



Demonstrationsprojekt for gashybridvarme-  
pumper, task 3

---

# Understøttelse af udfasning af fossilt brændsel

---



**TEKNOLOGISK**  
**INSTITUT**

**Titel:**

Understøttelse af udfasning af fossilt brændsel

**Udarbejdet for:**

Energistyrelsen  
Amaliegade 44  
1256 København K

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Gregersensvej 2  
2630 Taastrup  
Køle- og Varmepumpeteknik

December 2013

Forfatter: Emil Jacobsen

## 1. Indhold

2. Forord.....	4
2.1. Beskrivelse af gashybridvarmepumper og funktionsprincip.....	4
3. Indledning .....	6
3.1. Enerkipolitiske mål og kontekst .....	6
4. Mulige barrierer for gashybridvarmepumper og deres overvindelse .....	7
5. Mulige drivere for gashybridvarmepumper .....	8
Bygningers energimærke.....	11
6. Andel af VE fordelt på forskellige opvarmningsformer.....	14
7. Fremtidsperspektiver og tekniske muligheder .....	16
8. Estimat af potentialet for udfasning af fossilt brændsel ved anvendelse af gashybridvarmepumper.....	18
9. Konklusion.....	19

## 2. Forord

Nærværende dokument er det tredje i rækken af i alt fire dokumenter udarbejdet som en del af det indledende arbejde med Energistyrelsens demonstrationsprojekt med titlen "Implementering af gashybridvarmepumper", der blev igangsat september 2013. Dokumentrækken har til formål at belyse perspektiverne i, og anvendelsen af nye typer af varmepumper i Danmark som led i opnåelsen af målsætningerne om bl.a. udfasning af fossilt brændsel til boligopvarmning, som det fremgår af regeringens seneste energipolitiske aftale "Vores Energi" fra 2012.

De fire omtalte dokumenter belyser væsentlige aspekter af gashybridvarmepumpeteknologien og omhandler følgende temaer og tasks:

- Task 1: Beskrivelse af gashybridvarmepumpe-teknologier og implementeringsmuligheder
- Task 2: Undersøgelse af perspektiver ift. Smart Grid
- Task 3: Understøttelse af udfasningen af fossilt brændsel
- Task 4: Udenlandske erfaringer

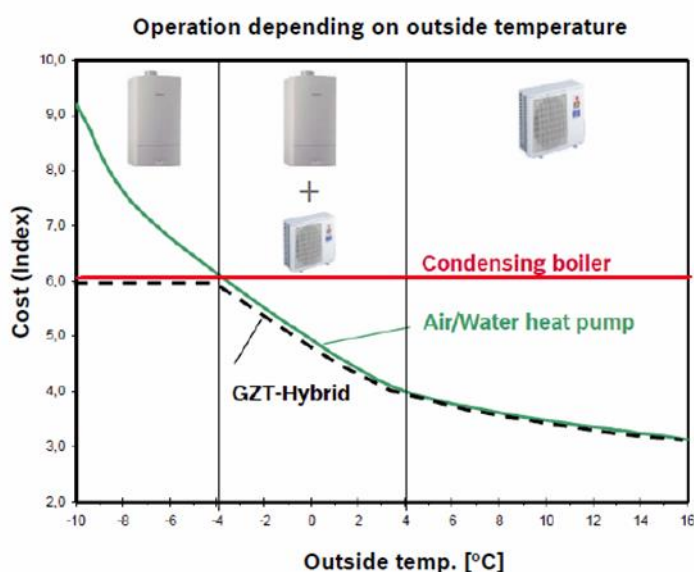
I omtalte demonstrationsprojekt er der endvidere planlagt feltmålinger på forskellige typer og fabrikater af gashybridvarmepumper. Samlet er det målsætningen at dette demonstrationsprojekt vil danne grundlag for anbefaling, strategi og implementering af gashybridvarmepumper i Danmark.

### 2.1. Beskrivelse af gashybridvarmepumper og funktionsprincip

Gashybridvarmepumper dækker over en fælles betegnelse af forskellige former for kombinerede gaskedler og varmepumper, samt varmepumper med termisk (gas) drevne kredsløbsprocesser. I demonstrationsprojektet "Implementering af gashybridvarmepumper" indgår i alt 4 forskellige typer af gashybridvarmepumper som følger:

#### 1. Elektrisk varmepumpe og gaskedel i en integreret enhed

Denne type gashybridvarmepumpe er opbygget som en integreret enhed med både luft/vand eller væske/vand varmepumpe og gaskedel. Disse enheder kan både levere varme til rumopvarmning og varmt brugsvand, men det vil typisk være gaskedelen der producerer varmt brugsvand. Rationalet bag denne sammenbygning er ønsket om minimering af energiomkostninger (se Figur 1), da varmepumper typisk leverer billigere varme ved højere udetemperaturer (f.eks.  $> -4^{\circ}\text{C}$ ), mens gaskedler leverer billigere varme ved lavere udetemperaturer (f.eks.  $< -4^{\circ}\text{C}$ ). Helt centralt i denne teknologi er styringen af driften mellem gaskedel og varmepumpe. Denne styring kan være optimeret til enten at minimere omkostninger til varme ud fra kendte el- og gaspriser, eller minimering af  $\text{CO}_2$  udledning. Typisk vil varmepumpedelen levere 50-70% af varmebehovet.



**Figur 1** Indekseret varmomkostning som funktion af udetemperatur; **Rød kurve** indikerer omkostningen ved opvarmning med gaskedel alene, **grøn kurve** ved opvarmning med varmepumpe alene, og **stiplet/sort kurve** ved kombination af gaskedel og varmepumpe. Her illustreret ved et omslagspunkt ved  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 2. Elektrisk varmepumper som enhed til efterinstallation på en eksisterende gaskedelinstallation

Betegnes i denne sammenhæng også som "add-on varmepumpe". Er i princippet og funktionsmåde det samme som type nr. 1, dog med den forskel at varmepumpen i dette tilfælde forudsættes eftermonteret. Dette kan i visse tilfælde give styringsmæssige udfordringer i tilfælde af producent-specifikke eller proprietære styringer der ikke er kompatible med det eksisterende varmesystem (gaskedel).

## 3. Gasadsorptionsvarmepumpe (Zeolitvarmepumpe)

Denne type varmepumpe er kendetegnet ved at producere varme vha. en termisk drevet kredsproces (forbrænding af gas eller solvarme) med vand som kølemiddel, der fordampes eller kondenserer i forbindelse med mineralet zeolit – deraf navnet "zeolitvarmepumpe". Anvender kun i begrænset omfang el til styring og drift af cirkulationspumpe(r). Har typisk en nyttevirkning  $\eta = 135\text{-}140\%$ , ved afbrænding af gas.

