

Varmepumpen har det hele

Af Arne Jakobsen, Forskningsleder og ph.d.,
Maskinmesterskolen København

Varmepumpen som teknologi er ikke ny, men som undervisningstema har varmpumpen det hele. Termodynamik, materiale- og kølemiddelvalg, installation, regulering, vedligehold, økonomi og lovgivning. Undervisning lykkes bedst, når temaet kan kombinere alle disse elementer. Samtidig peger anvendelsen i retning af at nuancere vores opfattelse af energi. En kWh er ikke bare en kWh. Noget er effekt, og noget er arbejde. Noget er varme, og noget er køling.

Den bedste teknologi er ikke noget værd i praksis, hvis den ikke installeres og driftes kompetent. Dette forhold er også vitalt at få med i uddannelse og undervisning, så der ikke opstår "huller", som gør, at vi ikke får de mest energieffektive og forbrugerøkonomiske løsninger.

"Den lille blå om Varmepumper" omfatter rigtig mange aspekter, som hviler på et teoretisk grundlag og samtidig peger på mange praktiske forhold, som er vigtige at kende til. Derfor kan bogen udover at blive brugt i de praktiske erhverv, også være fortrinlig som supplerende undervisningsmateriale i uddannelse af energiteknologer, maskinmestre og ingeniører.

Den lille blå om Varmepumper

Den lille blå om Varmepumper

Forfattere:

Claus M. Hvenegaard (Teknologisk Institut)
Svend Vinther Pedersen (Teknologisk Institut)
Ditte Mikkelsen (Dansk Energi)
Jørn Borup Jensen

Redaktionsgruppe:

Ditte Mikkelsen (Dansk Energi)
Dorte Lindholm (Dansk Energi)
Richard Schalburg (Dansk Energi)

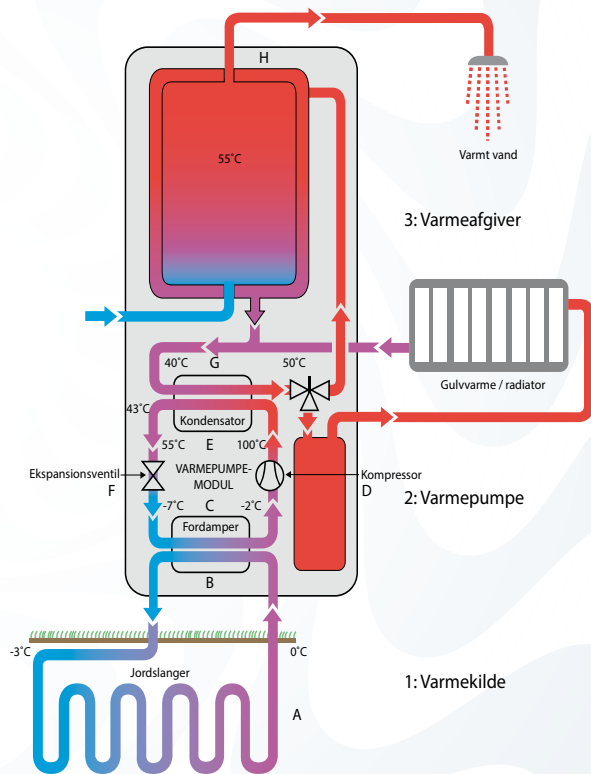
Udgiver: Dansk Energi

Tryk: Kailow Graphic

Design: NectarCph

Oplag: 10.000, 2. udgave 2019

ISBN nummer: 978-87-91326-14-1



Fra redaktionen

Brug af varmepumper frem for traditionel opvarmning kan reducere energiforbruget i bygninger markant. Derfor er det vigtigt, at indsatsen for at udbrede varmepumper intensiveres.

De varmepumper, som findes på markedet i dag, er allerede energieffektive og holder en høj kvalitet. Men det kniber til tider med den rette installation og indregulering, så anlæggenes drift bliver optimal. Derfor er det vigtigt, at der vælges den rigtige type varmepumpe, at dens størrelse er tilpasset boligtype og varmebehov, og at den installeres og indreguleres korrekt.

"Den lille blå om Varmepumper" giver indsigt i dimensioneringsmæssige forhold, som private boligejere, rådgivere, teknikere og installatører skal kende til, når en varmepumpe skal installeres i eksisterende byggeri, i nybyggeri eller i et sommerhus. Der gives også indsigt i de energimæssige og totaløkonomiske konsekvenser ved valg af en varmepumpe frem for andre varmeproducerende enheder og den gældende lovgivning.

Vi håber "Den lille blå om Varmepumper" bliver et værdifuldt opslagsværk for alle, som arbejder med at realisere energibesparelser i eksisterende og nye bygninger.

God arbejds- og læselyst
Dansk Energi, ELFORSK



Ditte Mikkelsen



Dorte Lindholm



Richard Schalburg

Hvis du vil vide mere:

Dansk Energi, Vodroffsvej 59, 1900 Frederiksberg C
Telefon 35 300 400, E-mail: de@danskenergi.dk
Klik ind på: elforsk.dk

Forord

Elektrificeringen af varmesektoren er en vigtig del af den grønne omstilling, men der er behov for at fokusere på installation af varmepumper i private hjem. Antallet af varmepumper, der installeres i Danmark, øges år for år, mens oliefyrene falder støt og som oftest til fordel for varmepumper. Dette er til fordel for omstillingen til et grønt energisystem, og for målet om i 2050 at være uafhængig af fossile brændsler.

Først de senere år er varmepumpen for alvor ved at vinde terræn i private hjem. Det seneste energiforlig med lavere elvarmeafgifter og elafgifter skal være med til at give varmepumperne et ekstra skub og medvirke til, at forbruget af varme kommer fra stadig mere grønne energikilder. Allerede i dag kommer 70 % af danskernes elektricitet fra vedvarende energi.

"Den lille blå om Varmepumper" kan være med til at rykke udviklingen yderligere og er velegnet til at give private boligejere, uddannelsesinstitutioner, installatører og andre professionelle aktører i markedet et nyttigt overblik over varmepumpers muligheder.

Jeg håber, at "Den lille blå om Varmepumper" fra Dansk Energi's forsknings- og udviklingsprogram, ELFORSK, kan være med til at øge kendskabet til varmepumper og synliggøre fordelene ved varmepumper til gavn for os alle!

Med venlig hilsen
Dansk Energi



Anders Stouge
Viceadministrerende direktør



Indholdsfortegnelse

01	Fra redaktionen	02
	Forord	03
02	Den lille blå om Varmepumper	08
2.1	Udviklingen i salgstal af traditionelle varmepumper	09
2.2	Antal, varmeydelse og forbrug for alle varmepumpe typer	10
2.3	Potentiale på boligtyper	12
2.4	Fleksibelt elforbrug	13
03	Levetidsomkostninger – LCC	14
04	Varmepumpe typer	25
4.1	Varmepumpens effektivitet – COP, SCOP og SEER	31
4.2	Væske/vand varmepumper – vandrette jordslanger	33
4.3	Væske/vand varmepumper – lodrette boreriger	36
4.4	Luft/vand varmepumper	38
4.5	Luft/luft varmepumper	40
4.6	Brugsvandsvarmepumper	43
4.7	Boligventilationsvarmepumper	47
4.8	Gashybridvarmepumper	49
4.9	Krav til eftersyn af varmepumper	53
05	Behovsanalyse	54
5.1	Varmepumper til rumopvarmning	58
5.1.1	Eksisterende byggeri	62
5.1.2	Nybyggeri	63
5.1.3	Sommerhuse	63
5.2	Varmepumper til opvarmning af brugsvand	64
5.3	Kombinerede varmepumper til rumopvarmning og varmt brugsvand	66
5.4	Varmepumper til opvarmning af ventilationsluft	68
5.5	Varmepumper i kombination med solenergi	71
5.5.1	Varmepumper i kombination med solvarme	71
5.5.2	Varmepumper i kombination med solceller	74
06	Varmekilder – dimensioneringsgrundlag	80
6.1	Jordvarme – vandrette jordslanger	80
6.1.1	Funktion	80
6.1.2	Dimensionering af vandrette jordslanger	80
6.1.3	Frostsikring anvendt i jordslanger og andre energioptagere	82
6.1.4	Udlægning af jordslanger	83
6.1.5	Nedgravningsdybde	83
6.2	Jordvarme – lodrette boreriger	85
6.2.1	Funktion	85
6.2.2	Dimensionering af lodrette anlæg	85
6.2.3	Etablering af lodrette boreriger	87
6.3	Sø- og havvand	95
6.3.1	Etablering af søvandsanlæg med slanger	96
6.3.2	Etablering af havvandsanlæg med slanger	96
6.3.4	Etablering af havvandsanlæg med direkte indtag	96
6.4	Grundvand	97
6.4.1	Et 1-flow eller 2-flow system	98
6.5	Luftvarme	100
07	Varmeafgivsystemer	101
7.1	Radiatoranlæg	101
7.1.1	Regneark til overslagsmæssig beregning af radiatorydelser	105
7.2	Gulvarmeanlæg	109
7.3	Brugsvandsanlæg	113
7.4	Boligventilationsvarmepumper	116
7.5	Styring og indregulering	120
7.5.1	Radiatortermostatventiler	120
7.5.2	Termostatventiler for gulvarme	122

08	Nøgletal for varmepumpeanlæg	124	11	Energilagring med varmepumper	164
8.1	Effektfaktor COP og årseffektfaktor SCOP	124	11.1	Varmepumper som en del af fleksibelt elforbrug	164
8.1.1	Energimærkede varmepumper	126	11.2	Varmeakkumulering	164
8.1.2	Ecodesignkrav til luft/luft varmepumper	127	12	Kølemidler	172
8.1.3	Ecodesignkrav til luft/vand og væske/vand varmepumper	128	12.1	Kølemidlernes termodynamiske egenskaber	174
8.2	Nøgletal for elforbrug til varmepumper i enfamiliehuse	131	13	Ordninger og organisationer om varmepumper	175
8.2.1	Elforbrug til væske/vand varmepumper	132	13.1	VarmePumpeOrdningen – VPO	175
8.2.2	Elforbrug til luft/vand varmepumper	134	13.2	VE-godkendelsesordningen for varmepumper	178
8.2.3	Elforbrug til luft/luft varmepumper	136	13.3	Energistyrelsens varmepumpe-liste	179
8.2.4	Elforbrug til gashybridvarmepumper	138	13.4	Energimærkning og ecodesign	180
8.3	Investering ved installation af varmepumpe	141	14	Tjeklister for varmepumpeanlæg	181
8.3.1	Tilskud	142	14.1	Tjeklister for etablering, drift og vedligehold af varmepumpeanlæg	181
09	Regulering af varmepumpeanlæg	143	14.2	Tjeklister for etablering af forskellige typer varmepumpeanlæg	185
9.1	Regulering af væske/vand og luft/vand varmepumper	143	15	10 gode råd	197
9.1.1	Styring af fremløbstemperatur til varmesystemet	143	16	Lovgivning	199
9.1.2	Styring af brugsvandstemperaturen	144	16.1	EU Forordninger	199
9.1.3	Legionella funktion	144	16.2	Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2009/125/EF	201
9.1.4	On/off regulering og buffertanke	145	16.3	Bygningsreglement 2018	201
9.1.5	Frekvensregulering	145	16.4	Bekendtgørelser	202
9.2	Regulering af luft/luft varmepumper	146	16.5	Dansk Standard	204
9.2.1	Styring af rumtemperatur	146	17	Andre kilder	207
9.2.2	Styring af ventilatorhastighed	146	17.1	Håndbøger og rapporter	207
9.2.3	Afrimningsfunktion	147	17.2	Hjemmesider	208
9.2.4	Sommerhusfunktion	147			
10	Energiforbrug og energieffektivitet	148			
10.1	Energiforbrug ved andre varmeanlæg end varmepumper	148			
10.1.1	Oliekedler	150			
10.1.2	Naturgaskedler	153			
10.1.3	Elvarme	158			
10.2	Specifikt energiforbrug for forskellige varmeanlæg	161			

2 Den lille blå om Varmepumper

Mange entreprenører, private boligejere eller virksomheder står over for begreber, som COP (effektfaktor), SCOP (årseffektfaktor) og SEER (sæson-energivirkningsgrad), når de overvejer at installere et varmepumpeanlæg. Der er mange aktører på markedet med forskellige løsninger, priser og serviceniveau. Derfor er der brug for rådgivning og vejledning om hvilket varmepumpeanlæg, man skal vælge, både af praktiske og økonomiske hensyn, og hvordan det sikres, at anlægget installeres og indreguleres korrekt.

”Den lille blå om Varmepumper” giver svar på mange af de spørgsmål, som opstår i forbindelse med køb og installation af et varmepumpeanlæg.

Bogen indeholder nøgletal og principløsninger, der kan anvendes af installatører og teknikere, og bidrager med viden om:

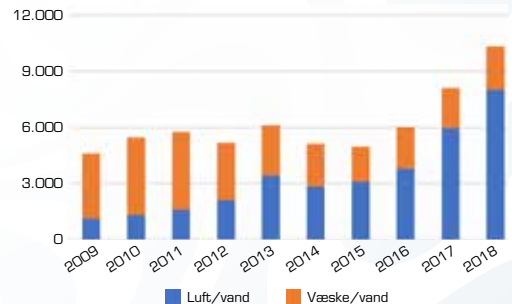
- Love, bekendtgørelser og regler, der er relevante for varmepumper, f.eks. regler om tilslutningspligt i områder med kollektiv varmeforsyning samt bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg.
- Dimensioneringsmæssige forhold man skal kende til, når man overvejer at installere et varmepumpeanlæg både ved eksisterende byggeri og nybyggeri.
- De energimæssige og totaløkonomiske konsekvenser ved installation af et varmepumpeanlæg set i forhold til installation af andre typer varmeproducerende enheder, som f.eks. kondenserende olie- eller naturgaskedler og biomassekedler. Alle priser og beregninger i denne bog er baseret på 2019-priser, med mindre andet er angivet. Der er anvendt middelpriiser for gas, olie, fjernvarme og el. Priserne er forbrugerpriser inkl. afgifter og moms.
- Statistik i en 10-årig periode over solgte varmepumpetyper, deres leverede varmeyedelse og forbrug af elektricitet.

2.1 Udviklingen i salgstal af traditionelle varmepumper

Varmepumper som primær opvarmingskilde er i fremgang både i Danmark og EU. Det vurderes, at der er over 100.000 varmepumper i de danske hjem (2018), herunder sommerhuse. Det er især typerne væske/vand, luft/vand og luft/luft varmepumper, som vinder indpas.

Det samlede årlige salgstal i Danmark for alle typer varmepumper kendes ikke, men ligger i de seneste år i størrelsesordenen 45.000 til 55.000 stk. Salget af varmepumper tog et kraftigt hop fremad i 2017 og et yderligere step i 2018.

Salget af varmepumper til vandbårne systemer (radiator eller gulvarme) vinder frem. Salget af de relativt dyre væske/vand varmepumper (jordvarmeanlæg) er stagneret, mens salget af luft/vand varmepumper vokser markant. I 2018 slog salget af luft/vand varmepumper rekord med godt 8.000 solgte anlæg. Se figur 2.1. Til sammenligning sælges der 15.000 til 20.000 naturgasfyr hvert år. I figur 2.1 dækker væske/vand varmepumper både over jordvarmeanlæg med vandrette jordslanger og lodrette borer. Det er først de senere år, at man er begyndt at installere anlæg med lodrette borer.



Figur 2.1. Udviklingen i salgstal af danske varmepumper til vandbårne opvarmningssystemer.

Sælget i antallet af luft/luft varmepumper er øget betragteligt. En stor del af disse varmepumper installeres i sommerhuse og i parcelhuse med elopvarmning. Det årlige salg af luft/luft varmepumper steg fra 18.500 stk. i 2009 til knap 40.000 stk. i 2018. Se figur 2.2.



Figur 2.2. Udviklingen i salgstal af danske luft/luft varmepumper.

Salgstallene angivet i figur 2.1 og 2.2 indberettes hvert år til EHPA (European Heat Pump Association) og er de bedste, der findes. Det er dog ikke alle leverandører, der indberetter, hvorfor salgstallene i realiteten er højere.

2.2 Antal, varmeydelse og forbrug for alle varmepumpetyper

Foruden de to typer væske/vand varmepumper, luft/vand og luft/luft varmepumper er der også foretaget en kortlægning af salgstal, ydelse og forbrug for yderligere tre varmepumpetyper, nemlig brugsvand, ventilation og gashybrid. Kortlægningen er foretaget i perioden 2009 til og med 2018 og er angivet i tabel 2.1.

Varmepumper i perioden 2009 til og med 2018				
Varmepumpetype	Antal [Stk.]	Varmeydelse [MWh]	Gasforbrug [MWh]	Elforbrug [MWh]
Væske/vand med vandrette jordslanger	27.900	613.800	-	175.371
Væske/vand med lodrette boringer	500	11.000	-	3.143
Luft/vand	33.000	732.600	-	215.471
Luft/luft	221.000	685.100	-	263.500
Brugsvand	15.500	33.500	-	12.885
Ventilation	8.700	18.800	-	7.231
Gashybrid	500	11.000	800	3.250
I alt	307.400	2.105.800	800	680.851

Tabel 2.1. Kortlægning af antal solgte anlæg, deres varmeydelse og forbrug opdelt på 7 typer varmepumpeanlæg i perioden 2009 til og med 2018.

Salgstallene siger ikke noget om hvor mange varmepumper, der udskiftes hvert år. En del af de varmepumper, der er solgt inden for de seneste år (2016 til 2018), kan derfor have erstattet allerede installerede varmepumpeanlæg.

Det præcise antal væske/vand varmepumper med lodrette borer kendes ikke. GEUS har registreret ca. 1.100 jordvarmeboringer. En del af disse varmepumpeanlæg er forsynet med flere borer, hvorfor det på den baggrund er vurderet, at der findes omkring 500 varmepumpeanlæg med lodrette borer.

Antallet af gashybridvarmepumper kendes ikke, men det antages, at der eksisterer i størrelsesordenen 400 til 600 stk.

2.3 Potentiale på boligtyper

Ved hjælp af data fra Energistyrelsens "Energistatistik 2016", Statistikbanken (Danmarks Statistik) "BygB40 – Bygninger og deres opvarmede areal" og rapporten "Potentialebeskrivelse – individuelle varmepumper" udarbejdet for Dansk Energi, er besparelspotentialet ved at udskifte landets gas- og oliekedler samt elvarme med forskellige typer varmepumper beregnet.

I tabel 2.1 er besparelspotentialet opdelt på tre bygningskategorier. Der er ikke medtaget bygninger, som er opvarmet med fjernvarme.

	Nuværende årligt forbrug til opvarmning [GWh]	Muligt fremtidigt årligt elforbrug til opvarmning [GWh]
Parcel- og stuehuse	8.430	2.290
Række-, kæde- og dobbelhuse	1.280	350
Sommerhuse	755	190
I alt	10.465	2.830

Tabel 2.1. Besparelspotentialet ved anvendelse af individuelle varmepumper frem for fossile brændsler.

Som det ses i tabel 2.1 er det muligt at få nedbragt det årlige energiforbrug (baseret på fossile brændsler) fra 10.465 GWh til 2.830 GWh (elforbrug til varmepumper).

2.4 Fleksibelt elforbrug

I Danmark er forudsætningen for den grønne omstilling, at elforsyningen fortsat udbygges med vedvarende energi. Det er derfor ønskeligt, at varmepumper kan sættes i drift, når forsyningen fra vedvarende energi er høj, og standses, når belastningen i elforbruget er høj, eksempelvis om morgenen og aftenen, når folk er hjemme.

Ved at øge anvendelsen af varmepumper vil det være muligt at tilgodese udnyttelsen af vedvarende energi. Varmepumper kan bidrage til fleksibiliteten ved at udnytte varmepumpen til at akkumulere energi i bygningsmassen og/eller en vandtank. Denne facilitet vil være ønskværdig for forbrugeren, med differentierede priser over døgnet. Derfor er det forventeligt med en øget anvendelse af varmepumper kombineret med et energilag.

De typer varmepumper, som kan forventes at have de største muligheder for varmelagring i vandtanke, er dem, der leverer varmt vand til opvarmning af bygninger og brugsvand. Det er varmepumper som:

- Jordvarmepumper
- Luft/vand varmepumper

For disse to varmepumpe typer og luft/luft varmepumperne vil varmelagring kunne finde sted i bygningskonstruktionerne, hvis disse er konstrueret til formålet. I nogle bygninger vil det være muligt, uden komfortgener, at lade rumtemperaturen falde til et vist niveau i en tidsperiode. Perioden afhænger af, om bygningen er en let eller tung konstruktion. Herved kan man styre efter at lade varmepumpen være i drift på tidspunkter, der er gunstige for elnettet. Se kapitel 11.

3 Levetidsomkostninger – LCC

En boligejer, der overvejer at installere et varmepumpeanlæg, har brug for, at entreprenøren eller installatøren udarbejder et tilbud, som indeholder beregninger af levetidsomkostningerne (LCC-beregning) forbundet med installation og drift samt vedligehold af henholdsvis et varmepumpeanlæg og et alternativt varmeanlæg, f.eks. et olie- eller naturgasfyret anlæg.

Et tilbud kan også indeholde LCC-beregninger af alternative typer af varmepumpeanlæg, f.eks. et væske/vand og et luft/vand varmepumpeanlæg.

Tilbuddet med LCC-beregninger for to alternative anlæg er et godt beslutningsgrundlag, da det viser, hvilken løsning der giver boligejeren mest for pengene i hele anlæggets levetid.

Tabel 3.1 til 3.4, kan anvendes i forbindelse med energibevindst indkøb og projektering. I tabellen kan tilbudsgiveren indsætte data for anlægsudgifter. Der er mulighed for at indsætte udgifter til den varmeproducerende enhed (varmepumpe, kedel m.m.), udgifter til nyt varmeafgiversystem og udgifter til eventuelle energibesparende foranstaltninger (efterisolering, udskiftning af vinduer m.m.). Der er også mulighed for at indsætte energiomkostninger samt udgifter til drift og vedligeholdelse i hele anlæggets levetid.

LCC-beregning (Life Cycle Cost)				
Udfyldes af tilbudsgiver	Enhed	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Varmesystem	-	Kondenserende naturgaskedel	Fjernvarme	Kondenserende oliekedel
Energiprodukt (brændsel)	-	Naturgas	Fjernvarme	Olje
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugsvand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3
Anlægsudgifter m. m.				
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	40.000	55.000 ³⁾	50.000
Varmeafgivelsessystem	[Kr.]	-	-	-
Energi- og varmeafgivelsessystem	[Kr.]	-	-	-
Anlægspris i alt (C₀)	[Kr.]	40.000	55.000	50.000
Levetid og energipriser				
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20
Energipris ³⁾	[Kr./kWh]	0,62	0,65	0,99
Elpris (hjelpeenergi) ³⁾	[Kr./kWh]	2,30	2,30	2,30
Driftsudgifter				
Energiforbrug	[MWh/år]	14,1	14,6	14,3
Hjelpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	252	180	270
Faste afgifter	[Kr./år]	-	2.000	-
Energiomkostninger i alt i anlæggets levetid (C₁)	[Kr.]	186.432	238.080	295.560
Service og vedligehold				
Service og vedligeholdelsesomkostninger i anlæggets levetid (C ₂)	[Kr.]	35.000	20.000	35.000
LCC – Life Cycle Cost				
LCC = C₀ + C₁ + C₂	[Kr.]	261.432	313.080	380.560

Tabel 3.1. LCC-beregninger for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. Alternativ 1-3.

LCC-beregning (Life Cycle Cost)					
Udfyldes af tilbudsgiver	Enhed	Alternativ 4	Alternativ 5	Alternativ 6	
Varmesystem	-	Elvarme (radiatorer)	Biobrændselskedel (stokerfyr til treepiller)	Luft/luft varmepumpe (kapacitets- regulering)	
Energiprodukt (brændsel)	-	El	Træ	El	
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugs- vand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3	
Anlægsudgifter m.m.					
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	20.000	60.000	20.000	
Varmeafgivnersystem	[Kr.]	-	-	-	
Energibesparende foranstaltninger	[Kr.]	-	-	-	
Anlægspris i alt (C₀)	[Kr.]	20.000	60.000	20.000	
Levetid og energipriser					
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20	
Energipris ^{1) 6)}	[Kr./kWh]	1,65	0,50	1,65	
Elpris (hjelpeenergi) ³⁾	[Kr./kWh]	-	2,30	-	
Driftsudgifter					
Energiforbrug	[MWh/år]	14,3	17,4	7,3	
Hjelpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	-	290	-	
Faste afgifter	[Kr./år]	-	-	-	
Energiomkostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	471.900	187.340	240.900	
Service og vedligehold					
Service og vedligeholdelses- omkostninger i anlæggets levetid (C _m)	[Kr.]	10.000	35.000	35.000	
LCC – Life Cycle Cost					
LCC = C₀ + C_e + C_m	[Kr.]	501.900	282.340	295.900	

Tabel 3.2. LCC-beregninger for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. Alternativ 4-6.

LCC-beregning (Life Cycle Cost)				
Udfyldes af tilbudsgiver	Enhed	Alternativ 7	Alternativ 8	Alternativ 9
Varmesystem	-	Luft./vand varmepumpe (on/off) ^{vi}	Luft./vand varmepumpe (kapacitets- regulering) ^{vi}	Væske./vand varmepumpe (on/off) ^{vi}
Energiprodukt (brændsel)	-	Ei	Ei	Ei
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugs- vand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3
Anlægsudgifter m.m.				
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	90.000	100.000	120.000
Varmeafgivnersystem	[Kr.]	-	-	-
Energibesparende foranstaltninger	[Kr.]	-	-	-
Anlægspris i alt (C₀)	[Kr.]	90.000	100.000	120.000
Levetid og energipriser				
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20
Energipris ^{1) 6)}	[Kr./kWh]	1,65	1,65	1,65
Elpris (hjelpeenergi)	[Kr./kWh]	-	-	-
Driftsudgifter				
Energiforbrug	[MWh/år]	5,3	4,4	5,0
Hjelpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	-	-	-
Faste afgifter	[Kr./år]	-	-	-
Energikostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	174.900	145.200	165.000
Service og vedligehold				
Service og vedligeholdelses- omkostninger i anlæggets levetid (C _m)	[Kr.]	35.000	35.000	35.000
LCC – Life Cycle Cost				
LCC = C₀ + C_e + C_m	[Kr.]	299.900	280.200	320.000

Tabel 3.3. LCC-beregninger for forskellige opvarmingssystemer til et parcelhus. Alternativ 7-9.

LCC-beregning (Life Cycle Cost)						
Udfyldes af tilbudsgiver	Enhed	Alternativ 10	Alternativ 11	Alternativ 12	Alternativ 13	
Varmesystem	-	Væske/vand varmepumpe (kapacitets- regulering) ⁽¹⁾	Væske/vand varmepumpe med lodrette boringer (on/off) ⁽¹⁾	Væske/vand varmepumpe med lodrette boringer (kapacitets- regulering) ⁽¹⁾	Gashybrid varmepumpe (ny installation) ⁽⁵⁾	
Energiprodukt (brændsel)	-	Ei	Ei	Ei	Ei	
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugsvand)	[MW _h /år]	14,3	14,3	14,3	14,3	
Anlægsudgifter m.m.						
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	130.000	210.000	220.000	90.000	
Varmeafgiver system	[Kr.]	-	-	-	-	
Energibesparende foranstalt- ninger	[Kr.]	-	-	-	-	
Anlægspris i alt (C_e)	[Kr.]	130.000	210.000	220.000	90.000	
Levetid og energipriser						
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20	20	
Energipris ^(1,6)	[Kr./kWh]	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65 (el), 0,62 (gas)
Elpris (hjelpeenergi)	[Kr./kWh]	-	-	-	-	-
Driftsudgifter						
Energiforbrug	[MW _h /år]	4,1	5,0	4,1	3,1	3,1 (el), 4,3 (gas)
Hjelpeenergi (el) ⁽²⁾	[kWh/år]	-	-	-	-	-
Faste afgifter	[Kr./år]	-	-	-	-	-
Energikostningen i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	135.300	165.000	135.300	155.620	
Service og vedligehold						
Service og vedligeholdelses- omkostninger i anlæggets levetid (C _m)	[Kr.]	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
LCC – Life Cycle Cost						
LCC = C_e + C_m	[Kr.]	300.300	410.000	390.300	280.620	

Tabel 3.4. LCC-beregninger for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. Alternativ 10-13.

Noter til tabel 3.1 til 3.4:

- 1) Hvis den primære opvarmningsform i en bolig er elvarme, og det årlige forbrug er større end 4.000 kWh, kan man få en nedsættelse af elafgiften på den del af forbruget, der overstiger de 4.000 kWh. Elvarme defineres som alle former for elvarme - også varme fra varmepumper.
- 2) Hjelpeenergi til opvarmning medregnes, idet der for olie- og gasfyr medtages et elforbrug til drift af kedel (brænder) og pumpe m.m. For fjernvarmeanlæg kan der ved indirekte tilslutning medtages et elforbrug til drift af pumpe på sekundærsiden af varmeveksleren.
- 3) Prisen er inkl. stik- og tilslutningsomkostninger, som skønnes at udgøre 30.000 kr.
- 4) Priserne er hentet i V&S Prisdata. Renovering og drift brutto 2018. For væske/vand varmepumper er priserne i V&S Prisdata ekskl. udgravning og tilfyldning. Prisen for dette andrager skønsmæssigt 17.000 kr. inkl. moms og er tillagt priserne fra V&S Prisdata.
- 5) Beregningen er foretaget på baggrund af, at varmepumpen dækker 70 % af bygningens varmebehov og gaskedlen de resterende 30 % plus opvarmning af brugsvand.
- 6) De anvendte energipriser er middelpriiser for gas, olie, fjernvarme og el. Priserne er forbrugerpriser inkl. afgifter og moms.

Ud fra tabel 3.1 til 3.4 viser det sig, at den økonomisk mest fordelagtige løsning er et kondenserende gasfyr. Har man truffet et valg om at installere en varmepumpe, er en luft/vand varmepumpe, som er kapacitetsreguleret (alternativ 8), den økonomisk mest fordelagtige løsning.

4 Varmepumpetyper

Kapitlet gennemgår syv forskellige typer af varmepumpeanlæg. Det beskrives, hvor de med fordel kan benyttes samt økonomien heri. Økonomien for varmepumper i kombination med solenergi gennemgås også.

Varmepumpen udmærker sig ved at have et langt mindre energiforbrug end andre varmeanlæg, da den kan overføre energien fra udeluften, jorden eller andre varmekilder til opvarmning af en bygning eller brugsvand.

Ved hjælp af et cirkulerende kølemiddel i en varmepumpe flyttes energi fra et lavt temperaturniveau til et højere temperaturniveau, hvor energien kan udnyttes.



Grundlæggende kan varmepumper opdeles i termisk drevne varmepumper, herunder absorptionsvarmepumper, samt mekanisk drevne varmepumper. De varmepumpe typer, der er beskrevet i denne bog, er alle bestykket med en kompressor drevet af en elmotor.

Varmepumperne underopdeles i følgende typer:

1. Væske/vand varmepumper, herunder jordvarmeanlæg med vandrette jordslanger.
2. Væske/vand varmepumper, herunder jordvarmeanlæg med lodrette borer.
3. Luft/vand varmepumper, herunder udeluft varmepumper.
4. Luft/luft varmepumper, også kaldet split units.
5. Brugsvandsvarmepumper, som benyttes til opvarmning af brugsvand.
6. Boligventilationsvarmepumper, som udnytter varmen fra ventilationsluften.
7. Gashybridvarmepumper – varmepumpe kombineret med kondenserende gaskedel.



Ved projektering af varmepumpeanlægget er det nødvendigt at vurdere hele det varmetekniske system, som varmepumpen bliver en del af. I tabel 4.1 gives et overblik over de varmepumpe typer, der kan anvendes til specifikke opvarmningsformål.

Opvarmningsformål		Rumopvarmning	Varmt brugsvand	Kombineret rumopvarmning og varmt brugsvand	Ventilation for tilførsel af frisk luft samt udsugning
Varmepumpe type					
Væske/vand * (Jordvarme)	•	•	•		
Luft/vand	•	•			
Luft/luft	•				
Brugsvandsvarmepumpe (luft/vand)			•		•
Boligventilationsvarmepumpe (luft/luft)			•		•
Gashybridvarmepumpe		•	•		

Tabel 4.1. Skema til valg af varmepumpe i afhængighed af opvarmningsformålet.
*Både med vandrette jordslanger og lodrette borer.

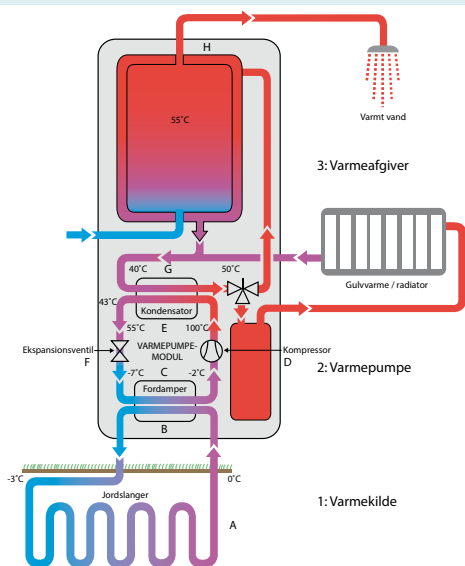
I tabel 4.2 ses hvilke varmepumpetyper, som kan installeres set i forhold til boligtype og opvarmningsform. Eksempelvis kan en luft/vand eller væske/vand varmepumpe anvendes, hvis der i boligen findes et vandbærent varmeafgiversystem (radiator- eller gulvarme). Er boligen elopvarmet, vil en luft/luft varmepumpe være velegnet.

Boligtype	Eksisterende bolig		Nytbyggeri	Sommerhuse
	Olje/gas	El Træz/piller		
Opvarmningsform	Olje/gas	El Træz/piller		Elovarmning elpaneler + elvandvarmer
Varmepumpetype				
Væske/vand* (Jordvarme)	•	•	•	
Luft/vand	•	•	•	
Luft/luft		•		•
Brugsvandsvarme- pumpe (luft/vand)	•	•	•	•
Boligventilationsvar- mepumpe (luft/luft)		•	•	
Gashybrid- varmepumpe	•	•	•	•

Tabel 4.2. Skema til valg af varmepumpe i afhængighed af boligtype og eksisterende opvarmningsform.

*Både med vandrette jordslanger og lodrette borrhuller.

Eksempel 1 – Væske/vand varmepumpens funktion



Figur 4.1. Væske/vand varmepumpe med vandrette jordslanger.

1. Varmekilde: Varmekilden er der, hvor varmepumpen henter energien fra. Det kan være jorden (som vist), udeluften, søvand eller spildvarme.
- A. Varmeoptager: Varmeoptageren er den enhed, der optager varmen fra varmekilden. På figuren er det en jordslange, hvori der cirkulerer en frostsikret væske, som opvarmes af jorden. Jordtemperaturen er højere end jordslangevæskens temperatur, og derfor opvarmes væsken på den viste figur fra $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B. Jordslangevæskens: Jordslangevæsken afkøles i fordampere fra $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ og sendes tilbage til jordslangen. Ved afkølingen af væsken afgiver jordslangevæsken energi i fordampere til kølekredsen.

2. Varmepumpen: Varmepumpen er et køle-kredsløb, som optager energien ved en lav temperatur (her fra jordslangevæsken) og afgiver energien ved en høj temperatur (husets varmeanlæg).
- C. Fordamper: Den modtagne varme (på figuren fra jordslangen) afgives til kølemidlet i fordampningen. Herved sker der en fordampning af kølemidlet (skifter fase fra væske til gas). Kølemidlet inde i fordampningen fordampes ved en lavere temperatur end jordslangevæskens temperatur eksempelvis ved $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- D. Kompressoren: Kølemidlet i gasform opvarmes i fordampningen ved et lavt tryk og til en temperatur på $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ og komprimeres i en kompressor op til et højt tryk og temperatur (i dette tilfælde til $100\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- E. Kondensatoren: Den opvarmede kølemiddelgas løber fra kompressoren ind i kondensatoren, hvor den først afkøles til mætningspunktet og herefter kondenserer ved ca. $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kølemidlet skifter fase fra gas til væske. Væsken underkøles yderligere i kondensatoren til ca. $43\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- F. Ekspansionsventil: Fra kondensatoren løber kølemidlet gennem en ekspansionsventil, hvorved trykket reduceres og kølemidlets temperatur falder til fordampningstemperaturen $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Varmeafgiversiden: På varmeafgiversiden anvendes varmen fra varmepumpen enten til opvarmning af brugsvand eller til rumopvarmning, på figuren ses et vandbærent system som radiator eller gulvarme.
- G. Kondensatoren: Vandet på varmeafgiversiden optager varmen fra kølemidlet i kondensatoren, i dette tilfælde opvarmes vandet fra $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.1 Varmepumpens effektivitet – COP, SCOP og SEER

Prøvning af varmepumpeanlæg sker i henhold til Europæiske Standarder. Ved bestemte driftstilstande (temperaturniveau på kold og varm side) måles varmepumpens kapacitet (ydelse) og den tilførte effekt inkl. hjælpeeffekt (pumper, ventilatorer m.v.). Effektfaktor samt årseffektfaktor, beregnes herefter på baggrund af disse målinger.

