



Analyse: Anvendelse af gas i et bæredygtigt energisystem

Indholdsfortegnelse

1.	Fokus for analysen.....	1	7. februar 2017
1.1	Udvalgte gasteknologier	2	RDG/DGR
1.2	Pris på flydende og gasformige brændstoffer.....	2	
2.	Gas og biogas i transportsektoren.....	3	
3.	Gasmotor- og eldrevne varmepumper	4	
4.	Spidslast-elkapacitet ved decentrale anlæg.....	6	
5.	Gashybridkedler	7	
6.	Sammenfatning på analyse af gasanvendelser	10	
7.	Referencer	11	
7.1	Kilder.....	11	
7.2	Indsamling af teknologidata	11	

1. Fokus for analysen

Energinet.dk har til opgave at sikre en helhedsorienteret systemudvikling af el- og gastransmissionssystemerne, i takt med at stadigt mere vedvarende energi integreres i hele energisystemet. Energinet.dk's systemudvikling tager udgangspunkt i samfundsøkonomiske beregninger, således at den mest omkostningseffektive omstilling til vedvarende energi identificeres. Gassystemet synes at kunne tilbyde en række styrkepositioner, som kan være centrale for omstillingen til vedvarende energi. Nogle af disse styrkepositioner er analyseret her af Energinet.dk, og resultaterne er beskrevet i notatet.

I dette perspektiv har Energinet.dk's analyseafdeling i efteråret 2016 gennemført modelbaserede selskabs- og samfundsøkonomiske analyser af en række udvalgte gasteknologier med opdaterede teknologi- og brændselsprisforudsætninger. Motivationen for analysen er, at prisen på naturgas har været faldende de seneste år, og at en række teknologier som hybridanlæg (el- og gasvarmepumper) er faldet i pris de seneste år.

1.1 Udvalgte gasteknologier

På baggrund af et omfattende dataindsamlingsarbejde, med bidrag fra HMN Gasnet, NGF Nature Energy, Dansk Gasdistribution, Dansk Gasteknisk Center og Energinet.dk, er fire teknologispør udvalgt til analyse:

- Gas til transport med fokus på biogas (kapitel 2).
- Gasmotordrevne varmepumper (kapitel 3).
- Gassens rolle til spidslast-elkapacitet ved decentrale anlæg (kapitel 4).
- Hybridkedler med kombination af varmepumpe og gaskedel (kapitel 5).

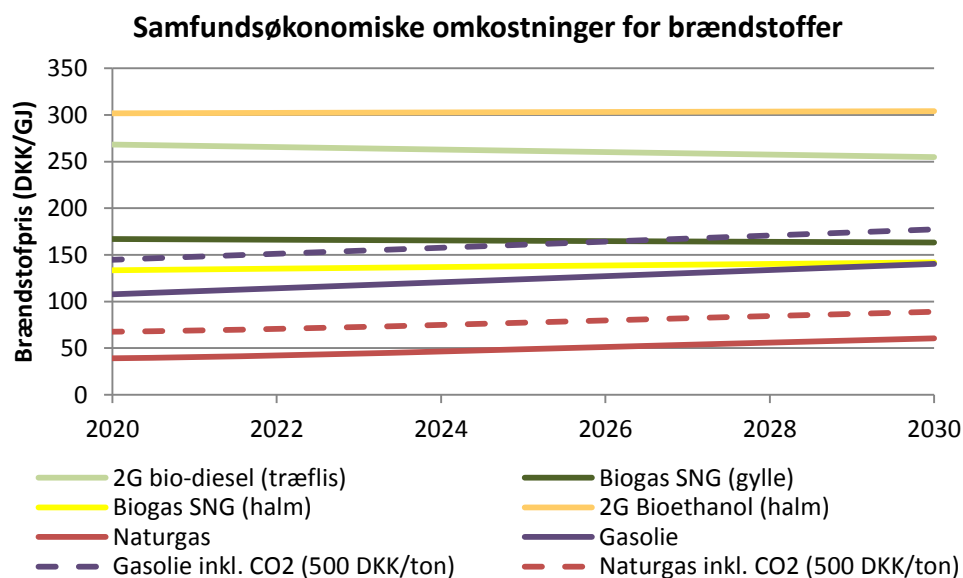
Dette notat opsummerer resultater og perspektiver for de fire teknologispør.

Der er i nærværende analyse ikke set på anvendelsen af gas til industrielle formål. Gasanvendelse i industrien er blandt andet afdækket i analysen *Energikoncept 2030* som er at finde på www.energinet.dk/energianalyser.

