

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Elforprojekt nr. 335-48
Journal nr. 464-01

Projektrapport

August 2007

Indholdsfortegnelse

Forord.....	4
1. Indledning	5
1.1 Eksperimentel undersøgelse	5
1.2 Konzeptudvikling	6
2. Sammenfatning.....	7
3. Eksperimentel undersøgelse.....	9
3.1 Bygningsreglementets krav	9
3.2 Resultater fra anlæg.....	10
3.2.1 Hus A.....	10
3.2.2 Hus B.....	10
3.2.3 Hus C.....	11
3.2.4 Hus D	11
3.2.5 Hus E.....	12
3.2.6 Hus F.....	13
3.2.7 Hus G	14
3.2.8 Elopvarmede huse	15
4. Koncept del	17
4.1 Generelt	17
4.2 Branche og marked	17
4.3 Fremtidige initiativer	20
4.3.1 Udfordringer	20
4.3.2 Konkrete forslag til aktiviteter	22
5. anbefalinger	24
5.1 Varmefordelingssystem	24
5.1.1 Gulvvarme.....	24
5.1.2 Luftvarme.....	25
5.1.3 Brugsvandsopvarmning.....	26
5.2 VP-aggregat	26
Kompressorer til varmepumper	26
Cirkulationspumper	27
5.3 Kold side.....	28
5.3.1 Dimensionering af jordslanger.....	28
5.3.2 Resultater fra jordslangemodel.....	30
5.3.3 Andre varmeoptagersystemer	33
5.4 Reguleringsprincipper	33
6. Litteraturhenviisninger	34
Bilag A: V/V-VP.....	35
Bolig.....	35
Anlæg.....	36
Måleprogram	37
Resultater.....	38
Observationer	39
Bilag B: V/V-VP.....	41
Bolig.....	41
Anlæg.....	42
Måleprogram	43
Resultater.....	43
Observationer	46
Bilag C: V/V-VP.....	47
Bolig.....	47
Anlæg.....	48
Måleprogram	49
Resultater.....	49
Bilag D: L/V-VP.....	51
Bolig.....	51
Anlæg.....	51
Måleprogram	51

Resultater.....	52
Bilag E: V/V-VP.....	55
Beskrivelse af ejendom og opvarmningssystem.....	55
Måleprogram	56
Beskrivelse af varmepumpen	57
Resultat af målinger på VP.....	57
Analyse af og kommentarer til måleresultater	59
Bilag F: V/V-VP.....	61
Beskrivelse af ejendom og opvarmningssystem.....	61
Måleprogram	61
Beskrivelse af varmepumpen	62
Resultat af målinger på VP.....	63
Analyse af og kommentarer til måleresultater	64
Bilag G: L/L-VP	65
Bygningsdokumentation	65
Udviklingen i det årlige elforbrug	65
Resultater.....	66
Elforbrug i måleperioden	66
Bilag H: Elopvarmede huse.....	69
Boliger	69
Anlæg	69
Måleprogram	70
Måleresultater – alle 25 huse	70
Måleresultater – huse uden brændeovn eller VP	72
Måleresultater – huse med VP	72
Måleresultater – huse med brændeovn.....	73
Måleresultater – huse med brændeovn og VP.....	74
Bilag I: Matematisk model for jordslange	75
Modelbeskrivelse	75
Beregningsgang	76
Bilag J: Eksempel på nyhedsbrev fra Kvalitetssikringsordningen for Varmepumper	79
Bilag K: Prøvningsresultater for L/L-VP.....	80
Bilag L: Liste over godkendte varmepumper	81

Forord

Nærværende rapport omfatter resultaterne af projektet "Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning".

Baggrunden for projektet er et ønske om at opnå et statusbillede for varmepumpeområdet til boligopvarmning samt komme med forslag til sikring af en fornuftig udbredelse af varmepumpeanlæg under hensyntagen til såvel privatøkonomi som samfundsøkonomi.

Projektet er udført i et samarbejde mellem

- Lokalenergi ved Peter Weldingh
- Salling Vaske- og Køleservice ved Vagn Tanderup
- Energi Horsens A.m.b.A ved Chr. Andreassen
- Teknologisk Institut ved Claus S. Poulsen
- Elsparefonden ved Hans Göran Wilke
- SEAS-NVE Strømmen A/S ved Preben Munter (projektleder)

Projektet er delvist finansieret af Elfors PSO midler og har journalnr. 464-01 samt projektnr. 335-48 .

1. Indledning

Der er i Danmark ca 120.000 elopvarmede parcelhuse, hvoraf der i områder uden for kollektiv varmforsyning skønnes der at være 50.000, heraf 30.000 med et forbrug over 13 MWh/år (gennemsnitsforbrug ca. 18 MWh/år). Hvis der reduceres for husholdningsforbrug og der konservativt regnes med en halvering af elforbruget til opvarmning af rum og brugsvand ligger sparepotentialet på over 200 GWh/år – svarende til mere end 150.000 tons CO₂ pr. år.

Medens der i de elopvarmede huse langt overvejende installeres luft/luft-varmepumper, udskiftes der i disse år mange ældre oliefyrede kedelanlæg til især jordvarmepumper. Luft/vand-varmepumper har ikke den store udbredelse i øjeblikket.

Dette projekt har til formål at belyse status samt give forslag til sikring af en hensigtsmæssig udbredelse af varmepumper specielt i områder uden for kollektiv varmforsyning.

Dette søges opnået, dels ved en eksperimentel undersøgelse, dels ved udarbejdelse af et koncept til støtte af den fremtidige implementering af varmepumper.

1.1 Eksperimentel undersøgelse

Et antal traditionelle og innovative systemløsninger vil blive fulgt med fjernaflæsningsudstyr over et par fyringssæsoner. Der tages udgangspunkt i elopvarmede huse i områder uden kollektiv varmforsyning.

Det var planen at udvælge følgende anlægstyper:

- 2 referencehuse, hvor direkte elvarme til rum og brugsvand fastholdes
- 2 huse med luft/luft-VP
- 2 huse med luft/vand-VP
- 2 huse med væske/vand-VP
- 2 huse med nye optimerede VP-typer

Det viste sig umuligt at finde anlægsværter til installation af 2 stk luft/vand-VP, der var egnet til undersøgelsen. Desuden blev 2 huse med luft/luft-VP ramt af dødsfald og ombygning i et omfang, der gjorde analysen af måledata irrelevant eller umulig. Rent faktisk blev følgende huse og anlægstyper udvalgt og rapporteret:

- 3 huse med væske/vand-VP. Bilag A, B og C
- 1 hus med luft/vand-VP. Bilag D
- 1 hus med væske/vand-VP med ny type scroll-kompressor og frekvensomformer. Bilag E
- 1 hus med væske/vand-VP med stempel-kompressor og frekvensomformer. Bilag F
- 1 hus med luft/luft-VP. Bilag G
- 25 elopvarmede huse hvoraf 7 stk alene opvarmes alene med direkte elvarme, 5 stk med direkte elvarme og med luft/luft-VP, 10 stk med direkte elvarme og med brændeovn samt 3 stk med direkte elvarme og både brændeovn og luft/luft-VP. Bilag H

Resultaterne fra disse anlæg samt data fra laboratorie-tests af varmepumper – primært i Danmark og Sverige – indgår i vurderingen af varmepumpers aktuelle sparepotentiale.

Måleresultater for anlæggene er omtalt i de nævnte bilag. Måleresultaterne er sammenfattet i kapitel 3, hvor der også konkluderes på forventede virkningsgrader for de forskellige typer.

I kapitel 5 er de indhentede erfaringer – og dertil hørende anbefalinger – angivet.

1.2 Konzeptudvikling

Under hensyntagen til såvel privatøkonomi hos kunderne som samfundsøkonomi foreslås tiltag til sikring af en hensigtsmæssig udbredelse af varmepumper.

Der installeres mange velfungerende varmepumpeanlæg i disse år, og efterspørgslen er stor. Men der optræder også en del fejl i aggregater og installationer. I et voksende marked vil der naturligt opstå nye aktører, men også tekniske udfordringer – fx vedr. brug af nye kølemidler – har udfordret branchen og måske været medvirkende til fejlforekomster.

Der kan derfor være god grund til, dels at øge mængden af uvildig information vedr. økonomi og driftserfaringer, dels at synliggøre og sikre kvalitetsniveauet på både aggregater og installationer.

Elementerne i et fremtidigt koncept for varmepumper er beskrevet i kapitel 4.

2. Sammenfatning

De mest udbredte varmepumpetyper vurderes - ud fra de indhentede erfaringer - i dag at operere med følgende opnåelige effektfaktorer:

Type	Dækningsgrad	COP
Jordvarmepumpe	~ 100%	3,4
Luftvarmepumpe	~ 95%	3,2
Luft/luft-VP	~ 75% (af rumvarmebehov)	4,0

Tabel over effektfaktorer, COP, for den bedste del af markedets aggregater. Dækningsgraden angiver hvor stor en andel af husets opvarmning til rum og brugsvand, varmepumpen forsyner. COP er årsmiddeeffektfaktoren incl evt. tilskudsvarme i form af direkte el. For luft/luft-VP, der normalt ikke har indbygget tilskudsvarmekilde, er COP dog kun for aggregatet.

Nye huse, der opføres under BR2006, har herved en mulighed for at udnytte jord- og luftvarmepumpe, grundet høj dækningsgrad og en COP, der ligger en del over den faktor på 2,5 som elforbrug korrigeres med. I eksisterende huse er en kritisk vurdering af varmefordelingssystemet nødvendig for at sikre tilsvarende gode effektfaktorer.

Luft/luft-varmepumpe suppleret med direkte elvarme til rum og brugsvand, således som de traditionelt installeres, vil normalt ikke være en mulighed – på trods af den væsentlige forbedring af aggregaternes effektivitet, der er sket. Forbruget af direkte elvarme til den resterende rumopvarmning samt varmt brugsvand vil være for stort. I eksisterende huse repræsenterer luft/luft-varmepumperne en kosteffektiv løsning til fortrængning af direkte elvarme.

Det forventes at der til boliger under BR2006 samt de kommende stramninger, vil udvikles nye varmepumpetyper, til effektiv håndtering af disse små varmebehov til rum og brugsvand samt ventilation.

Den eksperimentelle undersøgelse giver anledning til følgende del-konklusioner, hvor data er henført til normalåret:

Jordvarmepumper – væske/vand-VP - installeret i 3 nyere huse har resulteret i specifikke elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand fra 27 kWh/m² pr år til 44 kWh/m² pr år.

Med reference til de anførte kommentarer for de enkelte huse, er det realistisk at forvente et specifikt forbrug i intervallet 25 – 30 kWh/m² pr for moderne jordvarmepumper installeret i huse med en varmetabsramme på max 95 kWh/m² pr år svarende til BR95.

Årsmiddeeffektfaktoren for jordvarmepumpe incl pumpe på kold og varm side har ligget i intervallet 3,2 – 3,4 hvilket formodes at være repræsentativt for dagens standard. Der er ikke i praksis behov for tilskudsvarme i normalåret.

Luftvarmepumper – luft/vand-VP - optræder kun med en enkelt installation i et hus fra 1965. Det specifikke energiforbrug er derfor forholdsvis højt og kan ikke direkte sammenlignes med tallene for jordvarmepumperne. Til gengæld har der været lejlighed til at udføre målinger på såvel standardudgaven som 2 modificerede anlæg.

Det specifikke elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand har udgjort:

49 kWh/m ² pr år	luft/vand-VP med stempelkompressor og on/off-drift
52 -	luft/vand-VP med stempelkompressor og frekvensomformer
58 -	luft/vand-VP med scrollkompressor og frekvensomformer

Den anvendte reguleringsstrategi med frekvensomformereren – specielt omkring afrimningsfunktionen og ventilatordriften – samt scrollkompressortypen har medført en forringet driftsøkonomi i dette tilfælde.

Årsmiddeleffekt faktoren for standard luftvarmepumpe incl ventilator/pumpe på kold/varm side har ligget på 2,9 – incl tilskudsvarme fra elpatron falder den til 2,8. Analyse af prøvningsresultater fra Danmark og Sverige peger på værdier i intervallet 2,8 – 3,2 som værende repræsentativt for dagens standard (incl. tilskudsvarme).

Luft/luft-varmepumper optræder dels i en gruppe med 25 elopvarmede huse, dels med enkelt installation, hvor en ældre luft/luft-VP er udskiftet til 2 nye.

Det specifikke elforbrug til opvarmning af rum har udgjort:

66 kWh/m² pr år for de 5 huse med VP (i gruppen af 25 elopvarmede huse)

Ved et typisk brugsvandsbehov på 12 kWh/m² pr år bliver det samlede specifikke forbrug til opvarmning således 78 kWh/m² pr år i huse med elvandvarmer.

Disse 5 installationer har i gennemsnit kun reduceret elforbruget til rumopvarmning med 2080 kWh/år. Ved et rumvarmebehov i gennemsnit på ca 10.000 kWh/år svarer dette til at ca 1/3 af rumvarmebehovet er dækket af VP, hvilket er en uventet lav dækningsgrad.

En høj dækningsgrad (100%) optræder i huset med 2 nyinstallerede luft/luft-VP samt brugsvands-VP.

Det specifikke elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand har her udgjort: 42 kWh/m² pr år i et hus med en energiramme på ca. 120 kWh/m² pr år.

Årsmiddeleffekt faktoren for luft/luft-varmepumpe incl ventilator på kold og varm side har det ikke været muligt at måle på de installerede anlæg. Analyse af prøvningsresultater fra Danmark og Sverige peger på værdier i intervallet 3,5 – 4,0 som værende repræsentativt for den bedre del af dagens aggregater, men det fremgår af prøvningsresultaterne, at der er stor spredning på de testede varmepumpers effektivitet.

Gennemsnitshuset i gruppen af elopvarmede huse har et brugsvandsbehov på 2234 kWh/år (14 kWh/m²) og et rumvarmebehov på 12572 kWh/år (79 kWh/m²).

Ved en dækningsgrad på 50% (der ikke skønnes urealistisk med ét aggregat) fås følgende nøgletal ved en effekt faktor på 3,5:

Rumvarme: $12572 \cdot 50\% + 12572 \cdot 50\% / 3,5 = 8082$ kWh/år (51 kWh/m² pr år)

Brugsvand: 2234 kWh/år (14 kWh/m² pr år)

Det samlede specifikke forbrug til opvarmning udgør således 65 kWh/m² pr år, hvilket er en reduktion på 30% i forhold direkte elvarme.

De eksperimentelle anlæg med jordvarme har været installeret i ældre og renoverede boliger. De specifikke forbrug til al opvarmning er derfor af begrænset værdi, men har ligget på 42 kWh/m² og 56 kWh/m² pr år.

Årsmiddeleffekt faktoren har ligget på 3,1 hhv 3,7. Årsagerne til den forholdsvis lave værdi på 3,1 er belyst i bilag og skyldes primært kompressorvalg samt hjælpeenergiforbrug. Den forholdsvis høje værdi på 3,7 stammer fra en måleperiode uden brugsvandsproduktion.

På baggrund af de indhentede erfaringer skønnes det realistisk på nuværende stadi, at varmepumper med frekvensomformer kan opnå en årsmiddeleffektor, der er 10 – 15 % højere end årsmiddeleffekt faktoren for varmepumper med traditionel on/off-drift.

3. Eksperimentel undersøgelse

I dette kapitel er hovedresultaterne for de installerede anlæg angivet.

3.1 Bygningsreglementets krav

For sammenligningens skyld skal det aktuelle bygningsreglement, BR2006, bestemmelser for energiramme for boliger anføres.

Det samlede energibehov til opvarmning af rum og brugsvand samt elforbrug til bygningsdriften må ikke overskride:

$$70 + 2.200/A \text{ (kWh/m}^2 \text{ pr år)}$$

hvor A er det opvarmede bruttoareal.

Det bemærkes, at elforbrug skal multipliceres med en faktor 2,5.

Effektforbruget til ventilation må højst udgøre 1200 W/(m³/s). Ved drift igennem fyrings-sæsonen vil energiforbruget blive ca 5 kWh/m² pr år. Drift af cirkulationspumpe til varme-fordelingssystem samt elforbruget til automatik vil udgøre ca 2 kWh/m² pr år.

Ved et brugsvandsbehov på 250 liter/m² pr år (opvarmet fra 10 C til 55 C) fås for et hus på 130 m² følgende omtrentlige fordeling af det årlige energiforbrug:

Energiramme (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)	Elbehov til bygningsdrift (kWh/m ²)	Husholdningsforbrug (kWh/m ²)
87	57	13	7	35

Der er i dette tilfælde regnet med opvarmning af rum og brugsvand fra kedel- eller fjernvarmeanlæg – kun elbehov til bygningsdrift er multipliceret med 2,5.

Såfremt opvarmningen sker med direkte elvarme eller varmepumpe, få følgende nøgletal:

Energiramme (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)	Elbehov til bygningsdrift (kWh/m ²)	Husholdningsforbrug (kWh/m ²)
87	23	5	7	35

I tilfældet med elbaseret opvarmning vil elforbruget til opvarmning og drift af et 130 m² hus således ligge på 35 kWh/m² pr år, og altså udgøre samme forbrug som det gennemsnitlige elforbrug til husholdning.

Da ingen af de indgåede anlæg i dette projekt er installeret i huse, der skal tilfredsstille kravene fra BR2006, anføres efterfølgende de primære nøgletal for de tidligere gældende bygningsreglementer.

En typisk fordeling af energiforbruget i.h.t. BR 95 er vist i efterfølgende tabel.

Energiforbrug varme & drift (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)	Elbehov til bygningsdrift (kWh/m ²)	Husholdningsforbrug (kWh/m ²)
95	70	15	10	35

En typisk fordeling af energiforbruget for parcelhuse i perioden 1980 til 1995 (inden BR 95) er vist i efterfølgende tabel.

Energiforbrug varme & drift (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)	Elbehov til bygningsdrift (kWh/m ²)	Husholdningsforbrug (kWh/m ²)
130	100	18	12	35

3.2 Resultater fra anlæg

3.2.1 Hus A

For hus A med jordvarmepumpe (Bilag A) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	Ventilator	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
18577	4711	200	1500	3,40	2,74	6791	5297	12288
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
93	24	1	8			34	26	61

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift

Ventilator består af elforbrug til det nye luftvarmeanlæg m. øget kapacitet samt VGV

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud og Ventilator

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud og Ventilator

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6991 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	11045 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	11545 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	23288 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	19407 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	19907 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	8362 kr/år

Hus A er forsynet med luftvarme. Varmepumpens årsmidleffektfaktor på 3,4 reduceres til 2,7 for hele anlægget grundet ret stort forbrug til ventilatordrift.

Varmepumpen har kørt med en hårdt belastet jordslange grundet fejlvurderet varmebehov. Det bemærkes, at det realiserede rumvarmebehov pr m² på 93 kWh overstiger kravet i det relevante bygningsreglement på 70 kWh/m². Brugen af luftvarme samt dårlig styring af afkastluft/friskluft er formodentlig årsagen til dette, da huset i øvrigt velkonstrueret og godt isoleret.

3.2.2 Hus B

For hus B med jordvarmepumpe (Bilag B) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
22774	4224	600	3,20	3,05	8249	5963	14812
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
114	21	3			41	30	74

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	8849 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	13982 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	14482 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	26998 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	22499 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	22999 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	8516 kr/år

Hus B har et termisk tungt gulvvarmeanlæg, der under projektet blev modificeret med en hurtigt reagerende luftvarmeblade. En del unødigt forbrug til tilskud grundet udfald på højtrykspressostat om sommeren ved brugsvandsproduktion.

3.2.3 Hus C

For hus C med jordvarmepumpe (Bilag C) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
13837	4440	0	3,38	3,38	5402	7227	12629
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
69	22	0			27	36	63

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	5402 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	8535 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	9035 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	18277 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	15231 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	15731 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	6696 kr/år

Varmepumpeanlægget i hus C har ikke givet anledning til bemærkninger.

3.2.4 Hus D

For hus D med luft/vand-varmepumpe (Bilag D) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Normalår 2906 graddage L/V-VP stempelkompressor on/off

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
15078	3120	246	2,88	2,77	6328	5724	12298
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
116	24	2			49	44	95

Normalår 2906 graddage L/V-VP stempelkompressor med VLT

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
15834	3120	830	2,81	2,50	6752	5724	13306
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
122	24	6			52	44	102

Normalår 2906 graddage L/V-VP scrollkompressor med VLT

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
16092	3120	677	2,54	2,33	7567	5724	13968
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
124	24	5			58	44	107

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår L/V-VP stempelkompressor on/off

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6574 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	10387 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	10887 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	18198 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	15165 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	15665 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	4778 kr/år

I hus D er der gennemført målinger på en luft/vand-varmepumpe gennem 3 perioder, hvor kompressortype og kapacitetsregulering har været ændret.

Årsagen til faldet i systemets årsmidleffektfaktor, COPvpa, ved installation af frekvensomformereren til den oprindelige stempelkompressor er øget behov for tilskudsvarme (elpatron) grundet en forringelse af afrimningsfunktionen. Driftstiden for pumper og ventilator er endvidere øget grundet flere driftstimer for kompressoren.

Overgangen fra frekvensreguleret stempelkompressor til frekvensreguleret scrollkompressor ses at medføre en reduceret systemvirkningsgrad, COPvpa, såvel som anlægsvirkningsgrad, COPvp. Årsagen hertil er, at den aktuelle scrollkompressor ikke har god effektivitet ved lave omdrejningstal end det nominelle. Da der samtidig fortsat er et ret stort forbrug af tilskudsenergi fra elpatronen, grundet uændret afrimningsstrategi, bliver såvel COPvp som COPvpa forholdsvis lave.

3.2.5 Hus E

For hus E med jordvarmepumpe (Bilag E) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
17106	3776	0	3,09	3,09	6750	4500	11250
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	-	-	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år
107	24	0			42	28	70

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotel er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6750 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	10665 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	11165 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	20882 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	17402 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	17902 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	6737 kr/år

Hus E er forsynet med en jordvarmepumpe med frekvensstyret scroll-kompressor. Den forholdsvis lave årsmidleffektfaktor skyldes dårlig virkningsgrad for kompressoren under dellast-drift. Den valgte kompressortype har ikke været optimal til dette formål. Desuden har hjælpeenergiforbruget været forholdsvis højt, da det ikke er lykkedes at nedregulere cirkulationspumperne i takt med kompressoren.

3.2.6 Hus F

For hus F med jordvarmepumpe (Bilag F) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
32585	0	0	3,67	3,67	8880	4500	13380
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	-	-	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år
130	0	0			56	28	84

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotel er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	8880 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	14030 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	14530 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	32585 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	27155 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	27655 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	13124 kr/år

Hus F er en større renoveret landejendom. Varmepumpeanlægget er udstyret med en frekvensreguleret stempelkompressor. Anlægget har ikke produceret varmt brugsvand i måleperioden, hvilket er medvirkende årsag til den forholdsvis gode effektfaktor.

3.2.7 Hus G

For hus G med ældre hhv nye luft/luft-varmepumper (Bilag G) blev nøgletal for normalåret for den ældre installation bestemt til:

Normalår		2906 graddage						
Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
12708	3154	0	2,40	3,00	4462	1718	3522	9702
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år						
96	24	0			34	13	26	73

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.
 Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.
 Tilskud er supplerende varme fra elradiatorer/elpatron
 COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning
 COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning
 Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme
 Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)
 Husholdning er elforbruget til husholdning
 Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi		Normalår
Samlet elforbrug til VP:		9702 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:		15329 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:		500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:		15829 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:		15862 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:		25062 kr/år
		kr/år
Årlige driftsomkostninger ved direkte elopvarmning i alt:		25062 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:		9233 kr/år

Det ses, at det samlede elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand udgør 34 + 13 = 47 kWh/m² pr år.

I følgende skema er data for de 2 nye luft/luft-VP samt eksisterende luft/brugsvand-VP angivet.

Normalår		2906 graddage						
Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
12709	2938	0	2,65	3,00	4041	1646	3122	8809
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år						
96	22	0			30	12	23	66

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.
 Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.
 Tilskud er supplerende varme fra brændeovn, der i normalåret er nulstillet (overført til VP)
 COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning
 COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning
 Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme
 Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)
 Husholdning er elforbruget til husholdning
 Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi		Normalår
Samlet elforbrug til VP:		8809 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:		13918 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:		500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:		14418 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:		15647 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:		24722 kr/år
		kr/år
Årlige driftsomkostninger ved direkte elopvarmning i alt:		24722 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:		10304 kr/år

Det ses at det samlede specifikke forbrug nu udgør $30 + 12 = 42$ kWh/m² pr år og at de nye varmepumper har reduceret elforbruget til rumopvarmning fra 4462 kWh/år til 4041 kWh/år.

3.2.8 Elopvarmede huse

For den samlede gruppe på 25 huse (Bilag H) med elvarme samt supplerende varme i form af brændeovn eller varmepumpe blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Energiforbrug varme ialt (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)
73	59	14

For de 7 huse med elvarme som eneste varmekilde (Bilag H) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Energiforbrug varme ialt (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)
93	79	14

For de 5 huse med elvarme samt luft/luft-varmepumpe (Bilag H) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Energiforbrug varme ialt (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)
87	66	21

Sammenlignes husene med elvarme + varmepumpe med husene med elvarme som eneste varmekilde, ses at rumvarmeforbruget er reduceret fra 79 til 66 kWh/m² pr år – svarende til en besparelse på 2080 kWh/år for gennemsnitshuset på 160 m².

For de 9 huse med elvarme samt brændeovn (Bilag H) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Energiforbrug varme ialt (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)
62	50	12

Sammenlignes husene med elvarme + brændeovn med husene med elvarme som eneste varmekilde, ses at rumvarmeforbruget er reduceret fra 79 til 50 kWh/m² pr år – svarende til en besparelse på 4640 kWh/år for gennemsnitshuset på 160 m².

For de 3 huse med elvarme samt både luft/luft-varmepumpe og brændeovn (Bilag H) blev nøgletal for normalåret bestemt til:

Energiforbrug varme ialt (kWh/m ²)	Rumvarme (kWh/m ²)	Brugsvand (kWh/m ²)
60	44	16

Sammenlignes husene med elvarme + varmepumpe & brændeovn med husene med elvarme som eneste varmekilde, ses at rumvarmeforbruget er reduceret fra 79 til 44 kWh/m² pr år – svarende til en besparelse på 5600 kWh/år for gennemsnitshuset på 160 m².

4. Koncept del

4.1 Generelt

I det følgende beskrives en række overvejelser vedr. mulige initiativer, der skal sikre en effektiv energiudnyttelse primært i områder uden kollektiv varmforsyning, og medvirke til at sikre, at forbrugerne vælger de løsninger, der både privat- og samfundsøkonomisk samt energi- og miljømæssigt er til størst gavn.

Historisk set har varmpumperne spillet en relativ lille rolle i det danske energibillede og op gennem årene har varmpumperne stået i skyggen af en række andre vedvarende energiteknologier. I perioden fra starten af 1980'erne til udgangen af 2001 har de danske energimyndigheder ydet økonomiske støtte til installation af varmpumper i områder uden kollektiv varmforsyning – en støtte, der i perioder har været på 30% af de samlede installationsomkostninger. Dette har naturligvis haft indflydelse på det samlede salg af varmpumper, men trods initiativerne er varmpumperne aldrig slået rigtigt igennem. Ikke desto mindre har varmpumperne ydet et ikke helt uvæsentligt bidrag i den samlede danske forsyning af vedvarende energi. Ses på Energistyrelsens energistatistik bidrog varmpumperne i 2003 med en samlet primær energiproduktion på 3.726 TJ svarende til 10 gange mere end konventionel solvarme og til ca. 19% af vindmøllernes primære energiproduktion.

Varmepumper til individuel opvarmning er vedvarende energi! Der har gennem årene været en del forsøg på at kategorisere varmpumper som elvarme, men med et øje på anlæggenes energieffektive drift, hvor op mod $\frac{3}{4}$ af den afgivne varme hentes fra omgivelserne, mens kun ca. $\frac{1}{4}$ af energien tilføres i form af el, er varmpumperne rent faktisk en endog meget effektiv vedvarende energiteknologi.

I det følgende beskrives hvorledes branchen og markedet ser ud, der gives en status for situationen i vores nabolande, der gives en række eksempler på initiativer, der på sigt vil kunne påvirke markedet og afslutningsvis gives et par forslag til, hvorledes det sikres, at varmpumperne fremover vil kunne medvirke til at løse problemer vedr. Kyoto-protokollens målsætninger, sikre effektiv udnyttelse af elektricitet, hvad enten den er produceret til opvarmningsformål eller produceret som ren "overløbsel".

4.2 Branche og marked

Det danske varmpumpemarked har igennem årene været præget af relativt mange mindre firmaer, der har haft deres hovedbeskæftigelse inden for køleområdet, samt færre men mere kapitalstærke udenlandske producenter, som med varierende engagement har forsøgt at løfte markedet. Af de udenlandske producenter bør de svenske varmpumpeproducenter nævnes som værende de mest målrettede, samt naturligvis de større asiatiske producenter, som primært har fokus på airconditionområdet, men som ligeledes leverer varmpumper velegnet til drift i det nordeuropæiske klima.

