWh)	0,2
Diskonteringsrente	%	4

Beregningene og resultatet brukt til den årlige LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW energisentral er vist i tabellen under.

Beregninger				
År	0	1	2	..20
Produsert energi (kWh)		960900	960900	960900
Investeringskostnader (kr)	3 010 000,00			
Faste driftskostnader (kr)		445000	445000	445000
Variable kost. eks brenselkostnader (kr)		25944,3	25944,3	25944,3
Brenselkostnader (kr)		234277,9445	234277,9445	234277,9445
Diskontert				
Produsert energi		923942	888406	438542
Investeringskostnader	3 010 000,00			
Faste driftskostnader		427885	411428	203092
Variable kostnader eks brenselkostnader		24946	23987	11841
Brenselkostnader		225267	216603	106921
Resultat				
Årlig LCOE (kr/kWh)	0,9644			

Beregningen gjort for å finne den månedlig LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW er vist i tabellen under. En grafisk representasjon er vist i Figur 36. Tabellen viser kostnadene når de er diskontert og ikke.

	Energi produsert (kWh)				Diskontert Energi produsert (kWh)			
Januar	0	86000	86000	86000	0	82692,3	79511,8	39249,3
Februar	0	135100	135100	135100	0	129903,8	124907,5	61657,9
Mars	0	132500	132500	132500	0	127403,8	122503,7	60471,3
April	0	92000	92000	92000	0	88461,5	85059,1	41987,6
Mai	0	67500	67500	67500	0	64903,84	62407,5	30806,1
Juni	0	22800	22800	22800	0	21923,1	21079,9	10405,6
Juli	0	400	400	400	0	384,6	369,8	182,6
August	0	7800	7800	7800	0	7500	7211,5	3559,8
September	0	41500	41500	41500	0	39903,8	38369,1	18940,1
Oktober	0	105100	105100	105100	0	101057,7	97170,9	47966,3
November	0	137100	137100	137100	0	131826,9	126756,7	62570,7
Desember	0	133100	133100	133100		127980,8	123058,4	60745,1
	Investeringskostnader (kr)				Investeringskostnader diskontert (kr)			
Januar	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Februar	250833	0	0	0	250833	0	0	00
Mars	250833	0	0	0	250833	0	0	0
April	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Mai	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Juni	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Juli	250833	0	0	0	250833	0	0	0
August	250833	0	0	0	250833	0	0	0
September	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Oktober	250833	0	0	0	250833	0	0	0
November	250833	0	0	0	250833	0	0	0
Desember	250833	0	0	0	250833	0	0	0
	Faste kostnader (kr)				Faste kostnader diskontert (kr)			
Januar	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Februar	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Mars	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
April	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Mai	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Juni	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Juli	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
August	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
September	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Oktober	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
November	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4
Desember	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,4

	Variable Kostnader (kr)				Variable kostnader diskontert (kr)			
Januar	0	2322	2322	2322	0	2232,7	2146,8	1059,7
Februar	0	3647,7	3647,7	3647,7	0	3507,4	3372,5	1664,8
Mars	0	3577,5	3577,5	3577,5	0	3439,9	3307,6	1632,7
April	0	2484	2484	2484	0	2388,5	2296,6	1133,6
Mai	0	1822,5	1822,5	1822,5	0	1752,4	1685,0	831,7
Juni	0	615,6	615,6	615,6	0	591,9	569,2	281
Juli	0	10,8	10,8	10,8	0	10,4	9,1	4,9
August	0	210,6	210,6	210,6	0	202,5	194,7	96,1
September	0	1120,5	1120,5	1120,5	0	1077,4	1036	511,4
Oktober	0	2837,7	2837,7	2837,7	0	2728,6	2623,6	1295,1
November	0	3701,7	3701,7	3701,7	0	3559,3	3422,4	1689,4
Desember	0	3593,7	3593,7	3593,7	0	3455,5	3322,6	1640,1
	Brenselkostnader (kr)				Brenselkostnader diskontert (kr)			
Januar	0	20967,7	20967,7	20967,7	0	20161,3	19385,9	9569,4
Februar	0	32938,8	32938,9	32938,9	0	31672	30453,8	15032,9
Mars	0	32304,9	32305	32305	0	31062,5	29867,7	14743,6
April	0	22430,6	22430,6	22430,6	0	21567,9	20738,4	10237,
Mai	0	16457,2	16457,2	16457,2	0	15824,3	15215,6	7510,9
Juni	0	5558,8	5558,9	5558,9	0	5345,1	5139,5	2537,0
Juli	0	97,5	97,5	97,5	0	93,8	90,2	44,5
August	0	1901,7	1901,7	1901,7	0	1828,6	1758,3	867,9
September	0	10118,1	10118,1	10118,1	0	9729	9354,8	4617,8
Oktober	0	25624,5	25624,5	25624,5	0	24639	23691,3	11694,7
November	0	33426,4	33426,4	33426,5	0	32140,8	30904,7	15255,4
Desember	0	32451,2	32451,2	32451,2	0	31203,1	30003	14810,3

Resultatet av den sesongbaserte LCOE'en til Biobrenselanlegg 500kW er vist under. En grafisk fremstilling er vist i delkapittel 5.2.1.2, Figur 34.

Resultat	LCOE (kr/kWh)				
	Investeringskostnader	Faste Kostnader	Variable kostnader	Brenselkostnader	Totalt
Januar	0,214613	0,431202	0,027	0,243810953	0,916626
Februar	0,136616	0,274488	0,027	0,243810953	0,681914
Mars	0,139296	0,279874	0,027	0,243810953	0,689981
April	0,200617	0,40308	0,027	0,243810953	0,874508
Mai	0,273433	0,549383	0,027	0,243810953	1,093627
Juni	0,809507	1,626462	0,027	0,243810953	2,70678
Juli	46,14189	92,70833	0,027	0,243810953	139,121
August	2,366251	4,754274	0,027	0,243810953	7,391335
September	0,444741	0,893574	0,027	0,243810953	1,609126
Oktober	0,175611	0,352839	0,027	0,243810953	0,799261
November	0,134623	0,270484	0,027	0,243810953	0,675917

Desember	0,138668	0,278613	0,027	0,243810953	0,688092
----------	----------	----------	-------	-------------	----------

Framskrivinger

Inndataen er som vist i tabellen under. Den samme tabellen er vist i hoved delen, som Tabell 25.

	Variabel i Formel 3	Biobrenselanlegg 500kW
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,7206
Årlig teknologisk utvikling	T	0,09 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	$E_{brensel}$	0,2438
Årlig brensel pris endring	B	0%

Resultatet er vist i tabellen under. En grafisk presentasjonen er vist i Figur 58

År	Teknologi (2014+n) (år)	Brensel (2016+n) (år)	Biobrenselanlegg 500kW (kr/kWh)
2016	0	0	0,964411815
2017	1	1	0,9638971
2018	2	2	0,963382385
2019	3	3	0,96286767
2020	4	4	0,962352955
2021	5	5	0,96183824
2022	6	6	0,961323526
2023	7	7	0,960808811
2024	8	8	0,960294096
2025	9	9	0,959779381
2026	10	10	0,959264666
2027	11	11	0,958749951
2028	12	12	0,958235236
2029	13	13	0,957720521
2030	14	14	0,957205806
2031	15	15	0,956691091
2032	16	16	0,956176377
2033	17	17	0,955661662
2034	18	18	0,955146947
2035	19	19	0,954632232

Vedlegg C: Beregning av LCOE til Biobrenselanlegg 150kW energisentral

Inndataen til beregning av Biobrenselanlegg 150kW energisentral sin LCOE er vist i tabellen under.