1.2 Pris på flydende og gasformige brændstoffer

Både olie- og gasprisen er i de seneste år faldet væsentligt i pris. CO₂-prisen indenfor områder, der er omfattet af kvoteregulering (ETS), er relativt lav (under 50 kr./ton). Udenfor områder med kvoteregulering (non-ETS) anbefaler Energistyrelsen, at der bruges en samfundsøkonomisk skyggepris på 500 kr./ton CO₂. Der er væsentlig usikkerhed om denne pris, og der anbefales at bruge ETS-prisen som lavt skøn og 1.000 kr./ton som et højt skøn.

Med disse samfundsøkonomiske forudsætninger fremgår prisen for en række flydende og gasformige brændstoffer af Figur 1.



Figur 1 Samfundsøkonomiske omkostninger for en række brændstoffer inklusive levering til storforbrugere eller decentralt kraftvarmeværk.¹

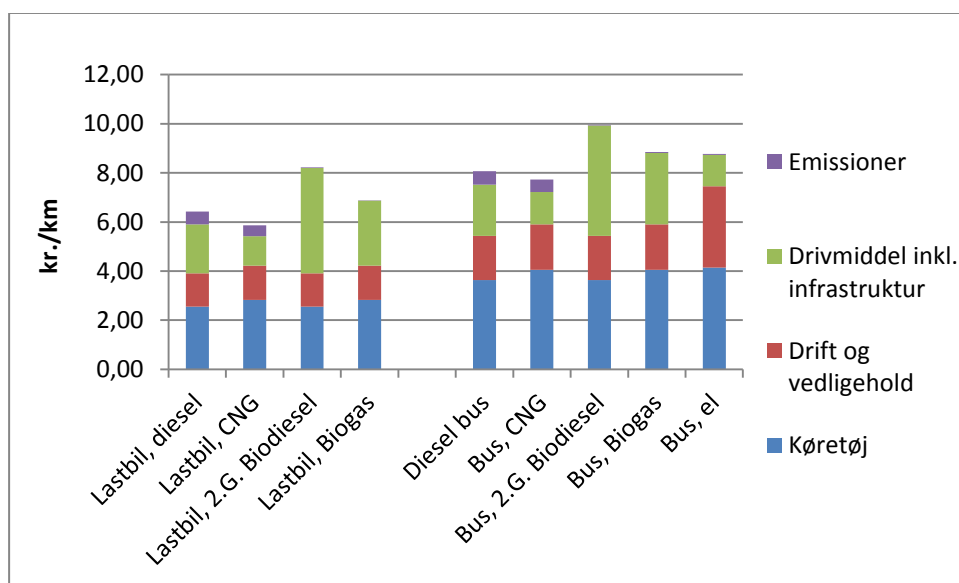
¹ Kilde: Energistyrelsens samfundsøkonomiske brændselspriser april 2016 og rapporten "Biogas og anden VE til tung transport, final draft, EA jan 2017".

Set i forhold til den resulterende brændselspris bliver biogas konkurrencedygtig med gasolie frem mod 2025. Diesel til transportformål giver typisk en lidt højere virkningsgrad end gas, og dette forhold skal inddrages i vurderingen. Dertil kommer, at gaskøretøjer er dyrere end dieselskøretøjer til transport. Dette uddybes nærmere i afsnit 2.

2. Gas og biogas i transportsektoren

Transportsektoren er det område, som udgør den største udfordring med hensyn til integration af vedvarende energi. I dag anvendes store mængder flydende fossile brændstoffer i transportsektoren. For at imødekomme denne udfordring stilles der krav til iblanding af biobrændstoffer i både benzin, diesel og naturgas, som anvendes til transport.

Behovet for transport af både personer og gods øges i takt med den økonomiske vækst, og denne udvikling forventes at fortsætte de kommende årtier. Det er derfor aktuelt at overveje, hvordan et iblandingskrav på kort sigt kan efterleves billigst muligt. Produktionen af flydende bæredygtige biobrændstoffer (2G) som fx biodiesel og bioethanol er relativt dyre, og her er 2G biogas fra gylle eller affald, med tilførsel af halm som co-substrat, en løsning, som er omkostningseffektiv sammenlignet med flydende biobrændsler. Analyserne viser, at de fossile alternativer er billigst, og at der totaløkonomisk kan være en besparelse ved at skifte diesel ud med naturgas. Dette afhænger dog især af det årlige kørselsbehov. Sammenlignes biobrændstofferne ses det, at biogas er det samfundsøkonomisk billigste 2G biobrændstof, og at gevinsten ved at vælge biogas fremfor biodiesel er mere markant end naturgas kontra diesel. Dette forhold gør sig gældende både for lastbiler og busser og er illustreret på Figur 2.



Figur 2 Samfundsøkonomiske omkostninger for tung transport i 2020.

