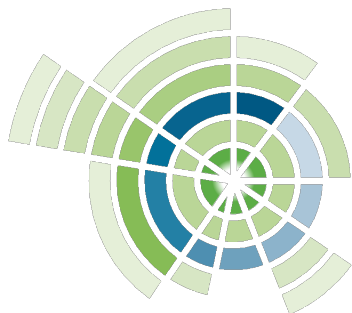




Investering i elvarmepumpe og biomassekedel

Hvilken kombination giver
laveste varmeproduktionspris?



Grøn Energi er fjernvarmens tænketank. Vi omsætter innovation og analyser til konkret handling til gavn for den grønne omstilling, vækst og beskæftigelse i fjernvarmebranchen. Grøn Energi bygger på et dynamisk fællesskab mellem Dansk Fjernvarme, de toneangivende danske eksportvirksomheder, rådgivere, interesseorganisationer samt universiteter.

Dato: 21. november 2018

Udarbejdet af: Alexander Boye Boes

Kontrolleret af: Nina Detlefsen

Beskrivelse: Analysen undersøger varmereproduktionsprisen ved forskellige kombinationer af investering i en elvarmepumpe og en fliskedel.

Grøn Energi udgiver løbende rapporter og analyser. Konklusioner, anbefalinger og evt. synspunkter i det udgivne materiale er ikke afstemt med Grøn Energis medlemmer og er derfor ikke nødvendigvis udtryk for holdningerne hos Grøn Energi's medlemmers.

Grøn Energis medlemmer:



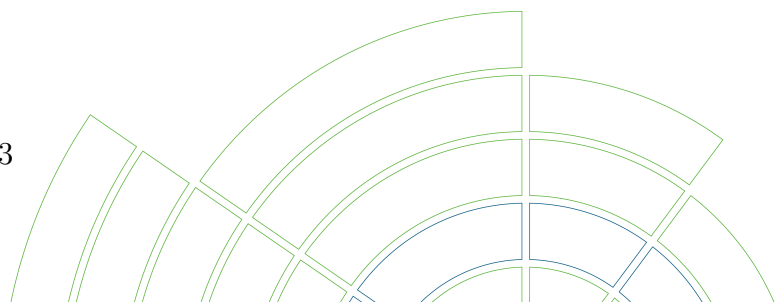
Opsummering

Analysens resultater kan opsummeres til følgende:

Investering i enten elvarmepumpe eller biomassekedel: Et typisk naturgasfyret kraftvarmeværk med et varmebehov på 55.000 MWh kan opnå betydelig reduktion i varmeproduktionsprisen ved investering i enten en elvarmepumpe eller en biomassekedel. Begge teknologier kan reducere varmeproduktionsprisen med ca. 200 kr./MWh, således at den resulterende varmeproduktionspris bliver ca. 300 kr./MWh. For at opnå den laveste varmeproduktionspris skal der investeres i varmekapaciteter på 10-12 MW for begge teknologier. Ved investering i teknologierne fortrænges store mængder naturgas således, at andelen af varme produceret på naturgas falder til 3-6 %.

Investering i både elvarmepumpe og biomassekedel: Foretages investering i en kombination af en elvarmepumpe og en biomassekedel kan varmeproduktionsprisen reduceres yderligere. De laveste varmeproduktionspriser fås ved en kombineret investering i elvarmepumpe (3-5 MW) og biomassekedel (6-8 MW). Omtrent lige store varmekapaciteter for begge teknologier giver følgelig den laveste varmeproduktionspris hvis elvarmepumpens varmekilde er udeluft. Hvis varmekilden forbedres til fx grundvand eller hvis COP-værdien øges, vil det være bedre at investere i en større elvarmepumpe og en mindre biomassekedel. Kombinationen af investeringer er ikke kun med til at sikre en lav varmeproduktionspris, men kan også være en vigtig faktor i forhold til at fremtidssikre sin varmepris.

Lastfordeling: Ved en kombineret investering vil elvarmepumpen levere grundlast henover hele året, suppleret af biomassekedlen i timer med høje elpriser. Med udeluft som varmekilden skal varmeproduktionen om vinteren i højere grad suppleres af naturgas, i forhold til en stabil varmekilde, som fx grundvand eller overskudsvarme.