Innput		Biobrenselanlegg 150kW
Forutsetninger for LCOE	Enhet	
Ytelse	kW	150
Virkningsgrad (momentan)	%	84
Levetid	år	20
Investeringskostnader	Kr/kW	6683
Driftskostnader		
Faste driftskostnader	(kr/kW/år)	6 683
Variable kostnader eks brensel	(kr/kWh)	0,024
Brensel		
Fuktighet flis	%	35
Brennverdi	(kWh/kg)	3,1
Brensel pris	(kr/kg)	0,65
Spesifikk energipris	(kr/kWh)	0,2
Diskonteringsrente	%	4

Beregningene og resultatet brukt til den årlige LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW energisentral er vist i tabellen under.

Beregninger				
År	0	1	2	..20
Produsert energi (kWh)		324300	324300	324300
Investeringskostnader (kr)	1 002 450,00			
Faste driftskostnader (kr)		195000	195000	195000
Variable kost. eks brenselkostnader (kr)		7783,2	7783,2	7783,2
Brenselkostnader (kr)		79067,89197	79067,89197	79067,89197
Diskontert				
Produsert energi		311826,9231	299833,5799	148006,2867
Investeringskostnader	1 002 450,00			
Faste driftskostnader		187500	180288,4615	88995,45451
Variable kostnader eks brenselkostnader		7483,846154	7196,005917	3552,15088
Brenselkostnader		76026,8192	73102,71077	36085,55376

Årlig LCOE (kr/kWh)	1,0966			

Beregningen gjort for å finne den månedlig LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW er vist i tabellen under. Tabellen viser kostnadene før og etter diskontering.

	Energi produsert (kWh)				Diskontert Energi produsert (kWh)			
Januar	0	44780	44780	44780	0	43057,7	41401,6	20437,0
Februar	0	43610	43610	43610	0	41932,7	40319,9	19903,0
Mars	0	45610	45610	45610	0	43855,8	42169,0	20815,8
April	0	40190	40190	40190	0	38644,2	37157,9	18342,2
Mai	0	29200	29200	29200	0	28076,9	26997,0	13326,5
Juni	0	2440	2440	2440	0	2346,2	2255,9	1113,6
Juli	0	60	60	60	0	57,7	55,5	27,4
August	0	9720	9720	9720	0	9346,2	8986,7	4436,1
September	0	14280	14280	14280	0	13730,8	13202,7	6517,2
Oktober	0	31760	31760	31760	0	30538,5	29363,9	14494,8
November	0	32290	32290	32290	0	31048,1	29853,9	14736,7
Desember	0	30360	30360	30360		29192,3	28069,5	13855,9
	Investeringskostnader (kr)				Investeringskostnader diskontert (kr)			
Januar	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Februar	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Mars	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
April	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Mai	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Juni	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Juli	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
August	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
September	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Oktober	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
November	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
Desember	83537,5	0	0	0	83537,5	0	0	0
	Faste kostnader (kr)				Faste kostnader diskontert (kr)			
Januar	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Februar	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Mars	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
April	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Mai	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Juni	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Juli	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
August	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
September	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3

Oktober	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
November	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
Desember	0	37083,3	37083,3	37083,3	0	35657,1	34285,6	16924,3
	Variable Kostnader (kr)				Variable kostnader diskontert (kr)			
Januar	0	1074,7	1074,7	1074,7	0	1033,4	993,6	490,5
Februar	0	1046,6	1046,6	1046,6	0	1006,4	967,7	477,7
Mars	0	1094,6	1094,6	1094,6	0	1052,5	1012,1	499,6
April	0	964,6	964,6	964,6	0	927,5	891,8	440,2
Mai	0	700,8	700,8	700,8	0	673,8	647,9	319,8
Juni	0	58,6	58,6	58,6	0	56,3	54,1	26,7
Juli	0	1,4	1,4	1,4	0	1,4	1,3	0,7
August	0	233,3	233,3	233,3	0	224,3	215,7	106,5
September	0	342,7	342,7	342,7	0	329,5	316,9	156,4
Oktober	0	762,2	762,2	762,2	0	732,9	704,7	347,9
November	0	775,0	775,0	775,0	0	745,2	716,5	353,7
Desember	0	728,6	728,6	728,6	0	700,6	673,7	332,5
	Brenselskostnader (kr)				Brenselskostnader diskontert (kr)			
Januar	0	10917,9	10917,9	10917,9	0	10497,9	10094,2	4982,8
Februar	0	10632,6	10632,6	10632,6	0	10223,6	9830,4	4852,6
Mars	0	11120,2	11120,2	11120,2	0	10692,5	10281,3	5075,1
April	0	9798,8	9798,8	9798,8	0	9421,9	9059,5	4472,0
Mai	0	7119,3	7119,3	7119,3	0	6845,5	6582,2	3249,1
Juni	0	594,9	594,9	594,9	0	572,0	550,0	271,5
Juli	0	14,6	14,6	14,6	0	14,1	13,5	6,7
August	0	2369,8	2369,8	2369,8	0	2278,7	2191,1	1081,6
September	0	3481,6	3481,6	3481,6	0	3347,7	3219,0	1589,0
Oktober	0	7743,4	7743,4	7743,4	0	7445,6	7159,2	3534,0
November	0	7872,7	7872,7	7872,7	0	7569,9	7278,7	3593,0
Desember	0	7402,1	7402,1	7402,1	0	7117,4	6843,7	3378,2

Resultat	LCOE (kr/kWh)				
	Investeringskostnader	Faste Kostnader	Variable kostnader	Brensel kostnader	Totalt
Januar	0,137267	0,828123	0,024	0,243811	1,233201
Februar	0,14095	0,85034	0,024	0,243811	1,259101
Mars	0,134769	0,813053	0,024	0,243811	1,215633
April	0,152944	0,922701	0,024	0,243811	1,343456
Mai	0,210508	1,269977	0,024	0,243811	1,748296
Juni	2,519195	15,19809	0,024	0,243811	17,98509
Juli	102,4473	618,0556	0,024	0,243811	720,7706
August	0,63239	3,815158	0,024	0,243811	4,715359

September	0,430451	2,596872	0,024	0,243811	3,295134
Oktober	0,19354	1,167611	0,024	0,243811	1,628962
November	0,190363	1,148446	0,024	0,243811	1,606621
Desember	0,202465	1,221454	0,024	0,243811	1,69173

Resultatet av den sesongbaserte LCOE'en til Biobrenselanlegg 150kW er vist under. En grafisk fremstilling er vist i Figur 34.

Framskrivinger

Inndataen er som vist i tabellen under, samme tabell er Tabell 25, delkapittel 5.4.1.