Ved indkøb af nye køretøjer til tung transport vil valget af et gasdrevet køretøj altså bidrage til at klargøre transportsektoren til en grøn fremtid. Imidlertid er der for nuværende ikke nødvendigvis en nævneværdig økonomisk gevinst ved at skifte diesel ud med naturgas.

Derimod kan valget af et gaskøretøj være forbundet med flere forskellige risici for en virksomhed eller flådeoperatør. Iblandt disse risici kan nævnes tilgængeligheden af påfyldningsstationer, samlet driftsøkonomi og køretøjets rækkevidde. Sammen med en lidt højere investeringsomkostning end en dieseldrevet lastbil betyder disse risici ofte, at potentielle investorer er tilbageholdende med at købe gasdrevne køretøjer.

Det forventes dog, at besparelsen ved at vælge et naturgasdrevet køretøj fremfor et dieseldrevet køretøj vil øges fremadrettet. Dette skyldes hovedsageligt den forventede udvikling i prisen på fossile brændsler, som er vist på Figur 1.

På Figur 2 er omkostninger² ved en eldrevet bus også vist. Det ses, at omkostningerne til denne er på niveau med omkostningerne til den biogasdrevne bus. For at nå denne pris er der i beregningerne antaget, at markedsprisen på Li-ion batterier fortsætter med at falde frem imod 2020. Elbusser kan altså også vise sig som et omkostningseffektivt grønt alternativ. Hvorvidt biogas eller el er det bedste grønne alternativ, vil altså i høj grad bero på lokale forhold, herunder eksempelvis krav til rækkevidde, luftkvalitet eller støj.

Anvendelsen af biogas til transport er derfor særlig nyttig i områder, hvor elektrificering ikke er hensigtsmæssig eller samfundsøkonomisk effektiv. Dette omfatter i særdeleshed tung transport over lange afstande og flådekøretøjer, hvor tankningsinfrastruktur kan etableres hurtigt og billigt.

3. Gasmotor- og eldrevne varmepumper

For de enkelte decentrale værker vil der være en afvejning mellem at beholde kraftvarmeanlægget eller søge alternative løsninger. Alternativer kan være at supplere eller erstatte kraftvarmenheden med fliskedler, varmepumper, solpaneler eller lignende. I denne sammenhæng drøftes ofte en omlægning væk fra gasbaseret kraftvarme til biomassekedler med det formål, dels at sænke varmeprisen, dels at øge andelen af vedvarende energi i varmeforsyningen.

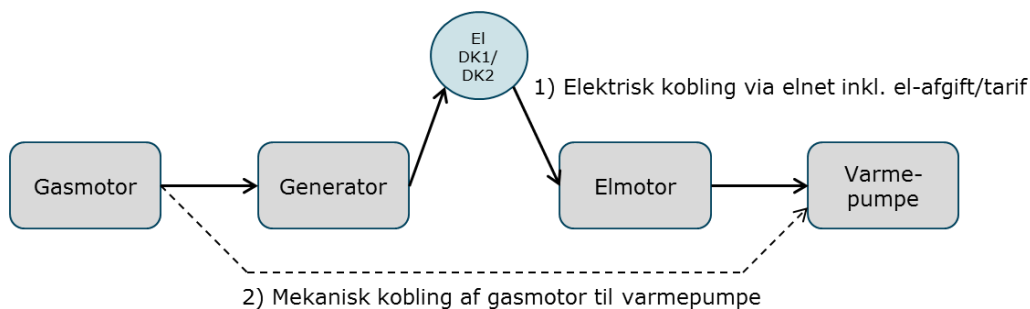
En løsning, hvor eksisterende gaskraftvarme suppleres med en varmepumpe, giver også en øget andel af vedvarende energi på det decentrale anlæg. Herudover begrænser en varmepumpe ikke muligheden for at bruge biomassen til produktion af biobrændstoffer og biogas til brug i andre sektorer.

I dag forhindrer lovgivningen dog i mange tilfælde en konvertering væk fra naturgas. Populært sagt, så har decentrale værker i dag ikke "frit brændselsvalg".

Der er analyseret på to varmepumpeløsninger sammenholdt med en gasmotor-/gaskedel-reference og en ny-investeret biokedel. Analysen viser, at en kombination af gasmotor og varmepumpe er det samfundsøkonomisk billigste valg.

De to forskellige analyserede løsninger med tilkobling af varmepumpen er vist på Figur 3.