Adsorptionsvarmepumper/zeolitvarmepumper er ofte mindre og bedre egnet til enfamiliehuse end absorptionsvarmepumper, der synes at være bedre egnet til den kommercielle sektor.

## 4. Gasabsorptionsvarmepumpe

Denne type varmepumpe er kendetegnet ved at producere varme vha. en termisk drevet kredsproces (forbrænding af gas eller via direkte eller indirekte solvarme) med et kølemiddel bestående af en ammoniak/vand-blanding. Anvender kun i begrænset omfang el til styring og drift af cirkulationspumpe(r). Har typisk en nyttevirkning  $\eta = 130\text{-}135\%$ , ved afbrænding af gas.

Fælles for alle fire typer af gashybridvarmepumper er, at de kan kombineres med solvarme eller andre VE-kilder. For en mere detaljeret gennemgang henvises til dokumentet "Task 1: Beskrivelse af gashybridvarmepumpe-teknologier og implementeringsmuligheder"

### 3. Indledning

Det kan umiddelbart lyde paradoksalt, at en teknologi, der benytter gas som energikilde kan understøtte udfasning af fossilt brændsel. Det kan teknologien imidlertid meget vel fordi gashybridvarmepumper implementerer mere VE, fordi mængden af biogas i naturgasnettet kan stige i nær fremtid, og fordi teknologien kan sætte skub i en udvikling der pt. går en anelse langsomt. Hvorvidt gashybridvarmepumper kommer til at spille en afgørende rolle i fremtiden vil afhænge af en lang række faktorer, herunder den førte energipolitik, afgifter, og overvindelse af barrierer såsom, at der er tale om ny og ukendt teknologi. I det følgende redegøres kortfattet for den energipolitiske kontekst, andre mulige barrierer, og endeligt i hvor høj grad gashybridvarmepumper med de nuværende betingelser kan understøtte udfasning af fossilt brændsel.

#### 3.1. Enerkipolitiske mål og kontekst

Regeringen har i deres energipolitiske målsætning, kendt under navnet "Vores energi" fra 2011, sat en række milepæle for udfasning af fossilt brændsel frem mod 2050. Herunder 100 % vedvarende energi i varmforsyningen i 2035. Tager man den tekniske levetid på et typisk varmeproducerende anlæg i betragtning (ca. 20 år), nærmer tiden sig hvor installationer i eksisterende og nyt byggeri bør understøtte omtalte målsætning for 2035. I overensstemmelse med dette er der iværksat flere initiativer for netop at understøtte denne udfasning. I den energipolitiske aftale af 22. marts 2012 om den danske energipolitik 2012-2020<sup>1</sup> er der eksempelvis aftalt et stop for installation af olie- og naturgasfyr i nye bygninger. Endvidere stop for installation af oliefyr i eksisterende bygninger fra 2016 i områder med fjernvarme og naturgas som alternativ. Sideløbende er der via Finanslovens reduktion af elvarmeafgiften pr. 1. januar 2013 skabt yderligere incitament for eksempelvis anvendelse af varmepumper, herunder gashybridvarmepumper, til opvarmning.

Det går bare ikke stærkt nok endnu. På nuværende tidspunkt installeres der eksempelvis årligt ca. 20.000 gaskedler<sup>2</sup> mod ca. 5-6.000 væske/vand og luft/vand varmepumper<sup>3</sup>. Hvert gas- og oliefyr der installeres i dag vil sandsynligvis også stå installeret i selvsamme bygning om ca. 20 år, når målet for 100 % VE til opvarmning skal være nået.

---

<sup>1</sup> Regeringen: "Aftale mellem regeringen og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020" marts 2012

<sup>2</sup> Dansk Energi Brancheorganisation "Kedelstatistik 2012" marts 2013

<sup>3</sup> Baseret på salgstal i perioden 2007-2012 fra Varmepumpefabrikantforeningen

## 4. Mulige barrierer for gashybridvarmepumper og deres overvindelse

### Serviceudgifter

Gashybridvarmepumper er teknisk mere komplekse end traditionelle opvarmningssystemer, idét det for eksempelvis "add-on" løsningens vedkommende både er tale om en varmepumpe og en gaskedel, hvoraf begge dele skal serviceres af fagpersoner. For varmepumpedelens vedkommende skal serviceteknikeren have et kategori-I eller II certifikat for arbejde der indbefatter servicering af varmepumpedelens kølekreds, mens han skal have A-certifikat for arbejde med og servicering af gaskedeldelen. Det vurderes at det er de færreste serviceteknikere, der er i besiddelse af begge dele. Dette kan være en barriere for udbredelsen for nogle typer af gashybridvarmepumper og være problematisk ift. serviceomkostninger.

### Ny og ukendt teknologi

Ifølge en analyse foretaget for Energistyrelsen i 2010<sup>4</sup> findes der flere barrierer for varmepumper end de økonomiske. Faktorer såsom store forskelle på tilbud fra installatører, skepsis, og uigennemskuelig rådgivning nævnes som væsentligste årsager til fravalg. På det seneste er der dog fra Energistylens side iværksat flere rådgivningsinitiativer<sup>5</sup>, der netop skal imødegå disse barrierer. Det ændrer dog ikke den realitet, at ny teknologi kan have svært ved at slå igennem, hvis ikke installatørerne kan formidle den, boligejere ikke forstår den, eller er skeptiske overfor teknologien.

Aktion:

Der vil i løbet af projektførelsen blive afholdt følgegruppemøder og midtvejskonference, hvor netop dette emne kan drøftes. Der vil ligeledes blive udarbejdet vejledningsmateriale i "Task 14: Udarbejdelse af vejledning".

### Afgifter

Videre baserer beregningen i Tabel 1 sig på, at varmepumpealternativerne 3-5 kan opnå afgiftsreduktion<sup>6</sup> for elvarme. Dette kræver at den pågældende bygning hvori f.eks. en gashybridvarmepumpe installeres står registreret som opvarmet via elvarme i BBR-registeret. For at den givne bygning kan registreres som el-opvarmet skal mere end 50 % af det varmebehovet (inkl. brugsvand) være dækket af el. Dette kan være en barriere for udbredelsen af gashybridvarmepumper i velisolerede huse hvor brugsvandsandelen er høj (40-50 %), fordi det typisk er gasdelen på en gashybridvarmepumpe, der opvarmer varmt brugsvand. Uden afgiftsreduktion for elvarme udebliver de økonomiske incitamenter for gashybridvarmepumper.

Aktion:

En nærmere analyse af afgifter bliver iværksat i "Task 11: Afdække driftsøkonomi".