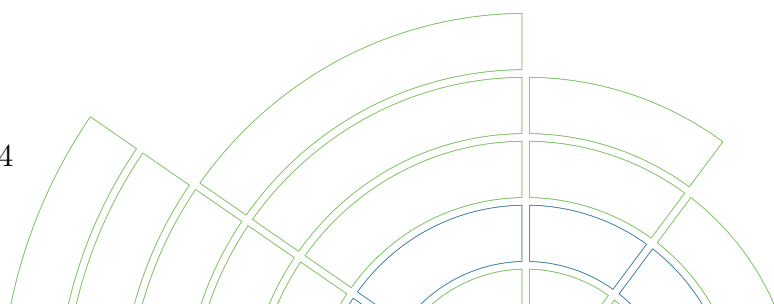
Indledning

Med grundbeløbets bortfald og målsætninger om grøn omstilling står mange naturgasfyrede kraftvarmeværker netop nu overfor store udfordringer. Værkerne skal investere i ny produktionsteknologi samtidig med, at der tages hensyn til varmeprisen og fremtidige klimapåvirkninger. Naturgas bliver i højere grad udskiftet med andre brændsler og når et værk skal investere står valget ofte mellem en eldrevet varmepumpe eller en biomassekedel. Kraftvarmekravet, brændselsbindingen, projektbekendtgørelsen og varmforsyningsloven kan dog stå i vejen for værkernes ønsker, hvilket besværliggør omstillingen. Investeringsbeslutningen mellem varmepumpe og biomasse er altså ikke nødvendigvis et enten/eller valg, men snarere et både-og valg.

Brændsels- og teknologidiversitet kan være ønskværdigt, da det kan være med til at risikoafdække den fremtidige varmepris. Varmeprisen påvirkes af mange faktorer som fx afgifter, tilskud, eltariffer og brændselspriser som alle vil ændre sig i løbet af anlæggenes levetid.

Denne analyse undersøger hvordan investeringer i henholdsvis en eldrevet varmepumpe og en fliskedel påvirker varmeproduktionsprisen på et typisk naturgasfyret kraftvarmeværk der har en årlig varmeproduktion på 55.000 MWh. Det antages, at kraftvarmeværket beholder dele af den eksisterende naturgasfyrede produktionskapacitet og i tillæg investerer i forskellige kombinationer af en eldrevet varmepumpe og en fliskedel. Dimensioneringen af disse er følgelig med til at bestemme den resulterende varmeproduktionspris samt hvor meget naturgas som fortrænges på værket.

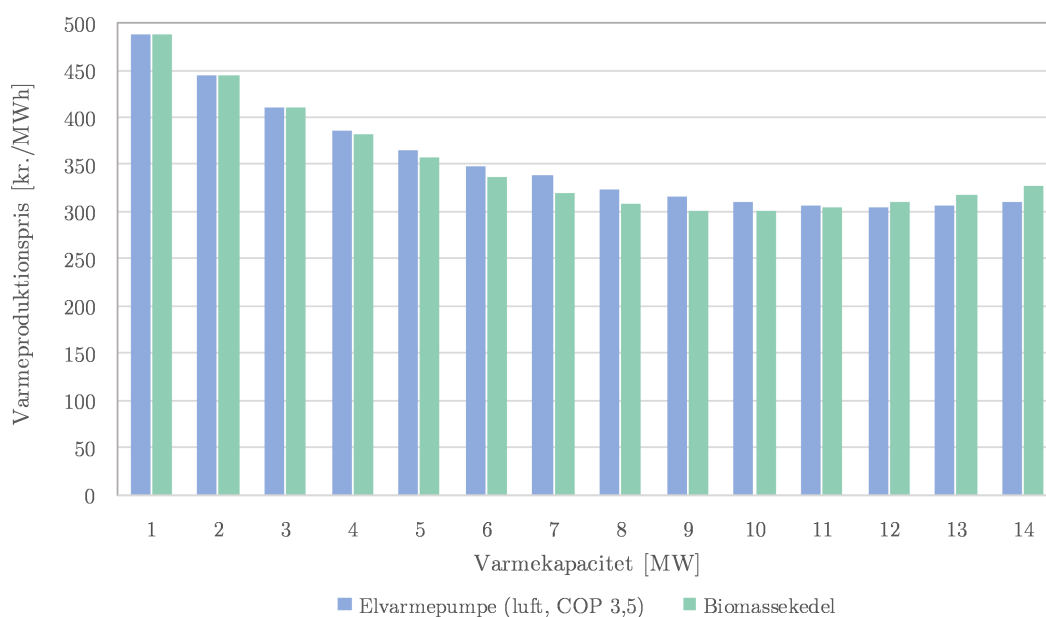
Beregningerne foretages over en 20-årig periode med en diskonteringsrente på 4%. De årlige beregninger af driften foretages i energyPRO, som har fuld indsigt i varmebehovet og brændselspriserne henover året. Der regnes med årlige naturgas- og flis priser, mens elprisen er bestemt på timebasis ud fra årlige elprisfremskrivninger fra Energistyrelsen ([Energistyrelsen, 2017](#)). Øvrige beregningsforudsætninger kan ses i bilag [A](#).



