

Fremtiden tilhører varmepumperne

Varmepumper kommer til at spille en central rolle i en fremtid, hvor vi bevæger os væk fra de fossile brændsler og hen imod at bruge mere og mere vedvarende energi.

Der er ingen tvivl om, at varmepumper vil blive installeret i mange danske hjem i den kommende periode som en erstatning for oliefyret. Udover at fungere som en af fremtidens individuelle varmekilder vil varmepumperne indgå som en væsentlig brik i det intelligente energisystem, som skal hjælpe med til at håndtere meget mere elektricitet fra vindmøller.

"Den lille blå om Varmepumper" er et godt redskab til at danne sig et overblik over varmepumpeområdet, og giver indsigt i hvordan man får en varmepumpe installeret i boligen.

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

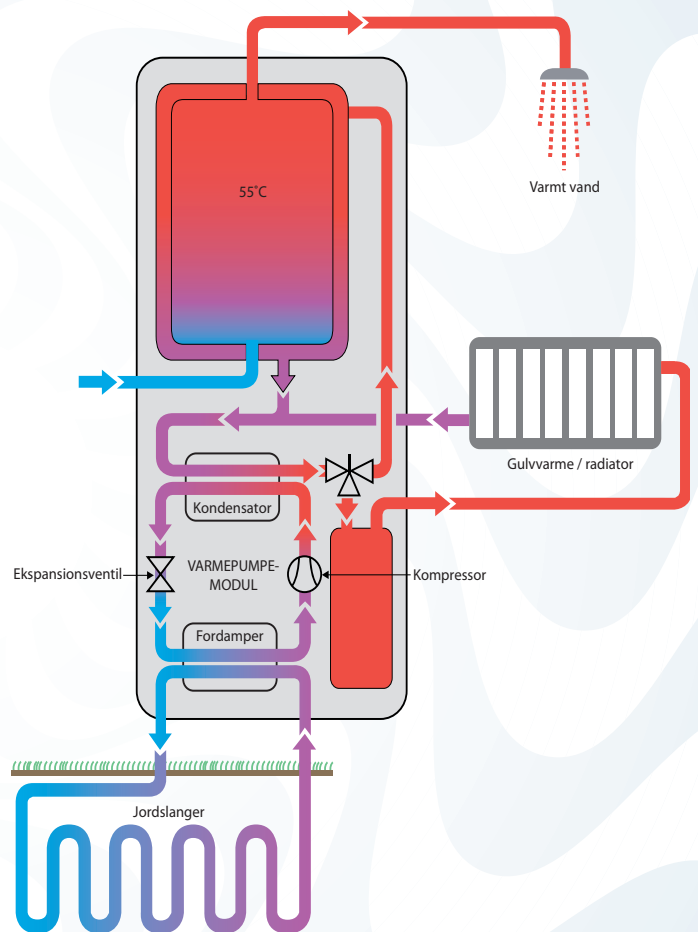
Med venlig hilsen
Lykke Friis
Klima- og Energiminister

Den lille blå om Varmepumper



www.danskenergi.dk

LÆS HER OM VARMEPUMPER ►►



Den lille blå om Varmepumper

Redaktionsgruppe:

Jørn Borup Jensen (Dansk Energi)
Dorte Lindholm (Dansk Energi)

Forfattere:

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

Udgiver: Dansk Energi

Tryk: CJ Grafik

Design: Nectar Communication

Oplag: 10.000, 1. udgave marts 2011

ISBN nummer: 978-87-91326-08-0

GOD LÆSELYST!

Forord

Varmepumper kan reducere energiforbruget i boliger markant og medvirke til, at Danmark i fremtiden kan blive et fossilfrit samfund. Indsatsen for udbredelse af varmepumper skal intensiveres, og derfor har Energistyrelsen ydet støtte til Dansk Energi til udgivelsen af "Den lille blå om Varmepumper".

"Den lille blå om Varmepumper" er et lettilgængeligt opslagsværk for alle, der arbejder med at realisere energibesparelser i nye og eksisterende bygninger. Bogen er tilegnet energikonsulenter, rådgivende ingeniører, installatører og andre, der arbejder med energieffektivisering af bygninger ved anvendelse af varmepumper.

Bogen tager udgangspunkt i Bygningsreglement 2010 (BR10), og varmepumpens funktion og ydelse er gennemgået under hensyntagen til installationer, bygningens alder, temperaturforhold osv.

Bogen indeholder nøgletal for enfamiliehusenes varmebehov og varmepumpers effektivitet. Disse informationer kan anvendes til vurdering af energisparepotentialer og levetidsomkostninger.

En lang række cases viser, hvordan bogens nøgletal kan anvendes i praksis.

Det er håbet, at "Den lille blå om Varmepumper" bliver et nyttigt værktøj for rådgivere, leverandører og brugere og medvirker til, at Danmark lever op til det overordnede mål om at minimere energiforbruget i bygninger, uden anvendelse af fossile brændsler.

God arbejds- og læselyst!
Marts 2011



Jørn Borup Jensen
Dansk Energi



Dorte Lindholm
Dansk Energi

Indholdsfortegnelse

01	Den lille blå om Varmepumper	09
02	Introduktion til varmepumper	11
2.1	Varmepumpe teknik.....	12
2.2	Potentialebeskrivelse.....	14
2.3	Fleksibelt elforbrug.....	15
03	Behovsanalyse	16
3.1	Varmepumper til rumopvarmning.....	19
3.1.1	Eksisterende byggeri.....	22
3.1.2	Nybyggeri.....	24
3.1.3	Sommerhuse.....	24
3.2	Varmepumper til opvarmning af brugsvand.....	25
3.3	Kombinerede varmepumper til rumopvarmning og varmt brugsvand.....	27
3.4	Varmepumper til opvarmning af ventilationsluft.....	29
3.5	Diagram for valg af varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand.....	32
3.6	Levetidsomkostninger.....	36
04	Varmepumpeanlæg	41
4.1	Væske/vand varmepumper.....	41
4.2	Luft/vand varmepumper.....	45
4.3	Luft/luft varmepumper.....	48
4.4	Brugsvandsvarmepumper.....	52
4.5	Boligventilations varmepumper.....	56
4.6	Varmepumper i kombination med solvarme.....	60
05	Varmekilder - dimensioneringsgrundlag	63
5.1	Jordvarme.....	63
5.1.1	Vandrette jordslanger.....	63
5.1.2	Lodrette jordslanger.....	68
5.2	Sø- og havvand.....	72
5.3	Grundvand.....	73
5.4	Luftvarme.....	75
06	Varmeafgiver systemer	76
6.1	Radiatoranlæg.....	76
6.2	Gulvarmeanlæg.....	83
6.3	Brugsvandsanlæg.....	86
6.4	Boligventilations varmepumper.....	88
07	Nøgletal for varmepumpeanlæg	92
7.1	Effektfaktor og årsnyttevirkningsgrad.....	92
7.1.1	Normeffektfaktor.....	95
7.2	Nøgletal for elforbrug til varmepumper i enfamiliehuse.....	98
7.2.1	Elforbrug til væske/vand varmepumper.....	99
7.2.2	Elforbrug til luft/vand varmepumper.....	101
7.2.3	Elforbrug til luft/luft varmepumper.....	103
7.3	Investering pr. kW varmeeffekt.....	106
08	Regulering af varmepumpeanlæg	108
8.1	Regulering af væske/vand og luft/vand varmepumper.....	108
8.1.1	Styring af fremløbstemperatur til varmesystemet.....	108
8.1.2	Styring af brugsvandstemperaturen.....	109
8.1.3	Legionella funktion.....	109
8.1.4	On/off regulering og buffertanke.....	110
8.1.5	Frekvensregulering.....	110
8.2	Regulering af luft/luft varmepumper.....	111
8.2.1	Styring af rumtemperatur.....	111
8.2.2	Styring af ventilatorhastighed.....	112
8.2.3	Afrimningsfunktion.....	112