	Variabel i Formel 3	Biobrenselanlegg 150kW
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,8527
Årlig teknologisk utvikling	T	0,09 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	$E_{brensel}$	0,2496
Årlig brensel pris endring	B	0%

Resultatet er vist i tabellen under. En grafisk presentasjonen er vist i Figur 58

År	Teknologi (2014+n) (år)	Brensel (2016+n) (år)	Biobrenselanlegg 150kW (kr/kWh)
2016	0	0	1,096556021
2017	1	1	1,095946917
2018	2	2	1,095337814
2019	3	3	1,09472871
2020	4	4	1,094119606
2021	5	5	1,093510503
2022	6	6	1,092901399
2023	7	7	1,092292296
2024	8	8	1,091683192
2025	9	9	1,091074088
2026	10	10	1,090464985
2027	11	11	1,089855881
2028	12	12	1,089246777
2029	13	13	1,088637674
2030	14	14	1,08802857
2031	15	15	1,087419467
2032	16	16	1,086810363
2033	17	17	1,086201259
2034	18	18	1,085592156
2035	19	19	1,084983052

Vedlegg D: Beregning av energikostnad for Elkjel – Energirapporten energipris

Noen uker er ikke registret i Energirapporten, som førte til at energikostnaden fra månedene før ble brukt i månedene etter. Tabell 16 i delkapittel 5.3.2 viser spotprisen fra energirapporten, det vil si fratrukket påslag på 1 øre/kWh, el sertifikat påslag på 2,1 øre/kWh, nettleie på 20 øre/kWh og forbruksavgift på 16,32 øre/kWh. Inkludert overnevnt kostnadene og kraftprisen/spotprisen blir brenselprisen/strømprisen som vist i tabellen under.

Måned	Gjennomsnitt Strømpris (kr/kWh)
Januar	0,67575
Februar	0,563
Mars	0,51675
April	0,596
Mai	0,602
Juni	0,61475
Juli	0,61475
August	0,587
September	0,611666667
Oktober	0,689
November	0,7464
Desember	0,7464

Kjelkostnadene er vist i tabellen under. Samme tabell er vist som Tabell 15.

Ytelse	Enhet	150 kW
Virkningsgrad		98%
Investeringskostnader	kr/kW	1 405
Faste driftskostnader	Kr/kW/år	4
Variable kostnader eks brensel	Øre/kWh	0,1

Resultatet fra de månedlige verdiene, pluss kostnadene for investering og drift av kjelen, som er vist i er vist i tabellen under. En grafisk representasjon er vist i Figur 46, delkapittel 5.3.2.

Måned	Kostnader totalt med kjel (kr/kWh)
Januar	0,750
Februar	0,634
Mars	0,587
April	0,668
Mai	0,674
Juni	0,687
Juli	0,687
August	0,659
September	0,684

Oktober	0,763
November	0,822
Desember	0,822

Framskrivinger

Inndataen er som vist i tabellen under, som også er vist i Tabell 26.

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 4	
Kjelens LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$		0,06
Årlig teknologisk utvikling	T		0
Brenselskostnader			
Spot pris 2016 (kr/kWh)		$E_{Spotpris}$	0,236
Årlig endring i spot pris		S	9,2%
Nettleie (kr/kWh)		$E_{nettleie}$	0,2
Årlig endring i nettleie		N	2,5%

Resultatet er vist i tabellen under. En grafisk presentasjonen er vist i Figur 60.

År	Teknologi (2014+n) (år)	Brensel (2016+n) (år)	Elektrisitet (øre/kWh)
2016	2	0	0,703151927
2017	3	1	0,730417415
2018	4	2	0,757682902
2019	5	3	0,78494839
2020	6	4	0,812213878
2021	7	5	0,839479365
2022	8	6	0,866744853
2023	9	7	0,89401034
2024	10	8	0,921275828
2025	11	9	0,948541315
2026	12	10	0,975806803
2027	13	11	1,00307229
2028	14	12	1,030337778
2029	15	13	1,057603265
2030	16	14	1,084868753
2031	17	15	1,11213424
2032	18	16	1,139399728
2033	19	17	1,166665215

2034	20	18	1,193930703
2035	21	19	1,22119619

Vedlegg E: Beregning av energikostnad for Elkjel - Lyse Elnett energipris - Biobrenselanlegg 500kW

2016

Som nevnt i delkapittel 5.3.2 elkjeler er det behov for å lage en egen energikostnad for hver an energisentralene ved beregnet med Lyse Elnett sine kostnader. Dette er fordi det er egne faste kostnader som ikke er variable, det vil si de påvirker i stor grad måneder hvor det er lite produksjon. Det er derimot ikke diskontert for, og blir derfor kalt energikostnad og ikke LCOE.

Inndataen i tabellen under er kostnadene relatert til kjelen, som også er vist i Tabell 15 delkapittel 5.3.2 xx.

Ytelse	Enhet	150 kW
Virkningsgrad		98%
Investeringskostnader	kr/kW	1 405
Faste driftskostnader	Kr/kW/år	4
Variable kostnader eks brensel	Øre/kWh	0,1

Inndata fra Lyse Elnett sine kostnader er vist i tabellen under. Samme tabell er vist som Tabell 17 i hoved delen av oppgaven.

Fastledd	Variabel nettleie	Forbruksavgift	Aktiv effekt (vintermåned)	Reaktiv effekt (vintermåned)
kr/år	kr/kWh	Kr/kWh	kr/kW	kr/kW
18 800	0,045	0,16	75	40

Beregninger

Beregning a den totale kraftprisen er vist i tabellen under.

Kraft				
Måned	Energi forbruk (kWh)	Kraft spot pris (kr/kWh) Kristiansand nordpool	Fornybar garanti (kr/kWh)	Sum kraft (kr)
Januar	87755,10204	0,248	0,0025	22020,48
Februar	137857,1429	0,183	0,0025	25628,11
Mars	135204,0816	0,202	0,0025	27653,97
April	93877,55102	0,204	0,0025	19424,44
Mai	68877,55102	0,210	0,0025	14661,76
Juni	23265,30612	0,225	0,0025	5300,87
Juli	408,1632653	0,219	0,0025	102,07

August	7959,183673	0,201	0,0025	1632,94
September	42346,93878	0,214	0,0025	9199,09
Oktober	107244,898	0,277	0,0025	30004,68
November	139897,9592	0,333	0,0025	47013,02
Desember	135816,3265	0,278	0,0025	38155,52

Resultatet av nettleien til Biobrenselanlegg 500kW ble beregnet som sett i tabellen under.

Nettleie					
Måned	Effektutakk- Reaktiv (kW)	Effektutakk - Aktiv (kVAr)	Fastpris (kr)	Sum Nettleie (kr)	Nettleie (kr/kWh)
Januar	200,35	200,35	1592,35	42622,87	0,49
Februar	219,17	219,17	1489,62	54954,74	0,40
Mars	187,26	187,26	1592,35	50844,46	0,38
April	161,86		1540,98	32925,22	0,35
Mai	113,29		1592,35	24208,66	0,35
Juni	102,49		1540,98	13997,15	0,60
Juli	102,04		1592,35	9329,08	22,86
August	103,37		1592,35	10976,43	1,38
September	107,75		1540,98	18303,58	0,43
Oktober	148,33	148,33	1592,35	40635,87	0,38
November	203,34	203,34	1540,98	53604,17	0,38
Desember	188,37	188,37	1592,35	51097,49	0,38

Resultatet av brenselskostnadene/strømkostnadene pluss kjel kostnadene på 0,062 kr/kWh, blir som vist i tabellen under. En grafisk representasjonen er vist i Figur 47 delkapittel 5.3.2.

Måned	Elkjel Biobrenselanlegg 500kW
Januar	0,798633505
Februar	0,584538824
Mars	0,580592214
April	0,55763767
Mai	0,564340785
Juni	0,829476034
Juli	23,10632183
August	1,584255299
September	0,649460753
Oktober	0,658684496
November	0,952299253
Desember	0,749159655

Framskrivinger

Inndataen er som vist i tabellen under. Den samme tabellen er vist som Tabell 26 i delkapittel 5.3.2.