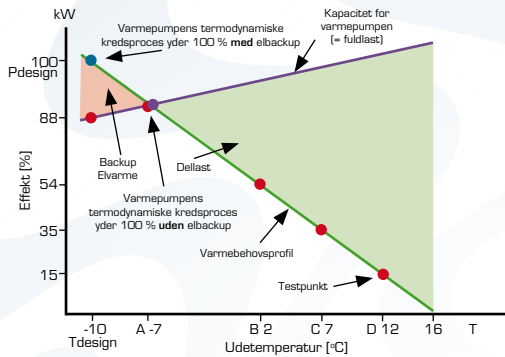
Effektfaktoren COP (Coefficient Of Performance) er defineret som forholdet mellem varmepumpens afgivne effekt (kW) og den tilførte effekt (kW) til varmepumpen ved givne driftstilstande. COP angiver varmepumpens effektivitet under de mest optimale forhold.

En metode til værdisætning af energieffektiviteten SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) fører til en mere korrekt beregning af varmepumpers reelle virkningsgrad i Be18.

SCOP er et udtryk for effektiviteten af den givne varmepumpe beregnet ud fra et aktivt årligt driftsmønster. SCOP beregnes på baggrund af flere testpunkter med varierende dellast og fremløbstemperaturer, der afspejler en årsprofil for udetemperaturer. Her indgår en tilhørende varmebehovskurve og et resulterende elforbrug under drift. I beregningen medtages også elforbrug til hjælpeenergi som f.eks. el til cirkulationspumper.

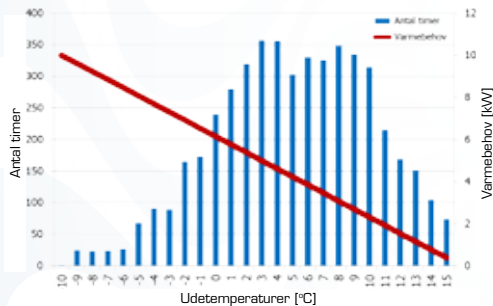
SCOP bruges til at definere europæiske minimumskrav i forbindelse med implementering af ecodesign direktivet. SCOP har siden 1. januar 2013 været obligatorisk at anvende ved energimærkning af luft/luft varmepumper og væske/vand varmepumper.

Figur 4.2 illustrerer SCOP-teorien. Den lille graf viser varmepumpens kapacitet ved fuldlast. Varmepumpens kapacitet øges med stigende udetemperatur. Den grønne graf viser bygningens varmebehov, der øges ved faldende udetemperatur. Hvor de to grafer krydser hinanden, findes varmepumpens bivalente punkt.



Figur 4.2. Illustration af SCOP-teorien og af sammenhængen mellem dellast og fuldlast. Figuren viser udetemperatur og testpunkter på x-aksen og procentuel dellast af maks.-effekt på y-aksen.

OS/EN 14825 benytter 5 temperatur-testpunkter for varmepumper, hvoraf SCOP beregnes. De testpunkter, der anvendes i standarden, kaldes "Average klimaforhold", og de svarer til klimadata i det danske referenceår DRY. Se figur 4.3.



Figur 4.3. Eksempel på varmebehov og timeantal (DRY referencår) i afhængighed af udetemperatur. Graferne anvendes som input til en SCOP beregning og til beregning af det årlige elforbrug.

Under SCOP-test bestemmes varmepumpens ydelse og COP for forskellige driftsforhold, herunder variable fremløbs- og udetemperaturer.

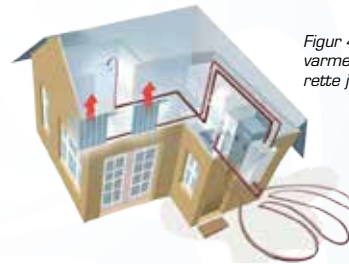
Driftssituationer givet af Be18 kan overføres til modellen og SCOP beregnes.

Denne viden sammenholdt med information om varmebehovet ved forskellige udetemperaturer gør det muligt at finde de rette driftsforhold samt resulterende elforbrug. Det er muligt at få beregnet elforbruget til såvel rumopvarmning som varmt brugsvand men også det samlede forbrug.

Køleudnyttelsesgraden udtrykkes i en sæson-energivirkningsgrad SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio). SEER beregnes ud fra den leverede varmemængde fra varmepumpen og med den mængde el som er anvendt til at producere den. SEER-værdien beregnes ud fra målinger foretaget i et laboratorium, hvor en fyringssæson med fastdefineret sæsonmæssige temperaturudsving simuleres.

4.2 Væske/vand varmepumper – vandrette jordslanger

Jordvarmeanlæg med vandrette jordslanger anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyr i parcelhuse eller i ejendomme uden for den kollektive energiforsyning, og hvor der samtidig er areal til etablering af jordslanger.



Figur 4.4. Væske/vand varmepumpe med vandrette jordslanger.

Jordvarme er en varmepumpeløsning, der giver en høj effektivitet. Det er også en opvarmingsløsning, som kan integreres i et eksisterende vandbærent varmeanlæg uden synlige gener.

De fleste jordvarmeanlæg, der installeres, er serieproducerede anlæg. Varmepumpen er typisk indbygget i et kabinet sammen med varmtvandsbeholderen, eller også leveres varmepumpe og beholder i to separate enheder. Dette sikrer, at de er lette at opstille i parcelhuse. Ved etablering af større anlæg opstilles flere varmepumper parallelt koblede, så den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmningsbehov. Jordslangerne udlægges i parallelle løb og med den rette længde i forhold til det energioptag, der er nødvendigt for opvarmningen af bygningen.

Det er meget vigtigt, at varmepumpe- og jordslangesystemet dimensioneres og installeres korrekt. En korrekt dimensionering og installation har stor indflydelse på varmepumpens effektivitet. Installationsmæssigt er jordvarme mere kompliceret end andre varmepumpetyper grundet det yderligere arbejde med nedlægning af jordslangerne.

Fordele og ulemper

Væske/vand varmepumpen dækker 95-100 % af husets varmebehov. Den har en høj SCOP fra 3,3 og opefter for varmepumper større end 6 kW. Der er ingen støj fra ventilatorer.

Jordvarmeanlæg med vandrette jordslanger bør kun vælges, hvis man har et tilstrækkeligt brugbart haveareal, og hvor det er muligt at komme ind med materiel til nedlægning af jordslangen. Det nødvendige tilgængelige haveareal varierer i forhold til bygningens energibehov og afhænger også af jordbundstypen. For nye huse, med et areal op til 200 m², skal man skønsomt bruge et grundareal på 300-350 m² til jordslangen.

Længden på jordslangen skal dimensioneres til effekten på varmepumpen og til husets varmebehov. Dette betyder, at man skal anvende 25-35 meter slange pr. kW dimensionerende varmetab. VarmepumpeOrdningen anbefaler 50 meter slange pr. kW. For en standardisoleret ældre bolig betyder dette, at der normalt skal anvendes 150-200 meter jordslange for hver 100 m² boligareal, der skal opvarmes. For nyere eller

efterisolerede boliger er dette tal noget lavere. Tallene er gældende efter nedlægning i normal muldjord. Slangelængden bør være noget længere ved sandet jordbund, se også afsnit 6.1. Er der behov for mere end 200 meter jordslange, anbefales to eller flere sektioner jordslange lagt i parallel, så tryktabet gennem disse er lige stort (samme væskeflow).

Lodrette borer er også benyttet, men anlægsomkostningerne er typisk en del højere end for vandrette slanger. Se afsnit 4.3.

Jordvarme er en varmepumpeløsning, der giver en høj effektivitet, fordi varmekilden har en højere temperatur om vinteren end udeluften. Det er også en opvarmningsløsning, som kan integreres i et eksisterende vandbærent varmeanlæg uden synlige gener.

Løsningen har ingen indflydelse på indeklimaet. Varmepumpen er brugervenlig, da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol.

Anlægspriser

Prisen for et standardanlæg på 5-15 kW med jordslange inkl. moms er fra 110.000 kr. og opefter. Prisen varierer afhængig af, om det er en standardinstallation eller, om der er ekstra udgifter f.eks. ved rørføring, ændring af måler-tavle og nedtagning af eksisterende varmeanlæg.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Ved et oliefyr med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr./liter vil prisen for opvarmning være 1,25 kr./kWh.

Ved opvarmning med varmepumpe med en SCOP på 3,5 og en elpris på 2,30 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,65 kr./kWh.

Hvis varmepumpen kan dække mindst 50 % af varmebehovet kan el registreres som den primære opvarmningskilde i BBR. Det giver ret til en

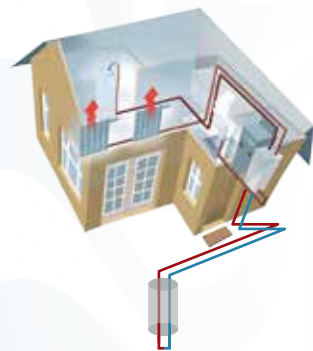
reduceret elafgift på 65 øre/kWh på elforbruget, der ligger over 4.000 kWh/år.

Elforbrug og -udgift

En væske/vand varmepumpe for både bygnings- og brugsvandsopvarmning i et hus på 140 m² fra 1975 (naturgas- og olieopvarmet standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog) vil have et årligt elforbrug på 8.100 kWh. Den årlige udgift vil være 16.000 kr.

4.3 Væske/vand varmepumper – lodrette borer

Varmepumper med lodrette borer anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyrt i parcelhuse eller i ejendomme uden for den kollektive energiforsyning, og hvor der ikke er et tilstrækkeligt areal til etablering af vandrette jordslanger.



Figur 4.5. Væske/vand varmepumpe med lodret boring. Rød slange angiver varm væske frem til boligen. Blå slange angiver afkølet væske retur til boringen.

De fleste jordvarmeanlæg, der installeres, er serieproducerede anlæg. Varmepumpen er typisk indbygget i et kabinet sammen med varmtvandsbeholderen, eller også leveres varmepumpe og beholder i to separate enheder. Dette sikrer, at de er lette at opstille i parcelhuse. Ved etablering af større anlæg opstilles flere varmepumper parallelt koblede, så den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmningsbehov. Jordslangerne

føres typisk ned i en eller to jordvarmeboringer. Antallet og dybden af borerne er et skøn, der udføres på baggrund af den undergrund, der forventes i området og det energioptag, der er nødvendigt for opvarmning af bygningen. GEUS har data om et områdes jordbundsforhold.

Det er meget vigtigt, at varmepumpe- og jordslangesystemet dimensioneres korrekt. En korrekt dimensionering og installation har stor indflydelse på varmepumpens effektivitet. Installationsmæssigt er jordvarme mere kompliceret end andre varmepumpe typer grundet det yderligere arbejde med etablering af en eller to jordvarmeboringer.

Fordele og ulemper

Væske/vand varmepumpen dækker 95-100 % af husets varmebehov. Den har en høj SCOP fra 3,3 og opefter for varmepumper større end 6 kW. Der er ingen støj fra ventilatorer.

Til nye huse med lave opvarmningsbehov, vil man typisk etablere en boring mellem 90 til 120 meter. Til ældre huse med større opvarmningsbehov vil man enten etablere et enkelt dybt hul eller to huller på ca. 90 meter.

Energioptaget for den lodrette jordvarmeslange svinger typisk mellem 20 W/m for tørt sand og op til 65 W/m i fugtig jord.

Jordvarme er en varmepumpeløsning, der giver en høj effektivitet, fordi varmekilden har en højere temperatur om vinteren end udeluften. Det er også en opvarmningsløsning, som kan integreres i et eksisterende vandbårent varmeanlæg uden synlige gener.

Løsningen har ingen indflydelse på indeklimaet. Varmepumpen er brugervenlig, da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol.

Anlægspriser

Anlægsomkostningerne er betydeligt højere end for vandrette slanger. Prisen for en boring på

90 til 120 meter ligger på ca. 100.000 kr. inkl. moms.

Prisen for en varmepumpe på 5-15 kW med lodrette borer er mellem 160.000 og 220.000 kr. inkl. moms afhængig af antallet af borer.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Ved et oliefyrr med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr./liter vil prisen for opvarmning være 1,25 kr./kWh. Ved opvarmning med varmepumpe med en SCOP på 3,5 og en elpris på 2,30 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,65 kr./kWh.

Hvis varmepumpen kan dække mindst 50 % af varmebehovet kan el registreres som den primære opvarmingskilde i BBR. Det giver ret til en reduceret elafgift på 65 øre/kWh på elforbruget, der ligger over 4.000 kWh/år.

Elforbrug og -udgift

En væske/vand varmepumpe for både bygnings- og brugsvandsopvarmning i et hus på 140 m² fra 1975 (naturgas- og olieopvarmet standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog) vil have et årligt elforbrug på 8.100 kWh. Den årlige udgift vil være 16.000 kr.

4.4 Luft/vand varmepumper

Luft/vand varmepumper anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyrr i parcelhuse eller i ejendomme uden for den kollektive energiforsyning. Denne varmepumpe er et godt alternativ til jordvarme ved manglende areal til jordslanger.

Investeringen er større end den er for et nyt kondenserende gasfyrr, men kan modsat medvirke til at overholde energirammen, som gasfyret måske ikke kan uden supplerende forbeholdninger.



Figur 4.6. Luft/vand varmepumpe.

Udedel – fordamper

Luft/vand varmepumper er serieproducerede anlæg, som består af en udedel, der placeres uden for huset, samt en varmtvandsbeholder med styring og prioritering af brugsvand og centralvarme. Etableringen af varmepumpen er relativt simpel, da der skal trækkes to varmerør fra udedelen til beholderen, som oftest er placeret inde i boligen. Dette gør, at den er let at opstille ved parcelhuse og ejendomme, da der ikke stilles krav om plads til jordslanger. Ved etablering af større anlæg opstilles en eller flere varmepumper parallelt så den rette effekt opnås i forhold til bygningsens opvarmingsbehov.

Selve varmepumpeenheten har en levetid på 20 år, men levetiden er meget afhængig af varmepumpens drift og vejrforhold, og om der er meget salt i luften, som f.eks. i et miljø tæt ved havet.

Varmepumpen er opbygget så den skiftevis producerer brugsvand eller centralvarme. Herved sikres det, at varmepumpen hele tiden kører med den lavest mulige fremløbstemperatur, og dermed høj effektivitet. Under etableringen af varmepumpeanlægget er det vigtigt, at varmeafgiversystemet dimensioneres i forhold til husets varmebehov. Dette skyldes, at fremløbstemperaturen er lavere fra varmepumpen end for olie- og gasfyrede anlæg, hvilket bevirker, at den afgivne effekt fra radiatorerne kan være noget mindre ved brug af varmepumpe.

Varmepumpens størrelse skal tilpasses husets størrelse og være reguleringsvenlig, da disse faktorer har indflydelse på varmepumpens effektivitet.

Fordele og ulemper

Anlægsprisen er lavere, og etableringen er lettere end for jordvarmeanlæg.

Luft/vand varmepumper kan være svære at få lov at opstille i tætte bebyggelser, da BR18 stiller skrappe krav til varmepumpens støjniveau. Anlæggene har typisk en SCOP, der er lavere end væske/vand varmepumper.

Anlægspriser

Standardanlæg på 5-10 kW koster inkl. moms fra 80.000 kr. og op.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Ved et oliefyrt med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr./liter vil prisen for opvarmning være 1,25 kr./kWh.

Ved opvarmning med varmepumpe med en SCOP på 3,0 og en elpris på 2,30 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,77 kr./kWh.

Hvis varmepumpen kan dække mindst 50 % af varmebehovet, kan el registreres som den primære opvarmingskilde i BBR. Det giver ret til en reduceret elafgift på 65 øre/kWh på elforbruget, der ligger over 4.000 kWh/år.

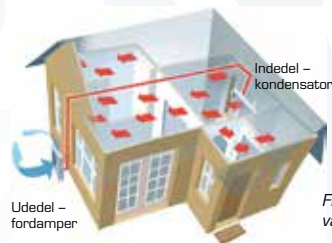
Elforbrug og -udgift

En varmepumpe for både bygnings- og brugsvandsopvarmning i et hus på 140 m² fra 1975 (naturgas- og olieopvarmet standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog) vil have et årligt elforbrug på 7.950 kWh. Den årlige udgift hertil vil være 15.700 kr.

4.5 Luft/luft varmepumper

Luft/luft varmepumper vælges typisk i forbindelse med bygninger, hvor der ikke i forvejen er et vandbærent varmeafgiversystem, f.eks. sommerhuse. Luft/luft varmepumper vælges typisk i forbindelse med udskiftning eller supplement af elvarme i parcelhuse eller i ejendomme uden for den kollektive

energiforsyning. Denne type varmepumpe kan også benyttes, hvis der i forbindelse med renovering skal installeres ventilation med kanalsystem.



Figur 4.7. Luft/luft varmepumpe.

Luft/luft varmepumpen kræver ikke en større investering, idet anlæggene fås fra 7.000 kr. (de lidt mindre avancerede anlæg) og op, plus montage. Investeringen tjener sig typisk ind i løbet af 1-3 år, hvis man i forvejen har elvarme. Dimensioneres varmepumpen korrekt i forhold til husets varmebehov, og vælges der en varmepumpe af en god kvalitet, er det en energieffektiv opvarmingsform.

De luft/luft varmepumper, der opsættes, består typisk af en udedel og en indedel, men der findes også udedele, som kan tilsluttes flere indedele således, at opvarmningen kan dækkes i flere rum (kaldet "multisplitanlæg"). Typisk er der tale om airconditionanlæg, som udover at køle kan vende kredsløbet, så de også kan varme. Indedelen kan fås i mange forskellige udformninger, gulvmonteret, vægmonteret, loftsmonteret eller kanalmonteret, så der er god mulighed for at vælge en indedel, der passer til behovet i bygningen.

Selve varmepumpeenheten har almindeligvis en levetid på 20 år, men levetiden er meget afhængig af varmepumpens drift. Luft/luft varmepumperne er lette at montere, og rørene fylder ikke mere, end at de kan skjules i en kabelbakke. De luft/luft varmepumper, der anvendes i dag, er optimerede med hensyn til styring og regulering. Reguleringen sker i forhold til ønsket rumtemperatur.

Fordele og ulemper

Anlægsprisen er lav, og installationen er relativ enkel.

Den største barriere for opsætning af en luft/luft varmepumpe er støj fra både indedelen og udedelen. Varmepumpen skal overholde støjkrafterne i BR18. Desuden kan træk i forbindelse med indblæsningen fra indedelen være et problem.

Anlægspriser

Standardanlæg af en god kvalitet på 4-6 kW inkl. montage og moms koster 15-20.000 kr.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Ved elopvarmning vil prisen være 2,30 kr./kWh.

Ved opvarmning med varmepumpe med en SCOP på 4,0 og en elpris på 2,30 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,58 kr./kWh.

Hvis el dækker mindst 50 % af varmebehovet, registreres det som den primære opvarmningskilde i BBR. Det giver ret til en reduceret elafgift på 65 øre/kWh på elforbruget, der ligger over 4.000 kWh/år.

Et gennemsnitligt sommerhus har et årligt elforbrug på 3.000 kWh, så det vil sjældent være i sommerhuse med lille elforbrug, hvor man vælger at installere en luft/luft varmepumpe.

Elforbrug og -udgift

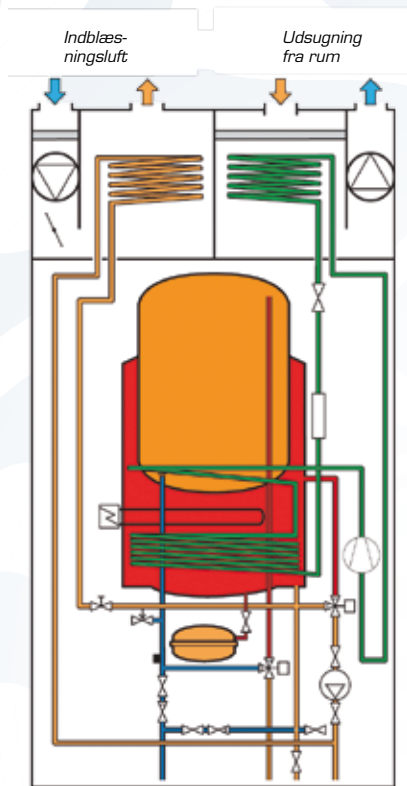
Elforbruget til en varmepumpe, der dækker 60 % af bygningsopvarmning i et hus på 130 m² (elopvarmet standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog) vil have et årligt elforbrug på 2.500 kWh. Den årlige udgift vil være 5.750 kr.

4.6 Brugsvandsvarmepumper

Brugsvandsvarmepumper benyttes til opvarmning af varmt brugsvand. Varmepumpen henter energien fra udsugningsluften fra rummene, og den varme, den producerer, bruges til opvarmning af brugsvand. Brugsvandsvarmepumpen anvendes typisk i sommerhuse og i forbindelse med nybyggede enfamiliehuse.

Brugsvandsvarmepumpen kan udnytte en stor del af husets ventilationsvarmetab, og den bidrager derfor positivt i nedbringelsen af husets samlede varmebehov. Brugsvandsvarmepumpen kan dække husets samlede brugsvandsvarmebehov.

En brugsvandsvarmepumpe er typisk opbygget i et kabinet, der indeholder en ventilations- og varmepumpeenhet samt en brugsvandsbeholder. I nogle varmepumper er der desuden indbygget en kryds- eller modstrømsvarmeveksler til genanvendelse af varmen fra ventilationsluften. Nogle af brugsvandsvarmepumperne har mulighed for tilslutning af en mindre gulvarme- eller radiator-kreds. Varmepumpen opsættes indendørs og tilsluttes husets ventilationskanalanlæg.



Figur 4.8. Brugsvandvarmepumpe

Installationen kræver, at der etableres et kanalsystem, og tilslutningen til brugsvand skal foretages af en autoriseret VVS-installatør.

Fordele og ulemper

Varmepumpen kan dække husets brugsvandsbehov og ventilationsbehov samt mindre varmetab fra udluftning.

Den største barriere for opsætning af en brugsvandvarmepumpe er, at der skal være et ventila-

tionsbehov, og at det skal være muligt at etablere ventilationskanaler.

Anlægspriser

Standardanlæg af en god kvalitet koster fra 20.000 kr. og op ekskl. montage.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Ved elopvarmning af brugsvand vil prisen være 1,65 kr./kWh, hvis huset i forvejen er elopvarmet, ellers 2,30 kr./kWh.

Ved brugsvandsopvarmning med varmepumpe med en SCOP på 2,9 og en elpris på 1,65 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,57 kr./kWh. Alternativt, hvis elprisen er 2,30 kr./kWh, vil prisen for opvarmning være 0,79 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

Det årlige netto varmebehov til opvarmning af varmt brugsvand vil være på 2.200 kWh i en normal husstand. Det årlige elforbrug hertil, vil være 760 kWh og udgiften 1.750 kr.

Det gennemsnitlige energiforbrug til varmt brugsvand er 800 kWh pr. person pr. år. I praksis vil der forekomme meget stor spredning på dette forbrug, afhængig af beboersammensætningen og varmeanlæggets effektivitet. De 800 kWh svarer til energiindholdet til opvarmning af vand fra 10 °C til 55 °C, ved et forbrug på 15 m³ varmt vand.



Eksempel 2 – Energieffektiv og miljøvenlig brugsvandsvarmepumpe – ELFORSK projekt 344-005

Projektets formål var at udvikle en ny type brugsvandsvarmepumpe, der skulle være 30 % mere energieffektiv (højere COP-værdi) end de bedste alternativer på markedet. Med et sådan resultat skulle brugsvandsvarmepumpen kunne leve op til effektivitetskravene i den bedste energiklasse, herunder matche de skrappeste krav i implementeringen af EU's ecodesignkrav i 2017.

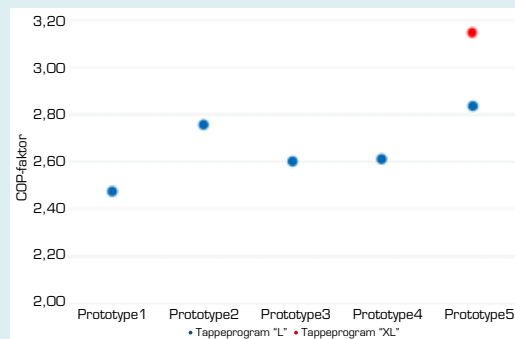
Et baselineprodukt fra Vesttherm blev afprøvet efter den ny teststandard EN 16147. Se figur 4.9. Baseline produktet havde en vandtank på 270 liter isoleret med 70 mm PU-skum.



Figur 4.9. Baselineprodukt for en brugsvandsvarmepumpe.

Der blev foretaget test efter tappeprogrammet "L" og "XL" jf. ecodesign forordning nr. 812/2013. Resultatet viste en COP på 2,24, hvilket svarer til et energieffektivitetsindeks på 90 % og en energiklasse A.

Målet var at skabe et produkt med et energieffektivitetsindeks på 115 % med en energiklasse A+. Som det fremgår af figur 4.10 måtte man igennem test af 5 forskellige prototyper før målsætningen blev opfyldt. Resultatet, der blev opnået på den 5. prototype, var en COP-værdi på 2,84 ved tappeprogram "L" og 3,15 ved tappeprogram "XL".



Figur 4.10. COP-faktorer for de fem prototyper (tappeprogram "L" og "XL").

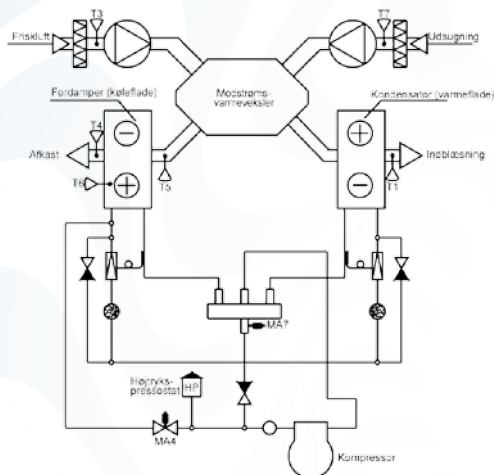
Forbedringerne undervejs bestod i bedre kompressor, forbedret luftsystem, ændret geometri og ekspansionsventil med større dyse.

4.7 Boligventilationsvarmepumper

Boligventilationsvarmepumper er tilkøbt bygningens ventilationsystem. Boligventilationsvarmepumper benyttes i stor udstrækning som del af et ventilationsanlæg på nye bygninger. Her er kravet til luftskiftet svært at overholde uden mekanisk ventilation, da bygningerne som regel er meget tætte. Boligventilationsvarmepumper benyttes også i forbindelse med klimatisering af større byggerier og er en del af det, man benævner som et HVAC-anlæg (Heating, Ventilation, Air Conditioning). Denne type anlæg sælges i mange størrelser og udformninger, lige fra små anlæg til brug i parcelhuse og op til store anlæg til brug i bl.a. kontorbyggerier og storcentre.

Ifølge BR18 skal udelufttilførslen være 1,08 m³/h pr. m² etageareal (0,30 l/s pr. m² etageareal), hvilket svarer til et luftskifte på 0,5 gang pr. time ved en rumhøjde på 2,5 m.

Boligventilationsvarmepumpen kan udnytte en stor del af husets ventilationsvarmetab, og den bidrager derfor positivt i nedbringelsen af husets samlede varmebehov og sørger for godt indeklima. Det anbefales, at boligventilationsvarmepumpen har en SCOP på minimum 3,8.



Figur 4.11. Boligventilationsvarmepumpe (se også figur 5.6).

Boligventilationsvarmepumpen er opbygget som en ventilationsenhed, som sørger for bygningens ventilation. I enheden er der indbygget en ventilator, der tilfører frisk luft til bygningen samt en ventilator, der udsuger luft fra bygningen. I ventilationsenheden sidder dels en fordampere, som optager en del af varmen fra luften, der suges ud af bygningen, dels en kondensator, der tilfører varme til indblæsningsluften. På denne måde udnyttes varmen fra ventilationsluften. I ventilationsenheden kan der også være indbygget en

kryds- eller modstrømsvarmeveksler, som kan genvinde varmen. En styring i enheden sørger for korrekt flow og temperatur af indblæsningsluften.

Fordele og ulemper

Boligventilationsvarmepumpen kan anvendes til både opvarmning og til aircondition (køling), hvor fugt i luften fjernes og varmetab fra afkastluften minimeres. Varmepumpen kan genvinde den sidste overskydende varme, der ikke genvindes i varmeveksleren.

Den største barriere for etablering af en boligventilationsvarmepumpe er, at der skal være et ventilationsbehov, og at det skal være muligt at etablere ventilationskanaler.

Anlægspriser

Standardanlæg koster fra 35.000 kr. og op, ekskl. rør og montage. Et anlæg med supplerende varmegenvindings- og reguleringsmulighed koster ca. 80.000 kr.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Prisen på opvarmning af ventilationsluften ved varmegenvinding med varmepumpe med SCOP på 3,8 og en elpris på 2,30 kr./kWh vil være 0,60 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

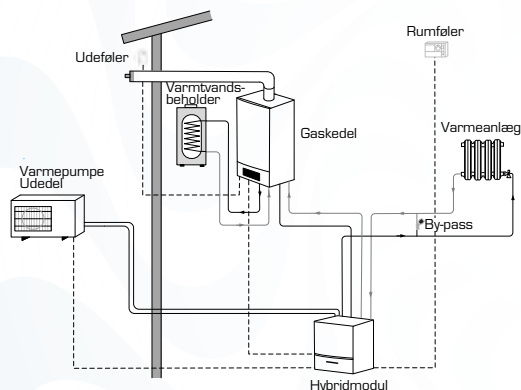
En varmepumpe for ventilation uden varmegenvinding vil have et årligt elforbrug på 2.800 kWh. Med varmegenvinding og en temperaturvirkningsgrad på 85 % vil forbruget være 800 kWh årligt.

4.8 Gashybridvarmepumper

En gashybridvarmepumpe er en kombination af en luft/vand eller væske/vand varmepumpe og en kondenserende gaskedel. Systemet kan købes som en samlet enhed. Ellers kobles de separate enheder sammen via et hybridmodul. Alternativt kan varmepumpeenheden eftermonteres (add-on) på en eksisterende gaskedel.

I dag er godt 400.000 danske boliger tilsluttet gasnettet. Her vil man kunne konvertere fra naturgas til gashybrid. Undersøgelser har vist, at det i nybyggeri som regel bedst kan svare sig at anvende rene elbaserede varmepumper. Gashybridvarmepumper egner sig derfor bedst i bygninger, der i forvejen er forsynet med gas og som ønsker at udskifte deres eksisterende gaskedel.

Det vil være omfattende og en dyr installation at anvende væske/vand varmepumper i et gashybridssystem. En kombination med en luft/vand varmepumpe vil være det oplagte valg. Det er kritisk, hvis anlægget overdimensioneres, og der ikke er sammenhæng mellem bygningens varmebehov, varmeafgiveren og gashybridanlægget. Hvis anlægget købes som separate enheder anbefales det at købe en A-mærket gaskedel og minimum en A+ -mærket varmepumpe.



Figur 4.12. Gashybridvarmepumpe.

Varmepumpen vil størstedelen af året opvarme huset og dækker 70-80 % af det årlige energiforbrug til rumopvarmning. I perioder med lave udetemperaturer er varmepumpen mindre energieffektiv end gaskedlen, som derefter tager over.

Optimalt skifte er afhængigt af virkningsgraden af henholdsvis gaskedlen og SCOP af varmepumpen. Skiftet sker flydende, typisk ved en udetemperatur i intervallet 0-5 °C. Gaskedlen opvarmer normalt det varme brugsvand. Man kan nøjes med et mindre varmepumpeanlæg ved brug af en gashybridløsning, men gaskedlen skal kunne dække hele varmebehovet ved -12 °C. Det anbefales at dimensionere varmepumpens størrelse, så den kan dække minimum 50 % af varmebehovet.

Omfanget af etableringen afhænger meget af hvilket varmeanlæg, der eksisterer forud for installationen af gashybridvarmepumpen. Det anbefales, at enkeltstående dele er fra samme producent.

Det skal sikres, at styringen af gaskedlen er kompatibel med styringen af varmepumpen, hvis anlægget ikke er en samlet enhed. Det sikrer optimal drift. Anlægget skal reguleres, så kurven for fremløbstemperaturen som funktion af udetemperaturen stilles så lavt som muligt. Ved installation af en kedel med gasblæseluftbrænder skal brænderen indreguleres iht. Bygningsreglementet. Det anbefales at placere de separate enheder så tæt på hinanden som muligt for at undgå varmetab. Der skal være plads til betjening, rensning og besigtigelse af anlægget jf. AT-vejledning B-4-8.

Fordele og ulemper

Systemet giver mulighed for på skift at vælge den mest fordelagtige af to energikilder. Varmepumpen udleder 30 % mindre CO₂ end en almindelig gaskedel. Der er mulighed for at vælge en højere fremløbstemperatur end traditionelle varmepumpeløsninger. Den kan bidrage til fleksibelt elforbrug ved at akkumulere energien. Se kapitel 11.

I forhold til traditionelle varmepumper er gashybridvarmepumper mere komplekse, da systemet består af både en gas- og varmepumpedel. Anlægsprisen kan være høj.

Anlægspriser

Komplette anlæg i enkelte dele kan købes for ca. 60.000 kr. (6 kW varmepumpe) og en samlet enhed koster typisk 65.000-90.000 kr. (6-9 kW varmepumpe).

Ved add-on løsning koster veksleren (hybridmodul) 10.000-15.000 kr. dertil skal lægges prisen på den valgte varmepumpe og varmtvandsbeholder, hvis den skal udskiftes.

Priser er eksklusiv montage og varierer i forhold til den valgte løsning.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid er 20 år.

Med en gashybridvarmepumpe, hvor varmepumpen, med en SCOP på 2,55, dækker 70 % af bygningens varmebehov og gaskedlen, med en årsnyttevirkning på 100 %, de resterende 30 % plus opvarmning af brugsvand, vil energiprisen være 0,71 kr./kWh.

Til sammenligning vil driftsudgifter til et oliefyrt med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr./liter for opvarmning være 1,25 kr./kWh.

Hvis varmepumpen kan dække mindst 50 % af varmebehovet, kan el registreres som den primære opvarmingskilde i BBR. Det giver ret til en reduceret elafgift på 65 øre/kWh på elforbruget, der ligger over 4.000 kWh/år.

Elforbrug og -udgift

Det årlige energiforbrug til en gashybridvarmepumpe for både bygnings- og brugsvandsopvarmning i et hus på 138 m² (Standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog), hvor en ny gashybridvarmepumpe dækker 70 % af bygningsvarmebehovet, vil årligt være på 12.600 kWh. Energiforbruget for gaskedlen udgør de 7.850 kWh. Det totale forbrug svarer til en udgift på 14.300 kr.

Ved en add-on løsning til en ældre gaskedel, vil energiforbruget årligt være 14.000 kWh. Energiforbruget for gaskedlen udgør de 9.234 kWh. Det totale forbrug svarer til en udgift på 15.200 kr.

4.9 Krav til eftersyn af varmepumper

Der er krav om ét årligt eftersyn af klimaanlæg, luft-/vand varmepumper, samt jordvarmeanlæg, som er reguleret af Arbejdstilsynet. Kravet gælder, såfremt anlægget har en kølemiddelfyldning, der er større end 1 kg. Eftersynet skal foretages af en person, som opfylder kvalifikationskravene til at udføre kontrolgaver på den pågældende anlægstype. Det årlige eftersyn omfatter en gennemgang af varmepumpen og dets sikkerhedsudstyr. Eftersynet foretages for at kontrollere, om anlægget stadig er i overensstemmelse med gældende regler om konstruktion og indretning. Gennemgangen sker også for at sikre, at anlægget ikke udgør personfare ved utilsigtet brug.