8.2.4	Sommerhusfunktion "10 graders funktion".....	112
-------	---	-----

09 **Energiforbrug og energiøkonomi**..... 113

9.1	Energiforbrug ved andre opvarmningsformer end varmepumper	113
9.1.1	Oliekedler	115
9.1.2	Naturgaskedler	118
9.1.3	Elvarme.....	123
9.2	Energiøkonomi ved forskellige varmeanlæg	125

10 **Energilagring med varmepumper** 135

10.1	Varmepumper som en del af "det fleksible elforbrug".....	135
10.2	Varmeakkumulering	135

11 **Kølemidler**..... 142

11.1	Anvendte kølemidler.....	142
------	--------------------------	-----

12 **Ordninger og organisationer om varmepumper**..... 145

12.1	VarmePumpeOrdningen VPO.....	145
12.2	Godkendelsesordning for klima- og varmepumpeanlæg	148
12.3	Energimærkede væske/vand og luft/vand varmepumper	149
12.4	Energisparemærke til varmepumper....	150
12.5	EU energimærkningsordning af luft/luft klimaanlæg.....	152

13 **Udviklingsprojekter**..... 153

13.1	ELFORSK.....	153
13.1.1	Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning	153
13.1.2	Varmepumpeanlæg til fritidshuse eventuelt i kombination med solvarme .	154

13.1.3	Varmepumper og elforbrug – betydning af ændrede komforttemperaturer	154
--------	---	-----

13.1.4	Varmepumper med lodrette borer som varmeoptager – forprojekt.....	155
--------	--	-----

13.1.5	Varmepumper med lodrette borer som varmeoptager – hovedprojekt...	155
--------	--	-----

13.2	EFP	156
------	-----------	-----

13.2.1	Udvikling og demonstration af minivarmepumper til lavenergihuse	156
--------	--	-----

14 **Tjeklister for varmepumpeanlæg** 157

14.1	Tjeklister for etablering/drift/ vedligehold af varmepumpeanlæg.....	157
------	---	-----

14.2	Tjeklister for etablering af jordvarmeanlæg og luft/vand varmepumpe.....	161
------	--	-----

15 **10 gode råd**..... 169

16 **Lovgivning**..... 171

16.1	Arbejdstilsynets BEK nr. 100 af 31/01/2007	172
------	---	-----

16.2	EU-Kommissionens Forordning (EF) nr. 303/2008	173
------	--	-----

16.3	Miljøministeriets BEK nr. 1019 af 25/10/2009 "Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg"	173
------	---	-----

16.4	Energistyrelsens BEK nr. 31 af 29/01/2008, BEK om tilslutning m.v. til kollektive varmeforsyningsanlæg.....	174
------	--	-----

16.5	Bygningsreglement 2010 (BR10)	175
------	-------------------------------------	-----

17 **Andre kilder**..... 177

17.1	Litteratur	177
------	------------------	-----

17.2	Hjemmesider	180
------	-------------------	-----

Hvis du vil vide mere

Kontakt Dansk Energi på adressen:
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C
Telefon 35 300 400
E-mail: de@danskeenergi.dk.
Du kan også kontakte dit lokale energiselskab.
Klik ind på: www.danskeenergi.dk

1 Den lille blå om Varmepumper

De høje energipriser har medvirket til, at der i de senere år er sket en kraftig stigning i efterspørgslen på varmepumper i Danmark. Med Klimakommissionens anbefalinger samt et politisk ønske om at anvende energieffektive forbrugsteknologier, der kan tilgodese ønsket om mere vedvarende energi (VE) i energiproduktionen, forventes yderligere vækst af installerede varmepumper de kommende år.

Det årlige salgstal af varmepumper kendes ikke, men ligger formodentlig i størrelsesordenen 20 – 30.000 stk. Hovedparten er luft/luft varmepumper, som typisk anvendes i sommerhuse eller små elopvarmede parcelhuse, men der ses også en kraftig vækst i markedet for væske/vand varmepumper (jordvarme).

Mange entreprenører, private personer eller virksomheder vil i den kommende tid stå over for nye udtryk og begreber, som f.eks. COP, luft/vand eller væske/vand varmepumpe, når de overvejer at installere et varmepumpeanlæg. De vil stå overfor mange aktører på markedet med forskellige løsninger, priser og serviceniveau. Derfor er der brug for rådgivning og vejledning om, hvilket anlæg man skal vælge både af praktiske og økonomiske hensyn. Bogen vil her give svar på mange spørgsmål.

Eksempelvis kan energiselskaberne, igennem deres energispareforpligtigelse, rådgive forbrugere om fordelene ved at anvende en varmepumpe til bl.a. opvarmning.

Bogen er et nyttigt opslagsværk mht. nøgletal og principløsninger, og kan anvendes af energiselskabernes rådgivere, energikonsulenter, installatører samt teknikere, som beskæftiger sig med at reducere bygningers varmekonsum, hvor varmepumper indgår som en del af løsningen.

Bogen bidrager med viden om:

- regler, love og bekendtgørelser, der er relevante for varmepumper, eksempelvis regler om tilslutningspligt i områder med kollektiv varmeforsyning samt bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg,
- dimensioneringsmæssige forhold, som man skal være opmærksom på, når der overvejes 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 samt biomassekedler.



2 Introduktion til varmepumper

Varmepumpeanlæg benyttes som alternativ til andre typer varmeanlæg, som f.eks. olie- og gaskedler eller elvarme.

Kapitlet beskriver, hvordan varmepumpen fungerer, herunder de enkelte delkomponenters opgaver.

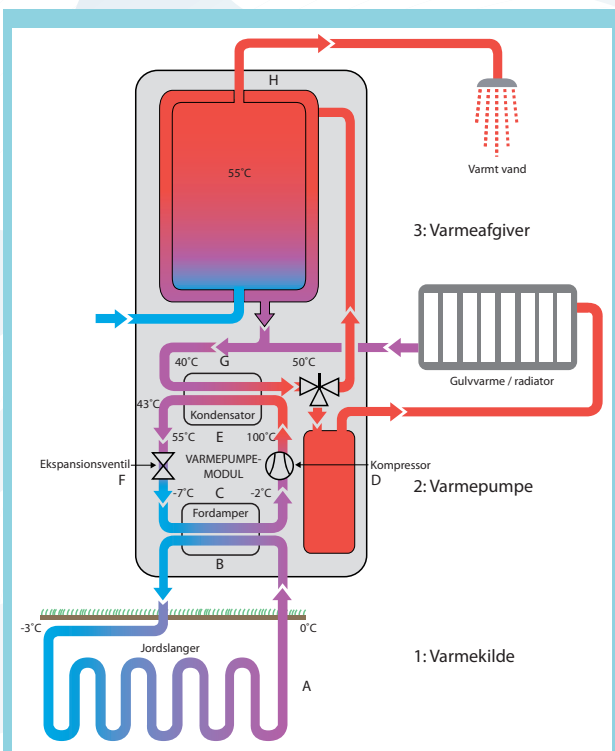
Varmepumpen udmærker sig ved at have et langt mindre energiforbrug end andre varmeanlæg, da den kan overføre energien fra udeluften, jorden eller andre varmekilder til opvarmning af en bygning eller brugsvand.