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 4	
Kjelens LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$		0,062
Årlig teknologisk utvikling	T		0
Brenselskostnader			
Spot pris 2016 (kr/kWh)		$E_{Spotpris}$	0,233
Årlig endring i spot pris		S	9,2%
Nettleie (kr/kWh)		$E_{nettleie}$	0,392
Årlig endring i nettleie		N	2,5%

Resultatet blir som vist i tabellen under. En grafisk representasjon er vist i Figur 61.

År	År (2016 +n)	Elkjel Biobrenselanlegg 500kW
2016	0	0,891
2017	1	0,923
2018	2	0,955
2019	3	0,987
2020	4	1,018
2021	5	1,050
2022	6	1,082
2023	7	1,114
2024	8	1,146
2025	9	1,178
2026	10	1,210
2027	11	1,242
2028	12	1,274
2029	13	1,306
2030	14	1,338
2031	15	1,370
2032	16	1,402
2033	17	1,434
2034	18	1,466
2035	19	1,498

Vedlegg F: Beregning av energikostnad for Elkjel - Lyse Elnett energipris - Biobrenselanlegg 150kW

Som nevnt i vedlegget E over er energiprisen til Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW forskjellig siden de er avhengig av energi produsert.

Inndataen i tabellen under er kostnadene relatert til kjelen, som også er vist i Tabell 15 delkapittel 5.3.2 xx.

Ytelse	Enhet	150 kW
Virkningsgrad		98%
Investeringskostnader	kr/kW	1 405
Faste driftskostnader	Kr/kW/år	4
Variable kostnader eks brensel	Øre/kWh	0,1

Inndata fra Lyse Elnett sine kostnader er vist i tabellen under. Samme tabell er vist som Tabell 17 i hoved delen av oppgaven.

Fastledd	Variabel nettleie	Forbruksavgift	Aktiv effekt (vintermåned)	Reaktiv effekt (vintermåned)
kr/år	kr/kWh	Kr/kWh	kr/kW	kr/kW
18 800	0,045	0,16	75	40

2016

Beregning a den totale kraftprisen er vist i tabellen under.

Kraft				
Måned	Energi inn (kWh)	Kraft spot pris (kr/kWh) Kristiansand nordpool	Fornybar garanti (kr/kWh)	Sum kraft (kr)
Januar	45693,87755	0,248	0,0025	11471,52449
Februar	44500	0,183	0,0025	8280,49
Mars	46540,81633	0,202	0,0025	9526,769898
April	41010,20408	0,204	0,0025	8492,000102
Mai	29795,91837	0,210	0,0025	6349,091837
Juni	2489,795918	0,225	0,0025	577,555102
Juli	61,2244898	0,219	0,0025	25,08510204
August	9918,367347	0,201	0,0025	2032,069796
September	14571,42857	0,214	0,0025	3172,917143
Oktober	32408,16327	0,277	0,0025	9075,09102
November	32948,97959	0,333	0,0025	11081,36867
Desember	30979,59184	0,278	0,0025	8712,118367

Resultatet av nettleien til Biobrenselanlegg 150kW ble beregnet som sett i tabellen under.

Måned	Effektutakk- Aktiv (kW)	Effektutakk - Aktiv (kVAr)	Fastpris per mnd (kr)	Sum Nettleie (kr)	Sum nettleie (kr/kWh)
Januar	70,95	70,95	1592,35	19119,22	0,43
Februar	69,21	69,21	1489,62	18570,90	0,43
Mars	64,28	64,28	1592,35	18525,75	0,41
April			1540,98	9948,08	0,25
Mai			1592,35	7700,51	0,26
Juni			1540,98	2051,39	0,84
Juli			1592,35	1604,90	26,75
August			1592,35	3625,62	0,37
September			1540,98	4528,13	0,32
Oktober	46,43	46,43	1592,35	13575,48	0,43
November	52,05	52,05	1540,98	14281,52	0,44
Desember	49,17	49,17	1592,35	13598,17	0,45

Resultatet av brenselkostnadene/strømkostnadene pluss kjel kostnadene på 0,062 kr/kWh, blir som vist i tabellen under. En grafisk representasjonen er vist i Figur 48 delkapittel 5.3.2.3.

Måned	Ekjel Biobrenselanlegg 150kW
Januar	0,731471311
Februar	0,665402122
Mars	0,664750922
April	0,511646032
Mai	0,533527833
Juni	1,117888498
Juli	26,6851022
August	0,632425014
September	0,590502993
Oktober	0,760915513
November	0,831762371
Desember	0,782160853

Framskrivinger

Inndataen er som vist i tabellen under. Samme tabell er vist som Tabell 26.

	Variabel i Formel 3	Variabel i Formel 4	
Kjelens LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$		0,062
Årlig teknologisk utvikling	T		0

Brenselskostnader			
Spot pris 2016 (kr/kWh)		E_{Spotpris}	0,233
Årlig endring i spot pris		S	9,2%
Nettleie (kr/kWh)		E_{nettleie}	0,392
Årlig endring i nettleie		N	2,5%

Resultatet blir som vist i tabellen under, mens den grafiske representasjonen er vist Figur 61

År	År (2016 +n)	Elkjel Biobrenselanlegg 150kW
2016	0	0,862793342
2017	1	0,894037091
2018	2	0,92528084
2019	3	0,95652459
2020	4	0,987768339
2021	5	1,019012089
2022	6	1,050255838
2023	7	1,081499587
2024	8	1,112743337
2025	9	1,143987086
2026	10	1,175230835
2027	11	1,206474585
2028	12	1,237718334
2029	13	1,268962084
2030	14	1,300205833
2031	15	1,331449582
2032	16	1,362693332
2033	17	1,393937081
2034	18	1,42518083
2035	19	1,45642458

Vedlegg G: Beregning av energikostnad for andre faste biobrensler**2016**

Inndataen til beregning av energikostnad til briketter, pellets og flis som er mer en 35% fuktig, er vist under. Samme tabell er vist i hoveddelen som Tabell 19. Virkningsgraden for kjelene er satt til å være den samme som for Biobrenselanlegg 500kW og Biobrenselanlegg 150kW, på 0,92%

Brensel	Energi kostnad (øre/kWh)	Kjel kostnadene (øre/kWh)
Briketter	19,4	58,3
Pellets	29,1	58,3
Flis > 35 % fuktighet	18,5	71,4

Resultatet blir som vist i tabellen under, mens Figur 51, viser resultatet i graf format.

	Pellets	Flis <35%fukt	Flis> 35% fuktighet	Briketter
Januar	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Februar	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Mars	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
April	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Mai	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Juni	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Juli	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
August	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
September	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Oktober	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
November	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
Desember	0,894957	0,931391304	0,915086957	0,79277644
November	1,025957	0,931391304	0,915086957	0,923530815
Desember	1,025957	0,931391304	0,915086957	0,923530815

Framskrivinger

Endringen i kostnadene per år er vist i antatt å være den samme som for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. Utgangspunktet i kjelkostnader er derimot ikke den samme. Inndataen til beregning av framskrivning av prisen til briketter, pellets og flis som er mer en 35% fuktig, flis som er mindre enn 35 % fuktig, er vist i delkapittel 5.4.3.1.

	Variabel i Formel 3	Briketter	Pellets	Flis < 35% fuktighet	Flis > 35% fuktighet
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,583	0,583	0,714	0,714

Årlig teknologisk utvikling	T	0,09 %	0,09 %	0,09 %	0,09 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	E _{brensel}	0,2108	0,312	0,217	0,201
Årlig brensel pris endring	B	0%	0%	0%	0%

Resultatet blir som vist i tabellen under, mens Figur 62 viser resultatet i graf format. Resultatet er vist i tabellen under, mens viser resultatet i graf format.