I perioden, hvor det var muligt at opnå økonomisk støtte til installation af varmpumper (1981-1985 og igen fra 1988-2001) drev Teknologisk Institut Prøvestationen for Varmepumpeanlæg, som bl.a. omfattede godkendelse af apparater, hvortil der kunne ydes støtte. I slutningen af 2001, hvor støtteordningen ophævedes var der omkring 70 anlæg fordelt på 15 producenter/leverandører godkendt i Danmark. Godkendelsesordningen er efterfølgende videreført som en frivillig ordning på Teknologisk Institut, og i dag ydes der via ordningen teknisk support til forbrugere, producenter og beslutningstagere indenfor energiområdet. Der er medio juli 2007 84 anlæg godkendt i ordningen. Mere information om denne ordning kan findes på www.varmpumpeinfo.dk som bl.a. indeholder en positivliste over de anlæg, der pt. er godkendt i ordningen. Herudover har Energistyrelsen igangsat en "Kvalitetssikringsordning for varmpumpeanlæg", der primært har til formål at hjælpe danske producenter med tekniske spørgsmål samt sikre, at firmaerne er rustet til eksportmarkederne i Euro-

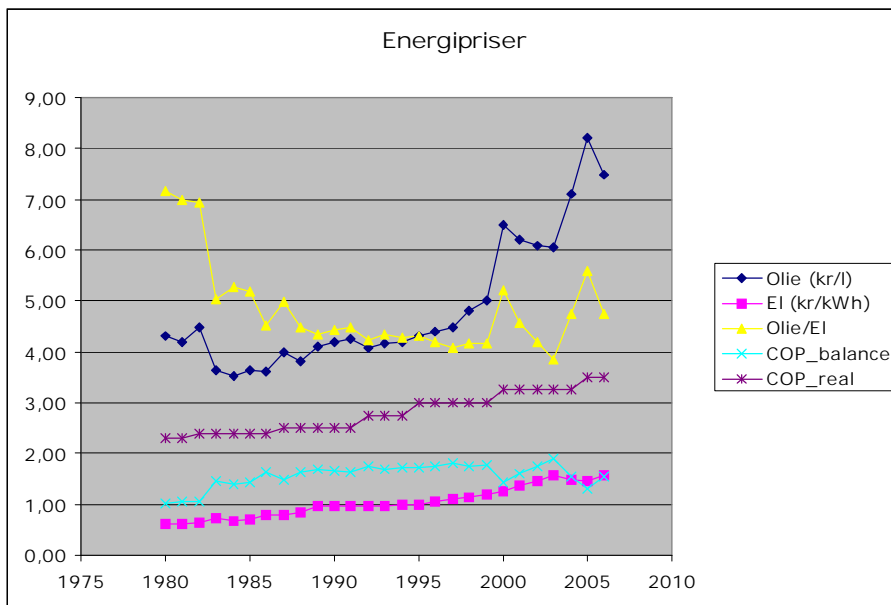
pa. Ordningen har til huse på Teknologisk Institut og er ligeledes beskrevet på www.varmepumpeinfo.dk

Det vurderes, at der pt. installeres omkring 10.000 varmepumper årligt i Danmark, et tal der er i stærk vækst, ikke mindst på grund af de stærkt stigende oliepriser. Totalt vurderes det, at der er installeret omkring 50-60.000 varmepumper totalt i Danmark. Dette er et tal, der står i skærende kontrast til vores nabolande. Eksempelvis viser statistikken, at der i Sverige er installeret næsten 6-8 gange så mange varmepumper som i DK. Og i Norge, hvor der generelt er en langvarig tradition for elvarme, er antallet nærmest eksploderet, således at der nu installeres omkring 55.000 anlæg årligt. I Sverige har man indført et tilskud på op til 14.000 SEK hvis man konverterer et oliefyr til et jordvarmeanlæg. Hertil kan man få yderligere op til 7.500 SEK i støtte, hvis man anskaffer et solvarmeanlæg, se mere på www.boverket.se. Der blev i Sverige installeret 120.000 varmepumper.

Markedet i DK er naturligvis stærkt påvirket af den generelle energisituation, og primært olieprisen har indflydelse på, hvorledes markedet bevæger sig. Det seneste års tid er olieprisen steget voldsomt, og dette har afstedkommet en markant øget interesse for varmepumper. Samtidig har andre energibesparende tiltag ledt fokus mod anvendelsen af miljø-mæssige og økonomisk bæredygtige løsninger. Varmepumperne har med baggrund i disse forhold endelig fået en placering i danskernes bevidsthed og massive markedsføringskampagner gennem energiselskaberne har haft en meget positiv indvirkning på dette. Men hvorfor halter Danmark så efter vores nabolande på dette område? Svaret på dette spørgsmål skal muligvis findes i den overordnede energipolitik, som har været ført her i landet gennem de seneste mere end 20 år. Danmark valgte på et tidligt tidspunkt at fokusere på den kollektive varmeforsyning: fjernvarme samt naturgas. Begge disse løsninger var fra start en direkte konkurrent til varmepumperne og senere tiltag indenfor vedvarende energi var rettet primært mod solvarme og vindenergi. Desuden har olieprisens reelle udvikling ikke kunnet bidrage væsentligt til varmepumpebranchens opblomstring – faktisk er det først inden for det seneste års tid, at stigningen har været så markant, at den har kunnet påvirke markedet.

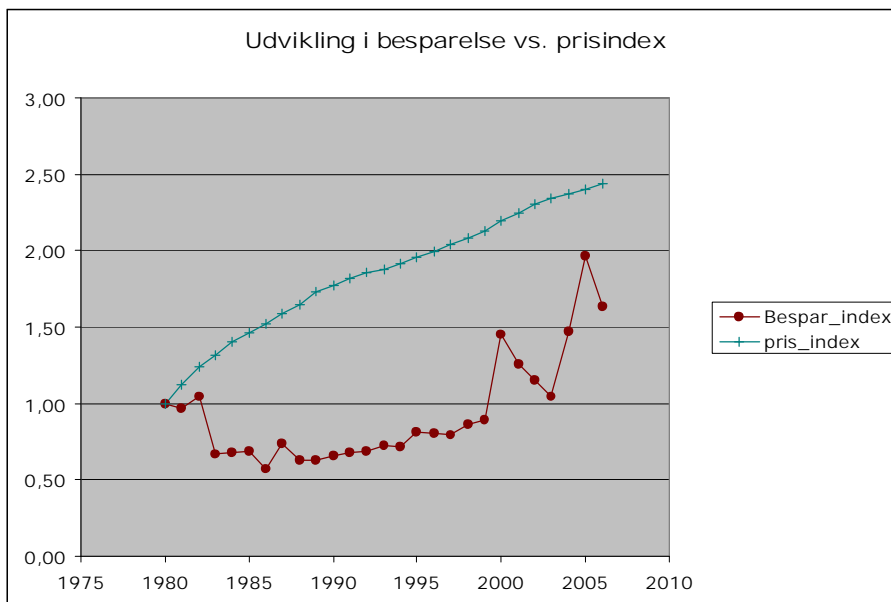
Dette fremgår af den følgende figur, der viser den historiske udvikling i olie- og elprisen. Det fremgår, at forholdet mellem olie- og elprisen var højest omkring 1980, hvor det lå på ca. 7, for så at falde til godt 4 i 90'erne. I øjeblikket ligger forholdet på ca. 4,5 (7,50 kr./l i forhold til 1,66 kr./kWh) og er altså ikke specielt højt. Så man kan ikke påstå, at det er energiprisernes udvikling, der stimulerer udbredelsen af varmepumpeanlæg (VPA).

I figuren er desuden beregnet en simpel balance-effektfaktor – COP_balance - der udtrykker den effektfaktor, et tænkt VPA skal have for at medføre samme driftsomkostning som en oliefyret kedel. Det ses, at balance-effektfaktoren i øjeblikket ligger på ca. 1,5 og da den reelle effektfaktor (COP_real i figuren) for dagens VPA typisk ligger på 3,0 – 3,5 er der et sparepotentiale. Prisændringer grundet internationale forhold på energimarkedet eller afgiftsændringer kan påvirke denne balance væsentligt til enten fordel eller ulempe for VPA.



Grafer over olie- og elprisens udvikling i absolutte priser. Forholdet Olie/EI viser at olieprisen siden 1980 har været forholdsvis lav. Balance-effekt faktoren angiver den nødvendige effekt faktor for at få samme driftsøkonomi med oliefyret kedel og VP. At den reale effekt faktor ligger over balanceeffekt faktoren angiver besparelses muligheden.

Til yderligere illustration er så i følgende figur beregnet den årlige besparelse ved drift med VPA i forhold til oliefyret kedel. Der er benyttet de løbende energipriser samt udviklingen i den reelle effekt faktor. Den løbende besparelse er så sat i forhold til besparelsen i 1980. Det ses, at besparelsen efter 1980 ikke har kunnet følge med inflationen. Forbedringen i effekt faktoren i de senere år medfører dog, at besparelsens værdi i øjeblikket nærmer sig niveauet i 1980. Desuden skal det bemærkes, at installationsomkostningerne til VPA ikke er steget med en faktor 2,5 som den generelle inflation, hvilket har forbedret lønsomheden ved investering i VPA over årene.



Besparelsen ved VP-drift i forhold til oliefyret kedel over årene. Det ses, at udviklingen i besparelsen ikke har kunnet følge trit med inflationen grundet olieprisen lavere stigningstakt i forhold til elprisen.

Energiprisernes indbyrdes udvikling har således ikke i sig selv stimuleret til større udbredelse af VPA, men den generelle stigning i energipriserne samt en positiv udvikling af varmepumpernes reelle effekt faktor har medført bedre privatøkonomi. Det er stadig tilfældet, at det typiske VPA er væsentligt dyrere end et kedelanlæg.

Dagens mange nybyggerier – sammen med det store antal parcelhuse fra 60'erne og 70'erne med nedslidte varme anlæg – har naturligt nok også dannet en del af baggrunden for udbredelsen. Hertil kommer den øgede velstand – og lavt renteniveau – der tilsyneladende har medført, at merprisen for et VPA ikke virker afskrækkende.

4.3 Fremtidige initiativer

4.3.1 Udfordringer

Varmepumpebranchen står foran en lang række udfordringer, som kan bremse eller i hvert fald forsinke udbredelsen af varmepumper. I det følgende er en række af disse barrierer eller udfordringer ridset op:

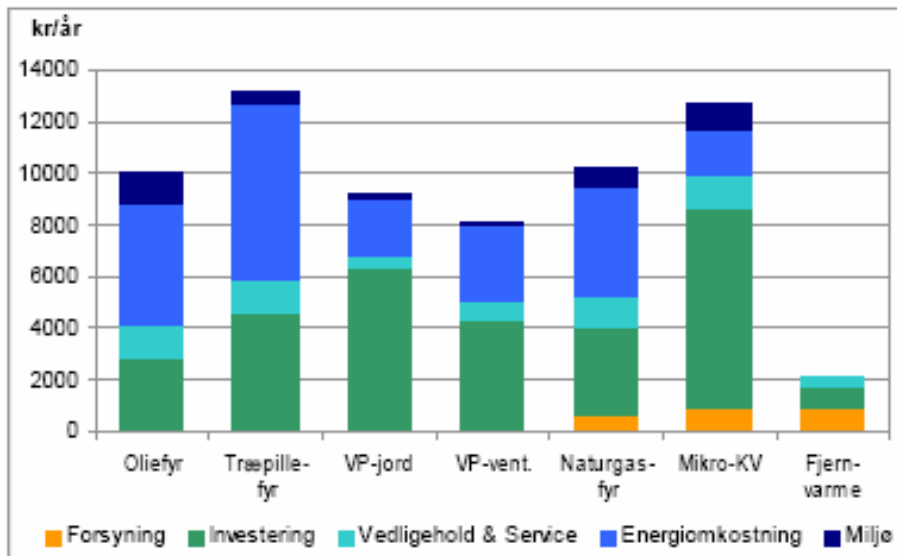
Kendskabet til varmepumper er generelt meget beskedent blandt danske forbrugere

Varmepumperne har i mange år levet en meget anonym tilværelse i den danske energiforsyning, og samtidig er der blandt en del mennesker en række fordomme omkring varmepumper, som er meget sejlivet. Fordommene grunder primært i historier fra 70'erne og starten af 80'erne omkring dårlige varmepumper, buler i græsplænen og meget lange tilbagebetalingstider. Omkring det generelle kendskab til varmepumper er det klart, at varmepumperne aldrig har været eksponeret som eksempelvis solvarme og vindmøller. Også hos mange rådgivere og installatører er kendskabet til varmepumperne meget begrænset, hvilket naturligvis virker hæmmende for udbredelsen.

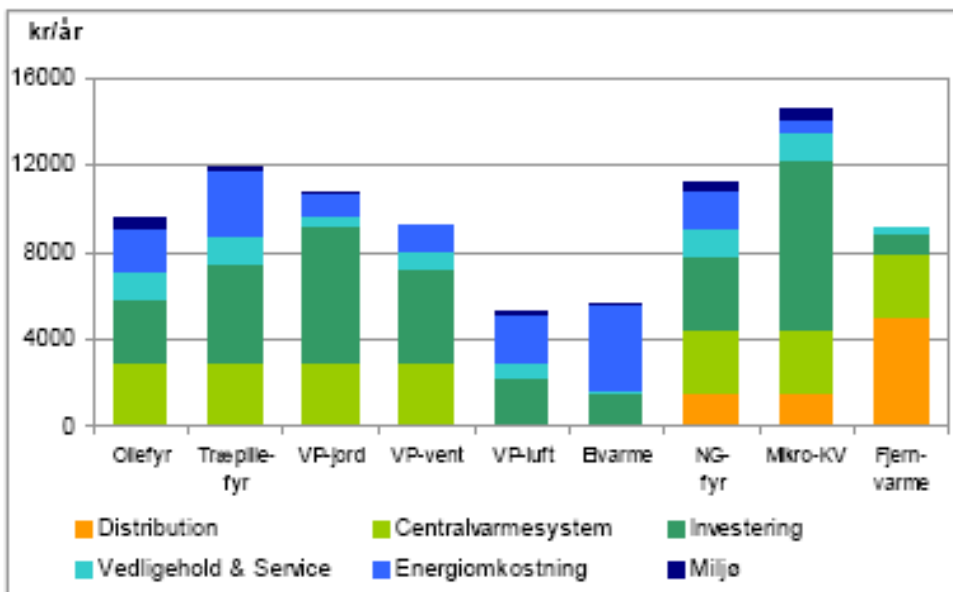
Privat- og samfundsøkonomiske betragtninger

Der er gennem årene lavet mange analyser af økonomien i varmepumpe anlæg – se eksempelvis ref. 5 samt www.varmepumpeinfo.dk. Desværre er mange af analyserne endt som støvede rapporter på hylder rundt om i landet. Analyserne viser, at der er både privat- og samfundsøkonomiske fordele ved at implementere varmepumper, primært i områder uden kollektiv varmeforsyning. Som vist bl.a. i ref. 5 kan varmepumperne dog også udvise bedre samfundsøkonomi end fjernvarme og naturgas under hensyntagen til moderne boligernes beskedne varmebehov samt energipriserne. At der samtidig er et miljømæssigt stort potentiale ved implementering af varmepumper er en sidegevinst, som naturligvis er værd at tage med. Men kendskabet til disse analyser er desværre stadig meget begrænset.

I ref. 5 er der gennemført en systematisk samfundsøkonomisk analyse til belysning af de forskellige opvarmningssystemer, hvorfra de følgende 2 figurer er hentet.



Figur 3.5: Totale samfundsøkonomiske omkostninger ved udskiftning af opvarmingsystem i eksisterende bygning. Oliepris 29 kr./GJ, CO₂-omkostning 150 kr./ton (basisforudsætninger). Bemærk at der for fjernvarme ikke er medtaget omkostninger til energi og miljø. Disse varierer meget afhængig af fjernvarmeproduktionen.



Figur 3.6: Samfundsøkonomi for opvarmingsystem installeret i nybyggeri af "Lavenergiklasse 2" (dvs. med ca. 25 procent lavere energiforbrug end BR2006) i område uden eksisterende kollektiv forsyning, basisforudsætninger.

Det nye bygningsreglement (BR2006)

Det nye EU-direktiv om bygningernes energimæssige ydeevne (og deraf følgende dansk bekendtgørelse) vil bevirke, at fremtidens boliger vil have et så beskedent varmetab, at varmepumper vil være et rigtigt fornuftigt alternativ, og implementeringen af direktivet har bl.a. medført, at kravet om tilslutningspligt til kollektiv varmeforsyning afskaffes (gældende for lavenergibyggeri). Dette vil uden tvivl medføre en markant forøget fokus på varmepumper. Men samtidig vil det bevirke, at branchen skal være gearet til at udvikle helt nye varmepumpesystemer med lav varmeydelse og med en anden fordeling mellem rumvarme og brugsvandsproduktion end ellers set.

Skærpede myndighedskrav

Som på mange andre områder er også energiområdet inde i en periode hvor der er skærpet fokus på en række punkter fra myndighedernes side, dette være sig både skærpede miljøkrav (bl.a. omkring kølemidler og frostsikringsmidler, hvor en ny "jordslangebekendtgørelse" er trådt i kraft) og øget fokus på mærkning af systemer (energimærkning og miljømærkning af både anlæg og installationer). Den danske branche er på nuværende tidspunkt ikke fokuseret på disse mærkningsordninger, da de stadig fungerer som frivillige ordninger, men på sigt vil der med stor sandsynlighed blive indført lovmæssige krav omkring mærkning, hvilket vil medføre en stor udfordring for de danske producenter og installatører.

Varmepumpernes placering i den danske energipolitik

En af de største udfordringer for varmepumpebranchen har gennem mange år været at positionere varmepumperne som en fast del af den danske energipolitik. Der har dog i den seneste tid vist sig en ny tendens, nemlig at varmepumperne bliver noteret i energiplaner etc. som en mulighed i fremtidens energisystem i bestræbelser på at reducere CO₂ udledningen, afværge problemerne med ubalance på elnettet (overløbsel) samt en samfundsøkonomisk attraktiv løsning. Netop varmepumpernes mulighed for på sigt at indgå i regulerkraftmarkedet anses for en af de helt store muligheder, og det faktum at varmepumper i fremtiden kan medvirke til at Danmark i endnu højere grad kan basere sin elproduktion på vedvarende energikilder synes medvirkende til, at det ikke længere er muligt at komme uden om varmepumperne.

4.3.2 Konkrete forslag til aktiviteter

Men hvilke redskaber skal tages i brug, såfremt det skal sikres, at forbrugerne ikke lades i stikken fremover, når der skal vælges opvarmningssystem.

Som nævnt tidligere har egentlige langsigtede tilskudsordninger inden for VE-området ikke direkte kunnet aflæses i salgstallene for varmepumper. Det forekommer heller ikke naturligt med traditionel offentlig støtte på varmepumpebranchens nuværende udviklingsniveau, hvor mindre producenter og installatørfirmaer er blevet suppleret med store internationale virksomheders engagement i varmepumper.

Der bør i stedet satses på aktiviteter og intensive kampagner, som tager udgangspunkt i følgende:

- Kampagner målrettet konkrete boligtyper (fx elopvarmede huse; huse med oliefyret kedelanlæg; sommerhuse; eksisterende huse kontra nye huse) hvor relevante opvarmningsformer sammenlignes. Ikke mindst kombinerede aggregat typer til både rum- og brugsvandsopvarmning samt ventilation kan være vanskelige at vurdere og sammenligne med mere traditionelle aggregater
- Konkurrencer om det mest energiøkonomiske varme anlæg i stil med elselskabernes elsparekonkurrencer: Familie-duel og Skole-duel, der har været gode succes'er
- Adgang til uvildig information om økonomi og driftssikkerhed. Den aktuelle frivillige godkendelsesordning offentliggør data fra ydelsestest af varmepumper. Disse data gælder kun i visse nominelle driftstilstande og bør suppleres med kalkulerede årsværdier er standardiserede CEN-metoder. Desuden kunne fejlstatistikker fra installerede anlæg offentliggøres
- Etablering af en mærkningsordning i stil med hårde hvidevarer til hurtig vurdering af aggregater
- Detaljerede datablade baseret på prøvning efter CEN-standarder. Skal dække prøvning i såvel fuldlast- som delast-drift, så årsværdi for ydelse og energiforbrug kan beregnes efter standardmetoder. Ud over termisk prøvning bør der fokuseres på øvrige brugsegenskaber som fx støj. Data af betydning for installationen (flow; tryktab; mm) skal ligeledes opgives på standardform

- Kvalitetssikring af installationer, hvor en inspektionsordning - eller klageadgang – kan medvirke til øget forbrugertilfredshed. Inden for solvarmeanlæg har en akkrediteret inspektionsordning været etableret med gode erfaringer
- Information til de nye regioner, så effektiv sagsbehandling i byggesager med varmepumper opnås. Det gælder information om opfyldelse af bygningsreglementets krav i byggesager med varmepumper. Det gælder sagsbehandling ved ansøgning om etablering af jordslanger efter den nye bekendtgørelse
- Information til formidlere af viden til forbrugerne såsom energi- og miljøkontorerne, elselskabernes boligrådgivere samt andre rådgivere

De nuværende – frivillige - ordninger indenfor varmepumper: Varmepumpeordningen – VPO – og varmepumpekvalitetssikringsordningen – VPK – rummer aktiviteter, der indeholder dele af ovennævnte emner. Det foreslås, at udbygge disse ordninger, således at leverandører og installatører omfattes af en obligatorisk del til sikring og dokumentation af anlægs- og komponentkvalitet samt gode installationer.

5. anbefalinger

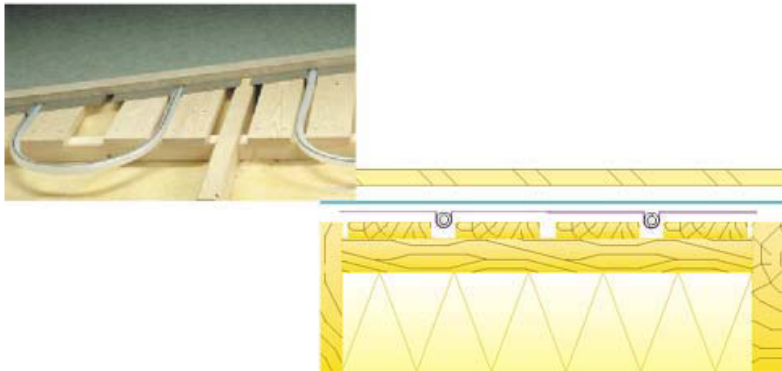
Baseret på de oplevede erfaringer fra de installerede anlæg anføres i de følgende afsnit nogle anbefalinger. Anbefalingerne er henført til den varme side, selve varmepumpeaggregatet, den kolde side samt styring og regulering af anlæggene.

5.1 Varmefordelingssystem

5.1.1 Gulvvarme

I forbindelse med gulvvarmeanlæg kan følgende retningslinier anbefales:

- Sørg for at gulvvarmen er opdelt i én kreds for hvert rum og med individuel styring af hvert rum.
- Gulvvarmeslangerne skal være isolerede frem til det rum, som de forsyner.
- Gulvvarmeslangerne skal placeres så højt som muligt i konstruktionen og bør ikke indstøbes i betonunderlaget, hvis der udlægges trægulve. I stedet bør der anvendes specielle gulvvarmeplader, der udlægges direkte under trægulvet.
- Hvis der anvendes gulvvarmeslanger indstøbt i betongulve, skal betongulvene være opdelt og være kantisolerede i hvert rum. Gulvvarmeslanger bør således ikke indstøbes i gennemgående betongulve, der går ubrudt under skillevægge.
- Gulvvarme indstøbt i betongulve bør kun anvendes som grundvarmekilde og bør altid være suppleret med radiatorer/konvektorer – eller luftvarmeblæser i kanal - til hurtig regulering af rummets varmebehov som følge af gratisvarme fra bl.a. solindfald og personer i rummet.
- Det er økonomisk optimalt med minimum 250 mm isolering under gulvvarmeslangerne. Og 300 mm hhv 450 mm hvis huset skal opfylde lavenergistaus klasse 2 hhv 1.



Eksempel på termisk let gulvvarmekonstruktion.



Eksempel på samle- og fordelearrangement til gulvvarmeanlæg. De enkelte gulvvarmesektioner styres individuelt af rumtermostater og elektroniske ventiler.

5.1.2 Luftvarme

Varmepumpen i hus A opvarmer brugsvandsbeholderen ved at skifte fremløbsvandet over fra rumvarmekredsen til varmtvandsbeholderens kappe. Herved afbrydes rumvarmeforsyningen kortvarigt. Dette betyder normalt intet i radiatoranlæg, hvorimod luftvarmeanlæg reagerer hurtigere med kølig luft i indblæsningen. Mulige forholdsregler: brugsvandsbeholderens temperaturstyring indstilles til lille "koblingsdifferens" (varmtvands-differens). Ved at sætte den lavt, opnås korte køretider til brugsvandsproduktion (til gengæld optræder de hyppigere). Desuden kan man i de fleste varmepumpestyringer indstille maks-tiden for brugsvandsproduktion, når der samtidigt er et rumvarmebehov. Den er fabriksindstillet til 30 minutter, men kan justeres ned til 5 minutter. Også herved kan længere tids indblæsning af kølig luft undgås. Endelig kan man lade luftvarmeventilatoren stoppe, når der produceres brugsvand. Herved undgås indblæsning af kølig luft.

En mere kompliceret løsning af problemet med fluktuerende indblæsningstemperatur kunne være at indføje en buffertank i kredsen til luftvarmebladen. Herved kunne buffertanken forsyne luftvarmebladen med varmt fremløbsvand, når varmepumpen producerer brugsvand. Fastlæggelsen af buffertankens størrelse sker ud fra varmepumpens kapacitet samt automatikkens parametre vedr. temperaturdifferenser og dermed gangtider. Et passende udgangspunkt for valg af tankstørrelse er omkring 25 liter pr. kW varmeydelse.

Den hurtige ændring på varmetilførslen til rummene grundet on/off-drift samt brugsvandsproduktion kan give komfortproblemer. Til gengæld reagerer luftvarmeanlæg hurtigere på fx solindfald netop fordi varmetilførslen hurtigt kan reduceres til 0, så der spares energi og omfanget af overtemperaturer reduceres.

Luftvarmeanlægget i hus B til dæmpning af temperatursvingninger i bolig med tungt gulvvarmesystem har fungeret OK. Men medfører måske i det konkrete tilfælde en forhøjet fremløbstemperatur i forhold til det krævede for gulvvarmeanlægget. Som udgangspunkt for nye anlæg frarådes tunge gulvvarmesystemer, der stiller krav om hurtigt reagerende supplerende varme. Men er der i boliger – fx med store glasarealer – behov for en hurtigere regulering end gulvvarmesystemet tillader, foreslås i første omgang overvejelse af traditio-

nelle radiatorer eller konvektorer. I det aktuelle tilfælde var dette ikke muligt, hvorfor der blev installeret en luftvarmeblade.

Da luftvarmeanlæg må formodes at få en væsentlig udbredelse i fremtidens byggeri, hvor de små rumvarmebehov kan dækkes billigt – og integreres med luftskifte og genvinding – tegner der sig et behov for komponenter og styringer på dette område:

- For det første bør varmepumpen kunne kapacitetsreguleres med frekvensomformer over et stort indsatsområde, så on/off-drift undgås under typiske dellast-situationer
- Kanal- og spjælds-systemer skal tilbyde muligheder for zoneopdeling med individuelle rumtemperaturer
- Kanal- og spjælds-systemer samt ventilator- og genvindingsaggregater skal være nemme at rengøre
- Ventilatorer og elmotorer skal have høj virkningsgrad og skal kunne kapacitetsreguleres uden væsentlige tab ved dellast
- Genvindingsflader skal have høj temperaturvirkningsgrad og lave tryktab
- Genvindingsflader skal kunne by-passes ved høje rumtemperaturer

5.1.3 Brugsvandsopvarmning

Der har ikke været konstateret problemer med forekomst af legionella-bakterier i nogle installationer. Ønsker man at tage særlige hensyn kan følgende anbefales:

- Vandtemperaturen ved fjerneste tapsted bør ikke være under 50°C.
- Denne temperatur bør opnås efter 15 – 20 sekunder
- Bakterievækst størst v. 30 – 45 C. Så derfor anbefales 55 C som beholdertemperatur
- Hæv lejlighedsvis beholdertemperaturen til 60 - 65 C
- Varmtvandsbeholderens volumen bør passe til forbruget, så opholdstiden i beholderen minimeres.
- Varmtvandsrør bør isoleres for at undgå varmetab.
- Minimer organisk materiale (plast, gummi)
- Reducer dannelse af aerosoler (pas på herunder på sparebrusere! Luftbefugtere)
- Fjern/undgå blinde rørstrækninger.
- Hold det kolde vand koldt (under 12 C ved fjerneste tapsted).

5.2 VP-aggregat

Kompressorer til varmepumper

Valg af kompressorer er og har altid været et stort diskussionsemne i varmepumpebranchen. Bl.a. er det (desværre) ikke muligt alene at have fokus på effektiviteten, da faktorer som levetid, pris og støj har meget stor betydning for det endelige valg. I det følgende er der lavet en lille teoretisk sammenligning af forskellige kompressorer i varmepumper – en sammenligning, der alene skal ses som et forsøg på at anskueliggøre, at der faktisk er forskel på, hvor effektive kompressorer er i varmepumper:

Alle data er opgivet ved en driftstilstand svarende til den nominelle (iht. EN14511), nemlig 0/45 (jordslange ind=0°C og vand ud af varmepumpe = 45°C). Der regnes med en temperaturdifferens på den kolde side (forskul mellem T_{jordslange,ind} og fordampningstemperatur) på 5K og på varm side med en temperaturdifferens (forskul mellem T_{vand,ud} og kondenseringstemperatur) på 0K.