Varmeproduktionspriser

Investeringer i en elvarmepumpe og en fliskedel holdes op i mod en reference, hvor det eksisterende naturgasfyrede kraftvarmeværk forsætter driften som hidtil. Det antages, at den eksisterende naturgaskedel og naturgasmotor kan fortsætte driften i de kommende 20 år uden reinvesteringer i anlæggene. Referencen har følgelig en varmeproduktionspris på 507 kr./MWh.

Figur 1 viser varmeproduktionspriserne forbundet med investering i forskellige varmekapaciteter af enten en elvarmepumpe med udeluft som varmekilde eller en fliskedel. Af figuren ses, at varmeproduktionsprisen falder i takt med at varmekapaciteten stiger indtil 10-12 MW, hvorefter varmeproduktionsprisen igen stiger. Varmeproduktionsprisen for investering i en elvarmepumpe og biomassekedel følges ad og de laveste priser fås ved enten en investering på 12 MW elvarmepumpe eller 10 MW fliskedel. Varmeproduktionspriserne er her henholdsvis 305 kr./MWh og 300 kr./MWh. I forhold til referencen er der altså en reduktion på ca. 200 kr./MWh ved begge investeringer. Samtidig fortrænges store mængder naturgas. Andelen af varme produceret på naturgas falder til ca. 6% ved investering i elvarmepumpen på 12 MW, mens den tilsvarende falder til ca. 3% ved investering i fliskedlen på 10 MW.



Figur 1: Varmeproduktionspris ved investering i varierende kapaciteter for en eldrivet varmepumpe baseret på luft som varmekilde med en COP på 3,5 og en fliskedel.

Investeres der i stedet i en kombination af en elvarmepumpe med udeluft som varmekilde og en fliskedel, kan varmeproduktionsprisen reduceres yderligere. Dette er vist på figur 2. Den gennemsnitlige års-COP er 3,5. Der investeres i varmekapacitet for varmepumpen på 1-7 MW og 4-10 MW for fliskedlen. Dette giver i alt 49 investeringskombinationer. Det ses, at de laveste varmeproduktionspriser fås ved en kombineret investering i elvarmepumpe (3-5 MW) og biomassekedel (6-8 MW). Der er dog ikke de store udsving i varmeproduktionsprisen ved små

		Biomasse [MW]							
		kr./MWh	4	5	6	7	8	9	10
Elvarmepumpe [MW] (Luft, COP 3,5)	1	357	337	320	307	299	297	300	
	2	337	320	307	298	294	295	300	
	3	321	307	298	293	293	298	304	
	4	310	300	294	293	297	302	309	
	5	302	296	293	296	301	307	314	
	6	298	295	296	301	307	313	320	
	7	296	297	301	307	313	319	326	

Figur 2: Varmeproduktionspris ved investering i varierende kapaciteter for en biomassekedel og en eldrevet varmepumpe baseret på udeluft som varmekilde med en COP på 3,5.

ændringer af varmekapaciteterne for begge teknologier. Lige store investeringer i elvarmepumpe og biomassekedel på 5 og 6 MW giver derfor varmemproduktionspriser tæt på de laveste værdier på figur 2. Kombinationen af teknologier giver altså med udeluft som varmekilde de laveste omkostninger på værket og dermed den laveste varmepris. For de laveste varmemproduktionspriser fortrænges naturgas så andelen af varme produceret på naturgas er ca. 2-5 %.