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 jordvarmepumper.
- 2: Luft/vand varmepumper, herunder udeluft varmepumper.
- 3: Luft/luft varmepumper, også kaldet split units.
- 4: Brugsvandsvarmepumper som benyttes til brugsvandsopvarmning.
- 5: Boligventilationsvarmepumper som udnytter varmen fra ventilationsluften.

2.1 Varmepumpe teknik



Figur 2.1 Væske/vand varmepumpe

Kilde: Brochure "Behovstyre jordvarme", Queen Combi, www.jordvarme.dk

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°C til 0°C .

B: Jordslangevæsken afkøles i fordampneren fra 0°C til -3°C og sendes tilbage til jordslangen. Ved afkølingen af væsken afgiver jordslangevæsken energi i fordampneren til kølekredsen.

2: Varmepumpen: Varmepumpen er et kølekredsløb, 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 fordampneren. Herved sker der en fordampning af kølemidlet (skifter fase fra væske til gas). Kølemidlet inde i fordampneren fordampes ved en lavere temperatur end jordslangevæskens temperatur eksempelvis ved -7°C .

D: Kompressoren: Kølemidlet i gasform opvarmes i fordampneren ved et lavt tryk og til en temperatur på -2°C og komprimeres i en kompressor op til et højt tryk og temperatur (i dette tilfælde til 100°C).

E: Kondensatoren: Den opvarmede kølemiddelgas løber fra kompressoren ind i kondensatoren, hvor den først afkøles til mætningspunktet og herefter kondenserer ved ca. 55°C . Kølemidlet skifter således fase fra gas til væske. Væsken underkøles yderligere i kondensatoren til ca. 43°C .

F: Ekspansionsventil: Fra kondensatoren løber kølemidlet gennem en ekspansionsventil, hvorved trykket reduceres og kølemidlets temperatur falder til fordampningstemperaturen -7°C .

3: Varmeafgiver siden: På varmeafgiver siden anvendes varmen fra varmepumpen enten til opvarmning af brugsvand eller til rumopvarmning (på figuren et vandbårent system).

G. Kondensatoren: Vandet på varmeafgiver siden optager varmen fra kølemidlet i kondensatoren, og i dette tilfælde opvarmes vandet fra 40 °C til 50 °C.

H: Varmeafgivere: Det opvarmede vand kan ledes til en varmeveksler, som opvarmer brugsvandet til den ønskede temperatur og/eller til en radiator, alternativt et gulvvarmesystem, for benyttelse til rumopvarmning.

2.2 Potentialebeskrivelse

Dansk Energi har fået udarbejdet rapporten "Potentialebeskrivelse - individuelle varmepumper" /17/. Formålet med rapporten var at beregne besparelsespotentialer ved at udskifte landets gas- og oliekedler samt elvarme med forskellige typer varmepumper. I tabel 2.1 er besparelsespotentialer 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	20.900	6.800
Række-, kæde- og dobbelthuse	2.500	815
Sommerhuse	725	295
I alt	24.125	7.910

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

Som det ses i tabel 2.1 er det muligt at få nedbragt energiforbruget (baseret på fossile brændsler) fra 24.125 GWh til 7.910 GWh (elforbrug til varmepumper).

2.3 Fleksibelt elforbrug

I Danmark er det, ifølge Klimakommissionens redegørelse fra september 2010, planen fortsat at udbygge elforsyningen med vedvarende energi i form af vindkraft og solceller. Det er derfor ønskeligt, at varmepumper kan sættes i drift, når forsyningen fra VE 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. Det kan ske ved at tilknytte et energilager til varmepumpen ved at akkumulere energi i bygningsmassen og/eller en vandtank. Denne facilitet vil fremover være ønskværdig for forbrugeren, da man må forudse differentierede elpriser over døgnet. Det er derfor forventeligt med en øget anvendelse af varmepumper med energilager.

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

- Jordvarmepumper
- Luft/vand varmepumper

For disse varmepumper samt 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, der afhænger af bygningsmassen. Herved kan man styre efter at lade varmepumpen være i drift på tidspunkter, der er gunstige for elnettet. Se endvidere kapitel 10, s.135, om energilagring.

3 Behovsanalyse

Kapitlet beskriver, hvilke dimensioneringsmæssige behov der skal tilgodeses, når man overvejer at installere et varmepumpeanlæg. Ved hjælp af et rutediagram gennemgås trin for trin, hvilke analyser, der skal gennemgås, før det rigtige valg af installation kan træffes. Begrebet levetidsomkostninger forklares, og der udføres en økonomisk sammenligning af en væske/vand varmepumpe og et kondenserende oliekedelanlæg, eksempel 4, i anlæggenes levetid. Se endvidere tjeklisterne i kapitel 14, s. 157.

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, 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.

Ved projektering af varmepumpeanlægget er det nødvendigt at vurdere hele det varmetekniske system, som varmepumpen bliver en del af.

I tabel 3.1 gives et overblik over de varmepumpetyper, der kan anvendes til specifikke opvarmningsformål.

Opvarmningsformål	Rumopvarmning	Varmt brugsvand	Kombineret rumopvarmning og varmt brugsvand	Ventilation for tilførsel af frisk luft samt udsugning
Væske/vand "Jordvarme"	•	•	•	
Luft/vand	•	•	•	
Luft/luft	•			
Brugsvandsvarmepumpe (luft/vand)		•		•
Boilgventilationsvarmepumpe (luft/luft)		•		•

Tabel 3.1. Skema til valg af varmepumpe i afhængighed af opvarmningsformålet

I tabel 3.2 ses, hvilke varmepumpetyper der er mulighed for at installere set i forhold til boligtype og opvarmningsform. Eksempelvis kan en luft/vand eller væske/vand varmepumpe anvendes, hvis der i boligen findes et vandbærent varmeafgiver system (radiator- eller gulvarme). Er boligen elopvarmet, vil en luft/luft varmepumpe være velegnet.

Boligtype	Eksisterende bolig			Nybyggeri	Sommerhuse	
	Olje/gas	El	Træ/piller		Olje/gas	Elopvarmning elpaneler + elvandvarmer
Varmepumpetype						
Væske/vand "Jordvarme"	•		•	•	•	
Luft/vand	•		•	•		
Luft/luft		•			•	
Brugsvandvarmepumpe (luft/vand)	•	•	•	•	•	
Boligventilationsvarmepumpe (luft/luft)				•		

Tabel 3.2. Skema til valg af varmepumpe i afhængighed af boligtype og opvarmningsform

3.1 Varmepumper til rumopvarmning

I figur 3.1, 3.2 og 3.3 ses de tre varmepumpetyper, der normalt anvendes til rumopvarmning.