År	Teknologi (2014+n) (år)	Brensel (2016+n) (år)	Outputdata Pellets	Flis < 35% fuktighet	Flis > 35% fuktighet	Briketter
2016	2	0	0,921	0,9490	0,9312	0,811
2017	3	1	0,920	0,9483	0,9306	0,811
2018	4	2	0,920	0,9476	0,9299	0,810
2019	5	3	0,919	0,9469	0,9292	0,809
2020	6	4	0,919	0,9463	0,9286	0,809
2021	7	5	0,918	0,9456	0,9279	0,808
2022	8	6	0,918	0,9449	0,9272	0,808
2023	9	7	0,917	0,9443	0,9265	0,807
2024	10	8	0,917	0,9436	0,9259	0,807
2025	11	9	0,916	0,9429	0,9252	0,806
2026	12	10	0,916	0,9423	0,9245	0,806
2027	13	11	0,915	0,9416	0,9239	0,805
2028	14	12	0,914	0,9409	0,9232	0,805
2029	15	13	0,914	0,9403	0,9225	0,804
2030	16	14	0,913	0,9396	0,9219	0,803
2031	17	15	0,913	0,9389	0,9212	0,803
2032	18	16	0,912	0,9382	0,9205	0,802
2033	19	17	0,912	0,9376	0,9199	0,802
2034	20	18	0,911	0,9369	0,9192	0,801
2035	21	19	0,911	0,9362	0,9185	0,801

Vedlegg H: Beregning av energikostnad for varmepumper

2016

Tabellen under viser brenselskostnadene til varmepumpen, strøm, og brenselskostnadene pluss varmepumpe investeringen. Utgangspunktet for brenselskostnadene er Lyse Elnett sine kostnader, som da er forskjellig for Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW. Kjelkostnadene er som vist under. Den samme tabellen er vist i hoveddelen av oppgaven som Tabell 21.

Varmepumpe	Luft-til- vann	Grunnvarme 50 °C	Grunnvarme 70°C
Utgangstemperatur	50 °C	50 °C	70°C
Effektfaktor/COP	2,7	2,9	2,7
LCOE uten brensel	0,2189 kr/kWh	0,45859 kr/kWh	0,449 kr/kWh
Brensel	Se delkapittel 5.4.2	Se delkapittel 5.4.2	Se delkapittel 5.4.2

Resultatet og kostnadene er da vist i to tabeller.

Biobrenselanlegg 500kW	Brensel		Energi­kostnad		
	Luft til vann & Grunnvann B) COP 2,7 (kr/kWh)	Grunnvann A) COP 2,9 (kr/kWh)	Luft- vann (kr/kWh)	Grunnvarme A) (kr/kWh)	Grunnavarme B) (kr/kWh)
Januar	0,272827224	0,254011553	0,491722462	0,71260203	0,721512938
Februar	0,216495861	0,201565112	0,435391099	0,660155588	0,665181575
Mars	0,215034153	0,200204212	0,433929391	0,658794688	0,663719868
April	0,20653247	0,192288852	0,425427709	0,650879328	0,655218185
Mai	0,209015106	0,194600271	0,427910344	0,653190747	0,65770082
Juni	0,307213346	0,286026219	0,526108584	0,744616695	0,75589906
Juli	8,557896974	7,967697183	8,776792212	8,426287659	9,006582689
August	0,586761222	0,546294931	0,80565646	1,004885407	1,035446936
September	0,24054102	0,223951984	0,459436258	0,68254246	0,689226734
Oktober	0,243957221	0,227132585	0,462852459	0,685723061	0,692642935
November	0,266377193	0,248006352	0,485272431	0,706596828	0,715062907
Desember	0,243392465	0,226606777	0,462287703	0,685197254	0,692078179

Biobrenselanlegg 150kW	Brensel		Energi­kostnad		
	Luft til vann & Grunnvann B) COP 2,7	Grunnvann A) COP 2,9	Luft- vann	Grunnvarme A)	Grunnavarme B)
Januar	0,247952337	0,230852176	0,466847575	0,689442652	0,696638052
Februar	0,223482267	0,208069697	0,442377505	0,666660173	0,672167982
Mars	0,223241082	0,207845146	0,44213632	0,666435622	0,671926797
April	0,166535567	0,155050356	0,385430806	0,613640832	0,615221282
Mai	0,174639938	0,162595805	0,393535176	0,621186281	0,623325653
Juni	0,391069814	0,364099482	0,609965052	0,822689958	0,839755528

Juli	9,860408224	9,18038007	10,07930346	9,638970547	10,30909394
August	0,211268524	0,196698281	0,430163762	0,655288757	0,659954238
September	0,195741849	0,182242411	0,414637087	0,640832887	0,644427563
Oktober	0,258857597	0,241005349	0,477752835	0,699595825	0,707543312
November	0,285097174	0,2654353	0,503992413	0,724025777	0,733782889
Desember	0,266726242	0,248331329	0,48562148	0,706921805	0,715411956

Framskrivning

Framskrivningene av varmpumpen har utgangspunkt i framskrivningene av Lyse Elnett sine kostnader, som er gjennomsnittet av Biobrenselanlegg 150kW og Biobrenselanlegg 500kW sine nettleiekostnader, som vist i vedlegg E og F. Andre input data er vist i Tabell 28.

	Variabel i Formel 4	Luft- til- vann	Grunnvarme A)	Grunnvarme B)
LCOE uten brensel i 2016 (kr/kWh)	$E_{u/brensel}$	0,219	0,459	0,449
Årlig teknologisk utvikling	T	0,48%	0,48%	0,48 %
Brensel pris i 2016 (kr/kWh)	Se Tabell 16 og Tabell 17	Se Tabell 16 og Tabell 17	Se Tabell 16 og Tabell 17	Se Tabell 16 og Tabell 17
Årlig brensel pris endring	Se Tabell 26	Se Tabell 26	Se Tabell 26	Se Tabell 26

Resultatet blir som vist i tabell under. En grafisk fremstilling er vist i Figur 62.

År	(2014+n) (år) (kr/kWh)	Luft- vann (kr/kWh)	Grunnvarme A) (kr/kWh)	Grunnavarme B) (kr/kWh)
2016	2	0,520653149	0,743947021	0,754757911
2017	3	0,531301722	0,748226726	0,769844579
2018	4	0,541950295	0,756915956	0,779340771
2019	5	0,552598867	0,765605185	0,788836963
2020	6	0,56324744	0,774294415	0,798333154
2021	7	0,573896013	0,782983644	0,807829346
2022	8	0,584544586	0,791672874	0,817325538
2023	9	0,595193158	0,800362103	0,82682173
2024	10	0,605841731	0,809051332	0,836317921
2025	11	0,616490304	0,817740562	0,845814113
2026	12	0,627138876	0,826429791	0,855310305
2027	13	0,637787449	0,835119021	0,864806497
2028	14	0,648436022	0,84380825	0,874302688
2029	15	0,659084594	0,85249748	0,88379888
2030	16	0,669733167	0,861186709	0,893295072

2031	17	0,68038174	0,869875938	0,902791264
2032	18	0,691030313	0,878565168	0,912287455
2033	19	0,701678885	0,887254397	0,921783647
2034	20	0,712327458	0,895943627	0,931279839
2035	21	0,722976031	0,904632856	0,940776031

Vedlegg I: Beregning av energikostnad for fyringsolje

2016

Noen uker er ikke registret i Energirapporten, som førte til at energikostnaden fra månedene før ble brukt i månedene etter. De innsamlede fyringsolje kostnadene og fyringsolje kostnadene pluss kjel, er vist i tabellen under. Kjelkostnadene er satt til å være 5 øre/kWh. En grafisk fremstilling er vist i Figur 53.