Køleanlæg med en kølemiddelfyldning større end 1 kg, men ikke over 2,5 kg, skal som minimum have en årlig kontrol af sikkerhedsudstyret. Det skal ske efter leverandørens anvisninger og af personer/montører, som i kraft af deres faglige uddannelse er kvalificeret til at forestå kontrollen af denne type anlæg.

Køleanlæg med en kølemiddelfyldning større end 2,5 kg skal have et årligt eftersyn af en uddannet kølemontør eller et kølefirma, som opfylder kravene til at forestå kontrollen af den pågældende anlægstype.

Ejeren af anlægget skal vedligeholde køleanlægget, så det altid er i forsvarlig stand og sørge for, at de lovlige eftersyn bliver gennemført. Hvis der konstateres utætheder på anlæggets dele, skal de straks lokaliseres, og skaden udbedres af en person, der er kvalificeret til at arbejde med den pågældende type anlæg.

Det dokumenteres, at der er udført service på anlægget i en driftsjournal, der er tilgængelig ved anlægget.

5 Behovsanalyse

Kapitlet beskriver hvilke dimensioneringsmæssige behov, der skal tilgodeses, når man overvejer at installere et varmepumpeanlæg. Ved hjælp af et flowdiagram gennemgås trin for trin, hvilke analyser, der skal foretages, før det rigtige valg af installation kan træffes. Se tabel 3.1 til 3.4, hvor LCC-beregninger og økonomien for en række alternative løsninger er vist. Se også tjeklisterne i kapitel 14.

Varmepumper er teknologisk forskellige fra andre varmeproducerende enheder, som f.eks. olie- og naturgaskedler, men opgaven er den samme. Varmepumpen skal sørge for rumopvarmning via radiator eller gulvvarmesystem og eventuelt opvarmning af varmt brugsvand. I nogle tilfælde skal varmepumpen opvarme indblæsningsluft i ventilationsanlæg.

Praktiske erfaringer har vist, at energibevidst projektering, herunder en ordentlig udført behovsanalyse, vil forhindre senere omkostningskrævende ændringer i valg af system, valg af anlæg og valg af reguleringsform m.v.

Når en bruger vil installere et varmepumpeanlæg, er det nødvendigt at kende varmebehovet efter, at øvrige energieffektiviseringer har fundet sted.

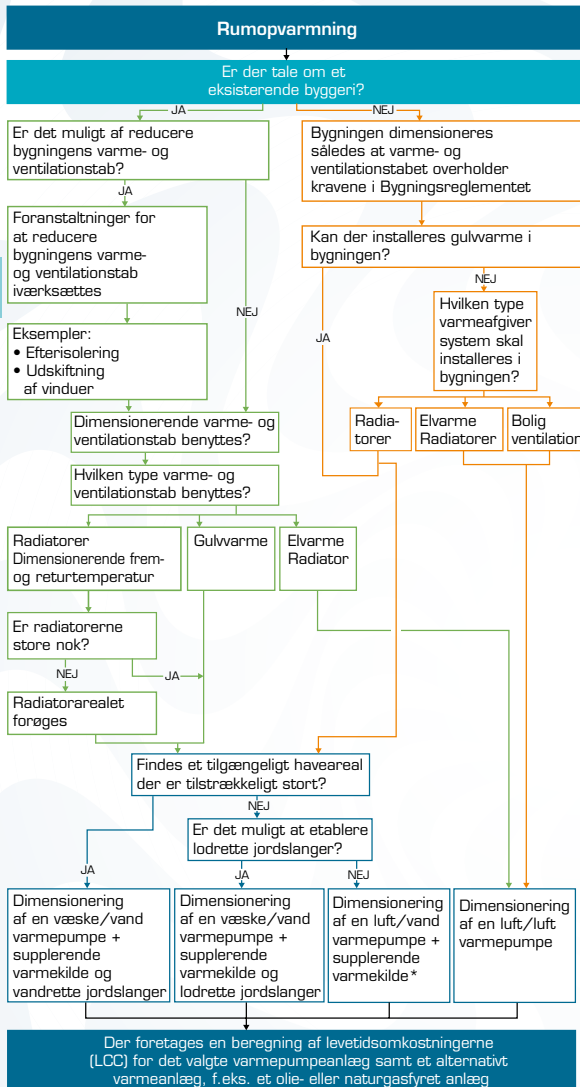
Figur 5.1 til 5.3 viser flowdiagrammer for valg af varmepumpe til henholdsvis rumopvarmning, varmt brugsvand og ventilationsluft.

I diagrammet for rumopvarmning skelnes mellem eksisterende og nyt byggeri. For hver af disse kategorier kan ønskes et gulvvarmeanlæg, alternativt et vandbårent anlæg, med "store" radiatorskiver.

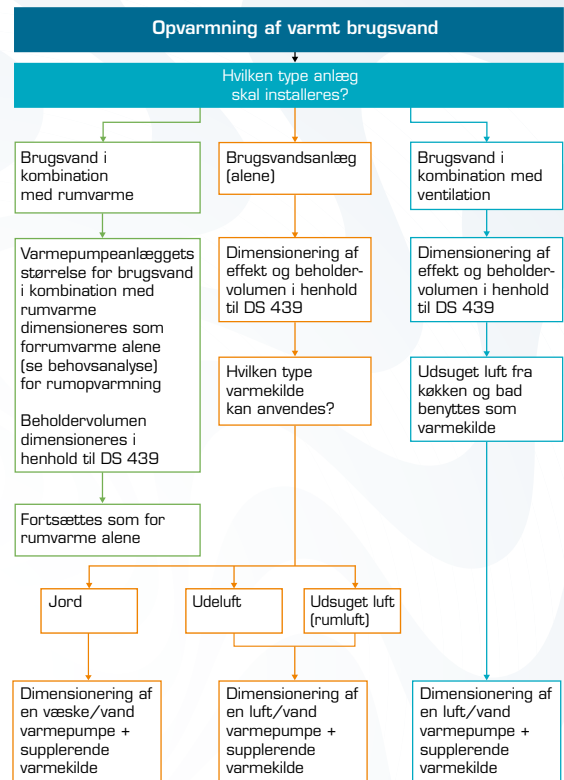
I diagrammet for brugsvandsopvarmning skelnes mellem om varmepumpen forsyner brugsvand alene eller i kombination med rumvarme alternativt ventilation.

I diagrammet for ventilation skelnes mellem om varmepumpen forsyner ventilation alene eller i kombination med brugsvand.

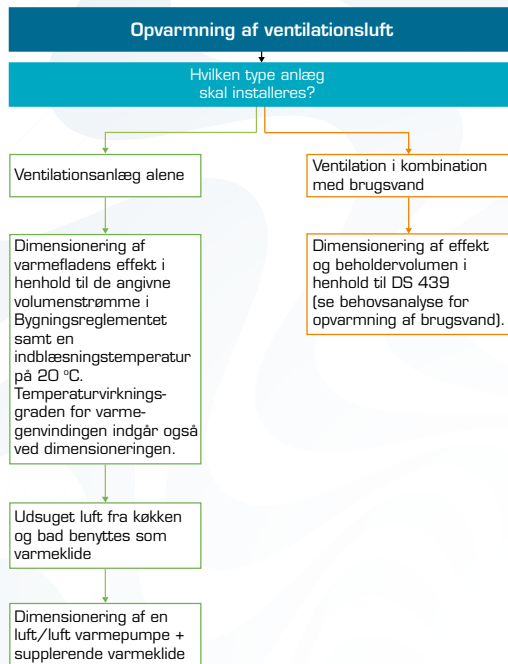




Figur 5.1. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til rumopvarmning.
*Eksempelvis en gashybridvarmepumpe (enten ny unit eller add-on).



Figur 5.2. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til varmt brugsvand.



Figur 5.3. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til opvarmning af ventilationsluft

5.1 Varmepumper til rumopvarmning

I tabel 5.1 er det årlige varmebehov angivet i kWh/m² til rumopvarmning i enfamiliehuse. De beregnede varmebehov er udarbejdet på baggrund af ca. 90.000 indrapporterede energimærker til Energimærkningsordningen for bygninger. Nøgletallene er nettovarmebehov som funktion af byggeår og bygningsstørrelse. Nettovarmebehovene er beregnet ved hjælp af beregningsprogrammet Be18. I Be18 antages alle rum opvarmet til en månedlig gennemsnitstemperatur på 20 °C i alle årets måneder.

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2018	2019-2018
<80	124	139	137	123	105	78	81	71	40	40
80-100	125	120	127	122	104	77	82	65	37	37
100-120	118	115	119	117	96	76	76	61	34	34
120-140	110	111	114	112	96	77	77	59	33	33
140-160	108	110	110	110	97	78	78	59	33	33
160-180	104	100	106	105	95	79	78	57	31	31
180-200	101	95	102	103	93	76	73	53	29	29
200-300	93	92	90	96	88	73	70	51	28	28
300-400	82	89	89	92	83	73	75	48	28	28

Tabel 5.1. Faktiske gennemsnitlige værdier for varmebehov til rumopvarmning (eksklusiv varmt brugsvand) i kWh/m² pr. år som funktion af byggeår og bygningsareal for bygninger, hvor 90.000 energimærker ligger til grund. Tallene i tabellen er angivet som netto, det vil sige uden hensyn til virkningsgraden for anlægget, der producerer varme. 2010-2018 er vurderet ud fra de løbende krav i Bygningsreglementet efter 2010.

Både ved eksisterende byggeri og nybyggeri gælder der, at varmpumper til rumopvarmning dimensioneres til at dække en vis procentdel af bygningens dimensionerende varmetab beregnet efter BR18.

Væske/vand og luft/vand varmpumper

Det er altså vigtigt at gennemføre rentable energibesparende tiltag, der kan bidrage til reduktion af det dimensionerende varmetab, før varmpumpen dimensioneres endeligt.

Valg af varmpumpeanlæg afhænger af, om det skal installeres i et eksisterende eller et nyt byggeri. For begge byggerier gælder, at væske/vand varmpumpeanlæg (jordvarmeanlæg) som regel er den mest energieffektive anlægstype.

Jordvarmeanlæg med vandrette jordslanger bør kun vælges, hvis man har et tilstrækkeligt brugbart haveareal.

Væske/vand og luft/vand varmpumper til radiator- og gulvarmesystemer (se også afsnit 4.2, 4.3 og 4.4) dimensioneres normalt til at dække 80-85 % af det dimensionerende varmetab (effekt), hvilket vil betyde, at 95-100 % af det samlede varmebehov kan dækkes af varmpumpen. Varmepumpen dimensioneres ikke til at kunne dække 100 % af varmetabet, da en stor del af driften i fyringssæsonen i så fald vil ske ved betydelig dellast. Både ved on/off regulering og ved omdrejningstalregulering er dellast uhensigtsmæssig i forhold til anlæggets effektivitet. Ydermere arbejder varmpumpen med lav effektfaktor ved lave udetemperaturer (gælder især for luft/vand varmpumper).

Behovet ved spidsbelastninger dækkes typisk på anden vis f.eks. med en elpatron. Luft/vand varmpumpen benyttes også til produktion af varmt brugsvand. Enten som ren brugsvandsvarmpumpe eller i kombination med et radiator- og/eller gulvarmesystem.

Luft/luft og boligventilationsvarmpumper

Luft/luft varmpumper, herunder boligventilationsvarmpumper (se også afsnit 4.5 og 4.7) projekteres normalt til kun at dække en mindre del af rumopvarmningsbehovet, typisk svarende til den del af varmebehovet, der er i den del af bygningen (f.eks. stuen i et sommerhus), hvor varmpumpens indedel (kondensator) er monteret (gælder ikke boligventilationsvarmpumper). Resten af varmebehovet skal dækkes ved supplement fra f.eks. el-radiatorer. En luft/luft varmpumpe kan ikke benyttes til produktion af varmt brugsvand.

Gashybridvarmpumper

En gashybridvarmpumpe er en kombination af en moderne kondenserende gaskedel med en luft/vand varmpumpe mens en add-on varmpumpe er en kombination af en eksisterende gaskedel med en luft/vand varmpumpe. Se også afsnit 4.8 og 4.4.

Når udetemperaturen er høj, er varmpumpens varmeydelse stor nok til at dække varmebehovet. Når temperaturen kommer under et bestemt niveau f.eks. 0 °C, dækker gaskedlen varmebehovet alene. Varmepumpen og gaskedlen kan bruges på samme tid i overgangsperioderne.

Varmt vand produceres normalt kun ved hjælp af gaskedlen for at undgå høje driftstemperaturer og en nedsat COP for varmpumpen.

Varmepumpen dimensioneres til at dække 50-60 % af husets dimensionerende effektbehov for varme. Herved kan varmpumpen dække 70-80 % af det årlige energiforbrug til rumopvarmning. Den resterende del af rumvarmeforbruget samt energiforbruget til varmt brugsvand skal dækkes af gaskedlen. Det indebærer bl.a., at gaskedlen skal kunne dække 100 % af husets varmebehov ved -12 °C.

Gasforbruget i et enfamiliehus kan halveres ved at eftermontere en luft/vand varmpumpe af add-on typen som supplement til den eksisterende gaskedel.

5.1.1 Eksisterende byggeri

I ældre byggerier vil det ofte være muligt at foretage efterisolering af ydervægs- eller tagkonstruktionen samt udbedre utætheder. Udskiftning af ældre vinduer med 2- eller 3-lags energiruder bør også overvejes. Disse tiltag vil ofte være rentable og bør gennemføres, før varmepumpen dimensioneres.

I den ældre del af byggeriet, dvs. byggeri opført før 1980, består opvarmningssystemerne primært af radiatorer, som blev dimensioneret til høje fremløbstemperaturer, ofte helt op til 90 °C. Gulvarmeanlæg benyttes også i ældre byggerier (primært i enfamiliehuse), men typisk kun i badeværelser.

Af hensyn til effektiviteten bør en varmepumpe ikke levere vand til radiatoranlægget med en temperatur højere end 50-55 °C. Ved eksisterende varmeanlæg kan det være nødvendigt at sikre sig en tilstrækkelig stor varmeafgivelse ved denne temperatur ved at sætte større radiatorer ind i stedet for de eksisterende. I eksisterende byggeri er der ofte foretaget energibesparende tiltag, som har reduceret varmebehovet. Dette vil ofte betyde, at varmepumpen kan levere den ønskede varme ved den lave fremløbstemperatur uden opsætning af større radiatorer.

En installatør tilknyttet VarmePumpeOrdningen vil kunne vurdere, om varmeafgivelsen fra det eksisterende anlæg er tilstrækkelig høj, afsnit 5.1, tabel 5.3 og eksempel 4.

Varmepumper er særligt effektive og billige ved tilslutning til vandbåren gulvarme. Det skyldes, at fremløbstemperaturen for gulvarmesystemet er relativt lav (ofte kun 35-40 °C).

Først fra ca. 1990 blev der installeret gulvarmeanlæg til rumopvarmning i enfamiliehuse. I nyere enfamiliehuse vil det derfor ofte være fordelagtigt at installere et varmepumpeanlæg på grund af de gode driftsbetingelser.

5.1.2 Nybyggeri

Ifølge BR18 skal nye bygninger overholde en bestemt energiramme (30 kWh/m² + 1.000 kWh/A, hvor A det opvarmede etageareal), og der stilles krav til mindste varmeisolering af bygningsdele, f.eks. ydervægge og loftkonstruktioner. En bygning kan klassificeres som lavenergibygning, hvis skærpede krav til energirammen er overholdt. Reglerne sikrer, at varmetabet i nye bygninger bliver minimalt.

I forbindelse med projektering af nybyggeri foretages der altid beregninger af energibehov og energiforbrug, så der sikres en god energiøkonomi de næste mange år. Beregningerne anvendes, når man skal dimensionere et varmepumpeanlæg. Væske/vand eller luft/vand varmepumper vil oftest være fordelagtige at installere ved nybyggeri, da behovet kan dækkes af disse varmepumper ved lave fremløbstemperaturer. Herved kan der opnås en høj SCOP. Se også tabellerne 8.1 til 8.6.

5.1.3 Sommerhuse

I sommerhuse benyttes typisk elvarme (el-radiatorer) som opvarmningsform. En luft/luft varmepumpe er et godt økonomisk alternativ til elvarme, især hvis sommerhuset også anvendes uden for sommersæsonen.

Luft/luft varmepumper til sommerhuse projekteres normalt til at kunne dække rumopvarmningsbehovet i stuen. Her monteres varmepumpens indedel (kondensator). Resten af varmebehovet i sommerhuset dækkes eksempelvis med el-radiatorer og/eller med brændeovn.

I udlejningssommerhuse, især af typen "luxus-sommerhuse med indendørs pool og spa" er elforbruget ofte meget stort. Her kan anvendelse af varmepumper, eventuelt i kombination med solenergi, være med til at nedbringe elforbruget betydeligt. Se også afsnit 5.5.1 og 5.5.2.

Anlæggets størrelse afhænger bl.a. af sommerhusets størrelse, om sommerhuset bruges hele året, eller om det bare skal holdes frostfrit om vinteren og hvor mange personer, der bruger det.

5.2 Varmepumper til opvarmning af brugsvand

Der findes rene brugsvandsvarmepumper eller brugsvandsvarmepumper, der samtidig opvarmer ventilationsluft. For sidstnævnte type gælder, at brugsvandet har første prioritet under normal drift (vinter), hvorefter den resterende energi udnyttes til opvarmning af indblæsningsluften. Typisk vil varmepumpen kunne dække hele forbruget af varmt brugsvand samt en del af bygningens ventilationsbehov. Se også afsnit 4.6.



Figur 5.4 Brugsvandsvarmepumpe (som anvender rumluft som varmekilde).

I tabel 5.2 er anslået et varmetab ved produktion af varmt brugsvand. Varmetabet skyldes, at det varmeproducerende anlæg skal holdes kørende i hele sommersæsonen for at producere det varme brugsvand samt til at holde det varmt. Sommersæsonen er ca. 3.000 timer.

Typisk varmetab til varmt brugsvand	Ineffektive anlæg Før år 2000	Effektive anlæg Efter år 2000
	Tab [W]	Tab [W]
Fjernvarme	400	100
Gasfyring	500	150
Oliefyring	1000	150
Varmepumpe	-	40

Tabel 5.2. Varmetab i forbindelse med produktion af varmt brugsvand før og efter år 2000. Tabene er angivet for en beholder på 60 liter og vil være noget større for en beholder på 100 liter.

Anlæg til produktion af varmt brugsvand dimensioneres efter DS 439 "Norm for vandinstallationer".

De væsentligste dimensioneringsdata for et anlæg til varmtvandsproduktion er den effekt, som skal tilføres vandet, varmtvandsbeholderens volumen og temperaturen i denne.

Mange varmepumper kan have problemer med at sikre, at temperaturen på det varme brugsvand i varmtvandsbeholderen ligger på de påkrævede 55 °C. Det kræver en afgangstemperatur på 60-65 °C fra varmepumpens kondensator, men mange varmepumper har en driftsmæssig maksimumtemperatur på 35-50 °C. Her vil det være nødvendigt at supplere med varme fra en elpatron for at nå de 55 °C.

Eksempel 3 – Beregning af nettoforbrug til varmt brugsvand

I et parcelhus fra 1975 på 120 m² bor to personer. Huset er forsynet med et nyere oliefyrr, som også kører i sommersæsonen for at producere varmt brugsvand.

De to personer bruger 30 m³ varmt vand om året. Nettoenergiforbruget til opvarmning af vandet:

Nettoforbrug = 1.600 kWh varme/år

I tabel 5.2 findes netto tomgangsforbruget:

Netto tomgangsforbrug i sommersæson =
150 W · 3.000 h/år = 450 kWh varme/år

Samlet nettoforbrug til varmt brugsvand =
2.050 kWh varme/år

5.3 Kombinerede varmepumper til rumopvarmning og varmt brugsvand

I mange tilfælde benyttes en varmepumpe til både rumopvarmning og til produktion af varmt brugsvand. Denne type varmepumpe kaldes en kombineret varmepumpe.

I tabel 5.3 ses det årlige varmebehov angivet i kWh/m² til rumopvarmning og varmt brugsvand i enfamiliehuse. De beregnede varmebehov er angivet som funktion af byggeår og bygningsstørrelse.

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	2019- 2018
< 80	142	158	157	141	123	96	99	88	57	57
80-100	143	138	145	140	121	94	100	82	53	53
100-120	135	133	137	134	113	93	93	77	50	50
120-140	127	128	131	129	112	94	93	75	49	49
140-160	125	126	127	126	113	95	95	75	49	49
160-180	120	116	123	121	111	95	93	74	48	48
180-200	117	112	119	119	108	92	90	70	45	45
200-300	109	109	106	112	104	89	86	67	44	44
300-400	99	105	105	108	98	90	91	63	44	44

Tabel 5.3. Faktiske gennemsnitlige værdier for varmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand i kWh/m² som funktion af byggeår og areal for bygninger, hvor 90.000 energimærker ligger til grund. Tallene i tabellen er angivet som netto, det vil sige uden hensyn til virkningsgraden for anlægget, der producerer varme. 2010-2018 er vurderet ud fra de løbende krav i Bygningsreglementet efter 2010.

Tallene i tabellen gælder for en gennemsnits-husstand (2-3 personer). Hvis nøgletallet for en given bygning afviger væsentligt fra tallene i tabel- len, kan det eksempelvis skyldes, at husstanden består af flere personer, og forbruget af varmt brugsvand dermed er højere end normalt. Det kan også skyldes, at tabet fra klimaskærmen og varmeinstallationen i bygningen er større end normalt.

Eksempel 4 - Netto- og bruttovarmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand

I et parcelhus fra 1971 med et areal på 141 m² kan det årlige netto varmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand bestemmes vha. tabel 5.3:

$$E_{\text{netto}} = 141 \text{ m}^2 \cdot 113 \text{ kWh/m}^2/\text{år} \\ = 15.933 \text{ kWh/år.}$$

For at bestemme bruttovarmebehovet kræves kendskab til årsnyttevirkningsgraden for den varmeproducerende enhed. Er der installeret en kondenserende gaskedel i huset, kan man vha. tabel 10.1, aflæse årsnyttevirkningsgraden til 102 %. Bruttovarmebehovet kan herefter bestemmes:

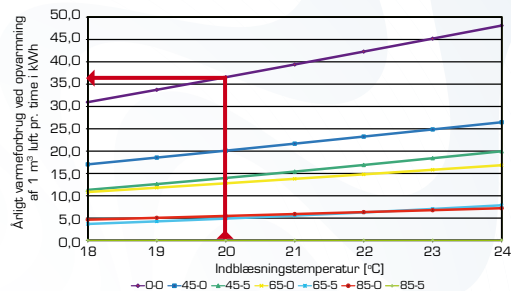
$$E_{\text{brutto}} = \frac{15.933 \text{ kWh/år}}{1,02} = 15.621 \text{ kWh/år}$$

5.4 Varmepumper til opvarmning af ventilationsluft

Varmepumper til opvarmning af ventilationsluft benyttes primært i forbindelse med ventilering af enfamiliehuse. Varmepumperne er installeret i ventilationsaggregater, der sørger for tilførsel af en vis friskluftmængde (udeluft).

I ventilationsaggregatet findes en varmegenvindingsenhed, f.eks. en modstrøms varmeveksler, hvor udsugning fra køkken og bad genvindes.

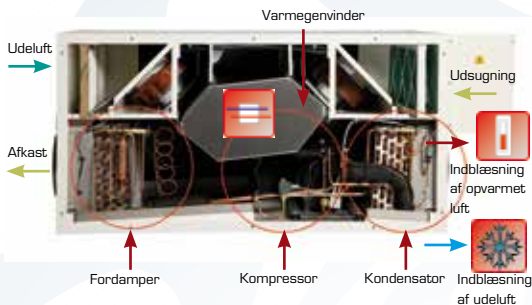
I figur 5.5 ses det årlige netto varmeforbrug i kWh ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time, når anlægget kører i tidsrummet fra kl. 0.00 til kl. 24.00 (boligventilation) hele året. Det årlige varmeforbrug ses som funktion af indblæsnings-temperaturen. Varmeforbruget kan aflæses ved forskellige temperaturvirkningsgrader for varmegenvindingsenheden i ventilationsaggregatet samt differensen mellem udsugnings- og indblæsnings-temperaturen, dvs. $T_{\text{ud}} - T_{\text{ind}}$.



Figur 5.5. Årligt netto varmeforbrug i kWh ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time i tidsrummet fra kl. 0.00 til kl. 24.00. Tallene bag farve signaturerne angiver temperaturvirkningsgrader for varmegenvindingen samt differensen mellem udsugnings- og indblæsningsstemperaturen. Kurven for 85-5 ligger stort set oven i x-aksen.

Varmepumpen dimensioneres til at kunne opvarme friskluftmængden fra en given temperatur, som bestemmes af varmegenvindingsenhedens temperaturvirkningsgrad (dvs. hvor meget temperaturen på udeluften stiger gennem varmegenvindingsenheden) til en ønsket indblæsningsstemperatur, som typisk er 20-22 °C.

For at minimere energiforbruget til opvarmning er det vigtigt, at kanalsystemet er velisoleret.



Figur 5.6 Varmepumpe indbygget i ventilationsaggregat.

Eksempel 5 – Varmeforbrug til opvarmning af erstatningsluft

Et parcelhus fra 1975 på 120 m² ventileres med naturlig ventilation. Udelufttilførslen er 130 m³/h. Denne lever op til kravene i BR18, som er:

$$120 \text{ m}^2 \cdot 1,08 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 = 129,6 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Rumtemperaturen er 20 °C.

Da der ventileres med naturlig ventilation, er der ingen varmegenvinding, og friskluften skal opvarmes til rumtemperaturen på 20 °C.

I figur 5.5 (kurve 0-0) kan aflæses et specifikt varmeforbrug på 37 kWh/m³/h/år. Det årlige varmeforbrug til opvarmning af erstatningsluften kan herefter beregnes til:

$$E_{\text{opvarmning}} = 129,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 37 \text{ kWh}/\text{m}^3/\text{h}/\text{år} = 4.795 \text{ kWh}/\text{år}.$$

Dette er ikke husets totale varmebehov, men behovet til opvarmning af ventilationsluft. Ventilationsluften anvendes ikke til opvarmning af boligen, men til at sikre god luftkvalitet.

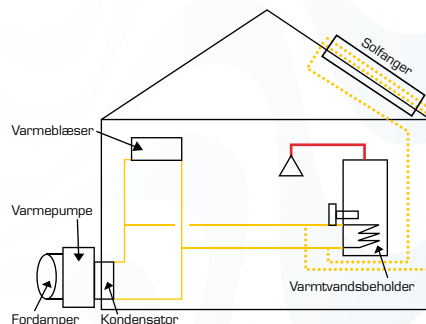
5.5 Varmepumper i kombination med solenergi

Varmepumpeanlæg kan kombineres med et solvarmesystem. Her kan solenergien udnyttes optimalt til opvarmning af brugsvand og som supplement til centralvarmesystemet.

Der findes også systemer, hvor solvarmeanlægget ud over at producere varmt brugsvand også fungerer som en "forvarmer" af brinen, hvilket øger varmeoptagelsen og dermed varmepumpens SCOP. Dette kræver en kombination mellem en væske/vand varmepumpe og et solvarmeanlæg.

5.5.1 Varmepumper i kombination med solvarme

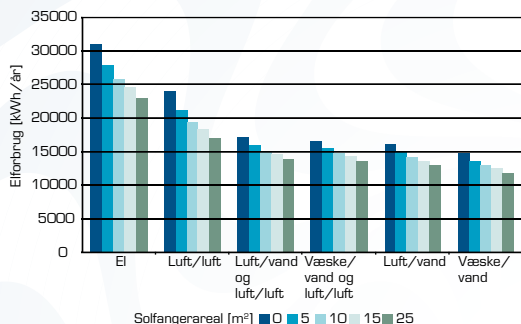
I ELFORSK projekt 336-070 – Varmepumpeanlæg til fritidshuse eventuelt i kombination med solvarme, er der foretaget udvikling af systemløsninger med varmepumper og solvarmeanlæg til udlejningssommerhuse med stort elforbrug. I luk-sommerhuse med pool, som i gennemsnit har et elforbrug på 31.000 kWh/år, kan elforbruget reduceres med 50 % ved valg af den rigtige systemløsning.



Figur 5.7. Princip af varmepumpeanlæg i kombination med solvarme.

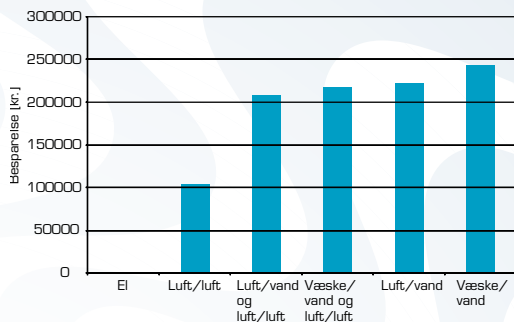
I figur 5.8, 5.9 og 5.10 ses nogle af projektets interessante resultater for luksussommerhuse.

I figur 5.8 ses det totale simulerede elforbrug til et luksussommerhus med pool. Elforbrugene er vist ved anvendelse af forskellige varmepumpe typer i huset samt anvendelse af solvarmeanlæg i forskellige størrelser. Det laveste elforbrug opnås ved anvendelse af en væske/vand varmepumpe samt et 25 m² solvarmeanlæg.



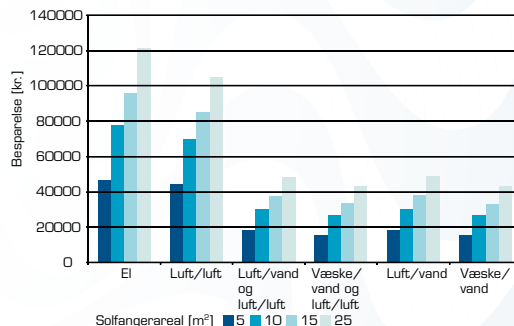
Figur 5.8. Elforbrug i luksussommerhus med pool angivet uden varmepumpe og med forskellige typer af varmepumper samt ved forskelligt solfanger areal angivet i m².

I figur 5.9 ses værdien af 10 års elbesparelser af varmepumpeanlæg uden solvarme. Den største besparelse opnås ved anvendelse af en væske/vand varmepumpe. Besparelsen er angivet ekskl. investering.



Figur 5.9. Værdien af 10 års elbesparelser af varmepumpeanlæg uden solvarme set i forhold til et elopvarmet sommerhus.

I figur 5.10 er vist værdien af 10 års elbesparelser af solvarmeanlæg på hhv. 5, 10, 15 og 25 m², der leverer varme til varmt brugsvand og til poolen i kombination med de forskellige typer varmepumpeanlæg.



Figur 5.10. Værdien af 10 års elbesparelser ved solvarmeanlæg på hhv. 5, 10, 15 og 25 m², set i forhold til varmepumpeanlæg uden solvarme.

Af figuren ses, at man eksempelvis sparer 120.000 kr. på et solvarmeanlæg med 25 m² solfanger, men 80.000 kr. ved et solfangerareal på 10 m² over en 10-årig periode, hvis huset har elvarme uden varmepumpe. Solvarmean-



lægget har knap så stor værdi, hvis anlægget i forvejen opvarmes med en varmepumpe. Tilknyttes en solfanger på henholdsvis 25 m² og 10 m² på et anlæg med jordvarme, vil solvarmeanlægget spare ejeren for henholdsvis 45.000 kr. og 25.000 kr. over en 10-årig periode.

5.5.2 Varmepumper i kombination med solceller

For at kunne udnytte så stor en del af den vedvarende energi som muligt, er det vigtigt at have en form for lagring – enten termisk lagring i varmepumpens tank eller kemisk lagring i batterier.

Kombinerede anlæg, hvor solcellerne leverer el dels til husholdningsforbrug og varmepumpe dels til lagring på batteri, kan være med til, at private husholdninger kan udnytte mere vedvarende energi ved at kunne lagre energien og dermed være med til at udjævne elbehovet over døgnet. Gennem et mere fleksibelt energibehov og fleksibel elforsyning til nettet kan private batterier således være ikke bare energibuffer i egen husholdning, men også indgå som buffer i et større energisystem.

Hvis solcelleel lagres på batterierne, til der er behov for el i "kogespidsen" omkring kl. 18 uagtet, at der måske har været brug for el i husholdningen tidligere på dagen, så kan denne private elforsyning sikre, at der ikke behøves strøm fra nettet i netop den periode, hvor der er allermost brug for det i samfundet, og hvor det derfor i nær fremtid vil være de dyreste kWh at købe. Dermed kan nuværende kapacitet i elnettet udnyttes bedre.

Eksempel 6 – Optimal udnyttelse af solcelle-el i enfamiliehus – ELFORSK projekt 346-012

Projektets formål var at udvikle, afprøve og optimere systemløsninger, der gør det muligt for ejere af solcelleanlæg i enfamiliehus at udnytte en større del af solcelleanlæggets elproduktion direkte til egetforbrug.

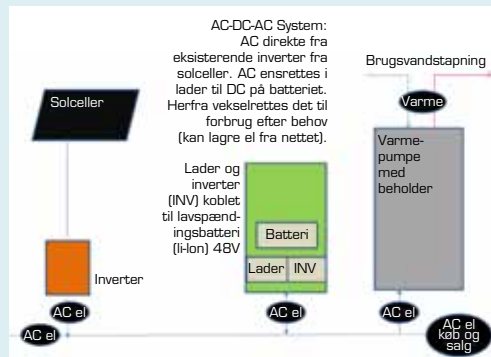
Systemet skulle derfor kunne lagre elektricitet fra det tidspunkt, hvor den produceres, til det tidspunkt, hvor der er behov for energi i form af el eller varme. Systemløsningerne skulle være enkle, effektive og økonomisk attraktive for brugerne.

Energibehovet skulle primært dækkes ved hjælp af en varmepumpe, der lagrer varme i en beholder. Det opvarmede vand forsyner boligen med varme og forvarmer det varme brugsvand.

Som en del af projektet blev der udarbejdet et beregningsprogram til valg af den optimale kombination af solcelleanlæggets effekt, lagerkapacitet og husstandens forbrugsmønster. Desuden blev der målt på den termiske lagring i beholderen i forhold til varmepumpens drift.

Systemløsning

Kombinationen af solcelleanlæg, batterilager og varmepumpe blev testet i en systemløsning, vist i figur 5.11.



Figur 5.11. Systemløsning.

Systemløsningen bestod af et 6 kW solcelleanlæg med tilhørende vekslerettere, et 4,8 kWh batterilager med en 2,3 kW inverter til op- og afladning samt en varmepumpe til rumvarme med beholder.

Varmepumpe

Solcelleanlægget inklusiv batterilager og inverter blev tilsluttet en Nilan GEO 6 jordvarmeanlæg med en jordslange på 400 meter samt en tilknyttet varmtvandsbeholder på 180 liter.



Figur 5.12. Væske/vand varmepumpe med vandrette jordslanger.

Der blev gennemført forsøg, hvor temperaturen i varmtvandsbeholderen blev øget fra 40 °C til hhv. 45 °C og 55 °C med el fra solcelleanlægget. Desuden blev der gennemført forsøg med en vandtemperatur på 34 °C om natten, så varmtvandsbeholderen var forberedt til at kunne omsætte mest muligt af elproduktionen fra solcelleanlægget i døgnets solskinstimer.

Forsøget med at lade varmepumpen udnytte den del af solcelleproduktionen, som det simulerede elforbrug til familiens øvrige apparater ikke kunne udnytte i produktionstiden, viste, at varmepumpens COP faldt markant, når varmtvandsbeholderens temperatur blev øget til mere end 50 °C, se tabel 5.4. Dette skyldtes, at opvarmningen blev overtaget af en udvendig placeret elpatron, som gav anledning til ekstra varmetab i rørsystemet.

Tanktemperatur	Målt systemeffektivitet (COP)
34 °C	2,99
44 °C	2,35
50 °C	2,31
54 °C	0,81

Tabel 5.4. Målte COP som funktion af beholdertemperaturen.

Det vurderes derfor at være hensigtsmæssigt, at det sidste temperaturløft bliver foretaget med en indbygget elpatron i varmtvandsbeholderen i stedet for en ekstern, da COP ellers ville falde markant og til under 1, som man kan forvente fra ren elvarme.