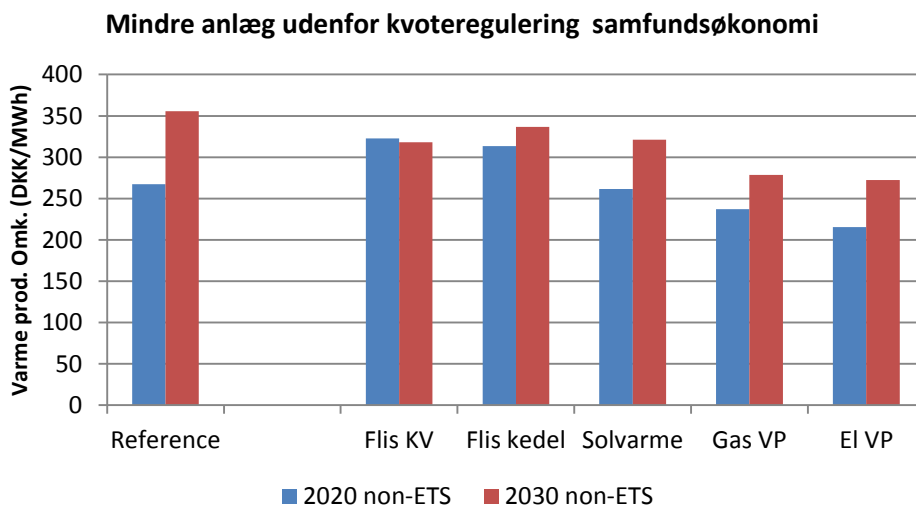
² Bemærk, at det er antaget, at batterierne i elbussen er lejet, hvorfor omkostningerne til disse er medregnet i drift og vedligehold.



Figur 3 Illustration af kobling imellem gasmotor og varmepumpe.

1. Standard elektrisk kobling, det vil sige gasmotor driver generator, der kobles til elnettet, og en varmepumpe drevet af en elmotor, der er koblet til elnettet. Der skal betales standard tarif og afgift af el forbrugt til varmepumpen.
2. Mekanisk kobling (aksel) mellem gasmotor og varmepumpe. Med denne løsning skal der ikke betales eltarif og elafgift, idet der ikke produceres eller forbruges el i forbindelse med koblingen.

På Figur 4 er de samfundsøkonomiske omkostninger ved de to forskellige varmepumpeløsninger, samt en reference (gasmotor + gaskedel), et solvarmeanlæg, et flisfyret kraftvarmeværk og en flisfyret biomassekedel. Her ses det, at varmepumpeløsningerne er på niveau med referencen allerede i 2020 og noget billigere end referencen i 2030. Hvilken løsning, der er den billigste, afhænger dog i høj grad af brændselspriserne. I analyserne er det antaget, at prisen på både el, gas og biomasse stiger i perioden 2020 til 2030, hvilket er hovedårsagen til, at varmeprisen også stiger.

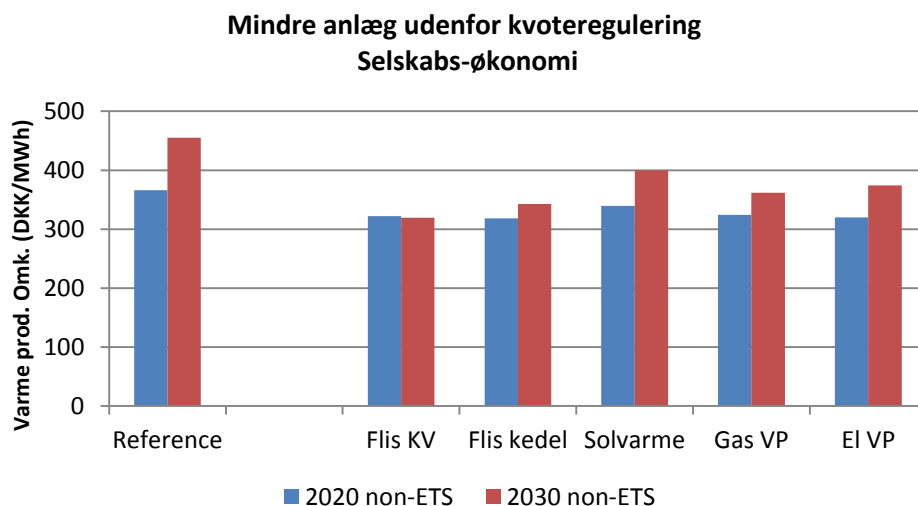


Figur 4 Samfundsøkonomiske varmepriser for udvalgte fjernvarmeløsninger.

Da der er væsentlig usikkerhed på el- og gasprisen frem imod 2030, kan det ikke entydigt konkluderes, om en el- eller gasmotordrevet varmepumpe (mekanisk koblet) er samfundsøkonomisk den billigste løsning. Dog synes varmepumpeløsningerne, herunder især den eldrevne varmepumpe (koblet på elnettet), at være mere robuste overfor ændringer i el- og brændselspriser, end eksempelvis

referencen er det. I alle tilfælde har både referencen og varmepumpeløsningerne vist sig billigere end biomassekedlen.

