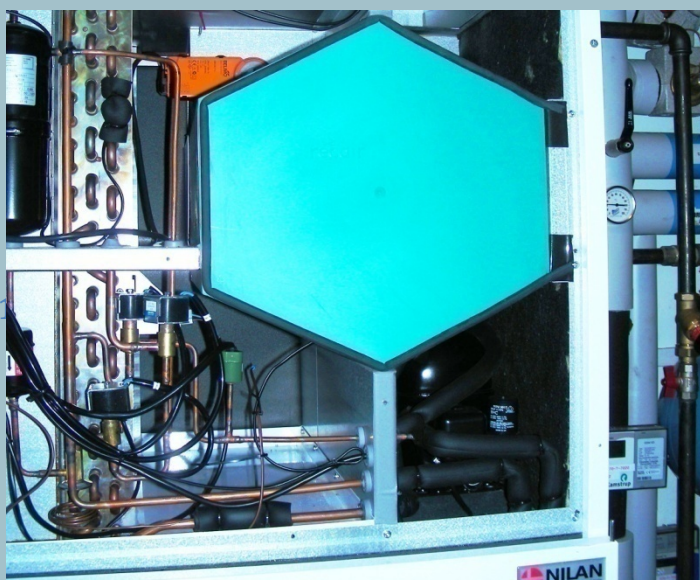


Potentialebeskrivelse – individuelle varmepumper



Potentialebeskrivelse – individuelle varmepumper

**Lars Olsen (ed)
Claus Schøn Poulsen
Mette Havgaard Vorre**

**Køle- og Varmepumpeteknik
Energi og Klima
Teknologisk Institut**

April 2010

Indholdsfortegnelse

1.1.1.....	1
Indholdsfortegnelse	3
1 Indledning	4
2 Resumé og vurdering af potentialet	5
2.1 Indledning.....	5
2.2 Parcelhuse.....	6
2.3 Rækkehuse.....	10
2.4 Sommerhuse	10
2.5 Samlet besparelse	11
3 Varmepumper – definitioner	12
3.1 Grundlæggende om varmepumper	12
3.2 Varmepumpetyper	12
3.3 Andre begreber	15
4 Varmepumper – gasdrevne	19
4.1 Grundlæggende om gasdrevne varmepumper	19
4.2 Markedet og produkterne	20
5 Kortlægning af potentiale for individuelle varmepumper.....	23
5.1 Formål	23
5.2 Baggrund	23
5.3 Opdeling	27
5.4 Metode.....	29
5.5 Resultater.....	31
6 Rækkehuse	43
7 Sommerhuse.....	44
7.1 Konklusioner vedr. sommerhuse.....	44
7.2 Forudsætninger.....	46
8 Energistatistik fra Energistyrelsen	53
9 Referencer	55
Bilag 1 - Databaser.....	56
Bilag 2 – EnergiTypeKode	58
Bilag 3 - Anvendelseskode	59

1 Indledning

Nærværende rapport er bestilt og finansieret af Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C, Att.: Richard Schalburg.

Formålet med rapporten er generelt at beregne potentialet og beskrive mulighederne for anvendelse af individuelle varmepumper med mulighed for varmeakkumulering i relation til et fleksibelt elsystem. De behandlede data koges ned til egentlige potentialevurderinger, og disse beskrives i forhold til et fleksibelt elsystem. I relation til dette beskrives mulighederne for akkumulering i beholdere og bygninger.

Også mulighederne for anvendelse af gasdrevne varmepumper på det danske marked beskrives og vurderes.

Endelig gives en række af de definitioner og begreber, som anvendes i opgaven, og generelt inden for varmepumpeområdet.

Strukturen i nærværende rapport er opbygget ved først at give et resume og en vurdering fra hele rapporten efterfulgt af definitioner vedrørende varmepumper og beskrivelse af gasdrevne varmepumper. Dernæst beskrives fremgangsmåden ved den foretagne analyse. Der er foretaget en opdeling i potentiale for parcelhuse, rækkehuse og kædehuse samt sommerhuse. I analysen er der ikke medtaget opvarmning i etageejendomme eller erhvervsvirksomheder. Der er heller ikke medtaget bygninger, som er opvarmet med fjernvarme.

2 Resumé og vurdering af potentialet

2.1 Indledning

I Danmark er det planen fortsat at udbygge elforsyningen med vedvarende energi i form af vindkraft og solceller. Disse energikilder giver en meget varierende forsyning, og det er derfor ønskeligt at have fleksibilitet i belastningen.

Ved at øge anvendelsen af varmepumper vil det være muligt at opnå en stor udnyttelse af vedvarende energi, have en høj udnyttelse af energien og at øge fleksibiliteten i elforbruget, da varmepumper giver mulighed for varmelagring og dermed mulighed for fremskyndelse eller udskydelse af elforbruget. Det er derfor ønskeligt at kende mulighederne for øget anvendelse af varmepumper.

De typer varmepumper, som kan forventes at have de største muligheder for varmelagring, er dem, der leverer varmt vand til bygningerne. Der fokuseres derfor især på anvendelsen af disse typer. Det vil sige:

- Jordvarmepumper
- Luft/vand-varmepumper

For luf/luft-varmepumperne vil varmelagringsmuligheden afhænge af muligheden for lagring af varme i bygningskonstruktionerne og evt. af at kunne anvende andre varmekilder midlertidigt som fx brændeovn. I nogle bygninger og i nogle rum vil det være muligt at lade rumtemperaturen falde til et vist niveau. Der kan være sommerhuse, hvor der ønskes en vis temperatur, når de ikke er beboede for at holde et tilstrækkelig tørt rumklima, men hvor den aktuelle temperatur har mindre betydning.

Det er i analysen ønsket at vurdere potentialet for individuelle varmepumper i tre grupper af bygninger: parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse. Etageejendommene er ikke medtaget, da de typisk er fjernvarmeopvarmede og derfor ikke egnede til individuelle varmepumper. I analysen er der endvidere ikke medtaget bygninger, som er opvarmet af fjernvarme.

Baggrunden for ønsket om omlægning af varmforsyningen er bl.a., at naturgasnettet er udbygget, og at de enkelte installationer på længere sigt enten konverteres til varmepumper, fjernvarme eller fortsætter med importeret naturgas. Der er desuden et stort ønske om, at opvarmning med olie og direkte elvarme bør konverteres til andre opvarmningsformer.

I rapporten er potentialet for anvendelse af varmepumper primært bestemt ved hjælp af udtræk af databaser fra Energimærkningsordningen (FEM-databasen) og fra Bygnings- og Boligregistret (BBR-databasen). Der er udtrukket data vedrørende parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse. Ved analysen viste det sig, at det var nødvendigt at koncentrere indsatsen om parcelhusene, idet de udgør langt det største samlede areal. Rækkehuse og sommerhuse er derfor vurderet primært på grundlag af andre kilder og informationer.

2.2 Parcelhuse

Det samlede potentiale ved anvendelse af varmepumper i parcelhuse er vurderet til at kunne reducere energiforbruget til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand fra i alt 20.900 GWh til et elforbrug på 6.800 GWh. Den resterende del af energien kommer som vedvarende energi fra jorden og luften. Vurderingen bygger på de forudsætninger, som er beskrevet i det følgende.

Det er opgjort, at der er 747.000 parcelhuse i Danmark, som ikke er opvarmet af fjernvarme med et samlet opvarmet areal på 113 mio. m². De opvarmningsformer, som er medtaget i potentialegruppen, er primært bygninger opvarmet med gas, olie eller el. For at kunne vurdere, hvilken form for varmepumper, der er velegnet, er det undersøgt, hvor stort et grundareal, der kan forventes at være anvendeligt til placering jordvarmeslanger, som nedgraves på traditionel vis. Det ledige grundareal bestemmes som halvdelen af forskellen mellem grundarealet til den enkelte ejendom og det bebyggede areal.

Der tages udgangspunkt i det varmebehov, som er bestemt af energikonsulenterne. Det er et beregnet varmebehov bestemt under standardforudsætninger nærmere beskrevet i Energimærkningsordningen.

For at kunne vurdere potentialet for jordvarmepumper er varmebehovet bestemt i afhængighed af det ledige grundareal. Der er benyttet en grænse for anvendelse af jordvarme ved et varmebehov på 57 kWh/m² pr. m² ledigt grundareal. Overskrides grænsen kan andre typer varmepumpeanlæg, som fx luft/vand-varmepumper benyttes i stedet for at dække den resterende andel.

Det er fundet, at der i ca. 35 % og 60 % af parcelhusene er tilstrækkeligt ledigt grundareal til installation af jordvarme. Det svarer dog kun til, at 26 % af opvarmningsbehovet kan dækkes af jordvarmeanlæg. Der er forskel på, hvor store arealer, der er til rådighed i de forskellige dele af landet. I region Hovedstaden kan det forventes, at jordvarme kan dække 16 % af opvarmningsbehovet, mens det i regionerne Midt- og Nordjylland kan forventes at dække 31 %. I de anlæg, der kan forsynes med jordvarme, er der regnet med en årsnyttevirkning på 3,3, som er en forventet middelværdi for anlæg, der har varmeafgivere af gulvvarmeanlæg og radiatorer. I den resterende del af bygningerne er der mulighed for installation af luft/vand-varmepumper eller andre typer varmepumpeanlæg fx med vertikale jordslanger, der har et mindre grundarealbehov end med horisontale jordslanger. For disse anlægstyper er der regnet med en årsnyttevirkning på 3,0.

For at bestemme forholdene på regions- og landsplan er der foretaget en opskalering af resultaterne baseret på FEM-databasen. Opskaleringen sker på grundlag af forholdet mellem de opvarmede arealer fundet i BBR-databasen og i FEM-databasen. Opskaleringen sker på regionsplan.

Nedenfor er fordelingen af antal parcel- og stuehuse efter opvarmningsform vist for de forskellige regioner i hele landet:

Opvarmningsmiddel	Region Hovedstaden	Region Sjælland	Region Syddanmark	Region Midt- og Nordjylland	Sum, hele landet
Olie og fossile brændsler (ekskl. gas fra ledning)	46.787	72.639	74.213	114.712	308.352
Naturgas og bygas	87.823	70.490	80.015	88.689	327.017
El	14.564	28.129	17.124	25.462	85.279
Varmepumper	3.003	4.423	4.517	8.667	20.610
Biomasse og andet	520	1.470	1.454	2.111	5.554
Sum	152.697	177.151	177.323	239.641	746.812

I nedenstående tabel er fordelingen af varmekonsumet for parcel- og stuehuse efter opvarmningsform vist for de forskellige regioner i hele landet, samt det forventede varmepumpe-elforbrug, hvis dette varmekonsum omlægges til at blive dækket af varmepumper:

	Varmebehov fordelt på brændsler, GWh					Omlagt til VP, GWh
Opvarmningsmiddel	Region Hovedstaden	Region Sjælland	Region Syddanmark	Region Midt- og Nordjylland	Sum, hele landet	El til VP, hele landet
Olie og fossile brændsler (ekskl. gas fra ledning)	1.562	2.434	2.839	3.709	10.544	3.297
Naturgas og bygas	2.321	1.622	2.208	1.969	8.120	2.551
El	240	552	376	450	1.618	506
Varmepumper	53	83	92	145	373	373
Biomasse og andet	13	59	66	78	216	67
Sum	4.189	4.749	5.581	6.351	20.871	6.794

Ovenstående tabel bygger på arealer fra parcelhuse og stuehuse fra BBR. Fordelingen på opvarmningskilder og energiforbrug stammer fra FEM-data fra de Energimærkede bygninger. Disse FEM-data vedrørende energiforbrug er opskaleret forholdsmæssigt i forhold til de opvarmede arealer der findes fra BBR.

Energistyrelsen har udarbejdet en statistik der viser fordelingen af energiforbrug til rumopvarmning i enfamiliehuse:

	TJ	GWh
Olie	18.300	5.083
Naturgas og bygas	23.265	6.463
EI	4.498	1.249
Varmepumper	4.434	1.232
Solvarme	309	86
Biomasse	41.021	11.395
Fjernvarme	31.841	8.845
Sum	123.669	34.353

Sammenlignes de to tabeller ses en række forskelle specielt med hensyn til forbrug af olie og biomasse. Der kan opstilles en række årsager til forskellene:

- Opgørelsen ved Energimærkning er fokuseret på hovedopvarmningskilden. Der tages således i opgørelsen ikke hensyn til en evt. brændeovn der kan have stor betydning.
- Ved FEM-mærkningen er energiforbruget baseret på en beregning og ikke en måling.
- Det aktuelle energiforbrug kan afvige meget fra det beregnede. Der kan være en tendens at store bygninger har et større omfang af rum med lave temperaturer idet der kan være rum som ikke bruges.
- Der kan være usikkerhed i Energistyrelsens statistik. Fx kan forbruget af brænde være vanskeligt at opgøre.
- Energistyrelsens statistik vil for olie og gas er baseret på aktuelle forbrug der er fordelt på de forskellige anvendelser.
- Olieforbruget bliver overrepræsenteret i forhold til biomasseforbruget i FEM-data især på grund af brændeovn som en sekundær varmekilde som ikke er medtaget i opgørelserne.
- I Energistyrelsens opgørelse vedrørende varmepumper er der foretaget en skønsmæssig vurdering af bidraget fra varmepumper.

Der ses relativ god overensstemmelse med hensyn til det totale energiforbrug når data fra BBR/FEM sammenlignes med data fra Energistyrelsen når der tages hensyn til at den ene gruppe ikke indeholder bygninger med fjernvarme og da der er benyttet to helt forskellige opgørelsesprincipper.

Ved disse vurderinger er der en følsomhed fra bl.a. de forudsætninger, som er gjort. Varmebehovet kan i praksis være lavere end ved de standardberegninger, der er forudsat. Hvis bygningerne efterisoleres, vil varmebehovet falde, og andelen af parcelhuse, der kan anvende jordvarmepumper, vil kunne forøges. Det kan være, at det er muligt at udnytte en større andel af grundarealet til jordslanger end forudsat.

CO₂-emission og besparelser

I tabellen nedenfor er vist energiomkostninger og CO₂-emissioner pr. GWh som er benyttet med udgangspunkt i energiforbruget opgjort af Energistyrelsen og som er vist ovenfor. Priserne er baseret på aktuelle prisoplysninger.

For *naturgas* er benyttet følgende forudsætninger: Iflg. DONG er prisen ved fastprisaf tale 9,368 kr/Nm³. CO₂ emissionsfaktoren er 56,72 kg/GJ iflg. Energinet.dk. Der er benyttet en brændværdi på 39,48 GJ/1000 Nm³.

For *fyringsolie* er benyttet en pris på 9,666 kr./liter for Templus Blå fra Statoil. Fra Energistyrelsen er benyttet en brændværdi på 42,7 GJ/ton og en vægtfylde på 0,84 ton/m³. CO₂ emissionen 74 kg/GJ.

For *el* er benyttet en el-pris "basispris kvartal" på 189,08 kr./kWh fra DONG. Der er fra DONG fundet en CO₂ emission på 0,451 ton pr. 1000 kWh øst for Storebælt og en værdi på 0,473 ton pr. 1000 kWh vest for Storebælt. Der er benyttet en middelværdi.

Nuværende forhold. Enfamiliehuse. Data vedr. energiforbrug fra Energistyrelsen						
Opvarmningskilde	Energiforbrug		CO2 emission pr. GWh	Energi pris	Samlet CO2 emission	Energi-udgift
	TJ	GWh	1000 tons	Mill kr. pr. GWh	1000 tons	Mill kr.
Olie	18.300	5.083	0,27	0,68	1.354	3.480
Naturgas og bygas	23.265	6.463	0,20	0,85	1.319	5.520
El	4.498	1.249	0,46	1,89	577	2.362
Sum	46.063	12.795			3.251	11.362

Nedenfor er givet et overslag over potentialet hvis alt energiforbrug til opvarmning i enfamiliehuse der er baseret på olie, naturgas og el konverteres til varmepumper. Der tages udgangspunkt i energiforbruget opgjort af Energistyrelsen og som er vist ovenfor.

Det er opgjort ved analyserne af grundarealer i forhold til varmebehovet at det er muligt at installere jordvarmepumper i et omfang der kan dække 26 % af energiforbruget. Den resterende af varmebehovet kan dækkes af luft/vand eller andre typer af varmepumpeanlæg. Årsnyttevirkningen er sat til 3,3 for jordvarmeanlæg og 3,0 for luft-vandvarmeanlæg. Denne simplificerede antagelse er benyttet ved alle de tre opvarmningsformer.

I beregningerne omkring økonomien i varmepumper sammenlignet med andre opvarmningsformer er alene baseret på driftsomkostningerne, da service og vedligeholdelsesudgifter forventes at være på samme niveau, uanset om kunden har olie, gas eller varmepumpe. Finansieringsudgifter er ikke inkluderet i beregningerne.

Alt forbrug konverteret til varmepumpe. 26% andel jordvarme			Alt forbrug konverteret til varmepumpe. 74 % andel luft-vand varmepumper			Alt forbrug konverteret til varmepumpe. Både jordvarmepumpe og luft-vandvarmepumpe		
Energiforbrug	CO2-emission	Energi-udgift	Energiforbrug	CO2-emission	Energi-udgift	Energiforbrug	CO2-emission	Energi-udgift
GWh	1000 tons	Mill. Kr	GWh	1000 tons	Mill. Kr	GWh	1000 tons	Mill. Kr
401	107	757	1.254	334	2.371	1.654	441	3.128
509	104	963	1.594	325	3.014	2.103	429	3.977
98	45	186	308	142	583	407	188	769
1.008	256	1.906	3.156	802	5.968	4.164	1.058	7.874

Sammenfattende kan det ses at ved at omlægge energiforbruget i enfamiliehuse fra olie, gas og el til varmepumper, med ovennævnte forudsætninger, opnås en reduktion i det samlede energiforbrug på 67 % hvilket medfører en reduktion i CO₂ emissionen på 67 % og en reduktionen i energitudgiften på 38 %.

2.3 Rækkehuse

Det vurderes, at potentialet i rækkehuse, kædehuse mv. er relativt begrænset i forhold til potentialet i parcelhuse. Det skyldes, at de samlede arealer er væsentlig mindre end arealet af parcelhuse. Desuden er væsentlig flere rækkehuse opvarmet med fjernvarme end parcelhuse. Grundarealerne i rækkehuse er væsentlig mindre end ved parcelhuse. Det er skønnet, at der er et energiforbrug på 2500 GWh, som potentielt kan dækkes af varmepumper.

Det skønnes derfor, at ¼ af rækkehusenes varmebehov kan dækkes med jordvarme, mens den øvrige ¾ del kan forventes dækket af luft/vand-varmepumper eller andre typer varmepumper.

Med jordvarme: Der dækkes ¼ af 2500 GWh = 625 GWh. Elforbrug:	190 GWh
Med andre typer varmepumper: ¾ af 2500 GWh = 1875 GWh. Elforbrug:	<u>625 GWh</u>
Samlet elforbrug	815 GWh

Den resterende del af energien kommer som vedvarende energi fra jorden eller luften.

2.4 Sommerhuse

Det samlede potentiale ved anvendelse af varmepumper i sommerhuse er vurderet til at kunne reducere elforbruget til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand fra i alt 470 GWh til 295 GWh. Forbruget til rumopvarmning forventes at udgøre 100 GWh primært ved hjælp af luft-luft varmepumpesystemer. Til opvarmning af varmt vand forventes forbruget at være 195 GWh ved hjælp af luft/vand-varmepumpesystemer. Vurderingen bygger på de forudsætninger, som er beskrevet i afsnit 7.