<sup>4</sup> ENS: "Varmepumper i helårshuse – Barrierer og erfaringer blandt danske husejere" juli 2010

<sup>5</sup> ENS: "Pilotprojekt for individuel rådgivning af boligejere med oliefyrr vedrørende Installation af varmepumpe" Marts 2012

<sup>6</sup> Forøgelse af afgiftsreduktion indført pr. 1/1-13 til i alt 52 øre/kwh for el-opvarmede bygninger.

## 5. Mulige drivere for gashybridvarmepumper

Selvom der for gashybridvarmepumpernes vedkommende er tale om en ikke særligt kendt eller udbredt teknologi er der flere faktorer, der kan fremme udbredelsen og anvendelsen af gashybridvarmepumper.

### Privatøkonomi

Den energipolitiske målsætning er ambitiøs, og kræver derfor en målrettet og ikke mindst korrekt indsats fra starten. Ambitionen er, som før omtalt, 100 % VE i 2035. Dette i samtlige installationer af de ca. 400.000 gasfyr og ca. 280.000 oliefyr. Helt naturligt vil en del af disse installationer overgå til fjernvarme, andre til almindelige luft/vand eller væske/vand varmepumper, eller andre vedvarende energikilder. Der findes dog et antal boliger hvor denne omstilling til VE ikke umiddelbart er mulig eller privatøkonomisk rentabel. Dette enten fordi boligerne ligger udenfor etablerede eller planlagte fjernvarmeområder, boligen ikke egner sig til varmepumpedrift (høj fremløbstemperatur nødvendig), eller omkostningerne til etablering af eksempelvis jordvarme er for høje i forhold til boligens værdi.

Ifølge en COWI rapport fra 2011<sup>7</sup> konkluderes det, at det i op mod 75 % af boligmassen der opvarmes via oliefyr ikke er rentabelt at installere jordvarme. Endvidere at 38 % af oliefyrsejerne ikke kan få finansiering til et nyt varmesystem. Denne konklusion bør dog tages op til revision, da olieprisen holdt op mod gasprisen, såvel som elprisen med afgiftsreduktion for elvarme har ændret sig i en gunstigere retning siden rapportens offentliggørelse. Det ændrer dog ikke ved det faktum, at der stadig vil være boligejere som enten ikke kan opnå finansiering til eksempelvis konvertering til jordvarme og nødvendig efterisolering, til en samlet investering i omegnen af 200.000 kr.

Ved at benytte priser og værdier for effektivitet mv. fra Energistyrelsens "Teknologikatalog for individuelle varmeanlæg og energitransport" er der i Tabel 1 forsøgt redegjort for omkostningerne forbundet med reinvestering i et nyt varmeanlæg, herunder gashybridvarmepumper.

---

<sup>7</sup> COWI: "Afdækning af potentiale for varmepumper til opvarmning af helårshuse til erstatning for oliefyr" nov. 2011



Parameter	Enhed	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4		Alternativ 5	
<b>Varmesystem</b>		Gasfyr	V/V VP	L/V VP	Gashybrid VP (komplet nyinstl.)		VP add-on på eksisterende gaskedel	
<b>Energiinput</b>		Naturgas	El	El	Gas (40 %)	El (60 %)	Gas (40 %)	El (60 %)
<b>Netto varmebehov</b>	[kWh/år]	16.800	16.800	16.800	16.800		16.800	
<b>Anlægsudgifter m. m.</b>								
Indkøb og installation inkl. moms	[kr]	37.000	131.000	103.000	80.000		40.000	
- heraf arbejds løn	[kr]	20.350	39.300	15.450	25.000		7.500	
Håndværkerfradrag	[kr]	6.700	10.000	5.100	8.300		2.500	
Energisparetilskud (0,25 kr/kWh)	[kr]	-	2.800	2.700	1.800		1.800	
Samlet anlægsudgift	[kr]	30.300	118.200	95.200	69.900		35.700	
Afskrivning	[kr/år]	1.377	5.910	4.760	3.495		1.785	
Rente	[%]	3,5%	3,5%	3,5%	3,5%		3,5%	
Rente gns. brutto	[kr/år]	611	2.667	2.097	1.423		727	
Rente gns. netto	[kr/år]	410	1.787	1.405	954		487	
<b>Levetid, effektivitet, energipriser mv.</b>								
Forventet levetid	[år]	22	20	20	20		20	
Effektivitet af anlæg	[%]	102	330	300	102	350	102	350
Brændselspris	[kr/l], [kr/m <sup>3</sup> ]	8,8			8,8		8,8	
Brændværdi (nedre)	[kWh/l], [kWh/m <sup>3</sup> ]	11			11		11	
Energipris	[kr/kWh]	0,80	1,68	1,68	0,80	1,68	0,80	1,68
Elpris (hjelpeenergi)	[kr/kWh]	2,20	-	-	2,20	-	2,20	-
<b>Driftsudgifter</b>								
Brutto varmebehov	[kWh/år]	16.471	5.091	5.600	6.588	2.880	6.588	2.880
Hjelpeenergi (el til drift af kedel)	[kWh/år]	75	-	-	25	-	25	-
Afgifter (fjernvarme)	[kr/år]	-	-	-	-	-	-	-
Energiomkostning	[kr/år]	13.341	8.553	9.408	5.326	4.838	5.326	4.838
<b>Vedligeholdelsesudgifter</b>								
Service og vedligehold	[kr/år]	2.200	1.900	1.400	2.200		2.200	
<b>Samlede årlige omkostninger</b>	[kr/år]	17.328	18.150	16.973	16.813		14.636	
<b>Indeks</b>	[-]	1,00	1,05	0,98	0,97		0,84	
CO <sub>2</sub> udledning	[kg/kWh]	0,205	0,145	0,159	0,164		0,164	
Årlig CO <sub>2</sub> udledning	[ton/år]	3,38	0,74	0,89	1,74		1,74	

**Tabel 1 Beregning af årlige omkostninger forbundet med forskellige opvarmningsformer. Priser mv. fra ENS' Teknologikatalog. Evt. nødvendige efterisoleringstiltag forud for installation er ikke medregnet.**

Heraf ses det at almindelige varmepumper og gasfyr, set ud fra årlige omkostninger er meget jævnbyrdige, mens de løbende omkostninger ved eftermontering af en L/V varmepumper på et eksisterende anlæg, omtalt som "VP add-on", er væsentligt lavere end de andre alternativer. Derved har gashybridvarmepumper af "add-on" typen til eftermontering en betydelig fordel.

Er situationen en anden, for eksempel en udskiftningssituation hvor en gaskedel ikke kan repareres vil ejeren mest sandsynligt vægte anskaffelsesprisen på et komplet nyt anlæg højst, og dermed i mindre grad være tilbøjelig til at vælge varmepumpeløsningen der ifølge beregningen enten er dyrere (V/V) eller den der årligt kan spare ham for nogle få hundrede kroner (L/V og komplet nyinstallation af gasfyr med VP "add-on").