Selvskabsøkonomisk ligger gasmotordrevet varmepumpe og elmotordrevet varmepumpe meget tæt. Dette er illustreret på Figur 5.



Figur 5 Selskabsøkonomiske varmepriser for udvalgte fjernvarmeløsninger.

4. Spidslast-elkapacitet ved decentrale anlæg

Frem mod 2030 forventes elproduktionen fra vindkraft at blive mere end fordoblet og produktionen fra solceller at blive mere end firedoblet i forhold til i dag. Grundlaget for kraftvarme er allerede i dag generelt reduceret på grund af mange timer med lave elpriser.

Men selvom grundlastproduktionen fra kraftvarme forventes at blive kraftigt reduceret, er der fortsat behov for elkapacitet enten fra anlæg i Danmark eller fra udlandsforbindelser til at dække elforbruget i de perioder, hvor produktionen fra sol og vind er lav, både i Danmark og landene i regionen omkring Danmark. Primært i Østdanmark er risikoen for at mangle effekt i de kommende år stigende, hvilket må forventes at medføre kortere eller længere perioder med pris-spidser i elmarkedet.

Decentrale gasfyrede kraftvarmeværker tilbyder fleksibel elproduktion som et supplement til vind og sol. Med de relativt lave elpriser i de senere år er indtægten fra elsalg stærkt reduceret. De fleste naturgasbaserede decentrale værker er derfor i overvejelse om at udfase gaskraftvarmeanlægget, når tilskud i form af grundbeløb i 2018 fases ud.

Fravalg af gasmotoranlægget af hensyn til varmeproduktionen betyder dog også at potentiel indtjening fra elmarkedet ikke længere indgår i den samlede økonomi for varmeforsyningen. Ses alene på nationale effektreserver er eksisterende gasmotoranlæg de anlæg, der kræver lavest dækningsbidrag for at være aktive i elmarkedet. Dette er illustreret i nedenstående figur, der viser samfundsøkonomiske elkapacitetsomkostninger for en række typer anlæg. Det skal bemærkes at anlægsejerne selskabsøkonomiske forrentningskrav kan være hø-

jere end de viste, men rangordnen mellem teknologierne antages at være robust.



Figur 6 Faste omkostninger til elkapacitet er beregnet som samfundsøkonomiske omkostninger annuieret over anlæggets levetid. Ved eksisterende gasmotor indregnes alene omkostninger til levetidsforlængelse

Analyser der baseres på elprisen udvikling de kommende år er behæftet med meget store usikkerheder, hvilket betyder stor usikkerhed omkring fremtidig aflønning af de eksisterende kraftvarmeanlæg. Det forventes dog, ud fra både Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger [1] og Energinet.dk's analyseforudsætninger [2], at elprisen på længere sigt vil stige fra det nuværende meget lave niveau.

5. Gashybridkedler

Gashybridkedler – eller blot hybridkedler – er en kombination mellem en gaskedel og en mindre eldrevet luft-til-vand-varmepumpe. Fordelen herved er, at man udnytter varmepumpens effektivitet i mildt og lunt vejr, samtidig med at man har en gaskedel til at dække varmeforbruget på kolde dage. En hybridkedel udnytter samspillet imellem el og gas til at minimere varmeprisen:

1. Varmepumpen dækker varmebehovet det meste af året.
2. På kolde dage, hvor varmebehovet er størst, vil varmepumpen blive suppleret af gaskedlen.
3. I tilfælde af meget lave udetemperaturer bliver varmepumpen ineffektiv, og gaskedlen tager over og dækker hele varmebehovet.

Resultaterne for opvarmning i private hjem bygger på beregninger for tre case-studier med henholdsvis et lille, mellemstort og stort varmebehov. I 2015 lå indkøbsprisen inklusive installation for en hybridkedel på ca. 64.000 kr. for små og mellemstore enheder og ca. 71.000 kr. for en stor enhed. Hybridkedelteknologien er fortsat ny, og det forventes, at der er behov for at øge kendskabet til og erfaringer med teknologien, så blandt andet indkøbs- og installationsomkostninger kan reduceres. For at tage højde for dette forhold regnes der i alle tilfælde med, at indkøbsåret for opvarmningsenheden er 2025. På baggrund af ovenstående antages det, at indkøbsprisen reduceres med ca. 20 pct. frem imod