Det er opgjort, at der er 220.000 sommerhuse i Danmark. En stor andel (125.000) anvendes traditionelt som familiesommerhuse uden udlejning. Disse huse anvendes kun i beskedent omfang i opvarmningssæsonen. Den øvrige andel anvendes i væsentlig større udstrækning fx til udlejning eller som bolig i en ikke ubetydelig del af året.

I sommerhussektoren er den primære opvarmningsform el i form af direkte elopvarmning og med et supplement af brændeovne. Det samlede elforbrug i sommerhuse er opgjort til 725 GWh i 2005 - heraf udgør forbruget i traditionelle familiesommerhuse 253 GWh.

Selvom potentialet ved rumopvarmning i stor udstrækning er som luft/luft-varmepumper, vil der alligevel være mulighed for fleksibilitet, da en stor andel af sommerhusene har en brændeovn, der kan anvendes, hvis incitamentet er tilstrækkeligt stort. Man må forvente, at det er muligt at opnå et rimeligt stort incitament, hvis ejerne selv anvender sommerhusene sammenlignet med udlejningsommerhuse, hvor incitamentet nok vil være væsentlig mindre, idet lejen udgør en stor udgift i forhold til udgiften til energiforbrug.

Til opvarmning af varmt vand vil der være gode muligheder for at indbygge fleksibilitet i form af en akkumuleringstank, der bruges som varmtvandsbeholder.

2.5 Samlet besparelse

Det samlede årlige varmeforbrug i de tre kategorier af bygninger, hvor der primært anvendes olie, gas eller el til opvarmning, er opgjort til på grundlag af data fra BBR og FEM:

Parcel- og stuehuse	20.900 GWh
Række-, kæde- og dobbelthuse	2.500 GWh
Sommerhuse	<u>725 GWh</u>
I alt	24.125 GWh

Ved udbredt anvendelse af varmepumper i disse bygningskategorier kan det forventes, at ovennævnte varmeforbrug kan erstattes af et elforbrug til varmepumperne i størrelsen:

Parcel- og stuehuse	6.800 GWh
Række-, kæde- og dobbelthuse	815 GWh
Sommerhuse	<u>295 GWh</u>
I alt	7.910 GWh

3 Varmepumper – definitioner

3.1 Grundlæggende om varmepumper

En varmepumpe er i korte træk et apparat, der omsætter varme fra et lavt temperaturniveau til et højere temperaturniveau, således at varmen kan anvendes til boligopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand. Selve processen i varmepumpen svarer til den, der foregår i et køleskab, og grundlaget er, at varme optages, når et kølemiddel fordamper, og varme afgives, når et kølemiddel kondenserer. I processen optages varme fra omgivelserne (uden for huset) i en fordamper, og varmen afgives igen internt i varmepumpen i en kondensator. For at processen kan køre, skal der tilføres energi (typisk elektricitet), men den energi i form af el, der skal tilføres processen, er typisk tre til fire gange mindre, end den energi, som varmepumpen samlet afleverer til bygningen – den resterende del af energien hentes fra omgivelserne.

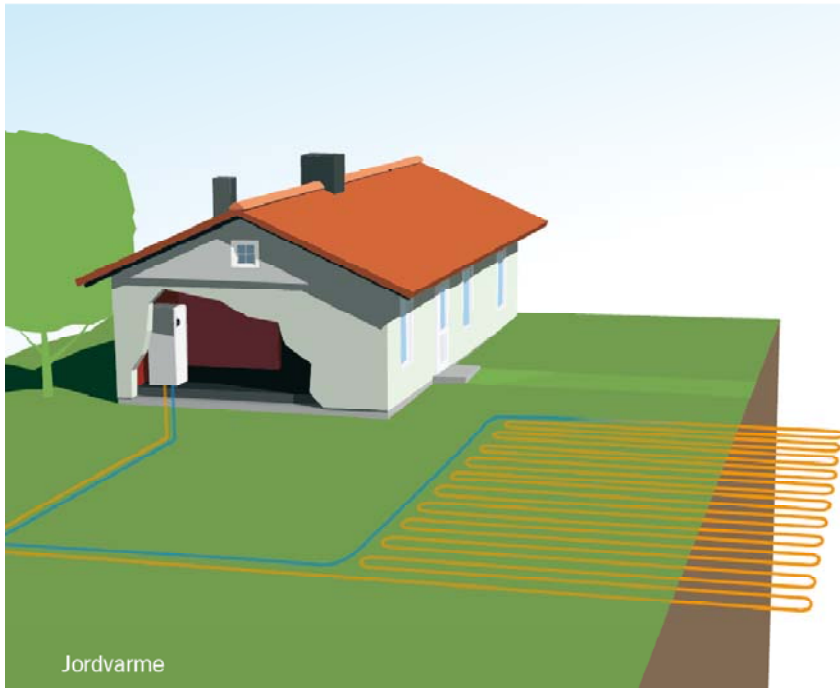
En varmepumpe betragtes som et vedvarende energianlæg (jf. EU's definitioner af vedvarende energi), og normalt vil ejeren af et varmepumpeanlæg kunne reducere sine driftsomkostninger til opvarmning med 40-50 % sammenlignet med f.eks. et oliefyr. En varmepumpe fylder typisk det samme som et oliefyr (inkl. beholder). Nogle produkter sælges med akkumuleringsbeholder, der bl.a. skal være med til at sikre mere stabil drift af systemet. Hovedparten af alle varmepumper kan også levere varmt brugsvand, dog vil mange anlæg af typen luft/luft kun kunne levere rumvarme.

3.2 Varmepumpetyper

Væske/vand-varmepumpen (også kaldet jordvarme)

Væske/vand-varmepumpen optager sin varme fra et slangesystem, som er nedgravet i haven (se figur 1). Slangen kan både lægges horisontalt (vandret) og vertikalt (lodret), hvor førstnævnte er den klart mest udbredte metode i Danmark. Slangen nedgraves i dybder mellem 60 og 100 cm og i nogle tilfælde lægges slangen dog i to lag, hvor der er en lodret afstand mellem de enkelte slanger på mellem 1 og 1,25 meter. En frostsikret væske (kaldet brine) cirkuleres i slangen, og varmen herfra omsættes i varmepumpen til et temperaturniveau, der sikrer, at varmen kan anvendes til opvarmning af varmt brugsvand og til opvarmning af radiator- eller gulvvarmesystem.

Der findes også andre typer af ”jordvarmepumper” bl.a. et system, hvor kølemidlet i selve varmepumpeprocessen cirkuleres direkte ud i rør, som er nedgravet i haven. Disse anlæg kaldes populært DX (direct expansion) anlæg, og denne anlægstype har i en årrække været relativt udbredt i Mitteleuropa, og ses i dag også på det danske marked.



Figur 1: Princippet i jordvarme. Brochure fra IVT Naturvarme.

Luft/vand-varmepumpen

Luft/vand-varmepumpen optager sin varme fra udeluften og ligesom jordvarmeanlægget afgiver luft /vand-varmepumpen sin varme til et vandbåret afgiversystem inde i huset (se figur 2). Varmen fra udeluften optages i en "udedel", som typisk vil indeholde hele det køletekniske kredsløb, og som via to rør forbindes til en akkumuleringstank eller et fordelingsystem inde i boligen. Luft/vand-varmepumperne vil typisk være mindre effektive end jordvarmeanlægget, primært fordi de i kolde perioder vil være nødt til at foretage afrimninger af den flade, som optager varmen fra udeluften – til gengæld er de normalt også noget billigere i anskaffelse end jordvarmeanlæg.



Figur 2: Princippet i en luft/vand-varmepumpe. Brochure fra IVT Naturvarme.

Luft/luft-varmepumpen

Luft/luft-varmepumpen henter sin varme fra udeluften (se figur 3), og afgiver den direkte til inde-luften i boligen. Anlægget består af en udedel og en indedel, og der er normalt ikke mulighed for at opvarme brugsvand med denne varmepumpetype, ligesom den normalt primært vil opvarme det ene rum, hvor den er monteret. Anlægget kan normalt også anvendes til køling om sommeren, men dette må som udgangspunkt frarådes (pga. energiforbruget). Anlæggene fås i mange prisklasser, og de bedre anlæg vil typisk løbe op i ca. 20.000 kr., men i modsætning til de andre varmepumpetyper vil de kun kunne dække en mindre del af husets samlede varmebehov, da hver enhed kun dækker et enkelt rum.



Figur 3: Udedel til en luft/luft-varmepumpe.

Boligventilations- og brugsvandsvarmepumpen

Den sidste type varmepumpe, der behandles her, er de såkaldte boligventilations- og brugsvands-varmepumper, som i modsætning til de tidligere omtalte typer er tilsluttet et kanalsystem, der enten kan være et ventilationssystem (se figur 4) eller et aftrækssystem. Boligventilationsvarmepumpen ses i vid udstrækning i forbindelse med nybyggeri f.eks. lavenergiboliger, hvor varmepumpen både klarer husets ventilationsbehov, rumvarmebehov samt boligens brugsvandsbehov. Anlæggene vil normalt være centralt placeret i boligen, og varmen til de enkelte rum i boligen vil ledes via et kanalsystem.

Brugsvandsvarmepumper er varmepumper, som alene er beregnet til produktion af varmt brugsvand, og disse tager normalt varmen fra afkastluften i boligen (f.eks. fra bad og toilet samt køkken) og forsyner en beholder med varmt brugsvand.



Figur 4: Princippet i boligventilations varmepumpe. Brochure fra IVT Naturvarme.

3.3 Andre begreber

Der opereres inden for varmepumpeområdet med en del tekniske begreber, og i det følgende er det forsøgt at give et overblik over, hvad de vigtigste af disse begreber dækker over.

COP (Coefficient of Performance)

COP er defineret som anlæggets effektivitet i ét driftspunkt, altså ved et givent driftspunkt typisk defineret ved temperaturniveauerne inde og ude. Tallet fortæller således intet om, hvorledes varmepumpens effektivitet er set over et helt år eller over en fyringssæson. Dette er nok et af de allermest anvendte og fejlfortolkede begreber overhovedet inden for varmepumpeteknologien. COP'en måles i øvrigt efter en harmoniseret standard (EN14511), og det vil normalt være denne værdi, der er oplyst i leverandørernes markedsføringsmateriale.

For COP anvendes også betegnelserne: effektfaktor, nominel virkningsgrad eller nominel COP. Ref. /1/.

COP 50 % (dellast)

Dette er en værdi, der angiver, hvor effektiv varmepumpen er ved dellast (ved 50 % af kapaciteten, som anvendes til at finde COP – se ovenstående). Værdien er relevant eksempelvis i relation dokumentation af nye bygninger med varmepumpe, hvor bygningen skal dokumenteres med programmet Be06 og bestemmes i henhold til en ”teknisk specifikation”, nemlig CEN/TS 14825.

Der anvendes også udtrykket: COP ved 50 % last.

Årsmiddeleffektfaktor

Størrelsen er et udtryk for den gennemsnitlige praktiske effektfaktor på årsbasis. Den kan defineres som forholdet mellem varmepumpeanlæggets nyttige varmeproduktion og tilført energi i driftsperioden inkl. evt. bidrag fra en suppleringsvarmekilde (fx elpatron).

Der anvendes også betegnelserne: Årsnyttevirkning, årsvirkningsgrad og energifaktor.

Normeffektfaktor

Normeffektfaktoren er en størrelse, der er introduceret i forbindelse med Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper. Værdien angiver væske/vand og luft/vand varmepumpers effektivitet beregnet efter en formel, hvor der er foretaget en vægtning af mange driftstilstande, hvilket skulle sikre et væsentligt mere nøjagtigt billede af varmepumpens samlede effektivitet i en normal bolig. Metoden giver altså en ensartet og entydig bestemmelse af den forventede årsmiddeleffektfaktor (se overfor). Værdierne for en række varmepumper opgives på Energistyrelsens hjemmeside, og der opereres med to størrelser, nemlig en normeffektfaktor for henholdsvis gulvvarme og en for radiatorvarme. Tallene verificeres af Teknologisk Institut, som driver Energistyrelsens sekretariat i forbindelse med ordningen, og der udtages produkter til stikprøvekontrol i Institutets laboratorier – se www.ens.dk for yderligere information.

Kølemiddel

Kølemidlet er det middel, der internt i varmepumpen sikrer, at varmen kan optages fra omgivelserne og igen afleveres til huset ved et højere temperaturniveau. Kølemidlet er lukket inde i kølemiddelsystemet, som er et hermetisk system. De fleste varmepumper, der sælges i DK, indeholder et kølemiddel af typen HFC, som er en kraftig drivhusgas, der ved lækage bidrager til den globale opvarmning. Men da kølesystemet i varmepumpen er hermetisk, vil der under normale omstændigheder ikke blive udledt kølemiddel til atmosfæren. Det er dog vigtigt at påpege, at alle indgreb i kølemiddelsystemet skal foretages af en autoriseret kølemontør, som ved, hvordan kølemidlet skal behandles, og samtidig foregår processen under højt tryk, hvilket også betyder, at der er fare for personsikkerheden, hvis uautoriserede personer foretager indgreb i kølemiddelsystemet.

Der findes også andre kølemiddeltyper på markedet, bl.a. CO₂ som er et naturligt kølemiddel, og der ses også varmepumper med kulbrinter (f.eks. propan) som kølemiddel, og disses indvirkning på klimaet er mange gange mindre end HFC-kølemidlerne.

Kølekredsløbet

Kølekredsløbet i varmepumpen består i hovedtræk af fire hovedkomponenter, en fordamper, hvor varmen optages ved, at kølemiddel ved lavt tryk fordamper, en kompressor, hvor kølemidlet komprimeres og bringes op i tryk og temperatur, en kondensator hvor varmen afgives ved høj temperatur (og tryk) samt en ventil, hvor trykket reduceres, inden kølemidlet igen ledes ind i fordamperen. Kølekredsløbet er således hele hjertet i varmepumpeprocessen, og der skal tilføres drivenergi til processen, hvilket typisk er elektricitet.

Afgiversystem

Varmepumpens afgiversystem er det system, der afleverer varmen inde i boligen. Dette kan enten være et gulvvarmesystem, et radiatorsystem eller f.eks. et luftbåren varmesystem (kanaler). Afgiversystemets dimensionering er vigtig, da varmepumpens effektivitet falder med stigende temperaturniveau på afgiversystemet. En tommelfingerregel fortæller, at en varmepumpes effektivitet falder 2-4 % for hver grad, afgiversystemets temperatur hæves.

Optagersystem

Varmepumpens optagersystem er det system, der henter varmen fra omgivelserne. Dette kan f.eks. være en jordslange (lodret eller vandret) eller en kollektor (energifanger), og fælles for optagersystemerne er, at de optager den vedvarende energi (solenergi), der er optaget i omgivelserne (jord, luft, sø eller hav). En jordslange er påfyldt brine, der er vand tilsat et frostsikringsmiddel, som skal sikre, at vandet ikke fryser til is. Hele systemet er underlagt Miljøstyrelsens bekendtgørelse om jordvarmeanlæg, der bl.a. foreskriver, at anlægget skal være udstyret med et trykovervågningssystem, og at anlægget skal efterses mindst én gang årligt af uddannet personale. Optagersystemets dimensionering er vigtig, da varmepumpens effektivitet falder med faldende temperaturniveau på optagersystemet. En tommelfingerregel siger, at en varmepumpes effektivitet falder 3-5 % for hver grad, optagersystemets temperatur falder.

Afrimning

Varmepumper, der optager deres varme fra udeluften, vil i perioder danne is på deres udedel. Disse varmepumper bør være udstyret med et effektivt afrimningssystem, der sikrer, at isen kan fjernes, samt at det vand, der dannes under afrimning, kan bortledes fra udedelens flade, uden at det ophobes og danner ny is, når varmepumpen igen kører. Afrimningen foregår typisk med varm gas fra kompressoren, som via kølesystemet ledes over i fordamperen og sikrer afrimningen.

Behovsstyring

Nogle nyere varmepumper er udstyret med behovsstyring eller omdrejningsregulerede kompressorer, som giver visse rent energimæssige fordele. Teknologien går ud på, at varmepumpens ydelse tilpasses det aktuelle varmebehov i bygningen, således at antallet af energikrævende start/stop af varmepumpen reduceres. Varmepumper, der ikke er udstyret med denne teknologi, tilpasser ydelsen ved at starte og stoppe kompressoren, således at den gennemsnitlige varmeafgivelse svarer til det varmebehov, som der er i bygningen. Behovsstyringsteknologien har i mange år været udbredt i de små luft/luft-varmepumper, men ses i dag implementeret i flere og flere af de andre varmepumpe-typer. Den eksakte gevinst ved at anvende denne teknologi afhænger meget af det aktuelle hus, brugsmønster og afgiversystemet, men normalt vil der være en besparelse på måske 10-30 % i energiforbruget i en typisk installation uden akkumuleringstank sammenlignet med traditionelle varmepumper.

Akkumuleringstanke

En del varmepumper installeres med akkumuleringstanke (buffertanke), som i princippet har samme formål som den omtalte behovsstyring, nemlig at reducere antallet af start/stop og sikre en mere kontinuerlig drift af varmepumpen. Akkumuleringstankene kan være af meget forskellig størrelse lige fra ganske små tanke på omkring 100 liter og op til flere kubikmeter.

Standarder

Der findes en række internationale standarder på varmepumpeområdet, som anvendes eksempelvis til at dokumentere anlæggenes ydelse og effektivitet. Standarderne, som er listet op nedenfor, er dem, der normalt anvendes til at dokumentere produkterne på markedet i Europa, og det er Dansk Standard, der står for udgivelsen af disse standarder.

- DS/EN14511: Europæisk standard, der anvendes til at dokumentere ydelse og effektivitet for varmepumper til rumopvarmning.
- DS/EN255-3: Europæisk standard, der anvendes til at dokumentere ydelse og effektivitet for varmepumper til brugsvandsopvarmning.
- DS/EN15879-1: Europæisk standard, der anvendes til at dokumentere ydelse og effektivitet for varmepumper med direkte ekspansion til rumopvarmning.

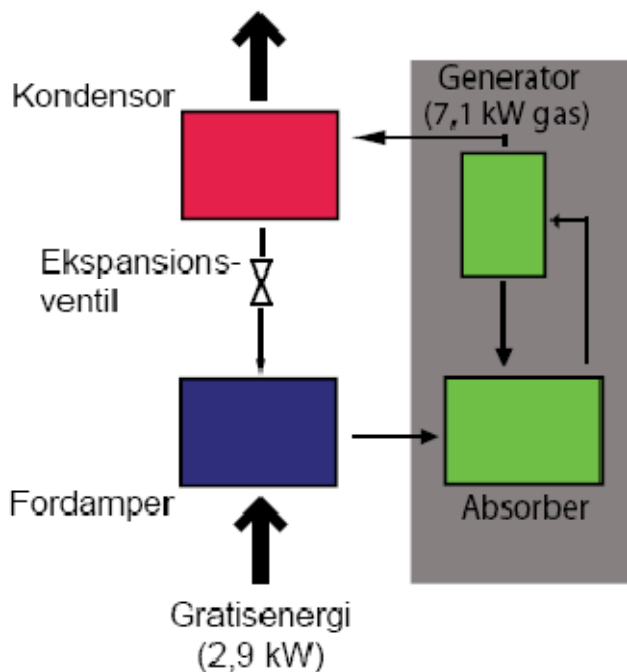
4 Varmepumper – gasdrevne

4.1 Grundlæggende om gasdrevne varmepumper

En gasdrevne varmepumpe virker principielt på nøjagtig samme måde som en eldrevne varmepumpe: et apparat, der omsætter varme fra et lavt temperaturniveau til et højere temperaturniveau. I stedet for elektricitet til at drive processen anvendes gas, enten via afbrænding eller som drivmiddel i en gasmotor. Der findes i dag flere typer af gasdrevne varmepumper på det internationale marked, men det er primært de gasdrevne absorptionsvarmepumper, der har vundet indpas specielt i Asien og USA. Desværre er hovedparten af disse anlæg væsentligt større, end de kapaciteter, der er nødvendige til opvarmning af et typisk dansk enfamiliehus.