Figur 3 viser varmemproduktionspriser for 67 investeringskombinationer, hvor hvor varmekilden er ændret til at have en konstant temperatur henover året. Det kan fx være en varmekilde baseret på grundvand. Den gennemsnitlige års-COP er stadig 3,5. Figuren er udvidet til at inkludere flere varmekapaciteter for både varmepumpen og fliskedlen og inkluderer nu også varmekapacitet for begge teknologier på 0 MW. Det fremgår af figuren, at varmemproduktionsprisen bliver lavest

		Biomasse [MW]										
		kr./MWh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elvarmepumpe [MW] (grundvand, COP 3,5)	0									319	314	314
	1								305	298	296	300
	2							302	295	292	296	302
	3						300	292	289	292	298	306
	4					299	291	287	290	296	303	311
	5				299	290	286	288	294	301	308	
	6			298	289	284	286	292	299	307		
	7		298	289	284	285	291	298	305			
	8	299	289	283	284	290	297	304				
	9	289	283	283	289	296	304					
	10	284	283	288	296	303						
	11	283	288	296	303							
	12	288	296	304								
	13	296	304									
	14	304										

Figur 3: Varmeproduktionspris ved investering i varierende kapaciteter for en biomassekedel og en eldrevet varmepumpe baseret på grundvand som varmekilde med en COP på 3,5.

		Biomasse [MW]										
kr./MWh		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elvarmepumpe [MW] (grundvand, COP 4,0)	0									319	314	314
	1								302	295	293	297
	2							296	288	286	289	296
	3						291	283	280	283	289	297
	4					287	279	275	278	285	292	300
	5				284	276	272	274	280	288	295	
	6			282	273	268	270	276	284	292		
	7		280	271	266	267	273	281	288			
	8	279	269	264	265	271	278	286				
	9	268	262	263	268	276	284					
	10	262	261	267	274	282						
	11	260	265	273	281							
	12	265	273	281								
	13	273	281									
	14	281										

Figur 4: Varmeproduktionspris ved investering i varierende kapaciteter for en biomassekedel og en eldrevet varmepumpe baseret på grundvand som varmekilde med en COP på 4.

ved investering i en elvarmepumpe med kapacitet på 6-11 MW kombineret med investering i fliskedel med en kapacitet på 0-4 MW. Varmepumpen drager fordel af den forbedrede varmekilde, hvilket tydeligt afspejles på figur 3. Der er følgelig mange kombinationer, som giver varmereproduktionspriser i størrelsesordenen 283-286 kr./MWh.

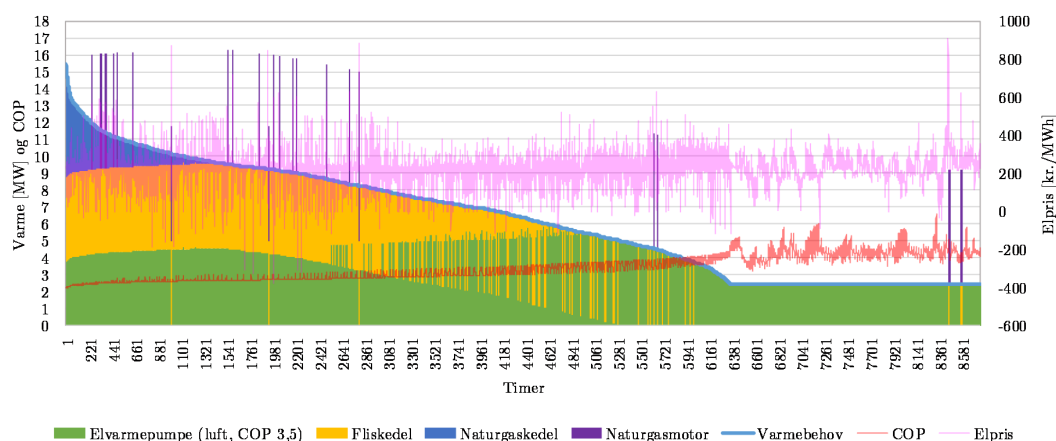
Figur 4 viser ligeledes varmereproduktionspriser for 67 investeringskombinationer, hvor varmekilden har en konstant temperatur henover året. Den gennemsnitlige års-COP er øget til 4,0. Det kan fx være en varmekilde baseret på grundvand eller overskudsvarme. Idet varmepumpens COP øges, vil varmereproduktionsprisen for kombinationerne, som i højere grad investerer i elvarmepumpen frem for fliskedlen, blive lavere. For disse beregninger fås den laveste varmereproduktionspris ved investering i elvarmepumpen på 9-11 MW og investering i fliskedel på 0-2 MW.

Betragtes udelukkende varmereproduktionsprisen vil det altså med en tilstrækkelig god varmekilde være bedst kun at investere i en elvarmepumpe og jo bedre varmekilden er, jo større varmepumpe bør man investere i. Kombinationen af investering i en elvarmepumpe og biomassekedel er ikke kun med til at sikre lave varmereproduktionspriser, men kan også være en vigtig faktor i forhold til at fremtidssikre sin varmepris. Begge teknologier påvirkes i høj grad af brændselspriserne og ved kombination af teknologier kan man i højere grad risikoafdække varmereproduktionsprisen.