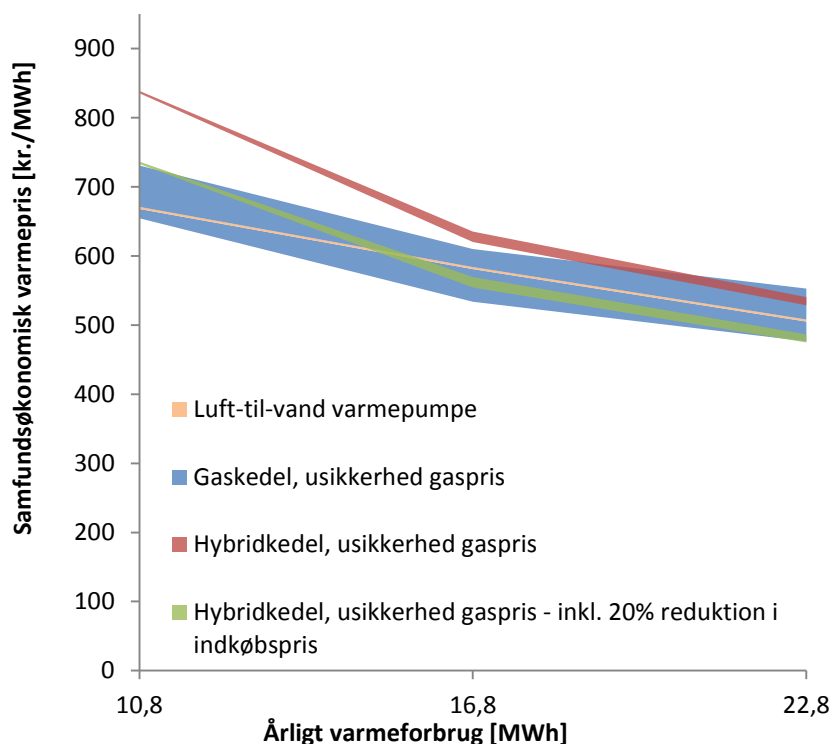
2025. Parametre for hybridkedlen er vist i Tabel 1. Alle priser er eksklusive moms.

Tekniske parametre for hybridkedel	
Levetid	18 år
Serviceudgifter pr. år	2.000 kr.
Indkøb og installation af lille og mellemstor enhed	50.000 kr.
Indkøb og installation af stor enhed	55.500 kr.

Tabel 1 Tekniske parametre for hybridkedel.

Det er i beregningerne antaget, at der i boliger med et lille og mellemstort varmekonsum installeres en hybridkedel med en 4 kW varmepumpe, hvorimod der for husholdninger med et stort varmekonsum installeres en 6 kW varmepumpe. Det er endvidere antaget, at forbrugere med en hybridkedel betaler elvarmeafgift for den del af elforbruget, som ligger over 4.000 kWh.

På Figur 7 ses den samfundsøkonomiske varmepris for henholdsvis en gaskedel, luft-til-vand-varmepumpe og to hybridkedler. De to kurver for hybridkedlerne afspejler effekten af en eventuel reduktion i indkøbspris inklusive installation. Da der endvidere er usikkerhed omkring den fremtidige gaspris, vises varmeprisen for gaskedlen og hybridkedlen som et spænd, hvor den høje gaspris ligger 50 pct. over den lave. Det ses, hvis der ikke opnås en reduktion i indkøbsprisen, så er hybridkedler ikke aktuelle ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv, uanset varmekonsum.