Tilbage i 1998 blev der udgivet en række rapporter udarbejdet i Energistyrelsens UVE-program, hvor forskellige typer af gasdrevne varmepumper var undersøgt i ønsket om at afdække potentiale og tekniske barrierer ved gasdrevne varmepumper. Rapporterne, som blev udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med bl.a. Dansk Gasteknisk Center og DTU, viste med al tydelighed, at potentialet absolut er til stede, men samtidig er der for enkelte af anlægstyperne nogle ret markante udfordringer, hvoraf effektiviteten ved kritiske driftsbetingelser nok er den vigtigste.

Nedenfor ses princippet i en gasdrevne absorptionsvarmepumpe, som adskiller sig fra den eldrevne varmepumpe ved at have en termisk kompressor, som drives af varme fra en eller anden (højtemperatur) varmekilde. De øvrige komponenter er principielt helt magen til de komponenter, man finder i en eldrevne varmepumper, altså en fordampner, en kompressor og en drøvleventil. På figur 5 ses, at ved at tilføre 7,1 kW varme i form af en gasafbrænding og 2,9 kW fra omgivelserne (f.eks. en jordslange), så kan absorptionsvarmepumpen levere 10 kW varme.

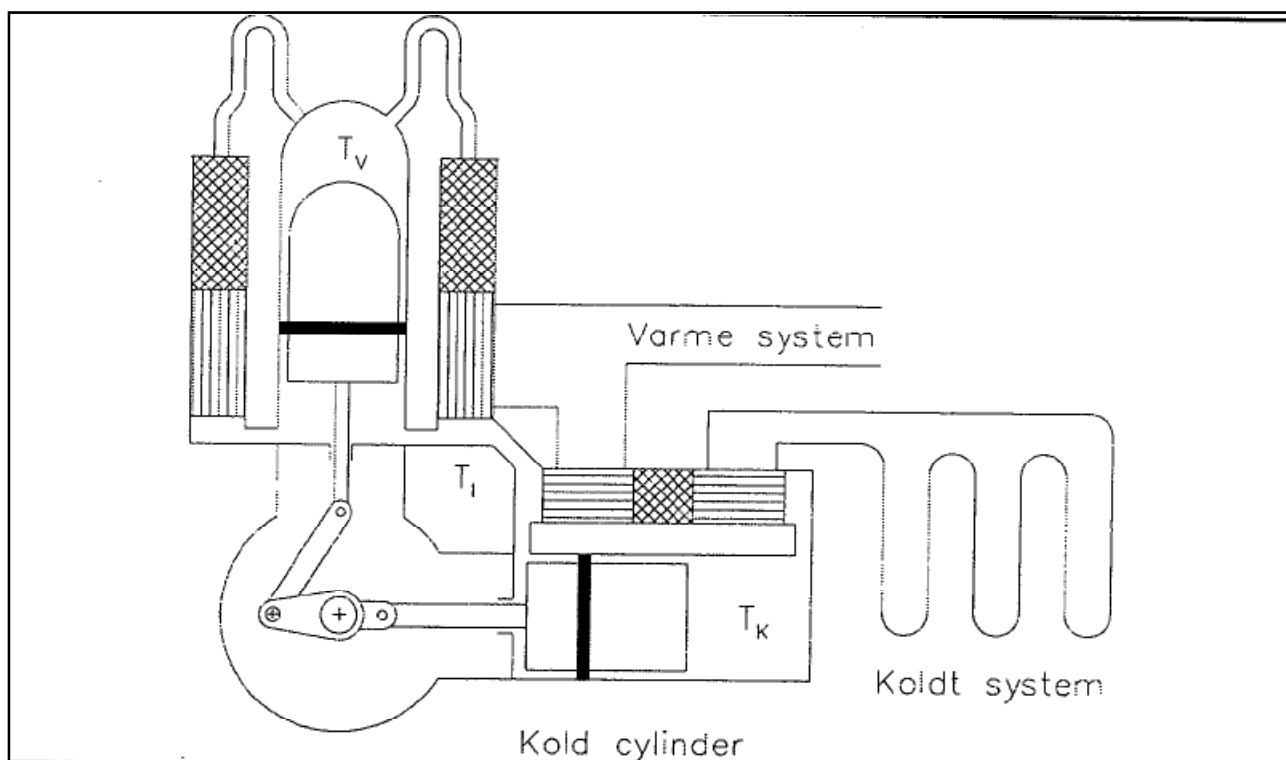


Figur 5: Princippet i en absorptionsvarmepumpe. Kilde: Dansk Gasteknisk Center.

Den i figur 5 viste absorptionsvarmepumpe leverer 10 kW varme, og der indfyres i alt 7,1 kW gas for at drive processen, svarende til en COP på ca. 1,4. Absorptionsvarmepumpens effektivitet vil i vid udstrækning afhænge af driftstemperaturerne og her opereres med en afhængighed både af varmekildens temperatur (vand, udeluft, jord etc.) samt af den drivtemperatur, der er til rådighed til at drive den termiske kompressor. Normalt vil det afhængig af disse temperatursæt være muligt at opnå en varmekoefficient (COP) på mellem 1,2 og 1,7 for absorptionsvarmepumper.

Af andre varmepumpetyper, der drives af gas, kan nævnes gasmotordrevne varmepumper, hvor det er en gasmotor, der leverer drivenergien til en (traditionel) mekanisk kompressor. Der er også Stirling/Vuilleumier (S/V)-varmepumpen (se figur 6), som er en relativ simpel proces, der foregår i et lukket kredsløb, hvor forbrændingen foregår udvendig. I modsætning til de tidligere omtalte processer foregår S/V-processen som en ren gasproces uden kondensering og fordampning.

Virkningsgraden for denne proces er meget lig den, der kan opnås for absorptionsvarmepumper.



Figur 6: Stirling/Vuilleumier varmepumpe. Kilde: Henrik Carlsen, DTU.

4.2 Markedet og produkterne

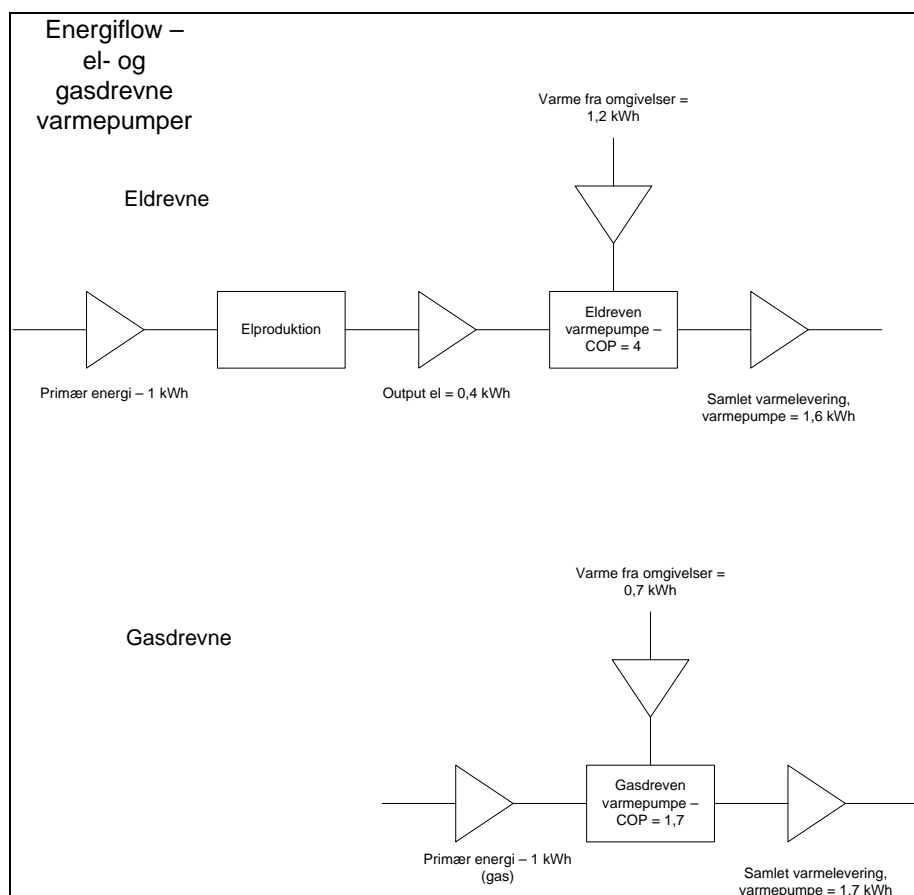
Der er i dag praktisk talt et "ikke-eksisterende" marked for gasdrevne varmepumper i Danmark. I vores nabolande er det også meget begrænset, hvad der bliver solgt af denne type varmepumper, mens man i USA og Japan ser en bred vifte af produkter på markedet. De ganske få tiltag, vi har set på området i Danmark, har endnu ikke medført nogen reel udbredelse af produkter her i landet, og det er kun meget få mere strategiske satsninger (f.eks. fra myndighederne), vi har set gennem årene.

Det vurderes dog, at den danske energisektor nu har fået øjnene op for dette alternativ, som på sigt kan være med til at strække vores gasressourcer.

Muligheden for en bredere satsning på gasdrevne varmepumper i Danmark afhænger i høj grad af flere faktorer:

- Tilgangen til gasressourcer i fremtiden – kan vi i DK opretholde en egenforsyning med gas, eller skal denne importeres fra usikre områder i eller uden for Europa?
- Findes der egnede produkter på markedet, og har disse en tilfredsstillende effektivitet og et prisniveau, der kan sikre fornuftige tilbagebetalingstider?
- Vil man fra politisk side fokusere på varmepumper i gasopvarmede områder, og vil der blive iværksat forskellige tilskyndelser (f.eks. tilskudsordninger), som kan medvirke til at kickstarte et nyt marked?

Spørgsmålene er mange, men grundlæggende skal det understreges, at gasdrevne varmepumper absolut er interessante og i fokus andre steder i verden. Vi skal ikke længere væk end til Tyskland og Holland, hvor der er gennemført fieldtest på et 3,6 kW anlæg fra Nefit (Bosch/Buderus), som har en COP på ca. 1,4. Som nævnt har både USA og Japan kørt nogle større udviklingsprojekter omkring gasdrevne absorptionsvarmepumper. Kigges på den primærenergi, der skal til for at drive en gasdrevne absorptionsvarmepumpe contra en eldrevne varmepumpe, kan dette regnestykke stilles op på flere måder.



Figur 7: Energiflow i el- og gasdrevne varmepumper.

Som det ses af figur 7, har de gasdrevne absorptionsvarmepumper absolut deres berettigelse, men forudsætningen i de viste beregninger skal lige medtages i vurderingen – en absorptionsvarmepumpe skal have en relativ høj drivtemperatur, og el til drift af pumper internt i systemet er ikke medregnet. Endvidere er der ikke taget højde for det komplekse danske elsystem, hvor store dele af elproduktionen i dag enten kommer fra vindenergi eller som ”restprodukt” fra varmeproducerende enheder, alle faktorer, som vil gøre billedet mere positivt for de eldrevne varmepumpers vedkommende.

5 Kortlægning af potentiale for individuelle varmepumper

5.1 Formål

Formålet med projektet er at finde potentialet for anvendelse af varmepumper i forbindelse med individuelt opvarmede boliger.

Potentialet opgøres efter:

- Hvor stort et energiforbrug kan konverteres til at blive dækket af varmepumper.
- Hvor stor en andel af markedet kan varmepumperne dække (andel af energiforbrug og andel af boliger).

Dette potentiale opdeles i et antal kategorier af bygninger og grupperinger. Nedenfor er beskrevet de enkelte opdelinger. Der anvendes især to kilder til data:

- Energimærkningsordningen, der administreres af FEM-sekretariatet. I denne rapport benyttes betegnelsen: FEM-databasen (ref./2/).
- OIS/BBR-databasen, der har registreret en række oplysninger om ejendomme i Danmark. I denne rapport benyttes betegnelsen: BBR-databasen (ref. /3/).

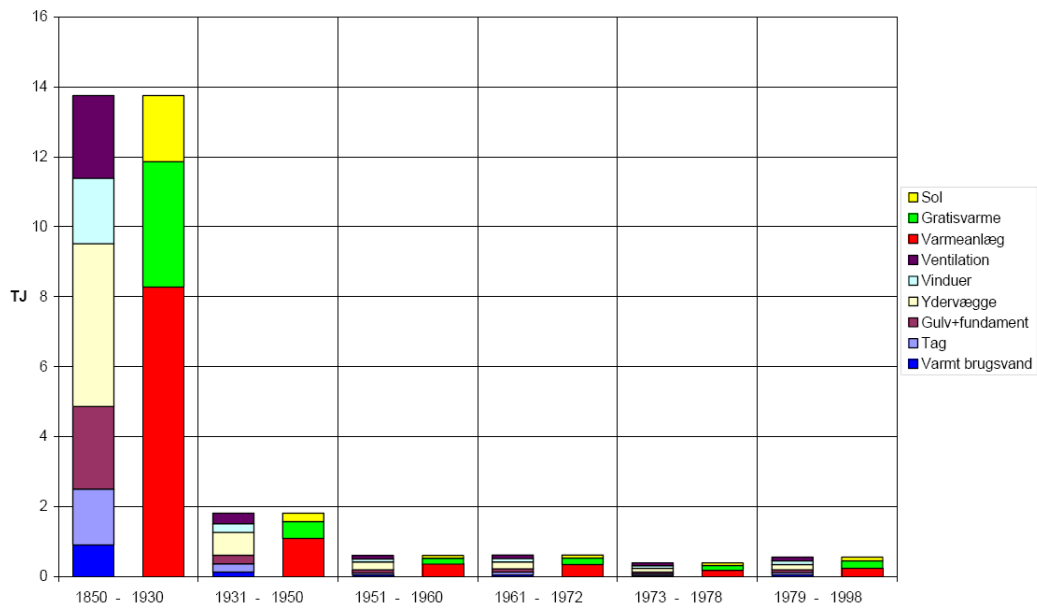
5.2 Baggrund

Der er tidligere foretaget forskellige undersøgelser af varmekonsumet i de danske bygninger. Arealet af de forskellige bygningskategorier kan ses af tabel 1 (ref. /4/). Det ses, at parcelhuse har et væsentligt større areal end de øvrige bygningskategorier (dominerende areal). Det er undersøgt, hvor stort et varmekonsum, der er i tre kategorier af bygninger (fig. 8, 9 og 10). Dataene er korrigeret bestemt på grundlag af data fra Energimærkningsordningen i perioden 2005 til oktober 2008 og kalibreret med Energistyrelsens energiforbrugsdata. For stuehuse (fig. 8) skyldes det store varmekonsum bygninger fra før 1930. Det er på grund af det store areal af stuehuse, der er bygget i denne periode. For parcelhuse (fig. 9) er det bygninger fra perioden 1961 til 1978, der giver det største bidrag til varmekonsumet (ca. 30 TJ). For række- og kædehuse er varmekonsumet fordelt rimeligt ensartet over de forskellige perioder (fig. 10).

Tabel 1. Arealer (mio. m²) fordelt på opførelsesår og bygningskategori. /4/.

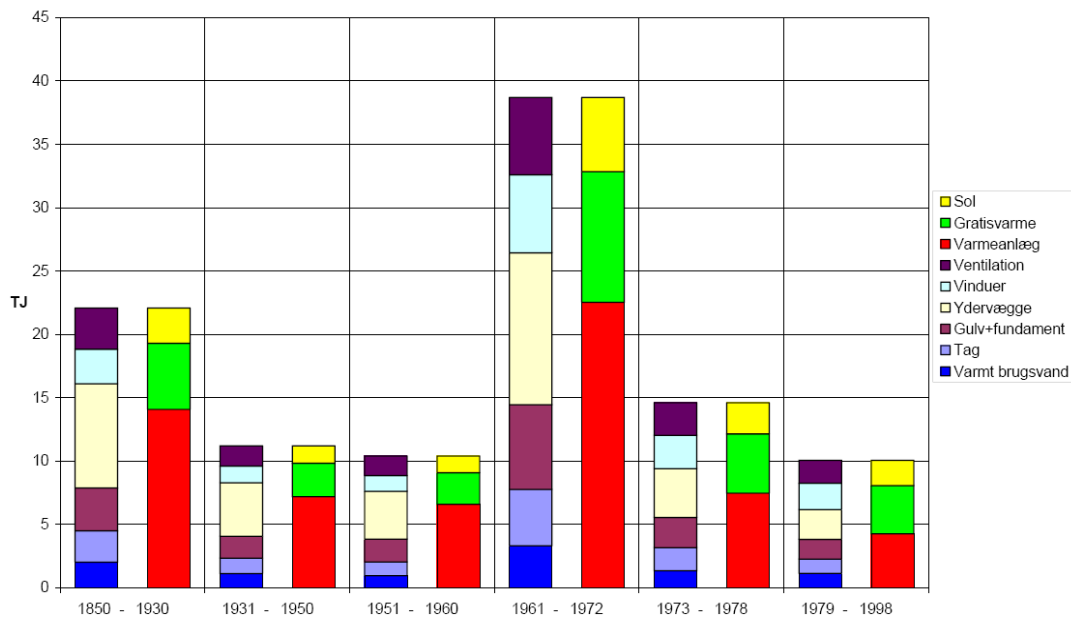
Arealer	Stuehuse	Parcelhuse	Rækkehuse	Etageboliger	Handel & service
1850-1930	18,74	27,72	4,27	24,84	11,09
1931-1950	2,45	13,72	2,16	14,92	3,35
1951-1960	0,84	12,98	2,50	8,02	2,79
1961-1972	0,91	58,24	5,30	14,35	11,41
1973-1978	0,72	24,66	4,35	4,57	6,67
1979-1998	1,08	19,95	15,06	8,08	16,88
I alt	24,74	157,27	33,64	74,78	52,19

Stuehuse



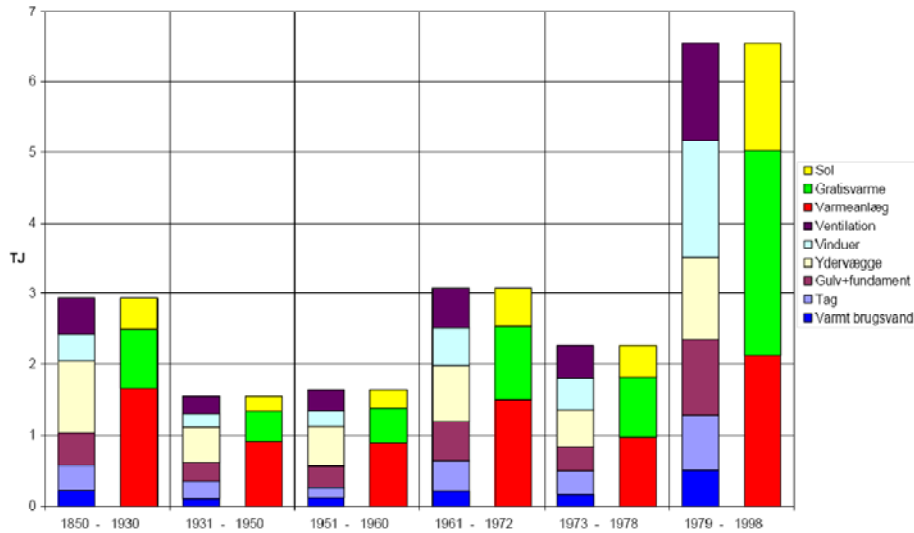
Figur 8: Beregnet varmebalance for alle danske stuehuse (BBR anvendelseskode 110). De røde markeringer (varmeanlæg) viser den samlede varmemængde, der går til opvarmning fra varmeanlægget. /4/.