Kompressor	Kompressor-Type	Kølemiddel	Varmeydelse (kW)	COP (-)
Copeland ZH15K4E	Scroll	R407C	5,30	3,26
Copeland ZH19K4E	Scroll	R407C	6,60	3,46
Bitzer 2EC – 2.2Y	Stempel semihermetisk	R407C	7,75	3,28
Bitzer 2EC – 2.2Y	Stempel semihermetisk	R134a	5,40	3,51
Bitzer 2EC – 4.2Y	Stempel semihermetisk	R134a	8,05	3,61
Bristol H73A563DBE	Stempel Hermetisk	R407C	9,78	3,40
Bristol H79A303DBE	Stempel Hermetisk	R407C	4,95	3,19
Bock HGX 34P/215-4	Stempel Semihermetisk	R134a	5,7 – 14,8	3,93- 3,59

Performance data for forskellige kompressorer (dT_underkøling=0K, dT overhedning=10K)

Det ses af tabellen, at der er forskel på kompressorerne i det nominelle driftspunkt (op til ca. 13%), men dér hvor kompressorerne virkelig adskiller sig fra hinanden er, når behovsstyring vha. omdrejningstalsregulering kommer på tale. Her er det klart den semihermetiske stempelkompressor, der er bedst egnet. Men som det ses, er det ikke den, der nødvendigvis klarer sig bedst i det nominelle driftspunkt (ikke når der vælges R407C). Dermed må man altså acceptere en lavere nominel COP for til gengæld at kunne få den største kapacitet ud af kompressorens slagvolumen. Alternativt må man vælge en større kompressor og beholde lavtrykskølemidlets, R134a, fordele såsom højere COP, færre vibrationer, lavere lejebelastning og lavere støjniveau.

Anvendelsen af R134a i varmepumper af denne størrelse er ikke udbredt, da det kræver en væsentligt større kompressor, end hvis valget falder på R407C, og samtidig har de semihermetiske kompressorer den ulempe, at deres noget større overfladeareal medfører et større varmetab end de mindre hermetiske kompressorer.

I en svensk fejlstatistik (ref. 16) optræder kompressorskader som én af de dominerende fejl – selv på nye varmepumper, så en omhyggelig udvælgelse, test og beskyttelse af kompressoren er helt afgørende for god kvalitet. Kompressorskader behøver ikke at betyde, at selve den valgte kompressor er dårlig til formålet – ofte er det andre forhold (fx i kølekredsen eller olie kvalitet) der medfører kompressorhavari. Men her kunne en bedre sikkerhedsautomatik mod uheldige driftstilstande gøre en indsats.

Cirkulationspumper

Anvendelse af effektive cirkulationspumper sikres ikke altid, da specielt den varme cirkulationspumpe i mange tilfælde ligger uden for "entreprisen", forstået således at den ikke leveres med varmepumpen, men leveres af installatøren. Dette gør, at der ses eksempler på, at en billig og mindre effektiv cirkulationspumpe kan reducere den samlede effektivitet for en ellers god varmepumpe.

5.3 Kold side

Der har været observeret forskellige opfattelser omkring dimensioneringen af jordslanger, og specielt hos hus A har der været kørt med en hårdt belastet jordslange, da en mindre varmepumpe blev skiftet til en større grundet undervurdering af husets varmebehov.

Da jordvarmepumper er meget populære, og da installationsomkostningerne til selve jordslangen udgør en væsentlig del (20 – 30 %) af den samlede installation, er det valgt at se nærmere på nogle dimensioneringsregler for jordslanger.

Der er desuden implementeret en forholdsvis simpel jordslangemodel i regneark, der måske kan vise sig nyttig. Modellen er ikke valideret på nuværende tidspunkt, men så længe der tages udgangspunkt i den traditionelle vandrette udlægning af en plastslange i et antal hårnåle, harmonerer modellens resultater med målte data.

Desuden skal der gøres opmærksom på at den tidligere bekendtgørelse nr 522 af 02/12/1980 vedr. etablering af jordvarmeanlæg nu er erstattet af en ny: "Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg pr. 1. januar 2007". Miljøministeriet (Miljøstyrelsen). Nr. 1203 af 20. november 2006.

Som supplement til de traditionelt anvendte plastrør af typen PEL 40 x 4 PN 6,3 anvendes nu ofte rør af typen PEM 40 x 2,4 PN 6,3. Den reducerede vægtykkelse giver en termisk fordel under varmeovergangen fra jord gennem rørvæg til frostvæsken. Under typiske belastninger på en jordslange kan opnås af størrelsesorden 0,5 K højere væsketemperatur med de tyndvæggede rør. De skal dog erindres, at under varmepumpens stilstand - mellem køreperioderne - sker der en temperaturudligning mellem jord og frostvæske. De første minutter efter start vil frostvæsken således have samme temperatur uafhængig af rørtypen.

Som supplement til de traditionelt anvendte frostvæsker (ethylen- og propylenglykol) anvendes IPA-sprit i en ca 30 % (volumen) blanding. Det formodes, at jordvarmeanlæg med denne type frostvæske kan opnå tilladelse til installation nær drikkevandsboringer i henhold til den nye bekendtgørelse.

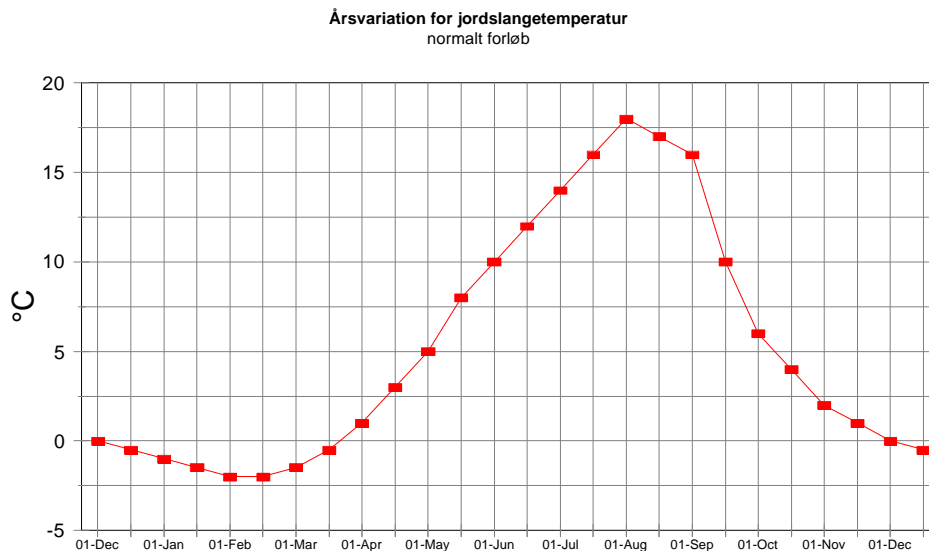
Cirkulationspumpen i frostvæskerekredsen giver anledning til en del fejl (ref. 16), så korrekt valg af pumpe på den kolde side er af stor betydning for anlæggets driftssikkerhed.

5.3.1 Dimensionering af jordslanger

Et typisk temperaturforløb for den indgående frostvæske fra jordslangen til fordamperen er vist i efterfølgende figur. På trods af kølingen ses temperaturen at stige væsentligt i løbet af sommeren til 15 – 20 C, så der kan ikke spores nogen permanent temperaturreduktion af betydning. I vintermånederne må normalt accepteres frostvæsketemperaturer lidt under 0 C, da jorden hurtig køles ned til frysepunktet, hvorefter en stor energimængde kan fjernes fra jorden ved udfrysning af vandindholdet – og altså uden yderligere temperaturreduktion.

Der ligger således en stor buffer i jorden i form af vandindholdets frysevarme, men vælges jordslangen for kort – eller er vandindholdet i jorden uventet lavt – opbruges frysevarmen og temperaturen i jorden vil derfor falde forholdsvis hurtigt. Herved vil varmepumpens effektivitet falde og – måske nok så væsentligt – der kan forekomme udfald af varmepumpen grundet sikkerhedsautomatik.

Da jordslanger imidlertid også tager plads samt koster penge, kan det være relevant at betragte nogle dimensioneringsregler for jordslanger, så disse hverken vælges for korte eller unødigt lange.



Figuren viser jordslangevæskens typiske temperaturforløb ved indgang fordampers.

Med mindre andet er nævnt betragtes i det følgende den traditionelle udlægningsgeometri for jordslanger: En slangeafstand på 1,5 m og en nedgravningsdybde på 0.8 m.

Dimensioneringsregel 1:

Et eksempel på en simpel dimensioneringsregel består i:

Bestem det dimensionerende varmetab for det pågældende hus, Q_{hus} (W)
Vælg jordslangelængden, L_{js} , så $25 < Q_{\text{hus}}/L_{\text{js}} < 35$ (W/m)

Denne regel vil medføre kuldebelastninger på selve jordslangen på 40 – 56 kWh/m pr. år
Eller effektbelastninger på jordslangen under drift på 18 - 25 W/m
Kuldebelastningen på jordarealet bliver 27 – 37 kWh/m² pr år

Det forudsættes at varmepumpen dækker godt 95% af husets varmebehov og har en effektivfaktor på årsbasis på ca 3.

Dimensioneringsregel 2:

Under VPO (VarmePumpeOrdningen) benyttes følgende regelsæt:

Bestem husets årlige varmebehov, E_{hus} (kWh/år)

Bestem den andel, der dækkes af varmepumpen: $E_{\text{hus}} * DG$ (kWh/år)

Hvor DG er varmepumpens dækningsgrad (0,00 – 1,00)

Varmepumpens årsmidleffektivfaktor bestemmes, $COP_{\text{år}}$

Kuldebelastningen på jordarealet bliver: $E_{\text{hus}} * DG * (COP_{\text{år}} - 1)/COP_{\text{år}}$

Anbefalingen er at kuldebelastningen pr m² jordareal maksimalt udgør 40 kWh/m² pr år

Dette svarer til en belastning pr m slange på 60 kWh/m pr år

Endvidere anbefales en maksimal effektbelastning på slangen på 20 W/m

Når længden således er bestemt anbefales det endvidere at tillægge 25% ekstra længde som sikkerhed.

Dimensioneringsregel 3:

I den europæiske standard prEN 15450:2006 (E) er der følgende dimensioneringsregler:

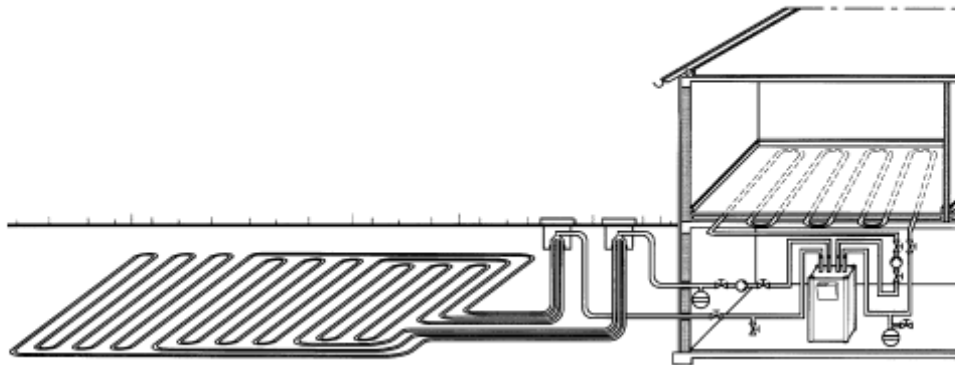


Table A.2 — Requirements for ground quality

ground quality	specific extraction heat flow rate	
	operation period 1.800 hours per year	operation period 2.400 hours per year
dry, non cohesive soil	10 W/m ²	8 W/m ²
moist cohesive soil	20 to 30 W/m ²	16 to 24 W/m ²
water saturated sand or gravel	40 W/m ²	32 W/m ²

For longer operation periods, the annual heat extracted per square metre collector area (in kWh/m² a) shall additionally be taken into account when designing the system, since this value reflects the long term effect of continuous heat extraction. The value should be between 50 and 70 kWh/(m² a) for heating operation only. The values deviate if heat is recharged to the ground in summer by other means.

The temperature drop between the return temperature of the heat exchange medium and the undisturbed ground temperature shall not exceed 12 K during continuous operation. The corresponding temperature drop during peak loads shall not exceed 18 K.

Under traditionelle forhold i Danmark (høj dækningsgrad af varmepumpen) vil varmepumpen have et årligt driftstimer på ca 3000 timer. Da vi i store dele af landet har morænejordbund med en vis fugtighed, får vi følgende dimensioneringsregel:

Der anbefales en maksimal effektbelastning på jordarealet på 16 - 24 W/m²
 Ved 1,5 m mellem slangerne svarer dette til en slangebelastning på 24 – 36 W/m
 Desuden anbefales at kuldebelastningen pr m² jordareal udgør 50 – 70 kWh/m² pr år
 Dette svarer til en belastning pr m slange på 75 - 105 kWh/m pr år
 Yderligere anbefales nogle maksimale temperaturforskelle mellem jordvæsketemperaturen og temperaturen i uforstyrret jord (12 K ved kontinuerlig drift og 18 K ved maksimal belastning)

5.3.2 Resultater fra jordslangemodel

I Bilag I er beskrevet en simpel dynamisk model til analyse af jordslangers ydeevne. Nogle resultater skal anføres her med henblik på sammenligning med praktiske erfaringer samt med de nævnte dimensioneringsregler i afsnit 5.3.1.

Der er i beregningerne anvendt følgende parametre for jord- og slangemateriale:

Varmefylde, jord (kJ/(m ³ K)):	2000
Varmeledningsevne, jord (W/(m K)):	1,5
Varmetransmissionskoeff. v. slange (W/(m ² K)):	100
Ydre slangediameter (m):	0,04

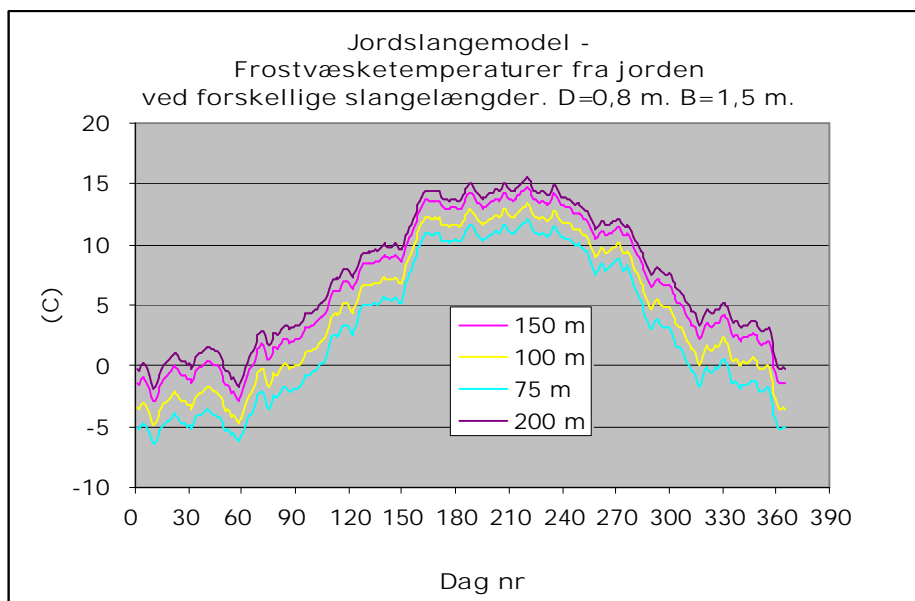
Indre slangediameter (m): 0,038
 Varmeledningsevne, slangemateriale (W/(m K)): 0,43

Flow i jordslangen er valgt svarende til en afkøling ved passage af fordamperen på 3 K.

Huset har et dimensionerende varmetab på 5 kW og et årligt rumvarmebehov på 14.320 kWh.

Varmepumpen har en nominel varmeydelse på 4,5 kW ved 0/55 C

Der er gennemført simuleringer med varierende jordslangelængde for fastholdt slangeafstand (=hårnålebredde). Herved varieres såvel belastningen pr. m slange som belastningen pr m² jordoverflade. Den følgende figur viser resultaterne i form af de opnåede frostvæsketemperatureer over året.



Analyse af indflydelsen fra varierende jordslangelængder og dermed jordbelastninger.

I følgende tabel er vist de resulterende belastninger:

Slangelængde	m	75	100	150	200
Effektivt jordareal	m ²	117	155	230	305
Effektoptag pr m slange	W/m	38	29	19	14
Årligt energioptag pr m slange	kWh/m	117	91	62	47
Effektoptag pr m ² jordareal	W/m ²	25	19	13	9
Årligt energioptag pr m ² jordareal	kWh/m ²	75	59	41	31

For det givne hus svarer en jordslangelængde på 150 m til dimensioneringsregel 2 i afsnit 5.3.1. Data for denne længde udgør derfor en reference (kolonne markeret med fed).

Det ses af grafen, at reference-længden medfører jordvæsketemperatureer fra jorden ned til -2,5 C, hvilket harmonerer rimeligt med praktiske erfaringer.

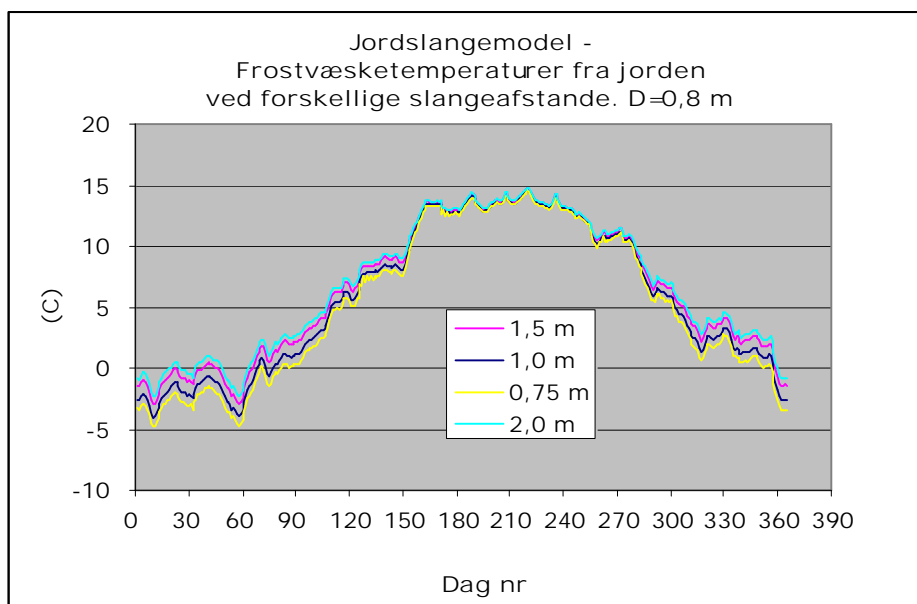
Konsekvensen af at reducere – eller øge – jordslangelængden ses af grafen.

Modellen antyder, at hvis belastningen øges til ca 30 W kuldeydelse pr m slange – eller energioptaget øges til ca 60 kWh pr m² jordareal – vil frostvæsketemperaturen nærme sig -5 C. Frostvæsketemperaturer omkring -5 C vil få nogle jordvarmepumper til at stoppe på sikkerhedsautomatikken og skifte til tilskudsvarmekilden (ofte en elpatron).

Modellen understøtter således dimensioneringsregel 2.

En forøgelse af slangelængden i forhold til referencen – fra 150 m til 200 m i den aktuelle beregning – er ikke økonomisk attraktiv (men vil selvfølgelig reducere risikoen for lave frostvæsketemperaturer i meget kolde perioder). Omkostningen til den større længde vil i dagens priser være 3.000 - 5.000 kr. og forbedringen i driftsøkonomien grundet lidt højere frostvæsketemperaturer vil være 150 – 250 kr./år.

Der er endvidere gennemført simuleringer med varierende jordslangeafstand for fastholdt slangelængde. Herved fastholdes belastningen pr. m slange, men belastningen pr m² jordoverflade varieres. Den følgende figur viser resultaterne i form af de opnåede frostvæsketemperaturer over året.



Analyse af indflydelsen fra varierende jordslangeafstande og dermed jordbelastninger.

I følgende tabel er vist de resulterende belastninger ved variation i slangeafstanden for fastholdt slangelængde (=150 m):

Slangeafstand	m	2,0	1,5	1,0	0,75
Effektivt jordareal	m ²	308	230	152	121
Effektioptag pr m slange	W/m	19	19	19	19
Årligt energioptag pr m slange	kWh/m	63	62	61	61
Effektioptag pr m ² jordareal	W/m ²	9	13	19	24
Årligt energioptag pr m ² jordareal	kWh/m ²	30	41	60	75

Konsekvensen af at reducere – eller øge – jordslangeafstanden i forhold til referencen (markeret med fed) ses af grafen.

Modellen antyder, at hvis belastningen øges fra ca. 40 kWh til ca. 60 kWh pr m² jordareal ved en reduktion af slangeafstanden fra 1,5 m til 1,0 m – vil frostvæsketemperaturen i dette tilfælde ikke reduceres i samme omfang som i tilfældet, hvor også effektoptaget pr m slange blev øget.

Er der arealknaphed, så høje energioptag pr. m² jordareal ikke kan undgås (dog ikke over 60 kWh/m²), synes det således fordelagtigt at øge slangelængden ved benytte reduceret slangeafstand, således at effektoptaget holdes under ca. 20 W/m.

5.3.3 Andre varmeoptagersystemer

Som alternativ til varmeoptagelse med den traditionelle jordslange eller en luftkøler til udeluft benyttes i et vist omfang følgende muligheder:

- En energiabsorber i kombination med en – evt hårdt belastet – jordslange kan supplere energitilførslen til jorden, således at jordtemperaturen omkring slangerne hæves. Beregningsresultater med simuleringsprogrammet i Bilag I antyder ikke noget væsentlig energimæssig gevinst på COP-værdien for et anlæg med normalt dimensioneret jordslange. Her står investering i energiabsorber samt den øgede anlægs-kompleksitet og pumpeenergi næppe i rimeligt forhold til gevinsten. Men hvis arealknaphed medfører en hårdt belastet jordslange (målt pr. m² jordoverflade), eller der benyttes andre geometrier og principper for varmeoptagelsen, kan en energiabsorber være et effektivt supplement.
- Det må forventes, at nye typer varmepumper til moderne boliger med lavt varmebehov vil omfatte typer med luft som transportmiddel for at undgå omkostninger til et vandbærent varmeanlæg samt for at kombinere rumopvarmning med ventilation. Det kan her være relevant tilsvarende at benytte luft på den kolde side, hvor man kan benytte en jordslange i form af luftkanaler til at opvarme udeluften før afkølingen i fordampere. Herved kan der opnås bedre drift i form af reduceret behov for tilskudsvarme samt afrimningsbehov. Desuden kan der opnås frikøling af huset i perioder, hvor almindelig ventilation ikke kan holde rumtemperaturen nede.

5.4 Reguleringsprincipper

Ved kapacitetsregulering af varmepumpen med frekvensomformer (beregnet til konstant moment) kan man lade såvel kompressor som pumpe/ventilator på kold side regulere efter det aktuelle behov. Som udgangspunkt reguleres brinepumpen/ventilatoren efter en konstant temperaturdifferens over fordampere. Dette er nødvendigt, da energiforbruget til pumpen/ventilatoren ellers vil stige betragteligt, da driftstiden jo forøges i.f.t. normal drift.

Regulering af den varme cirkulationspumpe er ikke essentiel for systemets samlede effektivitet, da dennes effektforbrug er relativt begrænset set i forhold til de øvrige komponenters. Og regulering af den varme cirkulationspumpe kan resultere i problematisk regulering af resten af systemet. Det er derfor valgt at lade de varme cirkulationspumper køre ved konstant omdrejningstal.

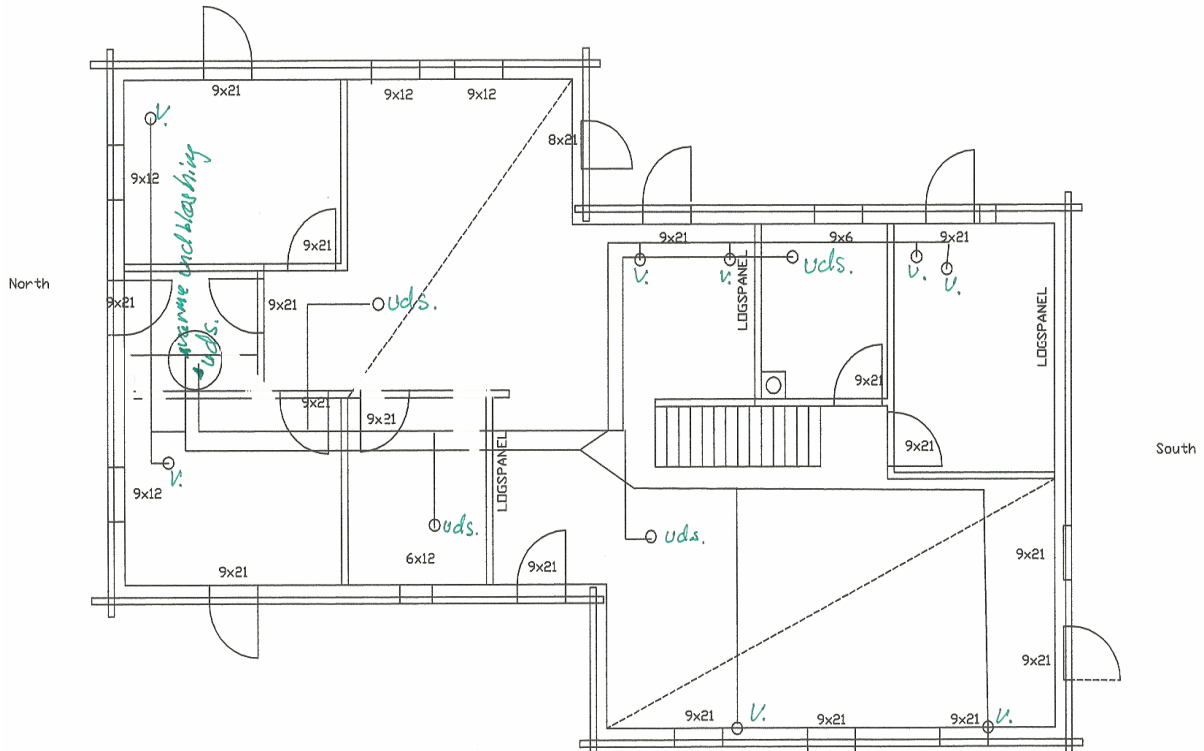
Opvarmning af rum og brugsvand med varmepumpe sker normalt ved en skiftestrategi, således at vandkredsen til radiatorer eller gulvvarme kan køre med ét temperaturniveau, og brugsvandsbeholderens kappe eller spiral med et andet – og højere – temperaturniveau. Det viser sig i fejlstatistikker (ref. 16), at visse af de anvendte zoneventiler til denne omstyring af vand-flowet er ramt af en del fejl.

6. Litteraturhenvisninger

1. Miljøprojekt Nr. 586: CO₂ som kølemiddel i varmepumper. Miljøstyrelsen 2001
2. Individuelle Eldrevne Varmepumper. Implementering af ny teknologi – fase 5-10. Teknologisk Institut 2002
3. Luft som varmekilde i varmepumper. Udrednings- og forprojekt. Teknologisk Institut 2000.
4. ELFOR Projekt: Journalnr. 464-03, projekt nr. 336-070. Varmepumpeanlæg til fritidshus. 2006.
5. Energiteknologier – tekniske og økonomiske udviklingsperspektiver. Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025. Energistyrelsen 2005.
6. Fremtidens varmeforsyning til boliger. Mikkel Sørensen. Afgangprojekt DTU 2003.
7. Perspektiver for den danske varmeforsyning frem mod 2025. Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025. Energistyrelsen 2005.
8. Vurdering af varmekonsum i nyere huse med gulvvarme. Teknologisk Institut januar 2001.
9. Individuelle Eldrevne Varmepumper – Implementering af ny teknologi, Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut, december 2002.
http://www.teknologisk.dk/_root/media/9307%5Frapport%2DIndividuelle%20eldrevne%20varmepumper%2Dfase2.pdf
10. Behovsstyring af mindre køleanlæg ved hjælp af kompressorregulering, Claus S. Poulsen et.al., november 2004,
http://www.energiledelse.com/db/filarkiv/4491/Rapport_behovsstyring_af_mindre_koeleanlaeg_februar2005.pdf
11. Vejledning og beregningsprogram for behovsstyring af mindre køleanlæg ved hjælp af kompressorregulering, november 2004, diverse forfattere,
http://www.energiledelse.com/db/filarkiv/4490/Vejledning_behovsstyring_af_mindre_koeleanlaeg_februar2005.pdf
12. Teknologisk Instituts hjemmeside om varmepumper, www.varmepumpeinfo.dk
13. Salling Vaske- og Køleservices hjemmeside om varmepumper, www.vagtanderup.dk
14. EFFLOCOM – Energy Efficiency and Load Curve Impact of Commercial Development in Competitive Markets. Danish Pilot Project: Demand Response Offered by Households with Direct Electric heating. Casper Kofod. 2004.
15. Kombineret varmepumpe- og solvarmeanlæg til parcelhuse – fase I. Prøvestationen for Varmepumpeanlæg. Juli 1993
16. www.folksam.se/varmeguide/

Bilag A: V/V-VP

Bolig



Hus A er et forholdsvis nyt opført hus fra 2001.

Det opvarmede etageareal er ca 200 m² fordelt på 2 plan.

Der er gulvvarme i entré (8 m²), køkken/bad I (38 m²) og bad II (9 m²) i alt ca 55 m².

Resten af boligen – ca 145 m² – opvarmes via et luftvarmeanlæg.

Varmetabsrammen i det daværende Bygningsreglement bliver i dette tilfælde 68 kWh/m².

En beregning udført af en rådgivende ingeniør er vist i efterfølgende skema, der dels opstiller det dimensionerende varmetab, dels estimerer det årlige rumvarmebehov ud fra en graddageberegning.

Det dimensionerende varmetab beregnes til 7046 W – svarende til ca. 35 W/m².