Alternativt kan varmepumpen måske klare temperaturløftet alene, men det vil medføre krav om større (dyrere) varmepumpeydelse og ringere COP samt risiko for et for stort trykfald i varmepumpen.

Konklusion – teknologi

- Den simpleste strategi for energilagring er påvist at fungere ved at overstyre termostaten, så beholderen bliver varmet op til en højere temperatur end normalt. Dette kunne lade sig gøre ved at koble en modstand ind parallelt med den indbyggede føler.
- Varmepumpen skal være egnet til formålet, dvs. den skal kunne tilpasse sig over et stort temperaturområde uden væsentlig forringelse af COP.
- Der bør sidde en elpatron direkte i beholderen, som kan opvarme vandet de sidste grader, hvor varmepumpen ikke kan følge med. Her skal styringen kunne slukke helt for kompressoren.
- Varmtvandsbeholderen skal have en fornuftig størrelse, f.eks. 200 liter, samt være godt isoleret. Denne størrelse vil sikre, at man kan optage et par timers overskudsel fra et typisk solcelleanlæg på 4-5 kW (svarende til typiske batteriløsninger).
- Styringen skal kunne begrænse hvilke perioder, der skal opvarmes i, for eksempel via et signal fra solcelleanlæggets inverter eller en timer. På den måde kan man sikre sig at beholderen er kold, når solen begynder at skinne og overskud af el forekommer.
- Samlet hentes 77 % af den lagrede elenergi ud af systemet igen som varmt vand. En del af tabet vil komme husets rumopvarmning til gode.

Konklusion – økonomi

- Varmepumpen kan ved opvarmning fra 40 til 65 °C optage 4,7 kWh svarende til kapaciteten på almindelige batteripakker.
- Ved 250 cykler om året optages 1.175 kWh
Købspris af el til varmepumpe:
 $1,60 \text{ kr./kWh} \cdot 1.175 \text{ kWh} = 1.880 \text{ kr.}$
- Salgspris af el fra solcelleanlæg:
 $0,77 \text{ kr./kWh} \cdot 1.175 \text{ kWh} = 905 \text{ kr.}$
- Værdi for lagring i varmepumpen:
 $0,36 \text{ kr./kWh} \cdot 1.175 \text{ kWh} = 423 \text{ kr.}$
- Årlig udgift til kombineret solcelle og varmepumpeanlæg:
 $1.880 \text{ kr.} - 905 \text{ kr.} - 423 \text{ kr.} = 552 \text{ kr.}$
- Årlig besparelse:
 $1.880 \text{ kr.} - 552 \text{ kr.} = 1.328 \text{ kr.}$
- Med merpris for styring på 4.000 kr. og 250 cykler om året, vil man opnå en simpel tilbagebetalingstid på:
 $TB = 4.000 \text{ kr.} / 1.328 \text{ kr.} = 3,0 \text{ år.}$

6 Varmekilder – dimensioneringsgrundlag

Kapitlet beskriver, hvilke dimensioneringsmæssige hensyn der skal tages ved valg af forskellige varmekilder.

6.1 Jordvarme – vandrette jordslanger

I Danmark benyttes ofte vandrette jordslanger ved etablering af jordvarmeanlæg. Det skyldes, at anlægget er simpelt og relativt billigt at etablere.

Prisen på lægning af vandrette jordslanger er 50-100 kr. pr. meter afhængig af tilgængelighed og jordens beskaffenhed. Det er vigtigt at understrege, at 1 meter vandret slange ikke direkte kan sammenlignes med 1 meter lodret slange. Den lodrette slange dimensioneres til at indvinde betydeligt mere energi pr. meter slange end en vandret jordslange.

6.1.1 Funktion

I en vandret jordslange tilføres energien fra de øvre jordlag. Den primære energitilførsel til jordlaget kommer fra solindstrålingen og fra luftens opvarmning af jordoverfladen. For at et vandret jordslangeanlæg skal kunne fungere korrekt, er det en forudsætning, at der ikke hentes mere energi ud af jorden, end der tilføres jorden på årsbasis. I modsat fald vil der ophobes is omkring slangen, og effektiviteten af anlægget vil falde markant.



Figur 6.1. Etablering af vandrette jordslanger

6.1.2 Dimensionering af vandrette jordslanger

Jordslangen udlægges som et eller flere parallelle løb med den samme løbslængde. Det, der

bestemmer længden af det enkelte slangeløb, er (udover varmebehovet i bygningen) tryktabet i slangen. Jo kortere længden er pr. slangeløb, jo mindre tryktab får man i systemet. Tryktabet har indflydelse på cirkulationspumpens energiforbrug, og derfor vil man gerne have så lavt et tryktab i jordslangesystemet, som muligt. Tryktabet i jordslangesystemet må aldrig overstige det maksimale tryktab, der er specificeret af varmepumpefabrikanten. Normalt bør længden pr. slangeløb ikke være mere end 150 meter.

Den samlede slangelængde og energioptaget er afhængigt af jordbundsforholdene. Energioptaget fra jordslangen er højest i våd jord og lavest i sandjord, hvor vandet ledes bort hurtigt.

Dimensioneringsregler for typiske jordslangeanlæg udført med 32 eller 40 mm jordslange er følgende:

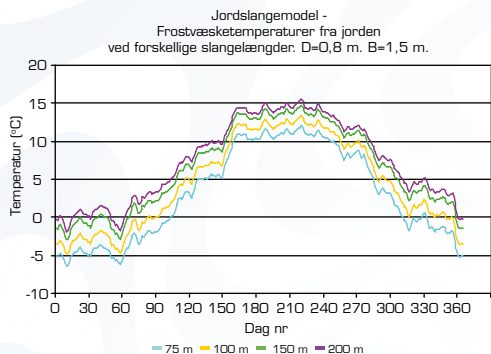
- Maks. belastning af jorden er $40 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.
- Maks. belastning af jordslanger i våd jord er 20 W/m .
- Middelbelastning af jordslangen over året er 6 W/m år .
- Afstand mellem jordslangerne skal være mindst 1 meter (normalt 1,5 meter).
- Maks. afkøling af jordslangevæsken er $3\text{-}5 \text{ °C}$.

Længden af jordslangen er desuden afhængig af jordbundsforholdene, og typisk udlægges der 25 % ekstra jordslange for at kompensere for jordbundsforholdene. (Væsentligt ved sandet jord).

Jordslanger kan udlægges på mange måder. Nogle fabrikanter foreskriver tyndere slanger, som udlægges med mindre afstand. Dette kan også lade sig gøre, men da belastningen pr. meter jordslange herved bliver mindre, kræver det, at der lægges en længere jordslange ud.

I modsat fald medfører det en lavere temperatur fra jordslangen og derved lavere effektivitet for varmepumpen.

Figur 6.2 viser et eksempel på fremløbstemperaturer for forskellige jordslangelængder som funktion af slangelængde. Lægningsdybden er 80 cm og slangeafstanden 1,5 meter.



Figur 6.2. Indfyldelsen på fremløbstemperaturen ved varierende jordslangelængder og dermed jordbelastninger.

6.1.3 Frostsikring anvendt i jordslanger og andre energioptagere

Som frostsikringsmiddel til jordvarmeanlæg benyttes typisk: Ethanol, IPA sprit, ethylenglykol eller propylenglykol. Normalt frostsikres jordslangerne til $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Der må dog maksimalt være 35 % frostsikringsmiddel i jordslangerne, da de varmeoverførende egenskaber ellers bliver for ringe.

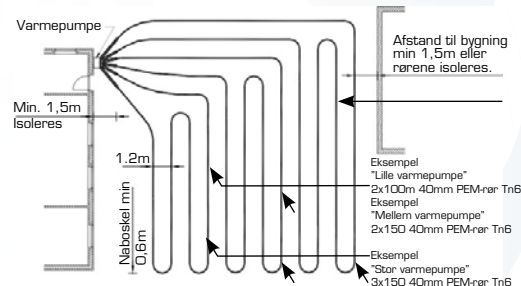
Formålet med frostsikringsmidlet er at sikre, at vandet i jordslangekredsen ikke fryser. Fryser vandet i fordamperen, kan det føre til sprængning af denne. For at sikre, at fordamperen ikke fryser, er der ofte monteret en minimumstermostat, som sikrer, at jordslangetemperaturen ikke kommer under den temperatur, den er frostsikret til. Generelt må det tilrådes, at der frostsikres til en temperatur, der svarer til den laveste fordampningstemperatur, som man forventer varmepumpen kører med. Dog kan man godt frostsikre til en

højere temperatur end $0-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, såfremt temperaturen i brinekredsen er højere under drift. Fordelen ved at køre med en lavere grad af frostsikring er, at pumpearbejdet bliver lavere. Energibesparelsen ved at køre med mindre frostsikring er ikke stor.

6.1.4 Udlægning af jordslanger

Ved udlægning af jordslanger er det væsentligt at isolere slangerne mod kondens 1,5 meter fra bygningerne. Gennemføringer gennem murværk skal udføres i isolerede bøsningssør, og rørforinger under gulv skal ligeledes være isolerede.

Nedgravningen af slanger foregår almindeligvis med minigraver eller kædegraver, alternativt nedlægges de med en slangeplow. Det er ofte jordparticellens størrelse, der er afgørende for hvor stor en maskine, der kan benyttes. Men ellers beror nedgravningsmetoden på jordforholdene.



Figur 6.3. Eksempel på udlægning af jordslanger.

6.1.5 Nedgravningsdybde

Slanger lægges typisk i en dybde fra 0,6 meter til 1,5 meter. Lægges jordslangen højt, vil temperaturen være højere om foråret og efteråret, end hvis den ligger dybt. En dybt liggende slange vil derimod have en højere temperatur om vinteren end en højtliggende slange. Varmeledningsevnen i jorden bliver højere, hvis der er meget vand i jorden, og derfor er det godt, hvis man kan placere slangen, hvor der er et stort vandindhold i jorden, f.eks. i engområder eller hvor grundvandet står højt.

I tabel 6.1 ses regler for udlægning af vandrette jordslanger.

Slangetype	
Slangetype	PE 40, SDR11, PE80 eller SDR 17. Slangen skal være godkendt efter EN 12201.
Bøjningsradius	Fabrikantens anvisninger skal følges.
Dybder	
Nedgravningsdybder	Minimumsdybde 0,6 meter.
	Minimumsdybde i landbrugsarealer 1 meter.
	Der er ikke regler om en maksimumsdybde, men den normale lægningsdybde er 0,8 -1,2 meter.
Afstande	
Afstand til vandforsyningsanlæg	50 meter til alment anlæg og 5 meter til ikke alment vandforsyningsanlæg.
Afstand til skel	0,6 meter.
Isolering fra bygninger	Slanger skal være isoleret mod kondens 1,5 meter fra bygninger.
Isolering fra vandforsyningsledninger og kloakrør	Er jordslangen placeret mindre end 1 meter fra vandledninger og kloakrør, skal de isoleres mod kondens.
Andet	
Driftstryk	Minimum 1,5 bar.
Sikring af anlægget	Anlægget skal være forsynet med en sikkerhedsanordning, der stopper anlægget ved tilfælde af lækage i systemet. Anlægget må ikke genstarte automatisk.
Frostsikring	Jordslangen må maksimalt indeholde 35 % frostsikringsvæske.
Eftersyn af anlægget	Anlægget skal efterses 1 gang årligt af en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

Tabel 6.1. Regler for udlægning af vandrette jordslanger (jordslangebekendtgørelsen).

6.2 Jordvarme – lodrette borer

Lodrette borer som energioptager er interessante, fordi de i modsætning til vandrette jordslanger ikke kræver så meget jordareal. Dette gør, at denne type energioptagere også kan benyttes på relativt små parcellusgrunde. Den primære grund til, at de ikke er særligt udbredte i Danmark, er, at prisen for etablering ikke har været konkurrencedygtig i forhold til vandrette jordslanger. Prisen for etablering af lodrette borer udgør 700-800 kr./meter. Prisen er afhængig af undergrund og boremetode. Som energioptager benyttes oftest U-rør.

6.2.1 Funktion

Lodrette varmeoptagere virker ved, at de optager den varme, som ledes til boringen primært ved grundvandstrømning i jorden og sekundært ved varmeledning i jorden.



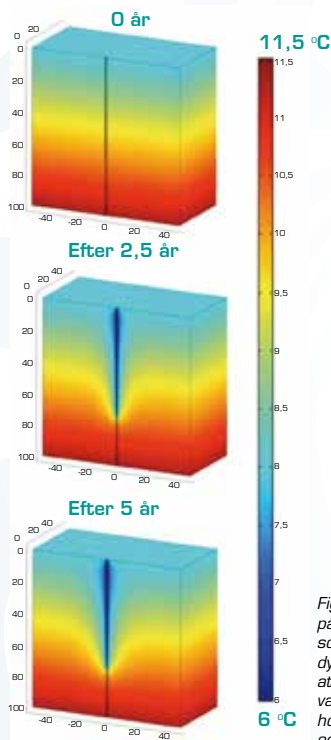
Figur 6.4. Lodret boring.

6.2.2 Dimensionering af lodrette anlæg

Dimensioneringen af lodrette borer er kompleks og bør overlades til eksperter, da dimensioneringen afhænger af jordbundsforhold og vandgennemstrømningen i jordlagene. Betragtes jorden som en varmekilde, kan man sammenligne denne med et termisk batteri, der i starten er fuldt opladet. Der kan udvindes meget energi i starten, men i sidste ende kan man ikke udvinde mere energi end det, der bliver tilført. Udvindes

der mere energi end det, der bliver tilført, vil jordens temperatur omkring jordslangen falde, indtil en ny ligevægttemperatur er fundet ved den givne belastning.

Antallet af borehuller og længden af energioptageren er afhængig af husets årlige varmebehov, så ved et stort varmebehov er det nødvendigt at etablere flere borehuller. Såfremt energioptageren dimensioneres for kort, vil det medføre en kort levetid og en – med tiden – dalende effektivitet for anlægget.



Figur 6.5. Eksempel på temperatur i jorden som funktion af jorddybde i meter efter at varmepumpen har været i funktion i henholdsvis 0 år, 2,5 år og 5 år.

De normale dimensioneringsregler for energioptag, der benyttes i Norge og Tyskland, og som kan anbefales i Danmark, er 35 W/m.

Energioptaget kan svinge mellem 20 W/m for tørt sand og op til 65 W/m i fugtig jord. Længden af borehullet varierer fra 20 til 200 meter. Ved bestemmelse af jordforhold kan man som start søge oplysninger på GEUS's hjemmeside.

6.2.3 Etablering af lodrette borer

Etableringen af et lodret anlæg foregår ved, at en brøndborer borer et eller flere huller. Boremotoden afhænger af jordbundsforholdene.



Figur 6.6. Etablering af lodrette borer.

Ved etablering af lodret jordvarme bores et antal stænger ned i jorden med vandtryk. Når hullet er boret, fjernes borestængerne og jordvarmeslangen gøres klar til at blive monteret.

En støbeslange fastgøres til jordvarmeslangen, så hullet efterfølgende kan blive udstøbt nedefra med en varmeledende forseglingsmasse (bentonit/cementblanding). Herefter fyldes jordslangerne med vand for at give dem tyngde. Når rørene er nået helt til bunden af boringen begynder man at udstøbe. Ved at støbe fra bunden opnås en fuld forsegling af borehullet.

Arbejdsrør og hjælpematerialer fjernes efterhånden, som støbningen foregår, og først når støbemassen nærmer sig terrænen, er jordvarmeboringen færdig.

Efter montering skal der foretages en test af den lodrette borings energioptagningsevne. Dette gøres ved, at man foretager en termisk test af varmeoptageren. Er varmeoptagerens energioptagningsevne ikke god nok, skal der bores endnu et hul.

I tabel 6.2 ses regler i forbindelse med etablering af lodrette boringer og jordslanger.

Slangetype	
Slangetype	PE 100RC, SDR11. Slangen skal være godkendt efter EN 12201.
Dybder	
Nedgravningsdybder	Der er ikke regler om en minimums- og maksimumsdybde, men den normale boringsdybde er 80-250 m.
Afstande	
Afstand mellem borehuller	20 meter.
Afstand til vandforsyningsanlæg	300 meter til alment anlæg og 50 meter til et ikke alment vandforsyningsanlæg.
Afstand til skel	0,6 meter.
Isolering fra bygninger	Slanger skal være isoleret mod kondens 1,5 meter fra bygninger.
Isolering fra vandforsyningsledninger og kloaker	Er jordslangen placeret mindre end 1 meter fra vandledninger og kloaker skal den isoleres mod kondens.
Andet	
Driftstryk	Minimum 1,5 bar.
Minimum indløbs-temperatur til varmepumpen	2 °C, hvis der ikke foretages en fuldstændig opfyldning og tætning mellem slange og borehulsvæg.
Sikring af anlægget	Anlægget skal være forsynet med en sikkerhedsanordning, der stopper anlægget ved tilfælde af lækage i systemet. Anlægget må ikke genstarte automatisk.

Frostsikring	Slangen må maksimalt indeholde 35 % frostsikringsvæske.
Eftersyn af anlægget	Anlægget skal efterses en gang årligt af en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

Tabel 6.2. Regler i forbindelse med udlægning af lodrette boringer og jordslanger.

Eksempel 7 – Varmepumper med lodrette boringer som varmeoptager – ELFORSK projekt 342-066 og 343-037

Det var projektets formål at opnå bedre viden om de danske jordbundsforhold og på det grundlag opstille en beregningsmodel for dimensionering af borehuller og jordslanger til varmepumpeanlæg.

Kortlægning af de geologiske forhold i Danmark vidner om, at der langt de fleste steder er ganske udmærkede jordbundsforhold for etablering af lodrette jordslanger som varmeoptager til varmepumpeanlæg.

Der er i projektet udviklet en beregningsmodel til dimensionering af lodrette jordslanger. Denne beregningsmodel er tiltænkt som værktøj for installører og rådgivere samt for brøndborere. Værktøjet kan findes på elforsk.dk.

Beregningsmodellen er opdelt i to beregningsmodeller; den ene simple model kan benyttes til indledende beregninger og dimensionering af lodrette jordslanger. Den detaljerede model kan brøndboreren benytte til efterkalkulation. Den simple beregningsmodel er baseret på kendt dimensioneringsmetode fra den tyske standard VDI 4640, og den detaljerede beregningsmetode en kendt empirisk beregningsmetode, som forudsætter, at man kender geologien mere detaljeret. Dimensioneringskriterierne, der er indlagt i beregningsprogrammet, gør, at man vil have en god sikkerhed for, at jordslangen vil have en levetid på over 30 år.

De udviklede beregningsmodeller blev verificeret dels gennem drift og målinger, dels gennem praktiske erfaringer på fire varmepumpeinstallationer med lodrette jordslanger som varmeoptager. Beregningerne viste god overensstemmelse med de faktiske målte værdier.

Nedenfor beskrives beregningsprogrammet mere detaljeret.

Beregningsprogram

I programmet kan man vælge mellem 2 beregningsindstillinger, som beskrives i det følgende:

- Simple beregning
- Detaljeret beregning

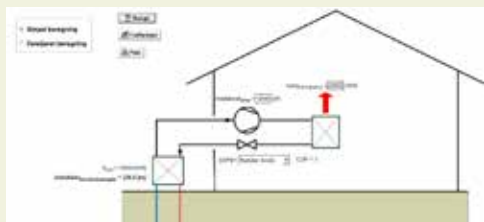
Hvilken indstilling, man vælger, afhænger af hvor mange informationer, man har til rådighed, og hvem der udfører beregningen. Det kræver større indsigt i boremetoden og det geologiske forhold på stedet, når man vælger den detaljerede beregning.

Simple beregning

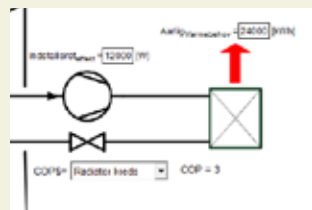
Figur 6.7 viser indgangsbilledet af beregningsmodellen. I figur 6.8 ses brugerfladen, når man vælger den simple beregning.

Som input til beregning skal man indtaste følgende informationer, jævnfør figur 6.7 eller 6.8:

- Husets årlige varmebehov i [kWh]
- Varmepumpens afgivne varmeeffekt i [W]
- Varmepumpens SCOP



Figur 6.7. Indgangsbilledet til beregningsmodellen.



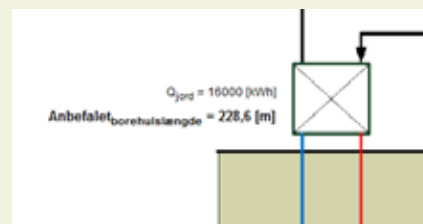
Figur 6.8. Brugerfladen til den simple beregning.

Der er lagt default værdier op for varmepumpens SCOP. Disse ses i tabel 6.3. I programmet skelner man mellem, om varmepumpen kører på radiator eller gulvvarmekreds som opvarmningssystem. Desuden afhænger SCOP af varmepumpens størrelse. Default værdierne er baseret på krav, der er stillet til SCOP i Bygningsreglementet BR18. Udover default værdier er der mulighed at indtaste egen værdi for SCOP, hvis man kender denne.

	Radiator	Gulvvarme
0-3 kW	2,6	3,0
3-6 kW	2,8	3,6
> 6 kW	3,0	3,7

Tabel 6.3. Default værdier for varmepumpens SCOP.

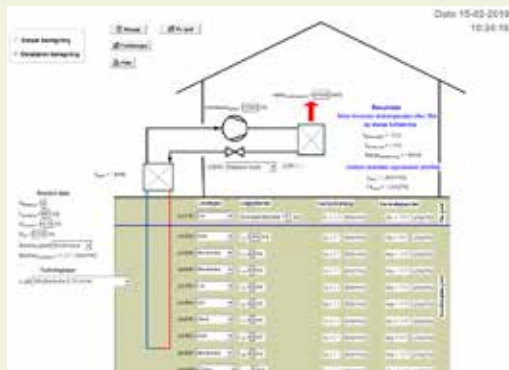
Som output vist i figur 6.9 får man vist resultaterne af den simple beregning i form af anbefalet borehulslængde samt hvor meget energi, der trækkes fra jorden på årsbasis.



Figur 6.9. Resultat af beregningen.

Detaljeret beregning

I figuren 6.10 ses brugerfladen, når man vælger den detaljerede beregning.



Figur 6.10. Brugerfladen i den detaljerede beregning.

Den detaljerede beregning kræver flere informationer. Udover det årlige varmebehov, installeret varmepumpeeffekt samt SCOP kræver beregningen informationer om borehullet og jordslagens diameter samt geologiske forhold på stedet. I figur 6.11 ses de borehulsdata, man skal forholde sig til.

Borehul data

$N_{\text{borehul}} = 2$

$L_{\text{borehul}} = 60$ [m]

$D_{\text{borehul}} = 0,15$ [m]

$D_{\text{rør}} = 0,032$ [m]

Borehul_type:

Borehul_modstand = 0,2577 [W/(m²K)]

Fyldningstype

k_{g} :

Figur 6.11. Borehulsdata krævet for den detaljerede beregning (venstre side af brugerfladen), man skal forholde sig til.

Man skal forholde sig til, hvor mange borehuller man ønsker, hvor dybe de skal være, hvor stor borehulsdiameteren er samt diameter af rør, der anvendes. Desuden skal man vælge, hvilken type borehul man har, om det er enkelt eller dobbelt sløjfe og hvilken fyldning, der bruges i hullet. Praktiske forsøg har vist, at dobbelt U-rør er en smule mere effektive end enkelt U-rør. Det har betydning for hvor dybt, der skal bores. Alt sammen er data, som kræver viden om, hvordan en boring udføres. Data bør udfyldes af en brøndborer.

Derudover skal man indtaste jordforholdene på stedet jævnfør figur 6.12.

Jordtype	Legtykkelse	Vandindhold	Varmekapacitet	Tørretet
gr1B	Grundvandsdybde [m]	6,4 ± 1,0 [m ³ /m ³ K]	16,0 [J/(m ³ K)]	
gr1C	Kalk	1,5 ± 0,2 [m]	14,0 ± 2,0 [m ³ /m ³ K]	14,0 [J/(m ³ K)]
gr1D	Moræne silt	1,5 ± 0,2 [m]	14,0 ± 2,0 [m ³ /m ³ K]	14,0 ± 1,0 [J/(m ³ K)]
gr1E	Moræne silt	1,5 ± 0,2 [m]	14,0 ± 2,0 [m ³ /m ³ K]	14,0 ± 1,0 [J/(m ³ K)]

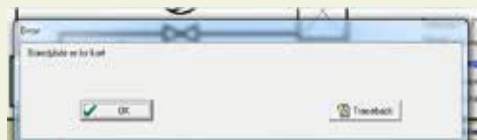
Figur 6.12. Skema til indtastning af jordbundsforholdene (højre del af brugerfladen).

Der er 3 ting, man skal forholde sig til, nemlig grundvandsdybde, lagtykkelse af de enkelte jordlag samt hvilke jordarter der er på stedet. Vandindholdet i jorden har stor betydning på de termiske egenskaber af jorden. Derfor skelner man i programmet mellem de tørre jordlag, som er jorden over grundvandspejlet, og vandmættet jord som er jorden under grundvandsdybden. For hvert nyt jordlag kan man vælge mellem 5 forskellige jordarter, som er de mest udbredte i Danmark:

- Sand
- Silt
- Ler
- Moræneler
- Kalk

I programmet er der indlagt default værdier for de termiske egenskaber, men der er også mulighed at indtaste sine egne data.

Når man har indtastet de nødvendige informationer og trykket på beregning, kan man komme ud for, at den indtastede borehulslængde er for kort til den givne belastning og jordforhold. I dette tilfælde får man en fejlmeddelelse jævnfør figur 6.13. I sådanne tilfælde skal man trykke på "OK" og indtaste en ny og længere borelængde.



Figur 6.13. Fejlmeddelelse, hvis borelængde er for kort.

I figur 6.14 vises overordnede resultater af beregningen. Man får informationer om slangebelastning samt forventet brine middeltemperatur efter 30 år. Figuren viser et forventet fald i brine temperaturen på 2,5 °C i forhold til det første år, før boring er blevet belastet.

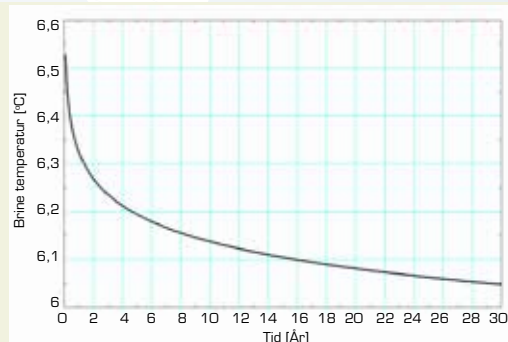


Figur 6.14. Overordnede resultater af den detaljerede beregning. k_{jord} er varmeoverføringstal og $C_{p,\text{jord}}$ er varmekapaciteten.

Med en samlet slangelængde på 120 meter bliver slangebelastningen:

$$B = 120 \text{ m} \cdot 25,92 \text{ W/m} = 3.110 \text{ W}$$

Desuden kan man få afbilledet udvikling i middel brine temperaturen, se figur 6.15.



Figur 6.15. Udvikling i middel brine temperaturen.

6.3 Sø- og havvand

Sø- og havvand som varmekilde kræver en særlig tilladelse fra kommunen. Her vurderes det, om energioptaget fra søen vil påvirke søen for meget i form af ændrede temperaturforhold. Dette afhænger af søens størrelse og den fauna, der er i denne, men også af hvor meget energi man vil trække fra søen. Specielt i vintermånederne kan dyrelivet i søen blive påvirket. Kommunen vurderer ansøgningen i forhold til bekendtgørelsen om etablering af jordslangeanlæg, men også i forhold til naturbeskyttelsesloven, såfremt søen er større end 100 m².



Figur 6.16. Søvandsanlæg (slanger i søen).

6.3.1 Etablering af søvandsanlæg med slanger

Søvandsanlæg, populært kaldet søvarme, etableres ved, at der nedlægges en slange i søen svarende til en jordslange for jordvarmeanlæg. Slangen lægges typisk på søens bund, hvor den skal forankres forsvarligt. Systemet fungerer ligesom et jordvarmeanlæg, hvor der i slangen cirkulerer en frostsikret væske. Der er ikke nogen officielle dimensioneringsregler i Danmark for søvarmevarmeoptagere. Varmeoptaget er typisk 20-40 W/m for en 40 mm PEL slange ved temperaturer over 0,5 °C. Søens temperatur kan variere fra 0 °C til 20 °C over året. Typisk er søen kold i vinter- og forårsmånederne og varm i efteråret. Er der gennemstrømning af grundvand, vil temperaturen være 6-8 °C hele året.

6.3.2 Etablering af havvandsanlæg med slanger

Etableringen af et havvandsanlæg kan udføres som ved et søvandsanlæg, hvor der lægges en energioptager, typisk en slange, ud på havbunden.

6.3.4 Etablering af havvandsanlæg med direkte indtag

Ved større anlæg kan det være fordelagtigt at pumpe havvandet ind til en havvandsbestandig varmeveksler. Dette kræver dog, at rør, pumper og veksler er havvandsbestandige, og at de udføres i plast og særlige stålkaliteter. Ved etablering af denne type anlæg skal man være særligt opmærksom på frysepunktet for havvandet, samt at begroninger i rørsystemet og varmevekslere kan skabe problemer.

6.4 Grundvand

Grundvand kan anvendes som varmekilde til varmepumper. Det har den fordel, at temperaturen er konstant året rundt – i Danmark ca. 9 °C. På grund af høje initialomkostninger til borearbejder og rørføringer er grundvand ikke økonomisk attraktivt til varmepumper i enkelthuse. Fælles anlæg med min. 50 huse og større bygninger vil være attraktive med grundvand som varmekilde.

Det kræver som minimum 2 borer – en boring for indvinding af grundvandet (varm boring) og en boring for returledning af grundvandet (kold boring). Grundvandet skal indvindes fra et returledes til det samme grundvandsmagasin. Der er således ikke tale om noget nettoforbrug af grundvand.

Indvinding af varme fra grundvand kræver en særlig tilladelse fra kommunen. Ansøgningerne behandles efter Vandforsyningsloven (tilladelse til indvinding af grundvand) og Miljøbeskyttelsesloven (tilladelse til tilbageledning af grundvand).

Sagsbehandlingen og vilkårene for grundvandskøle- og varmeanlæg sker med udgangspunkt i Miljøministeriets "Bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg" (BEK 1716 af 15. december 2015). Bekendtgørelsens regler skal sikre, at grundvandskvaliteten i magasinet bevares, og at der ikke er fare for termisk forurening af vandforsyningsanlæg. Der skal derfor foretages en analyse af de termiske påvirkninger, som varmeindvindingen påfører grundvandsmagasinet.

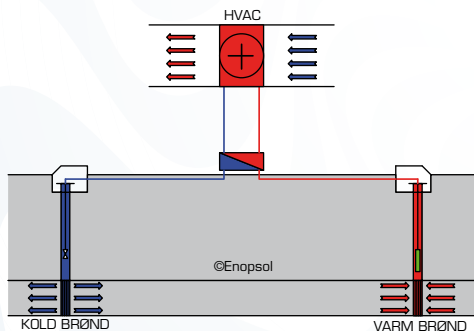


6.4.1 Et 1-flow eller 2-flow system

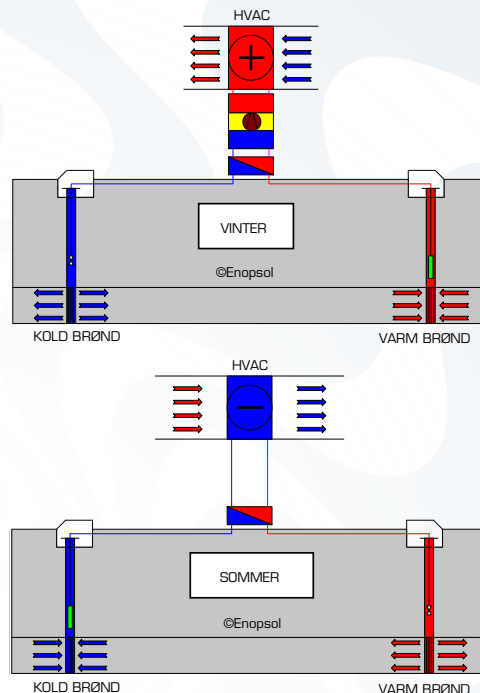
Anlæggene kan udføres som 1-flow eller 2-flow systemer. Ved 1-flow systemer pumpes grundvandet i den samme retning hele året rundt fra varm til kold boring. Grundvandet må ikke returneres ved temperaturer under 2 °C. Der kræves større afstand mellem borerne i forhold til 2-flow systemer for at undgå termisk kortslutning mellem de to borerne.

Ved 2-flow systemer (såkaldte ATEs-anlæg) pumpes grundvandet fra varm til kold boring i den kolde tid af året og fra kold til varm boring i den varme del af året. Dette er attraktivt, når der både er et varme- og et kølebehov til f.eks. rumkøling. Her udnyttes grundvandsmagasinernes gode evne til at lagre kulde og varme over lange tidsrum. Det bliver herved muligt at lagre f.eks. solvarme, kølevarme eller restvarme i grundvandsmagasinet ved temperaturer op til 25 °C fra sommer til vinter. Herved kan varmepumperne opnå en højere SCOP, da grundvandstemperaturen bliver højere om vinteren.

Der er i dag udført ca. 50 større grundvandskøle- og varmepumpeanlæg i Danmark, og potentialet er betydeligt større.



Figur 6.17. 1-flow system. Grundvandet pumpes fra "varm brønd" gennem en varmeveksler til "kold brønd". Mellem varmeveksler og varmepumpe er indskudt en vandkreds, som forsyner varmepumpens fordamper.



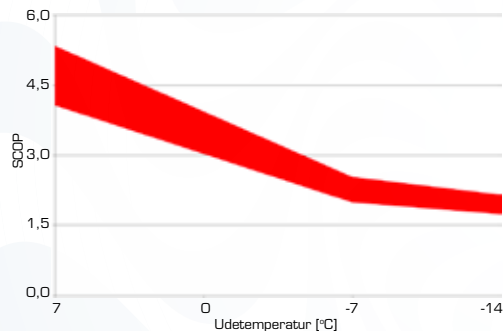
Figur 6.18. 2-flow system (ATES-anlæg). Grundvandet pumpes fra "varm brønd" gennem en varmeveksler til "kold brønd" om vinteren. Mellem varmeveksler og varmepumpe er indskudt en vandkreds, som forsyner varmepumpens fordamper. Om sommeren pumpes fra "kold brønd" gennem varmeveksler til "varm brønd". Grundvandet bruges her som kilde til køleformål og kølevarmen lagres i grundvandsmagasinet.

6.5 Luftvarme

Udeluft benyttes som varmekilde i både luft/luft og luft/vand varmepumper. Udeluften har på årsbasis en gennemsnitlig temperatur på 7 °C og i fyringssæsonen en gennemsnitlig temperatur på 3,6 °C. Udeluften er derfor en udmærket varmekilde, men for at udeluften kan udnyttes bedst muligt, kræver det, at varmepumpens afrinningsfunktion er optimal, da varmepumpen kører i mange timer, hvor afrimning er nødvendig.

Effektiviteten af varmepumpen falder typisk med 10-15 %, når afrimning er nødvendig. Behovet for afrimning mindskes, jo lavere udetemperaturen er, da vandindholdet i luften er relativt lavt.

Som det ses af figur 6.19 falder SCOP på en luft/luft varmepumpe som funktion af faldende udetemperatur. Overslagsmæssigt stiger energiforbruget for varmepumpen 3 %, for hver grad udetemperaturen falder.



Figur 6.19. Interval af SCOP for en række luft/luft varmepumper som funktion af udetemperatur.

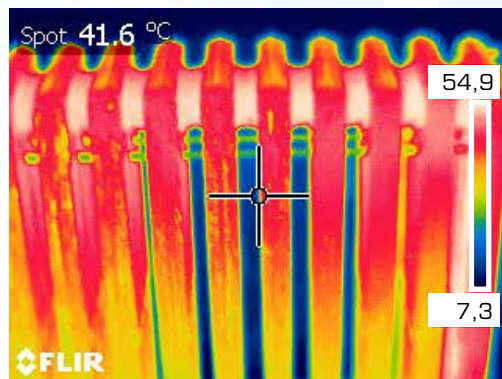
Ved placering af luft/luft eller luft/vand varmepumper skal man være opmærksom på, at støjniveauet ikke må overstige værdier svarende til de vejledende grænseværdier for natperioden i tabel I i Miljøstyrelsens Vejledning nr. 5/1984.