Parcelhuse



Figur 9: Beregnet varmebalance for danske parcelhuse (BBR anvendelseskode 120). De røde markeringer (varmeanlæg) viser den samlede varmemængde, der går til opvarmning fra varmeanlægget. /4/.

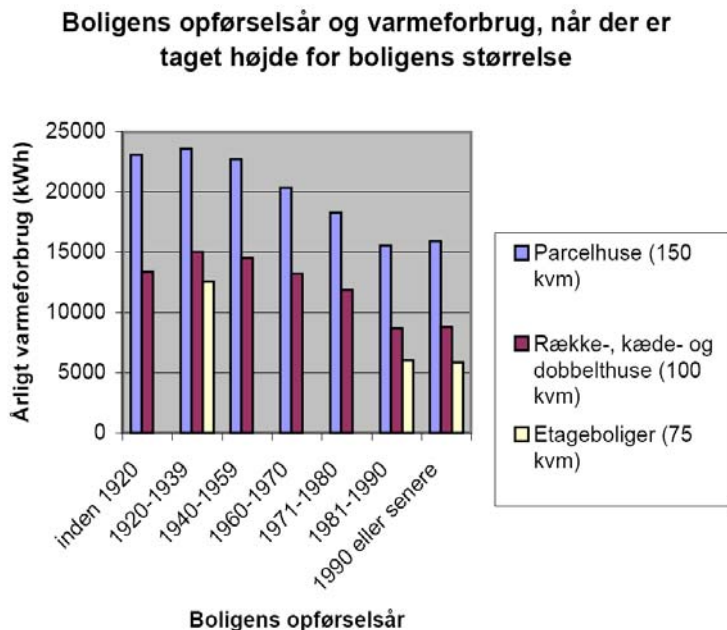
Række/kædehuse



Figur 10: Beregnet varmebalance for danske række-/kædehuse (BBR anvendelseskode 130). De røde markeringer (varmeanlæg) viser den samlede varmemængde, der går til opvarmning fra varmeanlægget /4/.

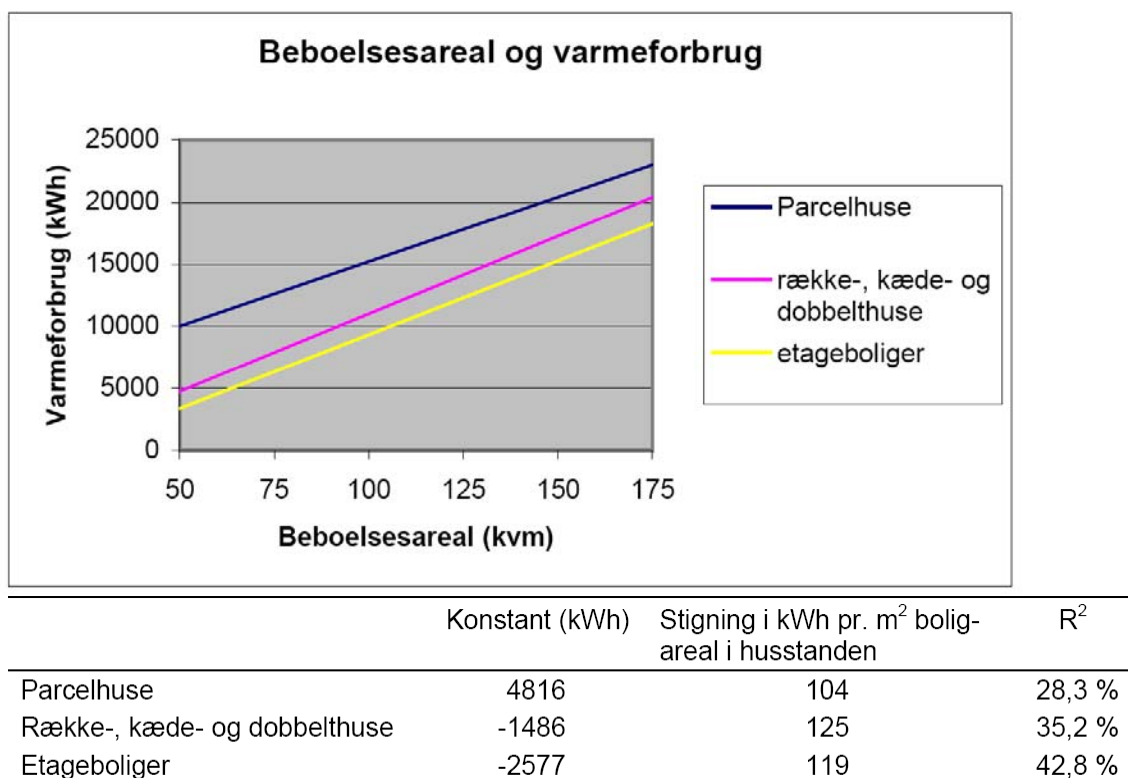
Varmeforbruget kan også opgøres i forhold til arealet og opførelsestidspunktet. I en undersøgelse /5/ er varmeforbruget målt i 50.000 husstande i Århusområdet i år 2000.

I figur 11 er varmeforbruget normeret til arealer på 150 m² for parcelhuse og 100 m² for række-, kæde- og dobbelthuse. I samme undersøgelse er varmeforbrugets afhængighed af beboelsesarealet også opgjort. Se figur 12. Det ses, at energiforbruget er størst i parcelhuse og mindst i etageboliger.



Figur 11: Målte varmeforbrug i afhængighed af opførselsår for parcelhuse, række-, kæde- og dobbelthuse samt etageboliger i år 2000 i Århus /5/.

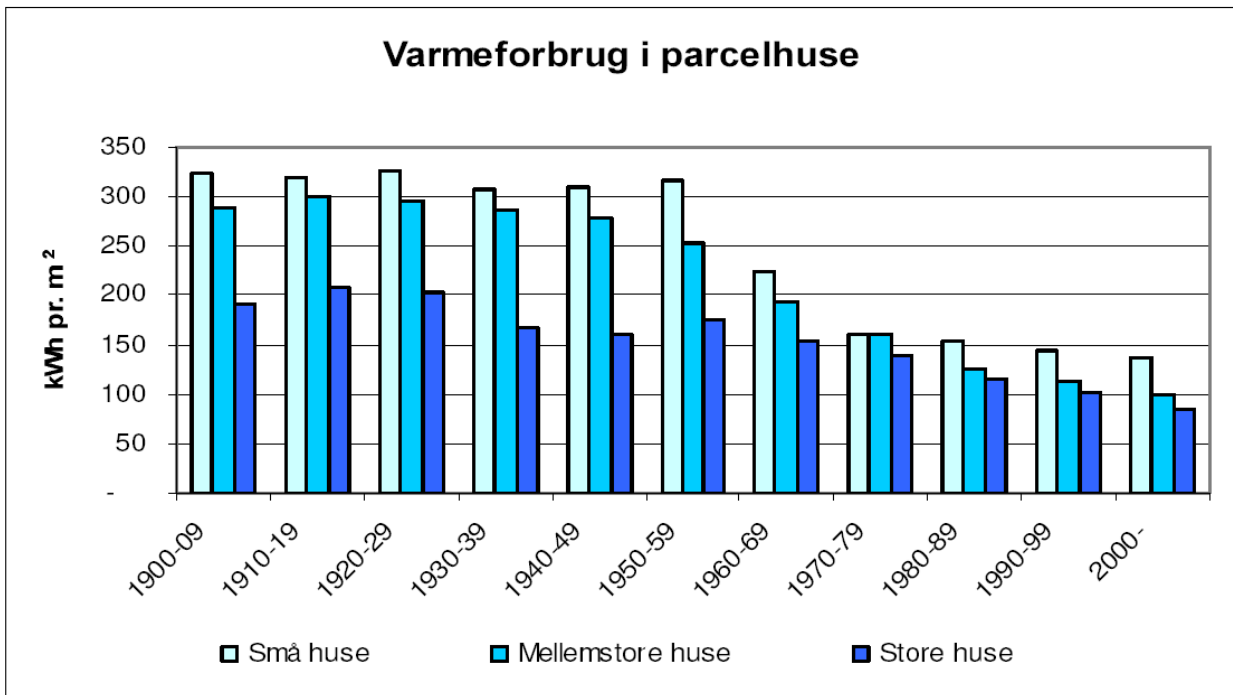
I en anden undersøgelse er der foretaget en analyse af varmekonsumet i parcelhuse baseret på beregnede data i forbindelse med Energimærkningsordningen.



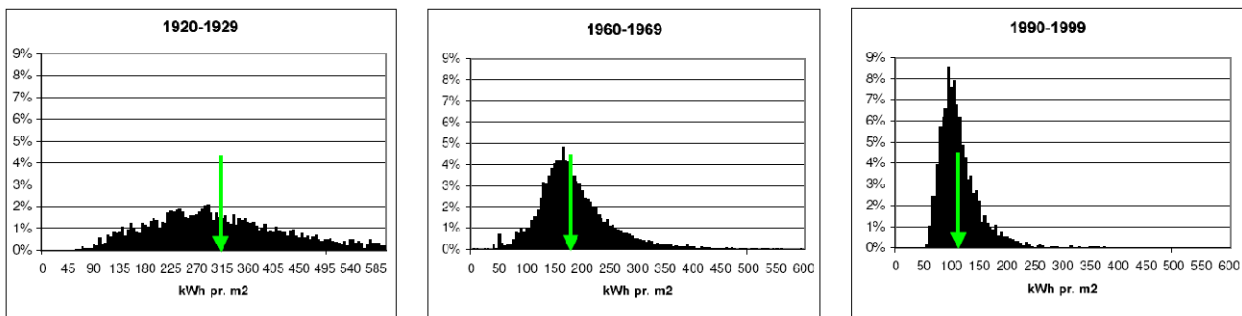
Figur 12: Målt varmekonsum (år 2000 i Århus) i afhængighed af bygningstype. Vist grafisk øverst og nederst er konstanter i kurver og koefficienten R², der er et udtryk for, hvor meget af variationen, der kan forklares ved den (uafhængige) variabel /5/.

I en undersøgelse baseret på Energimærkningsordningen (fra årene 2001-04) er varmekonsumet i parcelhuse bestemt pr. m² i afhængighed af opførelsesåret og bygningernes størrelse. Se figur 13 (ref. /6/). Det ses, at efter 1961 sker der et begyndende kraftigt fald i varmekonsumet, hvilket skyldes forskellige tidsperioders byggeskik og skærpede krav i bygningsreglementerne og deraf følgende krav til isoleringsforanstaltninger.

For at få en ide om spredningen i varmekonsum for ejendomme af forskellige aldre ses en stor spredning i varmekonsumet. Se figur 14, ref. /6/. Det ses, at der er meget store forskelle på varmekonsumet inden for den enkelte gruppe. Dette kan skyldes efterisoleringsforanstaltninger og de enkelte beboeres energimæssige vaner. Spredningen er størst for ældre ejendomme. Fordelingen kan tilnærmes en normalfordelingskurve.



Figur 13: Fordeling af varmekonsum i parcelhuse på grundlag af energimærkning i perioden 2001 – 2004 for 75.000 parcelhuse og i afhængighed af opførelsesår. Små huse er mindre end 80 m², og store huse er større end 150 m²/6/.



Figur 14: Fordeling af energikonsum i ejendomme på grundlag af energimærkning i afhængighed af opførelsesår /6/.

5.3 Opdeling

Der kan foretages en opdeling efter det varmebehov, som skal dækkes, og de muligheder, der er for at dække dette med varmepumper.

Der opstilles forskellige forudsætninger, som dermed også giver en afgrænsning af opgaven.

De typer varmepumper, der tages i betragtning, er:

Horisontale jordvarmeanlæg

Der forudsættes her et maksimalt varmeoptag fra jorden på 40 kWh/m² pr. år. De væsentligste krav (ref. /7/) til placering af jordslanger er:

- Afstand til bygninger: 1,5 m
- Afstand til vand og kloakrør: 1 m
- Afstand til skel: 0,6 m
- Den normale vandrette afstand mellem jordslanger er på mindst 1 m
- Den mest optimale dybde er på 0,7 – 0,9 m
- Jordslanger bør ikke lægges under terrasser eller befæstede (fliser og asfalt) arealer af hensyn til effektiviteten og af hensyn til en øget risiko for frosthævning.
- Der bør tages hensyn til rødder fra træer og prydhaver.
- Er slangernes afstand mindre end den krævede afstand, skal de isoleres på den pågældende strækning.

Sammenlagt vurderes det, at ca. ½ af grundens areal, der ikke er overdækket, kan benyttes til placering af jordslanger.

Der regnes med et varmeoptag fra jordslangerne på 40 kWh/m², hvor arealet er det vandrette areal af den udnyttelige jordoverflade. For varmepumperne antages en årsnyttevirkning på 3,8 for anlæg med gulvvarme og en årsnyttevirkning på mellem 3,0 og 3,2 for et anlæg med radiatorer. Som en fælles middelværdi benyttes 3,3 for jordvarmeanlæg. I fastlæggelsen af denne årsnyttevirkning indgår også varmtvandsforbruget. Med disse to forudsætninger vil der til rummet kunne afgives: $3,3/(3,3-1) \cdot 40 \text{ kWh/m}^2 = 57 \text{ kWh/m}^2$ på årsbasis for hver m² udnyttelig jordoverflade.

Vertikale jordvarmeanlæg

Dybden af borerne til placering af jordslangerne er typisk 80 – 100 m. Der skal være mindst 20 m mellem borerne til vertikale anlæg. Det vurderes derfor, at der skal være mindst 400 m² til hver boring og derfor mindst dette grundareal (inkl. overdækket areal) til rådighed. Vertikale jordvarmeanlæg stiller krav til grundvandsforholdene og til vandgennemstrømningen i jorden. Der forventes bevilget et PSO-projekt, der undersøger disse forhold nærmere. Det er derfor vanskeligt at give en årsnyttevirkning, men det skønnes, at der kan benyttes den samme værdi som ved anvendelse af horisontale jordvarmeanlæg.

Luft/vand-varmepumpe anlæg

Der er ingen specielle afstandskrav. Anlæggene bør dog udformes, så de ikke giver anledning til støjproblemer. Ved denne typeanlæg skønnes en årsnyttevirkning på 3,0.

Fokus sættes på *individuelle opvarmede boliger*, dvs. der ses ikke på og medtages ikke boliger i analysen, som er opvarmet med fjernvarme. Der medtages således bygninger, som er opvarmet med olie, naturgas, el eller andre former for individuel opvarmning.

Der foretages en opdeling efter *geografisk placering* af bygningerne. Opdelingen foretages efter de fem regioner, der findes i Danmark. Det vil samtidig give udsagn om potentialet i afhængighed af bebyggelsestætheden. Det vil også give udsagn om potentialet i den vestlige og østlige del af Danmark.

De *bygningsskategorier*, som medtages i undersøgelsen, omfatter parcelhuse, stuehuse og række- og kædehuse. Der medtages derimod ikke etageejendomme, institutioner eller erhvervsjendomme. Der medtages endvidere sommerhuse og feriebygninger, da der også kan forventes et potentiale i disse kategorier.

Inden for de udvalgte bygningsskategorier kan der forventes forskellige potentialer. Jo større grundarealet er i forhold til bygningsarealet og dermed opvarmningsbehovet, jo nemmere er det at anvende varmepumper med jordslanger. Der vælges at foretage en opdeling i tre grupper (se tabel 1):

- Parcelhuse herunder også stuehuse (benævnes efterfølgende parcelhuse)
- Række-, kæde og dobbelthuse (benævnes efterfølgende rækkehuse)
- Sommerhuse og feriebygninger (benævnes efterfølgende sommerhuse)

Det ses, at der især er et stort areal af parcelhuse fra perioden 1961 – 1978 (se figur 9).

Arealet af sommerhuse og feriehuse fremgår ikke af tabel 1. Energiforbruget for sommerhuse er ikke beregnet på samme måde som ved de øvrige bygningstyper. Der foretages normalt en forenklet energimærkning. Det vil sige, hvis bygningen opfylder de specifikke krav i Bygningsreglement BR08 tildeles mærket F og ellers tildeles mærket G. I nogle tilfælde kan fritidshuset være mærket som en helårsbolig, selvom det kun benyttes få måneder af året.

Bygningernes opvarmningsbehov er afhængig af det *opvarmede areal*. Dette areal findes ikke umiddelbart i BBR-registret, men er bestemt af Energikonsulenten i forbindelse med FEM-databasen.

Grundstørrelsen har betydning for, hvor let det er at dække opvarmningsbehovet med jordslanger. Grundstørrelsen bør korrigeres for, hvor meget bygningen fylder på grunden og andre begrænsninger på arealet. På grundlag af de registrerede data foretages en estimering af det tilgængelige grundareal, og det sammenholdes med opvarmningsbehovet.

5.4 Metode

For at finde de ønskede estimater benyttes følgende fremgangsmåde:

1. Der er foretaget udtræk af FEM- og BBR-databaserne (se Bilag 1). I BBR-databasen er der blevet tilføjet grundarealer for hver ejendom. Der er ikke medtaget ejendomme med fjernvarme i databaserne. I FEM-databasen er frasorteret ejendomme, hvor varmeanlægget ikke er oplyst, og hvor opvarmningsbehovet og det opvarmede areal er mindre end 0. De relevante data, der er i BBR-databasen, tilknyttes de tilhørende ejendomme i FEM-databasen.

2. I FEM-databasen udvælges bygninger, der opfylder kriterier for bygningsskategori og opvarmningsform.

Der er således opdeling efter:

- Geografi: 5 grupper svarende til regionerne
- Bygningskategori (3 grupper).

3. Oplysninger om arealer og varmekonsum er derefter vurderet. Resultaterne viser, at der er relativt få energimærkninger i Region Nordjylland. Det vælges derfor at slå resultaterne sammen fra regionerne Midtjylland og Nordjylland i de senere analyser.

Resultaterne viser, at oplysninger om rækkehuse er vanskelige at analysere på grund af manglende konsistens i arealoplysninger. Det vælges derfor at foretage separate skøn for rækkehuse på grundlag af mere generelle oplysninger. Data vedrørende sommerhuse er begrænsede, da der ikke er foretaget en egentlig bestemmelse af varmebehov i de enkelte bygninger ved energimærkningen. Der er derfor benyttet resultater fra andre analyser i bestemmelsen af potentialet til disse bygningskategorier.