Udgangspunktet for en udskiftningssituation er med andre en gas → gas, eller olie → olie udskiftning, fordi andre alternativer i udskiftningøjeblikket ikke giver økonomisk mening for forbrugeren.

Der er i beregningen ikke taget højde for nødvendige efterisoleringstiltag forud for installation af almindelige eller gashybridvarmepumper, fordi omkostninger til efterisolering ikke skal afskrives og øger boligens markedsværdi. Det vil typisk heller ikke være nød-

vendigt ud fra et funktionsmæssigt perspektiv at efterisolere forud for installation af en gashybridvarmepumpe, da den i spidsbelastningssituationer kan køre på ren gas, supplere dermed, og/eller hæve temperaturen.

Aktion:

De økonomiske perspektiver for de øvrige, og dyrere, absorptions- eller adsorptionsvarmepumper vil blive afdækket nærmere i det videre projektførløb under "Task 11: Afdække driftsøkonomi".

## Bygningers energimærke

Ved installation af en gashybridvarmepumpe kan det i nogle tilfælde løfte en bygnings Energimærke idét både forbruget af gas (eller olie) falder, samtidigt med at andelen af VE øges. Det er nemlig ikke bygningens faktiske energiforbrug der danner grundlag for bygningens energimærke, men derimod et beregnet eller standardiseret energiforbrug.

Alt efter energiforbrugets beregnede størrelse vil en given bygning på 140 m<sup>2</sup> anvendt til helårsbeboelse energimærkes iht. Tabel 2

Energimærke / skalatrin	Krav [kWh/m <sup>2</sup> ]	Krav ved 140 m <sup>2</sup> [kWh/år]
A (2020)	< 20	< 2800
A (2015)	< 30 + 1000/A	< 5200
A (2010)	< 52,5 + 1650/A	< 9000
B	< 70 + 2200/A	< 12000
C	< 110 + 3200/A	< 18600
D	< 150 + 4200/A	< 25200
E	< 190 + 5200/A	< 31800
F	< 240 + 6500/A	< 40100
G	> 240 + 6500/A	> 40100

Tabel 2

Energimærke / skalatrin	Krav [kWh/m <sup>2</sup> ]	Krav ved 140 m <sup>2</sup> [kWh/år]
A (2020)	< 20	< 2800
A (2015)	< 30 + 1000/A	< 5200
A (2010)	< 52,5 + 1650/A	< 9000
B	< 70 + 2200/A	< 12000
C	< 110 + 3200/A	< 18600
D	< 150 + 4200/A	< 25200
E	< 190 + 5200/A	< 31800
F	< 240 + 6500/A	< 40100
G	> 240 + 6500/A	> 40100

**Tabel 2 Mærkningsskala med krav til energimærkning af bygninger**

Energiforbruget til opvarmning beregnes på basis af en kendt effektivitet på den varme-producerende enhed og en nærmere defineret primærenergikonverteringsfaktorer, der løbende justeres ift. til udviklingen af andelen af VE i energikilden (el). På nuværende tidspunkt findes der kun primærenergikonverteringsfaktorer for årene 2010, 2015, og 2020 ( Tabel 3).

Primærenergikonverteringsfaktor			
År	Olie/gas	Elvarme	Fjenvarme
2010	1	2,5	1
2015	1	2,5	0,8
2020	1	1,8	0,6

**Tabel 3 Primærenergikonverteringsfaktorer benyttet ved beregning af varmeproducerende enheders effektivitet**

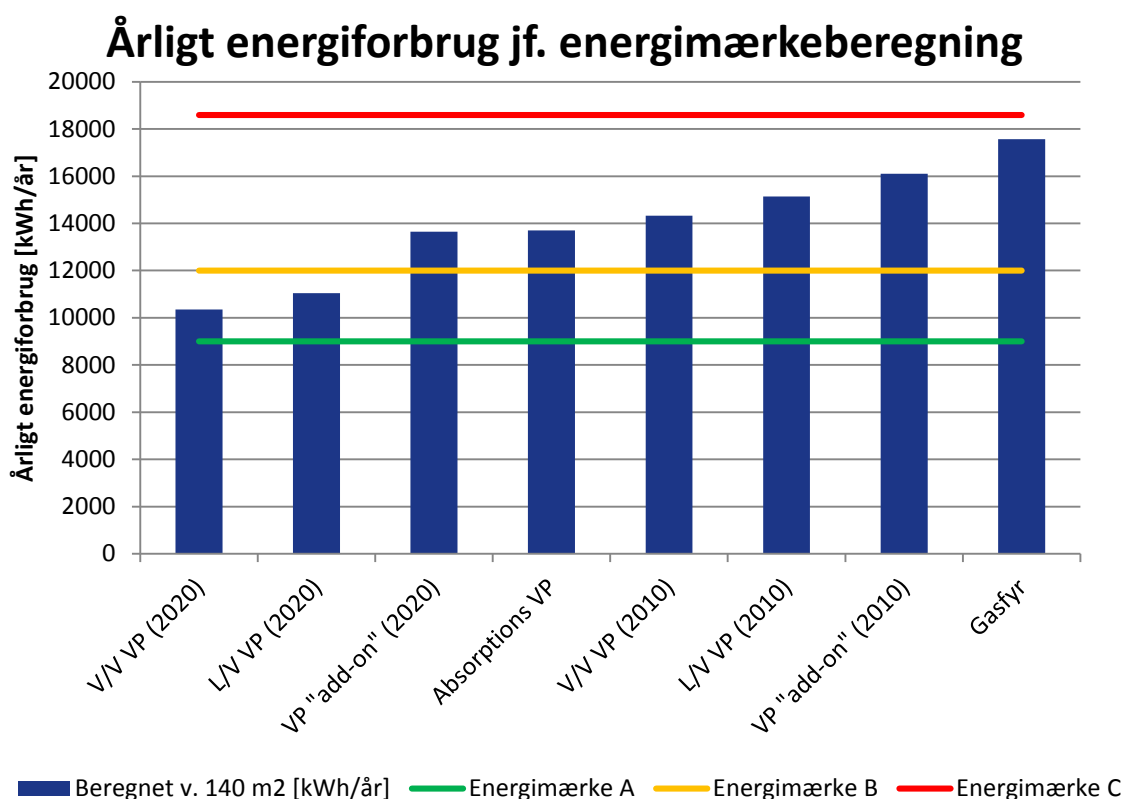
Ved beregning af en boligs energimærke hvor der anvendes flere forskellige energiformer til opvarmning, benyttes de relevante faktorer på hver varmekilde for sig. For en gashybridvarmepumpe af "add-on" typen vil energiforbruget til opvarmning altså beregnes ud fra hhv. effektiviteten af gasdel og varmepumpedel. Tænkes et eksempel hvor et nyere enfamiliehus på 140 m<sup>2</sup> med et samlet årligt normaliseret energibehov til opvarmning på 16.800 kWh i et normalår, vil det beregnede energiforbrug og energimærke se ud som følger af Tabel 4 alt efter opvarmningsform.