Figur 3.1 Væske/vand varmepumpe

Figur 3.2 Luft/vand varmepumpe

Figur 3.3 Luft/luft varmepumpe

I tabel 3.3 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. Nøgle-tallene er netto varmebehov som funktion af byggeår og bygningsstørrelse. Nettovarmebehovene er beregnet ved hjælp af beregningsprogrammet Be10. I Be10 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		
< 80	124	139	137	123	105	78	81	71		
80-100	125	120	127	122	104	77	82	65		
100-120	118	115	119	117	96	76	76	61		
120-140	110	111	114	112	96	77	77	59		
140-160	108	110	110	110	97	78	78	59		
160-180	104	100	106	105	95	79	78	57		
180-200	101	95	102	103	93	76	73	53		
200-300	93	92	90	96	88	73	70	51		
300-400	82	89	89	92	83	73	75	48		

Tabel 3.3. 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

I tabel 3.5, s. 28, er varmebehovet angivet for både rumopvarmning og varmt brugsvand.

Både ved eksisterende byggeri og nybyggeri gælder der, at varmepumper til rumopvarmning dimensioneres til at dække en vis procentdel af bygningens dimensionerende varmetab beregnet efter BR10.

Væske/vand og luft/vand varmepumper til radiator- og gulvvarmesystemer (se også afsnit 4.1 og 4.2, s. 41 og 45) dimensioneres normalt til at dække 80 – 85 % af det dimensionerende varmetab (effekt), hvilket vil betyde, at 95 – 100 % af det samlede varmebehov (energi) kan dækkes af varmepumpen. 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. Ved hastighedsregulering er dette u hensigtsmæssigt i forhold til anlæggets effektivitet. Ydermere arbejder varmepumpen med lav effektfaktor ved lave udetemperaturer (gælder for luft/vand varmepumper).

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

Luft/luft varmepumper, herunder boligventilationsvarmepumper (se afsnit 4.3 og 4.5, s. 49 og 56) 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 varmepumpens indedel (kondensator) er monteret (gælder ikke boligventilationsvarmepumper). Resten af varmebehovet skal dækkes ved supplement fra f.eks. el-radiatorer. En luft/luft varmepumpe kan ikke benyttes til produktion af varmt brugsvand.

Det er altså vigtigt at gennemføre rentable energibesparende tiltag, der kan bidrage til

reduktion af det dimensionerende varmetab, før varmepumpen dimensioneres endeligt. Se forslag til energibesparende tiltag på www.byggeriogenergi.dk.

Valg af varmepumpeanlæg afhænger af, om det skal installeres i et eksisterende eller et nyt byggeri. For begge byggerier gælder dog, at væske/vand varmepumpeanlæg (jordvarmeanlæg) som regel er den mest energieffektive anlægstype (se også afsnit 4.1, s. 41).

Jordvarmeanlæg 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. 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 passe til størrelsen på varmepumpen og til husets varmebehov. Dette betyder, at man skal anvende 25 - 35 meter slange pr. kW dimensionerende varmetab. (VPO - VarmePumpeOrdningen anbefaler 50 meter slange pr. kW). For en standardisoleret lidt ældre bolig betyder dette, at der normalt skal anvendes 150 – 200 meter jordslange for hver 100 m² bolig-areal, 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 kapitel 5, s. 63).

Hvis man ikke har et tilstrækkeligt stort areal til rådighed, kan man i stedet vælge et luft/vand varmepumpeanlæg (se endvidere afsnit 4.2, s.45), der ikke er helt så effektivt som et jordvarmeanlæg eller alternativt et jordvarmeanlæg med lodret boring.

3.1.1 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 f.eks. 2-lags energiruder bør også overvejes. Disse tiltag vil ofte være rentable og bør gennemføres, før varmepumpen dimensioneres. Se på www.byggeriogenergi.dk.

I det eksisterende byggeri består varmesystemer primært af radiatorer, men i mange tilfælde også af gulvarme.

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 den ældre del af byggeriet (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 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 og uden opsætning af større radiatorer.

En installatør tilknyttet VarmePumpeOrdningen (VPO) vil kunne vurdere, om varmeafgivelsen fra det eksisterende anlæg er tilstrækkelig høj (se også eksempel 4 s. 37).

Varmepumper er særligt effektive og billige ved tilslutning til vandbåren gulvarme. Det skyldes, at fremløbstemperaturen for gulvarmesystemet er relativ 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.

3.1.2 Nybyggeri

Ifølge BR10 skal nye bygninger overholde en bestemt energiramme, og der stilles krav til mindste varmeisolering af bygningsdele, f.eks. ydervægge og loftkonstruktioner. En bygning kan klassificeres som lavenergibygning klasse 1 og 2, 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 energieffektivitet 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 årsnyttsevirkning, ca. 3,4 jf. tabel 7.3, s. 94.

3.1.3 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 solvarme, være med til at nedbringe elforbruget betydeligt (se også afsnit 4.6, s. 60).

Det er ulovligt som privatperson selv at installere en varmepumpe i et sommerhus. Det kræver teknisk indsigt at installere den, men også viden

om hvilken størrelse anlæg, der er behov for. Det anbefales at vælge en installatør, der er tilsluttet Varmepumpeordningen. Læs mere om ordningen på www.vp-ordning.dk. 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.

3.2 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.

Figur 3.4 Brugsvandsvarmepumpe (som anvender rumluft som varmekilde). Kilde: NIBE ENERGY SYSTEMS – www.nibe.se

Det gennemsnitlige energiforbrug til varmt brugsvand er 800 kWh pr. person pr. år. I praksis vil der forekomme meget stor spredning på dette tal, 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.

I tabel 3.4 ses anslået 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 3.4. Varmetab i forbindelse med produktion af varmt brugsvand før og efter år 2000

Note:
1) Tabene er angivet for en beholder på 60 l og vil være noget større for en beholder på 100 l.

Uddybende tal kan ses på statuslisten på www.sparolie.dk.

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 ca. 55 °C (fare for legionella ved lavere temperatur). Det kræver en afgangstemperatur på 60 - 65 °C fra varmepumpens kondensator, men mange varmepumper har en driftsmæssig maksimumtemperatur på 45 til 50 °C. Her vil det være nødvendigt at supplere med varme fra en elpatron for at nå de 55 °C.

Eksempel 1 – Beregning af nettoforbrug til varmt brugsvand

I et parcelhus fra 1975 på 120 m² bor to personer. Huset er forsynet med et nyere oliefyr, 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 3.4 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

3.3 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 3.5 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		
< 80	142	158	157	141	123	96	99	88		
80-100	143	138	145	140	121	94	100	82		
100-120	135	133	137	134	113	93	93	77		
120-140	127	128	131	129	112	94	93	75		
140-160	125	126	127	126	113	95	95	75		
160-180	120	116	123	121	111	95	93	74		
180-200	117	112	119	119	108	92	90	70		
200-300	109	109	106	112	104	89	86	67		
300-400	99	105	105	108	98	90	91	63		

Tabel 3.5. 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

Tallene i tabel 3.5 gælder for en gennemsnits husstand (2 – 3 personer). Hvis nøgletallet for en given bygning afviger væsentligt fra tallene i tabel 3.5, 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 (se også eksempel 4, s. 37).

I tabel 3.3, s. 20, ses varmebehovet til rumopvarmning uden varmt brugsvand.