7 Varmeafgivelsessystemer

Kapitlet beskriver, hvilke krav de forskellige varmeafgivelsessystemer stiller til en varmepumpe for, at de energimæssige og økonomiske konsekvenser bliver så gode som muligt.

7.1 Radiatoranlæg

Radiatorernes størrelse dimensioneres til at kunne opvarme boligen med det dimensionerede varmetab, dvs. ved en udetemperatur på -12 °C ved frem- og returtemperaturer som angivet i tabel 7.1 og 7.2.



Figur 7.1. Eksempel på temperaturforhold i en radiator (termografiering).

Radiatorers ydelse bestemmes efter DS/EN 442 ved temperatursættets fremløb/returløb/rum på 75/65/20 °C.

Ved dimensionering af radiatoranlæg benyttes de fremløbs- og returtemperaturer, som er angivet i tabel 7.1 og 7.2.

	Fremløb [°C]	Returløb [°C]
Direkte fjernvarme	60	40
Indirekte fjernvarme	55	35
Gas- og oliekedler (ikke kondenserende)	60	40
Kondenserende gaskedler	60	40
Kondenserende oliekedler	55	45
Varmepumper	55	45

Tabel 7.1. Temperatursæt ved dimensionering af to-strengs-anlæg.

	Fremløb [°C]	Returløb [°C]
Direkte og inddirekte fjernvarme	50	40
Gas- og oliekedler (ikke kondenserende)	50	40
Kondenserende gaskedler	55	45
Varmepumper	55	45

Tabel 7.2. Temperatursæt ved dimensionering af et-strengs-anlæg.

I dag er det sjældent, at der installeres et-strengs radiatoranlæg i enfamiliehuse og etageejendomme, da det er ufordelagtigt af mange grunde, bl.a. energimæssige.

I ældre olie- og gasopvarmede ejendomme – det vil sige bygninger opført før slutningen af 1980'erne – dimensionerede man typisk varmeanlæggene til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C ved en udetemperatur på -12 °C. I fjernvarmeopvarmede ejendomme dimensionerede man helt op til midten af 1990'erne typisk varmeanlæggene til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 40 °C ved en udetemperatur på -12 °C.

Det vil sige, at de temperatursæt, der tidligere blev benyttet ved dimensionering, er væsentligt anderledes, end de temperatursæt der benyttes i dag.

De høje dimensionerende fremløbs- og returtemperaturer kan medføre problemer f.eks. ved udskiftning af varmekilde. Ønsker man eksempelvis at udskifte en ældre gaskedel til en varmepumpe, som kører ved lavere fremløbs- og returtemperaturer, vil det lavere temperaturniveau medføre, at radiatorernes ydelse reduceres. Dette betyder, at det kan være nødvendigt at installere ekstra eller større radiatorer.

Radiatorers ydelse angives i radiatorproducenternes kataloger ofte ved temperatursættet 70/40/20 °C (fremløb/returløb/rum).

Som det ses i tabel 7.1 og 7.2, er de temperatursæt, der benyttes ved dimensionering i nogle tilfælde væsentligt anderledes end de temperatursæt, som anvendes ved angivelse af radiatorydelsen i kataloger.

Der må derfor foretages en omregning af radiatorydelse til det anvendte temperatursæt.

Tabel 7.3 viser relative ydelser for en radiator ved forskellige fremløbs- og returtemperaturer. Ydelsen ved temperatursættet 75/65/20 °C er angivet til 1,000 (blå baggrund), da det er referencen.

Returtemperatur [°C]	Fremløbstemperatur [°C]											
	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
80	1,409	1,341										
75	1,334	1,269	1,203									
70	1,258	1,196	1,133	1,069								
65	1,180	1,120	1,061	1,000	0,938							
60	1,100	1,044	0,987	0,929	0,871	0,812						
55	1,017	0,964	0,911	0,857	0,802	0,746	0,690					
50	0,932	0,883	0,833	0,782	0,731	0,679	0,626	0,572				
45	0,843	0,797	0,751	0,704	0,657	0,609	0,560	0,511	0,460			
40	0,749	0,707	0,665	0,622	0,579	0,536	0,491	0,447	0,401	0,354		
35	0,648	0,611	0,573	0,535	0,496	0,457	0,418	0,379	0,338	0,297	0,254	
30	0,536	0,503	0,471	0,438	0,405	0,372	0,338	0,304	0,270	0,235	0,200	0,163
25	0,400	0,374	0,348	0,322	0,296	0,270	0,244	0,218	0,191	0,164	0,137	0,110

Tabel 7.3. Relative ydelser for en radiator ved forskellige fremløbs- og returtemperaturer.

7.1.1 Regneark til overslagsmæssig beregning af radiatorydelser

Hvis radiatorerne er for små, kan de udskiftes til radiatorer med større overfladeareal (ydelse). Til det formål kan regnearksværktøjet "Beregning af varmeafgivere" anvendes. Værktøjet kan hentes på Videncenter for energibesparelser i bygnings hjemmeside.

I regnearket er det bl.a. muligt at angive hvilke typer radiatorer, der benyttes, samt dimensionen på disse (højde og bredde/længde). Radiatorfabrikanten vil også kunne udføre den nødvendige beregning.

Eksempel 8 – LCC – beregninger på to alternative energiforbedringer af bolig

I et parcelhus på 141 m² fra 1971 kan transmissions- og ventilationsstabet beregnes til 9,4 kW ved hjælp af Be18.

Varmesystemet består af radiatorer, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C.

Husets dimensionerende varmetab er højt, hvilket bl.a. skyldes, at to af ydervæggene (facader) består af letklinkerbeton (18 cm lecaelement) uden isolering.

Alle vinduerne i huset består af 2-lags termoruder.

Den varmeproducerende enhed er en ældre gaskedel med en virkningsgrad på 80 % (ved fuldlast).

Der benyttes en 100 liter elopvarmet varmtvandsbeholder. Varmetabet fra varmtvandsbeholderen, som er med til at dække en lille del af rumopvarmingsbehovet, indgår i nedenstående beregninger.

I det følgende undersøges, hvad det betyder for varmesystemet, hvis der installeres et luft/vand varmepumpeanlæg som dimensioneres til en fremløbstemperatur på 55 °C og en returtemperatur på 45 °C. Varmesystemet ændres ikke, så ved en udetemperatur på -12 °C skal fremløbstempera-

ren være 80 °C, og returtemperaturen skal være 60 °C.

I tabel 7.3 kan den relative ydelse ved en fremløbs-temperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C aflæses til 0,987. (Markeret med grønt). I samme tabel kan den relative ydelse ved en fremløbs-temperatur på 55 °C og en returtemperatur på 45 °C aflæses til 0,511. (Markeret med orange).

Dette betyder, at varmesystemet ved en fremløbs-temperatur på 55 °C og en returtemperatur på 45 °C (maksimalt) kan afgive:

$$P = (0,511 / 0,987) \cdot 9,4 \text{ kW} = 4,87 \text{ kW}$$

Varmepumpen, der skal have den samme effekt som varmesystemet maksimalt kan afgive (ved 55/45 °C), kan således dække ca. 52 % af det dimensionerende varmetab.

En overslagsberegning viser, at når udetemperaturen bliver lavere end -4 °C, skal varmetabet helt eller delvist dækkes på anden vis, f.eks. med en elpatron. Ved delvis dækning af varmetabet kører varmepumpen i serie med anden varmekilde.

Dette kræver, at der anvendes en varmepumpe, der kan klare de høje returtemperaturer fra varmesystemet, som forekommer ved meget lave udetemperaturer.

Ved en udetemperatur på -12 °C vil returtemperaturen fra varmesystemet til varmepumpen være 60 °C, hvilket giver den dårlige driftsbetingelser.

Energimæssigt kan varmepumpen dække ca. 84 % af varmebehovet (rumopvarmning). De resterende 16 % dækkes ved hjælp af en elpatron.

En måde at undgå at der i en stor del af opvarmningssæsonen skal anvendes en elpatron, kunne være at installere et større radiatorareal, således at det dimensionerende varmetab på 9,4 kW kan dækkes ved en fremløbstemperatur på 55 °C og en returtemperatur på 45 °C.

I dette tilfælde vil man typisk vælge en varmepumpe, der kan dække ca. 80 % af det dimensionerende varmetab, dvs. en varmepumpe på 7,5 kW. Energimæssigt kan varmepumpen dække 98 % af varmebehovet (rumopvarmning). De resterende 2 % dækkes ved hjælp af en elpatron.

En anden måde at undgå den høje dimensionerende fremløbs- og returtemperatur på er ved at reducere bygningens dimensionerende varmetab.

Som nævnt i indledningen er der mulighed for at efterisolere to ydervægge samt at udskifte vinduerne med 2-lags termoruder til vinduer med lavenergiruder. Hvis disse tiltag udføres, vil transmissions- og ventilationstabet ifølge Be18 blive reduceret til 5,5 kW, hvilket er højere end den effekt, varmesystemet kan yde.

Hvis bygningens varmetab skal reduceres fra 9,4 kW til 4,87 kW vil det kræve urentable energibesparende foranstaltninger og dermed endnu højere levetidsomkostninger. Der arbejdes derfor ikke videre med dette tiltag.

I tabel 7.4 ses data for bygningens rumopvarmingsbehov, varmeydelse fra varmepumpe og elpatron, elforbrug m.m. for de to alternativer. For de to alternativer ses desuden udgifter til el og nødvendige investeringer over anlæggenes levetid.

Alternativ 2 har de højeste investeringsomkostninger. Til gengæld er levetidsomkostningerne her de laveste.

Alle energidata i nedenstående tabel kommer fra Be18.

Energiforbedring	1: Varmepumpe + el + opvandede radiatorer (80/60 °C)	2: Varmepumpe + el + store radiatorer (55/45 °C)
Rumopvarmningsbehov [kWh/år]	23.500	23.500
Varmepumpeydelse [kWh/år]	19.800	23.500
Elvarme (elpatron) [kWh/år]	3.700	0
Elforbrug til varmpumpe [kWh/år]	7.300	7.700
I alt [kWh/år]	11.000	7.700
El udgift [kr./år]	18.200	12.700
Udgift radiatorer [kr.]	-	13.700
Udgift varmpumpe [kr.]	85.800	95.100
Udgift i alt [kr.]	85.800	108.800
Service og vedligehold [kr.]	30.000	30.000
LCC	479.800	392.800

Tabell 7.4. Udgift til varmpumpe samt drift og vedligehold over en 20 årig periode.

7.2 Gulvarmeanlæg

Gulvarme er blevet en populær opvarmningsform, også som eneste varmeanlæg.

Der skelnes mellem barfodsområder og opholdsrum.

- I barfodsområder bør overfladetemperaturen kunne reguleres i intervallerne fra 26-30 °C ved tunge materialer og fra 23-28 °C ved lette materialer som træ.
- I opholdsrum bør overfladetemperaturen kunne reguleres i intervallerne fra 19-29 °C

I praksis skal der ved almindeligt brug regnes med, at overfladetemperaturen i opholdsrum skal være 22-23 °C som minimum.

I randzoner, eksempelvis langs ydervægge og ved store vinduespartier, kan tolereres højere temperaturer.



Figur 7.2. Gulvarmeanlæg.

Gulvarmeanlæg dimensioneres ligesom radiatoranlæg til at kunne opvarme rummet ved det dimensionerende varmetab, dvs. ved en udetemperatur på -12 °C.

Varmeydelsen fra et gulv bestemmes (for alle gulve) ved:

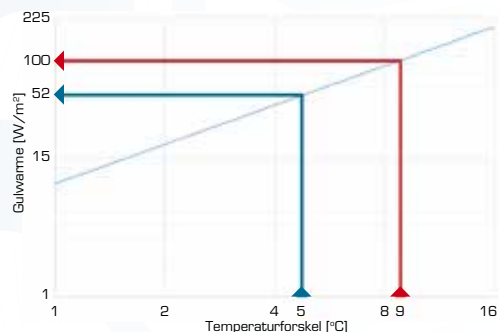
$$\phi = 8,92 \cdot (t_{\text{gulv}} - t_o)^{1,1} \text{ W/m}^2$$

hvor:

- t_{gulv} er gulvets overfladetemperatur i °C
- t_o er omgivelsestemperaturen (hvilket stort set svarer til den ønskede temperatur af rumluften) i °C

I figur 7.3 ses, at gulve kan yde 100 W pr. m² ved en overfladetemperatur på 29 °C og en rumtemperatur 20 °C. Dette er rigeligt i forhold til dimensionerende varmetab i nyere huse, dvs. opført efter 1977.

Varmeafgivelsen afhænger af gulvets konstruktion. Eksempelvis bør overfladetemperaturen på et trægulv maks. være 27 °C. Ønskes en rumtemperatur på 22 °C (temperaturforskel på 5 °C) kan gulvet yde 52 W pr. m².



Figur 7.3. Varmeafgivelse fra gulv som funktion af temperaturforskellen mellem gulvoverfladen og rumtemperaturen.

Der findes en del ydelsesangivelser fra de forskellige leverandører, som er baseret på testresultater. Disse ydelser er ofte væsentligt højere end beregnet efter standarderne ved tunge og lette gulvvarmeanlæg. Det skyldes, at der i standarderne er lagt væsentlige sikkerheder ind.

Der er en meget væsentlig pointe i, at gulvet skal udføres præcis, som det testede, hvis man skal regne med de høje ydeevner.

Hvis gulvets ydeevne i praksis afviger, kan det skyldes følgende:

- Afvigende rørafstand.
- Afvigende udførelse af klaplæg.
- Afvigende udførelse af kontakt mellem varmeplader og træoverflade ved lette gulve.
- Afvigende kontakt mellem rør og varmefordeler ved lette gulve.

For lette gulve giver standardens beregninger ofte en værdi, der er mellem 50 og 75 % af de opgivne ydelser.

I rum, hvor det skal være muligt at ændre rumtemperaturen over døgnet, eller der er stor variation i varmebelastningen, må der ikke installeres varmesystemer med stor termisk træghed, fx gulvarme med kabler eller rør indstøbt i beton som hovedvarmekilde.

Hvis gulvvarmeslanger er indstøbt i 8 cm beton eller mere betragtes det at have stor termisk træghed uanset dæklagets tykkelse.

Fremløbstemperaturen skal altid vælges ud fra de krav/begrænsninger, som gulvbelægning, gulvvarmeslange og gulvopbygning stiller/sætter. I tabel 7.5 ses den anbefalede fremløbstemperatur til gulvvarmekredse afhængig af gulvtypen.

Gulvtype	Fremløbstemperatur [°C]
Trægulv (strøer)	40-45
Trægulv (støbt fundament)	35-40
Klinker/flisegulve (støbt fundament)	25-30

Tabel 7.5. Anbefalede fremløbstemperaturer til gulvvarmekredse i afhængighed af gulvtypen.

Eksempel 9 – Beregning af energiforbrug ved anvendelse af radiatorer og gulvarme

I et parcelhus på 143 m² fra 2007 kan transmissions- og ventilationstabet beregnes til 6,7 kW ved hjælp af Be18.

I huset er installeret en væske/vand varmepumpe (jordvarme). Varmesystemet består af radiatorer, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 55 °C og en returtemperatur på 45 °C.

I tabel 7.6 ses det årlige energiforbrug (beregnet ved hjælp af Be18) med henholdsvis det eksisterende varmesystem (radiatorer) og et gulvarmesystem dimensioneret til en fremløbstemperatur på 35 °C og en returtemperatur på 30 °C.

	Væske/vand varmepumpe til radiator (55/45 °C)	Væske/vand varmepumpe til gulvarme (35/30 °C)
Rumopvarmningsbehov [kWh] ¹⁾	6.100	6.700
Varmt brugsvand [kWh]	2.300	2.300
I alt [kWh]	8.400	9.000
Varmepumpeydelse [kWh]	7.800	8.400
Elforbrug til varmepumpe [kWh]	2.300	2.000
Elforbrug til varmt brugsvand [kWh]	660	660
I alt [kWh]	2.960	2.660

Tabel 7.6. Årligt energiforbrug for nyt parcelhus med installeret varmepumpe for et varmesystem, der anvender radiatorer og et, der anvender gulvarme.

Note:

1) Rumopvarmningsbehov er inklusiv varmetilskud, som er mindre fra varmeinstallationer til gulvarme (lav temperatur) end til radiatorerne (høj temperatur).

Varmepumpeydelsen er størst, og elforbruget til varmepumpen er lavest, når der benyttes gulvarme. Dette skyldes igen det lavere temperaturniveau og dermed højere SCOP.

Elforbruget til varmepumpen med gulvarme system ses at være 10 % lavere end elforbruget til varmepumpen med radiatorssystem.

7.3 Brugsvandsanlæg

Anlæg til produktion af varmt brugsvand dimensioneres efter DS 439 "Norm for vandinstallationer".

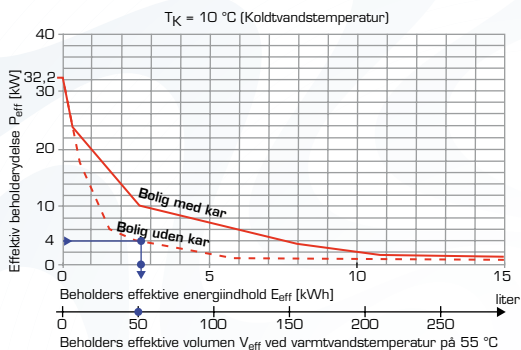
Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyntagen til varmtvandsstedernes antal og brug kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet.

Af hensyn til risikoen for bakterievækst (legionella) bør vandvarmere kunne opvarme brugsvandet til mindst 60 °C. Se afsnit 9.1.3.

De væsentligste data for et anlæg til varmtvandsproduktion er den effekt, som varmebladen kan tilføre vandet og beholderens volumen. I den forbindelse anvendes:

- Det effektive beholdervolumen V_{eff} (det volumen vand der kan tappes fra beholderen med varmtvandstemperatur $T_{V,D}$, før vandets afgangstemperatur er faldet til under en given afgangstemperatur $T_{V,\text{min}}$). Beholderens geometriske volumen V kan sættes til $1,15 V_{\text{eff}}$.
- Den effektive beholderydelse P_{eff} er den effekt, som varmebladen kan yde kontinuert ved en given effektilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldt vandstemperatur T_K til den varmt vandstemperatur T_V , som kan opnås ved den valgte vandstrøm q_v . P_{eff} , som aflæses i leverandørernes kataloger, er for rene varmeblader. Effekten skal derfor korrigeres for belægninger med ca. 15 %.

På baggrund af tappeprogrammer, der kan ses i DS 439 kapitel 2.5.2.1.2. "Vandvarmere til flere tapsteder i en helårsbolig", er dimensioneringsdiagrammet i figur 7.4 udarbejdet. I diagrammet ses den effektive beholderydelse P_{eff} som funktion af beholderens effektive volumen V_{eff} .



Figur 7.4. Dimensioneringsdiagram (P-E-kurve) for vandvarmere, der forsyner alle varmtvandskøber i en helårsbolig til familie med og uden badekar.

Eksempel 10 – Beregning af anlæg til varmt brugsvand

En varmepumpe afgiver 4,6 kW til brugsvands-systemet. Effekten skal som tidligere nævnt korrigeres for belægninger på varmepladen i varmtvandsbeholderen med ca. 15 %. Effekten P_0 der kan overføres til brugsvandet er derfor:

$$P_0 = 4,6 \text{ kW} / 1,15 = 4 \text{ kW}$$

Ved hjælp af figur 7.4 kan beholderens effektive volumen bestemmes til ca. 50 liter. Det er forudsat, at der ikke er installeret badekar i boligen. Beholderens geometriske volumen kan herefter bestemmes til:

$$V = 1,15 \cdot 50 \text{ liter} = 58 \text{ liter}$$

Der kan nu vælges en beholder på 60 liter (standardstørrelse). I parcelhuset bor to personer, som bruger 30 m³ varmt vand om året. I tabel 7.7 ses det årlige varmeforbrug og årlige udgifter til opvarmning af vandet for to alternative varmeanlæg. Det ene er ovennævnte væske/vand varmepumpeanlæg, mens det andet er det oliefyrede varmeanlæg. Beregningerne er foretaget med Be18.

Energiindholdet i den opladede beholder kan aflæses til 2,6 kWh, men kan også beregnes som:

$$E_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} \cdot c_p \cdot \Delta T = 50 \cdot 4,187 \cdot (55-10) \text{ kJ} \\ = 9.420 \text{ kJ} = 2,62 \text{ kWh}$$

	Væske/vand varmepumpe	Kondenserende oliekedel
Årligt netto varmebehov til varmt brugsvand inkl. varmetab fra installationen [kWh/år]	1.660	1.660
Årligt energiforbrug [kWh/år]	915 ¹⁾	1.750
Årlig udgift til opvarmning af det varme brugsvand [kr./år]	1.500	1.730
Udgift for en opladning (60 liter) [kr./opladning]	(1.500 kr./år / 30.000 liter/år) · 60 liter = 3,0 kr.	(1.730 kr./år / 30.000 liter/år) · 60 liter = 3,5 kr.

Tabel 7.7. Årlige udgifter til opvarmning af varmt brugsvand for to alternative varmeanlæg.

Note:

1) Det årlige elforbrug til varmepumpen på 915 kWh består af 305 kWh til varmepumpen og 610 kWh til elvarmepatronen i varmtvandsbeholderen. Varmepumpen yder 1.050 kWh, dvs. 63 % af det årlige netto varmebehov til varmt brugsvand.

7.4 Boligventilationsvarmepumper

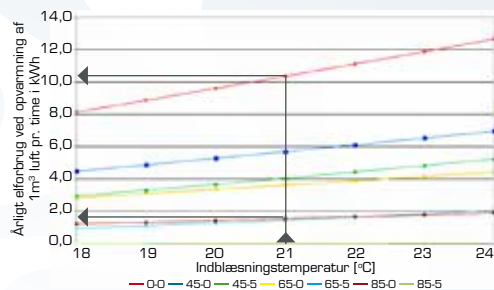
Varmepumper benyttes også til varmegenvinding i ventilationsaggregater. Til eksempelvis boligventilation kan varmepumpen være en integreret del af et ventilationsaggregat med varmegenvinding.

I figur 7.5 ses et eksempel på et aggregat med varmegenvinding og varmepumpe. Varmegenvindingsenheden, som i dette tilfælde er en heat-pipe, benyttes som forvarmeveksler. Denne type varmegenvindingsenhed har typisk en temperaturvirkningsgrad på 45-55 %. Varmepumpens kondensator benyttes som eftervarmeeflade.



Figur 7.5. Varmepumpe i ventilationsanlæg.

I figur 7.6 ses årligt elforbrug i kWh til en varmepumpe ved opvarmning af 1 m³/h luft i tidsrummet fra kl. 0.00 til kl. 24.00. Det årlige elforbrug ses som funktion af indblæsningstemperaturen. Elforbruget kan aflæses ved forskellige temperaturvirkningsgrader for varmegenvindingsenheden i ventilationsaggregatet samt differensen mellem udsugnings- og indblæsningstemperaturen. Der er forudsat en SCOP på 3,8 for varmepumpen.



Figur 7.6. Årligt elforbrug i kWh til en varmepumpe ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time i tidsrummet fra kl. 0.00 til kl. 24.00. Tallene bag farvesignaturene angiver temperaturen fra varmegenvinderen samt differensen mellem udsugnings- og indblæsningstemperaturen. Årlig SCOP for varmepumperne er sat til 3,8.

Boligventilationsaggregater installeres i dag udelukkende som friskluftanlæg, der udskifter boligens luft 0,5 gange i timen.

Det er i dag ikke tilladt at installere et boligventilationsaggregat primært til rumopvarmning i en bolig. Ifølge Bygningsreglementet skal der ske en automatisk regulering af varmetilførslen efter varmebehovet, og anlægget skal være forsynet med tids- og temperaturstyring af varmetilførslen til rummene.

Eksempel 11 – Beregninger af energiforbrug til ventilation

Parcelhuset i eksempel 8, ventileres med naturlig ventilation. Husets luftskifte skønnes at være 0,5 h⁻¹. Huset har et areal på 141 m² og en loftshøjde på 2,5 m, hvorfor husets volumen er 353 m³. Der udskiftes således 177 m³ luft i timen. I figur 7.6 er der forudsat en SCOP på 3,8 for varmepumpen.

Idet temperaturen i rummene er 21 °C, aflæses det årlige elforbrug til opvarmning af 1 m³ i en time uden varmegenvinding til 10,4 kWh.

Det årlige netto varmeforbrug til opvarmning af friskluften beregnes til:

$$E_{\text{netto}} = 3,8 \cdot 10,4 \text{ kWh/m}^3/\text{h} \cdot \text{år} \cdot 177 \text{ m}^3/\text{h} = 6.995 \text{ kWh/år}$$

Den varmeproducerende enhed i parcelhuset er en ældre gaskedel med en årsnyttsevirkningsgrad på 75 % (beregnet ved hjælp af Be18). Det årlige brutto varmeforbrug til opvarmning af luften er derfor:

$$E_{\text{brutto}} = \frac{6.995 \text{ kWh/år}}{0,75} = 9.327 \text{ kWh/år (gas)}$$

Med en brændværdi på 11 kWh/m³ naturgas, svarer de 9.327 kWh til 848 m³ naturgas.

Med en naturgaspris på 6,80 kr/m³ bliver den årlige udgift:

$$U_{\text{gas}} = 848 \text{ m}^3 \cdot 6,80 \text{ kr/m}^3 = 5.766 \text{ kr.}$$

Ventilationstabet kan reduceres ved installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding og en varmepumpe til eftervarme af luften. Derfor installeres et ventilationsaggregat med en modstrøms varmeveksler. Denne type varmeveksler har typisk en temperaturvirkningsgrad på 85 %. I nogle tilfælde kan den være højere. I figur 7.6 kan det årlige elforbrug ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time aflæses til 1,6 kWh.

Det årlige elforbrug til varmepumpen kan herefter beregnes til:

$$E_{\text{opvarm}} = 1,6 \text{ kWh/m}^3/\text{h} \cdot \text{år} \cdot 177 \text{ m}^3/\text{h} = 283 \text{ kWh/år (el)}$$

Elforbruget til drift af ventilatorerne vil skønsmæssigt være 345 kWh/år el. Det forudsættes, at anlægget lever op til BR18's krav om, at elforbruget til lufttransport i boligventilationsanlæg maksimalt må være 800 W/m³/s.

Elforbruget til ventilation kan nu findes som:

$$E_{\text{el}} = \frac{177 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 800 \text{ W/m}^3/\text{s} \cdot 8.760 \text{ h/år}}{3.600 \text{ s/h} \cdot 1.000 \text{ W/kWh}} = 345 \text{ kWh/år}$$

Med en elpris på 1,65 kr/kWh bliver den årlige udgift:

$$U_{\text{el}} = (283 + 345) \text{ kWh} \cdot 1,65 \text{ kr/kWh} = 1.036 \text{ kr.}$$

Den årlige besparelse ved installation af en ventilationsvarmepumpe er:

$$B = 5.766 \text{ kr.} - 1.036 \text{ kr.} = 4.730 \text{ kr.}$$

Investeringen, som inkluderer kanaler og fittings, montage, isolering, indregulering m.m., vil være 80.000 kr.

Simplet tilbagebetalingstid:

$$TB = \frac{80.000 \text{ kr.}}{4.730 \text{ kr./år}} = 16,9 \text{ år}$$

7.5 Styring og indregulering

Ved indregulering forstås, at centralvarmevandet fordeles, så de enkelte forbrugssteder tilføres netop de beregnede og projekterede mængder samt beregnede temperatursæt for at opnå en energieffektiv drift. Ved styring forstås tilpasning af varmeydelsen i én eller flere zoner for at tilgodese det aktuelle behov og en energieffektiv drift.

Specielt er det vigtigt for varmepumpens driftsforhold, at varmegiverne udnyttes optimalt, dvs. så ensartet som muligt, så returtemperaturen i varmesystemet til varmepumpen er så lav som mulig. For rum opvarmet med radiators eller gulvarme er det derfor vigtigt, at forindstillingen af radiatortermostatventilen og gulvarmeventilen udføres korrekt.

7.5.1 Radiatortermostatventiler

For radiatorssystemer betyder det som oftest, at der er monteret forindstillelige termostatventiler. Når alle termostatventiler er åbnet så meget, som forindstillingen tillader, og når alle radiators derefter gennemstrømmes af den ønskede vandstrøm, er anlægget i balance. Den ønskede rumtemperatur kan herefter opnås, når fremløbstemperaturen er korrekt.

Forindstillingsventiler

For radiatortermostatventiler og andre reguleringsventiler i øvrigt gælder, at det er trykdifferensen Δp over ventilen, der driver vandet igennem ventilen. Δp over radiatortermostaten bør være maks. 10 kPa på grund af risiko for støj.

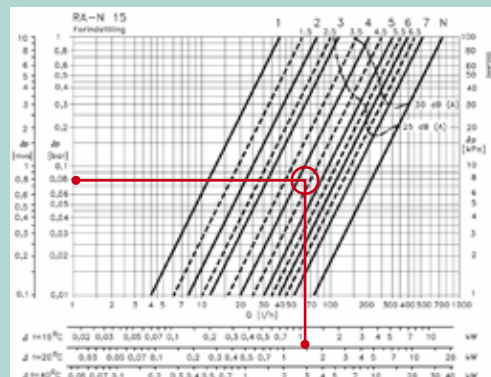
Der anvendes normalt et tryk på 5-10 kPa som udgangspunkt.

Ved for lavt differenstryk kan der komme for lidt vand gennem ventilen og radiatoren, hvilket medfører manglende varme.

Eksempel 12 – Beregninger af forindstilling af radiatortermostatventil

I figur 7.7 ses et diagram til bestemmelse af forindstillingen af en radiatortermostatventil. Forindstillingen findes ved at gå ind på x-aksen med varmebehovet og y-aksen med differenstrykket. Skæring mellem de to viser forindstillingsværdien.

I figuren er skæringen mellem varmebehovet [1,5 kW ved en temperaturdifferens på 20 °C] og differenstrykket over ventilen [0,075 bar] indtegnet. Skæringspunktet svarer til en forindstilling på 4,5.



Figur 7.7. Bestemmelse af forindstillingen af en radiatortermostatventil.

7.5.2 Termostatventiler for gulvarme

Varmeafgivelsen fra gulvarmeanlæg kan ligeledes styres af termostatventiler. I de fleste tilfælde reguleres varmeafgivelsen af en vægmonteret regulator i hvert rum, der styrer en termoaktuator for det pågældende rum, idet der er én gulvarmekreds for hvert rum. Hvis der er stor forskel på differenstrykket over de enkelte ventiler for gulvarmekredsene, bør der monteres ventiler med mulighed for forindstilling. Det er ikke tilladt alene at styre varmetilførslen til en gulvarmekreds ved drøvling.

Termoaktuatorer monteres på en gulwarmemansfold, hvor de anvendes til on/off regulering. Termoaktuatorer kan ikke positioneres i en given indstilling.

Trykdifferensen Δp over motorventilen bør være maks. 5 kPa.

Forindstillingsventiler

Det er vigtigt, at gulvarmeanlægget er korrekt indreguleret, da der ellers ikke er nogen garanti for, at der kan opnås den ønskede temperatur i de enkelte rum. Gulvarmeanlæg er derfor udstyret med indreguleringsventiler, der kan være monteret i returmanifolden. Forindstillingen af ventilerne bestemmer gennemstrømningen i gulvarmeslangerne og er derfor en vigtig faktor, for at opnå den optimale vandbalance i systemet.

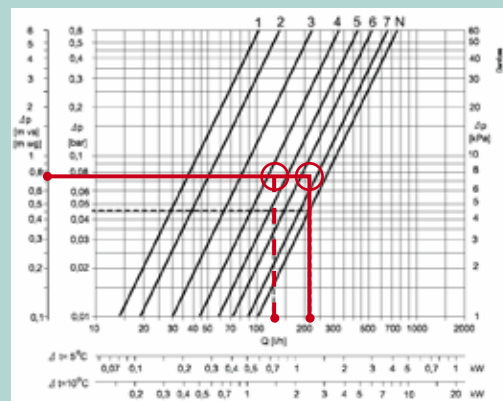
Der er en række regler, der er vigtige at overholde i forbindelse med beregningen af indreguleringen af de enkelte gulvarmekredse. For det første skal man huske, at ventilen til den længste gulvarmekreds altid skal stå helt åben. De efterfølgende ventiler indstilles herefter således, at tryktabet over de øvrige kredse bliver det samme som over den længste. Dette gøres blandt andet ved at beregne det nødvendige flow for hver enkelt kreds.

Eksempel 13 – Beregninger af forindstilling af gulvarmeventil

I figur 7.8 ses et diagram til bestemmelse af forindstillingen af en gulvarmeventil. Forindstillingen findes ved at gå ind på x-aksen med flowet og y-aksen med differenstrykket. Skæring mellem de to viser forindstillingsværdien.

Flowet i den længste slange er beregnet til 220 l/h. Tryktabet i slangen er beregnet til 0,8 mVs. Ventilen skal stå fuldt åben og indstilles i position N.

Flowet i den næste slange er beregnet til 130 l/h. Tryktabet i slangen skal være det samme som i den længste slange, altså 0,8 mVs. Ventilen skal derfor indstilles i position 5.



Figur 7.8. Bestemmelse af forindstillingen af en gulvarmeventil.

Reguleringen af varmegiverne skal have rimelig kort indsvingningstid, og ændringer i varmebehovet må ikke medføre, at det er nødvendigt at ændre reguleringens (f.eks. ventilernes) indstillingsværdi.

8 Nøgletal for varmepumpeanlæg

Kapitlet gennemgår varmepumpens forventelige elforbrug pr. m² opvarmet areal i afhængighed af byggeår og bygningstype. Varmepumpens SCOP vurderes i afhængighed af varmekilde og anvendelsesformål. Endelig vurderes den nødvendige investering pr. m² opvarmet areal eller kW optagne effekt.

8.1 Effektfaktor COP og årseffektfaktor SCOP

Effektfaktoren COP er en "driftsnytttevirkning" ved bestemte driftsforhold og angiver ikke, hvordan årsnytttevirkningen for varmepumpen vil være. Når et varmepumpeanlæg driftsøkonomisk vurderes, kan man benytte SCOP som er et udtryk for den leverede energi set i forhold til den tilførte energi over et normalår. Værdierne i varmepumpe listen kan benyttes til at vurdere årseffektiviteten for forskellige typer varmepumper (højest for de bedste) og forskellige varmeafgiversystemer. Se figur 8.1.

Produkt	Støj (dB)	SCOP
Bosch Jordvarmepumpe Compress FDD LWS Energimærkning A++	49 dB	4,33
CTC Jordvarmepumpe CTC Go 12 Energimærkning A++	47 dB	4,28
Metro Therm Jordvarmepumpe Mikrovarmer MBP 16 Energimærkning A++	42 dB	4,05
Vølund Jordvarmepumpe Vølund F1155-16 Vølund F1155-15 Energimærkning A++	42 dB	4,05
Viessmann Jordvarmepumpe	47 dB	4,02

Figur 8.1 Eksempler på støj og SCOP for væske/vand varmepumper (jordvarme) på Energistyrelsens varmepumpe liste. November 2018.

I tabel 8.1, 8.2 og 8.3 ses SCOP for væske/vand varmepumper, luft/vand varmepumper samt for luft/luft varmepumper. Data er baseret på varmepumpe listen.

	SCOP		Varmeydelse [kW]	
	Gnsn.	Interval	Gnsn.	Interval
Gulvarme	4,88	[4,2-5,7]		
Radiatorvarme	3,69	[3,3-4,3]	11,02	[4,1-18,8]

Tabel 8.1. SCOP og varmeydelse for væske/vand varmepumper, baseret på data fra varmepumpe listen. SCOP og ydelser er angivet iht. EN 14825.

	SCOP		Varmeydelse [kW]	
	Gnsn.	Interval	Gnsn.	Interval
Gulvarme	4,28	[3,6-5,0]		
Radiatorvarme	3,21	[3,0-3,9]	7,94	[2,8-16,1]

Tabel 8.2. SCOP og varmeydelse for luft/vand varmepumper, baseret på data fra varmepumpe listen. SCOP og ydelser er angivet iht. EN 14825.