Det årlige rumvarmebehov beregnes til 15357 kWh – svarende til ca. 77 kWh/m²

Varmetabsberegning		Vedr.: Hus A					Længde	Bredde	Højde	Rumfang, nt.	574,6 m ³
Iflg. D.I.F.'s		Sag nr.:				stueplan	136,80	1,00	3,00	Areal, netto	136,8 m ²
"Regler for beregning af bygnings varmetab"		Rum nr.:	Betegn: Bolig			tagrum	8,20	8,20	1,80	V+D areal	34,9 m ²
1 med linietab		Etage:				tagrum	4,20	8,20	1,80	V+D %	25,5 %
		Dato: 10.11.2004	Bereg.:			tagrum	4,20	3,20	-1,40	Transmission	3.920 watt
Nr.	Bygningsdel	Længde [m]	Bredde [m]	Areal [m ²]	Antal [stk]	Fradrag [m ²]	Areal [m ²]	Temp. [°C]	U [w/m ² ×°C]	UxAxT [watt]	Ventilation Varmetab Tab pr. m ²
			Højde [m]	Rumfang [m ³]	n [xh]		Rumfang [m ³]		0,34	0,34×RxT [watt]	3.126 watt
	Vindue (9 x 12 M)	0,90	1,20	1,1	4		4,3	32	1,10	152	7.046 watt
	Vindue (9 x 6 M)	0,90	0,60	0,5	1		0,5	32	1,10	19	51,5 w/m ²
	Vindue (6 x 12 M)	0,60	1,20	0,7	1		0,7	32	1,10	25	15357 kWh/år
	Vindue (9 x 21 M)	0,90	2,10	1,9	6		11,3	32	1,10	399	
	Dør (9 x 21 M)	0,90	2,10	1,9	9		17,0	32	1,10	599	
	Ovenlys	0,72	1,40	1,0	1		1,0	32	1,10	35	
	Skillevægge i tagrum	24,42	1,00	24,4	1		24,4	32	0,12	94	
	Facader og gavle	3,00	54,20	162,6	1	33,9	128,7	32	0,18	741	
	Gavltrekanter	8,20	3,60	29,5	1		29,5	32	0,15	142	
	Skæve gavltrekanter	1,80	5,00	9,0	2		18,0	32	0,15	86	
	Tag	20,60	5,30	109,2	1	1,0	108,2	32	0,12	415	
	Trægulv	136,80	1,00	136,8	1	44,6	92,2	10	0,13	120	
	Flisegulv	44,60	1,00	44,6	1		44,6	10	0,14	62	
	Loft	8,20	8,20	67,2	1	23,5	43,7	32	0,12	168	
	Linietab vinduer i facade	107,40	1,00	5,1	1		5,1	32	0,10	16	
	Linietab tagvinduer	50,84	1,00	50,8	1		50,8	32	0,45	732	
	Linietab fundament	54,20	1,00	54,2	1		54,2	10	0,19	103	
	Linietab skillevæggsfundament	5,70	2,00	11,4	1		11,4	10	0,09	10	
	Ventilation			574,6	0,5		287,3	32	0,34	3.126	

Anlæg

Der blev udvalgt et varmepumpeanlæg med en kapacitet på ca. 7 kW varmeydelse (ved 0/45 C) til opvarmning af såvel rum som brugsvand.

Som primært varmefordelingssystem blev som nævnt valgt luftvarme kombineret med gulvvarme.

Brugsvandet leveres fra en ca. 200 l varmtvandsbeholder opvarmet af centralvarmevandet i en kappe.

Udformning af luftvarmeanlægget er vist i efterfølgende figur. Det bemærkes, at der er etableret genvinding mellem afkast- og friskluft, og at recirkulationsgraden kan justeres.

For de 55 m² med gulvvarme bliver varmebehovet ca 2 kW, hvilket kan dækkes af en vandmængde på 180 l/h ved 10 C afkøling fx fra 45C til 35C.

For de 145 m² med luftvarme bliver varmebehovet ca 4 kW, hvilket kan dækkes af en samlet luftmængde på 600 m³/h ved 20 C afkøling fx fra 42C til 22C.

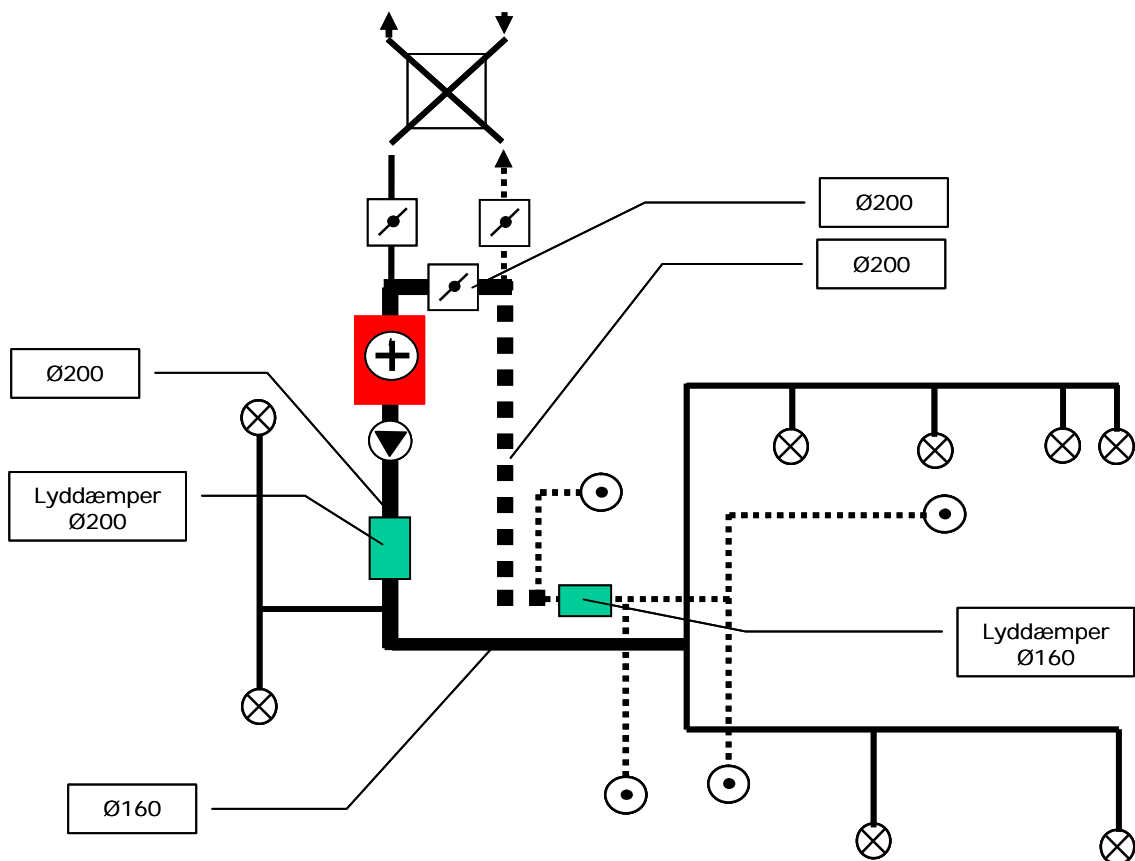
En luftmængde på 600 m³/h kræver Ø200 mm kanaler for ikke at få for høje luftfartigheder (her: 5,3 m/s). Efter de første afgreninger kan niples ned til Ø160 mm.

Vandmængden til luftvarmebladen skal være ca 360 l/h ved 10 C afkøling fx fra 47C til 37C.

Den samlede vandmængde fra varmepumpen er således ca 180 + 360 = 540 l/h.

Boligen skal endvidere kunne ventileres. Med et volumen på ca. 500 m³ og et krav om luftskifte på 0,5 gange i timen, bliver luftmængden 250 m³/h. Denne luftmængde kan klares med Ø125 mm kanaler (luftfartighed 5,7 m/s) eller større.

Luftvarmeanlæg – Hus A.



Recirkulering:

99001417 KVKE 250 M Boksventilator Brand/lydisoleret klarer 600 m³/h

98001013 FLX 250 Flexforbindelse Ø250 2 stk

99005000 RE 1,5 Regulering 1 stk – omløbsregulering af KVKE 250 M

99005474 VBR 60-30-4 Vandvarmefflade – ydelse 4 kW v. 50/40 C vand & 20/40 C luft

99005195 LDC 200-900 Lyddæmper 2 stk – nok 2 dæmpere i serie

Eksisterende lyddæmper Ø 160 benyttes på sugesiden

Varmegenvindingsaggregat:

99008178 VVX 250 Aggregat 1 stk – klarer ca 150 m³/h

98000029 Omskifter for VVX 250/330 1 stk – start/stop + hastighedsregulering

Måleprogram

Følgende størrelser er registreret gennem 2 fyringssæsoner:

Elforbrug til VP (incl hjælpeudstyr og evt. elpatron) registreres på bimåler

Elforbrug til luftvarmeanlæggets ventilator registreres via hovedmåler

Varmeafgivelsen til rum registreres på energimåler

Varmeafgivelsen til brugsvand registreres via driftstimer for kompressoren hertil

Indetemperatur i primært rum

Brug af brændeovn (el. anden varmekilde) registreres

Tælleværker (fx timer til brugsvandsproduktion, samlede driftstimer, vand,..) registreres

Temperaturer til fremløb/retur på varm og kold side aflæses .

Adfærdsmæssige forhold af betydning for varmebehovet registreres

Resultater

I følgende tabeller er præsenteret hovedresultaterne for anlæg A. Desuden er årsresultatet henført til normalåret.

2004 2466 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	Ventilator	COPvp	COPvpa	Evp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år		-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
14672	4402	3130	542	3,30	2,24	4838	5276	13786

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron grundet udfald af VP samt manglende kapacitet

Ventilator består af elforbrug til luftvarmeanlæggets ventilator

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud og Ventilator

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud og Ventilator

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

2005 2581 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	Ventilator	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år		-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
17643	5021	2838	1720	3,40	2,61	5831	5318	13987

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron grundet udfald af VP samt manglende kapacitet

Ventilator består af elforbrug til det nye luftvarmeanlæg m. øget kapacitet samt VGV

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud og Ventilator

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud og Ventilator

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	Ventilator	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
18577	4711	200	1500	3,40	2,74	6791	5297	12288
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
93	24	1	8			34	26	61

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift

Ventilator består af elforbrug til det nye luftvarmeanlæg m. øget kapacitet samt VGV

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud og Ventilator

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud og Ventilator

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

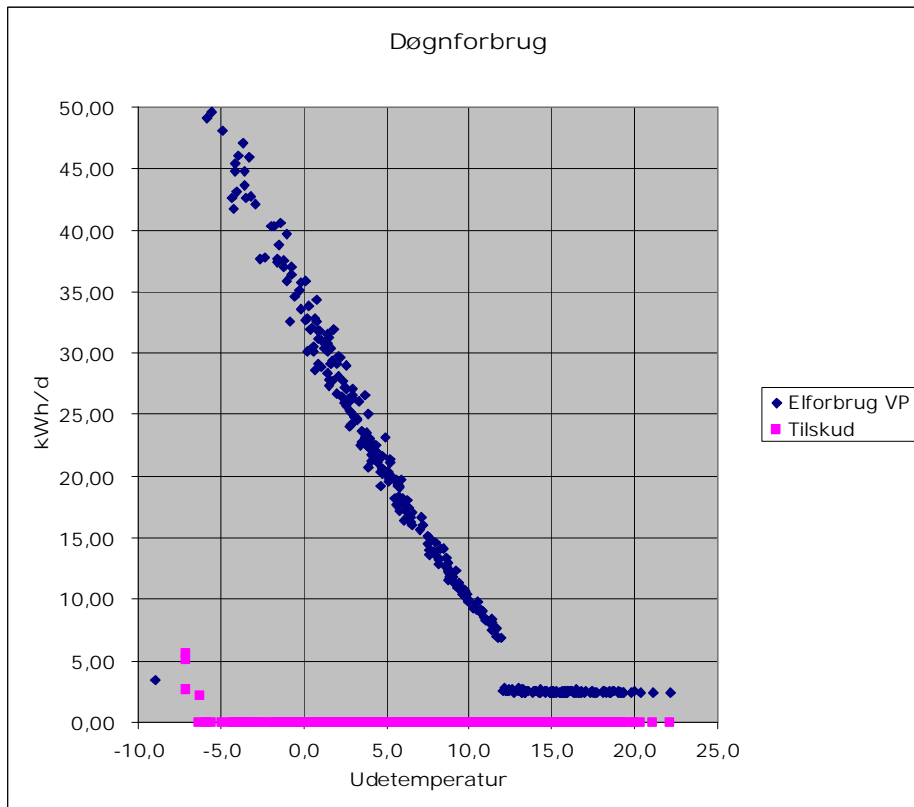
Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6991 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	11045 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	11545 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	23288 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	19407 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	19907 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	8362 kr/år

Elforbrugets fordeling over normalåret i afhængighed af udetemperaturen er vist i efterfølgende figur.



Døgnforbrug (kWh/døgn) til varmepumpen og tilskudsvarmen i normalåret.

Observationer

Luftvarmeanlægget har et større hjælpenergiforbrug (til ventilatorer) end radiatoranlæg, hvilket reducerer den samlede effektivitet. Elforbruget til disse ventilatorer ville også være til stede ved brug af andre opvarmningsformer end varmepumpe og er derfor opgjort separat. Men denne case viser betydningen af at vælge ventilatorer med høje virkningsgrader samt komponenter og kanalsystemer med lave tryktab.

Med de nuværende energipriser på olie/gas og el vil varmepumpeanlægget give en driftsudgift, der er 8-9000 kr/år lavere end et kedelanlæg.

Varmepumpen opvarmer brugsvandsbeholderen ved at skifte fremløbsvandet over fra rumvarmekredsen til varmtvandsbeholderens kappe. Herved afbrydes rumvarmeforsyningen kortvarigt. Dette betyder normalt intet i radiatoranlæg, hvorimod luftvarmeanlæg reagerer hurtigere med kølig luft i indblæsningen. Mulige forholdsregler: brugsvandsbeholderens temperaturstyring indstilles til lille "koblingsdifferens" (varmtvands-differens). Ved at sætte den lavt, opnås korte køretider til brugsvandsproduktion (til gengæld optræder de hyppigere). Desuden kan man i denne varmepumpestyring indstille maks-tiden for brugsvandsproduktion, når der samtidigt er et rumvarmebehov. Den er fabriksindstillet til 30 minutter, men kan justeres ned til 5 minutter. Også herved kan længere tids indblæsning af kølig luft undgås. Endelig kan man lade luftvarmeventilatoren stoppe, når der produceres brugsvand. Herved undgås indblæsning af kølig luft. En mere kompliceret løsning kunne være at indføje en buffertank (formodentlig på ca 200 liter) i kredsen til luftvarmebladen. Herved kunne buffertanken forsyne luftvarmebladen med varmt fremløbsvand, når varmepumpen producerer brugsvand. Denne buffertank kunne passende placeres på loftet.

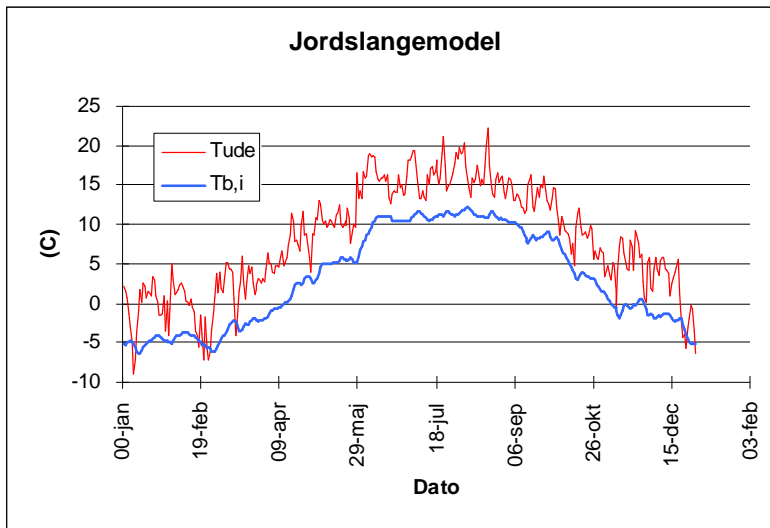
Den hurtige ændring på varmetilførslen til rummene grundet on/off-drift samt brugsvandsproduktion kan give komfortproblemer. Til gengæld reagerer luftvarmeanlæg hurtigere på fx solindfald netop fordi varmetilførslen hurtigt kan reduceres til 0, så der spares energi og omfanget af overtemperaturer reduceres.

Genvindingsanlægget kan sikre luftskiftet. Men da der også er et naturligt luftskifte i boligen grundet fuger og åbninger er der ikke behov for at køre med maks luftmængde i varmegenvindingsaggregatet.

Jordslangen har i dette hus været ret hårdt belastet (grundet indledningsvis undervurdering af husets varmebehov), hvilket har givet en del udfald på sikkerhedsautomatikken. En minimumstermostat på den udgående frostvæsketemperatur fra fordampere er fast indstillet på -5 C. Underskrides denne temperatur standses varmepumpens kompressor. Denne minimumstermostats setpunkt forekommer at være konservativt fastlagt og kunne formodentlig uden problemer for driftssikkerhed og levetid sænkes til -10 C. Herved ville det være muligt at benytte jordvarme i huse, hvor pladsforhold på grunden ikke muliggør en veldimensioneret jordslange.

Belastningen på jordslangen er 38 W kuldeydelse pr m jordslange i dimensioneringspunktet. Den årlige belastning pr m² jordoverflade er ca 75 kWh.

I den efterfølgende figur antyder jordslangemodellen konsekvenserne på jordvæsketemperaturen af denne belastning.

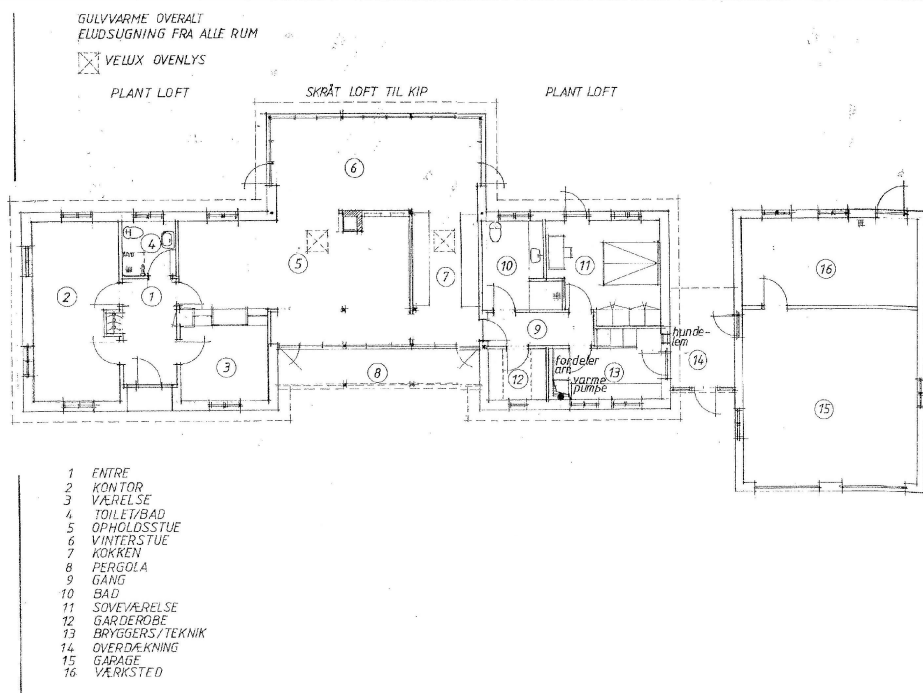


Beregning af jordvæsketemperatur for anlæg A. Beregningen bekræfter, at jordvæsken ofte vil underskride -5 C i fyringssæsonen.

Bilag B: V/V-VP

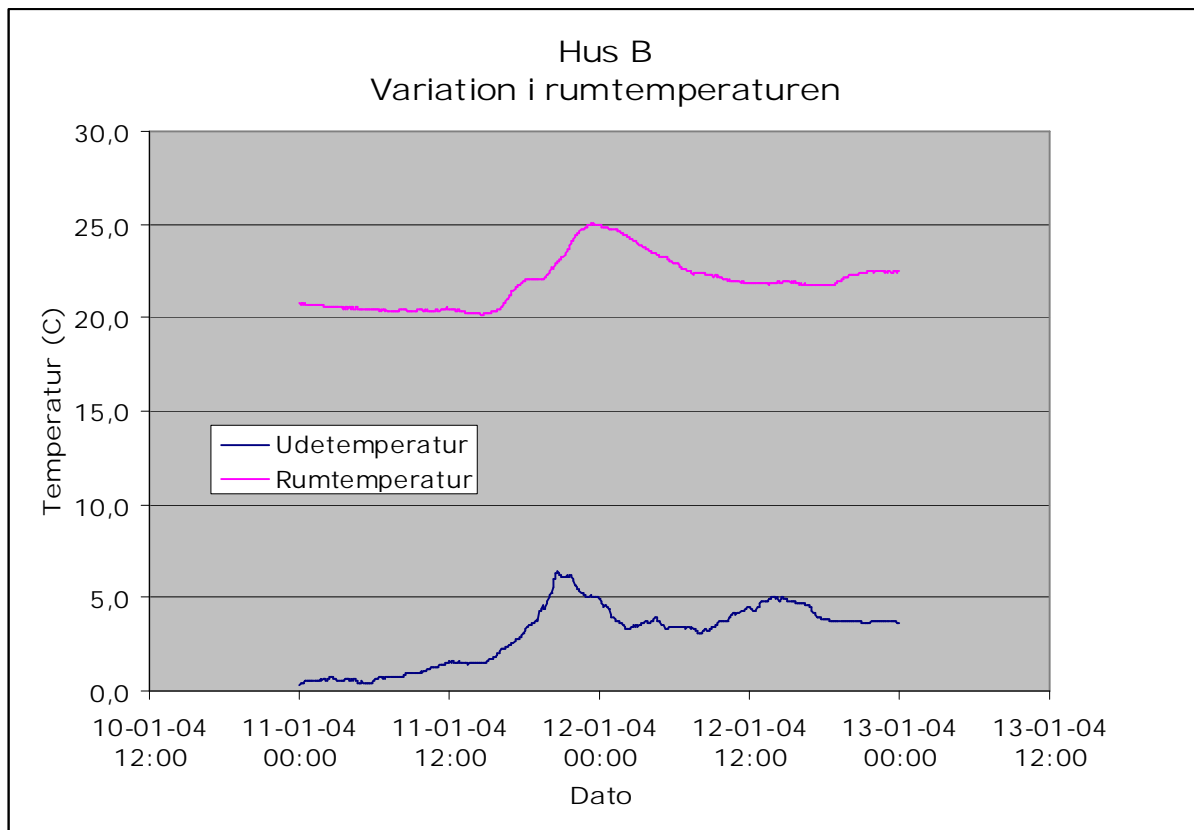
Bolig

Husets byggeår: 2003
 Husets opvarmede areal (m²): 200
 Antal beboere: 2
 Forbrug af brænde (m³/år): 0
 Andre forhold af betydning for energiforbruget:
 Husholdning i snit 15-17 kWh/d.



Huset opvarmes ved hjælp af et gulvvarmeanlæg, hvor gulvvarmeslangerne er indstøbt i et 140 mm tykt betondæk. Anlægget besidder dermed stor termisk tyngde, og da huset har ret store glasarealer (vinduer ført op til kip), har der været reguleringsmæssige problemer i at opretholde en stabil rumtemperatur.

På den efterfølgende figur er vist et eksempel på temperaturforløb en vinterdag, hvor solindfald og voksende udetemperatur får rumtemperaturen til at stige fra ca 20 C til 25 C.



Eksempel på variation i rumtemperaturen i Hus B grundet reguleringsmæssige problemer ved gulvvarmeanlægget.

Anlæg

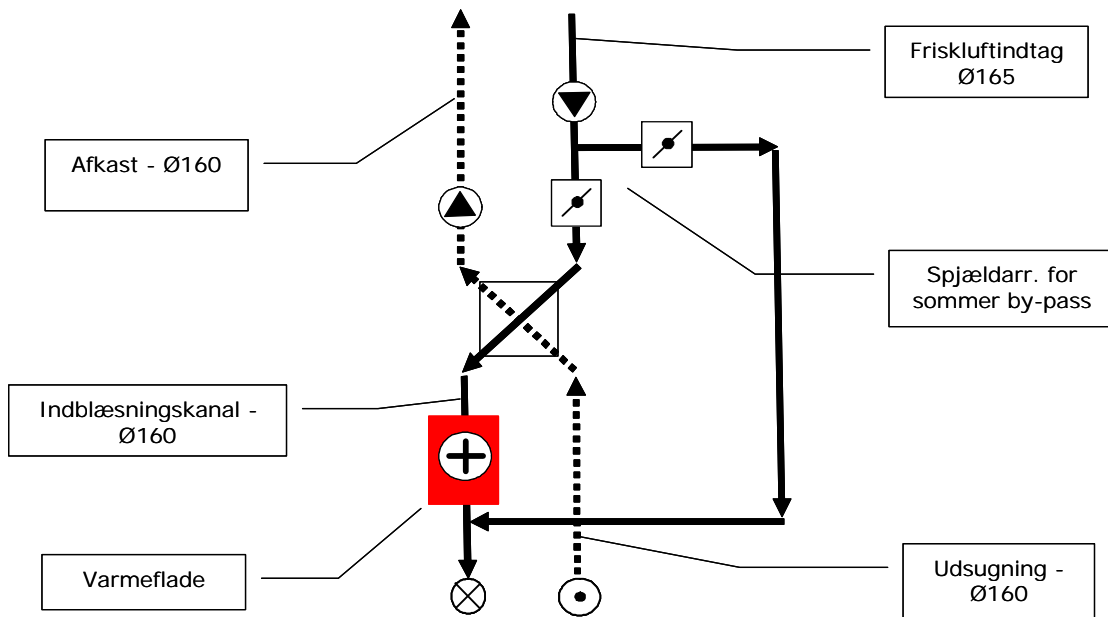
Der blev udvalgt et varmepumpeanlæg med en kapacitet på ca. 7 kW varmeydelse (ved 0/45 C) til opvarmning af såvel rum som brugsvand.

Jordslangen er på 200m nedgravet i 0,9 m dybde og med 1,5 m i vandret afstand mellem slangerne.

Som primært varmefordelingssystem er som nævnt valgt gulvvarme.

Brugsvandet leveres fra en ca. 200 l varmtvandsbeholder opvarmet af centralvarmevandet i en kappe.

Grundet de omtalte reguleringsproblemer med gulvvarmeanlægget er der tilføjet et ventilationsanlæg, der dels sikrer en balanceret ventilation med varmegenvinding, dels kan supplere rumvarmetilførslen med en hurtigt reagerende varmekilde i form af en luftvarmeblade.



Genvindingsaggregat med varmeblade til håndtering af variationer i varmebehovet. By-pass i krydsveksler ved udetemperaturer over 18 C. Typisk fremløbstemperaturer til varmeblade ligger på 25-30 C. Ved pludseligt fald i rumtemperatur øges fremløbstemperaturen til 45 C. Ved pludselig stigning i rumtemperatur reduceres varmebladens ydelse.

Måleprogram

Følgende størrelser er registreret gennem 2 fyringssæsoner:

- Elforbrug til VP (incl hjælpeudstyr og evt. elpatron) registreres på bimåler
- Elforbrug til luftvarmeanlæggets ventilator registreres via hovedmåler
- Varmeafgivelsen til rum registreres på energimåler
- Varmeafgivelsen til brugsvand registreres via driftstimer for kompressoren hertil
- Indetemperatur i primært rum
- Brug af brændeovn (el. anden varmekilde) registreres
- Tælleværker (fx timer til brugsvandsproduktion, samlede driftstimer, vand,..) registreres
- Temperaturer til fremløb/retur på varm og kold side aflæses .
- Adfærdsmæssige forhold af betydning for varmebehovet registreres

Resultater

I følgende tabel er vist de primære resultater for anlæg B. Årsresultatet er desuden henført til normalåret.

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

2004 2466 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	Evp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
18110	4010	273	3,06	2,99	7129	6126	13528

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron primært grundet dårlig regulering

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

2005 2581 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
21500	4438	711	3,01	2,85	8389	5800	14900

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron primært grundet dårlig regulering

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
22774	4224	600	3,20	3,05	8249	5963	14812
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	-	-	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år
114	21	3			41	30	74

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

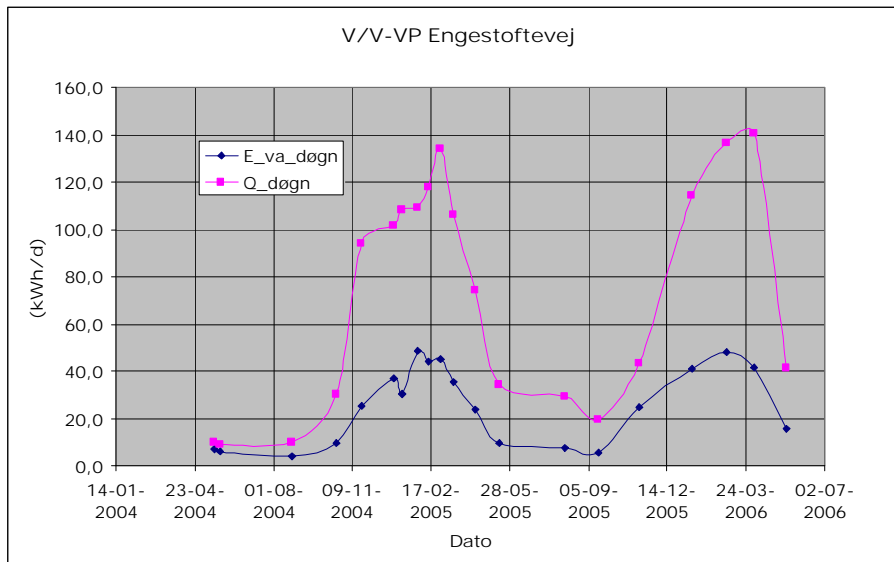
Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

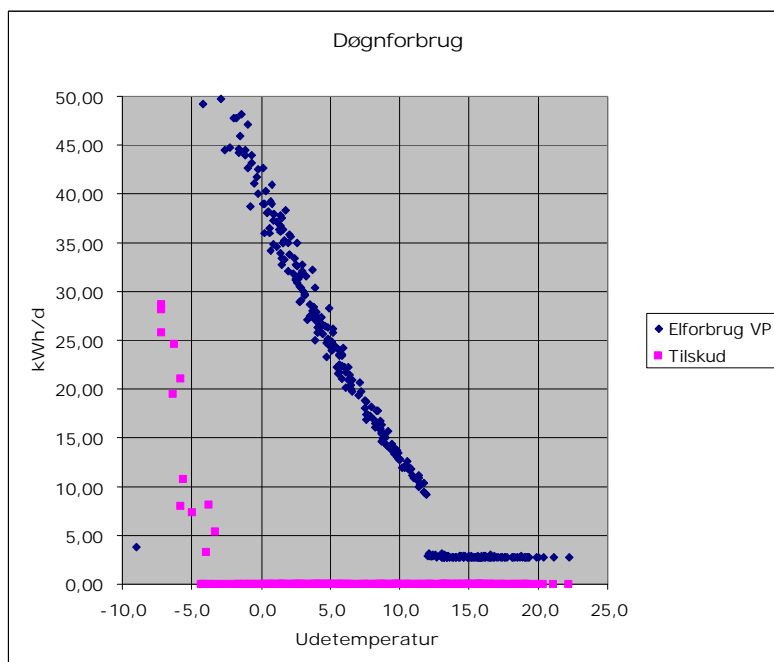
Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	8849 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	13982 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	14482 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	26998 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	22499 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	22999 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	8516 kr/år

På efterfølgende figur er vist variationen over de to fyringssæsoner i leveret varme samt elforbrug.