Parameter	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3	
Varmesystem	Gasfyr		V/V VP		L/V VP	
Energiinput	Gas		El		El	
År	Beregnet forbrug	Energimærke	Beregnet forbrug	Energimærke	Beregnet forbrug	Energimærke
2010	17.575	C	14.323	C	15.134	C
2015	17.575	C	14.323	C	15.134	C
2020	17.575	C	10.357	B	11.040	B

Parameter	Alternativ 4		Alternativ 5	
Varmesystem	VP "add-on"		Absorptions VP	
Energiinput	Gas (40%)	El (60%)	Gas	
År	Beregnet forbrug	Energimærke	Beregnet forbrug	Energimærke
2010	16.110	C	13.698	C
2015	16.110	C	13.698	C
2020	13.654	C	13.698	C

**Tabel 4 Beregnet energiforbrug og energimærke ved forskellige opvarmningsformer og primærenergikonverteringsfaktorer**

Det kan af Tabel 4 ses, at eksempelboligen med opvarmningsformer der indeholder en traditionel L/V eller V/V varmepumpe vil klassificeres med et bedre energimærke i 2020, mens gashybridløsningerne vil forblive med samme energimærke. Dog reduceres det beregnede energiforbrug ved opvarmning med gashybridvarmepumper. Denne reduktion af det beregnede energiforbrug kan dog alligevel være et forhold, der vil virke som en driver for gashybridvarmepumper. Havde eksempelboligen haft et mindre energiforbrug som udgangspunkt, kunne konverteringen til gashybridvarmepumpe have resulteret i et bedre energimærke.



**Figur 2** Beregnet årligt energiforbrug på et 140 m2 eksempelhus jf. energimærkeberregning ved anvendelse af forskellige opvarmingsalternativer. Bemærk det relativt store interval energiklasse "B" dækker over.

### Beregning

I beregningen af en bygnings energiforbrug indgår elforbrug til drift bygningen (cirkulationspumper, mekanisk ventilation og lignende), mens elforbrug til f.eks. husholdningsapparater og belysning ikke indgår i energiregnskabet.

Energiforbrug til varmeproducerende enheder indgår både med primærenergikonverteringsfaktor og effektivitet, samt evt. korrektioner. I tilfælde af flere varmekilder, eksempelvis et gasfyr med et VP "add-on", indgår de hver især i beregningen i forhold til deres andel af varmeleveringen:

$$E_{\text{energimærke}} = E_{\text{bygningssel}} + \varepsilon_{VP} * \frac{E_{\text{brutto}}}{CC_{el} * SCOP_{VP} - 0,03} + (1 - \varepsilon_{VP}) * \frac{E_{\text{brutto}}}{CC_{gsa} * \eta_{\text{gasfyr}}}$$

hvoraf,

$E_{\text{bygningssel}}$	Elforbrug til bygningsdrift (ventilation mv.)
$E_{\text{brutto}}$	Bruttovarmebehovet
$SCOP_{VP}$	Sæsoneffektfor varmpumpe
$\varepsilon_{VP}$	Andelen af bruttovarmeleveringen fra den pågældende opvarmingsform

CC Primærenergikonverteringsfaktor  
 $\eta$  Virkningsgraden af den pågældende opvarmningsform

### Beregningseksempel

Tages udgangspunkt i eksemplet fra før med et nyere enfamiliehus på 140 m<sup>2</sup>, et samlet årligt normaliseret energibehov til opvarmning på 16.800 kWh i et normalår, og en "add-on" varmepumpe (SCOP = 3) i kombination med en kondenserende gaskedel ( $\eta = 100\%$ ) vil det beregnede energiforbrug jf. et energimærke beregnes som følger:

$$E_{\text{energimærke}} = E_{\text{bygningssel}} + \varepsilon_{VP} * \frac{E_{\text{brutto}}}{SCOP_{VP} - 0,03} + (1 - \varepsilon_{VP}) * \frac{E_{\text{brutto}}}{\eta_{\text{gasfyr}}}$$

$$E_{\text{energimærke}} = 775 \text{ kWh} + 0,6 * \frac{18600 \text{ kWh}}{3 - 0,03} + (1 - 0,6) * \frac{18600 \text{ kWh}}{1}$$

$$E_{\text{energimærke}} = 775 \text{ kWh} + 8615 \text{ kWh} + 6720 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{energimærke}} = 16110 \text{ kWh}$$

## 6. Andel af VE fordelt på forskellige opvarmningsformer

På nuværende tidspunkt er andelen af VE i el- såvel som i naturgasnettet støt stigende. I 2012 udgøres 43,1 % af elproduktionen af VE og kun en megen beskednen (negligeabel) del af naturgasforbruget af biogas (opgraderet biogas eller bionaturgas)<sup>8</sup>. Hvad der for tiden produceres af biogas anvendes hovedsageligt i gasturbiner på kraftvarmeværker. Med udgangspunkt i andelen af VE i hhv. el- og naturgasforsyningen i hver opvarmningsform kan den resulterende og samlede andel af VE på hver opvarmningsform beregnes som følger:

### Gasfyr

$$VE\%_{\text{gasfyr}} = \varepsilon_{VE,ngas} * 100\%$$

### V/V og L/V varmepumpe

$$VE\%_{VP} = \left( 1 - \frac{1}{SCOP_{VP}} * (1 - \varepsilon_{VE,el}) \right) * 100\%$$

### "Add-on" varmepumpe

$$VE\%_{\text{"add-on"VP}} = \varepsilon_{VP} * \left( 1 - \frac{1}{SCOP_{VP}} * (1 - \varepsilon_{VE,el}) \right) * 100\% + (1 - \varepsilon_{VP}) * \varepsilon_{VE,ngas} * 100\%$$

<sup>8</sup> ENS: "Energistatistik 2012"