	SCOP		Varmeydelse [kW]	
	Gnsn.	Interval	Gnsn.	Interval
Rumvarme	4,60	[3,9-5,7]	3,10	[2,3-4,5]

Tabel 8.3. SCOP og varmeydelse for luft/luft varmepumper, baseret på data fra varmepumpe listen. SCOP og ydelser er angivet iht. EN 14825.

8.1.1 Energimærkede varmepumper

Der er foretaget beregninger af SCOP for både radiator drift og for gulvarmedrift for alle varmepumper, der er energimærkede i henhold til det europæiske ecodesign direktiv.

SCOP udregnes efter standarden EN 14825. Alle varmepumper på varmepumpe listen er testede efter denne standard, og SCOP er udregnet.

SCOP for gulvarmedrift er altid større end SCOP for radiator drift, idet fremløbstemperaturen er lavest ved gulvarmedrift.

SCOP er retningsgivende og kan benyttes til sammenligning af forskellige varmepumper.

SCOP kan ikke (alene) benyttes til at bestemme energiforbruget på et konkret hus. Dette vil kræve en detaljeret undersøgelse af det konkrete hus og installation.

SCOP viser varmepumpens effektivitet for rumopvarmning, men inkluderer ikke brugsvandsopvarmning. SCOP for brugsvandsopvarmning skal beregnes særskilt. Derefter kan der udregnes en samlet effektivitet for den pågældende bolig. SCOP for den samlede effektivitet i boligen er meget afhængig af brugsvandsandelen set i forhold til rumvarmeandelen.

På Energistyrelsens hjemmeside findes en liste over godkendte varmepumper. Eksempler på væske/vand varmepumper, som er på listen, ses i figur 8.1.

8.1.2 Ecodesignkrav til luft/luft varmepumper

Luft/luft varmepumper er bl.a. omfattet af Lot10, hvor ecodesignkrav og energimærkning er implementeret.

Da luft/luft varmepumper typisk er reversible og dermed også kan køle, stilles der både krav til apparatets varme- og køleudnyttelsesgrad. Varmeudnyttelsesgraden udtrykkes i SCOP og køleudnyttelsesgraden udtrykkes i en sæson-energivirkningsgrad SEER.



Kravene til luft/luft varmepumpens energieffektivitet i 2019 er følgende:

Energieffektivitetsklasse	Luft/luft SCOP
A+++	$5,10 \leq \text{SCOP}$
A++	$4,60 \leq \text{SCOP} < 5,10$
A+	$4,00 \leq \text{SCOP} < 4,60$
A	$3,40 \leq \text{SCOP} < 4,00$
B	$3,10 \leq \text{SCOP} < 3,40$
C	$2,80 \leq \text{SCOP} < 3,10$
D	$2,50 \leq \text{SCOP} < 2,80$

Tabel 8.4. Ecodesignkrav for luft/luft varmepumper.

Ecodesign direktivet sætter krav til minimumseffektivitet for luft/luft varmepumper, hvilket betyder, at SCOP skal være mindst 3,42.

8.1.3 Ecodesignkrav til luft/vand og væske/vand varmepumper

Luft/vand og væske/vand varmepumper til rumopvarmning og til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning er omfattet af codesign Lot 1 (boilers and combi-boilers). Fra 2019 er kravene til energieffektivitet for radiatorer følgende:

Energieffektivitetsklasse	Luft/vand radiator SCOP	Væske/vand radiator SCOP
A+++	$3,83 \leq \text{SCOP}$	$3,95 \leq \text{SCOP}$
A++	$3,20 \leq \text{SCOP} < 3,83$	$3,33 \leq \text{SCOP} < 3,95$
A+	$2,53 \leq \text{SCOP} < 3,20$	$2,65 \leq \text{SCOP} < 3,33$
A	$2,33 \leq \text{SCOP} < 2,53$	$2,45 \leq \text{SCOP} < 2,65$
B	$2,13 \leq \text{SCOP} < 2,33$	$2,25 \leq \text{SCOP} < 2,45$
C	$1,95 \leq \text{SCOP} < 2,13$	$2,08 \leq \text{SCOP} < 2,25$
D	$0,98 \leq \text{SCOP} < 1,95$	$1,10 \leq \text{SCOP} < 2,08$

Tabel 8.5. Ecodesignkrav for radiator tilsluttede luft/vand og væske/vand varmepumper.

Ecodesign direktivet sætter krav til minimumseffektivitet for varmepumper tilsluttet radiatorer, hvilket betyder, at SCOP skal være mindst 2,95 for væske/vand varmepumper og 2,83 for luft/vand varmepumper.

Energieffektivitetsklasse	Luft/vand gulvarme SCOP	Væske/vand gulvarme SCOP
A+++	$4,45 \leq \text{SCOP}$	$4,58 \leq \text{SCOP}$
A++	$3,83 \leq \text{SCOP} < 4,45$	$3,95 \leq \text{SCOP} < 4,58$
A+	$3,15 \leq \text{SCOP} < 3,83$	$3,28 \leq \text{SCOP} < 3,95$
A	$2,95 \leq \text{SCOP} < 3,15$	$3,08 \leq \text{SCOP} < 3,28$
B	$2,75 \leq \text{SCOP} < 2,95$	$2,88 \leq \text{SCOP} < 3,08$
C	$2,58 \leq \text{SCOP} < 2,75$	$2,70 \leq \text{SCOP} < 2,88$
D	$1,60 \leq \text{SCOP} < 2,58$	$1,73 \leq \text{SCOP} < 2,70$

Tabel 8.6. Ecodesignkrav for gulvarme tilsluttede luft/vand og væske/vand varmepumper.

Ecodesign direktivet sætter krav til minimumseffektivitet for varmepumper tilsluttet gulvarme, hvilket betyder, at SCOP skal være mindst 3,33 for væske/vand varmepumper og 3,20 for luft/vand varmepumper.



Eksempel 14 – Årnsnyttevirkning i afhængighed af dækningsgrad af det dimensionerende transmissions- og ventilationstab

	Dækning af dimensionerende varme- og ventilationstab				
	100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
Varmepumpens afgivne effekt	6,8 kW	5,4 kW	4,1 kW	2,7 kW	1,4 kW
Rumopvarmingsbehov [kWh/år]	11.200	11.200	11.200	11.200	11.200
Varmt brugsvand [kWh/år]	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
I alt	14.200	14.200	14.200	14.200	14.200
Varmepumpeydelse [kWh]	13.700	13.700	13.700	12.500	8.000
Elforbrug til rumopvarmning [kWh/år]	-	-	-	1.200	5.700
Elforbrug til varmt brugsvand [kWh/år]	560	560	560	560	560
Elforbrug til varmepumpe – rumopvarmning og brugsvand [kWh/år]	3.700	3.700	3.600	3.240	2.200
I alt [kWh/år]	4.260	4.260	4.160	5.000	8.460
Årnsnyttevirkning	3,22	3,22	3,29	2,50	0,95
El udgift pr. år	7.029	7.029	6.864	8.250	13.959
Anlægsudgift	107.000	100.400	94.200	87.500	81.400
Service og vedligehold	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
LCC	277.580	270.980	261.480	282.500	390.580

Tabel 8.7. Data for varmepumpeanlæg ved forskellige dækningsgrader af dimensionerende varme- og ventilationstab. Beregningerne er foretaget med Be18. Anlæggenes levetid er sat til 20 år, og elprisen til 1,65 kr./kWh.

I et fritliggende parcelhus med et opvarmet areal på 180 m², som er naturligt ventileret, kan det dimensionerende transmissions- og ventilationstab bestemmes til 6,8 kW. Varmeafgiver systemet består af gulvarme, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 35 °C og en returtemperatur på 30 °C.

Af tabel 8.7 fremgår, at man ved 60 % dækning af det dimensionerende varme- og ventilationstab kan få dækket hele varmebehovet. Det skyldes et stort varmetilskud (solindfald og internt tilskud) til bygningen. Set over 20 år vil varmepumpen, ved en afgiven effekt på 4,1 kW, således være den økonomisk mest attraktive. Ved et mindre varmetilskud vil en større varmepumpe sandsynligvis være mere attraktiv (kræver ny Be18 beregning). En varmepumpe bør kun dimensioneres således, hvis en beregning med eksempelvis Be18 viser, at det kan lade sig gøre.

8.2 Nøgletal for elforbrug til varmepumper i enfamiliehuse

På baggrund af nøgletallene for nettovarmebehov i tabel 5.1 og 5.3 er der foretaget beregninger af elforbrug til tre forskellige typer varmepumper som funktion af byggeår og størrelse. Elforbruget til varmepumperne er endvidere beregnet på baggrund af de angivne SCOP i tabel 8.1 til 8.3.

Energiforbruget for forskellige varmepumper er angivet i tabel 8.8 til 8.15. Disse forbrug er baseret på bygninger, hvor der i hovedparten af tilfældene er foretaget energibesparende foranstaltninger (nye vinduer, efterisolering af lofter og ydervægge, udskiftning af kedler m.m.).

En bygning, hvor der ikke er foretaget energibesparende foranstaltninger, som er meget utæt, eller hvor brugen af bygningen er anderledes end normalt (højere rumtemperatur, større vandforbrug), vil have et elforbrug, der kan være betydeligt højere.

8.2.1 Elforbrug til væske/vand varmepumper

Areal [m ²]	Byggeår										
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018		
80	3.221	3.106	3.266	3.141	2.725	2.143	2.292	1.877	1.281		
100	3.800	3.736	3.852	3.773	3.205	2.658	2.654	2.227	1.521		
120	4.285	4.323	4.438	4.358	3.812	3.212	3.196	2.618	1.791		
140	4.948	4.974	5.009	4.956	4.489	3.777	3.785	3.021	2.066		
160	5.412	5.261	5.532	5.477	5.031	4.342	4.296	3.386	2.319		
180	5.947	5.678	6.033	6.025	5.520	4.705	4.611	3.652	2.504		
200	6.199	6.163	6.032	6.318	5.882	5.096	4.953	3.906	2.678		
300	8.516	8.897	8.912	9.147	8.317	7.699	7.773	5.473	3.753		

Tabel 8.8. Elforbrug i kWh/år for væske/vand varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal.

Areal [m ²]	Byggeår										
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018		
80	2.712	2.588	2.744	2.628	2.242	1.656	1.767	1.414	817		
100	3.182	3.117	3.223	3.156	2.601	2.056	2.064	1.655	950		
120	3.559	3.597	3.701	3.644	3.104	2.510	2.494	1.920	1.092		
140	4.099	4.157	4.162	4.150	3.668	2.961	2.933	2.214	1.259		
160	4.479	4.333	4.582	4.550	4.102	3.405	3.352	2.444	1.377		
180	4.891	4.644	4.968	4.988	4.515	3.680	3.567	2.595	1.448		
200	5.004	4.962	4.869	5.186	4.755	3.960	3.788	2.779	1.552		
300	2.712	7.222	7.194	7.429	6.717	5.949	6.063	3.894	2.174		

Tabel 8.9. Elforbrug i kWh/år for væske/vand varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal.

8.2.2 Elforbrug til luft/vand varmepumper

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	3.720	3.587	3.772	3.628	3.148	2.477	2.650	2.170	1.483	
100	4.388	4.315	4.449	4.358	3.703	3.073	3.068	2.575	1.761	
120	4.949	4.994	5.125	5.033	4.404	3.712	3.694	3.027	2.074	
140	5.716	5.744	5.786	5.724	5.186	4.366	4.375	3.494	2.393	
160	6.251	6.077	6.390	6.326	5.812	5.019	4.965	3.916	2.686	
180	6.870	6.560	6.968	6.959	6.377	5.437	5.329	4.224	2.901	
200	7.162	7.120	6.969	7.299	6.795	5.890	5.725	4.518	3.103	
300	9.841	10.279	10.296	10.568	9.609	8.899	8.993	6.331	4.348	

Tabel B.10. Elforbrug i kWh/år for luft/vand varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal.

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	3.126	2.983	3.163	3.029	2.584	1.909	2.036	1.629	942	
100	3.667	3.593	3.715	3.637	2.998	2.370	2.379	1.908	1.094	
120	4.102	4.146	4.266	4.200	3.578	2.893	2.875	2.213	1.259	
140	4.725	4.792	4.797	4.783	4.227	3.413	3.381	2.552	1.451	
160	5.163	4.994	5.282	5.245	4.728	3.925	3.864	2.817	1.587	
180	5.637	5.353	5.726	5.750	5.204	4.242	4.112	2.991	1.669	
200	5.767	5.719	5.612	5.978	5.480	4.565	4.366	3.204	1.789	
300	7.679	8.325	8.292	8.563	7.742	6.857	7.012	4.488	2.505	

Tabel B.11. Elforbrug i kWh/år for luft/vand varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal.

8.2.3 Elforbrug til luft/luft varmepumper

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	6.748	6.528	6.848	6.595	5.754	4.613	4.939	4.071	2.901	
100	7.975	7.851	8.087	7.922	6.795	5.722	5.704	4.849	3.464	
120	9.018	9.094	9.326	9.151	8.073	6.890	6.861	5.723	4.099	
140	10.423	10.445	10.541	10.402	9.498	8.097	8.141	6.606	4.732	
160	11.402	11.102	11.654	11.526	10.652	9.307	9.223	7.434	5.340	
180	12.556	12.010	12.731	12.693	11.675	10.092	9.923	8.052	5.800	
200	13.167	13.101	12.814	13.349	12.487	10.953	10.696	8.608	6.199	
300	18.265	18.665	18.929	19.391	17.664	16.577	16.670	12.065	8.689	

Tabell B.12. Elforbrug i kWh/år for luft/luft varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal (60 % dækning af rumvarmebehovet). Værmt brugsværd og de resterende 40 % af rumvarmebehovet dækkes af elpatron.

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	5.570	5.404	5.656	5.454	4.780	3.893	4.172	3.457	2.546	
100	6.593	6.497	6.687	6.552	5.666	4.829	4.808	4.130	3.052	
120	7.472	7.532	7.719	7.568	6.725	5.800	5.778	4.889	3.625	
140	8.643	8.639	8.733	8.599	7.905	6.811	6.867	5.644	4.185	
160	9.457	9.220	9.663	9.550	8.870	7.828	7.767	6.372	4.742	
180	10.432	9.993	10.573	10.527	9.714	8.494	8.373	6.925	5.171	
200	10.994	10.946	10.699	11.096	10.422	9.233	9.051	7.401	5.525	
300	15.371	15.728	15.804	16.164	14.747	13.993	14.028	10.374	7.745	

Tabell B.13. Elforbrug i kWh/år for luft/luft varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal (75 % dækning af rumvarmebehovet). Værmt brugsværd og de resterende 25 % af rumvarmebehovet dækkes af elpatron.

8.2.4 Elforbrug til gashybridvarmepumper

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	2.499	2.404	2.533	2.434	2.104	1.633	1.746	1.423	942	
100	2.944	2.893	2.985	2.923	2.467	2.027	2.026	1.684	1.115	
120	3.315	3.346	3.436	3.376	2.937	2.454	2.441	1.975	1.308	
140	3.826	3.853	3.876	3.840	3.461	2.888	2.887	2.279	1.509	
160	4.183	4.063	4.277	4.237	3.877	3.320	3.281	2.547	1.686	
180	4.591	4.379	4.658	4.658	4.257	3.595	3.515	2.739	1.813	
200	4.767	4.737	4.639	4.876	4.524	3.889	3.768	2.930	1.940	
300	6.507	6.850	6.953	7.043	6.397	5.669	5.940	4.106	2.718	

Tabell B.14. Elforbrug i kWh/år for luft/vand gashybridvarmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal (Varmepumpen har 70 % dækning af det samlede varmebehov).

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	313	301	317	304	263	204	218	178	118	
100	368	362	373	366	309	253	253	211	139	
120	415	418	430	422	367	307	305	247	164	
140	478	482	485	480	433	361	361	285	189	
160	523	508	535	530	485	415	410	319	211	
180	574	548	583	583	532	450	440	343	227	
200	596	592	580	610	566	486	471	366	243	
300	814	857	857	881	800	734	743	514	340	

Tabell B.15. Gasforbrug i m³/år for luft/vand gashybridvarmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal (Varmepumpen har 70 % dækning af det samlede varmebehov).

Værdierne i tabel 8.8 og 8.9 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 5.1 og 5.3 dækkes af en varmepumpe, der arbejder med en SCOP på 3,7 for rumopvarmning og SCOP på 2,8 for brugsvandsopvarmning.

Værdierne i tabel 8.10 og 8.11 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 5.1 og 5.3 dækkes af en varmepumpe, der arbejder med en SCOP på 3,2 for rumopvarmning og SCOP på 2,4 for brugsvandsopvarmning.

Værdierne i tabel 8.12 og 8.13 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 5.3 dækkes af en varmepumpe, der arbejder med en SCOP på 4,6. Det resterende varmebehov dækkes med elvarme med en effektivitet på 1.0.

Værdierne i tabel 8.14 og 8.15 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 5.3 dækkes af en varmepumpe, der arbejder med en SCOP på 3,2. Det resterende varmebehov dækkes med kondenserende gaskedel med en effektivitet på 1.0.

Nettovarmebehovene i tabel 8.8 til 8.15 er angivet for rum opvarmet til en gennemsnitstemperatur på 20 °C i alle årets måneder. For hver grad rumtemperaturen ligger højere, vil nettovarmeforbruget til varmepumpen stige 5-8 %.

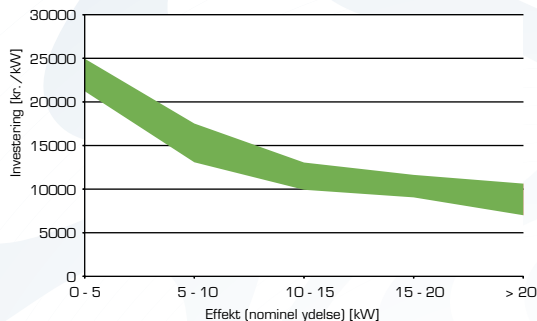
8.3 Investering ved installation af varmepumpe

Nedenfor ses investeringer ved installation af forskellige typer varmepumpeanlæg som funktion af varmeeffekten. Investeringerne er baseret på priser inkl. montage og moms. Priserne for væske/vand og luft/vand varmepumperne (figur 8.2 og 8.3) er baseret på konkrete tilbud på varmepumpeanlæg udarbejdet i forbindelse med Energistyrelsens ordning "Skrot dit oliefyr".

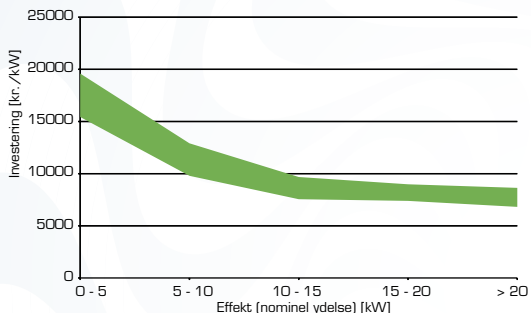
Varmepumpe	Investering	Driftsudgift (120 m ² , årgang 1975)
Væske/vand varmepumpe	Se figur 8.2	6.300 kr.
Luft/vand varmepumpe	Se figur 8.3	7.300 kr.
Luft/luft varmepumpe	3.500-4.000 kr. (pr. kW varmeeffekt)	13.300 kr.
Brugsvandsvarmepumpe	20.000-30.000 kr. (1-2 kW varmeeffekt)	1.300 kr.
Boligventilationsvarmepumpe	35.000-80.000 kr.	1.300 kr.
Gashybridvarmepumpe	65.000-90.000 kr.	7.300 kr.

Tabel 8.16. Nødvendige investeringer og driftsudgifter ved installation af forskellige typer varmepumpeanlæg – Elprisen er 1,65 kr./kWh. I denne pris er elafgiften reduceret med 65 øre/kWh.

Priser på investeringer i figur 8.2 og 8.3 er overslagspriser. I hvert enkelt tilfælde bør indhentes et tilbud fra en varmepumpeinstallatør (eller flere tilbud fra flere installatører). Priserne er inkl. nedtagning og skrotning af oliefyr.



Figur 8.2. Investering i væske/vand varmepumper som funktion af varmeeffekten (nominel ydelse).



Figur 8.3. Investering i luft/vand varmepumper som funktion af varmeeffekten (nominel ydelse).

8.3.1 Tilskud

Der kan søges om håndværkerfradrag ved installation af varmepumper. Der kan desuden søges om energisparetilskud ved energiselskaberne ved konvertering fra elvarme, gas eller olie til varmepumpe.

9 Regulering af varmepumpeanlæg

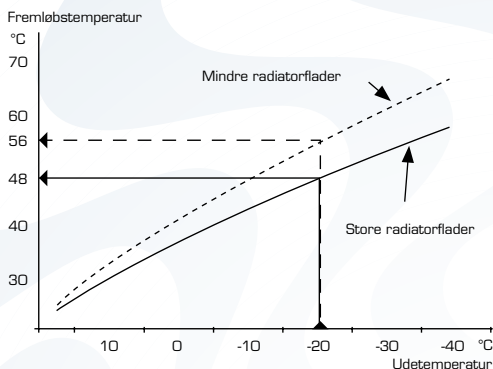
Kapitlet beskriver de forskellige typer varmepumpers reguleringsmuligheder (cylinderudkobling, hastighedsregulering, trinvis kompressorudkobling) og reguleringens betydning for det årlige energiforbrug.

9.1 Regulering af væske/vand og luft/vand varmepumper

De fleste væske/vand varmepumper og luft/vand varmepumper leveres med styring for både produktionen af varme til rumopvarmning og opvarmningen af brugsvand.

9.1.1 Styring af fremløbstemperatur til varmesystemet

Fremløbstemperaturen til varmesystemet styres oftest som en funktion af udetemperaturen. Det vil sige, at fremløbstemperaturen falder med en stigende udetemperatur. Ved installation af varmepumpen vælger man en temperaturkurve, der passer til huset og det opvarmningssystem, der er i huset. Ved gulvarme vælges en temperaturkurve, som har en lav maksimal fremløbstemperatur f.eks. 35 °C eller 40 °C. Det er gulvtypen, der er bestemmende for den maksimale temperatur, se tabel 7.5. Har huset et radiatoranlæg vælges en kurve med en maksimal fremløbstemperatur på normalt 55 °C eller måske blot 45 °C ved "store" radiatorflader.



Figur 9.1. Temperaturkurver for varmepumpeanlæg til radiator-system. Ved en udetemperatur på $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kan fremløbstemperaturen for eksempelvis mindre radiatorer være $56\text{ }^{\circ}\text{C}$ og for store radiatorer $48\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figur 9.1 viser et eksempel på, hvordan fremløbstemperaturen fra varmepumpen til et radiatoranlæg varierer i forhold til udetemperaturen. Fuld optrukken kurve viser et anlæg med "store" radiatorer, og den stiplede kurve viser anlæg med "mindre" radiatorer.

9.1.2 Styling af brugsvandstemperaturen

Produktionen af varmt brugsvand styres ved hjælp af temperaturfølere placeret i brugsvandstanken. Hvis temperaturen i tanken bliver lav, vil varmepumpen begynde at opvarme vandet i tanken. Opvarmningen stopper først, når den ønskede brugsvandstemperatur er opnået. Det er normalt at opretholde en brugsvandstemperatur på mellem $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.1.3 Legionella funktion

På nogle varmepumpestyringer findes der en legionella funktion, hvilket vil sige, at varmepumpen opvarmer brugsvandstanken til en temperatur over $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ en gang ugentligt, for at dræbe eventuelle legionella-bakterier. Legionella-bakterier er normalt ikke et problem i mindre brugsvandstanke, hvorfra der jævnligt tappes vand. Problemet

med bakterien er oftest i større tanke, hvor vandet er stillestående over længere perioder.

9.1.4 On/off regulering og buffertanke

On/off regulering er den hyppigst anvendte reguleringsform til drift af jordvarmeanlæg og luft/vand varmepumper. Dette medfører, at varmepumpen stopper, når fremløbstemperaturen er kommet til et vist niveau over den ønskede værdi, og at den starter, når fremløbstemperaturen er kommet til et vist niveau under den ønskede værdi.

Ved installation af varmepumpen til eksisterende radiatoranlæg, hvor der ikke er gulvvarme, vil vandmængden i radiatoranlægget typisk være 50 liter. Varmepumpen kan hurtigt opvarme denne relativt lille mængde vand, hvis varmepumpen har en ydelse, der er stor i forhold til varmebehovet. Dette bevirker, at varmepumpen vil starte og stoppe ofte – en uensigtsmæssig drift. Dette kan afhjælpes ved at indbygge en buffertank i centralvarmekredsen. Varmepumpens driftsperioder bliver længere til gavn for effektiviteten og levetiden. Anvendelse af varmepumpe i forbindelse med akkumulering ses i afsnit 11.2 og i eksempel 18.

9.1.5 Frekvensregulering

Frekvensregulering af cirkulationspumper, kompressorer og ventilatorer er blevet mere udbredt. Frekvensregulering af cirkulationspumper kan ske både i jordslangekredsen og i centralvarmesystemet. Denne form for regulering sikrer, at pumperne ikke bruger mere energi end nødvendigt. Frekvensregulering af varmepumpens kompressor sikrer, at varmeleveringen fra varmepumpen hele tiden svarer til det aktuelle behov i huset, og at fremløbstemperaturen kan holdes konstant. Denne reguleringsform giver en højere SCOP end en on/off regulering.

9.2 Regulering af luft/luft varmepumper

Luft/luft varmepumper leveres næsten altid med styring og fjernbetjening. Både indedel (kondensator) og udedel (fordamper/kompressor) kan styres. Med fjernbetjeningen vælges den ønskede indetemperatur, ventilatorhastighed samt indblæsningsretning. Man kan vælge, om varmepumpen skal køre i varmepumpetilstand eller Air Conditiontilstand, og om den selv skal styre efter den ønskede indetemperatur.

Styringen i luft/luft varmepumper kan være meget avanceret. De simpleste kører med on/off styring, men mange af de lidt bedre luft/luft varmepumper styres ved frekvensregulering.

9.2.1 Styring af rumtemperatur

On/off regulering af kompressoren vil sige, at kompressoren starter, når rumtemperaturen er kommet et vist niveau under den ønskede temperatur, og at den stopper, når den ønskede temperatur er nået. On/off regulering benyttes på de billigste luft/luft varmepumper. Det er en simpel styring, men det giver ikke en særlig stabil rumtemperatur. Desuden vil varmepumpens SCOP være lavere end ved frekvensreguleret drift.

Frekvensregulering af kompressoren betyder, at kompressorens omdrejningshastighed reguleres efter det aktuelle varmebehov. Falder rumtemperaturen i forhold til den ønskede temperatur, øges kompressorens hastighed, og stiger rumtemperaturen over den ønskede temperatur, mindses kompressorens hastighed. Varmepumpen dækker således hele tiden det øjeblikkelige behov for varme, og sørger for at rumtemperaturen holdes konstant. Frekvensregulering af varmepumpen giver højere SCOP end on/off regulering.

9.2.2 Styring af ventilatorhastighed

Indedelens ventilatorhastighed kan som regel vælges i flere trin. Vælges "auto" reguleres hastigheden efter den varme, der skal afgives. På nogle varmepumper er der en "low noise" funktion, som sikrer, at ventilatoren kører med så lav hastighed som muligt. I de fleste tilfælde kan man

vælge "auto", da det sikrer, en høj varmepumpeeffektivitet.

9.2.3 Afrimningsfunktion

Det vil være nødvendigt at afrime fordampere for at fjerne isdannelse. Afrimningsfunktionen kan være udført på flere forskellige måder. En simpel – men ikke effektiv – reguleringsform er at styre afrimningen efter udetemperaturen, således at afrimningen starter, når udetemperaturen f.eks. kommer under 7 °C, og derefter foretages afrimningen med faste intervaller f.eks. en gang i timen.

På de mest avancerede varmepumper styres afrimningen efter behov, hvilket vil sige, at varmepumpens styring hele tiden måler lufttemperaturen over fordampere og fordampningstryk. Afrimningen styres ud fra disse målinger og efter nogle algoritmer, der er indlagt i styringen. Dette betyder, at der ikke afrimes mere end nødvendigt, og at intervallerne hele tiden tilpasses behovet.

9.2.4 Sommerhusfunktion

Sommerhusfunktionen er en funktion, som gør, at rumtemperaturen holdes på f.eks. 10 °C, når denne tilstand vælges (10 graders funktion). Funktionen benyttes i vinterhalvåret, når sommerhuset står ubeboet. Funktionen er med til at sikre, at sommerhuset er frostfrit om vinteren, men også at indetemperaturen er så lav som mulig. Luft/luft varmepumper uden denne funktion har typisk en minimumsrumtemperatur på 15 °C. At holde 10 °C som rumtemperatur frem for 15 °C betyder naturligvis, at opvarmningsbehovet bliver noget mindre men også en bedre COP for varmepumpen. Det er typisk, at det kun er ventilatoren på indedelen, der kører, når varmepumpen kører i denne tilstand. Under drift bør man jævnligt føre tilsyn for at sikre sig, at fordampere ikke er iset til.

10 Energiforbrug og energiøkonomi

I dette kapitel vurderes årsnyttevirkningen for forskellige varmeproducerende enheder. Det årlige varmeforbrug ved brug af disse enheder i boliger er vist i tabeller, og det specifikke energiforbrug ved forskellige opvarmningsformer er angivet.

10.1 Energiforbrug ved andre varmeanlæg end varmepumper

Ældre olie- og naturgaskedler er kendetegnet ved at have en relativ ringe årsnyttevirkningsgrad.

Elvarme er kendetegnet ved at have en årsnyttevirkningsgrad på 100 %. Til gengæld er prisen på el langt højere end prisen på andre brændselstyper.

Varmeforbrugene er angivet som funktion af byggeår og størrelse og baserer sig på de beregnede netto varmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand fra tabel 5.3, (udarbejdet på baggrund af ca. 90.000 indrapporterede energimærker til Energimærkningsordningen for bygninger). Forbrugene baserer sig på årsnyttevirkningsgrader for de varmeproducerende enheder, som angivet i tabel 10.1.

Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugsvand)	10.000 kWh/år	20.000 kWh/år	30.000 kWh/år
Varmeproducerende enhed	Årsnyttevirkningsgrader [%]		
Olie- og naturgasfyret støbe- eller pladejernskedler fra før 1977	56	71	78
Olie- og naturgasfyret støbe- eller pladejernskedler fra efter 1977	77	88	90
Oliefyret kondenserende kedel	98	101	102
Naturgasfyret traditionel åben kedel (med atmosfærisk brænder)	55	70	77
Naturgasfyret traditionel lukket kedel	70	83	86
Naturgasfyret kondenserende kedel	102	103	104
Elvarme (elradiatorer)	100	100	100

Tabel 10.1. Årsnyttevirkningsgrader som funktion af nettovarmebehov for forskellige varmeproducerende enheder. Tallene er angivelse af nedre brændværdi.

Tabel 10.2 til 10.10 viser brutto varmeforbruget for parcelhuse med de i tabel 10.1 beskrevne opvarmningsformer.

10.1.1 Oliekedler

Areal [m ²]	Byggeår								
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018
80	19.527	19.039	19.699	19.193	17.439				
100	21.721	21.475	21.912	21.619	19.365				
120	23.459	23.601	24.014	23.740	21.684				
140	25.779	25.899	26.001	25.844	24.128				
160	27.376	26.838	27.795	27.617	26.008				
180	29.194	28.246	29.496	29.493	27.702				
200	29.983	29.847	29.408	30.474	28.897				
300	38.280	40.096	40.112	41.156	37.712				

Tabel 10.2. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejernskedel fra før 1977.

Areal [m ²]	Byggeår								
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018
80	14.476	14.037	14.632	14.175	12.621	10.285	10.861	9.184	6.389
100	16.491	16.262	16.670	16.396	14.330	12.247	12.243	10.547	7.385
120	18.130	18.266	18.661	18.398	16.457	14.266	14.208	11.997	8.449
140	20.369	20.487	20.587	20.433	18.771	16.237	16.233	13.453	9.517
160	21.940	21.408	22.355	22.178	20.593	18.152	17.982	14.695	10.425
180	23.753	22.804	24.056	24.054	22.263	19.359	19.010	15.570	11.060
200	24.547	24.410	23.968	25.043	23.454	20.645	20.114	16.428	11.680
300	33.141	35.076	35.093	36.214	32.540	29.790	30.149	21.599	15.290

Tabel 10.3. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejernskedel fra efter 1977.

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	11.628	11.208	11.778	11.340	9.872	7.749	8.263	6.790	4.489	
100	13.587	13.363	13.763	13.494	11.488	9.525	9.522	7.982	5.286	
120	15.204	15.338	15.730	15.470	13.554	11.427	11.372	9.295	6.166	
140	17.423	17.539	17.638	17.486	15.839	13.338	13.334	10.654	7.077	
160	18.972	18.449	19.379	19.206	17.645	15.226	15.058	11.840	7.873	
180	20.739	19.818	21.032	21.030	19.289	16.422	16.076	12.687	8.441	
200	21.504	21.372	20.947	21.977	20.451	17.696	17.171	13.525	9.004	
300	29.196	30.759	30.773	31.649	28.697	26.336	26.652	18.638	12.414	

Tablel 10.4. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med kondenserende oliekedel.

10.1.2 Naturgaskedler

Areal [m ²]	Byggeår									
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018	
80	19.527	19.039	19.699	19.193	17.439	15.838	15.834	13.525	10.654	
100	21.721	21.475	21.912	21.619	19.365	17.696	17.692	15.058	11.840	
120	23.459	23.601	24.014	23.740	21.684	20.001	20.001	18.638	14.489	
140	25.779	25.899	26.001	25.844	24.128	22.652	22.652	21.032	17.077	
160	27.376	26.838	27.795	27.617	26.008	24.489	24.489	22.687	19.004	
180	29.194	28.246	29.496	29.493	27.702	26.408	26.408	24.489	21.032	
200	29.983	29.847	29.408	30.474	28.897	28.697	28.697	26.336	24.128	
300	38.280	40.096	40.112	41.156	37.712	36.336	36.336	34.489	31.649	

Tablel 10.5. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejernskedel fra før 1977.

Byggeår										
Areal [m ²]	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2018	
80	14.476	14.037	14.632	14.175	12.621	10.285	10.861	9.184	6.389	
100	16.491	16.262	16.670	16.396	14.330	12.247	12.243	10.547	7.385	
120	18.130	18.266	18.661	18.398	16.457	14.266	14.208	11.997	8.449	
140	20.369	20.487	20.587	20.433	18.771	16.237	16.233	13.453	9.517	
160	21.940	21.408	22.355	22.178	20.593	18.152	17.982	14.695	10.425	
180	23.753	22.804	24.056	24.054	22.263	19.359	19.010	15.570	11.060	
200	24.547	24.410	23.968	25.043	23.454	20.645	20.114	16.428	11.680	
300	33.141	35.076	35.093	36.214	32.540	29.790	30.149	21.599	15.290	

Tabel 10.6. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladedjernskedel fra efter 1977.

Byggeår										
Areal [m ²]	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999			
80	19.865	19.374	20.039	19.529	17.760	14.986	15.685			
100	22.076	21.828	22.269	21.973	19.702	17.326	17.322			
120	23.826	23.969	24.386	24.109	22.039	19.631	19.566			
140	26.163	26.285	26.387	26.229	24.501	21.801	21.797			
160	27.773	27.230	28.194	28.015	26.394	23.849	23.670			
180	29.605	28.649	29.909	29.906	28.101	25.115	24.751			
200	30.400	30.263	29.820	30.895	29.305	26.448	25.900			
300	38.777	40.615	40.631	41.687	38.203	35.556	35.903			

Tabel 10.7. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med traditionel åben naturgaskedel fra før 2000.

Byggeår											
Areal [m ²]	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2018		
80	15.802	15.356	15.961	15.497	13.910	11.494	12.095	10.337	7.337		
100	17.839	17.608	18.019	17.743	15.654	13.527	13.523	11.767	8.417		
120	19.486	19.622	20.019	19.755	17.804	15.589	15.531	13.270	9.558		
140	21.731	21.849	21.949	21.795	20.129	17.583	17.579	14.762	10.688		
160	23.306	22.772	23.722	23.545	21.956	19.508	19.338	16.025	11.640		
180	25.127	24.174	25.432	25.430	23.630	20.718	20.369	16.910	12.301		
200	25.927	25.788	25.343	26.427	24.827	22.008	21.476	17.775	12.942		
300	34.685	36.690	36.708	37.875	34.065	31.243	31.610	22.964	16.627		

Tabel 10.8. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med traditionel lukket naturgaskedel.