4. For parcelhusene findes:

- Opvarmet areal
- Bebygget areal
- Varmebehov.

5. Hver bygning parres med et grundareal fra OIS/BBR-registret.

- Ved hjælp af grundarealet og det bebyggede areal findes et ledigt grundareal, der bestemmes som halvdelen af forskellen mellem grundareal og bebygget areal.
- Forholdet mellem ledigt grundareal og opvarmningsbehov bestemmes (vandrette anlæg).

6. Der er foretaget en opskalering til landsplan. Det forventes, at FEM-databasen er repræsentativ for forholdene på landsplan. En række af resultaterne vises direkte som resultat af BBR-databasen. Andre resultater kræver en opskalering til regions- og landsplan. Opskaleringen sker for hver region på grundlag af de opvarmede arealer der er i FEM-databasen til de estimerede opvarmede arealer BBR-databasen.

7. Detailundersøgelser:

Der er også foretaget analyser af fordelingen af de forskellige opvarmningsformer (naturgas, olie, el).

5.5 Resultater

Antal bygninger

Fra BBR-databasen er der opgjort, hvor mange bygninger, der er i de forskellige kategorier (tabel 15). Der er i alt ca. 1 mio. bygninger i de undersøgte kategorier (bemærk, at bygninger er uden fjernvarme).

Tabel 15. Antal bygninger i Danmark i kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra BBR-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	152.697	35.687	37.634	226.018
2. Region Sjælland	177.151	19.521	66.591	263.263
3. Region Syddanmark	177.323	14.595	34.805	226.723
4. Region Midtjylland	157.419	10.072	44.947	212.438
5. Region Nordjylland	82.222	3.761	36.066	122.049
Sum	746.812	83.636	220.043	1.050.491

Fra FEM-databasen er der undersøgt følgende antal bygninger i de forskellige kategorier (tabel 16). Bygninger er uden fjernvarme og uden bygninger, hvor der ikke er et opvarmningsbehov.

Tabel 16. Antal bygninger i Danmark i kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	13.223	3.633	186	17.042
2. Region Sjælland	14.342	2.033	224	16.599
3. Region Syddanmark	12.561	1.016	68	13.645
4. Region Midtjylland	8.691	840	107	9.638
5. Region Nordjylland	1.984	177	53	2.214
Sum	50.801	7.699	638	59.138

Andelen af parcelhuse i FEM-databasen udgør ca. 7 % af antallet af bygninger BBR-databasen bortset set fra region 5, hvor der er væsentlig færre. Andelen af rækkehuse i FEM-databasen udgør over 9 % i forhold til BBR-databasen. Andelen af sommerhuse er beskedent i FEM-databasen i forhold til BBR-databasen (ca. 0,3 %).

I de senere analyser har man derfor valgt at slå resultaterne fra region Midtjylland og Region Nordjylland sammen. I det følgende benyttes talbetegnelserne vist ovenfor for de forskellige regioner.

Opvarmede arealer

De samlede opvarmede arealer, der er udvalgt i BBR-databasen, er vist i tabel 17. Der er i alt 113 mio. m² parcelhuse. Arealet af rækkehuse udgør 1/10 af dette. Arealet af sommerhuse udgør et tilsvarende areal.

Sammenlignes med de samlede arealer i tabel 1 udgør det opvarmede areal af de udvalgte huse i BBR-databasen 62 % for parcelhuse og stuehuse og 35 % for rækkehuse. Årsagen til den lavere andel rækkehuse kan skyldes, at der er flere rækkehuse, som er opvarmet med fjernvarme.

Tabel 17. Opvarmet areal (m²) i BBR-databasen opdelt på anvendelse og region.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	22.328.099	5.108.353	2.894.354	30.330.806
2. Region Sjælland	25.853.103	3.028.233	4.312.950	33.194.286
3. Region Syddanmark	27.419.920	2.051.865	2.748.339	32.220.124
4. Region Midtjylland	24.541.612	1.376.867	3.497.776	29.416.255
5. Region Nordjylland	12.879.287	553.283	2.813.696	16.246.266
Sum	113.022.021	12.118.601	16.267.115	141.407.737

Det samlede opvarmede areal af bygningerne i FEM-databasen for de valgte bygningskategorier er vist i tabel 18. Det ses at de undersøgte bygninger i FEM-databasen har et areal på 7,9 mio. m² for parcelhuse og 1,6 mio. m² for rækkehuse. Sammenlignes med tabel 17 ses, at arealet for parcelhuse (og stuehuse) udgør ca. 7 % af det tilsvarende areal i BBR-databasen. Den tilsvarende andel for rækkehusene er 13 %.

Tabel 18. Opvarmet areal i alt (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	2.062.238	661.167	21.114	2.744.519
2. Region Sjælland	2.135.719	417.862	27.156	2.580.737
3. Region Syddanmark	1.936.575	313.171	6.498	2.256.244
4. Region Midtjylland	1.414.592	191.417	12.833	1.618.842
5. Region Nordjylland	330.556	43.998	17.109	391.663
Sum	7.879.680	1.627.615	84.710	9.592.005

Det gennemsnitlige areal af de enkelte bygninger i de forskellige kategorier er opgjort i tabel 19. Arealerne ser for rækkehuse (og sommerhuse) store ud, hvilket kan skyldes, at arealerne knytter sig til hele bygningens areal med flere boliger og ikke til arealet af de enkelte boliger. Resultater fra rækkehuse (og sommerhuse) benyttes derfor ikke i efterfølgende analyser.

For parcelhuse ses, at det opvarmede areal er væsentligt højere i Midt- og Nordjylland end i resten af landet. Dette skyldes formentlig, at der er langt flere, der har råd til et større hus i disse områder, end det er tilfældet f.eks. på Sjælland.

Tabel 19. Opvarmet areal pr. bygning (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	156	182	114	161
2. Region Sjælland	149	206	121	155
3. Region Syddanmark	154	308	96	165
4. Region Midtjylland	163	228	120	168
5. Region Nordjylland	167	249	323	177
Gennemsnit	155	211	133	162

For parcelhusene vil forholdet mellem arealerne i BBR-databasen og FEM-databasen blive benyttet til opskalering af varmebehovet på landsplan. Resultaterne for region 4 (Region Midtjylland) og 5 (Region Nordjylland) vil som nævnt blive slået sammen, da der er relativt få bygninger i FEM-databasen for region 5.

Resultaterne for rækkehuse er behandlet særskilt (se afsnit 6) på grund af de åbenlyse ikke korrekte arealangivelser. Sommerhuse er ligeledes behandlet særskilt i afsnit 7.

De bebyggede arealer er et udtryk for, hvor meget bygningen fylder på grunden. Det samlede areal er vist i tabel 20. Der er også indregnet arealer af overdækkede terrasser. Sammenlignes med det opvarmede areal (tabel 18) ses, at for parcelhuse udgør de bebyggede arealer gennemsnitligt 82 % af det opvarmede areal. Årsagen til, at tallet er så højt, skyldes sandsynligvis, at en del af bygningernes arealer ikke er opvarmede som fx terrasser og carporte mv.

Tabel 20. Bebygget areal i alt (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	1.645.388	365.767	18.955	2.030.110
2. Region Sjælland	1.777.791	287.728	23.972	2.089.491
3. Region Syddanmark	1.608.612	149.199	6.119	1.763.930
4. Region Midtjylland	1.137.921	119.876	12.855	1.270.652
5. Region Nordjylland	260.357	26.491	5.837	292.685
Sum	6.430.069	949.061	67.738	7.446.868

Det bebyggede areal pr. bolig er bestemt i tabel 21. Arealerne fra region til region for parcelhuse er stort set ens. Der er dog en anelse større bebyggede arealer i Jylland end på Sjælland. Værdierne i tabel 21 anses dog ikke for at være repræsentative for rækkehuse og sommerhuse, da arealerne er større, end det kan forventes.

Tabel 21. Bebygget areal pr. bolig (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	124	101	102	119
2. Region Sjælland	124	142	107	126
3. Region Syddanmark	128	147	90	129
4. Region Midtjylland	131	143	120	132
5. Region Nordjylland	131	150	110	132
Gennemsnit	127	123	106	126

De samlede grundarealer i FEM-databasen er vist i tabel 22. Der er bestemt grundarealer på grundlag af BBR-data, som efterfølgende er tilføjet FEM-databasen. Nogle af grundarealerne i databasen er meget store, og det medfører store gennemsnitsarealer, som vist i tabel 23. En forklaring kan måske være, at landbrugsarealer og de samlede fællesarealer er indregnet i grundarealerne.

Tabel 22. Samlet grundareal i alt (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	1.468.757.506	32.705.762	2.150.029	1.503.613.297
2. Region Sjælland	814.525.332	7.977.048	600.838	823.103.218
3. Region Syddanmark	2.828.885.683	3.600.579	2.059.562	2.834.545.824
4. Region Midtjylland	2.746.600.771	2.882.206	16.758.513	2.766.241.490
5. Region Nordjylland	6.903.068.446	799.307	1.096.214	6.904.963.967
Sum	14.761.837.738	47.964.902	22.665.156	14.832.467.796

Tabel 23. Samlet grundareal pr. bolig (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	111.076	9.002	11.559	88.230
2. Region Sjælland	56.793	3.924	2.682	49.588
3. Region Syddanmark	225.212	3.544	30.288	207.735
4. Region Midtjylland	316.028	3.431	156.622	287.014
5. Region Nordjylland	3.479.369	4.516	20.683	3.118.773
Gennemsnit	290.582	6.230	35.525	250.811

Der foretages en sortering, så hvis grundarealet er større end 5000 m², sættes grundarealet til 5000 m². (tabel 24 og 25). Som det kunne forventes, er det gennemsnitlige grundareal mindst i region Hovedstaden og størst i region Nordjylland. Det vurderes dog, at gennemsnittet ikke er særlig repræsentativt for de tilgængelige arealer, da en del bygninger indgår i gennemsnittet med det maksimale areal på 5000 m².

Tabel 24. Samlet grundareal i alt (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen. Grundarealer reduceret til maksimalt 5000 m².

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	14.441.119	2.164.618	337.285	16.943.022
2. Region Sjælland	20.077.898	3.127.313	309.111	23.514.322
3. Region Syddanmark	21.170.682	1.934.144	90.529	23.195.355
4. Region Midtjylland	14.754.975	1.652.975	220.560	16.628.510
5. Region Nordjylland	4.060.075	442.177	130.282	4.632.534
Sum	74.504.749	9.321.227	1.087.767	84.913.743

Tabel 25. Samlet grundareal pr. bolig (m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen. Grundarealer reduceret til maksimalt 5000 m².

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	1.092	596	1.813	994
2. Region Sjælland	1.400	1.538	1.380	1.417
3. Region Syddanmark	1.685	1.904	1.331	1.700
4. Region Midtjylland	1.698	1.968	2.061	1.725
5. Region Nordjylland	2.046	2.498	2.458	2.092
Gennemsnit	1.467	1.211	1.705	1.436

Varmebehov

Det årlige varmebehov er bestemt på grundlag af FEM-data. Det samlede varmebehov er fundet for alle huse i hver kategori (tabel 26) og det gennemsnitlige varmebehov pr. hus (tabel 27).

Tabel 26. Årligt varmebehov for alle huse i gruppen (MWh) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Sum
1. Region Hovedstaden	386.930	101.919	3.691	492.540
2. Region Sjælland	392.328	212.745	4.715	609.787
3. Region Syddanmark	394.193	61.251	1.535	456.978
4. Region Midtjylland	238.509	40.644	3.318	282.471
5. Region Nordjylland	57.690	6.006	3.819	67.515
Sum	1.469.650	422.564	17.077	1.909.291

Tabel 27. Årligt varmebehov gennemsnitligt pr. bygning (MWh) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	29	28	20	29
2. Region Sjælland	27	105	21	37
3. Region Syddanmark	31	60	23	33
4. Region Midtjylland	27	48	31	29
5. Region Nordjylland	29	34	72	30
Gennemsnit	29	55	27	32

Det gennemsnitlige årlige varmeforbrug er beregnet pr. m² bolig (tabel 28). Det ser ud til at ligge mellem 169 og 204 kWh/m² for parcelhuse. Årsagen til forskellene fra region til region kan skyldes, at der i Midt- og Nordjylland generelt er større huse (se tabel 19). Dette er dog ikke ensbetydende med, at hele huset reelt benyttes. Gildesale eller andre større rum kan fx kun være i brug få gange om året og reelt kun holdes frostfrie resten af tiden, men ved en energimærkning vil der blive regnet med, at arealet er fuldt opvarmet. Desuden er det fundet, at bygningerne i region Midt- og Nordjylland samtidig er dem, der i mindst udstrækning er blevet renoveret.

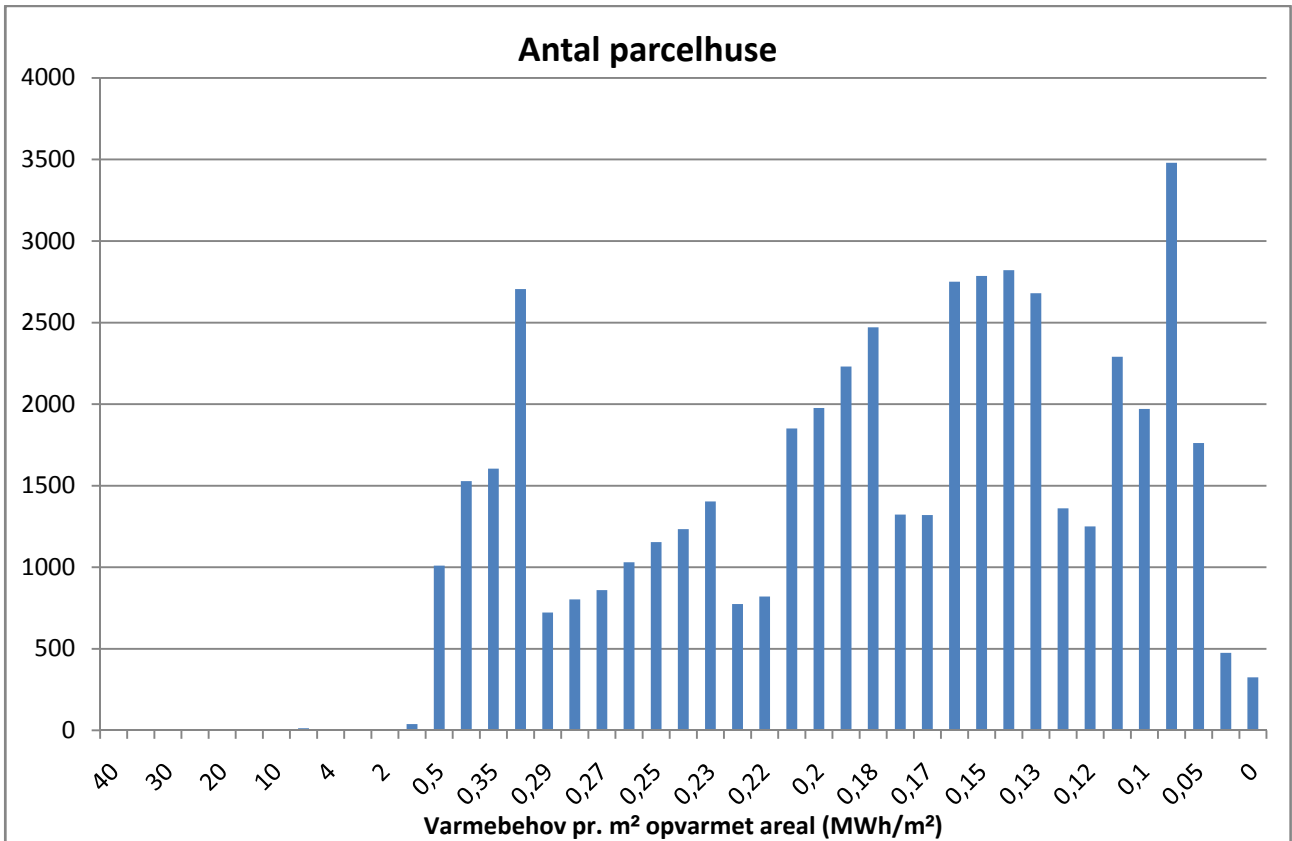
I tabel 27 ses et større gennemsnitligt varmebehov pr. hus i Syddanmark, der går igen, når der ses på varmebehovet pr. opvarmet areal i tabel 28. Værdierne for række- og sommerhuse ser ikke realistiske ud i forhold til det forventede.

Tabel 28. Årligt varmebehov gennemsnitligt pr. opvarmet areal (kWh/m²) fordelt på kategorierne parcelhuse, rækkehuse og sommerhuse fra FEM-databasen.

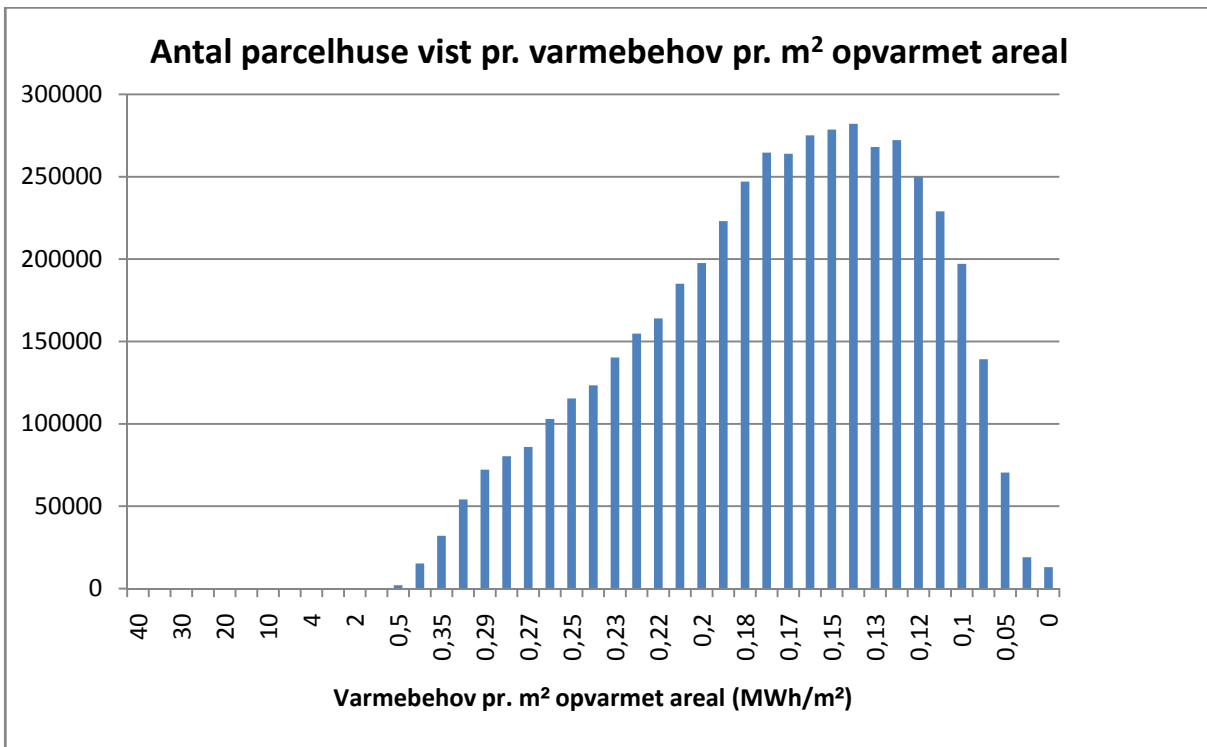
Region	Parcelhuse	Rækkehuse	Sommerhuse	Gennemsnit
1. Region Hovedstaden	188	154	175	179
2. Region Sjælland	184	509	174	236
3. Region Syddanmark	204	196	236	203
4. Region Midtjylland	169	212	259	174
5. Region Nordjylland	175	137	223	172
Gennemsnit	187	260	202	199

Fordelingen af antallet af parcelhuse fordelt efter varmebehov pr. m² opvarmet areal er beregnet (se figur 15). Da intervalindelingen i figur 15 ikke er ensartet, er det valgt at dividere med bredden af intervallerne bredde, som vist i figur 16. Derved opnås en mere ensartet fordeling (figur 16).