Eksempel 2 – Netto- og brutto varmebehov 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 3.5:

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

For at bestemme bruttovarmebehovet kræves herefter kendskab til årsnyttevirkningsgraden for den varmeproducerende enhed. Er der installeret en kondenserende gaskedel i huset, kan man vha. tabel 9.1, s. 114, aflæse årsnyttevirkningsgraden til 102 %. Bruttovarmebehovet kan herefter bestemmes:

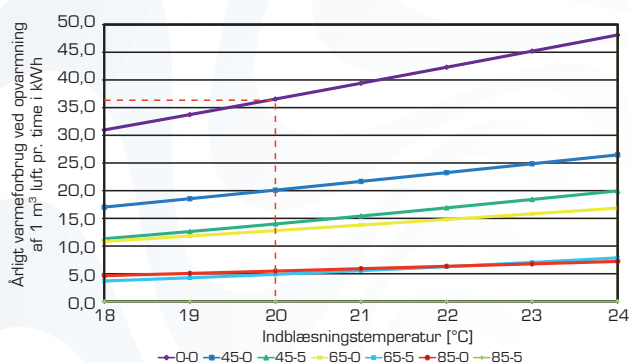
$$E_{\text{brutto varmebehov}} = \frac{15.933 \text{ kWh/år}}{1,02} = 15.620 \text{ kWh/år}$$

3.4 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). Ifølge BR10 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.

I ventilationsaggregatet findes endvidere en varmegenvindingsenhed, f.eks. en modstrøms varmeveksler eller en heat-pipe, hvor udsugning fra køkken og bad genvindes.

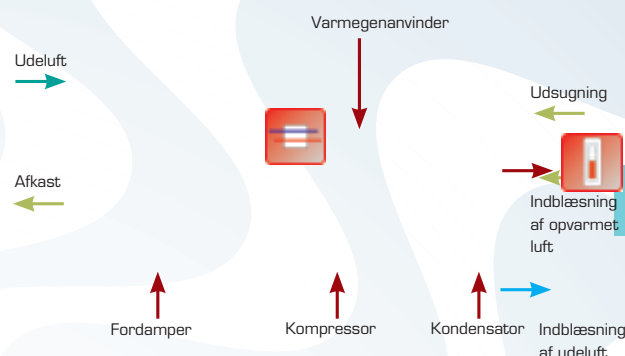
I figur 3.5 ses det årlige netto varmeforbrug i kWh ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time, når anlægget kører i tidsrummet fra kl. 0.00 til kl. 24.00 (boligventilation) hele året. Det årlige varmeforbrug ses som funktion af indblæsnings-temperaturen. Varmeforbruget kan aflæses ved forskellige temperaturvirkningsgrader for varmegenvindingsenheden i ventilationsaggregatet samt differensen mellem udsugnings- og indblæsnings-temperaturen.



Figur 3.5. 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 indblæsnings-temperaturen. 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 indblæsnings-temperatur, som typisk er 20 - 22 °C.

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



Figur 3.6 Varmepumpe indbygget i ventilationsaggregat. Kilde: "Genvex - www.genvex.dk"

Eksempel 3 – Varmeforbrug til opvarmning af erstatningsluft

Et parcelhus fra 1975 på 120 m² ventileres vha. naturlig ventilation. Udelufttilførslen lever op til kravene i BR10, svarende til 130 m³/h (120 m² · 1,08 m³/h/m²). Rumtemperaturen er 20 °C.

Der indblæses med samme temperatur som rumtemperaturen og uden brug af varmegenvinder.

I figur 3.5 (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:

$$E_{\text{opvarmning}} = 130 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 37 \text{ kWh}/\text{m}^3/\text{h}/\text{år} = 4.810 \text{ kWh}/\text{år}.$$

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



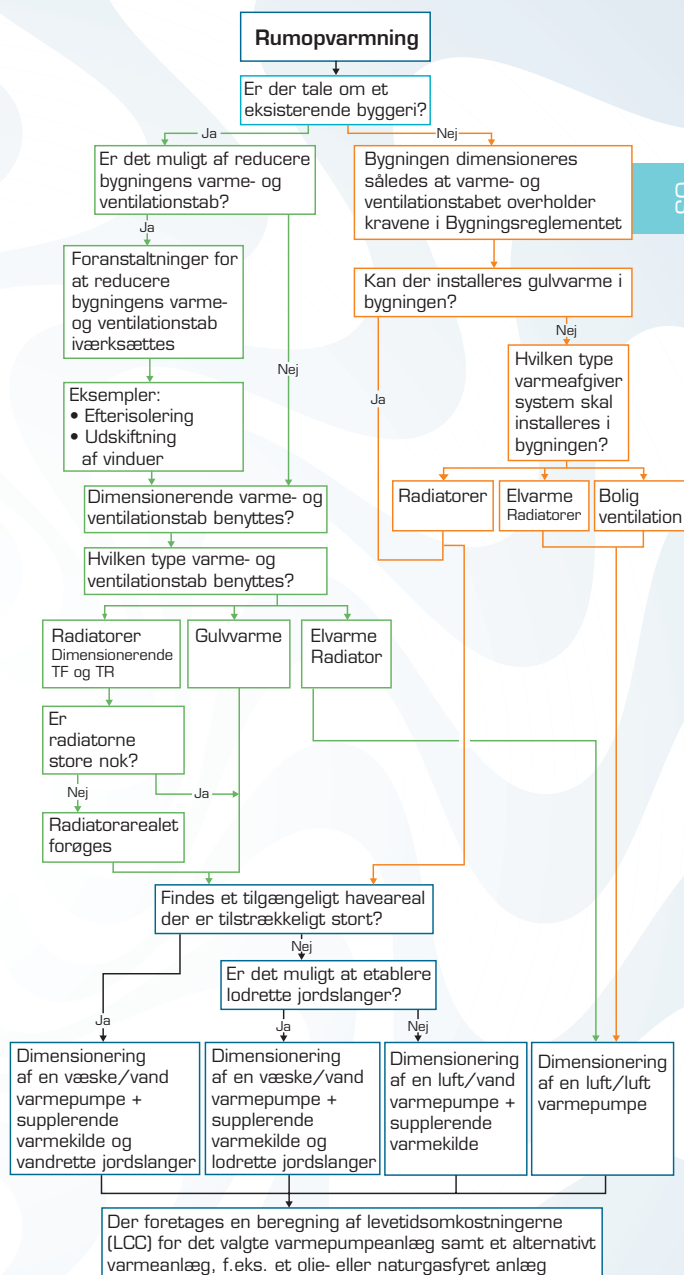
3.5 Diagram for valg af varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand

Figur 3.7 viser et flowdiagram for valg af varmepumpe til rumopvarmning. Der skelnes mellem en varmepumpe til et eksisterende og nyt byggeri. For såvel eksisterende som nyt byggeri ønskes et gulvarmeanlæg, alternativt et vandbærent anlæg, med "store" radiatorer.