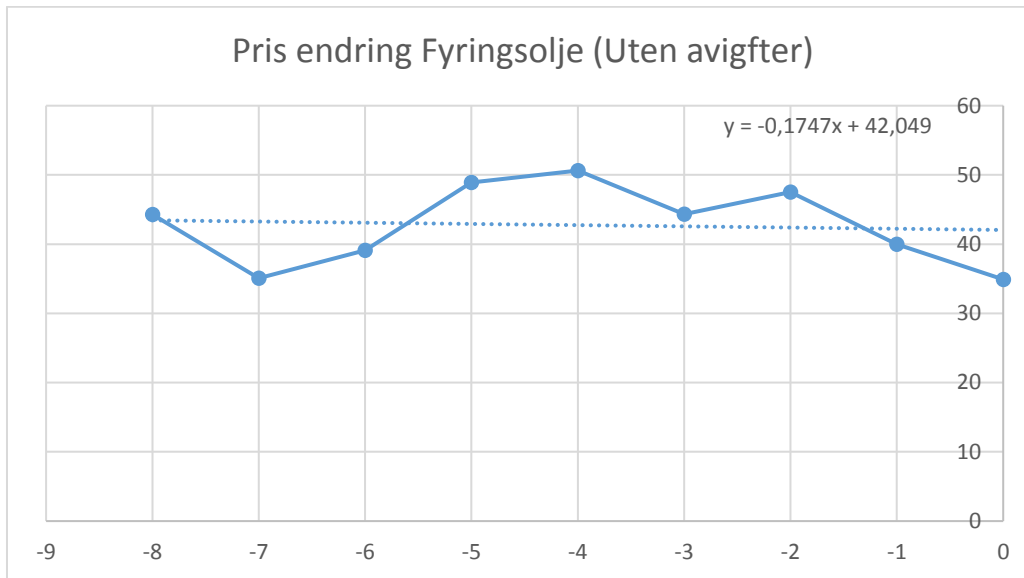
	Fyringsolje (øre/kWh)	Fyringsolje + kjelkostnader (øre/kWh)
Januar	55,43333333	0,652536
Februar	55,66666667	0,655072
Mars	57,325	0,673098
April	57,475	0,674728
Mai	60,4	0,706522
Juni	62,3	0,727174
Juli	62,3	0,727174
August	60,675	0,709511
September	60,73333333	0,710145
Oktober	62,9	0,733696
November	63,04	0,735217
Desember	64,4	0,75

Framskrivinger

Tabellen under viser de avleste verdiene fra Figur 64. Grafen vist hva den lineære endringen i energikostnader per tid, det vil si «x» representerer tid, mens «y» representerer øre/kWh.

År	2016+n	Maks (øre/kwh)	Min (øre/kWh)	Gjennomsnitt (øre/kWh)	Uten avgifter (øre/kWh)
2016	0	65	54,3	59,65	34,9103707
2015	-1	68	57	62,5	39,99338041
2014	-2	74	65	69,5	47,52294793
2013	-3	69	63	66	44,31421006
2012	-4	68	62	65	50,63106796
2011	-5	66	60	63	48,8870256

2010	-6	55	51	53	39,11650485
2009	-7	51	45	48	35,06090026
2008	-8	67	47	57	44,29037952



Som sett fra figuren synker prisene til fyringsolje med 0,17 øre/kWh året. Til gjengjeld er det en økning i avgifter, som er beregnet i vedlegg I. Resultatet av framskrivingene er vist i tabellen under. En grafisk fremstilling er vist i

År	(2016+n) (år)	Fyringsolje + kjel (kr/kWh)
2016	0	0,628
2017	1	0,641
2018	2	0,654
2019	3	0,667
2020	4	0,680
2021	5	0,693
2022	6	0,706
2023	7	0,719
2024	8	0,733
2025	9	0,746
2026	10	0,759
2027	11	0,772
2028	12	0,785
2029	13	0,798
2030	14	0,811
2031	15	0,824
2032	16	0,837
2033	17	0,850
2034	18	0,863

2035	19	0,876
------	----	-------

Vedlegg J: Beregning av energikostnad for gasskjele/LPG

2016

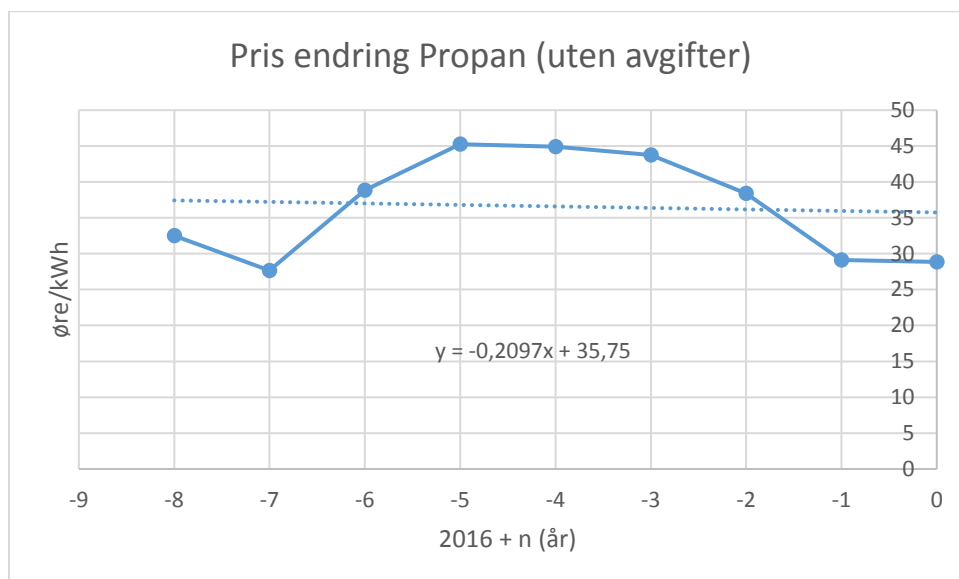
Noen uker er ikke registret i Energirapporten, som førte til at energikostnaden fra månedene før ble brukt i månedene etter. De innsamlede LPG kostnadene og LPG kostnadene pluss kjel, er vist i tabellen under. En grafisk fremstilling er vist i Figur 54, delkapittel 5.3.6.

	LPG (øre/kWh)	LPG + kjel (øre/kWh)
Januar	36,125	0,47525
Februar	35,9	0,473
Mars	38,06666667	0,494667
April	37,82	0,4922
Mai	39,75	0,5115
Juni	39,375	0,50775
Juli	39,375	0,50775
August	37,95	0,4935
September	38,66666667	0,500667
Oktober	41,8	0,532
November	42,425	0,53825
Desember	44	0,554

Framskrivinger

Tabellen under viser de avleste verdiene fra Figur 54. Grafen vist hva den lineære endringen i energikostnad per tid, det vil si «x» representerer tid, mens «y» representerer øre/kWh.