Byggeår											
Areal [m ²]	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2018		
80	11.219	10.797	11.370	10.990	9.462	7.361	7.867	6.421	4.196		
100	13.192	12.965	13.370	13.098	11.079	9.118	9.114	7.590	4.962		
120	14.828	14.963	15.360	15.097	13.158	11.018	10.962	8.889	5.813		
140	17.074	17.192	17.292	17.138	15.470	12.941	12.937	10.242	6.702		
160	18.640	18.112	19.050	18.876	17.299	14.849	14.679	11.432	7.483		
180	20.419	19.493	20.713	20.710	18.960	16.061	15.710	12.284	8.043		
200	21.185	21.053	20.627	21.658	20.129	17.350	16.819	13.129	8.600		
300	28.696	30.164	30.176	30.988	28.223	25.955	26.261	18.302	12.009		

Tabel 10.9. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med kondenserende naturgaskedel.

10.1.3 Elvarme

Areal [m ²]	Byggeår										
	1930- 1939	1940- 1949	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2018		
80	11.460	11.024	11.616	11.161	9.648	7.490	8.009	6.528	4.256		
100	13.502	13.267	13.687	13.405	11.315	9.294	9.290	7.724	5.086		
120	15.201	15.342	15.756	15.481	13.467	11.252	11.194	9.058	5.906		
140	17.544	17.668	17.772	17.611	15.870	13.242	13.238	10.452	6.815		
160	19.184	18.690	19.615	19.432	17.779	15.224	15.047	11.679	7.615		
180	21.053	20.079	21.362	21.360	19.519	16.486	16.120	12.561	8.190		
200	21.860	21.721	21.272	22.359	20.748	17.893	17.278	13.437	8.761		
300	29.839	31.413	31.427	32.298	29.333	26.913	27.239	18.830	12.277		

Tabel 10. 10. Elvarmeforbrug i kWh/år for parcelhus.

Eksempel 15 – Varmeforbrug ved hjælp af nøgletal

I parcelhuset i eksempel 4 er der installeret en ældre naturgasfyret støbejernskedel. Kedlen er installeret i 1971, hvilket er samme år, som huset blev opført. Husets areal er på 141 m².

Ved hjælp af tabel 10.5 kan varmemeforbruget med den eksisterende naturgaskedel estimeres til:

$$E_{\text{naturgaskedel}} = 24.128 \text{ kWh.}$$

Energibesparelsen ved udskiftning af den gamle og ineffektive kedel med en kombineret væske/vand varmepumpe beregnes ved hjælp af tabel 8.8. Her kan elforbruget med en væske/vand varmepumpe bestemmes til:

$$E_{\text{varmepumpe}} = 4.489 \text{ kWh.}$$

Med en brændværdi på 11 kWh/m³ naturgas svarer de 24.128 kWh til 2.193 m³ naturgas. Med en naturgaspris på 6,8 kr/m³ og en elpris på 1,65 kr./kWh bliver den årlige besparelse:

$$B_{\text{vp}} = (2.193 \text{ m}^3 \cdot 6,8 \text{ kr./m}^3) - (4.489 \text{ kWh} \cdot 1,65 \text{ kr./kWh}) = 7.506 \text{ kr./år}$$

Investeringen vil være 120.000 kr. med en simpel tilbagebetalingstid på 16,0 år.

Hvis der i stedet vælges en kondenserende naturgaskedel, kan varmemeforbruget ved hjælp af tabel 10.9 bestemmes til:

$$E_{\text{naturgaskedel}} = 15.470 \text{ kWh.}$$

De 15.470 kWh svarer til 1.406 m³ naturgas. Med en naturgaspris på 6,8 kr/m³ bliver den årlige besparelse:

$$B = ((2.193 \text{ m}^3 - 1.406 \text{ m}^3) \cdot 6,8 \text{ kr./m}^3) = 5.352 \text{ kr./år}$$

Investeringen vil være 40.000 kr. med en simpel tilbagebetalingstid på 7,5 år.

10.2 Specifikt energiforbrug for forskellige varme anlæg

I eksempel 16 sammenlignes det specifikke energiforbrug for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus.

Eksempel 16 – Specifikt energiforbrug med forskellige opvarmningssystemer

Der tages udgangspunkt i et parcelhus, som er fra 2006. Huset er fritliggende og har et opvarmet areal på 180 m². Huset er naturligt ventileret, og det dimensionerende transmissions- og ventilationstab er beregnet til 6,8 kW vha. Be18. Varmeafgiversystemet består af gulvarme, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 30 °C og en returtemperatur på 25 °C. Energiforbruget for parcelhuset er:

$$30 + 1.000/A = 35,6 \text{ kWh/m}^2$$

hvor A er boligens areal.

I tabel 10.11 ses beregninger af parcelhusets specifikke energiforbrug med forskellige opvarmningssystemer.

I tabel 3.1 til 3.4 ses beregninger af energioekonomi for de forskellige opvarmningssystemer til parcelhuse. Beregningerne indbefatter anlægsudgifter og driftsudgifter samt udgifter til service og vedligehold i anlæggets levetid.

Varmeproducerende enhed	Data	Beregnet energiforbrug efter Be 18 [kWh/m ³]	Forskel i forhold til BR18 krav [%]
Energiramme, jf. Bygningsreglementet (BR18)	Energirammen beregnes jf. Bygningsreglementet således: 30 + 1.000/A, hvor A er arealet af bygningen.	35,6	-
Kondenserende naturgaskedel	Effektivitet på 98 og 107 % ved henholdsvis fuldlast og dellast (nede brændværdi).	84,7	+137,9
Fjernvarme	Indirekte rumopvarmning med veksler og indirekte brugsvandsopvarmning med beholder.	74,4	+109,0
Kondenserende oliekedel (A-mærket)	Effektivitet på 97 og 104 % ved henholdsvis fuldlast og dellast (nede brændværdi).	85,5	+140,2
Elvarme	Både rumopvarmning og varmt brugsvand.	157,5	+342,4
Biobrændselskedel	Effektivitet på 90,7 og 98,6 % ved henholdsvis fuldlast og dellast (nede brændværdi).	104,5	+193,5
Luft/luft varmepumpe	Kapacitetsreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,4 ²⁾ . Dækker ca. 80 % af det samlede rumvarmebehov. Det resterende rumvarmebehov samt behov til varmt brugsvand dækkes af elvarme.	97,8	+174,7

Luft/vand varmepumpe	On/off Relativ COP ¹⁾ på 0,9 ²⁾	59,1	+66,0
	Frekvensreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,2 ²⁾ .	50,2	+41,0
Væske/vand varmepumpe	On/off. Relativ COP ¹⁾ på 0,9 ³⁾ .	55,6	+56,2
	Frekvensreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,25 ³⁾ .	46,7	+31,2
Gashybridvarmepumpe	Det er ikke muligt at beregne et energiforbrug efter Be18.		

Noter:

- 1) Den relative COP er COP'en ved 50 % ydelse divideret med COP'en ved 100 % ydelse. Den relative COP ved 50 % belastning af varmepumpen bestemmes i henhold til DS/CEN/TS 14825.
- 2) Den relative COP er en skattet værdi.
- 3) Målt i laboratorium.

Tabel 10.11. Be18-beregning af et energiforbrug i parcelhus med forskellige opvarmningssystemer.

11 Energilagring med varmepumper

Kapitlet beskriver, hvordan varmepumper forventes at ville indgå i varmesystemer og i boliger fremadrettet.

11.1 Varmepumper som en del af fleksibelt elforbrug

Med fleksibelt elforbrug menes, at forbrugerne flytter dele af deres elforbrug til et andet tidspunkt på døgnet. Herved udjævnes spidsbelastninger på elnettet, som kan betyde, at det ikke vil være nødvendigt at udvide netkapaciteten. Dette søger man allerede i dag at opnå ved, fra intelligente elmålere, at informere forbrugerne om, hvornår det er billigst at bruge el.

En større del af energiforbruget i fremtiden vil blive elbaseret, primært fordi der vil ske en fortsat udbygning af vindkapaciteten. Dette stiller yderligere krav til, at elforbruget skal finde sted på sigtsmæssige tidspunkter i forhold til produktionen af el.

Varmepumper er derfor interessante i Danmark, da de kan anvende el-produktionen fra vindmøller og anden vedvarende energi på tidspunkter, hvor produktionen herfra er høj. Det kræver blot, at varmepumper kan lagre deres producerede energi i bygningsmassen og/eller en akkumuleringstank, hvorfra energien så kan hentes, når behovet er der.

I eksempel 18, ses betydningen af at anvende en akkumuleringstank i et varmesystem med varmepumpe.

11.2 Varmeakkumulering

Fleksibilitet kan opnås ved at styre varmepumpen centralt, direkte eller indirekte, så den enten afgiver varme til et lager eller stoppes.

Princippet i den centrale styring kan enten være i form af direkte styringssignaler fra en på værket placeret styringsenhed til den enkelte varmepumpe eller i form af signaler om elprisen for den nærmeste efterfølgende periode, som giver mulighed for, at en styreboks hos forbru-

geren kan optimere varmepumpens drift under udnyttelse af udsvingene i elprisen.

Akkumulatoren kan være bygningens konstruktion og/eller en varmtvandsbeholder. Ved at øge varmetilførslen fra varmepumpen vil der ske en mindre temperaturstigning, der medfører en lagring af varme i bygningens masse, som f.eks. de indvendige dele af klimaskærmen og i inventaret. Dette kan udnyttes med anvendelse af varmeafgivere i form af radiatorer og gulvarme.

Potentialet af denne form for varmelagring kan vurderes ved at se på varmekapaciteten af de indvendige overflader af en bygning. Typiske værdier kan forventes at ligge i intervallet 25 til 200 Wh/m²K, hvor arealet er bygningernes etageareal. Den lave ende af intervallet relateres til byggeri med lette, indvendige overflader af træbeklædning eller gipsplader, mens den øvre ende relateres til bygninger, hvor alle de indvendige overflader er af beton. En varmekapacitet på 80 Wh/m²K vil være typisk.

Forskellen på temperaturen, der er i rummet, og temperaturen, som giver den bedste komfort, må maks. være 2 °C.

Den anden mulighed for akkumulering ligger i udnyttelse af en buffertank, normalt i forbindelse med det varme brugsvand. Det vurderes, at en beholderstørrelse på 200 liter vil være anvendelig til det formål og noget større, hvis den skal anvendes i forbindelse med bygningsopvarmning. Buffer-temperaturen bør holdes mellem 45 °C og 60 °C.

Det er vurderet, at der kan etableres 630.000 varmepumper i Danmark med akkumuleringsmuligheder. Varmepumperne dækker et opvarmet bygningsetageareal på i alt 95 millioner m².

Dermed kan det samlede maksimale varmelagringspotentiale (pr. gang) opgøres til:

Bygningskonstruktionens potentiale:

95.000.000 m² · 80 Wh/m²K · 2 K = 15,2 GWh

Vandlagers potentiale:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \text{Antal} \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T = \\ &= 630.000 \cdot 0,2 \text{ m}^3 \cdot 990 \text{ kg/m}^3 \\ &\cdot 4,18 \text{ kJ/kgK} \cdot 15 \text{ K} = 7,82 \cdot 10^9 \text{ kJ} = \\ &= 2,2 \text{ GWh (med en 200 liter tank)} \end{aligned}$$

Normalt vil det være muligt at lagre 1-2 gange pr. døgn.

Eksempel 17 – Lagringspotentiale i parcelhus

For et parcelhus på 120 m² vil det være muligt at akkumulere følgende varmemængde:

Bygningskonstruktion:

$$E_{\text{byg}} = 365 \cdot (15,2 \text{ GWh}/95.000.000 \text{ m}^2) \cdot 120 \text{ m}^2 = 7.008 \text{ kWh/år}$$

Vandlagre:

$$E_{\text{vand}} = 365 \cdot (2,2 \text{ GWh}/630.000 \text{ stk.}) = 1.275 \text{ kWh/år}$$

Samlet varmelagringspotentiale 8.283 kWh/år.

Overslaget viser, at der vil være et væsentligt større potentiale ved at benytte varmeakkumulering i bygningskonstruktioner i forhold til varmelagring i vandbeholdere. Varmelagring i vandbeholdere kan være en fordel, hvis lagringen eller varmeafgivelsen er af kortere varighed, eller boliger har plads til en beholder, der er noget større end de 200 liter.

Ud over potentialet i parcelhuse er der også et mindre potentiale i rækkehuse og sommerhuse.

På sigt forventes det, at der også udvikles varmelagre, som udnytter materialers mulighed for at overgå fra flydende til fast form (faseskift) eller omvendt ved stuetemperatur. Herved muliggøres lagring af store energimængder i fysisk mindre lagre.

Eksempel 18 – Anvendelse af akkumuleringstank i varmesystem med varmepumpe

I tabel 11.1 ses varmebehov i kWh/døgn og gennemsnitlig leveret effekt i kW for et 200 m² parcelhus fra 2001 med gulvvarme. Husets varmeproducerende enhed er en væske/vand varmepumpe. Varmeforbruget er bestemt på baggrund af målinger af elforbrug til husets varmepumpe samt beregninger af COP faktorer pr. måned. Anlægget er maksimalt belastet ved en udetemperatur på -7 °C. Ved lavere temperaturer sker opvarmning med en elpatron.

Måned	Varmebehov [kWh/døgn]	Leveret effekt [kW]
Januar	95,38	3,97
Februar	90,27	3,76
Marts	75,87	3,16
April	53,18	2,22
Maj	20,69	0,86
Juni	8,13	0,34
Juli	8,75	0,36
August	9,48	0,40
September	9,10	0,38
Oktober	35,40	1,47
November	62,81	2,62
December	85,07	3,54
Anlæg maksimalt belastet	124,7	5,12

Tabel 11.1. Varmebehov og gennemsnitlig leveret effekt for hver måned hen over året, samt det maksimale varmebehov anlægget med den maksimale effekt kan dække.

Som det ses i tabel 11.1, kan anlægget maksimalt levere en varmeeffekt på 5,12 kW.

I tabel 11.2 ses nødvendige varmeeffekter ved akkumulering af et døgnets varmebehov over et givet antal timer. Tallene er fundet ved at dividere varmebehovet med antallet af timer, hvor akkumulering finder sted.

Måned	Effekt ved akkumulering i 8 timer [kW]	Effekt ved akkumulering i 16 timer [kW]	Effekt ved akkumulering i 18 timer [kW]	Effekt ved akkumulering i 19 timer [kW]	Effekt ved akkumulering i 20 timer [kW]
Januar	11,92	5,96	5,30	5,02	4,77
Februar	11,28	5,64	5,02	4,75	4,51
Marts	9,48	4,74	4,22	3,99	3,79
April	6,65	3,32	2,95	2,80	2,66
Maj	2,59	1,29	1,15	1,09	1,03
Juni	1,02	0,51	0,45	0,43	0,41
Juli	1,09	0,55	0,49	0,46	0,44
August	1,19	0,59	0,53	0,50	0,47
September	1,14	0,57	0,51	0,48	0,46
Oktober	4,42	2,21	1,97	1,86	1,77
November	7,85	3,93	3,49	3,31	3,14
December	10,63	5,32	4,73	4,48	4,25
Maks. belast.	15,58	7,79	6,93	6,56	6,23

Tabel 11.2. Nødvendig varmeeffekt anlægget skal kunne levere, hvis hele varmebehovet skal akkumuleres i 8, 16, 18, 19 eller 20 timer.

Eksempelvis ses i tabel 11.2 (markeret med grøn), at hvis man ønsker at akkumulere hele varmebehovet i 8 timer, vil det kun være muligt fra maj til og med oktober. Her er effekten mindre end de 5,12 kW, som er den maksimale effekt. Varmepumpen vil kunne slukkes i 16 timer pr. døgn fra maj til og med oktober.

Hvis man vil akkumulere over 16 timer, er det ikke muligt at akkumulere hele varmebehovet fra marts til og med november (markeret med grøn). Varmepumpen kan slukkes i 8 timer pr. døgn fra marts til og med november.

Hvis man ikke anvender bygningsmassen som energilager men kun en akkumuleringsstank, vil man af tabel 11.3 se nødvendig tankstørrelse ved akkumulering af et døgnns varmebehov over et givet antal timer.

Tabellen viser, at hvis man ønsker at akkumulere i 8 timer, kræver det en tank på 5,34 m³ ved en maks. belastning ved -7 °C og 4,09 m³ ved gennemsnitstemperaturen for januar. Det er urealistisk at placere en så stor tank i et almindeligt parcelhus. En mulighed vil være at grave tanken ned. Men det kræver et større jordareal samt udgifter til nedgravningen.

Resultaterne er kun mål for den vandmængde, det vil kræve at opbevare energien i. Der er ikke taget højde for uudnyttet varmetab. Det vil betyde, at selve tanken skal være endnu større. Det er realistisk at sætte en acceptabel tankstørrelse til maks. 1.000 liter. Har man eksempelvis 18 timer til rådighed til akkumulering i en 1.000 liter tank, vil man dække varmebehovet med en varmepumpe fra april til og med november (markeret med grøn).

En akkumuleringsstank på 1.000 liter vil ekskl. installation koste ca. 10.000 kr.



Måned	Størmølse på tank ved akkumulering i 8 timer [m³]	Størmølse på tank ved akkumulering i 16 timer [m³]	Størmølse på tank ved akkumulering i 18 timer [m³]	Størmølse på tank ved akkumulering i 19 timer [m³]	Størmølse på tank ved akkumulering i 20 timer [m³]
Januar	4,09	2,73	1,36	1,02	0,85
Februar	3,87	2,58	1,29	0,97	0,81
Marts	3,25	2,17	1,08	0,81	0,68
April	2,28	1,52	0,76	0,57	0,47
Maj	0,89	0,59	0,30	0,22	0,18
Juni	0,35	0,23	0,12	0,09	0,07
Juli	0,38	0,25	0,13	0,09	0,08
August	0,41	0,27	0,14	0,10	0,08
September	0,39	0,26	0,13	0,10	0,08
Oktober	1,52	1,01	0,51	0,38	0,32
November	2,69	1,79	0,90	0,67	0,56
December	3,65	2,43	1,22	0,91	0,76
Maks. belast.	5,34	3,56	1,78	1,34	1,11

Tabell 11.3. Nødvendig tankstørmølse hvis et døgnv varmetøbehov akkumuleres i 8, 16, 18, 19 eller 20 timer.



12 Kølemidler

De kølemidler, der i dag anvendes i varmepumpens kølekredsløb, er typisk HFC kølemidler, som til forskel fra de tidligere HCFC og CFC kølemidler ikke indeholder klor. Tidligere brugte man typisk R22, som er et HCFC kølemiddel, i varmepumper.

I tabel 12.1 ses typisk anvendte kølemidler i varmepumper.

Grunden til, at man i dag er skiftet til HFC og naturlige kølemidler, er, at de ikke har en ozonlagsnedbrydende effekt ODP (Ozone Depletion Potential). HFC kølemidlerne har dog en global opvarmningseffekt GWP (Global Warming Potential) fra et typisk anvendt kølemiddel som R407C svarer til 1.774 kg CO₂ pr. kg. kølemiddel.

Udledningen kan ses i relation til et parcelhus på 120 m² fra 1975 forsynet med en kedel opsat i 1990 med et årligt varmeforbrug (olie) på 16.457 kWh (ud fra tabel 10.3, grøn baggrund). Huset har en årlig CO₂-udledning på 4.624 kg. (emissionsfaktor på 0,281 kg. CO₂ pr. kWh for olie).

For at undgå lækage af kølemidler fra anlægget stilles der i dag strenge krav til de faglige kompetencer i forbindelse med installation og servicering af varmepumper. Se AT's bekendtgørelse 100, EU Forordning nr. 517/2014 og nr. 2015/2067.

Store varmepumper og jordvarmepumper	GWP Global opvarmningseffekt over 100 år	Øvre temperatur for anvendelse [°C]	Bemærkning
R407C [HFC]	1.526	55-60	Max 10 kg. fyldning
R134A [HFC]	1.300	50	Max 10 kg. fyldning
R290 "Propan" [HC]	3	65	Brændbart
R717 "Ammoniak" [NH ₃]	0	70-80	Brændbart
R744 [CO ₂]	1	80-90	Højt tryk
Luft/vand varmepumper			
R407C [HFC]	1.520	55-60	Max 10 kg. fyldning
R410A [HFC]	1.720	55	Max 10 kg. fyldning
R744 [CO ₂]	1	80-90	Højt tryk
Boligventilationsvarmepumper			
R134A [HFC]	1.300	50	Max 10 kg. fyldning
R600a [HC]	3	70	Brændbart
R290 "Propan" [HC]	3	65	Brændbart
Luft/luft varmepumper			
R32 [HFC]	675	55	Brændbart
R407C [HFC]	1.526	55-60	Max 10 kg. fyldning
R410A [HFC]	1.725	55	Max 10 kg. fyldning

Tabel 12.1. Typisk anvendte kølemidler i varmepumper.

12.1 Kølemedlernes termodynamiske egenskaber

For HFC kølemedlerne kan der generelt siges, at kølemedlerne R407C og R410A benyttes ved de samme temperaturområder fra fordampningstemperaturer på -20 °C og til kondenseringstemperaturer på 55-65 °C. R32 er et brændbart kølemedium, der udmærker sig med en relativt lav GWP-værdi sammenlignet med R407C og R410A.

R134A benyttes primært på anlæg, hvor man opererer med en høj kondenseringstemperatur som f.eks. i brugsvandsvarmepumper. R410A er til forskel fra R407C og R134A et kølemedium, som opererer med relativt høje tryk, men det har til gengæld bedre varmeoverføringsegenskaber. Energieffektivitetsmæssigt er HFC kølemedlerne meget lig hinanden.

HC (HydroCarbon'er) og NH₃ (ammoniak) kølemedlerne er naturlige kølemedler og har en GWP-værdi nær nul. Ulempen ved disse kølemedler er, at de er mere eller mindre brændbare. Fordelen er, at de kan give energieffektive anlæg.

CO₂ som kølemedium er et naturligt kølemedium, som ikke er brændbart. Ulempen ved at benytte CO₂ er, at anlægget kører med meget høje tryk, hvilket sætter krav til styrken af hele kølekredsen. Fordelen ved CO₂ er, at det kan operere med meget høje temperaturer, og at det har en høj energitæthed. Ved drift af varmepumper skal man sikre sig, at der opereres med en optimal temperaturdifferens over gaskøler/kondensator, såfremt man ønsker en høj energieffektivitet.



13 Ordninger og organisationer om varmepumper

Kapitlet informerer om VarmePumpeOrdningen og VE-godkendelsesordningen for små VE-anlæg, Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper og EU's energimærkningsordning.

13.1 VarmePumpeOrdningen – VPO

For at få det størst mulige udbytte af en varmepumpeinstallation er det vigtigt, at dimensionering, installation og vedligeholdelse foretages korrekt. For at sikre dette blev den selvstændige, uafhængige og frivillige brancheordning Kvalitets-sikringsordningen for Varmepumpeinstallatører (også kaldet VarmePumpeOrdningen eller VPO) etableret i 1994 af varmepumpebranchen i samarbejde med Energistyrelsen.

Ordningen har følgende formål:

- Minimere energiforbrug og emission ved anvendelse af varmepumper.
- Tilstræbe at der kun installeres varmepumpeanlæg, som kan opfylde fastsatte krav til såvel varmepumpeaggregatet (typegodkendt) som til dimensionering, installation og vedligeholdelse.
- Tilstræbe at det samlede anlæg arbejder med en rentabel driftsøkonomi i hele anlæggets levetid.

Det handler med andre ord om:

- Lav miljøbelastning
- Kvalitetssikring af dimensionering
- Rigtig installation og vedligehold
- God privatøkonomi for varmepumpeanlæg

VPO er en ordning, der er til for virksomheder med erfaring i installation og vedligeholdelse af mindre eldrevne varmepumpeanlæg. Varmepumpeinstallatører (VP'er) og varmepumpeservicemontører (VPS'er) skal have indgående kendskab og praktisk erfaring med installation og drift af små varmepumpeanlæg. Medlemskab forudsætter

bl.a., at mindst én person i virksomheden har erhvervet et VPO-bevis (varmepumpebevis) efter godkendt prøve fra et gennemført VPO-kursus. Typiske medlemmer er el-, VVS- og kølefirmaer, men også energiselskaber, varmepumpeproducenter og importører kan være medlem.

Kendetegnende for en VPO-installatør

- Er kompetent og kan installere og servicere i forhold til VPO's målsætninger med deraf følgende minimalt omfang af fejl, reklamationer og garantiomkostninger. Har mindst én af flg. autorisationer; el, VVS eller køl ved VP-markering og altid køleautorisation ved VPS-markering.
- Mindst én person i virksomheden har gennemført VPO-kurset og bestået efterfølgende prøve.
- Har tilgang til en VPO-håndbog med kravspecifikationer og kvalitetssikringskoncept og benytter et kvalitetsstyringssystem.
- Råder over VPO's beregningsprogram til dimensionering og til dokumentation.
- Har adgang til teknisk hjælp og assistance fra VPO-sekretariatet.
- Holdes fagligt ajour gennem løbende medlemsinformation.
- Kan tilbyde VPO's garantikoncept, der træder til, hvis teknikken ikke virker.

VPO har bl.a. opstillet dimensioneringskrav til varmepumpe størrelse og jordslange. Kravene giver erfaringsmæssigt en god driftssikkerhed, en lang levetid og den bedste driftsøkonomi.

Medlemsvirksomheder skal have et kvalitetssikringssystem med et indhold, der sikrer, at VPO's krav til den samlede installation kan opfyldes. VPO's kvalitetssikringsplan – "14-punkts

planen" – fungerer som den vigtigste faktor i virksomhedernes egenkontrol.

VPO's garantiordning skal sikre, at en kunde får et kvalitetsanlæg, når et VPO-medlem har beregnet og dimensioneret anlægget, og at det i øvrigt er blevet installeret og serviceeret i overensstemmelse med VPO's krav og kvalitetssikringskoncept. Garantiordningen træder til, hvis/når der opstår tekniske problemer med en VPO-installation.

Som køber af et varmepumpeanlæg er det vigtigt, at anlægget er af en god kvalitet. Kvalitetssikring af varmepumpeaggregatet og krav til korrekt dimensionering, installation og vedligeholdelse bør være en selvfølge.

For at sikre bedst mulig kvalitet, er der to forhold som kan anbefales:

1. Varmepumpen bør enten være systemgodkendt (kan f.eks. findes på Teknologisk Instituts positivliste efter gennemførelse af uvildig test), så den opfylder gældende normer, standarder og dokumentationskrav, eller findes på Energistyrelsens varmepumpe-liste. Det sikrer, at produktet opfylder en række minimumskrav til kvalitet og har en acceptabel beregnet SCOP for "standardhuse" med radiatorsystem eller gulvarme (SCOP under standardforhold).
2. Installatøren skal være medlem af Kvalitetssikringsordningen for Varmepumpeinstallatører.

Ved at anvende de uddannede installatører og montører fra VPO opnås den bedste sikkerhed for, at anlægget er korrekt dimensioneret, installeret og serviceeret. Ved derudover at vælge en varmepumpe på varmepumpe-listen med høj virkningsgrad samt sikrer sig korrekt udført service, har man som køber garanti for et højt kvalitetsniveau af varmepumpeinstallationen og

sikkerhed for et driftssikkert varmepumpeanlæg med mange års levetid.

Kendetegnende for en købers valg af en VPO-installatør

- Køber ønsker en varmepumpeinstallation af god kvalitet (lovlig, pæn håndværksmæssig udførelse, effektivt varmepumpeaggregat, driftssikkert anlæg med minimalt energiforbrug og god økonomi).
- Køber har ingen/minimal faglig/teknisk indsigt og forsøger at garantere sig gennem valg af en VPO-installatør, som opfylder ordningens kriterier for medlemmernes autorisation og varmepumpekompetence.
- Køber ønsker et kvalitetsanlæg, der er beregnet og dimensioneret af et VPO-medlem, og som i øvrigt installeres og serviceres i overensstemmelse med VPO's krav og kvalitetssikringskoncept.
- Køber ønsker, at en garantiordning træder til, hvis/når der skulle opstå tekniske problemer med en VPO-installation.

13.2 VE-godkendelsesordningen for varmepumper

Energistyrelsen har etableret en frivillig godkendelsesordning for virksomheder, der monterer små vedvarende energianlæg af forskellige typer:

1. Biomassekedler og -ovne.
2. Solcelleanlæg.
3. Solvarmeanlæg.
4. Varmepumper og systemer til overfladenær udnyttelse af geotermisk energi.

Virksomheder kan blive godkendt som VE-installatørvirksomhed, hvis man er autoriseret el- eller VVS-installatørvirksomhed eller som VE-montørvirksomhed indenfor de 4 nævnte områder, herunder små varmepumpeanlæg. På Energistyrel-

sens hjemmeside findes en liste over godkendte virksomheder. Arbejdsområderne ligger udenfor autorisationskrav til el, VVS og køl.

Virksomhederne i godkendelsesordningen har et kvalitetsstyringssystem, der løbende godkendes, og hvis faktiske efterlevelse efterprøves af en kontrolinstans med maks. 2 års intervaller.

Godkendelsesordningen opererer med en VE-uddannet medarbejder som for varmepumper skal have bestået en eksamen i en nærmere specificeret grunduddannelse indenfor varmepumpe-teknologi, samt udførende medarbejder, som monterer de små VE-anlæg. Både VE-uddannet medarbejder, udførende medarbejder og evt. underleverandør skal være i besiddelse af den fornødne kompetence, som løbende skal holdes ajourført. VE-uddannet medarbejder skal have tilstrækkelig kompetence til at kunne vejlede i montering, opfylde kundekrav til ydelse og driftssikkerhed, god håndværksmæssig kvalitet samt opfylde bestemmelser og standarder (energi og miljø).

Den VE-uddannede medarbejder er en nøgleperson i virksomheden, som ifølge en intern procedure i kvalitetsstyringssystemet skal inddrages i virksomhedens varmepumpeaktiviteter – særlig installations- og monteringsarbejde - med henblik på at sikre kvaliteten af og energieffektiviteten ved de installationer, som virksomheden leverer. Iht. kvalitetsstyringssystemet findes der instrukser for arbejdets udførelse rettet til udførende medarbejdere.

Virksomhedens varmepumpeaktiviteter, der dokumenteres iht. kvalitetstyringssystemet, omfatter rådgivning af kunden, salg og markedsføring, projektering, indkøb, installation, montering, slutkontrol og afprøvning samt aflevering af anlæg til kunde.

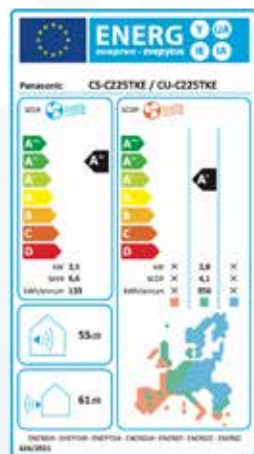
13.3 Energistyrelsens varmepumpe-liste

På www.spareenergi.dk kan man som forbruger finde nyttig information om varmepumper. Her findes også Varmepumpe-listen, som er Energistyrelsens officielle liste over varmepumper, som lever op til en række krav. Bl.a. er alle varme-

pumper på denne liste tredjepartsprøvet, hvilket betyder, at varmepumperne er testet på et akkrediteret prøvningsinstitut. Derudover skal varmepumperne leve op til en række andre grundlæggende krav. På Varmepumpe listen kan man også finde andre relevante informationer om de enkelte varmepumper, som f.eks. varmepumpens ydelse, varmepumpens energimærke mm.

13.4 Energimærkning og ecodesign

På EU plan har man introduceret både energimærknings- og ecodesignkrav til varmepumper. Energimærkning handler om deklaration, altså om at vise forbrugeren hvor effektiv en varmepumpe er, således at forbrugeren kan sammenligne de enkelte produkter. Det er et energimærke, som kendes fra andre produkttyper f.eks. husholdningskøleskabe. Ecodesign handler om minimumskrav for varmepumperne, krav som varmepumperne skal opfylde for at måtte forhandles på det europæiske marked. Udover energieffektivitet handler ecodesign også om parametre som f.eks. støj, som i dag er en vigtig konkurrenceparameter, særligt for luft/vand og luft/luft varmepumper. Information om EU's energimærkningsordning og ecodesignkrav kan findes på Energistyrelsens hjemmeside.



Figur 13.1. Eksempel på EU's energimærke for varmepumpe, der opfylder ecodesignkrav.

14 Tjeklister for varmepumpeanlæg

Dette kapitel indeholder en liste over forhold, som har indflydelse på varmepumpeanlæggets etablering, drift og vedligehold, og som bør tjekkes for optimal funktion.

14.1 Tjeklister for etablering, drift og vedligehold af varmepumpeanlæg

I tabel 14.1 er angivet en række forhold, som har indflydelse på varmepumpeanlæggets etablering, drift og vedligehold, og som bør undersøges.

Tjekskemaet kan bruges i forbindelse med etablering af et varmepumpeanlæg i både eksisterende byggeri og nybyggeri. Se også behovsanalysen i figur 5.1 til 5.3.



Aktiviteter	Tjek i forbindelse med besøg	Forhold der bør undersøges nærmere
Behovsanalyse	Dokumentation, herunder tegninger for bygningen og varmeafgivelsessystemet samt information om eksisterende energiforbrug og varmesystem.	<p>Undersøg om der findes dokumentation, herunder tegninger for bygningen og varmeafgivelsessystemet, f.eks.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tegninger af bygningens klimaskærm med angivelse af isolering i ydervægge, på loft og i gulv/krybekælder. • Type, antal og størrelse af vinduer. • Tegning af rørforinger for varmeanlæg med angivelse af isolering. • Type, antal og størrelse af radiatorer. • Dimensionerende fremløbs- og returtemperaturer for varmeafgivelsessystemet. • Energimærke
	Varmekilde	<p>Undersøg hvilken varmekilde, varmepumpen kan anvende, f.eks.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Om der findes et tilgængeligt haveareal og i givet fald, om haven har et tilstrækkeligt stort areal til nedgravning af jordvarmeslanger. Hvis arealet er tilstrækkeligt stort, er der mulighed for at installere en væske/vand varmepumpe med vandrette jordslanger, der udnytter varmeenergien i jorden. Dette er den mest energieffektive varmepumpe type. • Hvis havearealet ikke er tilstrækkeligt stort, om der er mulighed for at installere lodrette borer og en luft/vand varmepumpe, der udnytter varmeenergien i udeluften. • Hvis der ikke er installeret et vandbærent varmeafgivelsessystem, er der mulighed for at installere en luft/luft varmepumpe. Denne type varmepumpe kan ikke anvendes til opvarmning af brugsvand.

Aktiviteter	Tjek i forbindelse med besøg	Forhold der bør undersøges nærmere
Anlæggets driftstilstand	Fremløbs-temperatur for væske/vand og luft/vand varmepumper	<p>Undersøg om fremløbstemperaturen til radiator/gulvarmesystemet er så lav som muligt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foretag måling eller aflæsning af fremløbstemperaturen og vurder, om den er tilstrækkelig lav set i forhold til rumtemperaturen (og evt. udetemperaturen). I moderne varmepumpeanlæg er det muligt at finjustere, dvs. parallelforskyde varmekurven.
	Brugsvandstemperatur	<p>Undersøg om temperaturen på det varme brugsvand er højere end nødvendigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foretag måling eller aflæsning af brugsvandstemperaturen. Temperaturen på det varme brugsvand bør ligge mellem 50 og 55 °C. Hvis temperaturen er højere, udskilles der mere kalk, hvilket kan gå ud over beholderens levetid. Elforbruget til varmepumpeanlægget (inkl. elpatron) bliver højere end nødvendigt. Hvis temperaturen bliver lavere, øges risikoen for bakterievækst i vandet.
	Indblæsnings-temperatur for ventilationspumper	<p>Undersøg om temperaturen på indblæsningsluften er højere end nødvendigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foretag måling eller aflæsning af indblæsningsluftens temperatur og vurder, om den er tilstrækkelig lav. Temperaturen på indblæsningsluften bør ligge mellem 20 og 22 °C.
Effektivitet	Effektivitet	<p>Ved nyinstallation skal varmepumpen være energimærket:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Undersøg om væske/vand og luft/vand varmepumpen er på Energistyrelsens varmepumpe-liste. • Undersøg om luft/luft varmepumpen har et energimærke.