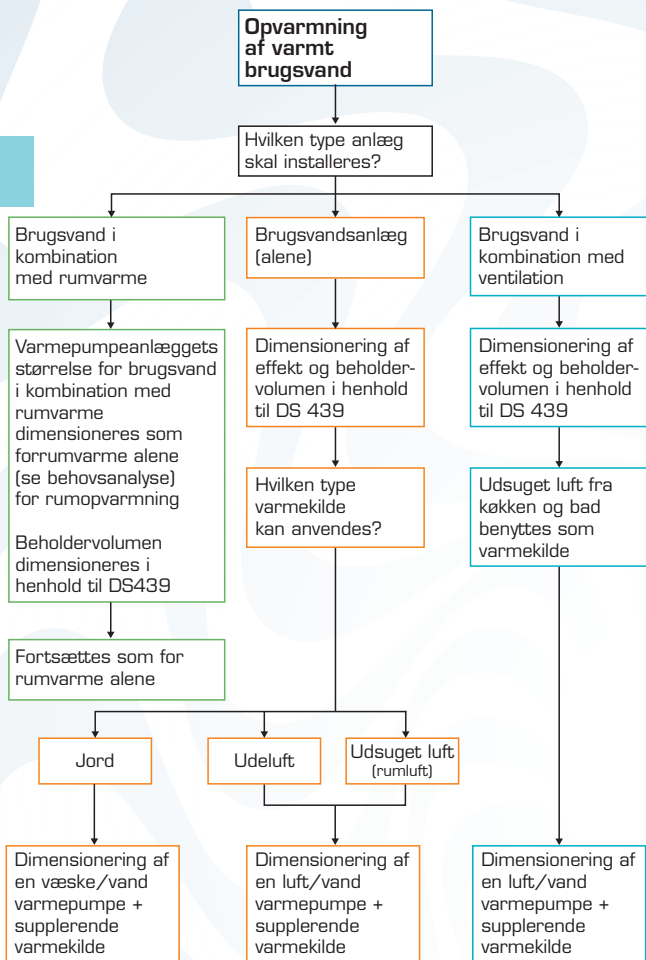
For eksisterende byggeri bør man først se på, om varmebehovet kan nedbringes ved mere isolering eller udskiftning af vinduer. Se www.byggeriogenergi.dk

For begge bygningskategorier ses på, om der er plads til et jordvarmeanlæg. Hvis ikke, vælges en luft/vand varmepumpe, hvis boligen har/ønskes med et vandbærent system.

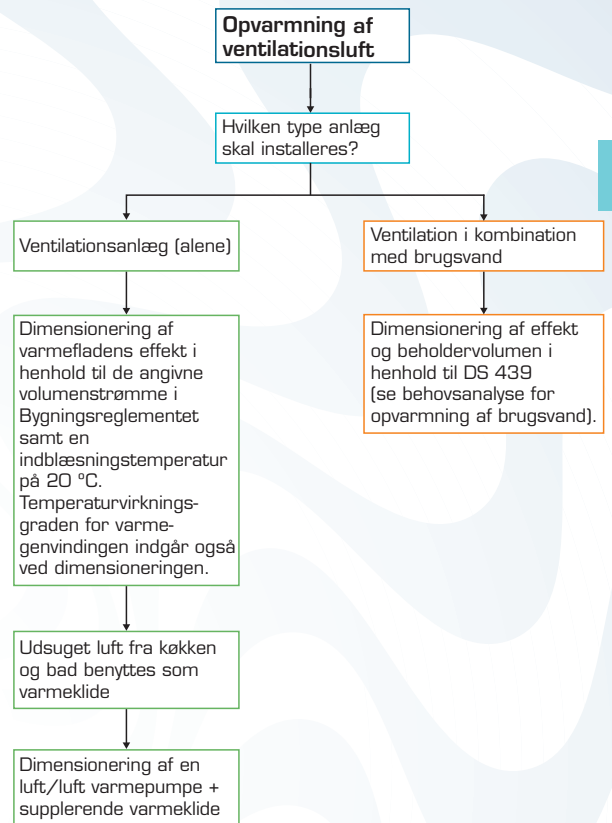
Har man en elopvarmet bolig, vælges en luft/luft varmepumpe.



Figur 3.7. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til rumopvarmning



Figur 3.8. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til varmt brugsvand



Figur 3.9. Forløbet ved dimensionering af varmepumpe til opvarmning af ventilationsluft

3.6 Levetidsomkostninger

En virksomhed eller privatperson, 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 beregninger af levetidsomkostningerne for to alternative anlæg er et godt beslutningsgrundlag for kunden, da det viser, hvilken løsning der giver kunden mest for pengene (i hele anlæggets levetid).

Tabel 3.6, s.38, kan anvendes i forbindelse med energibevidst indkøb og projektering. I tabellen kan tilbudsgiveren indsætte data der vedrører anlægsudgifter. Der er mulighed for at indsætte udgifter til den varmeproducerende enhed (varmepumpe, kedel m.m.), udgifter til nyt varmeafgiver system og udgifter til eventuelle energibesparende foranstaltninger (efterisolering, udskiftning af vinduer m.m.). Der er endvidere mulighed for at indsætte energiomkostninger samt udgifter til drift og vedligeholdelse i hele anlæggets levetid.

Eksempel 4 – LCC-beregninger på to alternative varmeanlæg

I tabel 3.6 ses et eksempel på en LCC-beregning for henholdsvis et væske/vand varmepumpeanlæg (kombineret – rumvarme og varmt brugsvand) og et oliefyret varmeanlæg. (Kondenserende kedel med en fuldlastvirkningsgrad på 97 % og en dellastvirkningsgrad på 104 %).

Varmesystemet, som er installeret i et parcelhus på 141 m² fra 1971, består af radiatorer, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C.

Parcelhuset er ikke efterisoleret, og der benyttes den oprindeligt installerede oliekedel.

Beregningerne er foretaget med Be10.

Hvis ikke Be10 anvendes, er det nødvendigt at beregne energiforbrugene for de to alternative varmeanlæg vha. eksempelvis nøgletal. I kapitel 3, 7 og 9 ses en række nøgletal, som kan benyttes. Som nedenstående eksempel illustrerer, skal man dog være meget varsom, når nøgletal anvendes.

I eksempel 2, s. 29, kunne netto varmebehovet til rumopvarmning og varmt brugsvand vha. tabel 3.5, s.28, bestemmes til (141 m² · 113 kWh/m²/år) 15,9 MWh/år. I tabel 3.6 ses, at netto varmebehovet til rumopvarmning og varmt brugsvand for det pågældende hus er 25,1 MWh/år (178 kWh/m²/år). Den store forskel (ca. 58 %) skyldes primært, at to af ydervæggene er uden isolering, og at kedelinstallationen er af ældre dato med ringe årsnyttevirkning (75 %).

LCC-beregning (Life Cycle Cost)	LCC = C _{ic} + C _e + C _m		
Udfyldes af tilbudsgiver	Enhed	Alternativ 1	Alternativ 2
Varmesystem	-	Væske/vand varmpumpeanlæg med eksisterende radiatorsystem (80/60 °C)	Kondenserende oliekedel med eksisterende radiatorsystem (80/60 °C)
Energiinput (brændsel)	-	El	Olie
Netto varmebehov	[MWh/år]	25,1	25,1
Anlægsudgifter m.m.			
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	115.000	50.000
Varmeafgivningsystem	[Kr.]	-	-
Energi besparende foranstaltninger	[Kr.]	-	-
Anlægspris i alt (C_{ic})	[Kr.]	115.000	50.000
Levetid og energipriser			
Anlæggets levetid	[år]	20	20
Energi pris ¹⁾	[Kr./kWh]	1,80	0,88
Elpris (hjelpeenergi)	[Kr./kWh]	-	1,90
Driftsudgifter			
Energiforbrug	[MWh/år]	11,8	26,9
Hjelpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	0	146
Faste afgifter	[Kr./år]	0	0
Energiomkostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	424.800	479.000
Service- og vedligehold			
Service og vedligeholdelsesomkostninger i anlæggets levetid (C _m)	[Kr.]	35.000	35.000
LCC – Life Cycle Cost			
LCC = C_{ic} + C_e + C_m	[Kr.]	574.800	564.000

Tabel 3.6. Tabel med LCC beregninger med 2 alternative energikilder kan anvendes i forbindelse med energibevidst indkøb og projektering af varmeanlæg

Noter til tabel 3.6:

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 el-afgiften på den del af forbruget, der overstiger de 4.000 kWh. El-varme defineres som alle former for el-varme - også varme fra varmepumper.