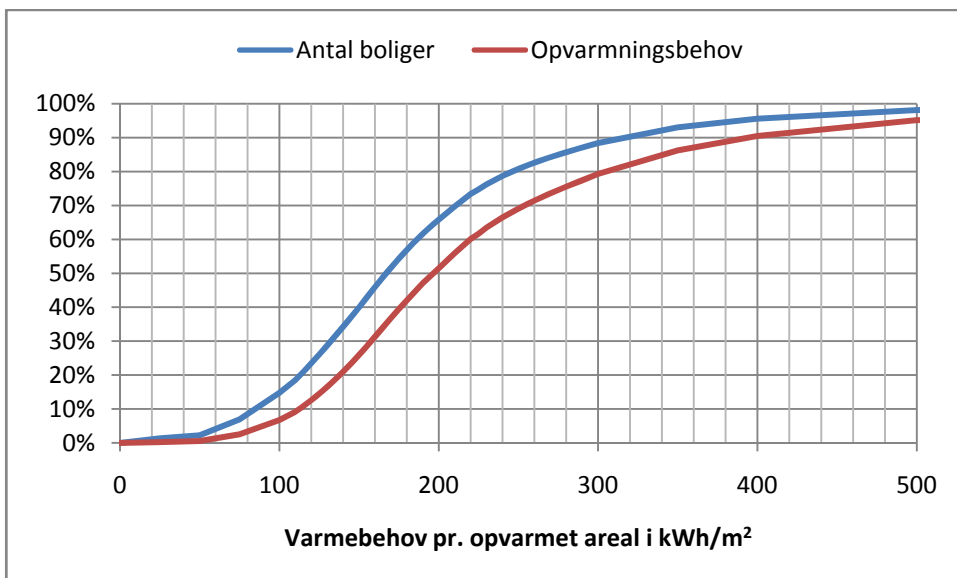
I figur 17 er vist den akkumulerede fordeling af antallet af parcelhuse og det samlede opvarmningsbehov fordelt efter varmebehovet pr. opvarmet areal. Figur 17 viser forholdene samlet for alle regioner. På figur 18 er fordelingen på antal huse vist for de enkelte regioner.



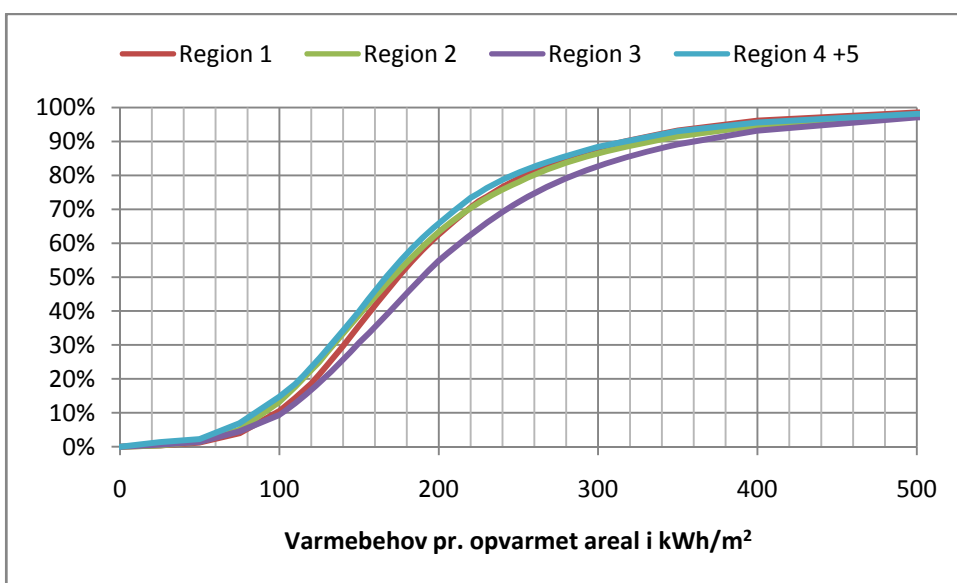
Figur 15: Fordeling af antal parcelhuse efter varmebehov pr. m² opvarmet areal (for hele Danmark) .



Figur 16: Fordeling af antal parcelhuse vist pr. varmebehov pr. m² opvarmet areal (for hele Danmark).



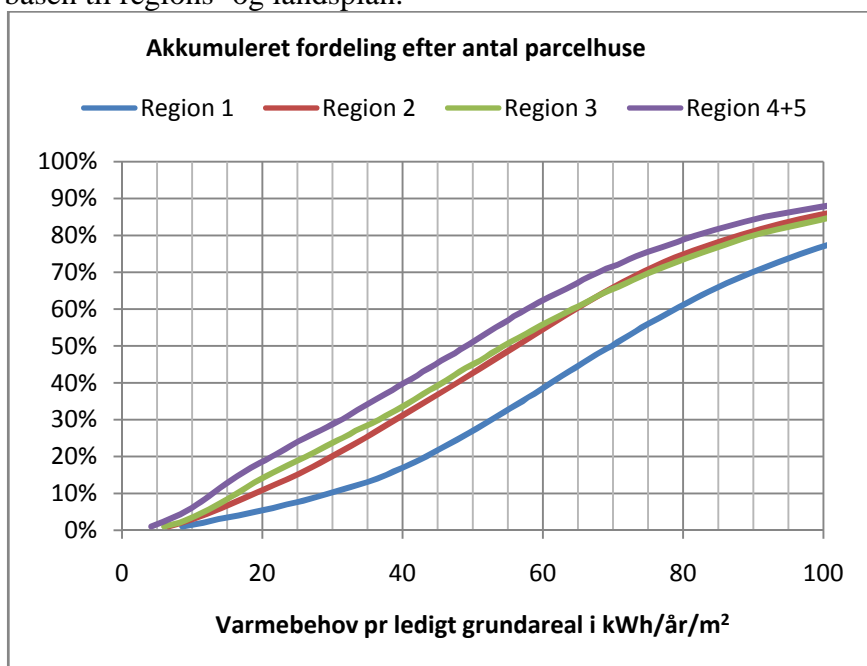
Figur 17: Akkumuleret fordeling af antal parcelhuse (boliger) og af opvarmningsbehovet efter varmebehov pr. opvarmet areal i kWh/m².



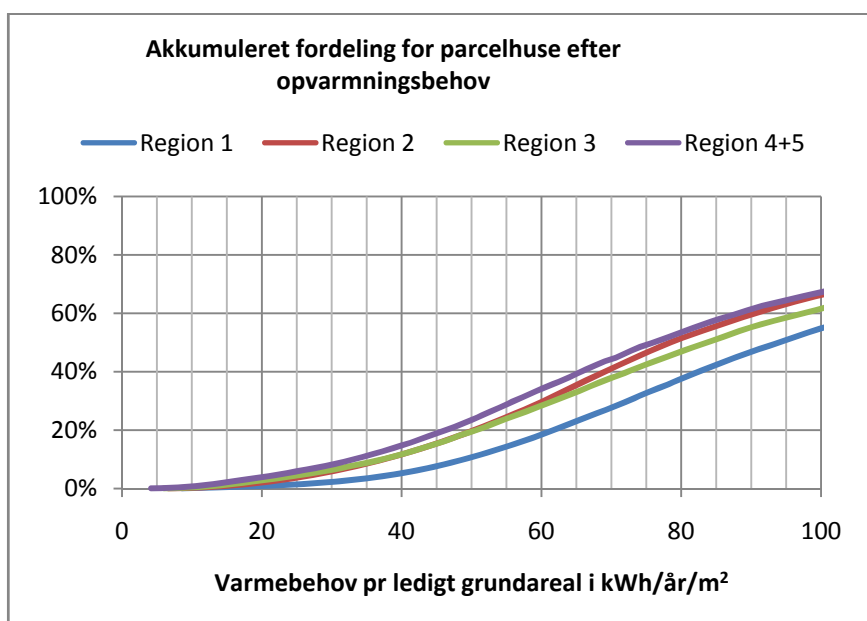
Figur 18: Akkumuleret fordeling af antal parcelhuse i de forskellige regioner fordelt efter varmebehov pr. opvarmet areal i kWh/m².

Varmebehov pr. ledigt grundareal

Det ledige grundareal er bestemt som det halve af forskellen mellem grundareal og bebygget areal. For parcelhusene i FEM-databasen er varmebehovet pr. m² ledigt grundareal bestemt for hvert hus. For hver af regionerne er antallet af parcelhuse bestemt som funktion af varmebehovet pr. ledigt grundareal. Dette er vist i figur 19 som en akkumuleret fordeling. Der er ligeledes vist en tilsvarende akkumuleret fordeling, hvor det ikke er antallet af huse men varmebehovet, der er akkumuleret. (figur 20). Tallene fra figur 20 benyttes, som vist i næste afsnit, til opskaleringen fra FEM-databasen til regions- og landsplan.



Figur 19: Akkumuleret fordeling af antal parcelhuse i de forskellige regioner fordelt efter varmebehov pr. ledigt grundareal i kWh/år/m².



Figur 20: Akkumuleret fordeling af varmebehov i de forskellige regioner fordelt efter varmebehov pr. ledigt grundareal i kWh/år/m².

Opskalering

På grundlag af fundne resultater i de foregående afsnit foretages en opskalering for parcelhuse af resultaterne til regions- og landsplan. Se tabel 29. Ved opskaleringen benyttes følgende forudsætninger:

- Varmehov pr. m² opvarmet areal, der er fundet i tabel 28.
- De opvarmede arealer findes fra BBR-databasen, hvor der er fundet det samlede areal af parcelhuse, som ikke er fjernvarmeopvarmede.
- Samlet varmebehov findes ved at multiplicere varmebehovet pr. m² opvarmet areal med de opvarmede arealer.
- Den andel af varmebehovet, der kan forventes at blive dækket ved hjælp af jordvarme, er fundet tidligere, se figur 20. Forudsætningen er her, at varmebehovet er mindre end 57 kWh/m², hvor arealet er det ledige grundareal. Bemærk, at der er regnet med, at kun halvdelen af forskellen mellem det aktuelle grundareal og det bebyggede areal er forudsat at være ledigt til anvendelse for jordvarmeslanger.
- Den resterende del kan forventes at kunne blive dækket af luft/vand-varmepumper eller andre typer varmepumper.
- Årsnyttevirkningen af jordvarmepumperne er sat til 3,3, og for luft/vand-varmepumperne er den sat til 3,0.
- Årsnyttevirkningen benyttes til at finde elforbrug til drift af jordvarmepumpen. Den resterende varme er vedvarende energi (VE), der kommer fra jorden.
- Tilsvarende bestemmes elforbruget til drift af luft/vand-varmepumpen. Den resterende varme er vedvarende energi fra udeluften.

På landsplan er varmebehovet ca. 187 kWh/m² pr. år. Det er fundet, at der i alt er parcelhuse med et opvarmet areal på 113 mill. m², som der kan installeres varmepumper i. Den andel af varmebehovet, varmepumperne kan dække, varierer mellem 16 og 31 % fra region til region. Andelen er følsom for mange parametre fx opvarmningsbehov, og den andel af grundarealet, der kan placeres jordvarmeslanger på.

Det samlede varmebehov på 20.900 GWh kan dækkes af et elforbrug på 6.800 GWh samt vedvarende energi fra jorden og luften.

Tabel 29. Opskalering af resultater fra FEM-databasen til regions- og landsplan. Tabellen viser varmebehov pr. opvarmet areal fra FEM-data, opvarmet areal i bygninger, der anses for at være velegnet til at få varme fra varmepumper og det samlede varmebehov. Andelen af varmebehov samt varmebehovet, der kan dækkes af henholdsvis jordvarme og luft/vand-varmepumper. Elforbruget til varmepumpe (VP) og vedvarende energi (VE-forbrug) fra jorden og udeluften.

Region	Årligt varmebehov i FEM-data pr opvarmet areal	Opvarmet areal i BBR-data (egnet til VP)	Samlet varmebehov	Andel jordvarme	Varmebehov dækket af jordvarme	Elforbrug til VP	VE-forbrug	Andel luft/vand VP	Varmebehov dækket af luft/vand VP	Elforbrug til VP	VE-forbrug
	kWh/m ²	m ²	GWh		GWh	GWh	GWh		GWh	GWh	GWh
1. Region Hovedstaden	188	22.328.099	4.189	16%	670	203	467	84%	3.519	1.173	2.346
2. Region Sjælland	184	25.853.103	4.749	27%	1.282	389	894	73%	3.467	1.156	2.311
3. Region Syddanmark	204	27.419.920	5.581	26%	1.451	440	1.011	74%	4.130	1.377	2.753
4. Region Midt- og Nordjylland	170	37.420.899	6.351	31%	1.969	597	1.372	69%	4.382	1.461	2.922
Sum		113.022.021	20.871		5.373	1.628	3.745		15.499	5.166	10.332

Opvarmningsmiddel

Fordelingen af opvarmningsmiddel, fordelt på de enkelte regioner, er vist i tabel 30 og 31. Der er vist fordeling både efter antal huse og efter opvarmningsbehov. Bemærk, at der ikke er medtaget fjernvarme i opstillingen.

Endvidere er der i afsnit 2.2 vist antallet af bygninger svarende til tabel 30. I afsnit 2.2 er opvarmningsforbruget vist svarende til tabel 31 samt det elforbrug til varmepumper, som vil kunne dække varmekonsumet.

Som forventet er der færre olieopvarmede huse i region 1 og flest i region 4 og 5. Tilsvarende er der flest gasopvarmede huse i region 1 og færrest i region 4 og 5.

Tabel 30. Fordeling af antal bygninger på opvarmningsmiddel af de udtagne bygninger (FEM-data).

Opvarmningsmiddel	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4+5	Gennemsnit
Olie og fossile brændsler (ekskl. gas fra ledning)	31%	41%	42%	48%	40%
Naturgas og bygas	58%	40%	45%	37%	45%
El	10%	16%	10%	11%	12%
Varmepumper	2%	2%	3%	4%	2%
Biomasse og andet	0%	1%	1%	1%	1%
Sum	100%	100%	100%	100%	99%

Tabel 31. Fordeling af opvarmningsbehov efter opvarmningsmiddel af de udtagne bygninger (FEM-data).

Opvarmningsmiddel	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4+5	Gennemsnit
Olie og fossile brændsler (ekskl. gas fra ledning)	37%	51%	51%	58%	49%
Naturgas og bygas	55%	34%	40%	31%	41%
El	6%	12%	7%	7%	8%
Varmepumper	1%	2%	2%	2%	2%
Biomasse og andet	0%	1%	1%	1%	1%
Sum	100%	100%	100%	100%	100%

6 Rækkehuse

Potentialet for anvendelse i rækkehuse er væsentlig mindre end parcelhuse. Det skyldes det enkle forhold, at der er væsentlig færre m² opvarmet areal end i parcelhuse.

Fra tabel 1 er fundet, at arealet af rækkehus er i alt 33,6 mill. m². Arealet af stuehuse og parcelhuse er henholdsvis 24,7 mill. m² og 157,3 mill. m² (i alt 182 mill m²). Andelen af rækkehuse, der er opvarmet med fjernvarme, kan forventes at være større end i parcelhuse. Endvidere kan det ses af figur 11, at opvarmningsbehovet er mindre pr. m² i rækkehuse end i parcelhuse.

Der gives et oversigtsmæssigt skøn over potentialet for anvendelse af varmepumper i rækkehuse. Der tages udgangspunkt i et gennemsnitligt energiforbrug til parcelhuse på 190 kWh/m². Energiforbruget pr. m² er ca. 20 % lavere i rækkehuse end i parcelhuse, dvs. 150 kWh/m².

Det vil sige, at energiforbruget er ca. 150 kWh/m² · 33,6 mill m² = 5000 GWh. Et skøn er, at halvdelen er opvarmet med fjernvarme. Der er derved et potentielt energiforbrug på 2500 GWh, der kan dækkes af varmepumper.

Det skønnes, at mange rækkehuse har et areal på 100 m². Dette giver et gennemsnitligt opvarmningsbehov på 15.000 kWh. Normalt kan der regnes med en samlet ydelse fra en jordvarmepumpe på 57 kWh/m² pr. m² grundareal. Derfor er der et behov for et grundareal, der kan udnyttes, på 260 m². Hvis kun halvdelen af arealet, der ikke er dækket af en bygning, kan udnyttes til jordvarmeslanger, er der et behov for et samlet areal i dette eksempel på 2 · 260 m² = 520 m². Dertil kommer det bebyggede areal. Det skønnes således, at grundarealet i dette tilfælde typisk skal være 600 m². Grundarealet, der direkte er tilknyttet det enkelte rækkehus, vil normalt være mindre. Typiske grundarealer vil ligge i området 300 - 600 m². Der vil desuden ofte være fællesarealer, der i princippet kan udnyttes, men det kan måske i praksis og organisatorisk være vanskeligt at udnytte disse arealer.

Det skønnes derfor, at 1 fjerdedel af rækkehusenes varmebehov kan dækkes med jordvarme, mens den øvrige trefjerdedel kan dækkes af luft/vand-varmepumper eller andre typer varmepumper.

Med jordvarme: Der dækkes ¼ af 2500 GWh = 625 GWh. Elforbrug:	190 GWh
Med andre typer varmepumper: ¾ af 2500 GWh = 1875 GWh. Elforbrug:	<u>625 GWh</u>
Samlet elforbrug	815 GWh

7 Sommerhuse

7.1 Konklusioner vedr. sommerhuse

Det samlede potentiale ved anvendelse af varmepumper i sommerhuse er vurderet til at kunne reducere elforbruget til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand fra i alt 470 GWh til 295 GWh.

Vurderingen bygger på de forudsætninger, som er beskrevet i det følgende.

Det er opgjort, at der er 220.000 sommerhuse i Danmark. En stor andel (125.000) anvendes traditionelt som familiesommerhuse uden udlejning. Disse huse anvendes kun i beskedent omfang i opvarmningssæsonen. Den øvrige andel anvendes i væsentlig større udstrækning fx til udlejning eller som bolig i en ikke ubetydelig del af året.

I sommerhussektoren er den primære opvarmningsform el i form af direkte elopvarmning og med et supplement af brændeovne. Det samlede elforbrug i sommerhuse er opgjort til 725 GWh i 2005 - heraf udgør forbruget i traditionelle familiesommerhuse 253 GWh.

Af det samlede elforbrug udgør elforbrug til rumopvarmning 172 GWh og til opvarmning af varmt vand 298 GWh. Elforbruget til rumopvarmning er spredt ud på de forskellige kategorier af anvendelser. Selvom traditionelle familiesommerhuse udgør over halvdelen af antallet af sommerhuse, udgør det samlede elforbrug til rumopvarmning kun ca. 20 %. Ses på elforbrug til opvarmning af varmt vand udgør de traditionelle familiesommerhuse ca. 1/3 af elforbruget.