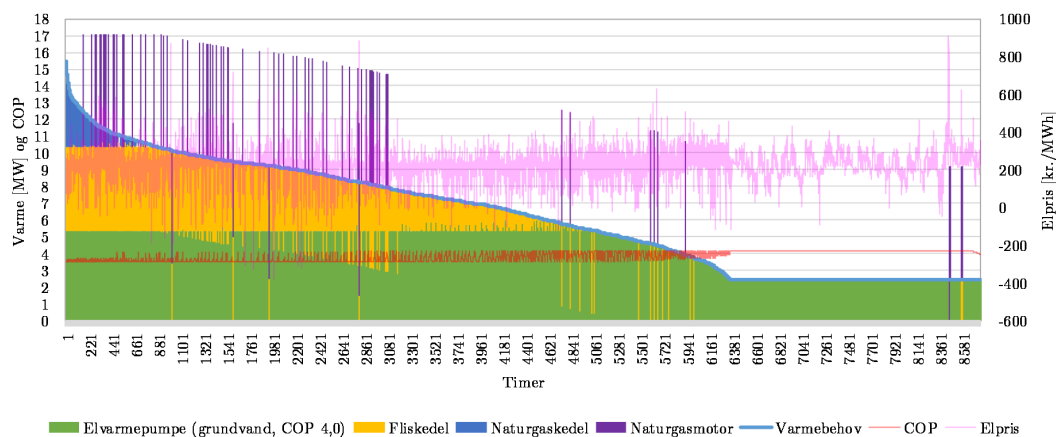
Varighedskurver

Varighedskurverne på figur 5 og 6 viser lastfordelingen for kombinationen af 5 MW fliskedel og 6 MW elvarmepumpe med en COP på henholdsvis 3,5 (baseret på udeluft) og en COP på 4,0 (baseret på fx grundvand). Derudover viser figurerne

hvordan COP-værdien og elprisen ændres over året. Det ses, at i elvarmepumpen i begge tilfælde vil levere grundlast, suppleret af fliskedlen i timer med høje elpriser. Varmepumpen baseret på udeluft har en COP som varierer meget over året. COP-værdien vil være højest i sommerperioden hvor varmebehovet samtidig er mindst. Varmepumpen baseret på udeluft har ligeledes en dårligere COP om vinteren hvor varmebehovet er størst. Dette afspejles i varmeproduktionen fra varmepumpen som ses på figur 5. Denne falder i de timer hvor varmebehovet er størst og bliver derfor i højere grad suppleret af naturgaskedlen sammenlignet med varmepumpen baseret på grundvand som ses på figur 6.



Figur 5: Varighedskurve for investering i 5 MW fliskedel og 6 MW elvarmepumpe baseret på udeluft med en COP på 3,5. Varighedskurven er beregnet for år 2021 og viser ud over varmeproduktionen i hver time også COP-værdien for varmepumpen og elprisen.



Figur 6: Varighedskurve for investering i 5 MW fliskedel og 6 MW elvarmepumpe baseret på grundvand med en COP på 4,0. Varighedskurven er beregnet for år 2021 og viser ud over varmeproduktionen i hver time også COP-værdien for varmepumpen og elprisen.

Litteratur

- Dansk Fjernvarme. Beregningsforudsætninger, 2018.
- Energi, Forsynings- og Klimaministeriet. Energiaftale af 29. juni 2018, 2018. URL <https://efkm.dk/media/12222/energiaftale2018.pdf>.
- Energinet.dk. Tariffer, 2018. URL <https://energinet.dk/El/Tariffer>.
- Energistyrelsen. Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner, 2017. URL https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_2017_ver_2.pdf.
- Energistyrelsen. Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2018. URL <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-produktion-af-el>.
- Grøn Energi. Beregningsforudsætninger, erfaringstal fra branchen, 2018.
- Grøn Energi m.fl. Inspirationskatalog for store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet, 2017. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/projekter/drejobog-om-store-varmepumper-2017>.
- Skatteministeriet. Afgiftssatser i CO2-afgiftsloven, 2018a. URL <https://skat.dk/skat.aspx?oID=2060519&chk=215444>.
- Skatteministeriet. Afgiftssatser i elafgiftsloven, 2018b. URL <https://www.skat.dk/skat.aspx?oID=2061620&chk=215444>.
- Skatteministeriet. Afgiftssatser i gasafgiftsloven, 2018c. URL <https://skat.dk/skat.aspx?oID=2061637&chk=215444>.
- Skatteministeriet. Afgiftssatser i kvælstofoxidafgiftsloven (NO_x), 2018d. URL <https://skat.dk/skat.aspx?oID=1946602&chk=215444>.