Elpris: 1,90 kr/kWh for forbrug under 4.000 kWh/år
1,75 kr/kWh for forbrug over 4.000 kWh/år

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. Energiforbrug til varmepumper inkluderer hjelpeenergi (eksempelvis til pumpedrift).

Eksempel 4 – fortsat

Nøgletallene i tabel 3.5 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.). Ud af de 3.887 energimærkede bygninger, som er opført i perioden 1970 - 1979 og som har et areal på 140 – 160 m², ses 70 bygninger, som har et nøgletal for netto varmebehovet til rumopvarmning og varmt brugsvand, der er højere end 178 kWh/m²/år.

Nøgletallene dækker endvidere forbruget ved en meget stor spredning Således er 25 % fraktilen for de 3.887 bygninger 95 kWh/m²/år, mens det er 129 kWh/m²/år og 149 kWh/m²/år ved henholdsvis 75 % og 90 % fraktilen.

Hvis ydervæggene blev efterisoleret og kedlen udskiftet til en moderne kedel, ville netto varmebehovet udgøre ca. 15 MWh/år, hvilket er tæt på det varmebehov, der kan beregnes vha. nøgletallene i tabel 3.5.

Radiatorerne i bygningen er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C. Dette betyder, at varmepumpen ikke kan klare opvarmningsbehovet hele året, og at det er nødvendigt at benytte elopvarmning (el-patron). Ifølge Be10 yder varmepumpen 21,8 MWh/år. Varmepumpen forbruger 6,8 MWh, mens el-patronen forbruger ca. 5 MWh/år. Årsnyttevirkningsgraden for varmepumpeanlægget er derfor blot 2,27. Dette tal er betydeligt lavere end årsnyttevirkningsgraden for en væske/vand varmepumpe i kombination med radiatorvarme angivet i tabel 7.3, s. 94. Her ses, at der kan forventes en årsnyttevirkningsgrad på 2,9 – 3,1. Dette er igen et eksempel på, at man ikke kan benytte nøgletallene ukritisk.

4 Varmepumpeanlæg

Kapitlet gennemgår fem forskellige typer af varmepumpeanlæg. Det beskrives, hvor de med fordel kan benyttes samt økonomien heri. Endvidere gennemgås økonomien for varmepumper i kombination med solvarme.

Varmepumper som opvarmningsform bliver mere og mere udbredt, og der er ca. 20.000 registrerede varmepumpeanlæg i Danmark (2009). Det reelle antal er dog meget højere, da antallet af solgte luft/luft anlæg p.t. ikke opgøres samlet. En stor del af luft/luft varmepumperne er solgt til sommerhuse eller huse med elopvarmning.

Det vurderes, at der i 2005 og 2006 blev solgt ca. 4.500 varmepumper i Danmark pr. år. Dette tal dækker over det solgte antal væske/vand og luft/vand varmepumper, og tallet er stærkt stigende.

4.1 Væske/vand varmepumper

Introduktion:

Generel beskrivelse

Jordvarmeanlæg anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyr i villaer eller i ejendomme uden for den kollektive energiforsyning, og hvor der samtidig er areal til etablering af jord-slanger.

Figur 4.1. Væske/vand varmepumpe. Kilde: Vestkystens VVS – www.vestkystens-vvs.dk

Teknik

De fleste jordvarmeanlæg, der opsættes, 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 almindelige villaer og parcelhuse. Ved etablering af større anlæg opstilles flere varmepumper parallelt koblede således, at den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmingsbehov. Jordslangerne udlægges i parallelle løb og med det rette antal meter i forhold til det energioptag, der er nødvendigt for opvarmningen af bygningen.

Fordele

Væske/vand varmepumpen dækker 95 - 100 % af husets varmebehov. Den har en høj årseffektfaktor fra 3,0 og op efter for varmepumper større end 6 kW. Der er ingen støj fra ventilatorer.

Ulemper

Jordvarmeanlæg kræver en del plads; typisk 25 - 35 m jordslange eller 35 - 50 m² areal pr kW dimensionerende varmetab fra bygningen. Lodrette slanger kan også benyttes, men anlægskostningerne er typisk en del højere end for vandrette slanger.

Vurdering

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.

Brugerforhold:

Indeklima

Ingen indflydelse på indeklima.

Brugerkomfort/-venlighed

Varmepumpen er brugervenlig, da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol.

Drift og vedligeholdelse

Loven kræver et serviceeftersyn hvert år og kontrol af jordslangekreds. Årlig service af varmepumpen er afhængig af kølemiddelfyldningen, dog vil det være tilrådeligt at få kontrolleret anlægget en gang årligt.

Bygningsintegration:

Arkitektur

Jordslangerne er efter etablering ikke synlige.

Installation

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 varmepumpetyper grundet det yderligere arbejde med nedlægning af jordslangerne.

Varmeafgiver system

Varmeafgiver systemet har stor indflydelse på varmepumpens effektivitet. Det skal kontrolleres, om radiatorssystemet er egnet til den lave fremløbstemperatur fra jordvarmeanlægget.

Lovgivning:

Energiforsyningsnet

Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning. Se endvidere i afsnit 16.4, s. 174.

Myndighedskrav

Inden etablering af jordslanger skal der søges tilladelse ved kommunen. Derudover skal installationen overholde kravene i BR10.

I tabel 16.1 og 16.2, s. 175 og 176, er kravene til normeffektfactorer angivet for anlæg, der forsyner gulvarme og anlæg, der forsyner radiatorer.

Selve varmepumpen skal være CE-mærket.

Økonomi: Anlægspriser

Prisen for et standardanlæg på 5 - 15 kW med jordslange inkl. moms er fra 110.000 kr. og op efter.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid (år): 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 effektivitet på 3,2 og en elpris på 1,80 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,56 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

Elforbruget til en kombineret varmepumpe i et hus på 140 m² fra 1975 (naturgas- og olieopvarmet standardhus fra Energistyrelsens standardværdikatalog) vil have et årligt elforbrug på ca. 5.100 kWh. Den årlige udgift vil være ca. 9.600 kr.

Info: Produkthenvislninger

Produktlister kan bl.a. findes på Energistyrelsens hjemmeside. www.ens.dk

Litteratur

www.varmepumpeinfo.dk
og www.varmepumpesiden.dk

4.2 Luft/vand varmepumper

Introduktion:

Generel beskrivelse

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

Figur 4.2. Luft/vand varmepumpe (udedel)

Kilde: Thybo Køleteknik – www.thybo-cool.dk

Teknik

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 almindelige villaer og ejendomme, da der ikke stilles krav til plads til jordslanger. Ved etablering af større anlæg opstilles en eller flere varmepumper parallelt således, at den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmningsbehov.

Selve varmepumpeenheten har typisk en levetid på 15 – 20 år, men levetiden er meget afhængig af vind og vejrforhold, og om der er meget salt i luften, som f.eks. i et miljø tæt ved havet.

Varmepumpen er opbygget således, at 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 varmeafgiver systemet vurderes for den rette størrelse. 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 varmepumper.

Fordele

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

Ulemper

Luft/vand varmepumper kan være svære at få lov at opstille i tætte bebyggelser, da BR10 stiller skrappe krav til varmepumpens støjniveau.