Propan	2016+n	Avlest Maks	Avlest Min	Gjennomsnitt med avgifter (kr/kWh)	Gjennomsnitt uten avgifter (kr/kWh)
2016	0	44,4	34,4	39,4	28,83661972
2015	-1	43	35	39	29,14084507
2014	-2	57	37	47	38,39280125
2013	-3	59	44	51,5	43,75352113
2012	-4	60	40,5	50,25	44,92918623
2011	-5	54	47	50,5	45,25743349
2010	-6	54	34	44	38,83568075
2009	-7	39	26,5	32,75	27,66392801
2008	-8	49	26	37,5	32,49217527



Som sett fra figuren synker prisene til propan med 0,2 øre/kWh året. Til gjengjeld er det en økning i avgifter, som er beregnet i vedlegg M. Resultatet av framskrivningene er vist i tabellen under.

År	(2016+n) (år)	LPG + kjel (øre/kWh)
2016	0	0,608
2017	1	0,612
2018	2	0,616
2019	3	0,620
2020	4	0,624
2021	5	0,628
2022	6	0,632
2023	7	0,636
2024	8	0,639
2025	9	0,643
2026	10	0,647
2027	11	0,651
2028	12	0,655
2029	13	0,659
2030	14	0,663
2031	15	0,667
2032	16	0,671
2033	17	0,675
2034	18	0,678
2035	19	0,682

Vedlegg K: Beregning av LCOE for solfangere

Tabellen under viser solinnstrålingen ved Særheim, på horisontalt plan. Solinnstrålingen, pluss investeringskostnadene, er inndataen til beregningene gjort i tabellen under.

Måned	kWh/m ²
Januar	12,2606
Februar	32,3895
Mars	67,4806
April	116,7264
Mai	165,0932
Juni	151,0998
Juli	137,2647
August	100,0915
September	82,6817
Oktober	48,8011
November	16,4292
Desember	5,6201
Grand Total	935,9384

Beregninger								
År	0	1	2	...25	0	1	2	...25
	Energi produsert				Diskontert Energi produsert			
Januar		3678	3678	3678		3536,711538	3400,684172	1379,747
Februar		9717	9717	9717		9343,125	8983,774038	3644,954
Mars		20244	20244	20244		19465,55769	18716,8824	7593,932
April		35018	35018	35018		33671,07692	32376,0355	13135,81
Mai		49528	49528	49528		47623,03846	45791,38314	18578,77
Juni		45330	45330	45330		43586,48077	41910,07766	17004,02
Juli		41179	41179	41179		39595,58654	38072,67936	15447,09
August		30027	30027	30027		28872,54808	27762,06546	11263,8
September		24805	24805	24805		23850,49038	22933,16383	9304,588
Oktober		14640	14640	14640		14077,24038	13535,80806	5491,834
November		4929	4929	4929		4739,192308	4556,91568	1848,861
Desember		1686	1686	1686		1621,182692	1558,829512	632,4582
	Kostnader				Diskontert Kostnader			
Januar	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Februar	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Mars	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
April	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Mai	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Juni	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Juli	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
August	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
September	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5

Oktober	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
November	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5
Desember	82500	825	825	825	82500	793	763	309,5

Resultatet er vist i tabellen under.

Resultat	
	LCOE (kr/kWh)
Måned	
Januar	1,6600566
Februar	0,63
Mars	0,3016169
April	0,1743675
Mai	0,1232836
Juni	0,134701
Juli	0,1482777
August	0,2033468
September	0,2461644
Oktober	0,4170662
November	1,2388485
Desember	3,6215174

Vedlegg L: Mineralavgiftsendringer

Historisk data ble plottet slik at den lineære sammenhengen kom fram. Stigningstallene ble brukt til å fremskrive kostnadene. Tallene som ble oppgitt av Skattedirektoratet var i kr per liter, og kr per kg. Omregningene ble hentet fra Tabell 7 som viser energiinnhold per måleenhet som kg og liter. Det er da stigningstallene som ble brukt til å fremskrive avgiftene per år. Fra resultatet stigningstallet er det mulig å se at det er relativt liten endring i avgifter.

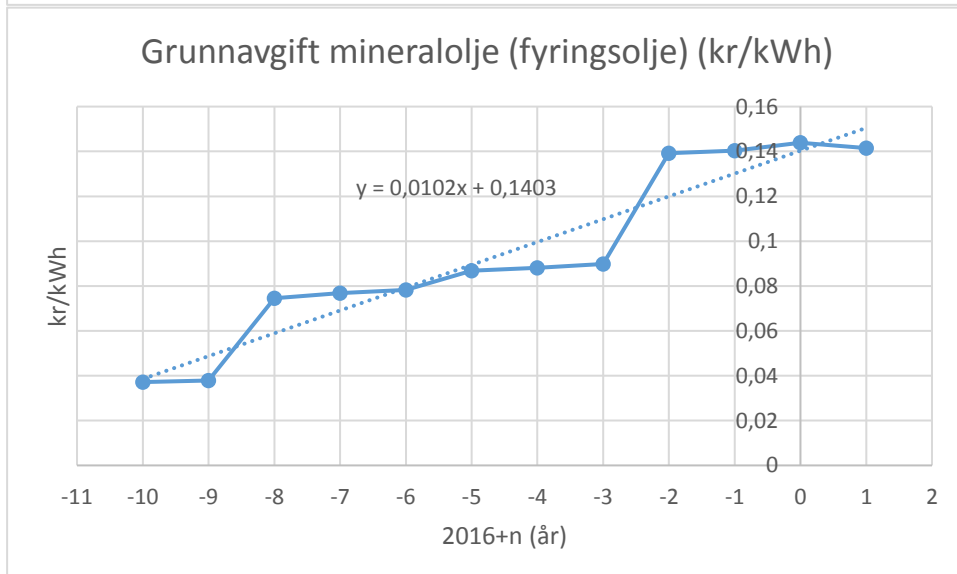
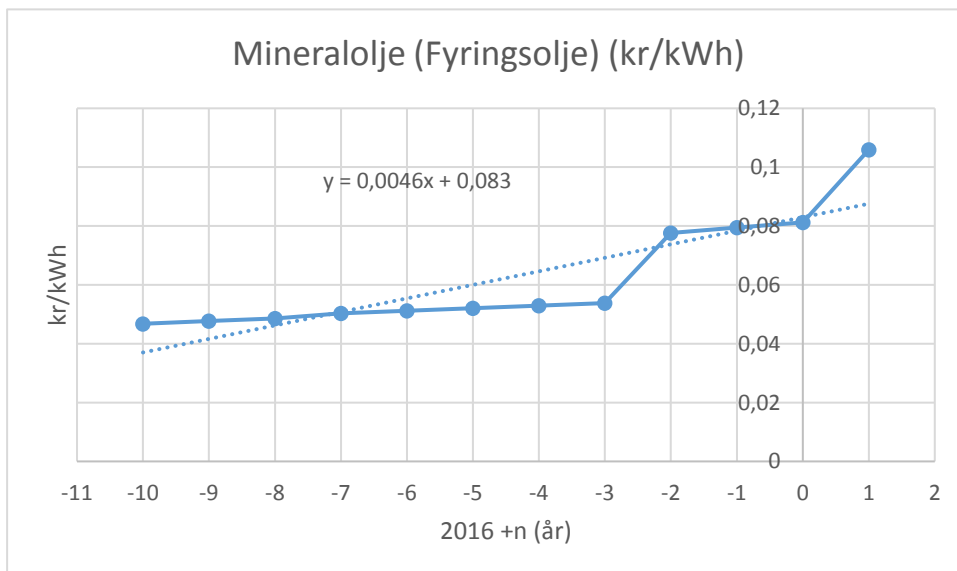
	Enhet	Energiinnhold
Lettolje	kWh/liter	11,33
LPG	kWh/kg	12,78