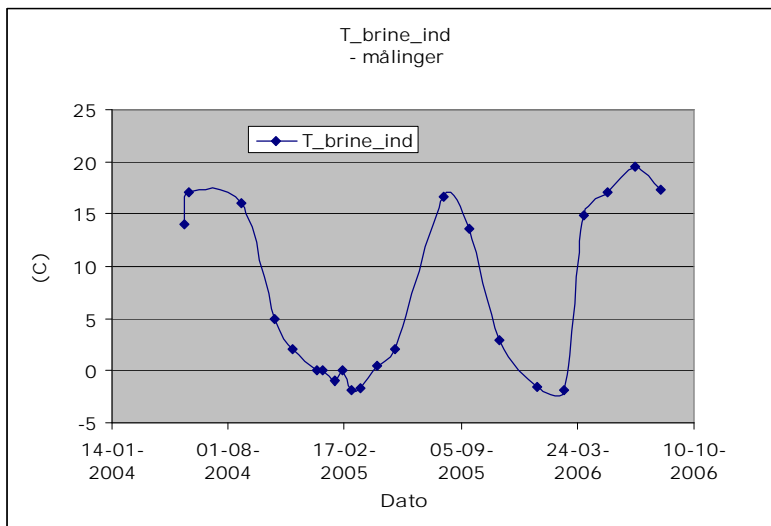
Leveret varme fra varmepumpe og tilskud samt elforbrug hertil i hus B.

I efterfølgende figur er præsenteret elforbrug til VP samt tilskudsvarme i afhængighed af udetemperaturen. Data er henført til normalåret.



Elforbrug til VP samt tilskudsvarme for hus B i afhængighed af udetemperaturen.

I følgende figur er vist frostvæskens variation over de 2 fyringssæsoner. Jordslangelængden overholder dimensioneringsregel 2 i afsnit 5.3.1, og temperaturniveauet for frostvæsken svarer da også til det forventede.



Observationer

En del højtryks-alarmer i.f.m brugsvandsopvarmning forekommer – især om sommeren. VPs store ydelse ved høje brine-temperaturer kan ikke overføres fra kappen til brugsvandstanken uden høje temperaturer optræder i fremløb/retur. Kunden må reducere setpunkt for brugsvandstemperatur om sommeren fra ca 47 C til ca 44 C. Desuden er termostats hysteresis reduceret. Det bør endvidere kontrolleres, at pumpen kører med maksimalt om-løbstal.

Kunden foreslår en mere intelligent genindkobling/styring af VP før - og ved - højtryks-alarmer i stedet for manuel gen-start. Herved kunne drift med elpatron undgås. Fx kunne en temperaturføler benyttes til at sige OK til genindkobling af VP i stedet for elpatronen

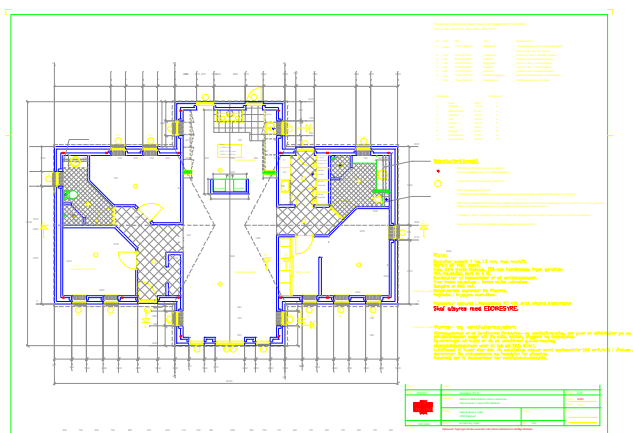
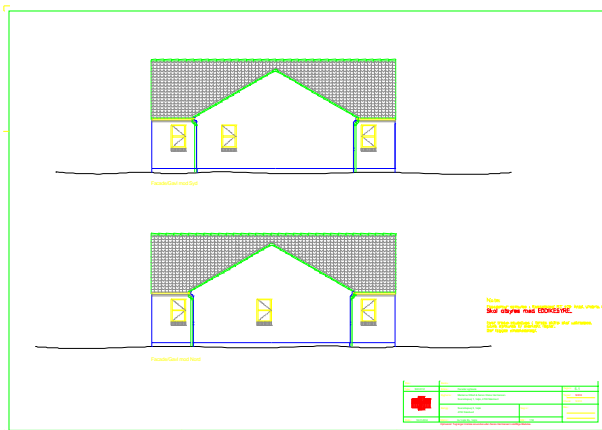
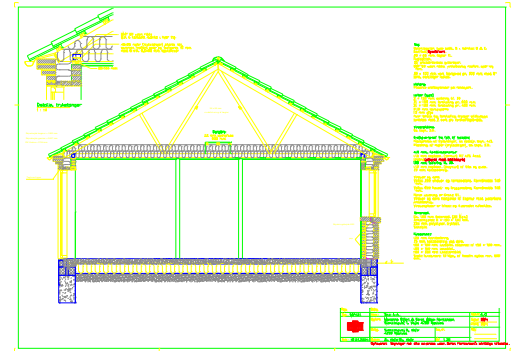
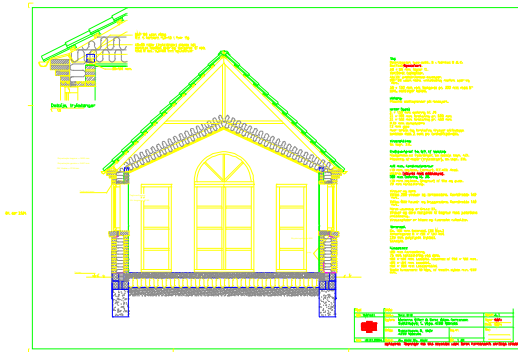
Der benyttes elpatron til forebyggelse af legionella i brugsvandstank. 1 gang pr uge indkøbes elpatron.

Luftvarmeanlægget til dæmpning af temperatursvingninger i stuen har fungeret OK. Men medfører måske en forhøjet fremløbstemperatur i forhold til det krævede for gulvvarmeanlægget.

Bilag C: V/V-VP

Bolig

Huset er opført i 2004. Det er på 151 m² og bebos af 2 voksne og 1 barn.
 Det dimensionerende varmetab er på ca. 6 kW.



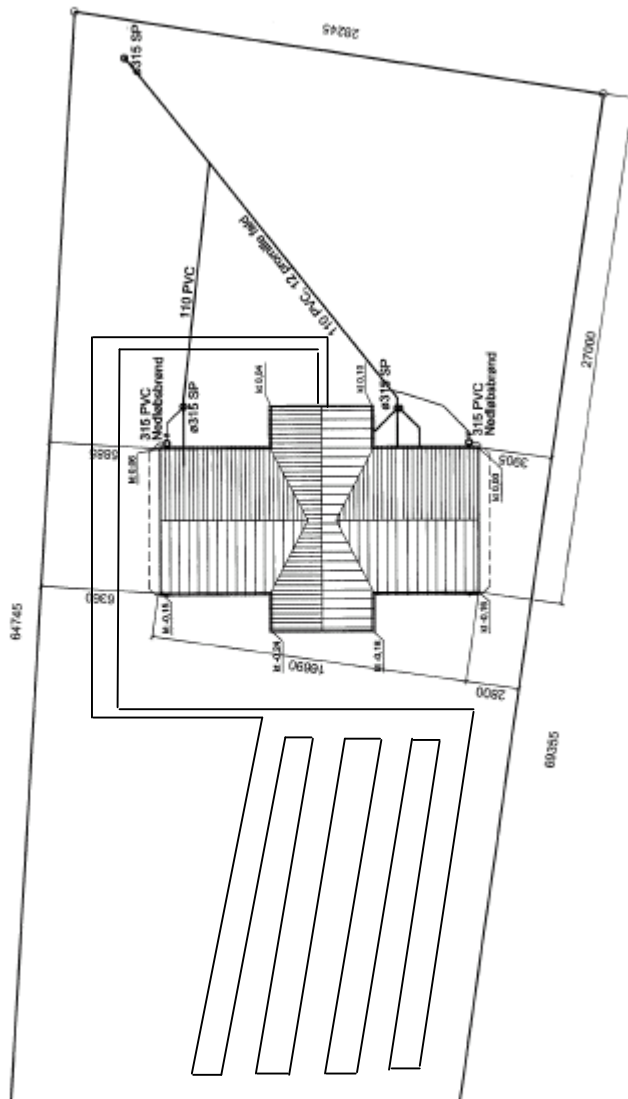
Anlæg

Der blev udvalgt et varmepumpeanlæg med en kapacitet på ca. 7 kW varmeydelse (ved 0/45 C) til opvarmning af såvel rum som brugsvand.

Som varmfordelingssystem er valgt gulvvarme.

Brugsvandet leveres fra en ca. 200 l varmtvandsbeholder opvarmet af centralvarmevandet i en kappe.

Jordvarmeanlæg – Hus C.



Skitse over planlagt jordslangeinstallation

Installationen følger bestemmelserne i den tidligere gældende bekendtgørelse 522 fra 1980. Herunder gælder bl.a:

- Hvor jordslangen placeres mindre end 1,5 m fra bygninger og mindre end 1 m fra vand- og kloakrør, isoleres rørene med poretæt isolering. Hvor rørene føres igennem/under fundament, anvendes bøsningrør. Rørene skal ligge mindst 0,6 m fra skel. Rørene skal ligge med mindst 0,6 m jorddækning.

- Afstanden mellem parallelle løb bør være mindst 1,5 m.
- Jordslangelængden er beregnet til 200 m.
- Materiale: PEM Ø40mm TN 6. Frostvæske: IPA sprit 62 l påfyldes svarende til 30% blanding.

Måleprogram

Følgende data er registreret over 2 fyringssæsoner:

- Elforbrug til VP (incl hjælpeudstyr og evt. elpatron) registreres på bimåler
- Elforbrug til luftvarmeanlæggets ventilator registreres via hovedmåler
- Varmeafgivelsen til rum registreres på energimåler
- Varmeafgivelsen til brugsvand registreres via driftstimer for kompressoren hertil
- Indetemperatur i primært rum
- Brug af brændeovn (el. anden varmekilde) registreres
- Tælleværker (fx timer til brugsvandsproduktion, samlede driftstimer, vand,..) registreres
- Temperaturer til fremløb/retur på varm og kold side aflæses .
- Adfærdsmæssige forhold af betydning for varmebehovet registreres

Resultater

I efterfølgende tabel er vist hovedresultaterne for de 2 fyringssæsoner samt resultatet henført til normalåret.

2004/2005/2006 4065 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	Evp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
19356	6325	0	3,34	3,34	7696	10286	17982

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron primært grundet dårlig regulering

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
13837	4440	0	3,38	3,38	5402	7227	12629
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
69	22	0			27	36	63

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

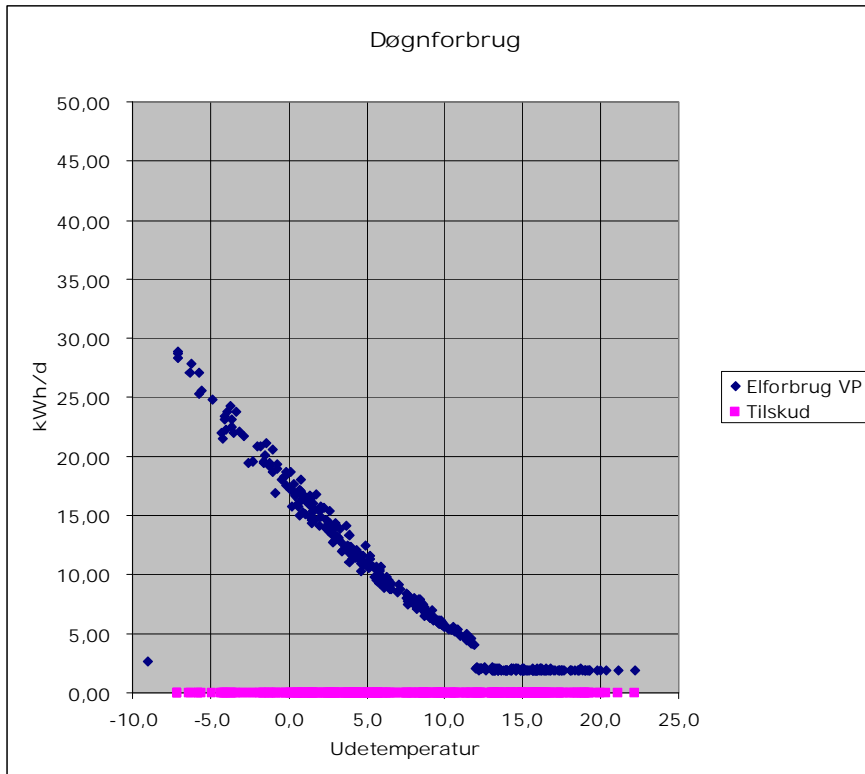
Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	5402 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	8535 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	9035 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	18277 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	15231 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	15731 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	6696 kr/år

Varmepumpens årlige driftstimer ligger på ca 2400 timer – forholdsvis lavt, da varmepumpens kapacitet er stor i forhold til husets dimensionerende varmetab.

Elforbrugets fordeling over normalåret i afhængighed af udetemperaturen er vist i efterfølgende figur. Det ses, at der ikke er behov for tilskudsvarme.



Døgnforbrug (kWh/døgn) til varmepumpen og tilskudsvarmen i normalåret. Det ses, at der ikke i normalåret er behov for tilskudsvarme.

Bilag D: L/V-VP

Bolig

Traditionelt parcelhus på 130 m² stueplan samt 110 m² uopvarmet kælder.

Huset er opført i 1965.

Det er beboet med 3 personer.

Husets dimensionerende varmetab er beregnet til 9,78 kW – svarende til 75 W/m²

Rumvarmebehovet er beregnet til 17517 kWh/år og brugsvandsopvarmningen til 3483 kWh/år

Elforbruget til husholdning har ligget på 4935 kWh.

Der er et vandforbrug på 78,5 m³ pr år

Anlæg

Huset var tidligere opvarmet med oliefyret kedelanlæg.

Varmefordelingssystemet udgøres af radiatorer – der er ikke gulvvarme i nogen rum.

Der er ikke brændeovn.

Opvarmning af brugsvand sker i en kappebeholder.

Som tilskudsvarmekilde benyttes en 6-kW elpatron.

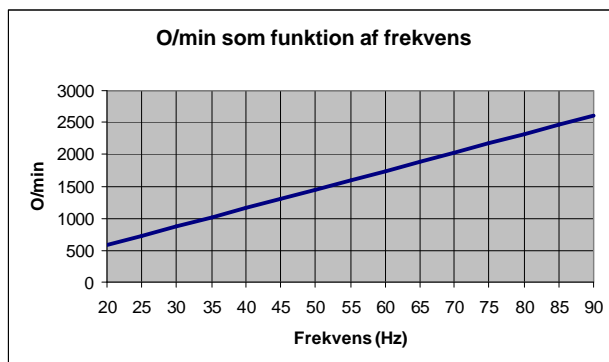
Der blev installeret en luft/vand-VP i 1981, der var i drift uden væsentlige problemer til 2001.

I 2001 installeres en ny luft/vand-VP til opvarmning af rum og brugsvand.

Som en del af dette projekt blev der i 2004 monteret frekvensomformer til kapacitetsregulering af den standard-indbyggede stempelkompressor.

Der blev yderligere foretaget en udskiftning af stempelkompressoren til en scroll-kompressor i 2005.

De frekvensregulerede kompressorers nominelle omdrejningstal ved 50 Hz er 1450 o/min.



Ud over kapacitetsreguleringen tjente frekvensomformereren også det formål, at undgå omdrejningstal med generende vibrationer og støj.

Måleprogram

Elforbrug til VP (incl hjælpeudstyr og evt. elpatron) registreres på bimåler

Varmeafgivelsen til rum registreres på energimåler

Varmeafgivelsen til brugsvand registreres på energimåler

Indetemperatur i primært rum

Tælleværker (fx timer til brugsvandsproduktion, samlede driftstimer, vand,..) registreres

Temperaturer til fremløb/retur på varm og kold side aflæses .

Adfærdsmæssige forhold af betydning for varmebehovet registreres

Målinger er delt op i 3 perioder svarende til de 3 anlægs-opbygninger:

- Luft/vand-VP med stempelkompressor og on/off-regulering
- Luft/vand-VP med stempelkompressor og frekvensomformer (VLT)
- Luft/vand-VP med scrollkompressor og frekvensomformer (VLT)

Målingerne for de 3 anlægsopbygninger rummer data fra følgende fyringssæsoner:

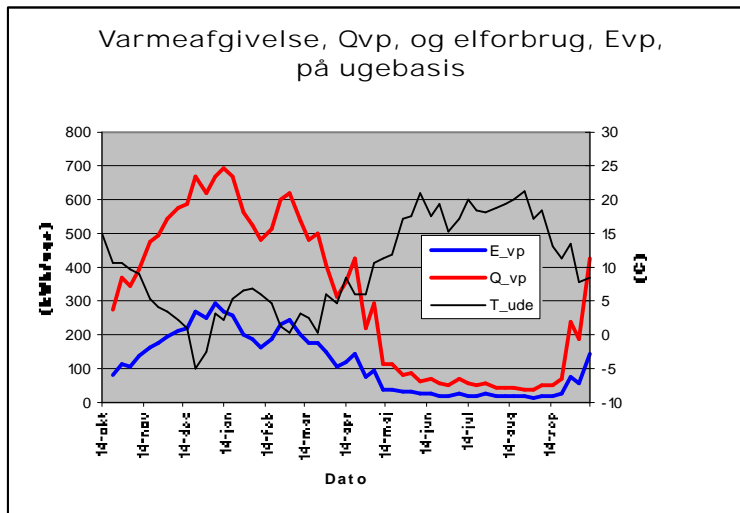
- L/V-VP med stempelkompressor og on/off: 2001/2002/2003/2004
- L/V-VP med stempelkompressor og VLT: 2004/2005
- L/V-VP med scrollkompressor og VLT: 2005/2006

Resultater

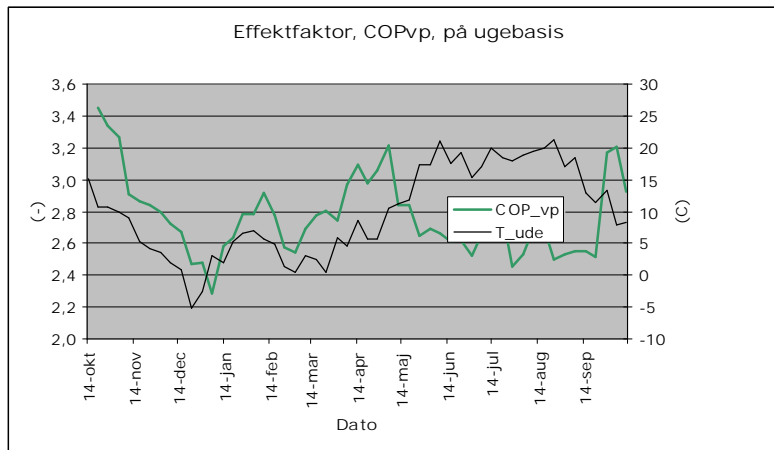
Som et eksempel på variationen i husets varmebehov til rum og brugsvand over året er vist det ugentlige varmebehov samt ugentlige elforbrug til varmepumpen. Desuden er udetemperaturen vist på grafen.

Som ventet er der en nøje korrelation mellem varmebehov og udetemperatur, og det ses, at ved udetemperaturer over ca 15 C er der alene behov til brugsvandsopvarmning.

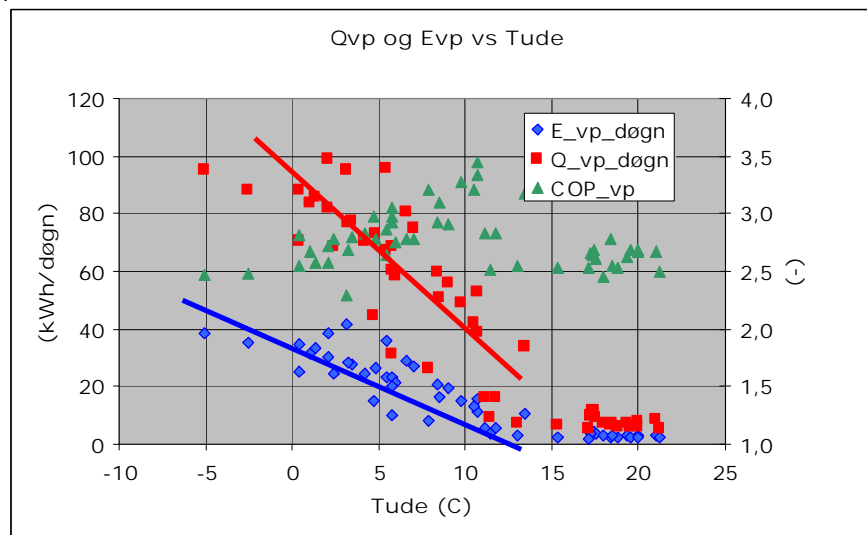
Ved -5 C ude ligger varmebehovet på ca 700 kWh/uge – svarende til et gennemsnitligt varmeeffektbehov på ca 4,2 kW.



For samme periode er i efterfølgende figur vist effektfaktoren, COP_{vp}. Figuren viser det karakteristiske fald i effektfaktoren under sommerdrift, hvor belastningen er lav og hjælpeenergiforbruget forholdsvis højt.



Endelig viser efterfølgende figur sammenhængen mellem udetemperatur samt varmebehov, elforbruget til VP og effektfaktoren. Det ses, hvorledes effektfaktoren varierer mellem 2,5 og 3,5 i fyringssæsonens kølige del, hvor rumvarmebehovet dominerer. Ved høje udetemperaturer falder effektfaktoren til ca 2,5.



I efterfølgende tabel er måledata for de forskellige perioder bragt på normaliseret form (svarende til 2906 graddage). Nøgletal er præsenteret for de 3 anlægs-opbygninger:

- Luft/vand-VP med stempelkompressor og on/off-regulering
- Luft/vand-VP med stempelkompressor og frekvensomformer (VLT)
- Luft/vand-VP med scrollkompressor og frekvensomformer (VLT)

Hvis den traditionelle L/V-VP med stempelkompressor og on/off-regulering betragtes som reference, ses at overgangen til frekvens-regulering – men fastholdt kompressor – har medført en lavere årlig systemvirkningsgrad, COPvpa. COPvpa er faldet fra 2,77 til 2,50. Årsagerne hertil er primært et øget behov for tilskudsvarme (elpatron) og sekundært et øget hjælpeenergiforbrug til fordampers ventilator samt tab i frekvensomformer. Fordelene ved lavere belastede varmevekslere under dellast med lav kompressorkapacitet har ikke kunnet kompensere for disse ulemper i det aktuelle anlæg.

Ulemperne kan dog reduceres væsentligt via bedre indregulering.

Behovet for tilskudsvarme kan formentlig fjernes næsten 100%. Tilskudsvarmen skyldtes ikke manglende kapacitet under normal drift ved lave udetemperaturer. Tilskudsvarmen har i perioden været indkoblet grundet meget lange afrimningstider. De lange afrimningstider er forårsaget af lave omdrejningstal i kompressoren under varmgasafrimningen. For at opret-

holde det ønskede temperatursæt i radiatorkredsen, har automatikken herunder indkoblet tilskudsvarmen.

En ændring af afrimningsstrategien kunne bestå i at øge omdrejningstallet til maksimal afrimningskapacitet, så afrimningen er overstået på kortest mulig tid. Sammen med en justering af start/stop-styringen for afrimning, bør tilskudsvarme kunne undgås – således som det er tilfældet for L/V-VP med fast omløbstal for kompressoren. Ved særligt lave udetemperaturer kan en forøgelse af frekvensen ud over de nominelle 50 Hz være med til at reducere behovet for tilskudsvarme under disse omstændigheder.

Hjælpeenergiforbruget kan evt. reduceres ved at lade pumpe på varm side samt ventilator på kold side følge omløbstallet for kompressoren.

Overgangen fra frekvensreguleret stempelkompressor til frekvensreguleret scrollkompressor ses at medføre en reduceret systemvirkningsgrad, COPvpa, såvel som anlægsvirkningsgrad, COPvp. Årsagen hertil er, at den aktuelle scrollkompressor ikke har god effektivitet ved lave omdrejningstal end det nominelle. Da der samtidig fortsat er et ret stort forbrug af tilskudsenergi fra elpatronen, grundet uændret afrimningsstrategi, bliver såvel COPvp som COPvpa forholdsvis lave.

Som nævnt for stempelkompressoren med VLT kan ulempen med et stort forbrug af tilskud reduceres væsentligt med en ændret afrimningsstrategi. Men den aktuelle scrollkompressors dårlige virkningsgrad ved lave omdrejningstal rejser spørgsmålstegn ved udvælgelses-kriterierne for kompressorer til drift med frekvensomformere.

Normalår 2906 graddage L/V-VP stempelkompressor on/off

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
15078	3120	246	2,88	2,77	6328	5724	12298
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
116	24	2			49	44	95

Normalår 2906 graddage L/V-VP stempelkompressor med VLT

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
15834	3120	830	2,81	2,50	6752	5724	13306
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
122	24	6			52	44	102

Normalår 2906 graddage L/V-VP scrollkompressor med VLT

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
16092	3120	677	2,54	2,33	7567	5724	13968
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	-	-	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år
124	24	5			58	44	107

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår L/V-VP stempelkompressor on/off

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6574 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	10387 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	10887 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	18198 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	15165 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	15665 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	4778 kr/år

Bilag E: V/V-VP

Beskrivelse af ejendom og opvarmningssystem

Varmepumpen blev installeret i efteråret 2005. Ejendommen er en ældre landejendom bygget i 1864 og renoveret i flere omgange, senest i 2002. Ejendommen er i to plan med et opvarmet areal på ca. 160 m². Ejendommen var inden projektets start opvarmet af oliefyr med et mindre tilskud i form af brændeovn (forbrug ca. 2.500 liter olie og 5 rm. brænde om året). Der bor i alt 5 beboere i ejendommen.



Billede af hus

Ejendommen er udstyret med et kombineret radiator og gulvvarmesystem. Ejendommens varme brugsvand leveres fra en beholder, der er placeret ved siden af selve varmepumpen (brugsvandsprioritering).

Der er inden projektet blevet gennemført en beregning af det dimensionerende varmetab. Dette er beregnet til ca. 7 kW ved -12°C .

Ud fra ovennævnte er det nødvendige slangeareal beregnet til ca. 309 m. Jorden er her leret og fugtig med god vandgennemstrømning. Der er i alt nedgravet 425 meter slange.

Varmepumpen der er installeret er en væske/vand varmepumpe (jordvarme) fra Salling Vaske og Køleservice model SVK TVP 2-8 VV med en nominal ydelse på 8 kW ved $-5/45^{\circ}\text{C}$. Varmepumpen er udstyret med en Scroll kompressor der reguleres i området 40-65 Hz.

Måleprogram

For dokumentation af anlæggets effektivitet, er der gennemført et omfattende måleprogram. Måleprogrammet har været gennemført gennem en hel fyringssæson.

Målingerne, der er gennemført i projektet har været koncentreret om anlæggenes energiforhold og der er på denne baggrund registreret følgende størrelser:

Navn	Målepunkt
t	Kontinuert registrering af tid (hh:mm:ss)
T_kbin	Brinetemperatur ind i varmepumpe (°C)
T_kbut	Brinetemperatur ud af varmepumpe (°C)
T_vbin	Vandtemperatur (radiator) ind i varmepumpe (°C)
T_vbut	Vandtemperatur (radiator) ud af varmepumpe (°C)
P_vp	Totalt tilført effekt til varmepumpe (incl. kompressor, pumper styring etc.) (kW)
q_vand	Vandflow, radiatorsystem (l/h)

Målepunkter – feltmålinger

Det er ud fra ovenstående målinger muligt at beregne alle nødvendige størrelser og nøgletal for varmepumpen. Der er anvendt graddage (hhv. skyggegraddage og solkorrigerede graddage) til bestemmelse af udetemperatur samt samlet antal graddage i perioden.