## Gasfyrret absorptions- eller adsorptionsvarmepumpe

$$VE\%_{\text{sorptions-VP}} = \left( 1 - \frac{1}{\eta_{\text{sorptions-VP}}} * (1 - \varepsilon_{VE,ngas}) \right) * 100\%$$

hvoraf,

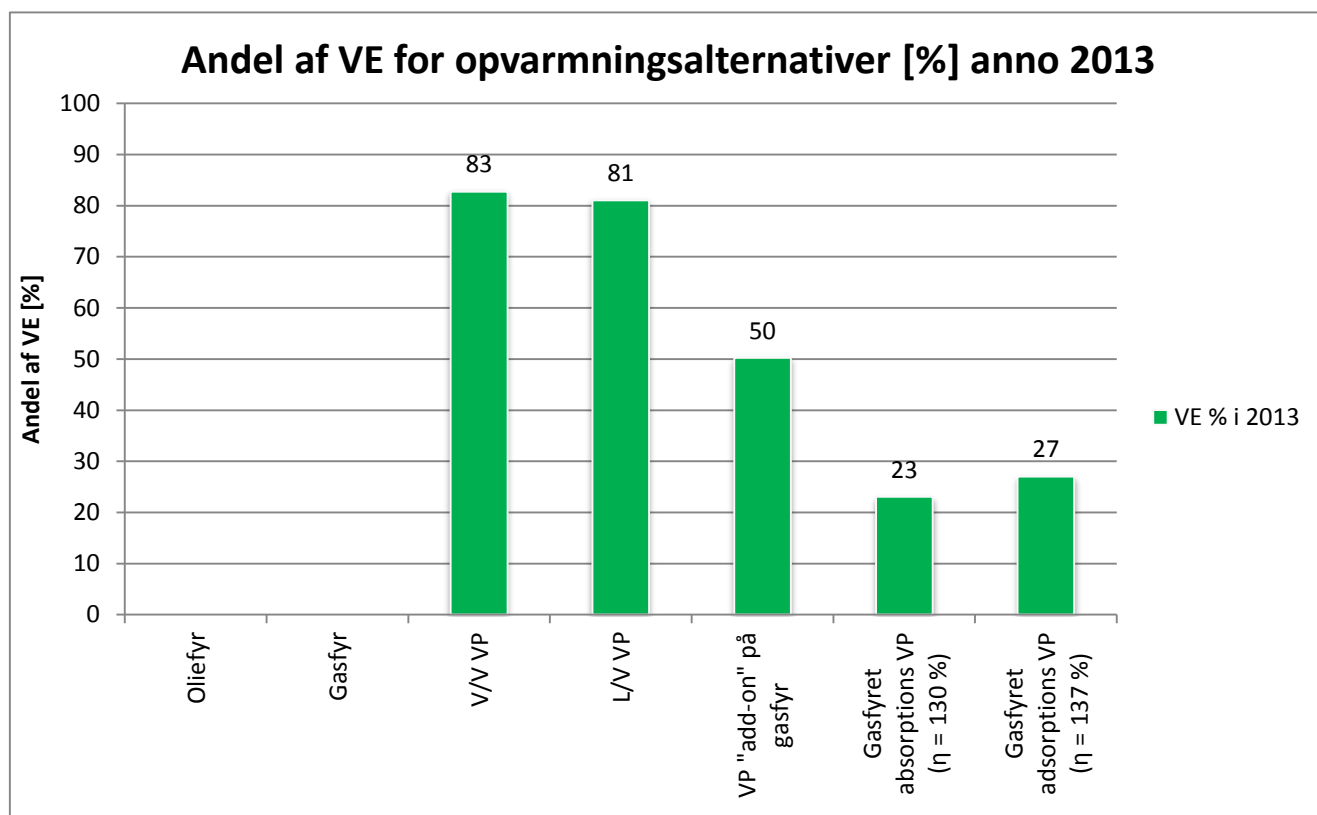
VE%	Den samlede %-andel af VE på den pågældende opvarmningsform
$\varepsilon_{VE}$	Andelen af VE i anvendte energikilde (naturgas eller el)
SCOP <sub>VP</sub>	Sæsoneffektfaktor for varmepumpe
$\varepsilon_{VP}$	Andelen af bruttovarmeleveringen fra den pågældende opvarmningsform
$\eta$	Virkningsgraden af den pågældende opvarmningsform

## Beregningseksempel

En V/V varmepumpe med SCOP = 3,3 forsynes med el med en VE andel = 0,431. Den samlede %-andel af VE bliver da:

$$\begin{aligned} VE\%_{VP} &= \left( 1 - \frac{1}{SCOP_{VP}} * (1 - \varepsilon_{VE,el}) \right) * 100\% \\ &= \left( 1 - \frac{1}{3,3} * (1 - 0,431) \right) * 100\% \\ &= 83\% \end{aligned}$$

Af Figur 3 ses det, at man eksempelvis ved eftermontering af en "add-on" L/V varmepumpe på et eksisterende gasfyr vil kunne øge andelen af vedvarende energi, fra ca. 0 % VE ved opvarmning med naturgasforsynet gasfyr alene til 50 % VE ved kombineret drift med gasfyr og varmepumpe. Dette vel og mærke ved en relativt beskedne anskaffelses-sum set i forhold til andre alternativer. Faktisk kan man set ud fra et privatøkonomisk perspektiv implementere mest mulig VE for færrest muligt penge ved eftermontering af "add-on" løsningen (se Tabel 5) - samtidig med at der opnås de laveste årlige omkostninger (jvf. Tabel 1).



Figur 3 Diagram over andelen af VE for forskellige opvarmningsystemer som det ser ud i 2013.

Opvarmningsalternativ	VE andel [%]	Pris [DKK]	DKK/VE %
Oliefyr	0	50.000	-
Gasfyr	0	30.000	-
V/V VP	83	110.000	1329
L/V VP	81	85.000	1049
VP "add-on" på gaskedel	52	40.000	800
Gasfyrret absorptions VP (η = 130 %)	27	100.000	4348
Gasfyrret adsorptions VP (η = 137 %)	31	100.000	3704

Tabel 5 Andel af VE i forskellige opvarmningsystemer sammenholdt med Installationspriser