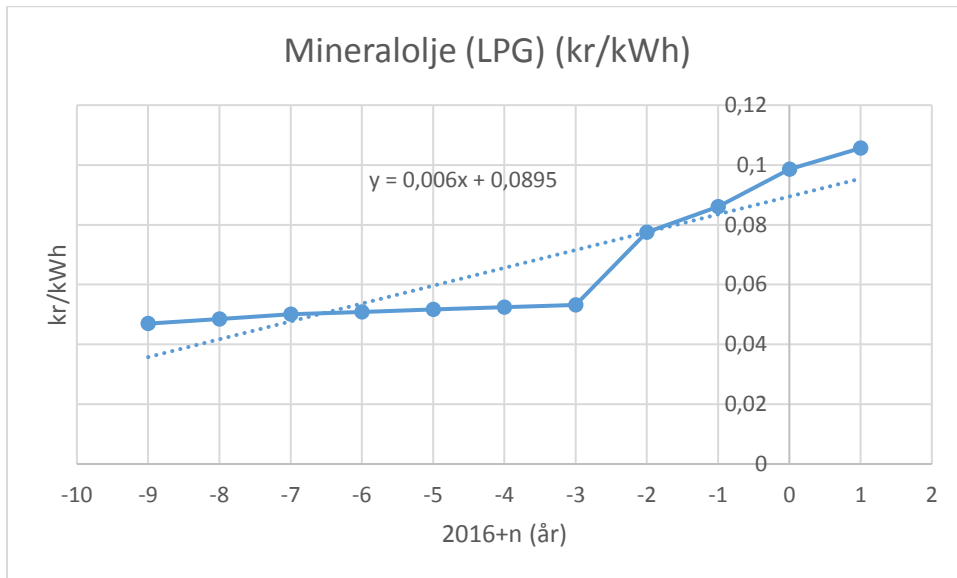
De innsamlede dataene er vist i tabellen under.

	År (2016 +n)	Mineralolje/Fyringsolje (kr/kWh)	Grunnavgift mineralolje (kr/kWh)	LPG (kr/Kwh)
2017	1	0,105913504	0,141482789	0,105634
2016	0	0,081200353	0,143865843	0,098592

2015	-1	0,079435128	0,140335393	0,086072
2014	-2	0,077669903	0,139187996	0,077465
2013	-3	0,053839365	0,089849956	0,053208
2012	-4	0,052956752	0,088172992	0,052426
2011	-5	0,052074139	0,086760812	0,051643
2010	-6	0,051191527	0,07819947	0,050861
2009	-7	0,050308914	0,07678729	0,050078
2008	-8	0,048543689	0,074580759	0,048513
2007	-9	0,047661077	0,037864078	0,046948
2006	-10	0,046778464	0,037157988	

Grafen under viser kostnadene til mineraloljeavgiften til fyringsolje, som viser at den har en økning på 0,0046 øre/kWh. Grafen grunnavgift mineralolje, viser hvordan grunnavgiften til fyringsolje endres med tiden. Denne har en stigning på 0,01 kr/kWh i året. Grafen mineralolje (LPG) viser at avgiften har en endring på 0,6 øre/kWh.





Vedlegg M: Faktura fra Lyse Elnett

Utsnitt av regning til Biobrenselanlegg 500kW energisentral fra Lyse Elnett

Date: 31.12.2016 Kunden: Fakturaavtaltent: Fakturanummer: Side 2 av 3

Leveringsadresse

Blo sentral

Fakturagrunnlag

Netteier Lyse Elnett AS
 Strømløseleverandør Lyse Energisalg AS
 Målepunkt-ID
 Leveringspunkt

Gjeldende priser

(Inkludert avgifter pr. 11.01.2017)

Nettleie 26.025 øre/kWh
 Effektpris Aktiv 93.75 kr/kW
 Effektpris Reaktiv 50.00 kr/kVAr
 Fastbeløp nettleie 23500.00 kr/år
 Fastbeløp energisalg 14.37 kr/mnd
 Garanti 100% 0.250 øre/kWh
 fornyba

Målernr	Periode	Målerstand (fra-til)	Faktor	Avlesningsmåte	Forbruk kWh
	01.10.16 - 01.01.17		40	Avlest av everk	8790



Lyse Elnett AS

Nettleie

Produkt: Timemålt nettl. >80 kVA med effektmåling

Spesifisering	Periode	Rabatt	Antall	Nettopris	M.v.a	Nettobeløp	M.v.a	Sum kr
Nettleie	01.10.16 - 01.01.17		8.790 kWh	4,50 øre/kWh	25,00 %	395,57	98,90	494,47
Effektpris Aktiv	01.10.16 - 01.11.16		6 kW	75,00 kr/kW/mnd	25,00 %	420,00	105,00	525,00
Effektpris Aktiv	01.11.16 - 01.12.16		7 kW	75,00 kr/kW/mnd	25,00 %	540,00	135,00	675,00
Effektpris Aktiv	01.12.16 - 01.01.17		8 kW	75,00 kr/kW/mnd	25,00 %	600,00	150,00	750,00
Effektpris Reaktiv	01.10.16 - 01.11.16		4 kVAr	40,00 kr/kVAr/mn	25,00 %	158,80	39,20	196,00
Effektpris Reaktiv	01.11.16 - 01.12.16		3 kVAr	40,00 kr/kVAr/mn	25,00 %	137,60	34,40	172,00
Effektpris Reaktiv	01.12.16 - 01.01.17		10 kVAr	40,00 kr/kVAr/mn	25,00 %	400,00	100,00	500,00
Fastbeløp nettleie	01.10.16 - 01.01.17		92 dager	18.800,0 kr/år	25,00 %	4.725,68	1.181,42	5.907,10
Forbruksavgift	01.10.16 - 01.01.17		8.790 kWh	16,00 øre/kWh	25,00 %	1.406,46	351,65	1.758,11
SUM Nettleie						8.782,11	2.195,57	10.977,68



Lyse Energisalg AS

Kraft

Produkt: Lyse Spot - time

Spesifisering	Periode	Rabatt	Antall	Nettopris	M.v.a	Nettobeløp	M.v.a	Sum kr
Strømpris time	01.10.16 - 01.11.16		2.980 kWh	30,86 øre/kWh	25,00 %	914,14	228,53	1.142,67
Strømpris time	01.11.16 - 01.12.16		2.892 kWh	36,71 øre/kWh	25,00 %	1.061,57	265,39	1.326,96
Strømpris time	01.12.16 - 01.01.17		2.938 kWh	31,02 øre/kWh	25,00 %	911,61	227,90	1.139,51
Finansielt oppgjør	01.10.16 - 01.01.17		8.790 kWh		25,00 %			0,00
Garanti 100% fornyba	01.10.16 - 01.01.17		8.790 kWh	0,20 øre/kWh	25,00 %	17,58	4,40	21,98
Fastbeløp energisalg	01.10.16 - 01.01.17		1	11,50 kr/mnd	25,00 %	34,50	8,63	43,13
Finansielt oppgjør inkl. forvaltningsgodtgj.	31.12.16				0,00 %			0,00
Finansielt oppgjør inkl. forvaltningsgodtgj.	31.12.16				0,00 %	330,15		330,15
SUM Kraft						3.269,55	734,86	4.004,40