Der er beregnet det forventede elforbrug ved anvendelse af luft/luft-varmpumper placeret i det største rum i huset. Med de gjorte forudsætninger vil elforbruget til rumopvarmning kunne reduceres fra 172 GWh til 139 GWh. Dette er under forudsætning af, at en enkelt luft/luft-varmepumpe placeres i hvert hus, og at brændeovnen ikke benyttes mere. Forudsættes derimod at brændeovnen benyttes i samme omfang som tidligere, er det beregnet, at elforbruget kan nedsættes til 122 GWh. Hvis brugsmønstret ændres, så der tillades en lavere temperatur i de tilstødende rum, og dørene mellem stuen og de tilstødende rum er åben eller holdes på klem, vil varmepumpen også kunne levere en varmemængde til disse rum.

I de sommerhuse, der har helårsanvendelse, er der et energiforbrug til rumopvarmning på i alt 77 GWh. Dette energiforbrug er med ovennævnte forudsætninger reduceret til 59 GWh med anvendelse af luft/luft-varmepumpe og brændeovn. I huse med helårsanvendelse vil der med fordel kunne anvendes andre typer varmepumper, der er vandbaserede med radiatorer i alle rum. Dette vil kunne reducere energiforbruget til rumopvarmning fra de 77 GWh til ca. 1/3 dvs. 26 GWh.

Reduktionen er dermed på 33 GWh, således at elforbruget til rumopvarmning i alle sommerhuse bliver: $122 \text{ GWh} - 33 \text{ GWh} = 89 \text{ GWh}$.

Det kan ikke forventes, at der vil være økonomi i at installere varmepumper til rumopvarmning i de sommerhuse, som kun er opvarmet i meget korte perioder i opvarmningssæsonen. Er anvendelsen derimod større i opvarmningssæsonen, vil der være god økonomi i luft/luft- varmepumperne.

Det kan forventes, at en del sommerhusejere ønsker at holde huset frostfrit om vinteren for at minimere besværet med aftømning af brugsvandsanlægget. I disse tilfælde vil det også være en god ide at anvende et varmepumpesystem.

De grupper, hvor økonomien ved installation af luft/luft-varmepumper er tvivlsom, er: sommerboliger (dvs. flytter adresse om sommeren), pendlerboliger (dvs. pendler mellem arbejdsplads og sommerhus om sommeren uden at flytte adresse), sommerhuse med alm. udlejning, fællessommerhuse, familiesommerhuse uden udlejning og kolonihavehuse.

Energiforbruget til rumopvarmning i disse kategorier ligger mellem 100 og 517 kWh pr. hus ifølge tabel xx9 - i alt udgør det samlede energiforbrug 58 GWh pr. år. Det kan dog forventes, at der er en stor spredning i det reelle energiforbrug fra hus til hus. Det skønnes derfor, at i en del af de nævnte grupper af anvendelser vil der være et væsentligt større forbrug til rumopvarmning pr. hus, som gør, at der vil være økonomi i at have et varmepumpeanlæg. Et skøn er at 1/3 af de 58 GWh med fordel vil kunne erstattes af opvarmning med varmepumper. Det vil give en reduktion af elforbruget fra 58 GWh til 45 GWh, hvilket svarer til de beregnede elforbrug i tabel 40 med anvendelse af brændeovn efter installation af varmepumpe.

Sammenfattende vil et realistisk bud være, at elforbruget ved anvendelse af varmepumper til rumopvarmning kunne reduceres til ca. 100 GWh pr. år i sommerhuse, idet omfanget af brug af brændeovn efter installation af en varmepumpe er usikker.

Der vil være gode muligheder for fleksibel el til opvarmning i sommerhuse, da husene ofte er forsynet med brændeovn, som vil kunne levere varme i perioder, hvor fx elprisen er høj.

For at have en fornuftig økonomi ved varmepumper til opvarmning af varmt brugsvand bør der være et vist årligt varmtvandsforbrug. Det vurderes, at en rimelig grænse vil være et varmtvandsforbrug på ca. 2000 kWh/år. Ses på tabel 38 vil størstedelen af typer af anvendelser falde i denne kategori. Dog falder gruppen med 125.000 familiesommerhuse uden udlejning uden for den kategori. I denne kategori er beregnet et forbrug til opvarmning af varmt vand pr. hus på 888 kWh pr. år. Dette giver et samlet forbrug til opvarmning på 111 GWh. For at vurdere potentialet for opvarmning af varmt brugsvand medtages alle kategorier bortset fra ovennævnte og enkelte andre grupper. Kolonihavehusene medtages ikke. Grupperne for fællessommerhuse og sommerhuse med alm. udlejning medtages med halvdelen af forbruget på grund af spredningen i forbruget. Pendlerboliger med et forbrug på 1800 kWh pr. hus pr. år. medtages.

Der er således 144 GWh ud af i alt 298 GWh, hvor der ikke er tilstrækkelig økonomisk fordel ved at installere varmepumper til varmt brugsvand.

Installeres varmepumper med en årsnyttevirkning på 3,0, kan forbruget til opvarmning af varmt brugsvand reduceres fra 298 GWh til 195 GWh pr. år.

7.2 Forudsætninger

Energimærkning af sommerhuse bliver ikke foretaget med en tilhørende beregning. Der er derfor kun begrænset information vedrørende energiforbrug i sommerhuse fra denne kilde. I stedet er der i denne rapport taget udgangspunkt i tidligere undersøgelser vedr. elforbrug i sommerhuse.

El-varme suppleret med brændeovne er den dominerende opvarmningsform i sommerhuse. Denne antagelse understøttes af, at dækningsgraden af elvandvarmere i sommerhuse udgør 97 %. Se ref. /8/.

I rapport ref. /9/ er elforbruget i sommerhussektoren kortlagt. Sommerhusene er delt op i forskellige grupperinger efter anvendelsen af sommerhusene, som vist i tabel 32.

Hovedgrupperne omfatter:

- A. Huse, der anvendes permanent hele året (gruppe 1 – 4)
- B. Huse, der anvendes permanent i sommerhalvåret (gruppe 5 og 6)
- C. Huse, der anvendes til udlejning (gruppe 7- 10)
- D. Huse, der anvendes i perioder i sommerhalvåret og få weekender uden for sæsonen dvs. mere traditionel brug (gruppe 11 og 12)
- E. Kolonihavehuse (gruppe 13)

For hver af de 12 anvendelseskategorier er det estimeret, hvor mange uger bygningerne benyttes pr. år. Se tabel 32.

Tabel 32. Anvendelsen af sommerhuse omregnet til fuldtidsuger og angivet for de forskellige kategorier og anvendelser. /9/

Anvendelse	2005	
	Fuldtidsuger	Heraf i sommersæsonen
1. Ulovligt helårsbrug	52	26
2. Frit-lejde-sommerhuse	52	26
3. Pensionistsommerhuse	52	26
4. Sommerhuse m. helårsdispensation	52	26
5. Sommerboliger	28	26
6. Pendlerboliger	28	26
7. Pool-sommerhuse til intensiv udlejning	40	26
8. Luksussommerhuse til intensiv udlejning	39	26
9. Alm. sommerhuse til intensiv udlejning	39	26
10. Sommerhuse m. almindelig udlejning	20	18
11. Fællessommerhuse	19	17
12. Familiesommerhuse uden udlejning	12	11
13. Kolonihavehuse o.l.	n.a.	n.a.

Undersøgelserne baserer sig bl.a. på 11 forskellige typiske sommerhusmodeller (se tabel 33). Den detaljerede beskrivelse af de forskellige bygningstyper vil ikke blive givet her, men kan ses af ref. /9/.

Tabel 33. Simuleringsmatrice. De 36 kombinationsmuligheder er reduceret til 11 (reference)modeller. /9/

	Størrelse	Rømø (57 m ²)			Blåvand (106 m ²)			Blåvand med pool (156 m ²)		
	Isoleringsstandard	Dårlig	Middel	God	Dårlig	Middel	God	Dårlig	Middel	God
Brugs-mønster	Simpel	Model 10	Model 9	Model 8	-	-	-	-	-	-
	Alm.	Model 7	Model 6	Model 5	-	Model 4	Model 3	-	-	-
	Luksus	-	-	-	-	Model 2	Model 1	-	-	-
	Super luksus	-	-	-	-	-	-	-	-	Model 11

Nedenfor i tabel 34 kan ses, hvordan de forskellige grupperinger mht. anvendelse er fordelt på de 11 bygningsmodeller.

Tabel 34. Sammenhængen mellem anvendelseskategorier og sommerhus-modeller. /9/

Model	Anvendelse i %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Ulovligt helårsbrug				20	10	30	10		20	10		
2. Frit-lejde-sommerhuse				20	10	30	10		20	10		
3. Pensionist-sommerhuse		10	10	15	10	10	15		20	10		
4. Sommerhuse m. helårsdispensation		15	5	20	5	20	5		20	10		
5. Sommerboliger		10	10	15	5	15	10	5	15	10	5	
6. Pendlerboliger				15	15	15	15		20	20		
7. Pool-sommerhuse til intensiv udlejning												100
8. Luksussommerhuse til intensiv udlejning		50	50									
9. Alm. sommerhuse til intensiv udlejning		25	25	25	25							
10. Alm. sommerhuse gennemsnitligt udlejet		15	10	15	10	10	10		10	10	10	
11. Fællessommerhuse		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
12. Familiesommerhuse u. udlejning		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
13. Kolonihaver												

For hver bygningstype er de forskellige el-forbrug i bygningerne beskrevet, og de enkelte sommerhuses energiforbrug er bestemt ved hjælp af simulering af bygningernes årlige energiforbrug. I tabellen nedenfor (tabel 35) er vist simuleringsresultater for de 11 bygningsmodeller. Forbrugene er beregnet og vist svarende til helårsbrug af husene. Der er bestemt et bruttoopvarmningsbehov til rumvarme. Noget af dette behov dækkes af brændeovne. I kolonnen elforbrug til elektrisk udstyr indgår også et årligt forbrug til opvarmning af varmt vand og tab fra varmtvandsbeholder på 3400 kWh pr. år. Hertil kommer i luksussommerhusene (model 1 og 2) et forbrug til opvarmning af spa på 5630 kWh pr. år. I model 11 er der et forbrug til opvarmning af både spa (ca. 7000 kWh) og pool (7695 kWh).

Tabel 35. Simuleringsresultater for bygningsmodel ved helårsforbrug. 1 – 11. /9/

	Brutto forbrug, rumvarme [kWh]	Elforbrug, lys [kWh]	Elforbrug, elektrisk udstyr, [kWh]	I alt [kWh]	Varmebidrag fra brændeovn [kWh]	Dækningsgrad [%]	Samlet netto elforbrug [kWh]
Model 1	5174	2282	6583	14039	1018	20	13022
Model 2	10770	2282	6583	19636	2151	20	17485
Model 3	5596	2282	4796	12674	1144	20	11530
Model 4	12122	2282	4796	19201	2695	22	16506
Model 5	3387	1214	4796	9397	977	29	8420
Model 6	8094	1214	4796	14104	2437	30	11667
Model 7	16010	1214	4796	22020	4370	27	17650
Model 8	3819	1214	3761	8794	1125	29	7669
Model 9	8428	1214	3761	13403	2576	31	10827
Model 10	17231	1214	3761	22206	4988	29	17218

Model 11 (pool-sommerhus):

Brutto forbrug, rumvarme [kWh]	Elforbrug, lys [kWh]	Elforbrug, elektrisk udstyr, [kWh]	Pool, transmission og fordampning, [kWh]	I alt [kWh]	Varmebidrag fra brændeovn [kWh]	Dækningsgrad [%]	Samlet netto elforbrug [kWh]
12029	3496	22476	7695	45696	479	4	45217

I rapporten /9/ er der også estimeret antallet af sommerhuse inden for de enkelte kategorier samt elforbruget pr. hus, totalt for hver kategori og i alt (år 2005), se tabel 36. I disse forbrug er de korri-geret for den årlige anvendelse af sommerhusene.

Tabel 36. Sommerhuse fordelt på anvendelser. Elforbrug ved den antagede udnyttelse. År 2005. /9/

	2005		
	Antal huse	kWh pr. hus	GWh
1. Ulovligt helårsbrug	460	9.912	4,6
2. Frit-lejde-sommerhuse	5.200	9.912	51,5
3. Pensionist-sommerhuse	6.300	11.231	70,8
4. Sommerhuse m. helårsdispensation	4.900	10.472	51,3
5. Sommerboliger	10.000	4.345	43,5
6. Pendlerboliger	10.000	3.951	39,5
7. Pool-sommerhuse til intensiv udlejning	1.193	30.957	36,9
8. Luksussommerhuse til intensiv udlejning	1.300	10.013	13,0
9. Alm. sommerhuse til intensiv udlejning	4.000	9.506	38,0
10. Alm. sommerhuse gennemsnitligt udlejet	13.500	3.076	41,5
11. Fællessommerhuse	20.000	3.080	61,6
12. Familiesommerhuse u. udlejning	125.000	2.023	252,9
13. Kolonihaver	20.000	1.000	20,0
I alt	221.839		725

I undersøgelsen er den forventede udvikling i elforbruget i sommerhuse (Tabel 37) også estimeret. Det forventes, at der fra år 2005 til 2015 sker en beskedent udvikling i antallet af sommerhuse fra 221.000 til 233.000. Energiforbruget forventes derimod i denne fremskrivning at stige fra 725 GWh til 961 GWh svarende til 33 %. Stigningen skyldes især den forventede generelle stigning i elforbruget. I rapporten er vist, at elforbruget til sommerhuse er ret ens fordelt mellem Vest- og Østdanmark, der er dog flere luksussommerhuse i Vestdanmark end i Østdanmark.

Tabel 37. Elforbruget i sommerhuse år 2015 (antal huse, energiforbrug pr. hus og i alt). Med eksisterende menes huse, der eksisterede år 2005. Med nybyggede menes huse, der er bygget i perioden 2005 – 2015 /9/.

	Eksisterende 2015			Nybyggede 2015			I alt 2015		
	Antal huse	kWh pr. hus	GWh	Antal huse	kWh pr. hus	GWh	Antal huse	kWh pr. hus	GWh
1. Ulovligt helårsbrug	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Frit-lejde-sommerhuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Pensionist-sommerhuse	10.043	13.557	136	323	13.557	4	103.66	13.557	141
4. Sommerhuse m. helårsdispensation	8.503	12.640	107	274	12.640	3	8.777	12.640	111
5. Sommerboliger	10.000	5.244	52	322	5.244	2	10.322	5.244	54
6. Pendlerboliger	10.000	4.769	48	322	4.769	2	10.322	4.769	49
7. Pool-sommerhuse til intensiv udlejning	1.193	38.024	45	300	38.024	11	1.493	38.024	56
8. Luksussommerhuse til intensiv udlejning	1.300	12.086	16	300	12.086	4	1.600	12.086	19
9. Alm. sommerhuse til intensiv udlejning	4.000	11.475	46	924	11.475	11	4.924	11.475	57
10. Alm. sommerhuse gennemsnitligt udlejet	13.500	3.713	50	3.118	3.713	12	16.618	3.713	62
11. Fællessommerhuse	20.000	3.718	74	644	3.718	2	20.644	3.718	77
12. Familiesommerhuse u. udlejning	123.300	2.442	301	3.968	2.442	10	127.268	2.442	311
13. Kolonihaver	20.000	1.207	24	500	1.207	1	20.500	1.207	25
I alt	221.839		900	10.995		61	232.834		961

De ovenfor viste resultater er benyttet som grundlag for at lave en opdeling af el-forbruget til rumopvarmning, til opvarmning af varmt vand og til andre formål, fx belysning. Fordelingen er i princippet vist i tabel 34 for de enkelte bygningsmodeller på helårsbasis, men fordelingen efter de enkelte anvendelser er ikke vist, og der er ikke korrigeret for anvendelsesperioderne. Der er derfor udarbejdet en tilnærmet model, hvor ovennævnte data indgår, således at elforbruget til rumopvarmning og til opvarmning af varmt vand bestemmes for de enkelte anvendelseskategorier i de antagede brugsperioder. Se tabel 38.

Der er for pool-sommerhuset, beregnet til intensiv udlejning, benyttet opgørelser af forbruget, som vist i rapport ref. /10/, tabel 9. Energiforbruget af el til rumopvarmning dækker både opvarmning af beboelse og poolrum (15.530 kWh). Dette forbrug er større end i tabel 35, der bestemmer et bruttoenergiforbrug til rumopvarmning på 12.029 kWh ved helårsbenyttelse. Til opvarmning af varmt vand er benyttet forbruget, der er bestemt i ref. /10/ på 8.590 kWh, som dækker både opvarmning af varmt brugsvand, vand til spa og til pool.

Der er ikke megen information om kolonihavehuse. Der skønnes derfor et forbrug, som er en del mindre end forbruget til familiesommerhuse uden udlejning. Det skønnes, at forbruget udgør 100 kWh til rumopvarmning og 400 kWh til opvarmning af varmt brugsvand. I tabel 38 er elforbruget sammenlignet med resultater beregnet direkte efter ref. /9/ med resultater fra den tilnærmede mode. Der ses relativ god overensstemmelse. I tabellen er vist energiforbruget til rumopvarmning og til opvarmning af varmt brugsvand både gennemsnitligt pr. hus og totalt.

For at tilpasse modellen er der regnet med et elforbrug i perioder uden beboelse på 350 W.

Tabel 38. Opdeling af elforbruget i 2005 på elforbrug samlet, elforbrug til rumopvarmning og elforbrug til opvarmning af varmt vand (helårsanvendelse). Der er vist resultater fra rapport /9/ og resultater fra en tilnærmet metode hvor principperne i beregningen fra ref. /9/ er benyttet.

Anvendelse		Fra ref. /9/, år 2005			Tilnærmet model, år 2005					
		Antal huse	Elforbrug pr hus, 2005	Totalt elforbrug 2005	Elforbrug pr hus, 2005	Totalt elforbrug 2005	Rumopvarmning pr. hus	Rumopvarmning, totalt	Opvarmning af varmt vand, pr. hus	Opvarmning af varmt vand, totalt
		-	kWh/hus	GWh	kWh/hus	GWh	kWh/hus	GWh	kWh/hus	GWh
1	Ulovligt helårsbrug	460	9.912	5	10.266	5	4.246	2	3.400	2
2	Frit-lejde-sommerhuse	5.200	9.912	52	10.266	53	4.246	22	3.400	18
3	Pensionistsommerhuse	6.300	11.231	71	11.639	73	5.102	32	3.846	24
4	Sommerhus m. helårsdispensation	4.900	10.472	51	10.843	53	4.305	21	3.846	19
5	Sommerboliger	10.000	4.345	43	4.078	41	425	4	2.071	21
6	Pendlerboliger	10.000	3.951	40	3.732	37	385	4	1.831	18
7	Pool-sommerhuse til intensiv udlejning	1.193	30.957	37	32.198	38	15.530	19	8.590	10
8	Luksussommerhuse til intensiv udlejning	1.300	10.013	13	9.930	13	3.194	4	4.223	5
9	Alm. sommerhuse til intensiv udlejning	4.000	9.506	38	9.398	38	3.332	13	3.386	14
10	Sommerhuse med alm. udlejning	13.500	3.076	42	3.245	44	460	6	1.522	21
11	Fællessommerhuse	20.000	3.080	62	3.108	62	517	10	1.405	28
12	Familiesommerhuse uden udlejning	125.000	2.023	253	2.024	253	258	32	888	111
13	Kolonihavehuse	20.000	1.000	20	1.000	20	100	2	400	8
Sum		221.853		725		731		172		298

I rapporten /9/ er besparelsen ved at anvende varmepumper (tabel 39) undersøgt.