## 7. Fremtidsperspektiver og tekniske muligheder

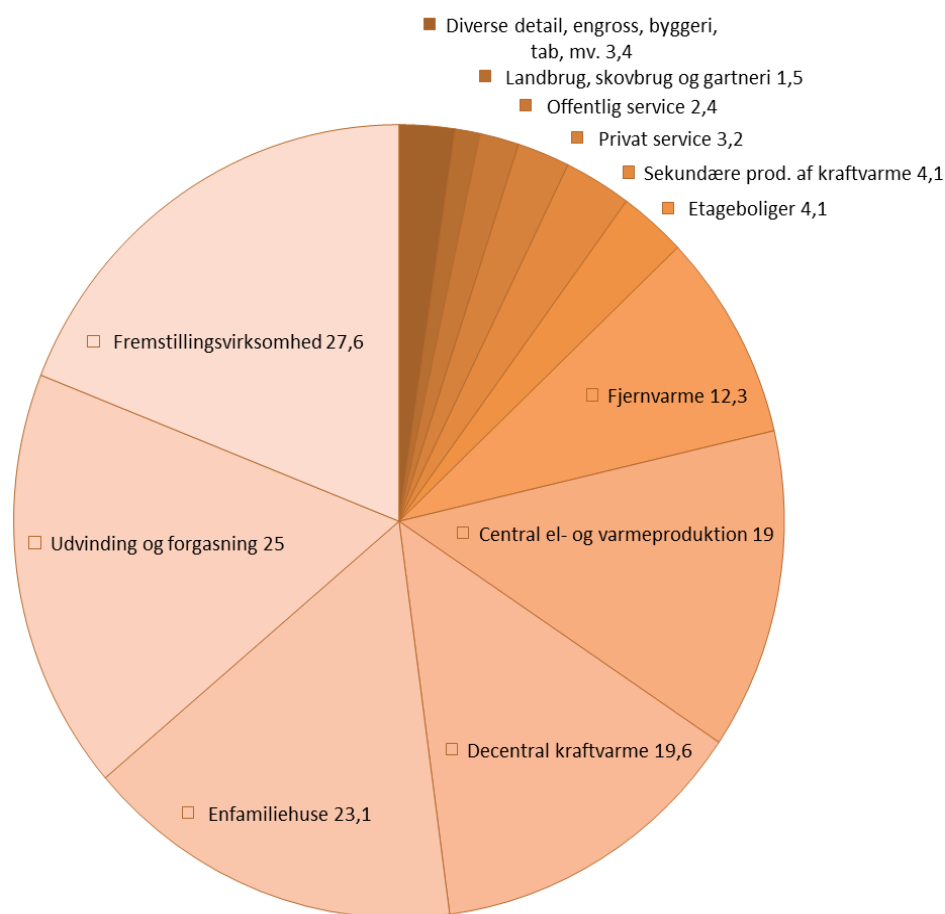
Andelen af biogas i naturgasnettet vil måske stige i fremtiden, men det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere hvorvidt biogas bliver en billig og rigelig ressource i fremtiden, og hvordan i sidste ende vil blive anvendt.



I en rapport<sup>9</sup> vedr. fremtidsperspektiverne for biogasproduktion i DK anføres det, at målet i Vores Energi 2012 omkring anvendelsen af 50 % af husdyrgødning til produktion af 17 PJ biogas i 2020 næppe vil være muligt at nå. Realisering af alle planlagte biogasprojekter estimeres til at resultere i en årlig produktion svarende til 14 PJ i 2020.

Til sammenligning fremgår fordelingen af den indenlandske anvendelse af de i alt 145,3 PJ naturgas i Danmark i 2012<sup>10</sup> af Figur 4. Det ses endvidere af omtalte figur at 23,1 PJ naturgas fandt anvendelse i enfamiliehuse, hvilket må formodes primært at være brugt på rumopvarmning og varmt brugsvand via de ca. 380.000 stk. gasfyr der for størstedelens vedkommende netop er installeret i enfamiliehuse. Ved første øjekast synes størrelsen på den fremtidige biogasproduktion altså at være utilstrækkelig til at kunne dække hele behovet for naturgas i de forskellige sektorer, ikke mindst enfamiliehusene med naturgasfyr.

### Fordeling af naturgasforbrug i DK 2012 [PJ]



**Figur 4 Fordeling af indenlandsk naturgasforbrug i DK i 2012**

<sup>9</sup> IFRO: "Biogasproduktion i Danmark – Vurderinger af drifts- og samfundsøkonomi" juni 2013

<sup>10</sup> ENS: "Energistatistik 2012"

Var biogas dog en rigelig ressource til anvendelse i naturgasnettet ligger der rent teknisk en sikkerhedsgrænse for anvendelsen heraf på ca. 30 % biogas. Højere andele kan medføre ustabil forbrænding i eksisterende apparater og dermed dannelse af CO (kullilte). Skal andelen af biogas højere op end 30 % i naturgasnettet skal eksisterende apparater udskiftes eller justeres. Opgraderet biogas eller bionaturgas<sup>11</sup> kan dog uden videre substituere naturgas.

På nuværende tidspunkt er der altså sandsynligvis tale om en fremtidig begrænset ressource hvad angår biogas. At anvende gashybridvarmepumper giver derfor mening idét de på en og samme tid kan nedbringe behovet for gas i de gasfyrede husholdninger der tilsammen opvarmes af 380.000 gasfyr, samtidigt med at de kan anvende op til 30 % biogas.

## 8. Estimat af potentialet for udfasning af fossilt brændsel ved anvendelse af gashybridvarmepumper

Tages der udgangspunkt i, at en gashybridvarmepumpe af "add-on" typen kan fortrænge ca. 60 % af gasforbruget i en gennemsnitlig husholdning, samt at naturgasforbruget i enfamiliehuse primært anvendes til opvarmningsformål vil anvendelsen af gashybridvarmepumper af "add-on" typen installeret på samtlige 380.000 gasfyr potentielt kunne **fortrænge** et naturgasforbrug svarende til:

$$0,6 * 23,1 PJ = 13,9 PJ$$

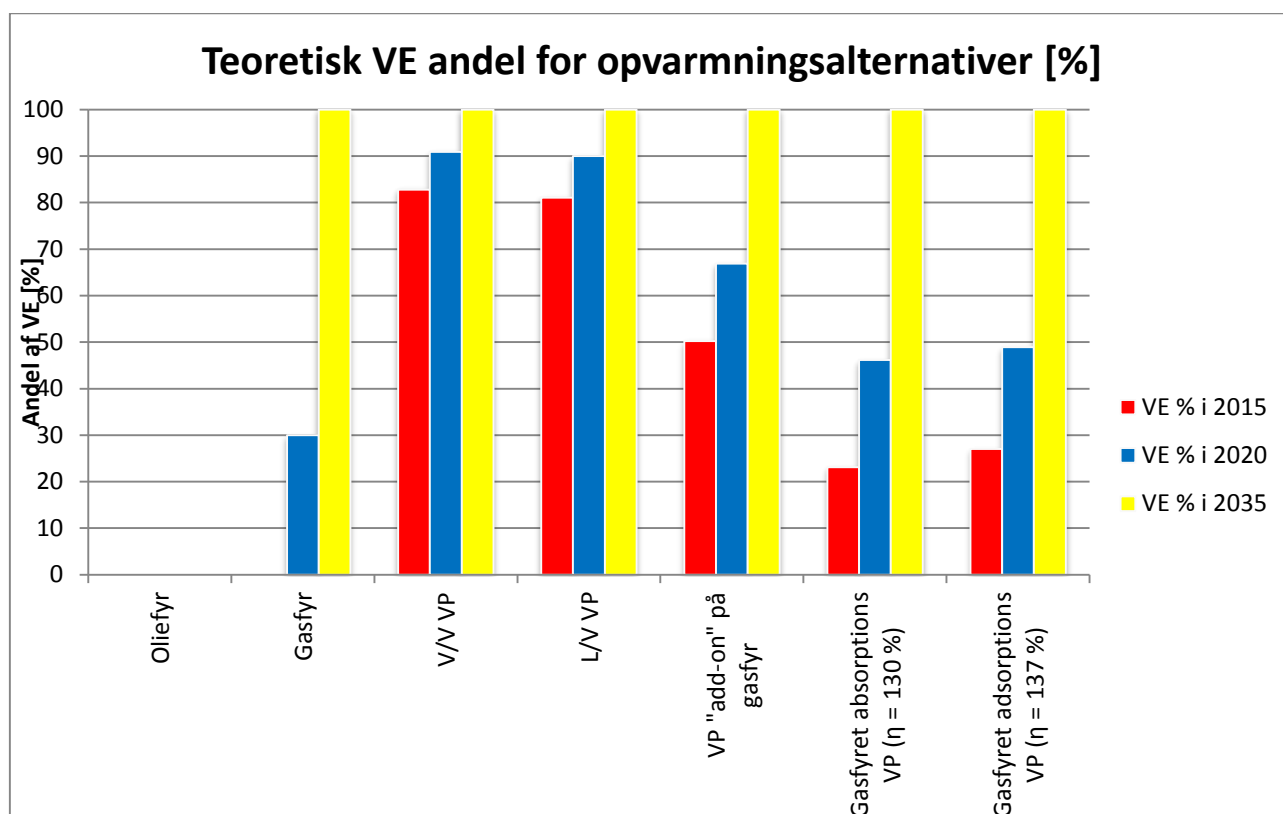
Svarende til ca. 9,5 % af det samlede nuværende (2012) indenlandske gasforbrug. Det tilbageværende **gasbehov** til opvarmning af gasfyrede enfamiliehuse vil da være:

$$23,1 PJ - 13,9 PJ = 9,2 PJ$$

Teoretisk vil de i fremtiden begrænsede ressourcer af biogas være tilstrækkelige til opvarmningsformål i gasfyrede enfamiliehuse. Teoretisk kan andelen af VE i gasfyrede hybridvarmepumper derfor nærme sig 100 %, hvis den producerede biogas opgraderes. En væsentlig hindring og barriere for opnåelsen af dette er imidlertid, at forsyningen af gasaftagerene i de forskellige sektorer foregår via de samme rørledninger. Derfor vil man ikke alene og eksklusivt kunne forsyne enfamiliehuse med opgraderet biogas, hertil er forbruget af gas i de øvrige sektorer (se Figur 4) alt for stort på nuværende tidspunkt. **Gashybridvarmepumper kan med andre ord via fortrængningen af gasbehovet understøtte målsætningen om komplet udfasning af fossile gasser til opvarmningsformål hvis, og kun hvis, gasforbruget i de øvrige sektorer udfases og erstattes af andre energikilder. Ellers er mængden af biogas eller opgraderet biogas ikke tilstrækkelig.**

I illustreres det hvordan andelen af VE til opvarmning teoretisk kan udvikle sig hvis den planmæssige forøgelse af VE i elproduktionen følger Vores Energi 2020, samt der indfases hhv. 30 % og 100 % biogas i naturgasnettet i hhv. 2020 og 2035, og gasforbruget i andre sektorer reduceres væsentligt eller helt elimineres.

<sup>11</sup> Opgradering af biogas: Proces hvorved biogas renses for svovl og vand, og indholdet af CO<sub>2</sub> reduceres.



**Figur 5 Teoretisk og hypotetisk udvikling af andelen af VE i forskellige opvarmningsalternativer. Kun muligt, hvis gasleverancen i det nuværende gasnet gradvist erstattes med opgraderet biogas frem mod 2035 og forbruget i de øvrige sektorer reduceres drastisk.**

## 9. Konklusion

Gashybridvarmepumper har bestemt et potentiale til at bidrage med udfasningen af fossilt brændsel i Danmark. For en forbrugers privatøkonomiske synspunkt er den mest interessante gashybridvarmepumpeteknologi efter al sandsynlighed "add-on" typen der eftermonteres en allerede eksisterende gas- eller oliefyrsinstallation. Generelt kan det konkluderes, at de mere miljøvenlige energiteknologier er for dyre til at hovedparten af forbrugere i en udskiftningssituation vil vælge et nyt alternativ til gas- eller oliefyret. Dette faktum understøttes af historiske salgstal for gaskedler og varmepumper. For hovedpartens vedkommende er udskiftningen gas → gas eller olie → olie, hvilket kan synes ærgerligt set i forhold til en teknisk levetid på varmeproducerende anlæg på 20-30 år og den energipolitiske målsætning om 100 % VE til opvarmning i boliger i 2035. Der er iværksat flere initiativer, herunder forøget afgiftsreduktion for elvarme, for netop at understøtte en transition til 100 % VE i opvarmningen. Det kræver yderligere analyse, og ligger til dels udenfor projektets fokus, at vurdere hvorvidt disse initiativer vil udgøre tilstrækkeligt med incitament til den massive udskiftning af teknologi målsætningen kræver.

At kvantificere i hvor stor en udstrækning gashybridvarmepumper vil understøtte 100 % VE til opvarmning på nationalt niveau i fremtiden er behæftet med for store usikkerheder. Hvor udbredt bliver anvendelsen for eksempelvis af bionaturgas i fremtidens gasnet?

Hvordan vil forsyningsikkerhedsafgifter påvirke el- og gaspriser fremover? Det er nogle af de spørgsmål der vil være afgørende for implementering af gashybridvarmepumper og varmepumper generelt på det danske marked.

Fra et kortsigtet synspunkt giver gashybridvarmepumper god mening på nuværende tidspunkt, idét f.eks. eftermonteringen af en "add-on" VP på en gaskedelinstallation mere end kan halvere forbruget af fossilt brændsel på en given installation, dette endda for en relativt beskedne anskaffelsessum. På længere sigt ønsker man dog helt at udfase brugen af fossilt brændsel, og gashybridvarmepumpernes succes i relation til og understøttelse af målet om 100 % VE til opvarmning i 2035 kommer dermed til at afhænge af, at de kan forsynes med enten brint eller en biobaseret gas. Teoretisk kan det lade sig gøre, men er det, det rigtige at gøre? Vil man hellere anvende de begrænsede ressourcer af bionaturgas til tung transport, og i stedet satse på almindelige eldrevne varmepumper?