A Appendiks

Beregningsforudsætninger

Tabel 1 viser beregningsforudsætninger for energyPRO beregningerne af fjernvarmeværket anvendt i analysen. Virkningsgrader, omkostninger, afgifter og tariffer fastholdes i hele beregningsperioden (med undtagelse af elvarmeafgiften).

		Enhed	Kilde
Gasmotor			
Elvirkningsgrad	41,7	%	(Grøn Energi, 2018)
Varmevirkningsgrad	47,4	%	(Grøn Energi, 2018)
D&V	70,0	kr./MWh _e	(Grøn Energi, 2018)
Gaskedel			
Virkningsgrad	105,0	%	(Grøn Energi, 2018)
D&V	5,0	kr./MWh _v	(Grøn Energi, 2018)
Elvarmepumpe (luft)			
COP	3,5		(Energistyrelsen, 2018)
Investeringsomkostninger	5,25	mio. kr./MW	(Energistyrelsen, 2018)
Fast D&V	15.000	kr./MW/år	(Energistyrelsen, 2018)
Variable D&V	10	kr./MWh _e	(Dansk Fjernvarme, 2018)
Elvarmepumpe (grundvand)			
COP	3,5 / 4,0		(Grøn Energi m.fl., 2017)
Investeringsomkostninger	6,0	mio. kr./MW	(Grøn Energi, 2018)
Fast D&V	15.000	kr./MW/år	(Energistyrelsen, 2018)
Variable D&V	10	kr./MWh _e	(Dansk Fjernvarme, 2018)
Fliskedel			
Virkningsgrad	100	%	(Dansk Fjernvarme, 2018)
Investeringsomkostninger	5,0	mio. kr./MW	(Grøn Energi, 2018)
Fast D&V	77.000	kr./MW/år	(Grøn Energi, 2018)
Variable D&V	25	kr./MWh _v	(Grøn Energi, 2018)
Afgifter og tariffer, 2018			
Energiafgift (gasmotor)	2,199	kr./m ³	(Skatteministeriet, 2018c)
Energiafgift (gaskedel)	46,3	kr./GJ	(Skatteministeriet, 2018c)
CO ₂ -afgift (gasmotor)	0,391	kr./m ³	(Skatteministeriet, 2018a)
CO ₂ -afgift (gaskedel)	13,8	kr./GJ	(Skatteministeriet, 2018a)
NO _x -afgift (gasmotor)	0,029	kr./m ³	(Skatteministeriet, 2018d)
NO _x -afgift (gaskedel)	0,008	kr./m ³	(Skatteministeriet, 2018d)
NO _x -afgift (fliskedel)	1,8	kr./MWh	(Skatteministeriet, 2018d)
Methan-afgift (motor)	0,067	kr./m ³	(Skatteministeriet, 2018a)
Elvarmeafgift ¹	257 / 207 / 157	kr./MWh	(Skatteministeriet, 2018b)
Systemtarif	42,0	kr./MWh	(Energinet.dk, 2018)
Transmissionsnettarif	38,0	kr./MWh	(Energinet.dk, 2018)
Distributionstarif	80,0	kr./MWh	(Dansk Fjernvarme, 2018)
Indfødningsstarif	3,0	kr./MWh	(Energinet.dk, 2018)
Fjernvarmesystemet			
Varmebehov	55.000	MWh/år	(Grøn Energi, 2018)
Fremløbstemperatur (sommer/vinter)	80 / 70	°C	(Grøn Energi, 2018)
Returtemperatur (sommer/vinter)	45 / 35	°C	(Grøn Energi, 2018)
Varmelager	6600	m ³	(Grøn Energi, 2018)

Tabel 1: Forudsætninger for beregninger af den marginale elproduktionspris for en naturgasfyret motorenhed i forhold til en naturgaskedel. ¹Elvarmeafgiften følger fastlagte forløb af lempelsen af elvarmeafgiften hvor denne lempes yderligere i 2020 og igen i 2021 og frem (Energi, Forsynings- og Klimaministeriet, 2018).