De nøgledata, der opgives er:

- Afgivet varmeenergi til rumvarme (kWh)
- Afgivet varmeenergi til brugsvand (kWh)
- Tilført energi fra el nettet (kWh)
- Energivirkningsgrad ("COP") for varmepumpen i perioden
- Middelfremløbstemperatur til radiatorsystem og brugsvandsbeholder
- Middeltemperatur tilgang fra jordslange
- Relativ gangtid for kompressor (og kold cirkulationspumpe)



Varmepumpeinstallation

Beskrivelse af varmepumpen

V/V-varmepumpen, der er installeret i Mårslet er behovsstyret, forstået således, at kompressoren kan omdrejningstalsreguleres ved hjælp af en frekvensomformer. Varmepumpen er udstyret med en Scroll-kompressor.

De væsentlige data er:

Typebetegnelse:	TVP 2-8 vv
Nominel ydelse (ved 0/45) (50 Hz.):	7,3 kW.
Reguleringsområde: 40-65 Hz.	5,2 – 8,5 kW.
Kølemiddel:	R 407c
Kompressor:	Copeland Scroll ZH 19
Reguleringsinterval	40 - 65 Hz
Styring:	Lodam

Jordslangelængde/ type: 450 m. Ø 40 PEM

Beholdertype og størrelse: Metro 200 l.

Resultat af målinger på VP

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Det gennemførte måleprogram på varmepumpen strakte sig over perioden fra og med uge 41-2005 til og med uge 25-2006.

Måleprogram - Varmepumper i områder uden kollektiv varmeforsyning

PSO-ELFOR projekt nr.: 335-48

data behandlet af Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut

Installation: Mårslet

Varmeenergi, afgivet til rumvarme 15193 kWh
 Varmeenergi, afgivet til brugsvand 2614 kWh
 El tilført, i alt 5763 kWh
 Nyttevirkning (samlet) 3.1 (-)

Måleperiode (uge nr.)	Middel fremløbstemperatur til radiatorsystem/brugsvand (°C)	Middel jordslangtemperatur (°C)	Relativ gangtid (kompressor) (%)	tilført el-energi (kWh)	Leveret (rumvarme) (kWh)	Leveret (brugsvand) (kWh)	I alt leveret (kWh)	"COP" (-)	Kommentarer
Uge 41 - 2005	35.2	11.7	18.2	71.6	186.0	74.4	260.4	3.64	
Uge 42 - 2005	33.1	9.7	26.5	92.9	293.4	43.2	336.6	3.62	
Uge 43 - 2005	35.1	9.4	26.6	94.7	278.4	65.3	343.7	3.63	
Uge 44 - 2005	35.0	10.1	26.4	93.8	267.1	68.1	335.3	3.58	
Uge 45 - 2005	36.8	9.2	37.9	129.6	371.3	76.3	447.7	3.46	
Uge 46 - 2005	37.8	6.8	53.4	174.9	546.7	59.9	606.6	3.47	
Uge 47 - 2005	37.8	4.8	58.5	189.1	568.5	59.2	627.7	3.32	
Uge 48 - 2005	38.4	3.1	70.5	227.0	644.3	79.7	724.1	3.19	
Uge 49 - 2005	37.8	3.5	58.2	188.3	537.9	61.5	599.4	3.18	
Uge 50 - 2005	38.2	3.5	59.0	191.4	530.7	69.6	600.2	3.14	
Uge 51 - 2005	38.0	2.3	63.7	204.6	569.8	68.1	637.8	3.12	
Uge 52 - 2005	40.3	0.8	87.3	95.3	267.9	34.4	302.4	3.17	Målesystem ude af drift 29-12-05 til 01-01-2006
Uge 01 - 2006	40.3	0.3	82.6	202.0	567.0	64.8	631.8	3.13	Målesystem ude af drift fra 02-01-2006 til 03-01-2006
Uge 02 - 2006	40.0	0.4	82.2	262.3	737.9	71.8	809.8	3.09	
Uge 03 - 2006	40.4	0.1	82.9	264.2	756.9	61.5	818.5	3.10	
Uge 04 - 2006	40.8	-0.3	86.1	274.7	769.1	73.6	842.7	3.07	
Uge 05 - 2006	39.8	-0.1	76.8	243.4	683.2	60.1	743.4	3.05	Brinepumpe ændret fra trin 3 til trin 2 (1.februar 2006)
Uge 06 - 2006	39.6	0.2	77.3	245.1	666.1	68.5	734.6	3.00	
Uge 07 - 2006	39.8	0.0	78.4	246.9	660.2	69.3	728.4	2.95	
Uge 08 - 2006	39.9	0.0	79.4	249.9	657.9	80.2	738.1	2.95	
Uge 09 - 2006	40.8	-0.3	84.9	268.2	709.3	75.6	784.9	2.93	
Uge 10 - 2006	41.2	-0.6	88.7	281.5	724.0	112.7	836.8	2.97	
Uge 11 - 2006	39.1	-0.5	75.6	235.5	623.9	69.9	693.8	2.95	
Uge 12 - 2006	37.4	-0.3	66.1	205.7	519.1	77.8	596.9	2.90	
Uge 13 - 2006	35.8	0.5	53.1	166.2	413.1	94.5	507.6	3.05	
Uge 14 - 2006	37.2	1.4	61.7	194.6	482.2	101.6	583.8	3.00	
Uge 15 - 2006	37.0	2.6	47.4	157.5	411.9	65.7	477.6	3.03	
Uge 16 - 2006	36.5	4.2	35.4	121.9	305.6	78.8	384.4	3.15	
Uge 17 - 2006	35.2	6.2	23.2	82.9	204.8	60.4	265.2	3.20	
Uge 18 - 2006	38.8	7.0	13.2	55.1	88.0	76.0	164.0	2.98	
Uge 19 - 2006	47.3	9.4	6.6	34.8	16.4	69.7	86.1	2.47	
Uge 20 - 2006	44.6	9.7	8.8	42.4	29.4	76.1	105.5	2.49	
Uge 21 - 2006	43.5	10.0	8.5	39.9	30.6	68.3	98.9	2.48	
Uge 22 - 2006	44.8	10.1	8.3	41.1	28.7	74.8	103.5	2.52	
Uge 23 - 2006	46.4	10.9	7.3	37.3	20.4	75.0	95.4	2.56	
Uge 24 - 2006	48.9	13.0	4.8	28.5	12.1	62.9	75.0	2.63	
Uge 25 - 2006	48.9	13.7	4.8	28.8	13.1	64.5	77.6	2.69	

Data for varmepumpe

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
17106	3776	0	3,09	3,09	6750	4500	11250
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	-	-	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år
107	24	0			42	28	70

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	6750 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	10665 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	11165 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	20882 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	17402 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	17902 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	6737 kr/år

Analyse af og kommentarer til måleresultater

Umiddelbart synes 3,1 ikke som nogen høj virkningsgrad for et optimeret væske/vand anlæg, men i det følgende er gennemgået nogle af de faktorer, der har bevirket, at virkningsgraden ikke blev højere.

Generelt:

Varmepumpen er blevet prøvet i Teknologisk Instituts akkrediterede prøvningslaboratorium. Resultaterne herfra viser, at den valgte scroll (Copeland ZH 19 varmpumpe kompressor) har en faldende effektivitet ved nedregulering fra 50 Hz til 40 Hz men svag stigende effektivitet fra 50 Hz og op til 70 Hz, hvilket sandsynliggør at en scroll kompressor ikke bør nedreguleres da den faldende COP herved forbruger den effektgevinst der fremkommer som følge af den stigende fordampningstemperatur ved lavere omdrejninger.

Dette kan skyldes to faktorer:

1. at kompressorens motor måske ikke egner sig til frekvensregulering hvilket udmønter sig i at motorens viklingstemperatur begynder at stige (ved kontinuerlig belastning ved 36 Hz steg motor temperaturen til 155 °C i løbet af 6 timer) og derved hæver den sugegaskølede motor sugegasoverhedningen så meget at det ødelægger den volumetriske virkningsgrad, samt omsætter en del af den optagne el-energi direkte til varmeenergi.
2. At scroll kompressoren ved den lavere omløbshastighed mister noget af centrifugalkraften og dermed tætningssevnen imellem den roterende og den stillestående scroll.

Samtidig blev det konstateret at kontraventilen i flere af de anvendte kompressorer ikke var tætte så der måtte monteres en ekstra kontraventil (NRV 12S) i trykledningen med ca. 0,5 bars yderligere trykfald til følge. Altsammen ødelæggende for nyttevirkningen og noget kompressorfabrikanten må arbejde på at forbedre.

Kompressorvalg:

Valget af denne kompressor blev truffet ud fra følgende kriterier: Støjsvag, vibrationsfri, lille ydre dimension, god teoretisk COP ved høj kondenseringstemperatur. En ventilfri kompressor med forventet lang levetid.

Efter et års testforløb er afsluttet og resultaterne opgjort kan følgende konstateres.

1. Det har vist sig, at valget af kompressorstørrelse er vigtigt, hvis man skal få det fulde udbytte af behovsstyringen. Dette betyder, at vælges en for stor kompressor, vil antallet af driftstimer hvor varmpumpen kører on/off forøges og dermed vil den samlede virkningsgrad for anlægget falde. Erfaringer fra tidligere aktiviteter, se eksempelvis ref. 9 viser, at det faktisk er bedre at vælge en lidt mindre kompressor, der i spidslastssituationer får lov at køre ved et højere omdrejningstal, end det er at vælge en større kompressor.
2. At det kan betale sig at vælge en kompressor med så stort et reguleringsområde som muligt (25 – 70 Hz Bock. eller Maneurop VTZ 30 – 90 Hz) og en COP der er ensartet i hele reguleringsområdet eller gerne højere ved dellast.
3. At det er vigtigt at kompressoren kan holde til hastighedsregulering, her tænkes specielt på kompressor smøringen, hvor den første Bitzer kompressor kun var stænksmurt og havde lejevæveri efter et år ved drift imellem 25 – 70 Hz. Disse er senere forbedret med intern oliepumpe i lighed med Bock.

At det ikke er det mest optimale valg at vælge en scroll kompressor med et relativt beskedent reguleringsområde (40-65 Hz), da det begrænsede indsatsområde bevirker, at varmpumpen i store dele af fyringssæsonen vil køre on/off, hvilket også ses af kompressorens gangtider. En scrollkompressor har desuden et fast indbygget volumenforhold, som umid-

delbart gør, at de store variationer i belastningen af en behovsstyret varmepumpe, ikke kan udnyttes fuldt ud.

Der kan i ref. 9 læses mere om varmepumper og behovsstyring.

Pumpestyring:

I denne varmepumpe reguleres cirkulationspumpen til jordslangen ikke. Dette betyder, at cirkulationspumpen kører med fuldt omdrejningstal samtidig med, at kompressoren kører. Og da driftstiden for kompressoren øges, når anlægget behovsstyres, bliver den samlede tilførte energi til jordslange-pumpen forøget. Denne cirkulationspumpe bør omdrejningstalsreguleres, som det er tilfældet med varmepumpen i bilag F, hvor pumpens omdrejningstal følger kompressorens.

Det har undervejs i projektforsøget været forsøgt at justere jordslange-pumpens hastighed, men det viste sig ikke muligt at finde en indstilling, hvor det var muligt at opretholde en fornuftig temperaturdifferens over fordampere samtidig med, at effektforbruget forblev på et tilfredsstillende niveau.

Bilag F: V/V-VP

Beskrivelse af ejendom og opvarmningssystem

Varmepumpen blev installeret i efteråret 2005. Ejendommen er en ældre landejendom bygget i 1930 og hvor der i øjeblikket pågår et større renoveringsarbejde. Ejendommens stuehus er i to plan med et opvarmet areal på ca. 250 m². Ejendommen har i mange år stået ubenyttet, og der har derfor ikke været muligt at få oplyst de tidligere års energiforbrug.

Ejendommen er udstyret gulvvarmesystem i hele beboelsen. Ejendommens varme brugsvand leveres fra en beholder, der er placeret ved siden af selve varmepumpen (brugsvandsprioritering). Der er først til sidst i måleperioden leveret varmt brugsvand fra denne beholder.

Der er inden projektet blevet gennemført en beregning af det dimensionerende varmetab på stuehuset. Dette er beregnet til ca. 7,5 kW ved -12°C. men da den gamle staldbygning forventes ombygget til ca. 200 m² beboelse i den nærmeste fremtid blev jordslange og varmepumpe dimensioneret til at forsyne begge bygninger med varme, varmvandsbeholderen er ligeledes dimensioneret til to familier (435 liter)

Ud fra ovennævnte er det nødvendige slangeareal beregnet til ca. 800 m. Jorden er her sandet og fugtig med god vandgennemstrømning. Der er i alt nedgravet 1400 meter slange.

Varmepumpen der er installeret er en væske/vand varmepumpe (jordvarme) fra Salling Vaske og Køleservice model SVK TVP 5-15 VV med en nominel ydelse på 15 kW ved -3/45°C

Varmepumpen er udstyret med en stempelkompressor der reguleres i området 25-70 HZ

Måleprogram

For dokumentation af anlæggets effektivitet, er der gennemført et omfattende måleprogram. Måleprogrammet har været gennemført over ca. et halvt år.

Målingerne, der er gennemført i projektet har været koncentreret om anlæggenes energiforhold og der er på denne baggrund registreret følgende størrelser:

Navn	Målepunkt
t	Kontinuert registrering af tid (hh:mm:ss)
T_kbin	Brinetemperatur ind i varmepumpe (°C)
T_kbut	Brinetemperatur ud af varmepumpe (°C)
T_vbin	Vandtemperatur (radiator) ind i varmepumpe (°C)
T_vbut	Vandtemperatur (radiator) ud af varmepumpe (°C)
P_vp	Totalt tilført effekt til varmepumpe (incl. kompressor, pumper styring etc.) (kW)
q_vand	Vandflow, radiatorsystem (l/h)

Målepunkter – feltmålinger

Det er ud fra ovenstående målinger muligt at beregne alle nødvendige størrelser og nøgletal for de to varmepumper. Der er anvendt graddage (hhv. skyggegraddage og solkorrigerede graddage) til bestemmelse af udetemperatur samt samlet antal graddage i perioden.

De nøgledata, der opgives er (afhængig af varmepumpe):

- Afgivet varmeenergi til rumvarme (kWh)
- Afgivet varmeenergi til brugsvand (kWh)

- Tilført energi fra el nettet (kWh)
- Energivirkningsgrad ("COP") for varmepumpen i perioden
- Middelfremløbstemperatur til radiatorsystem og brugsvandsbeholder
- Middeltemperatur tilgang fra jordslange
- Relativ gangtid for kompressor (og kold cirkulationspumpe)



Varmepumpeinstallation –
udstyret oven på varmepumpen er del af feltmåleudstyret.

Beskrivelse af varmepumpen

V/V-varmepumpen er behovsstyret, forstået således, at kompressoren kan omdrejningstalsreguleres ved hjælp af en frekvensomformer. Varmepumpen er udstyret med en semihermetisk stempelkompressor.

De primære data er:

Typebetegnelse:	TVP 5-15
Nominel ydelse (ved 0/45) (50 Hz.):	10,5 kW.
Reguleringsområde: 25 – 70 Hz.	5,7 – 14,8 kW.
Kølemiddel:	R 134 a (kan ændres til 407c hvis kapaciteten skal øges)
Kompressor:	BOCK Semihermetisk Stempel model HGX 34P/215-4
Reguleringsinterval	25 - 70 Hz

Styring: Lodam
 Brinepumpe: Grundfos. CR 2-30 3x400V. Frekv.reg. Parallelt m. Kompr.
 Jordslangelængde: 1400 m:
 Beholdertype og størrelse: VPA 450/150 og 435 L. beholder m.135 L. Kapsel.

Resultat af målinger på VP

Måleprogram - Varmepumper i områder uden kollektiv varmforsyning

PSO-ELFOR projekt nr.: 335-48
 data behandlet af Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut

Installation: Ørum, Djursland

Varmeenergi, afgivet til rumvarme 22145.8 kWh
 El tilført, i alt 6041.3 kWh
 Nyttsevirkning (samlet) 3.7 (-)

Måleperiode (uge nr.)	middel fremløbstemperatur til gulvvarmesystem (°C)	Middel jordslangetemperatur (°C)	Relativ gangtid (kompressor) (%)	tilført el- energi (kWh)	Leveret (rumvarme) (kWh)	"COP" (-)	Kommentarer
Uge 52 - 2005	30.7	1.9	100.0	318.0	1217.1	3.83	
Uge 1 - 2006	32.2	1.5	100.0	369.3	1332.8	3.61	
Uge 2 - 2006	32.6	1.3	100.0	350.4	1261.9	3.60	
Uge 3 - 2006	31.2	1.1	100.0	267.1	984.4	3.68	Datalogger kortvarigt ude af drift 21+22/1
Uge 4 - 2006	31.6	0.8	100.0	368.5	1319.5	3.58	
Uge 5 - 2006	32.7	0.8	100.0	354.0	1250.1	3.53	
Uge 6 - 2006	32.0	1.0	98.8	293.7	1070.3	3.64	
Uge 7 - 2006	30.7	1.1	100.0	281.7	1055.5	3.75	
Uge 8 - 2006	30.7	0.8	100.0	297.7	1089.1	3.66	
Uge 9 - 2006	32.4	0.5	100.0	305.5	1047.8	3.43	
Uge 10 - 2006	32.0	0.4	100.0	353.5	1206.7	3.41	
Uge 11 - 2006	32.8	0.2	100.0	307.6	1038.0	3.37	
Uge 12 - 2006	32.0	0.3	100.0	314.7	1106.7	3.52	
Uge 13 - 2006	31.9	0.7	100.0	281.7	1029.4	3.65	
Uge 14 - 2006	31.9	1.7	100.0	207.6	784.6	3.78	
Uge 15 - 2006	32.1	2.5	95.5	261.2	998.2	3.82	
Uge 16 - 2006	32.6	4.1	82.4	235.8	905.6	3.84	
Uge 17 - 2006	32.5	5.6	72.5	213.8	838.2	3.92	
Uge 18 - 2006	33.0	6.5	59.9	186.9	718.0	3.84	
Uge 19 - 2006	33.0	9.2	46.6	149.3	593.7	3.98	
Uge 20 - 2006	33.4	9.3	51.2	162.8	652.7	4.01	
Uge 21 - 2006	33.4	9.3	51.9	160.6	645.4	4.02	

Data for varmepumpen

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

2006

1975 Graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
22146	0	0	3,67	3,67	6041	10636	16677

Rum hhv Brugsvand er den målte varmeafgivelse fra VP og elpatron til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra elpatron primært grundet dårlig regulering

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotel er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår

2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp	COPvpa	E_vp	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år
32585	0	0	3,67	3,67	8880	4500	13380
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	-	-	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år
130	0	0			56	28	84

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra elpatron under normal drift samt el til drift af ventilationsanlæg

COPvp er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side men excl Tilskud

COPvpa er varmepumpens effektfaktor incl cirkulationspumper på kold og varm side og incl Tilskud

Evp er varmepumpens elforbrug til kompressor samt pumpe på kold og varm side

Husholdning er elforbruget til husholdning

Etotel er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi

Normalår

Samlet elforbrug til VP incl pumper på kold og varm side samt tilskud:	8880 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	14030 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	14530 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	32585 kWh/år
Omkostning til olie ved nyttevirkning på 0,9 og 7,50 kr/liter:	27155 kr/år
Øvrige årlige kedel-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til kedel i alt:	27655 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	13124 kr/år

Analyse af og kommentarer til måleresultater

Varmepumpen har kørt effektivt og problemfrit. En samlet effektivitet i perioden fra jul frem til fyringssæsonens afslutning på 3,7 er absolut tilfredsstillende. Det skal dog bemærkes, at varmepumpen har haft noget nær optimale driftsbetingelser i denne periode, da der grundet ombygningen har været et konstant og rimeligt højt varmebehov i huset, samtidig med, at der først sidst i perioden har skullet produceres varmt brugsvand. Desuden har det noget nær optimale gulvvarmesystem med maksimale fremløbstemperaturer omkring 33°C haft ganske positiv indflydelse på anlæggets samlede effektivitet.

Det forventes, at brugsvandsproduktionen vil sænke den samlede effektivitet samtidig med, at den højere jordslangetemperatur i efteråret (sammenlignet med foråret) vil virke i modsatte retning, altså medføre en forøget effektivitet. Det er besluttet at videreføre måleprogrammet på varmepumpen i kommende fyringssæson (2006-2007) for at kunne dokumentere, hvor effektiv denne varmepumpe faktisk er. Resultaterne vil løbende blive præsenteret på www.varmepumpeinfo.dk

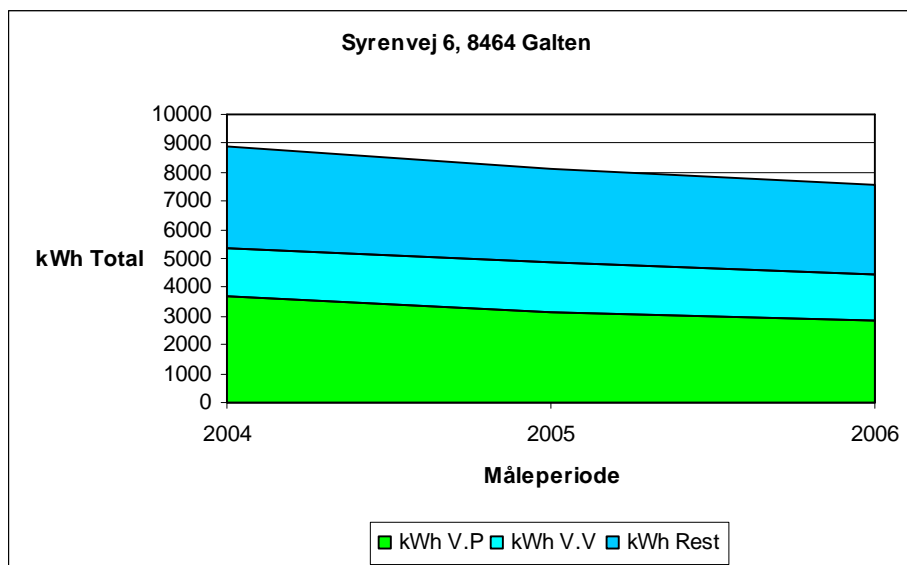
Bilag G: L/L-VP

Bygningsdokumentation

Husets alder	1965
Husets størrelse	133 m ²
Antal personer	2
Oprindelig varmforsyning:	EI - radiatorer
Luft til luft varmepumpe	2 stk. Panasonic CS – E9-CKD, 6 kW varme. Installeret den i december 2004.
Brændeovn:	Installeret i oktober 2006
Ventilationssystem:	Metro 2412MW, varmepumpe med krydsveksler og varmegenvinding til varmtvandsbeholder og gulvvarmekreds i badeværelse.
Dimensionerende varmetab:	16 MWh pr år excl. Tilskud fra belysning og varmeafgivende processer.

Udviklingen i det årlige elforbrug

Elforbrugets udvikling er vist nedenfor:



	kWh total	kWh VP	kWh V.V	Rest
2004	8900	3660	1718	3522
2005	8113	3158	1695	3260
2006	7591	2823	1646	3122

Elforbrugets udvikling 2004 - 2006.

Resultater

Elforbruget til VP er vist for perioden 29-12-03 til 21-12-06 . De nye varmpumper blev installeret december 2005 og erstattede en ældre model som Otto var meget træt af da den larmede meget. Den ældre model var fjernet maj 2005.

Konklusioner og erfaringer med dette anlæg er at det fungerer tilfredsstillende som supplerende varmekilde.

En meget vigtig faktor for kunden har været de lave støjniveau som denne pumpe kører med.

En yderligere fordel er rensning af luften og dermed det forbedrede indeklima som denne pumpe bidrager til.

Elforbrug i måleperioden

Dato	Hovedmåler	VP måler	VV. måler	Dato	Hovedmåler	VP måler	VV. måler
29-12 2003	76090	870	73945	23-12 2004	84990	4530	75663
31-12 2003	76175	922	73956	27-12 2004	85173	4611	75691
05-01 2004	76430	1086	73995	01-01 2005	85301	4714	75723
12-01 2004	76722	1248	74038	04-01 2005	85507	4769	75740
19-01 2004	76991	1411	74080	17-01 2005	85908	4979	75808
26-01 2004	77340	1621	74128	24-01 2005	86187	5116	75851
03-02 2004	77692	1824	74181	31-01 2005	86486	5283	75896
09-02 2004	77847	1914	74211	07-02 2005	86698	5407	75936
16-02 2004	78113	2054	74260	21-02 2005	87269	5750	76022
23-02 2004	78376	2183	74307	02-03 2005	87718	6009	76084
02-03 2004	78693	2360	74362	07-03 2005	88005	6168	76122
16-03 2004	79222	2673	74449	12-04 2005	88980	6656	76317
22-03 2004	79398	2752	74482	24-10 2005	91851	7134	77096
29-03 2004	79617	2868	74522	07-11 2005	92143	7239	77158
14-04 2004	80045	3052	74610	24-11 2005	92564	7411	77250
19-04 2004	80143	3081	74635	12-12 2005	93103	7688	77358
26-04 2004	80297	3131	74669	26-12 2005	93518	7819	77440
10-05 2004	80564	3192	74734	31-12 2005	93708	7967	77476
18-09 2004	82305	3304	75205	20-02 2006	95612	8822	77819
20-09 2004	82339	3308	75214	21-03 2006	96441	9230	78024
27-09 2004	82461	3349	75241	01-10 2006	98967	9755	78703
04-10 2004	82617	3410	75270	21-12 2006	100694	10511	79004
11-10 2004	82776	3473	75301				
20-10 2004	82989	3578	75341				
25-10 2004	83093	3626	75361				
01-11 2004	83270	3703	75393				
08-11 2004	83441	3786	75426				
22-11 2004	83939	4027	75502				
08-12 2004	84445	4271	75589				
20-12 2004	84851	4477	75646				
23-12 2004	84990	4530	75663				

I følgende skema er data fra 2004 for den ældre luft/luft-VP samt luft/brugsvand-VP angivet. Brugsvandsvarmepumpen har afkastluft som varmekilde og producerer desuden en smule rumvarme til en gulvvarmeslange. Da varmeafgivelsen til luft ikke har kunnet registreres på varmemålere, er varmeafgivelsen skønnet ud fra et kendskab til husets varmebehov til rum og brugsvand. Data for året 2004 er henført til normalåret.

2004 2466 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
10784	3154	0	2,40	3,00	3660	1718	3522	8900

Rum hhv Brugsvand er den beregnede varmeafgivelse fra VP til rum hhv brugsvand
 Tilskud er supplerende varme fra elradiatorer/elpatron
 COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning
 COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning
 Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme
 Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)
 Husholdning er elforbruget til husholdning
 Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår 2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
12708	3154	0	2,40	3,00	4462	1718	3522	9702
kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år	kWh/m2 pr år						
96	24	0			34	13	26	73

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.
 Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.
 Tilskud er supplerende varme fra elradiatorer/elpatron
 COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning
 COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning
 Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme
 Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)
 Husholdning er elforbruget til husholdning
 Etotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi Normalår

Samlet elforbrug til VP:	9702 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	15329 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	15829 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	15862 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	25062 kr/år
	kr/år
Årlige driftsomkostninger ved direkte elopvarmning i alt:	25062 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	9233 kr/år

Det ses, at det samlede elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand udgør $34 + 13 = 47$ kWh/m² pr år.

I følgende skema er data for de 2 nye luft/luft-VP samt eksisterende luft/brugsvand-VP angivet. Da varmeafgivelsen til luft heller ikke her har kunnet registreres på varmemålere, er varmeafgivelsen skønnet ud fra et kendskab til husets varmebehov til rum og brugsvand. En brændeovn har været i drift i perioden med en skønnet varmeafgivelse på 1400 kWh. Data for året 2006 er henført til normalåret, hvor brændeovnens varmeafgivelse er sat til nul, således at varmepumperne totalforsyner huset med varme for sammenligningens skyld.

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

2006

2488 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
10881	2938	1400	2,65	3,00	2823	1646	3122	7591

Rum hhv Brugsvand er den beregnede varmeafgivelse fra VP til rum hhv brugsvand

Tilskud er supplerende varme fra brændeovn

COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning

COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning

Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme

Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Normalår

2906 graddage

Rum	Brugsvand	Tilskud	COPvp_rum	COPvp_bv	Evp_rum	Evp_bv	Husholdning	E_total
kWh/år	kWh/år	kWh/år	-	-	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
12709	2938	0	2,65	3,00	4041	1646	3122	8809
kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år	kWh/m ² pr år						
96	22	0			30	12	23	66

Rum er varmeafgivelsen til rum fra VP og elpatron normeret til 2906 graddage.

Brugsvand er varmeafgivelsen til brugsvandsbeholder.

Tilskud er supplerende varme fra brændeovn, der i normalåret er nulstillet (overført til VP)

COPvp_rum er luft/luft-varmepumpernes skønnede effektfaktor incl ventilatorer til rumopvarmning

COPvp_bv er luft/vand-varmepumpens skønnede effektfaktor incl ventilatorer til brugsvandsopvarmning

Evp_rum er varmepumpernes elforbrug til rumvarme

Evp_bv er varmepumpens elforbrug til brugsvand (samt varme til gulvvarmeslange)

Husholdning er elforbruget til husholdning

Ettotal er det samlede elforbrug som registreret på hovedmåler

Økonomi

Normalår

Samlet elforbrug til VP:	8809 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	13918 kr/år
Øvrige årlige VP-omkostninger til drift og vedligehold:	500 kr/år
Årlige driftsomkostninger til VP i alt:	14418 kr/år
Varmebehov til rum og brugsvand:	15647 kWh/år
Omkostning til el ved 1,58 kr/kWh:	24722 kr/år
	kr/år
Årlige driftsomkostninger ved direkte elopvarmning i alt:	24722 kr/år
Besparelse i driftsomkostning ved VP:	10304 kr/år

Det ses at det samlede specifikke forbrug nu udgør $30 + 12 = 42$ kWh/m² pr år og at de nye varmepumper har reduceret elforbruget til rumopvarmning fra 4462 kWh/år til 4041 kWh/år.