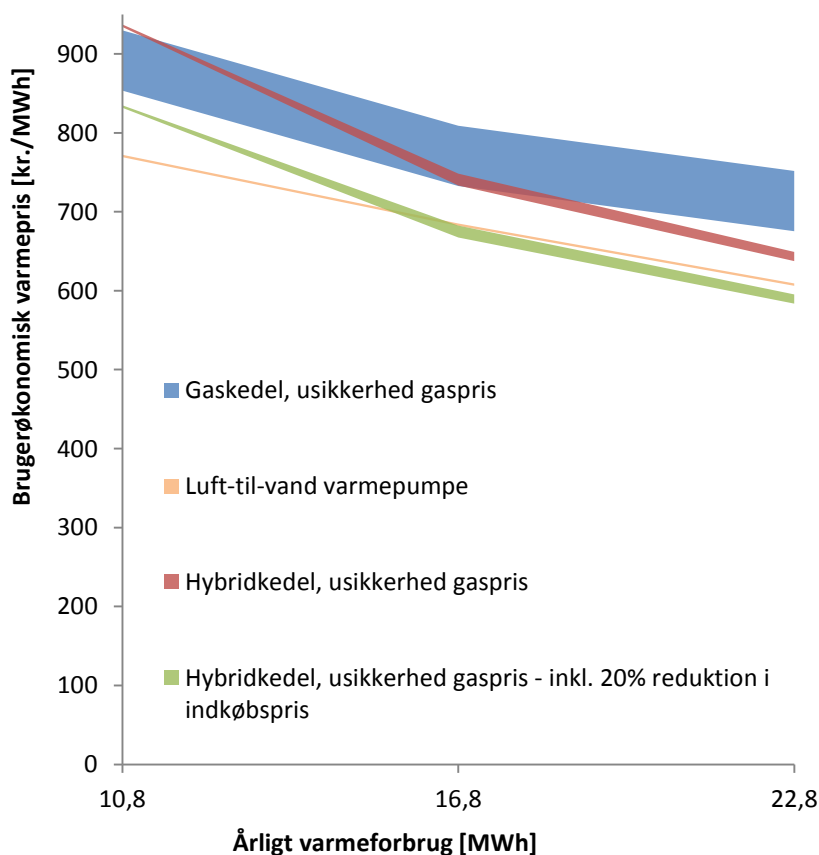


Figur 7 Samfundsøkonomiske varmepriser for udvalgte varmeanheder.

Hvis der derimod realiseres en reduktion i indkøbsprisen, kan en hybridkedel levere en varmepris på niveau med gaskedlen og varmepumpen, og den er især aktuel for kunder med et mellemstort til stort varmebehov, dog er gaskedlen samfundsøkonomisk attraktiv ved de nuværende lave gaspriser. Det er derfor ikke muligt entydigt at konkludere, hvorvidt den ene løsning samfundsøkonomisk er billigere end den anden. Hybridkedlen, hvis primære produktion er på varmepumpen, er langt mindre følsom overfor udsving i gasprisen, end gaskedlen er.

Da en hybridkedel er en mindre investeringstung varmeanhed for private gaskunder, kan hybridkedlen være med til omkostningseffektivt at integrere mere vedvarende energi under forudsætning af, at en reduktion af indkøbsprisen realiseres.

På Figur 8 ses den brugerøkonomiske varmepris på samme vis, som de samfundsøkonomiske er vist på Figur 7. Her ses det, at luft-til-vand-varmepumpen generelt leverer lave varmepriser, men er især attraktiv for husholdninger med et lille varmebehov. Dog er varmepumpen udfordret af at være investeringstung. Hvis gaskedlen og hybridkedlen sammenlignes, ses det, at hybridkedlen reducerer usikkerheden væsentligt på varmeprisen. Det betyder, at hybridkedlen kan være et attraktivt alternativ for kunder med et mellemstort til stort varmebehov.



Figur 8 Brugerøkonomiske varmepriser for udvalgte varmeanheder.

Hvis indkøbsprisen på hybridkedlen kan reduceres med 20 pct., vil den kunne levere attraktive varmepriser, selv ved lave gaspriser, og vil endda kunne konkurrere med en luft-til-vand-varmepumpe.

6. Sammenfatning på analyse af gasanvendelser

Ved omstilling til mere vedvarende energi i energisystemet, jf. regeringens mål for 2030 og 2050, er elektrificering hensigtsmæssigt på mange områder, og den vil være en afgørende del af en effektiv omstilling af energisystemet. Men en række energikrævende processer er uforholdsmæssigt dyre at elektrificere og kan mest omkostningseffektivt forsynes med energi fra brændstoffer, enten flydende eller gasformige brændstoffer.

Flydende brændstoffer er relativt enkle at transportere og opbevare, da de ikke kræver tryksætning i forbindelse med håndtering. Gas kræver derimod tryksætning og typisk en rørført infrastruktur. Gassens styrkepositioner består primært i, at den har en lavere pris end tilsvarende flydende brændstoffer. Når man sammenligner prisen på naturgas med gasolie, så er naturgas i hele perioden frem til 2035 væsentligt billigere. Tilsvarende er fremstillingsprisen på biogas væsentligt billigere end fremstilling af 2G flydende brændstoffer. Prisforskellen ligger på ca. 50-100 kr./GJ.

I analysen er der altså set på omkostningseffektiviteten ved at anvende gas (naturgas og biogas) i en række specifikke anvendelser. Herunder gas til tung transport, gas til spidslast-elkapacitet, gas til store varmepumper og gas til små (individuelle) hybridvarmepumper. På baggrund af analysen vurderes følgende:

- Naturgas til tung transport er i dag samfundsøkonomisk marginalt billigere end diesel. Frem mod 2035 øges forskellen til 15-20 pct. opgjort som de samlede samfundsøkonomiske omkostninger.
- Biogas til tung transport er væsentligt billigere end 2G flydende bio-brændstoffer. Så selvom gevinsten ved at skifte fossil diesel ud med naturgas i dag er begrænset, så vil en konvertering af den tunge transport bort fra flydende brændstoffer over på gas klargøre den tunge transport til en omkostningseffektiv grøn fremtid. Dog viser analysen også, at såfremt prisen på Li-ion batterier fortsætter med at falde, så vil også el-busser i 2020 være et omkostningseffektivt grønt alternativ.
- For flådekøretøjer (bus og lastbiler) kan det være omkostningseffektivt at etablere en lokal gasfyldestation. Det er således ikke nødvendigt at afvente en etablering af komplet offentlig tankinfrastruktur for at indfase gas til transport i større omfang.
- Der er sammenlignet naturgas-motordrevne store varmepumper til fjernvarme med elmotordrevne varmepumper til fjernvarme. Med den seneste fjernelse af PSO-afgiften på elforbrug ligger disse to produktionsformer både samfunds- og selskabsøkonomisk meget tæt.
- Fortsat anvendelse af eksisterende decentrale gas-motor kraftvarmeanlæg til el-spidslast er en af de billigste former for indenlandsk spidslastkapacitet, som sammen med udlandsforbindelser bidrager til at dække elforbruget.

- Der er udarbejdet en økonomisk sammenligning mellem gaskedler, el-drevne individuelle varmepumper og hybridvarmepumper. I sidstnævnte kombineres en gaskedel med en eldrevet varmepumpe. Analysen viser, med den nuværende pris på hybridvarmepumper er der ikke nogen gevinst ved hybridløsningen fremfor en udelukkende elbaseret varmepumpe. Hybridvarmepumpen er fortsat en relativt ny teknologi. Hvis prisen på hybridvarmepumpen reduceres med 20 pct., er den samfunds- og selskabsøkonomisk marginalt billigere end en almindelig varmepumpe i større bygninger.

7. Referencer

7.1 Kilder

1. Samfundsøkonomiske brændselspriser, Energistyrelsen, april 2016
<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>
2. Energinet.dk's analyseforudsætninger, Energinet.dk, juni 2016,
<http://www.energinet.dk/DA/El/Udvikling-af-elsystemet/Analyseforudsætninger/Sider/default.aspx>
3. Alternative drivmidler til transportsektoren, Energistyrelsen, februar 2016, <https://ens.dk/ansvarsomraader/transport/alternative-drivmidler>
4. Direkte gasfyrede varmepumper, 0,5-10 MW, DGC, januar 2016
<http://www.dgc.dk/publikation/2016/direkte-gasfyrede-varmepumper>
5. Gassens rolle i omstillingen, Energinet.dk, 2015
<http://www.energinet.dk/DA/Soeg/Sider/Publikationsvisning.aspx?Filter1Value=9606&Filter1Field=Id>
6. Værdien af gassystemet, Energinet.dk, 2015
<http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Engelske%20dokumenter/Klimaogmiljo/Gassystemets%20gevinst%20for%20samfundet%20i%202035.pdf>

7.2 Indsamling af teknologidata

Som baggrund for analysen har distributionsselskaberne (HMN Gasnet, NGF Nature Energy, Dansk Gasdistribution), Dansk Gasteknisk Center og Energinet.dk i maj-juni 2016 indsamlet opdaterede data for en række slutanvendelsesteknologier på gasområdet i Danmark og udlandet og udpeget i alt seks slutanvendelser, der kunne være relevante at analysere nærmere. Herfra er de fire teknologspor til analysen udvalgt.

De seks slutanvendelser er:

- Hybridløsninger
- Transport – biogas til bus og renovation og andre flåder af tunge køretøjer
- Gasvarmepumpeløsninger
- Større direkte gasfyrede varmepumper
- LNG-muligheder og forventninger
- Spidslast – brug af gas til el-/varmeproduktion.

Eksperterbidrag til arbejdet

Indsamling af teknologidata og kommentering af analyseresultater undervejs er sket i en række arbejdsgrupper med deltagelse af følgende eksperter:

Kristian Nielsen	DGD
Bjarne Koch	DGD
Mette Smedegaard Hansen	NGF Nature Energy
Jonas Svendsen	NGF Nature Energy
Henrik Rousing	HMN Naturgas
Carsten Rudmose	HMN Naturgas
Carsten Markussen	HMN Naturgas
Karsten Frederiksen	DGC
Henrik Iskov	DGC
Bjørn K. Eliassen	DGC
Jan de Wit	DGC
Jonas Hoen	DGC
Lars Jørgensen	DGC
Jean Schweitzer	DGC
Jan K. Jensen	DGC
Anders Bavnhøj Hansen	Energinet.dk
Jeppé Bjerg	Energinet.dk
Rune D. Grandal	Energinet.dk