Aktiviteter	Tjek i forbindelse med besøg	Forhold der bør undersøges nærmere
Service/vedligehold	Anlæggets service og vedligeholdelsestilstand	<p>Undersøg om der foretages regelmæssig service og vedligeholdelse på anlægget, f.eks.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • At man af hensyn til levetiden får anlægget efterset én gang årligt af en kompetent montør. • Om varmepumpeanlæg med en kølemiddelfyldning over 1 kg bliver efterset mindst én gang årligt af en person, som har fået den fornødne instruktion og øvelse i eftersyn og vedligeholdelse af den pågældende anlægstype. • Om jordvarmeanlæg kontrolleres mindst én gang årligt, og resultatet af kontrollen opbevares i mindst fem år og fremvises til kommunen, hvis de forlanger det.

Tabel 14.1. Tjekliste for varmepumpeanlæg.

14.2 Tjeklister for etablering af forskellige typer varmepumpeanlæg

Videncenteret for energibesparelser i bygninger har udarbejdet et samlet energikoncept for etablering af varmepumper i enfamiliehuse. Energiløsningen kan anvendes af udførende virksomheder i forbindelse med kontakten til husejeren. Løsningen indeholder ud over eksempler på beregninger af energibesparelsen også tjeklister, der med fordel kan benyttes.

Tjeklister for fem typer varmepumpeanlæg er vist i tabel 14.2 til 14.6.

Der er indledningsvist lavet en tjekliste for jordvarmeanlæg vist i tabel 14.2. Efterfølgende er der udarbejdet tjeklister for luft/vand, se tabel 14.3, luft/luft, se tabel 14.4, brugsvand, se tabel 14.5 og gashybridvarmepumper, se tabel 14.6. Disse lister er givet som tillæg eller fravalg af spørgsmål i jordvarme tjeklisten.

Tjeklisten efterfølges af noter til tabeller, hvori der gives svar på spørgsmål stillet i tjeklisten.

Energikoncepter og beregninger kan udskrives fra Videncenterets hjemmeside.

På hjemmesiden findes også løsninger på andre energiløsninger vedrørende forbedring af klimaskærmen på en bygning, som f.eks. hulmursisolering, isolering af loft, udskiftning af ruder eller vinduer, tætning omkring vinduer mv., som det ofte kan være fornuftigt at gennemføre før installation af varmepumpen.



Væske/vand varmepumper

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
1a) Myndighedstilladelse	Er huset omfattet af en lokalplan, som har tilslutningspligt til kollektiv varmforsyning?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 1a
1b) Myndighedstilladelse	Er der drikkevandsboringer inden for 50 m eller under 300 m til almen vandforsyning?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 1b
2a) Isolering	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tættes yderligere?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2a
2b) Isolering	Kan isolering af varmerør forbedres markant?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2b
3a) Supplerende opvarmning	Anvendes der brændeovn som supplement til opvarmningen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 3a
4) Termostatventiler	Er der velfungerende termostatventiler på radiatorerne og eventuelt gulvarmesystemet?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 4
5) Radiatorflader	Er de eksisterende radiatorer store nok til en fremløbstemperatur på max 55 °C i de enkelte rum?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 5
6) Rørstørrelser fra kedel	Er rørdimensionen fra kedel til varmesystemet mindre end 1"? Og er rørstørrelse til radiatorstikkene mindre end 3/8"?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 6
7) Fremløbstemperatur for gulv- og radiatorkreds	Er fremløbstemperaturen over 55 °C?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 7
8) Varmepumpeunit	Er der umiddelbart plads til varmepumpen, og er adgangsforholdene i orden?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 8
9) Jordvarmeslangers længde og jordforhold	Er der tale om let jord (sandjord)?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 9
10) Gravearbejde	Er der fyldestgørende kortmateriale mht. antennekabler, tele- og datakabler, el og vandstik?	Ja Nej [] []	Hvis nej: Se 10

11) Rørføring gennem mur	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem husmuren, der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 11
12) Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 12
13) Elektrisk tilslutning	Skal der etableres ny gruppe til varmepumpen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 13

Tabel 14.2. Tjekliste fra videnscenterets energiløsning vedr. konvertering til væske/vand varmepumper.

Luft/vand varmepumper

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
1a) Myndighedstilladelse	Er huset omfattet af en lokalplan som har tilslutningspligt til kollektiv varmforsyning?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 1a
2a) Isolering	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tættes yderligere?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2a
2b) Isolering	Kan isolering af varmerør forbedres markant?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2b
3a) Supplerende opvarmning	Anvendes der brændeovn som supplement til opvarmningen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 3a
4) Termostatventiler	Er der velfungerende termostatventiler på radiatorerne og eventuelt gulvarmesystemet?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 4
5) Radiatorflader	Er de eksisterende radiatorer store nok til en fremløbstemperatur på maks. 55 °C	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 5
6) Rørstørrelser fra kedel	Er rørdimensionen fra kedel til varmesystemet mindre end 1"? Og er rørstørrelse til radiatorstikkene mindre end 3/8"?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 6
7) Fremløbstemperatur for gulv- og radiatorkreds	Er fremløbstemperaturen over 55 °C	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 7

8) Varmepumpeunit	Er der umiddelbart plads til varmepumpen, og hvordan er adgangsforholdene?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 8
11) Rørføring gennem mur	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem husmuren, der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 11
12) Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 12
13) Elektrisk tilslutning	Skal der etableres ny gruppe til varmepumpen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 13

Tabel 14.3 Tjekliste fra videncenteret energiløsning vedr. konvertering til luft/vand varmepumper.

Luft/luft varmepumper

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
2a) Klimaskærm	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tættes yderligere?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 2a
3b) Supplerende opvarmning	Anvendes der brændeovn som supplement til opvarmningen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 3b
4) Termostatventiler	Er der velfungerende termostater på elradiatorerne og eventuelt elgulvarmesystemet?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 4
12) Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 12
14) Køledrift	Regner husejeren med at bruge varmepumpen til at køle med om sommeren?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 14
15) Varmepumpe – udedel	Er der plads til varmepumpen og rigelig tilgang af luft til udedelen?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 15
16) Varmepumpe – indedel	Kan pumpen placeres frit på væg, og kan indblæsningen fordele luften i hele rummet?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 16

17) Rørføring gennem husfacade	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem husmuren, der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 17
18) Elektrisk tilslutning	Skal der etableres en ny gruppe til varmepumpen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 18

Tabel 14.4 Tjekliste fra videncenteret energiløsning vedr. konvertering til luft/luft varmepumper.

Brugsvandsvarmepumper

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
3b) Brændeovn	Har bygningen brændeovn?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 3b
19) Isolering af udsugningskanaler	Er udsugningskanalerne isolerede?	Ja Nej [] []	Hvis nej: Se 19
20) Indregulering	Foreligger der en indreguleringsrapport?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 20
21) Manual til anlægget	Findes der en manual til anlægget?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 21

Tabel 14.5 Tjekliste fra videncenteret energiløsning vedr. installation af brugsvandsvarmepumper.

Gashybridvarmepumper

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
1c) Myndighedstilladelse	Er huset omfattet af en lokalplan, som har tilslutningspligt til kollektiv varmforsyning?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 1c
2a) Isolering	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tættes yderligere?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 2a
2b) Isolering	Kan isolering af varmerør forbedres markant?	Ja Nej [] []	Hvis ja: Se 2b
4) Termostatventiler	Er der velfungerende termostatventiler på radiatorerne og eventuelt gulvarmesystemet?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 4
11) Rørføring gennem mur	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem husmuren, der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 11

12) Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 12
18) Elektrisk tilslutning	Skal der installeres en ny gruppe for tilslutning af gashybridvarmepumpen inkl. styring og cirkulationspumpe?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 18
22a) Varmeanlæg gashybrid	Er anlægget egnet til kondenserende drift og drift med varmepumpe?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 22a
22b) Varmeanlæg gashybrid	Kan radiatoranlægget spille godt sammen med kedlen og varmepumpen?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 22b
23) Styring	Kan der med fordel installeres vejrkompensering?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 23
24) Afløb	Er der afløb for sikkerhedsventilen og for kondens?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 24
25) Aftrækssystem	Benyttes der et balanceret aftræk?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 25

Tabel 14.6 Tjekliste fra videncenteret energiløsning vedr. konvertering til gashybridvarmepumper.

Noter relateret til tabel 14.2 til 14.6

1a. Myndighedstilladelse – tilslutningspligt

Anlægget skal altid godkendes hos kommunen inden installation. Installatøren bør hjælpe kunden med papirarbejdet. Der kan som regel ikke opnås myndighedstilladelse til varmepumpeinstallationen, hvis der er tilslutningspligt til kollektiv varmforsyning. Hvis tilslutningspligten fraviges, skal kommunen give en skriftlig tilkendegivelse om, at det er i orden.

1b. Myndighedstilladelse – drikkevandsboring og vandforsyning

Når varmepumpen er placeret tæt på drikkevandsboringer eller almen vandforsyning, vil myndigheder normalt ikke give tilladelse til opførelse af jordvarmeanlæg.

1c. Myndighedsgodkendelse – byggetilladelse

Anlægget kræver hverken anmeldelse til kommunen eller byggetilladelse, medmindre det involverer jordvarme. Vær opmærksom på, at installationen typisk ikke er hensigtsmæssig, hvis der er tilslutningspligt til fjernvarme, da boligejeren kan risikere fortsat at skulle betale tilslutnings- eller forblivelsesafgift til fjernvarmen. Hvis tilslutningspligten skal fraviges, kræver det en skriftlig tilkendegivelse fra kommunen om, at det er i orden.

2a. Isolering – klimaskærm

En bolig med ingen eller kun relativt lidt isole-ring bør altid efterisoleres og tætnes, inden varmepumpen dimensioneres. Hvis husejeren på et senere tidspunkt får efterisolaret og dermed reducerer husets varmebehov, vil varmepumpen blive for stor. Det vil give pendling (for mange start/stop af varmepumpen), som vil forringe SCOP.

2b. Isolering – varmerør

Alle varmerør bør efterses og evt. efterisoleres, især i krybekælder og skunk.

3a. Supplerende opvarmning – brændeovnsbrug

Anvendes der brændeovn som suppleringsvarme, kan der opstå usikkerhed omkring dimensioneringen af varmepumpen. Afklar sammen med kunden de forudsætninger for dimensioneringen, der hænger sammen med, hvor ofte brændeovnen bruges, og angiv dette i det endelige tilbud.

3b. Supplerende opvarmning – samtidig anvendelse af emhætte og brændeovn

Har bygningen en brændeovn, bør der tages forholdsregler, der sikrer, at der ikke opstår undertryk i bygningen, f.eks. under anvendelse af emhætte og brændeovn samtidig. Dette kan sikres ved separat friskluftsforsyning til brændeovnen.

4. Termostatventiler

Termostatventiler på radiatorer skal gennemgås og om nødvendigt udskiftes for at opnå god drift.

5. Radiatorflader

Hvis radiatorerne er for små, kan de udskiftes til radiatorer med større overfladeareal (ydelse). Til det formål kan regnearksværktøjet "Beregning af varmeafgivere" anvendes. Værktøjet kan hentes på Videncenter for energibesparelser i bygnings hjemmeside. Her anbefales det, at temperaturen på frem/retur ikke overstiger 50/35 °C.

6. Rørstørrelse fra kedel

Ved hjælp af en beregning sikres, at der kan opnås tilstrækkelig flow for energieffektiv drift ved den reducerede fremløbstemperatur.

7. Fremløbstemperaturer for gulv- og radiatorkreds

Undersøg, om kedelshuntens åbningsgrad eller andre forhold gør, at fremløbstemperaturen er for høj – f.eks. på grund af dårlig indregulering af varmeanlægget, eller at kedlens ydelse er for lav til det faktiske varmebehov.

8. Varmepumpeunit

En typisk inddel til en væske/vand og en luft/vand varmepumpe måler: Bredde 600 mm, højde 1.800 mm, dybde 700 mm. En typisk uddel til en luft/vand varmepumpe måler: Bredde 1.000 mm, højde 800 mm, dybde 400 mm.

9. Jordvarmeslanges længde og jordforhold

Ved installation i let jord, hvor der er dårligere varmeoptagelse, må der påregnes ekstra udgifter til materialer og gravearbejde på grund af en længere jordvarmeslange – typisk 100 meter ekstra. Den nøjagtige længde bør beregnes – f.eks. ved hjælp af VPO-beregningsprogrammet.

10. Gravearbejde

Installatøren bør indhente oplysninger om eventuelle kabler eller andet i jorden så tidligt som muligt i processen, da kabler i jorden kan forårsage ekstra tidsforbrug til nedgravning af jordvarmeslangerne.

11. Rørføring gennem mur

Rørføring gennem husmuren skal sikres, så der ikke kan trænge vand ind. Afklar med husejeren, om der er dele af husets fundament eller mur, som ofte står under vand ved kraftige regnskyl. Det kan betyde, at der skal træffes ekstra foranstaltninger for at hindre vandindtrængning. Gennemføringer af kabler og rør skal altid tættes med egnede manchetter.

12. Støjforhold

Væske/vand varmepumper giver som regel få støjgener inde og ingen ude. Luft/vand og luft/luft varmepumper er ret støjsvage, men man bør alligevel ikke sætte varmepumpens udedel lige uden for soveværelsevinduet eller tæt på naboens skel. Hvis naboen klager til kommunen over larm fra varmepumpen, vil de fleste kommuner henholde sig til paragraf 42 i Miljøbeskyttelsesloven, hvor støjgrænsen i boligområder er fastsat til 35 dB(A) ved skellet. Hvis denne grænse overskrides, vil man kunne blive påbudt at flytte varmepumpen. Hvis kunden er i tvivl om støjforholdene, kan man overveje at tilbyde en "prøvelytning" på nogle eksisterende installationer. Brug evt. Energistyrelsens støjberegner til vejledende placering af varmepumpens udedel.

13. Elektrisk tilslutning

Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør. Allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmepumpen er det vigtigt at tage højde for anlæggets samlede mærkeeffekt, da det kan blive nødvendigt at supplere den eksisterende elinstallation med endnu en gruppe til varmepumpen. Elforbruget i varmepumper, der årligt bruger over 3.000 kWh, skal måles, jf. Bygningsreglementet. Evt. elpatron bør forsynes med timetæller eller separat elmåler.

14. Køle drift

De fleste luft/luft varmepumper er reversible og kan derfor anvendes til komfortkøling om sommeren. Hvis denne mulighed udnyttes, skal kunden gøres opmærksom på, at elbesparelsen vil blive væsentligt mindre end ved ren varmedrift eller helt udeblive.

15. Varmepumpe – udedel

En typisk udedel til en luft/luft varmepumpe måler: Bredde: ca. 1.000 mm, højde: ca. 800 mm og dybde: ca. 300 mm.

16. Varmepumpe – indedel

En typisk indedel til en luft/luft varmepumpeunit måler: Bredde: ca. 1.000 mm, højde: ca. 300 mm og dybde: ca. 200 mm.

17. Rørføring gennem husfacade

Rørføring gennem husfacaden skal udføres, så der ikke kan trænge vand og støj ind. Normalt føres rør på udvendig væg op til højden svarende til indedelens placering, så der ikke er synlig rørføring indendørs. Gennemføring af kabler og rør skal altid tætnes med egnede materialer.

18. Elektrisk tilslutning

En VVS-installatør må gerne tilslutte kedel og pumper mm. til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye eltavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af en autoriseret elinstallatør. Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør. Allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmepumpen er det vigtigt at tage højde for anlæggets samlede mærkeeffekt, da det kan blive nødvendigt at supplere den eksisterende elinstallation med endnu en gruppe til varmepumpen. Elforbruget i varmepumper, der årligt bruger over 3.000 kWh, skal måles, jf. Bygningsreglementet. En eventuel elpatron bør forsynes med timetæller eller separat elmåler.

19. Isolering af ventilationskanaler

Hvis ikke udsugningskanalerne ligger indbygget i isoleringslaget på loftet, skal de isoleres med mindst 50 mm isolering. Isoleringen afsluttes med en beklædning af plast- eller alufolie udvendigt.

20. Indregulering

Der skal foreligge en indreguleringsrapport som dokumentation af, at der har været foretaget en indregulering.

21. Manual til brugsvandsvarmepumpe

Brugermanualen skal være gennemgået med og udleveret til beboerne i huset.

22a. Varmeanlæg/gashybrid – dimensionerende og varmetab

Fremløbs- og returtemperaturer: For at udnytte kondensgevinsten i røggassen skal der benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget. Det betyder, at radiatorernes samlede hede flade skal være stor nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. For at opnå eller sikre en høj effektfaktor skal der ved drift med varmepumper ligeledes benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget.

22b. Varmeanlæg/gashybrid – radiatorstørrelse

Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt kan det dimensionerende varmetab reduceres ved at foretage energibesparende foranstaltninger som f.eks. efterisolering af ydervægge og lofter samt udsiftning af vinduer.

Flow i varmeanlæg: Ved lette kedler er det helt nødvendigt at sikre en passende vandgennemstrømning i varmeanlægget. Som tommelfingerregel skal afkølingen over varmeanlægget være højst 15 °C ved kedlens minimumseffekt.

Beregningsværktøjer "Beregning af varmeafgivere kan anvendes, det kan hentes på Videncenter for energibesparelser i bygningers hjemmeside. Se også DGC-vejledningerne nummer 15, 16, 36, 37 og 43 fra Dansk Gasteknisk Center.

23. Styring

Vejrkompensering sikrer bedst mulig energieffektivitet og driftsbetingelser.

24. Afløb fra gaskedel

Der etableres et brugbart gulvafløb for overløb fra sikkerhedsventilen og for kondensafløb, hvis dette ikke forefindes. Der skal altid bruges plastrør til kondensafløb fra kondenserende gasfyr. Se også DGC-vejledning 40 fra Dansk Gasteknisk Center.

25. Aftrækssystem fra gaskedel

Det balancerede aftrækssystem har den fordel, at forbrændingsluften bliver opvarmet på dens vej ned til gasbrænderen gennem forbrændingsluftkanalen, der går parallelt med skorstenen (dobbeltrør), som vil afgive varme. Det har den fordel, at luften til forbrændingen bliver opvarmet. Derved fås en bedre og mere energieffektiv udnyttelse af gassen.



15 10 gode råd

1. Før man installerer et varmepumpeanlæg, bør man undersøge mulighederne for at reducere varmetabet i bygningen (f.eks. efterisolering af ydervægs- eller tagkonstruktionen og udbedring af utætheder samt udskiftning af ældre vinduer med f.eks. lavenergi termoruder).
2. Kontakt altid en installatør tilsluttet VarmepumpeOrdningen, når en varmepumpe skal installeres. VPO-installatører har beregningsværktøjer, der kan sikre, at varmepumpen bliver dimensioneret korrekt.
3. Indhent mindst to tilbud, hvor alle håndværkerudgifter er med, også installationen, f.eks. gravearbejdet.
4. Vælg gerne en kapacitetsreguleret varmepumpe.
5. Hold indblæsningstemperaturen så lav som muligt for luft/luft varmepumper.
6. Dimensionér varmepumpen til den lavest mulige fremløbstemperatur til radiator/gulvvarmesystemet. Effektiviteten stiger 1-3 % for hver grad, fremløbstemperaturen sænkes.
7. Dimensionér en væske/vand eller luft/vand varmepumpe (varmepumpe til radiator/gulvvarmesystem) til at dække minimum 80 % af det dimensionerende effektbehov, svarende til effektbehovet ved -5 til -7 °C ude. Dimensionér en luft/luft varmepumpe til at dække hele varmebehovet i den del af bygningen, hvor varmepumpens indedel (kondensator) er placeret.

8. Stil krav til opsætning af målere (energi- og temperaturmålere) for overvågning af anlæggets drift.
9. For væske/vand eller luft/vand systemer bør man vælge en varmepumpe, som er på Energistyrelsens varmepumpeliste.
10. Overvej energilagring i bygningen eller brug af akkumuleringstank. Ved anvendelse af akkumulering sikres en mere stabil drift, samt at spidsbelastninger (f.eks. større brugsvandstapninger) kan klares uden supplerende varmekilde. Det kan også give mulighed for at flytte forbruget til økonomisk gunstige tidspunkter.

16 Lovgivning

Kapitlet orienterer om lovgivningsmæssige forhold, der er gældende ved installation og drift af varmepumpeanlæg.

- EU Forordninger
- EU-direktiver
- Dansk lovgivning
- Bekendtgørelser
- Dansk Standard

16.1 EU Forordninger

EU Forordning (EF) nr. 303/2008

EU-Kommissionens Forordning (EF) nr. 303/2008 af 2. april 2008 om fastsættelse i medfør af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 842/2006 af mindstekrav og betingelser for gensidig anerkendelse af certificering af virksomheder og personale vedrørende stationært køle-, luftkonditionerings- og varmepumpeudstyr, der indeholder visse fluorholdige drivhusgasser.

EU Forordning (EF) nr. 303 af 2. april 2008 forbyder ikke-autoriseret personale at installere varmepumper, hvor der skal foretages indgreb i kølemiddelsystemet.

Dette vedrører specielt luft/luft varmepumper, hvor det ikke længere er muligt for ikke autoriseret (certificeret) personale at installere varmepumper, uanset om der skal efterfyldes kølemiddel eller ej.

For at arbejde med anlæg med mindre end 2,5 kg kølemiddelfyldninger, kræves mindst en kategori II-autorisation. I forordningen er desuden opstillet særlige kvalifikationskrav for arbejde med kølemiddelfyldninger under 3 kg. I praksis er grænsen 2,5 kg, da Arbejdstilsynets regler kræver, at en kølemontør løser opgaven, når der er tale om fyldninger over 2,5 kg.

Langt de fleste jordvarmepumper til parcelhusmarkedet, som har en afgivet varmeeffekt på 10-12 kW, vil have en kølemiddelfyldning på min-

dre end 2,5 kg. Det vil være lovligt at installere og servicere disse anlæg af en person med kølcertifikat kategori II. En person med kølcertifikat I vil naturligvis også kunne installere og servicere disse anlæg.

Ecodesign Forordning (EU) nr. 813/2013

Selve varmepumpen skal være CE-mærket og anlægget skal opfylde ecodesign forordning (EU) nr. 813/2013 for varmepumper og være udstyret med et energimærke som beskrevet i forordningen. I tabel 8.3 er kravene til normeffektfactorer angivet for anlæg, der forsyner gulvarme og anlæg, der forsyner radiatorer. For luft/vand og luft/luft varmepumper gælder, at udedelen ikke må placeres i loftrum, eller hvor den giver støjgener (maks. 35 dB(A) i naboskel).

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EU) nr. 517/2014

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EU) nr. 517/2014 af 16. april 2014 om fluorholdige drivhusgasser og om ophævelse af forordning (EF) nr. 842/2006 (EØS-relevant tekst).

Kommissionens Delegerede Forordning (EU) 2015/1186

Kommissionens Delegerede Forordning (EU) 2015/1186 af 24. april 2015 om supplerende regler til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2010/30/EU for så vidt angår energimærkning af produkter til lokal rumopvarmning (EØS-relevant tekst).

Kommissionens Forordning (EU) 2015/1188

Kommissionens Forordning (EU) 2015/1188 af 28. april 2015 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design af produkter til lokal rumopvarmning (EØS-relevant tekst).

Kommissionens gennemførelsesforordning (EU) 2015/2067

Kommissionens gennemførelsesforordning (EU) 2015/2067 af 17. november 2015 om fastsættelse i medfør af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 517/2014 af mindstekrav og

betingelser for gensidig anerkendelse af autorisation af fysiske personer vedrørende, stationært køle-, luftkonditionerings- og varmepumpeudstyr, og køleenheder på kølelastbiler og -påhængskøretøjer, der indeholder fluorholdige drivhusgasser, samt af autorisation af virksomheder vedrørende stationært køle-, luftkonditionerings- og varmepumpeudstyr, der indeholder fluorholdige drivhusgasser (EØS-relevant tekst).

16.2 Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2009/125/EF

Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2009/125/EF af 21. oktober 2009 om rammerne for fastlæggelse af krav til miljøvenligt design af energirelaterede produkter (omarbejdning). (EØS-relevant tekst).

16.3 Bygningsreglement 2018

Bygningsreglement 2018 (BR18) BEK nr. 1615 af 13/12/2017 + ændring. Erhvervs- og Byggestyrelsen har besluttet, at varmepumper skal overholde kravene i ecodesign direktivet. Se § 251 og § 252.

§ 300 Installationer skal være uden generende rystelser, uden korrosion, isoleret mod varmetab og kondens, uden generende støj og fugt fra gennemføringer, med mulighed for betjening, eftersyn og vedligeholdelse.

For væske/vand varmepumper (med vandrette eller lodrette slanger) skal man inden etablering af jordslanger søge tilladelse ved kommunen. Installationen skal overholde kravene i BR18, herunder DS/EN 378, DS 469, DS 452 og DS 439. Elforbruget i varmepumper, der har et årligt elforbrug på mere end 3.000 kWh, skal måles. Bestemmelsen gælder både for nybyggeri og installation i eksisterende byggeri. Vandinstallation skal udføres af en autoriseret installatør.

§ 369 til § 371 Diverse krav til lyd med henvisning til "Bygningsreglementets vejledning om lydforhold".

§ 434 Varmepumper i genvindingsanlæg og udsugningsanlæg skal have en COP-værdi på min 3,6 i opvarmningstilstand.

16.4 Bekendtgørelser

Arbejdstilsynets BEK nr. 100 af 31/01/2007

Arbejdstilsynets BEK nr. 100 af 31/01/2007: "Bekendtgørelse om anvendelse af trykbærende udstyr". Bilag 7 for Køleanlæg og varmepumpeanlæg. + senere ændring BEK. nr. 1094 af 28/11/2011

Afsnit 4 i bilag 7 i bekendtgørelsen er særdeles relevant mht. varmepumper, idet det omhandler eftersyn og vedligeholdelse m.v. I afsnit 4 står der:

- Det skal ved passende eftersyn og vedligeholdelse m.v. sikres, at køleanlæg til stadighed under anvendelse holdes i forsvarlig stand.
- Ud over undersøgelserne af trykbeholdere og rørsystemer efter kapitel 5 og 9 skal anlæg med fyldning større end 1 kg kølemiddel efterses mindst 1 gang årligt. Se i øvrigt bilag 5, pkt. 2.2 om undersøgelse af visse beholdere i køleanlæg.
- Ved det årlige eftersyn kontrolleres det, at anlæggets beskyttelsesforanstaltninger mod overskridelse af de tilladte grænser fungerer korrekt.
- Eftersyn og vedligeholdelse m.v. af køleanlæg skal udføres af en person, som har fået den fornødne instruktion og øvelse i eftersyn og vedligeholdelse m.v. af den pågældende anlægstype.
- Ved anlæg med fyldning større end 2,5 kg kølemiddel skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et kølefirma, jf. pkt. 5.

Miljøministeriets BEK nr. 240 af 27/02/2017

Etablering af jordvarmeanlæg er omfattet af Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 240 af 27. februar 2017.

Miljøministeriets BEK nr. 1716 af 15/12/2015

Miljøministeriets "Bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg" nr. 1716 af 15. december 2015.

Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg

I denne bekendtgørelse stilles bl.a. krav til placering af jordvarmeanlægget, konstruktion af anlægget samt egenkontrol.

Etablering af jordvarmeanlæg må først ske, når kommunen har meddelt en godkendelse af anlægget. Godkendelsen skal bl.a. sikre, at der ikke sker forurening af jord og grundvand.

Når jordvarmeanlægget er etableret, skal anlægget færdigmeldes til kommunen. Dette er med henblik på registrering i Bolig Bygge Registeret (BBR). Registrering i BBR er nødvendig for evt. at kunne få nedslag i elafgiften.

Energistyrelsens BEK nr. 904 af 24/06/2016

Energistyrelsens BEK nr. 904 af 24/06/2016 "Bekendtgørelse om tilslutning m.v. til kollektive varmeforsyningsanlæg". I kapitel 2, § 2 i bekendtgørelsen står der, at kommunalbestyrelsen kan pålægge såvel ny som eksisterende bebyggelse tilslutningspligt til et kollektivt varmeforsyningsanlæg. Beslutning herom kan ikke træffes, før forudsætningerne herfor er belyst i et godkendt tilslutningsprojekt. Beslutningen skal træffes samtidig med eller umiddelbart efter godkendelsen af tilslutningsprojektet.

Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning.

§ 15, kapitel 2, er relevant i forhold til varmepumper, idet der hér informeres om hvilke kategorier af eksisterende bebyggelse, der ikke kan kræves tilsluttet et kollektivt varmeforsyningsanlæg.

I punkt 2 i § 15 står der, at bygninger, der er indrettet med solvarmeanlæg, varmepumper, vindmøller, biogasanlæg, komposteringsanlæg, vandkraftanlæg, træfyр eller halmfyр, og hvor anlægget – eller anlæggene tilsammen – efter kommunalbestyrelsens skøn har en kapacitet, som kan dække mere end halvdelen af bygningens energiforbrug til opvarmning og forsyning med varmt vand, ikke kan kræves tilsluttet et kollektivt varmforsyningsanlæg.

BEK nr. 1326 af 19/11/2018

BEK nr. 1326 af 19/11/2018 "Bekendtgørelse om regulering af visse industrielle drivhusgasser".

Bekendtgørelse af lov om varmforsyning

Herved bekendtgøres lov om varmforsyning, jf. lovbekendtgørelse nr. 1211 af 9. oktober 2018, med de ændringer, der følger af § 1 i lov nr. 1712 af 27. december 2018.

16.5 Dansk Standard

DS/EN 378-1 + A2:2012

DS/EN 378-1 + A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 1: Generelle krav, definitioner, klassifikation og udvælgelseskriterier.

DS/EN 378-2 + A2:2012

DS/EN 378-2 + A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 2: Udformning, konstruktion, prøvning, mærkning og dokumentation.

DS/EN 378-3 + A1:2012

DS/EN 378-3 + A1:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 3: Installationssted og personbeskyttelse.

DS/EN 378 DS hæfte 41:2014

DS/EN 378 DS hæfte 41:2014 – en generel vejledning.

DS/EN 442-1:2014

DS/EN 442-1:2014 "Radiatorer og Konvektorer – Del 1: Tekniske specifikationer og krav", 2014.

DS 469:2013

DS 469:2013 Varme- og køleanlæg i bygninger, 2013.

DS 452:2013

DS 452:2013 Termisk isolering af tekniske installationer, bygningsinstallationer, som fx varme-, ventilations-, køle-, solvarme- og brugsvandsanlæg, samt for termisk isolering af industrianlæg herunder proces- og forsyningsanlæg. Standarden gælder også for installationer i det fri.

DS/EN 1264-1:2011

DS/EN 1264-1:2011 "Vandbaserede indstøbte varme- og kølesystemer – Del 1: Definitioner og symboler", 2011.

DS 439:2009

DS 439:2009 "Norm for vandinstallationer", 2009.

DS/EN 14511-1:2018

DS/EN 14511-1:2018 Airconditionanlæg, væskekøleaggregater og varmepumper til rumopvarmning og -køling samt proceskøleaggregater med eldrevne kompressorer – Del 1: Termer og definitioner.

DS/EN 14511-2:2018

DS/EN 14511-2:2018 Airconditionanlæg, væskekøleaggregater og varmepumper til rumopvarmning og -køling samt proceskøleaggregater med eldrevne kompressorer – Del 2: Prøvningsbetælinger.

DS/EN 14511-3:2018

DS/EN 14511-3:2018 Airconditionanlæg, væskekøleaggregater og varmepumper til rumopvarmning og -køling samt proceskøleaggregater med eldrevne kompressorer – Del 3: Prøvningsmetoder.

DS/EN 14511-4:2018

DS/EN 14511-4:2018 Airconditionanlæg, væske-køleaggregater og varmepumper til rumopvarmning og -køling samt proceskøleaggregater med eldrevne kompressorer – Del 4: Krav.

DS/EN 14825:2018

Airconditionanlæg, væskekølere og varmepumper med eldrevne kompressorer til rumopvarmning og rumkøling – Prøvning og effektmåling under delbelastning samt beregning af sæsonbestemt ydeevne.

Varmepumper med eldrevne kompressorer – Udførelse af varmepumpeinstallationer med en varmeeffekt på til og med 25 kW

Ny standard er under udvikling. Formålet med standarden er at medvirke til at højne kvaliteten og energieffektiviteten af de varmepumpeinstallationer, der er installeret efter standarden. I et bredere perspektiv er formålet at medvirke til at beskytte miljøet ved at optimere energieffektivitet, og dermed et relativt lavere energiforbrug, i de varmepumpeinstallationer, der er installeret efter standarden.

Standarden kan f.eks. benyttes som aftalegrundlag mellem bygningsejer og installatørvirksomhed. Standarden stiller krav om processtyring og angiver krav for udførelse af mindre eldrevne varmepumpeinstallationer.

17 Andre kilder

17.1 Håndbøger og rapporter

- 1/ Håndbog for energikonsulenter (HB2016), Energistyrelsen, 15. december 2015.
- 2/ Indeklimahåndbogen – 2. udgave, SBI-anvisning 196, Statens Byggeforsknings Institut, 2000, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen og Peter A. Nielsen. ISBN 87-563-1041-6.
- 3/ Varmeanlæg med vand som medium, SBI-anvisning 175, Statens Byggeforsknings Institut, 2000, Kaj Ovesen. ISBN 87-563-1058-7.
- 4/ Den lille blå om Varme, 1. udgave, Dansk Energi, 2008, Claus M. Hvenegaard, Otto Paulsen, Hans Andersen og Jørn Borup Jensen. ISBN 87-91326-11-7.
- 5/ Varme Ståbi, 7. udgave, Nyt Teknisk Forlag, 2015. ISBN 987-87-571-2854-3.
- 6/ Dansk Energi, Varmeoutlook, 2018
- 7/ ELFORSK projekt 344-005 Energieffektiv og miljøvenlig brugsvandsvarmepumpe, Teknologisk Institut, 2012.
- 8/ ELFORSK projekt 336-070 Varmepumpeanlæg til fritidshuse eventuelt i kombination med solvarme, Ellehaug & Kildemoes, 2004.
- 9/ ELFORSK projekt 346-012 Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehuse, Teknologisk Institut, 2014.

- 10/ ELFORSK projekt 342-066 Varmepumper med lodrette boreriger som varmeoptager, forprojekt, Teknologisk Institut, 2010.
- 11/ ELFORSK projekt 343-037 Varmepumper med lodrette boreriger som varmeoptager, Teknologisk Institut, 2011
- 12/ ELFORSK projekt 339-039 Grundvandsvarmepumper og -køling med grundvandsmagasiner som sæsonlager, Energi og Miljø A/S, 2007.
- 13/ ELFORSK projekt 346-013 Landsbyvarme med varmepumper og ATES, EWII, 2014
- 14/ Seasonal thermal storage in North-west Europe. EEC Directorale General XVII Energy. Thermine B Program. DIS-0463-95-NL

17.2 Hjemmesider

Arbejdsgiverne. Industri & håndværkere
www.arbejdsgiverne.dk

Arbejdstilsynet
www.arbejdstilsynet.dk

Autoriserede Kølefirmaers Brancheforening
www.koeleteknik.dk

Dansk Energi
www.danskeenergi.dk

Dansk Gasteknisk Center – DGC
www.dgc.dk

DEBRA Energibranchen
www.energibranchen.dk

Den Jyske Håndværker skole
www.djhadsten.dk

ELFORSK
www.elforsk.dk

Energistyrelsen
www.ens.dk

Energistyrelsens produktlister
www.spareenergi.dk

Energitjenesten
www.energitjenesten.dk

GEUS
www.geus.dk

Miljøstyrelsen
www.mst.dk

Skrot dit oliefyrr
www.skrotditoliefyrr.dk

Statens Byggeforsknings Institut
www.sbi.dk

TEKNIQ
www.tekniq.dk

Teknologisk Institut
www.teknologisk.dk

Trafik-, Bolig- og Byggestyrelsen
www.trafikstyrelsen.dk

Varmepumpefabrikantforeningen
www.varmepumpefabrikanterne.dk

Varmepumpeinfo (Teknologisk Institut)
www.varmepumpeinfo.dk

VarmePumpeOrdnningen
www.vp-ordning.dk

VE-installatør
www.veinstallatoer.dk

Videncenter for energibesparelser i bygninger
www.byggeriogenenergi.dk