Bilag H: Elopvarmede huse

Boliger

I efterfølgende skema er vist grunddata for de 25 elopvarmede huse, der dels er indgået i et forsøg vedr. afbrydelighed (EFFLOCOM – ref. 14), dels indgår i dette projekt som referenkehuse.

Navn	Opført	Beboere	m2	Loft	Væg	Gulv	Forbrug	kWh/m2	Brænde	Vand	Suppl varme	Gulvvarme	Trum	Temp.sænkning
Ehuse1	1977	2	176	200	100	100	15.500	88	0	88	nej	bad	24	ja
Ehuse2	1980	2	178	200	?	?	18500	104	2	100	Brændeovn	bad	22	ja
Ehuse3	1979/02	4	175	250	100/125	100/225	14000	80	ny	66	Brændeovn	bad	21	ja
Ehuse4	1967	4	135	100	100	200	14.710	109	4	116	Vp+Brændeovn	bad	21	nej
Ehuse5	1976	2	174				16.431	94	6	139	Vp+Brændeovn	ja	22-23	ja
Ehuse6	1973	3	111	200	75	100	19.000	171			Varmepumpe	bad	21	ja
Ehuse7	1965	4	169	250	125		18.299	108	8-10	130	pejs	ja	21	ja nat
Ehuse8	1700/1985	3	136	0-200	70	0-50	19.871	146	0->4		Brændeovn	ja	19-21	nej
Ehuse9	1977	2	206	200	125	75	18.023	87	6	95	brændeovn	bad	20-21	virker vist ikke
Ehuse10	1974	3	116	100	75		20.000	172	0	172	Varmepumpe	bad	22	natsænkning
Ehuse11	1974	2	140	150	75	100	22000	157	0	140	Nej	Vinterhave	22	nej
Ehuse12	1984	4	210	200	150	150	18000	86	6	220	Brændeovn	lidt	19-20	nej
Ehuse13	1981	4	125	200	125	75	18243	146	0	231	nej	bad	21	ja
Ehuse14	1985	2	120	225	150	125	16.670	139		150	nej	bad	20	ja
Ehuse15	1985	3	124	300	200	125	16.600	134	0	240	Varmepumpe	bad	21-22	
Ehuse16	1974	4	150	150	125		18.000	120	0	120	nej	bad	20	nej
Ehuse17	1973	2	145	150	100	50	18.000	124	0,5	150	Brændeovn	bad	21	ja
Ehuse18	1979	4	189	220	125	75	17.000	90	6	130	Brændeovn	ja	18-20	ja
Ehuse19	1972	2	176	300	125	150	24.000	136	0	180	Varmepumpe	ja	20	nej
Ehuse20	1979	3	156	30 ?	30 ?	?	16000	103	3	140	Brændeovn	bad	20	nej
Ehuse21	1973	2	172	250	75	75	20.000	116		130	nej	bad	20	nej
Ehuse22	1975	5	201	250	100	100	18.500	92	8	160	Vp+Brændeovn	ja	20	delvist
Ehuse23	1973	2	180	175	75	200	21.109	117		160	nej	delvist	20	nej
Ehuse24	1980	2	175	200	125	100	18.000	103	0	105	Varmepumpe	bad	20	ja
Ehuse25	1877	3	165	200	100	200	15.500	94	12	170	Brændeovn	ja	20	bruges ej

Der er anvendt følgende betegnelser:

- Opført – årstal for husets opførelse samt evt større renovering
- Beboere – antal beboere
- m2 – antal brutto-m2
- Loft – loftsisoleringens tykkelse i mm
- Væg – ydermurens isoleringstykkelse i mm
- Gulv – isoleringstykkelse i gulv
- Forbrug – samlet elforbrug på hovedmåler
- kWh/m2 – samlet elforbrug pr. m2
- Brænde – forbrug af brænde i m3 i brændeovn
- Vand – vandforbrug i m3
- Suppl varme – supplerende varmekilde – ud over direkte elvarme
- Gulvvarme – elgulvvarme i visse rum
- Trum – gennemsnitlig rumtemperatur i fyringssæson i C
- Temp.sænkning – evt. brug af natsænkning

Anlæg

Som det fremgår af skemaet over husenes grunddata, optræder der huse med direkte elvarme som eneste varmekilde. Desuden optræder der huse med luft/luft-VP som supplerende varmekilde ligesom et antal huse har brændeovn. Det varme brugsvand leveres fra elopvarmede beholdere.

Måleprogram

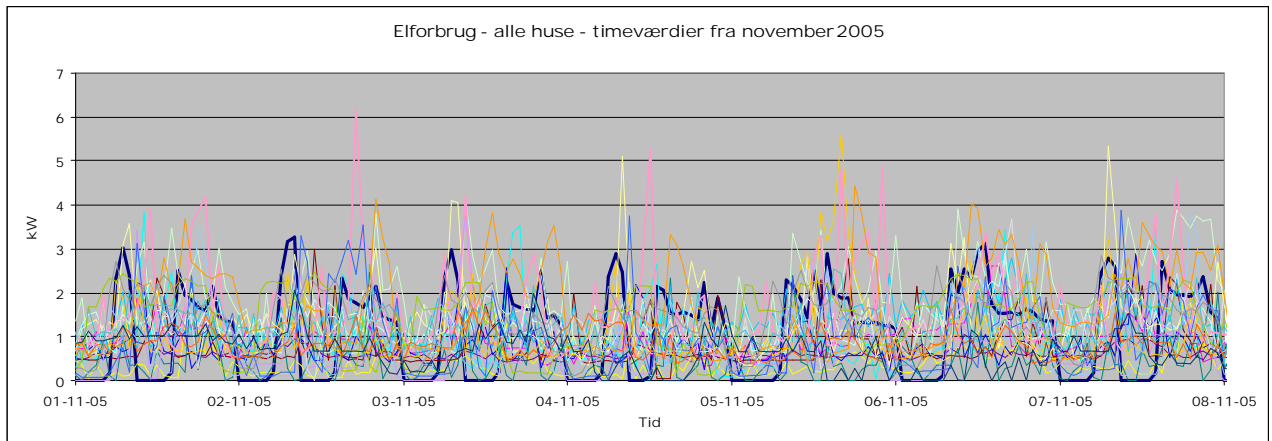
- Elforbrug til VP (incl hjælpeudstyr og evt. elpatron) registreres på bimåler
- Elforbrug til luftvarmeanlæggets ventilator registreres via hovedmåler
- Varmeafgivelsen til rum registreres på energimåler
- Varmeafgivelsen til brugsvand registreres via driftstimer for kompressoren hertil
- Indetemperatur i primært rum
- Brug af brændeovn (el. anden varmekilde) registreres
- Tælleværker (fx timer til brugsvandsproduktion, samlede driftstimer, vand,..) registreres
- Temperaturer til fremløb/retur på varm og kold side aflæses .
- Adfærdsmæssige forhold af betydning for varmebehovet registreres

Måleresultater – alle 25 huse

I efterfølgende tabel ses det månedlige elforbrug over 2 fyringssæsoner til hvert af de 25 huse.

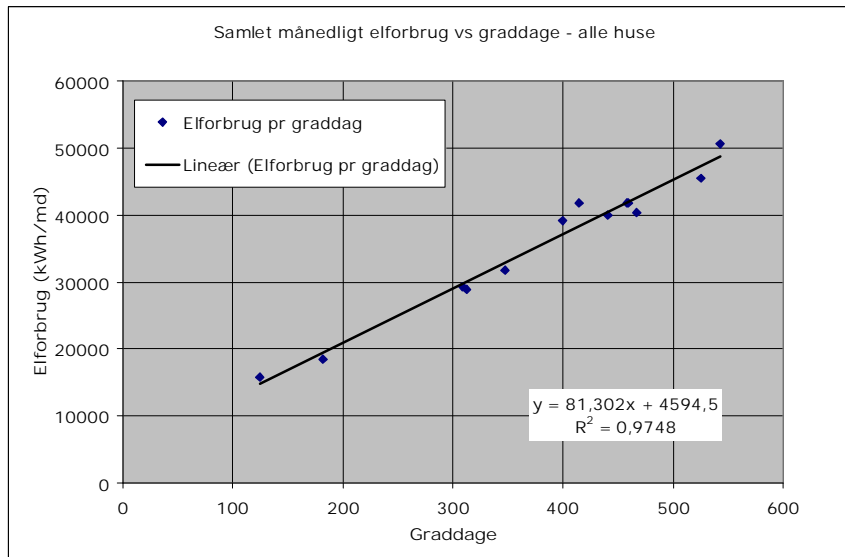
Månedskonsum for 25 elopvarmede huse

Tidspunkt	Hus 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
m2	176	178	175	135	174	111	169	136	206	116	140	210	125
Okt. 2004	560	709	276	569	1141	584	276	561	828	989	1010	617	739
Nov. 2004	1100	1372	757	1047	1444	854	498	961	1641	1601	2036	1254	1174
Dec. 2004	1446	1465	822	1224	1733	1237	554	1275	1893	1929	2672	1483	1464
Jan. 2005	1550	1363	867	1290	1653	1358	669	1145	2066	1972	2752	1619	1517
Feb. 2005	1645	1322	915	1288	1851	1239	855	1135	2046	2015	2848	1571	1504
Mar. 2005	1495	1482	878	1296	1756	1339	982	1237	1995	1830	2347	1678	1463
Okt. 2005	517	708	237	601	472	600	339	643	705	680	871	718	526
Nov. 2005	1142	1021	527	925	809	872	511	779	1698	1350	1943	1209	1069
Dec. 2005	1634	1440	837	1103	1258	1638	740	1989	2077	1845	2884	1646	1507
Jan. 2006	1648	1796	1130	1513	2267	2516	985	2274	2558	2310	3406	2372	1842
Feb. 2006	1400	1514	999	1117	1773	2102	915	1810	2061	1836	2769	2149	1484
Mar. 2006	1450	1523	1002	1463	1797	2378	1022	1657	2308	1879	2718	2081	1673
Apr. 2006	1000	1108	662	1123	1125	1614	659	1020	1463	1211	1445	1438	1099
I alt 04/05	7796	7713	4515	6713	9578	6611	3835	6313	10469	10336	13666	8221	7861
I alt 05/06	8792	9110	5394	7844	9502	11721	5170	10172	12870	11110	16036	11612	9199
kWh/m2	47	47	28	54	55	83	27	61	57	92	106	47	68
Tidspunkt	Hus 14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
m2	120	124	150	145	189	176	156	172	201	180	175	165	
Okt. 2004	882	484	833	670	900	1177	795	1012	550	715	804	850	
Nov. 2004	1357	781	1684	1311	1200	1635	1180	1959	800	1818	1406	847	
Dec. 2004	1558	897	2024	1623	1545	1811	1400	2250	850	2426	1791	1735	
Jan. 2005	1756	950	2169	1520	1922	2028	1442	2500	838	2579	1857	2397	
Feb. 2005	1760	987	2130	1662	1877	2045	1507	2537	1006	2625	1925	1536	
Mar. 2005	1847	937	1936	1542	1818	1973	1658	2304	883	2600	1702	1380	
Okt. 2005	952	314	574	399	841	977	828	1073	481	650	761	342	
Nov. 2005	1323	750	1485	1167	1198	1571	958	1739	768	1800	1503	676	
Dec. 2005	1591	800	2029	1713	1725	1975	1379	1939	1303	2169	1769	909	
Jan. 2006	2042	900	2570	1687	2109	2247	1674	2606	1457	3107	2302	1165	
Feb. 2006	1711	800	2186	1704	1727	2000	1259	2098	872	2544	2139	885	
Mar. 2006	1786	900	2158	2019	1945	2251	1403	2117	1537	2912	2403	1076	
Apr. 2006	1325	750	1323	1041	1165	1645	1215	1170	812	1736	1565	613	
I alt 04/05	9160	5035	10776	8329	9262	10669	7981	12563	4927	12763	9485	8746	
I alt 05/06	10730	5214	12326	9730	10710	12666	8716	12742	7230	14917	12441	5666	
kWh/m2	83	41	77	62	53	66	54	74	30	77	63	44	



Eksempel på timeværdier for elforbruget til opvarmning. Det er hus nr 1, der er markeret med fed blå kurve.

Det samlede elforbrug pr måned for alle 25 huse er pænt korreleret til de aktuelle måneders antal graddage (TI's skyggegraddage er brugt) som vist i efterfølgende figur.



De 25 elopvarmede huses elforbrug i afhængighed af månedernes graddage. Der ses en god grad af korrelation.

Det gennemsnitlige hus for de 25 huse er på 160 m², er beboet af 3 personer, og har følgende forbrug (i normalåret):

Gennemsnitshus: 160 m² & 3 personer
 Varmt brugsvand: 2206 kWh/år
 Rumvarme: 9459 kWh/år
 Varme i alt: 11664 kWh/år

Gennemsnitshusets nøgletal bliver:

Varmt brugsvand: 14 kWh/m² pr år
 Rumvarme: 59 kWh/m² pr år
 Varme i alt: 73 kWh/m² pr år

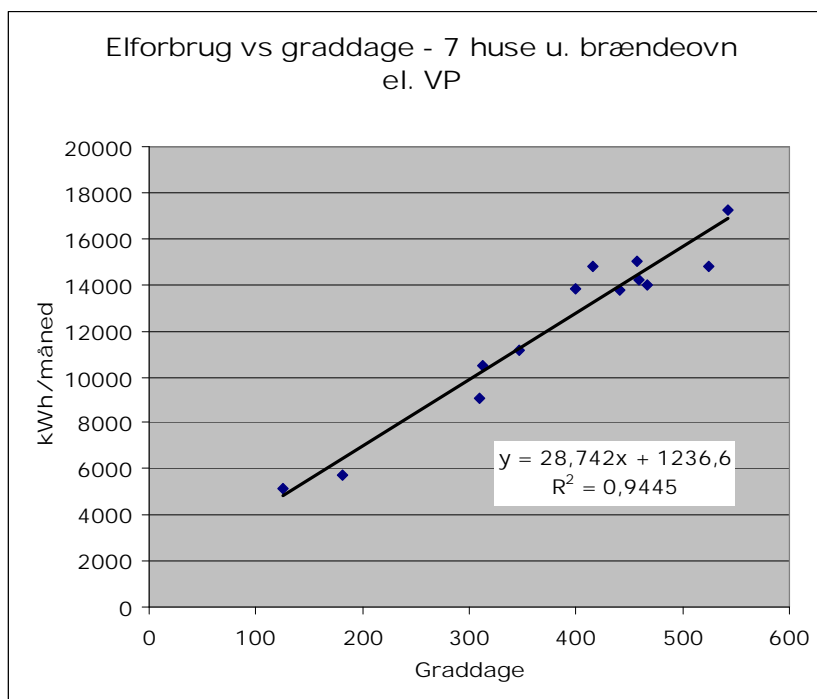
Måleresultater – huse uden brændeovn eller VP

Det gennemsnitlige hus for de 7 huse uden brændeovn eller VP har følgende forbrug (henført til normalåret og 160 m² bolig):

Gennemsnitshus: 160 m² & 3 personer
Varmt brugsvand: 2234 kWh/år
Rumvarme: 12572 kWh/år
Varme i alt: 14806 kWh/år

Gennemsnitshuset uden brændeovn eller VP får herved følgende nøgletal:

Varmt brugsvand: 14 kWh/m² pr år
Rumvarme: 79 kWh/m² pr år
Varme i alt: 93 kWh/m² pr år



Sammenhængen mellem elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand for de 7 huse uden brændeovn eller VP. Der ses en god korrelation mellem graddage og elforbrug.

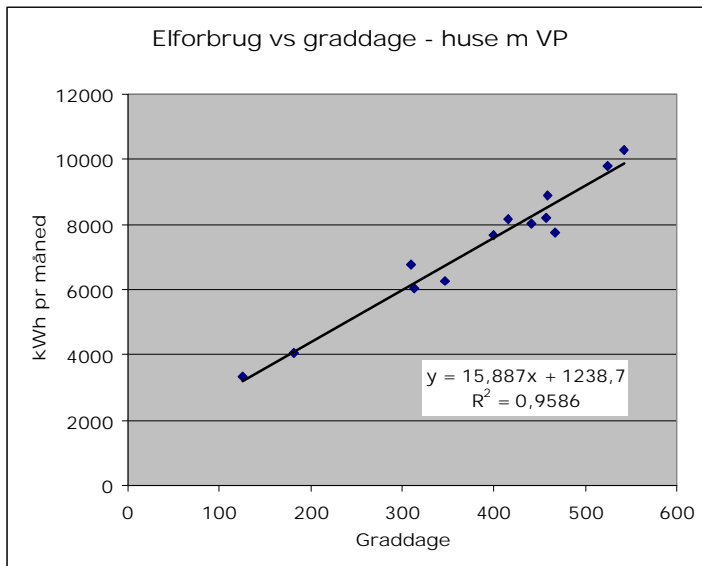
Måleresultater – huse med VP

Det gennemsnitlige hus for de 5 huse med luft/luft-VP har følgende forbrug (henført til normalåret og 160 m² bolig):

Gennemsnitshus: 160 m² & 3 personer
Varmt brugsvand: 3389 kWh/år
Rumvarme: 10522 kWh/år
Varme i alt: 13911 kWh/år

Gennemsnitshuset med VP får herved følgende nøgletal:

Varmt brugsvand: 21 kWh/m² pr år
Rumvarme: 66 kWh/m² pr år
Varme i alt: 87 kWh/m² pr år



Sammenhængen mellem elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand for de 6 huse med VP. Der ses en god korrelation mellem graddage og elforbrug.

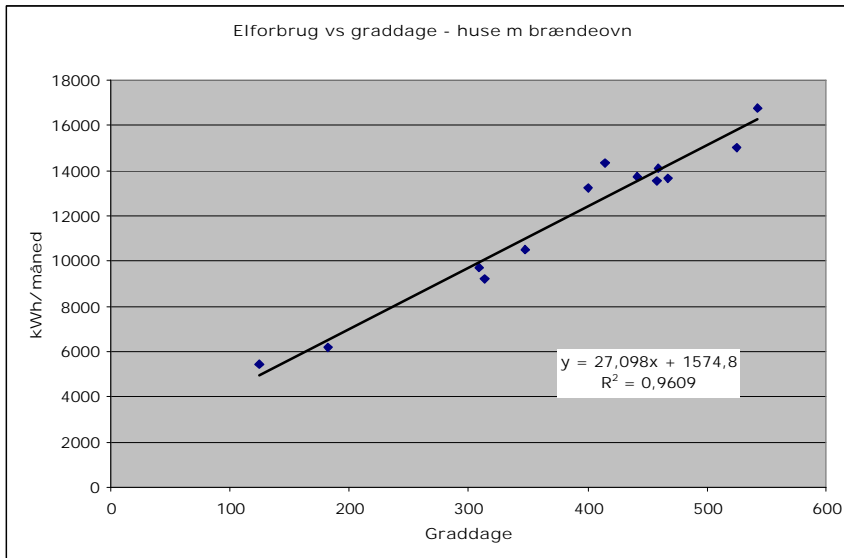
Måleresultater – huse med brændeovn

Det gennemsnitlige hus for de 9 huse med brændeovn har følgende forbrug (henført til normalåret og 160 m² bolig):

Gennemsnitshus: 160 m² & 3 personer
Varmt brugsvand: 1938 kWh/år
Rumvarme: 8076 kWh/år
Varme i alt: 10014 kWh/år

Gennemsnitshuset med VP får herved følgende nøgletal:

Varmt brugsvand: 12 kWh/m² pr år
Rumvarme: 50 kWh/m² pr år
Varme i alt: 62 kWh/m² pr år



Sammenhængen mellem elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand for de 9 huse med brændeovn. Der ses en god korrelation mellem graddage og elforbrug.

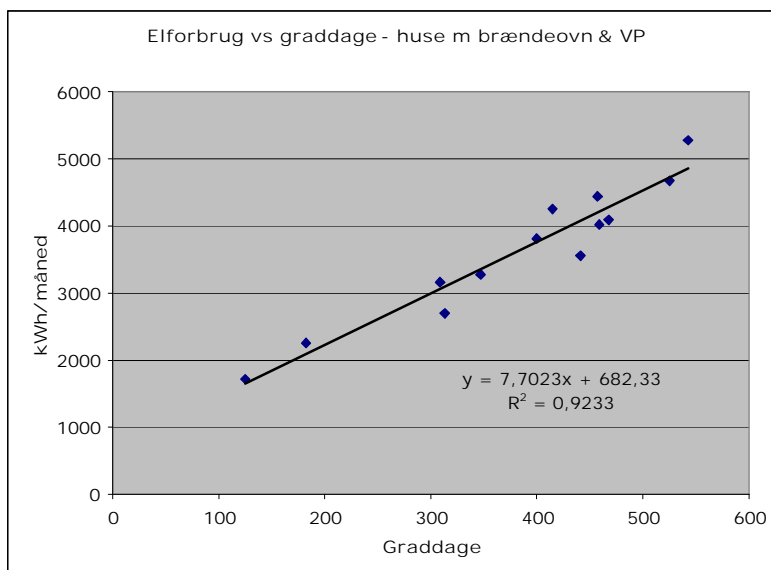
Måleresultater – huse med brændeovn og VP

Det gennemsnitlige hus for de 3 huse med brændeovn og luft/luft-VP har følgende forbrug (henført til normalåret og 160 m2 bolig):

Gennemsnitshus: 160 m2 & 3 personer
 Varmt brugsvand: 2587 kWh/år
 Rumvarme: 7021 kWh/år
 Varme i alt: 9608 kWh/år

Gennemsnitshuset med VP får herved følgende nøgletal:

Varmt brugsvand: 16 kWh/m2 pr år
 Rumvarme: 44 kWh/m2 pr år
 Varme i alt: 60 kWh/m2 pr år



Sammenhængen mellem elforbrug til opvarmning af rum og brugsvand for de 3 huse med brændeovn og VP. Der ses en god korrelation mellem graddage og elforbrug.

Bilag I: Matematisk model for jordslange

Modelbeskrivelse

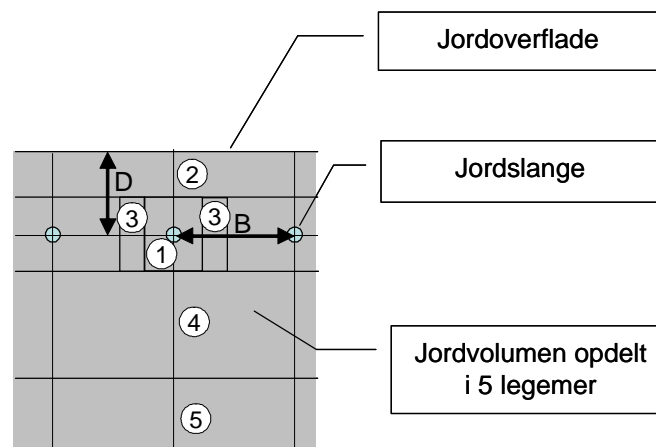
Med henblik på analyse af jordslangers performance i afhængighed af belastningen er der udviklet en simpel dynamisk model til beskrivelse af temperaturforholdene i jorden og dermed jordslangevæsken – ref. 15.

Der er taget udgangspunkt i døgnsimulering over året, hvor beregningerne kan gennemføres i regneark. Der er benyttet ret simple modeller for hus, varmepumpe og jordslange. Jordslangemodellen er dog opbygget som et 'dynamisk' element bestående af ialt 5 jordlegemer, hvor der tages hensyn til solindfald, varmeledning og naturligvis varmetil- eller bortførelse via jordslangen. På grund af jordlegemernes ret store tidskonstanter kan et tidsstep på 24 h med en vis rimelighed benyttes. Derimod kan temperaturvariationerne i diverse beholdere ikke beskrives korrekt med så store tidsstep, så her fastlægges energiforholdene stationært på døgnbasis.

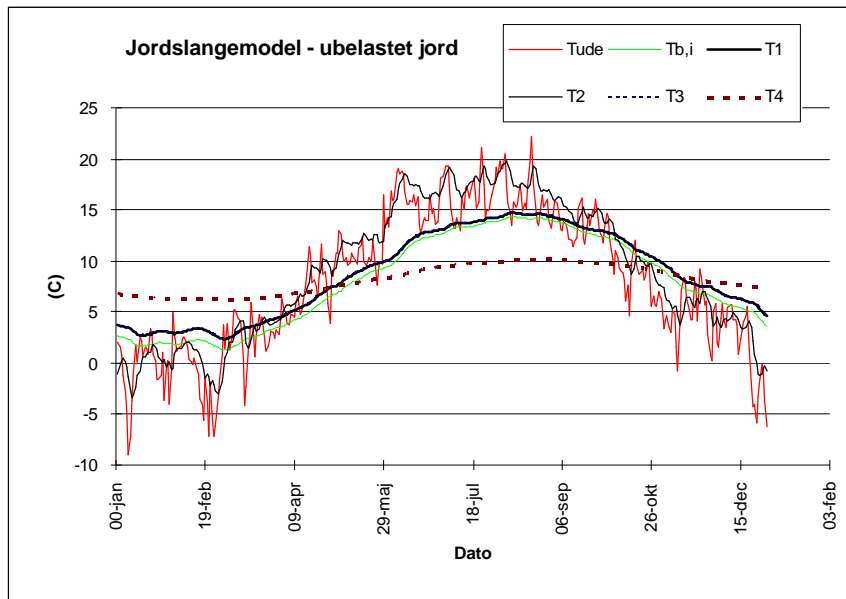
Varmebelastningen til rum og brugsvand er et hus på ca 130 m² med 3-4 personer, svarende til et varmebehov på ca 14000 kWh/år til rum og varmtvandsbeholder.

Varmepumpens (normerede) karakteristikk er valgt som en gennemsnitlig jordvarmepumpe.

På efterfølgende figur er – gennem et lodret snit på tværs af jordslangens hårnåle - skitse- ret opdelingen i de 5 (forskellige) jordlegemer med jordslangen placeret i nr 1. Nedgravningsdybden betegnes D og slangeafstanden B. Jordslangemodellen er formuleret som 5 differentialligninger, der løses døgn for døgn igennem året. Der opstår løsningsproblemer ved korte jordslanger, men modellen fungerer nu fornuftigt ned til længder på omkring 30 m (afhængig af dybden).



På efterfølgende graf er vist modellens beregnede temperaturprofiler i ubelastet jord (varmepumpens kapacitet sat til 0 W). Temperaturerne i slangedybden, D (= 1 m) T1 og T3 er sammenfaldende i denne situation



Udetemperatur samt jordelementernes temperatur gennem referenceåret. Temperaturerne T1 og T3 er i 1 m dybde. T2 er i 0,25 m dybde. T4 er i 1,5 m dybde. Det dybeste jordelement, T5, antages med konstant temperatur på 8 C.

Beregningsgang

1. Udetemperaturen, T_u , er døgnmiddeltemperaturen fra referenceåret

2. Husets varmebehov, Q_{hus} , til rum og varmtvandsbeholder:

$$Q_{hus} = Q_{dim,hus} * ((17 - T_u) / 32000 + 0,3) ; \text{ når } T_u < 13 \text{ C}$$

$$Q_{hus} = 0,3 ; \text{ når } T_u > 13 \text{ C}$$

3. Jordtemperatur i elementet ved slangen, T_1 :

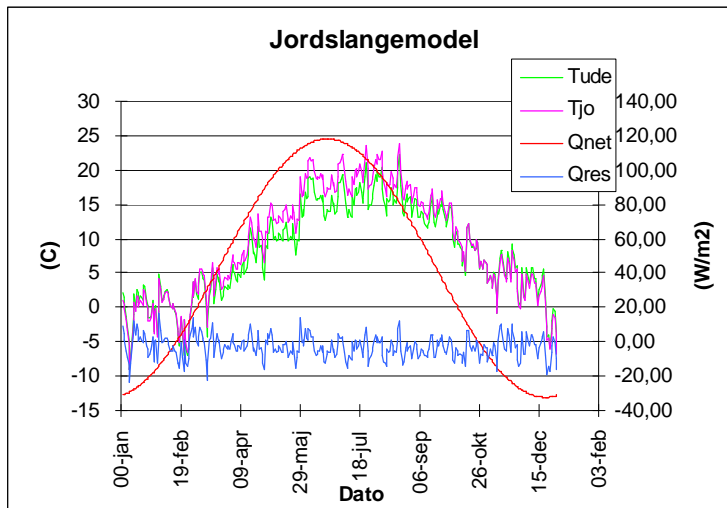
$$C_1 * (T_{1,ny} - T_1) / (24 * 3600) = k_j * (T_2 - T_1) * B_1 / ((H_1 + H_2) / 2) + k_j * (T_3 - T_1) * 2 * H_1 / ((B_1 + B_3) / 2) + k_j * (T_4 - T_1) * B_1 / ((H_1 + H_4) / 2) - Q_{js} / L * u$$

hvor $C_1 = m_f * j * H_1 * B_1 * v_f * j$
 Q_{js} er jordslangebelastningen (positiv ved varmetransport fra jordelementet)
 L er jordslangens længde

4. Jordtemperatur i elementet ved jordoverfladen, T_2 :

$$C_2 * (T_{2,ny} - T_2) / (24 * 3600) = Q_{res} - k_j * (T_2 - T_1) * B_1 / ((H_1 + H_2) / 2) - k_j * (T_2 - T_3) * 2 * B_3 / ((H_1 + H_2) / 2)$$

hvor $C_2 = m_f * j * H_2 * B * v_f * j$
 $Q_{res} = B * Q_{net} + h_j * (T_u - T_2) * B$
 $Q_{net} = (3,7 - 6,4 * \cos(2 * \pi * t / 365)) + 1,1 * (\sin(2 * \pi * t / 365)) / 0,864$
 $h_j = 37 \text{ W} / (\text{m}^2 * \text{K})$ er konvektivt varmeovergangstal



Referenceårsdata samt anvendte randbetingelser ved jordoverfladen.