De vigtigste forudsætninger er:

- Der anvendes luft/luft-varmepumper med en årsnyttevirkning (COP) på 3.
- Varmepumpen placeres i sommerhusets fælles opholdsrum (stuen) og dækker kun opvarmningsbehovet i dette rum.
- Energiforbruget dækket af brændeovnen vil efter installation af varmepumpen blive erstattet af et energiforbrug til varmepumpen.

Man kan dog forvente, at nogle vil anvende et andet sparemønster end beskrevet ovenfor:

- Der anvendes fortsat brændeovn i samme omfang, selvom der er installeret varmepumpe.
- Tilstødende rum til stuen holdes kun opvarmet i begrænset omfang. Der holdes en lidt lavere temperatur i disse rum, og der tilføres varme, især når der opvarmes med brændeovn ved, at dørene står på klem til stuen. Også i perioder, hvor stuen opvarmes med varmepumpe, vil der kunne afgives varme til de tilstødende rum.

Tabel 39. For hver sommerhusmodel er vist, hvor store besparelser, der kan opnås ved brug af forskellige tekniske løsninger (ved helårsanvendelse). (Bemærk at ved Model 1 er Elforbrug før 13.022 kWh og ikke 3.022 kWh, som skrevet i tabellen). /9/

	Elforbrug før = samlet netto el- forbrug [kWh]	Elbesparelse varmepumper [kWh]	Elbesparelse merisolering [kWh]	Elbesparelse træpillefyr [kWh]	Elbesparelse solfanger [kWh]	Elbesparelse solceller [kWh]
Model 1	3.022	450 (3%)	-	1184 (9%)	2380 (18%)	800 (6%)
Model 2	17.485	904 (5%)	4282 (24%)	2432 (14%)	2380 (14%)	800 (5%)
Model 3	11.530	444 (4%)	-	1237 (11%)	2380 (21%)	800 (7%)
Model 4	16.506	744 (5%)	3284 (20%)	2464 (15%)	2380 (14%)	800 (5%)
Model 5	8.420	378 (4%)	-	1055 (13%)	2380 (28%)	800 (10%)
Model 6	11.667	801 (7%)	2461 (21%)	2420 (21%)	2380 (20%)	800 (7%)
Model 7	17.650	2034 (12%)	7767 (44%)	5236 (30%)	2380 (13%)	800 (5%)
Model 8	7.669	403 (5%)	-	1166 (15%)	2380 (31%)	800 (10%)
Model 9	10.827	795 (7%)	-	2481 (23%)	2380 (22%)	800 (7%)
Model 10	17.218	1904 (11%)	-	5350 (31%)	2380 (14%)	800 (5%)
Model 11	45.216	6409 (14%)	-	9853 (22%)	8956 (20%)	800 (2%)

Nedenfor i tabel 40 er besparelsen fundet i tabel 39 ved anvendelse af varmepumperne beregnet for de forskellige grupper af sommerhuse med de forudsatte anvendelser. Der er foretaget beregning både med og uden anvendelse af brændeovn efter installation af en varmepumpe.

Det ses i tabel 40, at i nogle grupper af anvendelser er elforbruget til rumopvarmning beskedent. I disse grupper kan det nok ikke forventes, at der installeres varmepumper til rumopvarmning.

Tabel 40. Elforbrug ved anvendelse af luft/luft-varmepumper til rumopvarmning.

Anvendelse	Antal huse	Ingen VP med brændeovn		Luft/luft-VP til rumvarme uden brug af brændeovn efter installation af VP			Luft/luft-VP til rumvarme med brug af brændeovn efter installation af VP		
		Rumopvarmning pr. hus	Rumopvarmning, totalt	Direkte el til rumvarme og el til VP	El til VP	El til rumopvarmning, totalt	Direkte el til rumvarme og el til VP	El til VP	El til rumopvarmning, totalt
		kWh/hus	GWh	kWh/hus	kWh/hus	GWh	kWh/hus	kWh/hus	GWh
1 Ulovligt helårsbrug	460	4.246	2	3.729	1.017	2	3.223	511	1
2 Frit-lejde-sommerhuse	5.200	4.246	22	3.729	1.017	19	3.223	511	17
3 Pensionistsommerhuse	6.300	5.102	32	4.507	1.149	28	3.939	581	25
4 Sommerhus m. helårsdispensation	4.900	4.305	21	3.791	969	19	3.316	495	16
5 Sommerboliger	10.000	425	4	370	101	4	321	52	3
6 Pendlerboliger	10.000	385	4	339	93	3	292	46	3
7 Pool-sommerhuse til intensiv udlejning	1.193	15.530	19	11.223	2.153	13	6.056	2.987	7
8 Luksussommerhuse til intensiv udlejning	1.300	3.194	4	2.855	565	4	2.591	301	3
9 Alm. sommerhuse til intensiv udlejning	4.000	3.332	13	3.014	597	12	2.722	305	11
10 Sommerhuse med alm. udlejning	13.500	460	6	404	106	5	352	54	5
11 Fællessommerhuse	20.000	517	10	448	124	9	388	64	8
12 Familiesommerhuse uden udlejning	125.000	258	32	224	62	28	194	32	24
13 Kolonihavehuse	20.000	100	2	100	0	2	100	0	2
Sum	221.853		172			139			122

8 Energistatistik fra Energistyrelsen

Det samlede bruttoenergiforbrug i 2008 udgør 863.000 TJ (se tabel 41), heraf udgør bruttoenergiforbruget i husholdningerne 233 TJ. Det endelige energiforbrug i husholdningerne er opgjort til 198.000 TJ.

Tabel 41. Bruttoenergiforbrug og endeligt energiforbrug fordelt på anvendelser.

Direkte energiindhold i TJ	Bruttoenergiforbrug	Endeligt energiforbrug i alt
Anvendelser	863 609	673 394
Energisektoren	52 232	
Ikke energiformål	11 100	11 100
Transport	223 274	221 442
Produktionserhverv	210 421	155 842
Handels- og serviceerhverv	133 094	86 691
Husholdninger	233 488	198 320

Husholdningerne opdeles i enfamiliehuse og etageboliger. Enfamiliehuse omfatter også rækkehuse og dobbelthuse. Det endelige energiforbrug i enfamiliehuse udgør 148.000 TJ mens energiforbruget udgør 49.000 TJ i 2008. Disse tal er korrigeret for klimaet (graddagskorrigeret). Hovedparten af energiforbruget går til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand. En andel af elforbruget går til andre formål som belysning og apparater.

Tabel 42. Endeligt energiforbrug opdelt på opvarmningsmiddel og anvendelse i boliger.

Endeligt energiforbrug i husholdninger	Enfamiliehuse	Etageboliger	Husholdninger, i alt
<i>Direkte energiindhold i TJ</i>	148 492	49 828	198 320
- olie og fossile brændsler (ekskl. gas)	19 595	2 001	21 596
- naturgas og bygas	23 316	4 679	27 995
- solvarme	309	66	376
- biomasse	41 021		41 021
- varmepumper	4 434		4 434
- el	27 975	9 507	37 482
- fjernvarme	31 841	33 399	65 240

Energiforbruget til rumopvarmning for alle sektorer er opgjort til 211.000 TJ som bruttoenergiforbrug og 181.000 TJ som nettoenergiforbrug. Energiforbruget til husholdninger udgør det dominerende forbrug. Forskellen mellem brutto- og nettoforbrug skyldes varmeanlæggenes nyttevirkning.

Tabel 43. Endeligt energiforbrug og nettoenergiforbrug til rumopvarmning opdelt på opvarmningsmiddel og anvendelse.

Energiforbrug til rumopvarmning		
Klimakorrigeret forbrug i TJ	Endeligt energiforbrug	Nettoenergiforbrug
Rumopvarmning i alt	210 714	180 806
Olie	23 491	18 535
Naturgas	37 298	31 864
Kul og koks	6	5
Affald, ikke nedbrydeligt	305	211
Vedvarende energi (biomasse, sol og varmepumper)	47 985	33 582
El	6 397	6 205
Fjernvarme	94 914	90 168
Bygas	318	236
Rørført forsyning til rumopvarmning i %	63 %	68 %
Handels- og serviceerhverv	46 268	42 183
Engroshandel	5 924	
Detailhandel	4 044	
Privat service	19 491	
Offentlig service	16 809	
Husholdninger	164 446	138 623
Enfamilieboliger	123 670	100 475
Etageboliger	40 776	31 557

9 Referencer

- /1/ SBI anvisning 213. Beregning af bygningers energiforbrug.
- /2/ Håndbog for Energikonsulenter. 2008 version 3. (<http://www.femsek.dk>)
- /3/ Offentlige InformationsServer (OIS), Erhvervs- og Byggestyrelsen. (www.ois.dk).
- /4/ SBI 2009:05. Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri. Kim B. Wittchen. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. 2009.
- /5/ Husholdningers energi- og vandforbrug. Afhængighed af socio-økonomiske baggrundsvariable. Kirstine Nærvig Petersen, Kirsten Gram-Hansen. Statens Byggeforskningsinstitut. 2005. SBI 2005:09 (Målte data fra 50.000 husstande år 2000 fra Århus kommunale værker.)
- /6/ Barrierer for realisering af energibesparelser i bygninger. Ole Michael Jensen. Statens Byggeforskningsinstitut 2004.
- /7/ Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg. BEK nr. 10199 af 25/10/2009. Miljøministeriet.
- /8/ Udbredelse og anvendelse af husholdningsapparater i boligsektoren, ELMODEL-bolig. Datagrundlag 2006. IT Energy 2007.
- /9/ Elforbrug i sommerhuse. Fremskrivning og scenarier. Andersen F.M. et al. Statens Byggeforskningsinstitut. 2006. SBI2006:06.
- /10/ Varmepumpeanlæg til fritidshus eventuelt i kombination med solvarme. Ellehauge et al. Ellehauge & Kildemoes, Energi Danmark NRGi, dansommer A/S. ELFOR Projekt: Journal nr. 464-03, projekt nr. 336-070. Marts 2006.

Bilag 1 - Databaser

Der er fremskaffet data fra følgende kilder:

Fra FEM-sekretariatet (energimærkningsdata):

Oversigt over felter:

- Adresse
 - Postnr.
 - Vej
- BBR-nr.
- BBR-ejerkode
- Beregnet energiforbrug (fra Energikonsulent) før besparelser
- Beregnet energiforbrug (fra Energikonsulent) efter besparelser
- Primær energikilde (Der medtages ikke bygninger med fjernvarme (kode 1-0) eller blokvarme (kode 1-7)). Se bilag 2.
- Sekundærenergikilde
- Supplerende energikilde
- Hovedopvarmning (fra BBR)
- Bygningens type (kun stuehuse (110), parcelhuse (120), række-/kædehuse (130), 190 sommerhuse (510) og feriebygninger (520)). Se bilag 3.
- Opførelsesår
- År for væsentlig ombygning
- Boligareal iflg. BBR
- Opvarmet areal (fra energikonsulenten)

De parametre, der evt. kan undersøges, er:

- Varmefordelingssystem (radiator/gulvvarme). Det kan være, man kun kan se det af fremløbstemperaturer
- Størrelse af varmtvandsbeholder
- Solvarmeanlæg
- Varmekapacitet af bygningen

Der er registreret ca. 200.000 ejendomme i registret ud af ca. 2 mio. ejendomme i Danmark.

Det forventes, at kriterierne vil reducere antallet til 100.000 ejendomme.

For at sikre overskuelighed, og sikre, at dataene overhovedet kan behandles, laves der en reduktion i antallet, således at det stadig er repræsentativt.

Udtræk fra selve BBR- registret

- Adresse
 - Region (fem regioner)
 - Kommune (KOMMUNE), der er ca. 100 kommuner. Hver kommune tilhører en region. Ref.: www.noegledata.dk
 - Postnr. (benyttes ikke i første omgang)
 - Vej (benyttes ikke i første omgang)
- BBR-nr. (kommune-nr. (3 cifre) + ejendomsnummer (6 cifre) + bygning (3 cifre))
- BBR-ejerkode
- Varmeinstallation (fra BBR) (BBR felt 229, ikke bygninger med fjernvarme eller blokvarme (kode 1). Se bilag 2.
- Opvarmningsmiddel (BBR-feltkode 230). Se bilag 2.
- Bygningens type (Kun stuehuse (110), parcelhuse (120), række-/kædehuse (130), sommerhuse (510) og feriebygninger (520).). Se bilag 3.
- Opførelsesår
- År for væsentlig ombygning
- Areal af bolig. Der anvendes primært følgende arealer:
 - BYG BOLIG ARL SAML: Samlet boligareal er den del af bygningens areal, der anvendes til beboelse. Dette areal er i princippet opgjort efter samme princip som opvarmet areal, der benyttes i FEM-databasen. Der medtages i tagetagen både det areal, der udnyttes og som kan udnyttes til beboelse. I kælderetagen medtages det areal, der kan udnyttes til beboelse. I kælderen medtages rum, som lovligt må anvendes til beboelse og evt. køkken, baderum og wc-rum. (ref. /2/ afsn. 2.3.3.1).
 - ERHVERV ARL SML. Samlet erhvervsareal er den del af bygningen, der anvendes til erhverv.Det foreslås som *opvarmet areal* at benytte maksimum af følgende arealer:
BYG BOLIG ARL SAML + ERHVERV ARL SML
- *Bebygget areal*. Det areal bygningen fylder på grunden. (BYG BEBYG ARL er registreret som stueetagens areal målt til ydersiden af ydervæggene. Arealet er ekskl. areal af garage, udhus og carport, med mindre dette udgør en del af bygningens areal. Hertil lægges arealet for overdækkede terrasser: TERRASSE OVERD ARL der udgør areal af overdækning. Dette areal indgår hverken i bebygget areal eller i bygningens boligareal).
- Grundareal

Det forventes, at dette udtræk vil give ca. 1 mio. ejendomme. Dette udtræk foretages for at finde sammenhæng mellem boligarealer, bebyggede arealer og de tilhørende grundarealer.

Bilag 2 – EnergiTypeKode

Koderne består af BBR-felt 229 (varmeinstallation) og BBR-felt 230 (opvarmningsmiddel) anført med bindestreg imellem

Alle kombinationer af BBR-felt 229 og 230 kan indberettes, men de typisk forekommende vil være fig.: *1)

EnergiTypeKode		En
1-0	Fjernvarme generelt	
1-7	Blokvarme på naturgas	
2-7	Naturgas eget centralvarmeanlæg	
2-3	Olie eget centralvarmeanlæg	
5-1	Varmepumpe	
7-1	El-varme generelt	
2-6	Halm eget centralvarmeanlæg	
2-4	Fastbrændsel eget centralvarmeanlæg	
2-13	Brænde centralvarmeanlæg	
2-14	Træpiller centralvarmeanlæg	
2-15	Træflis centralvarmeanlæg	
2-16	Halmpiller centralvarmeanlæg	
3-3	Fastbrændsel brændeovn	
2-11	Solpaneler	
2-12	Biogas	
0-21	Varme generelt	
0-1	El (ikke opvarmning)	
0-22	Vand	

*1) En komplet liste af EnergiTypeKoder kan dannes ud fra BBR-felt 229 og BBR-felt 230 jf. nedenstående liste.

BBR_Varmeinstallation (BBR-felt 229)	BBR_Varmeinstallation_Tekst
0	Oplysning ikke indberettet til BBR.
1	Fjernvarme/blokvarme (radiatorsystemer eller varmluftanlæg) (kræver ikke indberetning af felt 230)
2	Centralvarme fra eget anlæg, et-kammer fyr radiators. el. varmluftanl.
3	Ovne (kakkellovn, kamin, brændeovn o. lign.).
5	Varmepumpe.
6	Centralvarme med to fyringsenheder (fast brændsel og olie eller gas).
7	Elovne, elpaneler (kræver ikke indberetning af felt 230)
8	Gasradiatorer
9	Ingen varmeinstallationer.

BBR_Opvarmningsmiddel (BBR-felt 230)	BBR_Opvarmningsmiddel_Tekst
0	Ingen brændselsanvendelse.
1	Elektricitet.
2	Gasværksgas.
3	Flydende brændsel (olie, petroleum, flaskegas)
4	Fast brændsel generelt (kul, koks, brænde m.m.).
6	Halm.
7	Naturgas.
9	Andet.
11	Solpaneler
12	Biogas
13	Brænde
14	Træpiller
15	Træflis
16	Halmpiller
21	Varme (generelt)
22	Vand

Bilag 3 - Anvendelseskode

Kodetabel BBR-anvendelseskode til brug for Energimærkning af ejendomme

BBR_Anvendelseskode	BBR_Anvendelseskode_Tekst1	BBR_Anvendelseskode_Tekst2
110	Stuehus	Stuehuse til landbrugsejendom.
120	Parcelhus	Fritliggende enfamiliehus (parcelhus).
130	Række/kædehus	Række- kæde eller dobbelthus (lodret adskillelse mellem enhederne).
140	Etagebolig	Etageboligbebyggelse (flerfamiliehus, herunder 2-familiehus) (vandret adskillelse mellem enhederne).
150	Kollegium	Kollegium.
160	Døgninstitution	Døgninstitution (plejehjem, alderdomshjem, børne- eller ungdomshjem).
190	And. helårsbolig	Anden bygning til helårsbeboelse.
210	Erhverv/landbrug	Bygning til erhvervsmæssig produktion vedrørende landbrug, skovbrug, gartneri, råstofudvinding og lignende.
220	Erhverv/industri	Bygning til erhvervsmæssig produktion vedrørende industri, håndværk, mv. (fabrik, værksted og lignende).
230	Forsyningsanlæg	El-, gas-, vand- eller varmegærker, forbrændingsanstalt mv.
290	And. prod.bygn	Anden bygning til landbrug, industri og lignende.
310	Transportanlæg	Transport og garageanlæg (fragtmandshal, lufthavn, banegård). Garage med plads til et eller to køretøjer registreres med anvendelseskode 910.
320	Kontor/handel	Bygning til kontor, handel, lager, herunder offentlig administration.
330	Hotel og service	Bygning til hotel, restaurant, vaskeri, frisør og anden servicevirksomhed.
390	And. hand./serv.	Anden bygning til transport, handel og lignende.
410	Kulturbygning	Bygning til biograf, teater, erhvervsmæssig udstilling, bibliotek, museum, kirke og lignende.
420	Undervisning	Bygning til undervisning og forskning (skole, gymnasium, forskningslaboratorium og lignende).
430	Sygehus	Bygning til hospital, sygehjem, fødeklinik og lignende.
440	Daginstitution	Bygning til daginstitution.
490	And. institution	Bygning til anden institution, herunder kaserne, fængsel og lignende.
510	Sommerhus	Sommerhus.
520	Feriebygning	Bygning til ferieformål, m.v., bortset fra sommerhus (feriekoloni, vandrerhjem og lignende).
530	Sportsanlæg	Bygning i forbindelse med idrætsudøvelse (klubhus, idrætshal, svømmehal og lignende).
540	Kolonihavehus	Kolonihavehus.
590	And. fritidsbygn.	Anden bygning til fritidsformål.