5. Jordtemperatur i elementet mellem slangerne, T3:

$$C3 \cdot (T3,ny - T3) / (24 \cdot 3600) = k_j \cdot (T2 - T3) \cdot 2 \cdot B3 / ((H1 + H2) / 2) + k_j \cdot (T4 - T3) \cdot B3 / ((H1 + H4) / 2) - k_j \cdot (T3 - T1) \cdot H1 / ((B1 + B3) / 2)$$

hvor $C3 = m_{f,j} \cdot H1 \cdot B3 \cdot v_{f,j}$

6. Jordtemperatur i elementet under slangerne, T4:

$$C4 \cdot (T4,ny - T4) / (24 \cdot 3600) = k_j \cdot (T5 - T4) \cdot B / (H4 / 2) - k_j \cdot (T4 - T1) \cdot B1 / ((H1 + H4) / 2) - k_j \cdot (T4 - T3) \cdot B3 / ((H1 + H4) / 2)$$

hvor $C4 = m_{f,j} \cdot H4 \cdot B \cdot v_{f,j}$
 $T5 = 8 \text{ C}$

7. Varmetransmissionstal ved jordslange:

$$kA_{js}/L = 2 \cdot \pi \cdot k_j / (\ln(Du/Di) + 2 \cdot k_j / (Du \cdot h_{js}))$$

8. Brinetemperatur ved indløb til fordampner

$$T_{b,i} = (2 \cdot T1 + Co \cdot (2 / (kA_{js} \cdot L_{js}) - 1 / m_{cb})) / (2 + C1 \cdot (2 / (kA_{js} \cdot L_{js}) - 1 / m_{cb}))$$

hvor

Co og C1 er konstanter i varmepumpemodellen
 Ljs er jordslangelængden
 mcb er brinens kapacitetsstrøm

9. Varmepumpemodel

$$Q_o = (Co + C1 \cdot T_{b,i}) / 1000$$

$$COP = 0,45 \cdot 328 / (65 - T_{b,i})$$

$$Q_{vp} = Q_o \cdot COP / (COP - 0,9)$$

$$E_{vp} = (Q_{vp} - Q_o)/0,9$$

Hvor

Q_o er fordamperydelsen

COP er effektfaktoren

(under hensyntagen til temperaturdifferenser i varmevekslerne,
men med konstant kondenseringstemperatur)

Q_{vp} er kondensatorydelsen

E_{vp} er tilført eleffekt

Varmepumpens udnyttelsesgrad bliver

$$u_{vp} = \text{IF}((Q_{hus} - Q_{sf,v,hus})/Q_{vp} < 1; (Q_{hus} - Q_{sf,v,hus})/Q_{vp}; 1)$$

Hvilket resulterer i følgende udnyttede (eller vægtede gennemsnitsværdier) effekter:

$$Q_{vp} * u_{vp} ; E_{vp} * u_{vp} ; Q_o * u_{vp}$$

10. Tilskudsvarmens andel

$$Q_{tv} = \text{IF}(Q_{hus} - Q_{vp} > 0; Q_{hus} - Q_{vp}; 0)$$

Bilag J: Eksempel på nyhedsbrev fra Kvalitetssikringsordningen for Varmepumper

Kvalitetssikringsordningen for Varmepumpeanlæg

Velkommen

Dette nyhedsbrev er det første, der udsendes af det nye sekretariat for Kvalitetssikringsordningen for Varmepumpeanlæg. Ordningen er iværksat pr. 1. november 2005 med økonomisk støtte fra Energistyrelsen. Vi håber at der bliver taget vel mod såvel den nye ordning, som mod dette nyhedsbrev.

I korte træk indeholder kvalitetssikringsordningen følgende elementer:

- Rådgivning omkring mærkning, godkendelser, eksportforhold og ny teknologi
- Kvalitetssikring, norm og standardiseringsarbejde samt samarbejde med VPO (Varmepumpeordningen)
- Information til brugergrupper (producenter/leverandører og installatører).

Dette betyder, at danske aktører på området nu kan få rådgivning omkring en række emner, som er centrale for branchens udvikling og det enkelte firmas muligheder for at begå sig på det nationale marked og på eksportmarkederne.

Den daglige ledelse af sekretariatet varetages af civilingeniør og sektionsleder Claus Schön Poulsen. Sekretariatet er organiseret, så der er direkte kommunikationslinjer til Energistyrelsen og de øvrige sekretariater på energiområdet. Desuden er der etableret en back up på væsentlige områder. Teknologisk Instituts Internationale Center og EuroCenter vil blive inddraget efter behov i forbindelse med eksportrådgivning.

Hvad er det så, vi kan hjælpe jer med?

Ordningen er som nævnt inddelt i tre hovedelementer og nedenfor er beskrevet, hvorledes de enkelte elementer tænkes ført ud i livet.

Rådgivning

Gennem eksisterende netværk (bl.a. under IIR International Institute of Refrigeration, som bl.a. omfatter europæiske prøvningsinstitutter), indsamles viden omkring nationale og regionale bestemmelser på området. Der etableres desuden kontakt til relevante myndigheder i de pågældende lande bl.a. med henblik på at sikre accept af eksisterende godkendelser. Denne viden formidler sekretariatet til branchen. Sekretariatet leverer desuden rådgivning i forbindelse med mærkning og godkendelser, samt i forbindelse med øvrige eksportforhold, såsom internationale teknologiske krav til varmepumpe-systemerne.

Sekretariatet tilbyder også rådgivning vedrørende PED (trykudstyrsdirektiv) og ATEX med henblik på at sikre producenter af nye anlægstyper de relevante myndighedsgodkendelser. Endelig leveres rådgivning i forbindelse med udarbejdelse af dokumentation til Teknologisk Instituts frivillige Systemgodkendelsesordning for varmepumper og klima-anlæg.

Der oprettes en hotline for producenter, leverandører og installatører hvor der kan hentes op til gratis rådgivning om nye energi- og miljøvenlige teknologier. Der gennemføres en udbygning af eksisterende hjemmeside (www.varmepumpeinfo.dk) se afsnit senere. Arbejdet omkring anvendelse af naturlige kølemedler koordineres med Miljøstyrelsens Videncenter for HFC-fri køling. Det vil her via hjemmeside (www.hfc-fri.dk) være muligt at skaffe information om kølemedler, komponenter og systemløsninger til naturlige kølemedler, samt om gennemførte F&U aktiviteter på området. Sekretariatets medarbejdere har erfaring fra en lang række F&U projekter på varmepumpeområdet gennem de seneste 25 år, hvilket gør deres paratviden på området unik.

Det sikres at den enkelte producent også har den nødvendige viden om mulighederne for at få testet ny teknologi i forbindelse med udviklingsopgaver i Teknologisk Instituts akkrediteret prøvningslaboratorier. Test og prøvning af komponenter til varmepumper kan i udviklingssammenhæng gennemføres enten i de akkrediterede klimakamre, eller i en af de mange komponentprøvestande. Institutet råder over (kompressorprøvestand, prøvestand til ventiler samt prøvestand til kapacitetsprøvning af varmevekslere). Test i forbindelse med godkendelser vil ikke være omfattet af ordningens arbejde.

Norm- og standardiseringsarbejde og samarbejde med VPO

Sekretariatet vil gennem Teknologisk Institut være repræsenteret i de væsentligste standardiseringsudvalg på områder, nemlig standardiseringsudvalg DS-S221 og standardiseringsudvalg DS-S251 (Kølesystemer), hvor en række af de grundlæggende køletekniske normer og standarder hører ind under. Teknologisk Institut er også repræsenteret i det europæiske norm- og standardiseringsarbejde (CEN/TC 113). Dette arbejde vil blive intensiveret gennem sekretariatet med henblik på at give danske producenter af komponenter og anlæg de nyeste og mest detaljerede viden, der kan sikre at de kan være på forkant med den internationale udvikling.

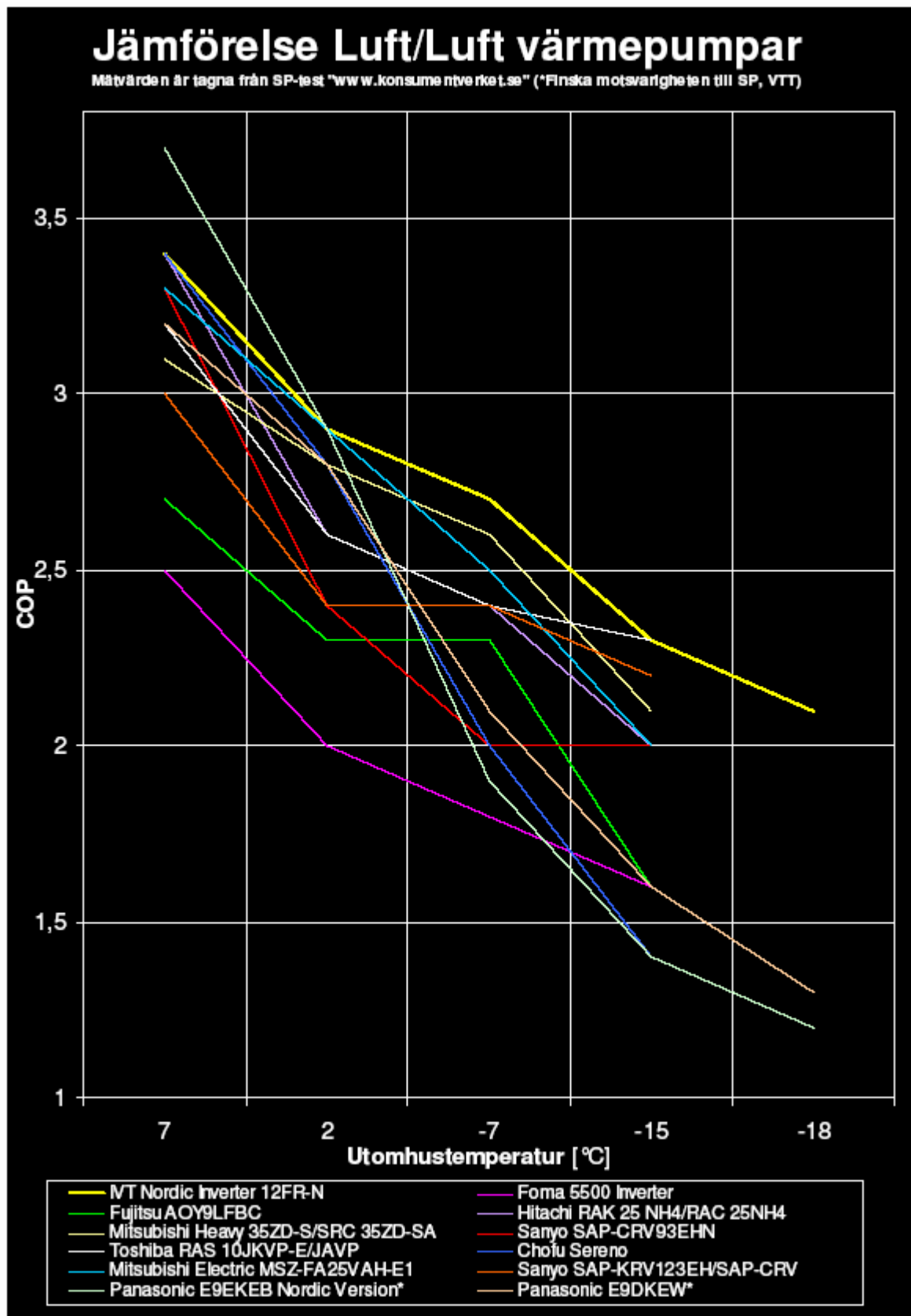
Sekretariatet følger det internationale kvalitetssikringsarbejde samt norm og standardiseringsarbejdet gennem de etablerede og velfungerende kanaler. Både den aktive deltagelse i udvalg og fora samt formidling af viden til og fra disse udvalg og fora sikrer en frugtbar tovejskommunikation.

Samarbejdet med VPO-ordningen intensiveres og det allerede etablerede samarbejde formaliseres gennem sekretariatet. Deltagelse i VPO udvalget fortsætter, og sammen med VPO igangsættes en række nye aktiviteter bl.a. indenfor områderne udvikling af nye installationsprocedurer og udvikling af nye optagersystemer. Desuden etableres rådgivning til installatørerne bl.a. i forbindelse med det nye bygningsreglement og SBI's nye beregningssoftware.

Information til brugergrupper

Sekretariatet vil udbygge den eksisterende hjemmeside om varmepumper (www.varmepumpeinfo.dk) med en særlig hjemmeside for producenter. Denne hjemmeside vil indeholde nyheder omkring teknologiske fremskridt, internationale udviklingsaktiviteter samt "Code of good practice" for installatører, producenter og leverandører. Herudover vil hjemmesiden indeholde nyt omkring norm- og standardiseringsarbejdet og oversigter over gennemførte aktiviteter omkring internationale godkendelser samt andre relevante nyheder for branchen, eksempelvis omkring alternative kølemedler.

Bilag K: Prøvningsresultater for L/L-VP



Prøvningsresultater for luft/luft-varmepumper fra Statens Prøvningscentral, Sverige

Bilag L: Liste over godkendte varmepumper

På <http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/8333> findes information om de anlæg, der i øjeblikket er systemgodkendt efter den frivillige ordning på Teknologisk Institut. Listen vil løbende blive justeret og ændret i takt med at nye anlæg kommer til.

Seneste opdatering er foretaget 23.marts 2007 og det forventes, at næste udgave af listen bliver offentliggjort i løbet af foråret.

Vigtig information

For nogle apparater på listen gælder, at ydelse og effektivitet ikke er opgivet. Dette skyldes, at en ny prøvningsstandard er blevet implementeret og derfor skal alle leverandører opgive ydelse og effektivitet i henhold til denne standard. Først når leverandørerne har leveret disse data, vil de blive offentliggjort på listen.

Listen indeholder de anlæg, der pt. er systemgodkendt af Teknologisk Institut. Godkendelsen som er frivillig omfatter bl.a. krav til sikkerhed, konstruktion og anlægsopbygning (herunder vurdering af levetid), samt til deklaration og installation. Det anbefales naturligvis at vælge et systemgodkendt varmepumpeanlæg eller klimaanlæg og det anbefales ligeledes at vælge en installatør, der er tilknyttet kvalitetssikringsordningen for varmepumpeinstallatører (VPO) – liste med VPO-godkendte installatører kan hentes på www.vp-ordning.dk.

Listen over godkendte anlæg er opstillet efter anlægstype samt i alfabetisk orden efter leverandørnavn. Listen bliver løbende opdateret, og det anbefales at læse den efterfølgende vejledning.

Vejledning til listen

Varmepumpeanlæg er ofte karakteriseret ved varmeoptagersystemet og varmeafgiversystemet:

- 1) I væske/vand anlæg er varmeoptageren en væske, der optager varmen fra f.eks. jorden og leverer varmen til varmepumpen. Fra varmepumpen afgives varmen via et varmeafgiversystem til rumopvarmning og til opvarmning af varmt af brugsvand. Varmeafgiversystemet består normalt af et radiatoranlæg og en varmtvandsbeholder.
- 2) I luft/vand anlæg optages varmen fra udeluften og afgives igen i et afgiversystem i lighed med væske/vand anlægget.
- 3) I luft/luft anlæg er både varmeoptageren og varmeafgiveren luft.
- 4) Luft/brugsvand & luft betegner anlæg, hvor varmeoptageren er luft og varmen afgives til opvarmning af brugsvand og luft.

I listen er alle varmepumper og klimaanlæg angivet med henholdsvis producent/leverandørdata, oplysninger om anlægskarakteristika og ydelse og virkningsgrader i henhold til gældende standarder. I de fleste tilfælde er der tale om producentopgivelser, hvilket betyder at der ikke nødvendigvis ligger en egentlig prøvning til grund for opgivelserne. Tallene kontrolleres naturligvis af sekretariatet.

For varmepumperne opgives ydelse og effektivitet (COP) ved følgende driftstilstande (i.h.t. EN14511):

Væske / vand varmepumper: kuldebærer ind-ud / vardebærer ind-ud = 0- (-3) / 40 - 45°C

Luft / vand varmepumper: kuldebærer ind / vardebærer ind-ud = 7 / 40 - 45°C

Luft / luft varmepumper: kuldebærer ind / vardebærer retur = 7 / 20 °C

Luft / brugsvand: effektivitet ved brugsvandstap (iht. EN255-3)

For boligventilationsvarmepumper (afkast) opgives ydelse og effektivitet ved en kuldebærertemperatur på 20°C.

For klimaanlæg er anlæggets køleydelse og effektivitet ved køling (EER) opgivet ved driftstilstanden 27/35 (i henhold til EN14511).

De i oversigten viste effektiviteter må ikke forveksles med årsnytttevirkning. Ved beregning af årsnytttevirkning er det nødvendigt at kende installationsforholdene og det vil ikke umiddelbart være muligt at beregne denne størrelse. Yderligere oplysninger kan fås ved henvendelse til de deltagende virksomheder eller ved at kigge på vores hjemmeside www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo.

Godkendte væske/vand varmepumper (jordvarme)

Producent / leverandør	Fabrikat/ Anlægs-betegnelse	Godkendelsesnummer	Type	Varmeydelse, kW (iht. EN14511)	COP (iht. EN14511)
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-L 6kW	750	Væske/vand	5,6	3,0
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-L 8kW	751	Væske/vand	7,8	3,4
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-L 10kW	752	Væske/vand	9,3	3,2
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-L 12kW	753	Væske/vand	10,8	3,2
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-L 16kW	754	Væske/vand	16,1	3,2
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-H 6kW	755	Væske/vand	5,6	3,0
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-H 8kW	756	Væske/vand	7,8	3,4
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-H 10kW	757	Væske/vand	9,3	3,2
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-H 12kW	758	Væske/vand	10,8	3,2

Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-H 16kW	759	Væske/ vand	16,1	3,2
Dansk Varmepumpeindustri Nymøllevej 17 9240 Nibe tlf.: 98 35 52 44 www.dvi-nibe.dk	Queen 5	611	Væske/ Vand	4,9	3,4
Dansk Varmepumpeindustri Nymøllevej 17 9240 Nibe tlf.: 98 35 52 44 www.dvi-nibe.dk	Queen 7	612	Væske/ Vand	6,9	3,5
Dansk Varmepumpeindustri Nymøllevej 17 9240 Nibe tlf.: 98 35 52 44 www.dvi-nibe.dk	Queen 9	613	Væske/ Vand	8,6	3,5
Dansk Varmepumpeindustri Nymøllevej 17 9240 Nibe tlf.: 98 35 52 44 www.dvi-nibe.dk	Queen 12	614	Væske/ Vand	10,4	3,6
Dansk Varmepumpeindustri Nymøllevej 17 9240 Nibe tlf.: 98 35 52 44 www.dvi-nibe.dk	Queen 16	615	Væske/ Vand	13,7	3,6
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT HT PLUS C6	672	Væske/ vand	5,6	3,5
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT HT PLUS C7	673	Væske/ Vand	7,1	3,6
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT HT PLUS C9	674	Væske/ vand	8,7	3,6

KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 305	641	Væske/ Vand	5,1	3,3
KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 307	642	Væske/ Vand	7,0	3,5
KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 309	643	Væske/ Vand	8,8	3,6
KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 312	644	Væske/ Vand	10,3	3,6
KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 315	645	Væske/ Vand	12,3	3,6
KH Nordtherm A/S Rømersvej 30 7430 Ikast tlf.: 97 15 46 00 www.kh-nordtherm.dk	Combi / Standard 318	646	Væske/ Vand	15,0	3,6
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF/WPC 5	780	Væske/ Vand	5,4	3,1
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF/WPC 7	781	Væske/ Vand	7,2	3,2
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF/WPC 10	782	Væske/ Vand	9,6	3,3

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF 10M	783	Væske/ Vand	9,6	3,3
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF/WPC 13	784	Væske/ Vand	12,9	3,3
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF 13M	785	Væske/ Vand	12,9	3,3
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF 16	786	Væske/ Vand	15,4	3,4
Pettinaroli A/S Mandal Allé 21 5500 Middelfart tlf.: 63 41 66 66 www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron GmbH&Co. WPF 16M	787	Væske/ Vand	15,4	3,4
Salling Vaske og Køleservice A/S Frederiksgade 36 7800 Skive tlf.: 97 52 68 19 www.vagntanderup.dk	TVP VARI-SPEED 3-10	740	Væske/ Vand (kapacitets- reguleret)	5,0	3,4
SVK Energi Mosegårdsvej 2 8600 Silkeborg tlf.: 86 85 58 03 www.svk-industri.dk	SVK 12	651	Væske/ Vand	10,4	3,5
SVK Energi Mosegårdsvej 2 8600 Silkeborg tlf.: 86 85 58 03 www.svk-industri.dk	SVK 5	652	Væske/ Vand	5,2	3,2
SVK Energi Mosegårdsvej 2 8600 Silkeborg tlf.: 86 85 58 03 www.svk-industri.dk	SVK 7	653	Væske/ Vand	7,10	3,4

SVK Energi Mosegårdsvej 2 8600 Silkeborg tlf.: 86 85 58 03 www.svk-industri.dk	SVK 9	654	Væske/ Vand	8,9	3,5
SVK Energi Mosegårdsvej 2 8600 Silkeborg tlf.: 86 85 58 03 www.svk-industri.dk	SVK 18	655	Væske/ Vand	15,2	3,6
Vaillant A/S Drejergangen 3A 2690 Karlslunde tlf.: 46 16 02 00 www.vaillant.dk	VWS 62/2	770	Væske/ Vand	5,7	3,4
Vaillant A/S Drejergangen 3A 2690 Karlslunde tlf.: 46 16 02 00 www.vaillant.dk	VWS 82/2	771	Væske/ Vand	7,7	3,5
Vaillant A/S Drejergangen 3A 2690 Karlslunde tlf.: 46 16 02 00 www.vaillant.dk	VWS 102/2	772	Væske/ Vand	9,9	3,6
Varde Køleservice Ndr. Boulevard 96B 6800 Varde tlf.: 75 22 11 17	VK10	631	Væske/ Vand	10,2	3,2
Varde Køleservice Ndr. Boulevard 96B 6800 Varde tlf.: 75 22 11 17	VK16	632	Væske/ Vand	16,0	3,2
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-6	710	Væske/ Vand	5,0	3,3
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-8	711	Væske/ Vand	6,6	3,4
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-10	712	Væske/ Vand	8,1	3,3

Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-12	713	Væske/ Vand	9,3	3,1
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-15	714	Væske/ Vand	11,8	3,2
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1120-17	715	Væske/ Vand	13,8	3,1
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1220-6	716	Væske/ Vand	5,0	3,3
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1220-8	717	Væske/ Vand	6,6	3,4
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1220-10	718	Væske/ Vand	8,1	3,3
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Fighter 1220-12	719	Væske/ Vand	9,3	3,1

Godkendte luft/vand varmepumper

Producent / leverandør	Fabrikat/ Anlægsbetegnelse	Godkendelsesnummer	Type	Varmeydelse, kW (iht. EN14511)	COP (iht. EN14511)
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-A 6kW	760	Luft/vand	6,3	2,7
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-A 8kW	761	Luft/vand	8,7	3,0
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-A 10kW	762	Luft/vand	10,5	2,9
Danfoss Heat Pumps A/S Jegstrupvej 3 8361 Hasselager tlf.: 89 48 91 11 www.danfoss.dk	DHP-A 12kW	763	Luft/vand	12,3	3,0
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT Optima 700	675	Luft/vand	7,0	3,3
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT Optima 500	676	Luft/vand	5,1	3,4
Jysk Varmepumpeteknik Engvej 3, Sebbesund 9240 Nibe tlf.: 98 35 55 00 www.jvt.dk	LV2008	681	Luft/vand	9,4	3,4
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE F2010 – 6	701	Luft/Vand	7,2	3,4
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE F2010 – 8	702	Luft/Vand	9,0	3,5

Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE F2005 – 8	703	Luft/ Vand	7,4	3,5
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE F2005 – 10	704	Luft/ Vand	9,7	3,6
Vølund Varmeteknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE F2005 – 14	705	Luft/ Vand	14,1	3,3

Godkendte boligventilations- og brugsvandsvarmepumper

Producent / leverandør	Fabrikat/ Anlægs- betegnelse	God- ken- delses num- mer	Type	Varme- ydelse, kW (iht. EN1451 1)	COP, op- varm- ning (EN14 511)	Mak- simal mæng- de brugs- vand i et tap (liter)	COP ved brugs- vands- tap (iht. EN255- 3)
Nilan A/S Nilanvej 2 8722 Hedensted tlf.: 76 75 25 00 www.nilan.dk	VPL 15	730	Boligven- tilation Luft/luft	2,08	3,7	-	-
Nilan A/S Nilanvej 2 8722 Hedensted tlf.: 76 75 25 00 www.nilan.dk	VP 18	731	Boligven- tilation/ brugs- vand	1,89	3,6	212	3,9
Vølund Varme- teknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Figh- ter 100P	706	Boligven- tilation/ brugs- vand	-	-	307	2,9
Vølund Varme- teknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Figh- ter 310P	707	Boligven- tilation/ brugs- vand Luft/vand	1,33	2,5	232	3,9
Vølund Varme- teknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Figh- ter 410P	708	Boligven- tilation/ brugs- vand Luft/vand	1,33	2,5	232	3,9
Vølund Varme- teknik Brogårdsvej 7 6920 Videbæk tlf.: 97 17 20 33 www.volundvt.dk	NIBE Figh- ter 600P	709	Boligven- tilation/ brugs- vand Luft/vand	2,63	2,3	240	3,1

Godkendte luft/luft varmepumper

Producent / leverandør	Fabrikat/ Anlægsbetegnelse	Godkendelsesnummer	Type	Varmeydelse, kW (iht. EN14511)	COP, opvarmning (EN14511)	Kuldeydelse kW (iht. EN14511)	EER køling (iht. EN14511)
Ahlsell Danmark A/S Vibeholmsvej 31 2605 Brøndby tlf.: 43 44 42 99 www.ahlsell.dk	Sanyo SAP-KRV/CRV 123 EH	691	Luft/luft	4,0	3,0	3,5	3,2
Ahlsell Danmark A/S Vibeholmsvej 31 2605 Brøndby tlf.: 43 44 42 99 www.ahlsell.dk	Sanyo SAP-KRV/CRV 93 EH	692	Luft/luft	3,5	3,3	-	-
Ahlsell Danmark A/S Vibeholmsvej 31 2605 Brøndby tlf.: 43 44 42 99 www.ahlsell.dk	Sanyo SAP-KRCV 124 EHDXXN	693	Luft/luft	5,5	3,3		
EL: CON Comfort A/S Nørregade 8 8382 Hinnerup tlf.: 86 98 52 88 www.elcon-as.dk	Panasonic CS/CU-E9 EKEB	621	Luft/Luft	3,6	4,3	Opgives ikke for varmepumpe	Opgives ikke for varmepumpe
EL: CON Comfort A/S Nørregade 8 8382 Hinnerup tlf.: 86 98 52 88 www.elcon-as.dk	Panasonic CS/CU-E12 EKEB	622	Luft/Luft	4,8	3,8	Opgives ikke for varmepumpe	Opgives ikke for varmepumpe
EL: CON Comfort A/S Nørregade 8 8382 Hinnerup tlf.: 86 98 52 88 www.elcon-as.dk	Panasonic CS/CU-HE9 DKE	623	Luft/Luft	3,6	5,2	Opgives ikke for varmepumpe	Opgives ikke for varmepumpe
EL: CON Comfort A/S Nørregade 8 8382 Hinnerup tlf.: 86 98 52 88 www.elcon-as.dk	Panasonic CS/CU-HE12 DKE	624	Luft/Luft	4,8	4,6	Opgives ikke for varmepumpe	Opgives ikke for varmepumpe

Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Gidex ApS Vinkelvej 4 8620 Kjellerup tlf.: 86 88 34 22 www.gidex.dk	Toshiba RAS 13 UKV-E	661	Luft/ Luft	-	-	Opgives ikke for varme- pumpe	Opgi- ves ikke for varme- pumpe
Gidex ApS Vinkelvej 4 8620 Kjellerup tlf.: 86 88 34 22 www.gidex.dk	Toshiba RAS-M18 YAV-E	662	Luft/ Luft	-	-	Opgives ikke for varme- pumpe	Opgi- ves ikke for varme- pumpe
Gidex ApS Vinkelvej 4 8620 Kjellerup tlf.: 86 88 34 22 www.gidex.dk	Toshiba RAS-10 JKVP-E/ JAVP-E	663	Luft/ Luft	-	-	Opgives ikke for varme- pumpe	Opgi- ves ikke for varme- pumpe
IVT Naturvarme A/S Telegrafvej 1 2750 Ballerup tlf.: 44 89 86 70 www.naturvarme.dk	IVT Nordic Inverter 12FR-N	671	Luft/ Luft	4,7	5,1	Opgives ikke for varme- pumpe	Opgives ikke for varme- pumpe
Klimalux ApS Norgesvej 19 5700 Svend- borg tlf.: 63 22 33 33 www.klimalux.dk	Fujitsu ASY9 LSBC	720	Luft/ luft	3,6	4,4	2,6	4,2
Klimalux ApS Norgesvej 19 5700 Svend- borg tlf.: 63 22 33 33 www.klimalux.dk	Fujitsu ASY12 LSBC	721	Luft/ luft	4,8	3,9	3,5	3,8