Vurdering

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

Bruger:

Indeklima

Ingen indflydelse på indeklima.

Brugervenlighed

Varmepumpen er brugervenlig, da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol.

Drift og vedligeholdelse

Er kølemiddelfyldningen større end 1 kg kræves serviceeftersyn hvert år. Iflg EU's forordning 303/2008 er der krav om, at personer/virksomheder, der udfører service og vedligehold på varmepumper med HFC-fyldning, skal have en Kategori I- eller II-autorisation.

Bygningsintegration:

Arkitektur

Luft/vand varmepumpen kan være svær at indpasse i forbindelse med bygningens arkitektur, da den skal stå frit og uafdækket i forbindelse med huset.

Installation

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

Varmeafgiver system

Det skal vurderes, om varmeafgiver systemet er egnet til at køre med en lavere fremløbstemperatur, end det gør.

Lovgivning:

Energiforsyningsnet

Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning. Se yderligere i afsnit 16.4, s.174.

Myndighedskrav

Installationen skal overholde kravene i BR10. Selve varmepumpen skal være CE-mærket. I afsnit 16.5, s. 175 er kravene til normeffekt-faktoren angivet for anlæg, der forsyner gulvvarme og anlæg, der forsyner radiatorer.

Økonomi:

Anlægspriser

Standardanlæg på 5 - 10 kW koster inkl. moms fra 90.000 kr. og op.

Driftsøkonomi

Teknisk levetid (år): 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 effektivitet på 3,0 og en elpris på 1,80 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,60 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

Elforbruget til 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 5.900 kWh. Den årlige udgift hertil vil være ca. 11.000 kr.

Info:

Produkthenviisninger

Produktlister kan bl.a. findes på Energistyrelsens hjemmeside, www.ens.dk

Litteratur

www.varmepumpeinfo.dk
og www.varmepumpesiden.dk

4.3 Luft/luft varmepumper

Introduktion:

Generel beskrivelse

Luft/luft varmepumper vælges typisk i forbindelse med bygninger, hvor der ikke i forvejen er et vandbårent varmeafgiver system, f.eks. sommerhuse. Luft/luft varmepumper anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af elvarme i villaer 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. Typisk bruges luft/luft varmepumper i forbindelse med bygninger, som er elopvarmede.

Teknik

De luft/luft varmepumper, der opsættes, består typisk af en udedel og en indedel, men der findes også udedele, som kan tilsluttes flere indelede således, at opvarmningen kan dækkes i flere rum (typisk kaldet "multisplitanlæg"). Typisk er der tale om aircondition-anlæg, som udover at køle kan vende kredsløbet således, at 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 omkring 15 – 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

Anlægsprisen er lav, og installationen er relativ enkel.

Ulemper

Den største barriere for opsætning af en luft/luft varmepumpe er støj fra både indedelen og udedelen. Varmepumpen skal overholde støjkravene i BR10. Desuden kan træk i forbindelse med indblæsningen fra indedelen være et problem.

Vurdering

Luft/luft varmepumpen kræver ikke en større investering, idet anlæggene fås fra 10.000 kr. (de lidt ringere 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 opvarmningsform.

Figur 4.3 Luft/luft varmepumpe

Kilde: EnergiConsult - www.energiconsult.dk



Bruger: Indeklima

Som regel giver luft/luft varmepumpen et bedre indeklima, idet den øgede luftcirkulation giver en bedre varmefordeling og mindsker eventuelle fugtgener.

Brugerkomfort/-venlighed

Varmepumpen er meget brugervenlig. Den kræver ikke daglig pasning og kontrol. Det tilrådes, at filtrene renses eller skiftes årligt. Varmepumpen leveres almindeligvis med en fjernbetjening til regulering af temperaturen. Nogle modeller leveres med et GSM-modul således, at varmepumpen kan betjenes og kontrolleres fra mobiltelefonen.

Drift og vedligeholdelse

Er fyldningen over 1 kg kræves service hvert år. Ellers består vedligeholdelsen af filtre, der skal renses. Iflg. EU's forordning 303/2008 er der krav om, at personer/virksomheder, der udfører service og vedligehold på varmepumper med HFC-fyldning, skal have en Kategori I- eller II-autorisation.

Bygningsintegration:

Arkitektur

Indedelen fås i forskellige udformninger således, at den er til at indpasse i bygningen. Udedelen har dog stadig form som en kasse og kan være svær at indpasse. Det der taler for luft/luft varmepumpen er, at montagen af rør ikke er dyr eller pladskrævende set i forhold til vandbårne systemer eller kanalsystemer.

Installation

Installationen skal foretages af en certificeret kølemontør eller en montør med et kategori II-certifikat efter EU direktiv 303. Jævnfør kravene i AT's bek. 100 og EU's forordning 303/2008.

Varmeafgiver system

Luft/luft varmepumper har den fordel, at varmeafgiver systemet er en del af varmepumpen.

Lovgivning: Energiforsyningsnet

Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning. Se yderligere i afsnit 16.4, s. 174.

Myndighedskrav

Installationen skal overholde kravene i BR10. I afsnit 16.5, s.175 er kravene til normeffekt faktoren angivet for en varmepumpe i opvarmningstilstand, Specielt kan støj være et problem. Selve varmepumpen skal være CE-mærket.

Økonomi: Anlægspriser

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

Driftsøkonomi

Teknisk levetid (år): 20 år.

Ved elopvarmning vil prisen være 1,78 kr./kWh.

Ved opvarmning med varmepumpe med en effektivitet på 3,2 og en elpris på 1,83 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,57 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

Elforbruget til en kombineret 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 10.400 kWh. Den årlige udgift vil være ca. 18.800 kr.

Info: Produkthenvísninger

Produktlister kan bl.a. findes på Center for Energi- besparelsers hjemmeside, www.goenergi.dk.

Litteratur

www.varmepumpeinfo.dk,
www.varmepumpesiden.dk
og www.byggeriogenergi.dk



4.4 Brugsvandsvarmepumper

Introduktion:

Generel beskrivelse

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.

Indblæsningsluft

Udsugning fra rum

Teknik

En brugsvandsvarmepumpe er typisk opbygget i et kabinet, der indeholder en ventilations- og varmepumpeenhed, 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 gulvvarme- eller radiatorkreds. Varmepumpen opsættes indendørs og tilsluttes husets ventilationskanalanlæg.

Fordele

Varmepumpen kan dække husets brugsvandsbehov og ventilationsbehov.

Ulemper

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

Vurdering

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.

Bruger: Indeklima

Brugsvandsvarmepumpen bidrager til, at husets indeklima forbedres, da den forårsager et forøget luftskifte og en forbedret luftcirkulation i boligen og således medvirker til at nedsætte fugtgener. Ventilationsanlæg skal indreguleres, så der ikke forekommer træk i boligen.

Brugervenlighed

Brugsvandsvarmepumpen er brugervenlig og kræver ikke daglig pasning og kontrol. Det tilrådes, at filtrene renses eller skiftes årligt.

Varmepumpen leveres med en styring til regulering af brugsvandstemperatur og ventilationsflow.

Figur 4.4. Brugsvandsvarmepumpe
Kilde: NIBE Fighter 410 P. Brochure.



Drift og vedligeholdelse

Kølemiddelfyldningen på en brugsvandsvarmepumpe er typisk under 1 kg. Kølekredsen skal derfor ikke efterses årligt. Iflg. EU's forordning 303/2008 er der krav om, at personer/virksomheder, der udfører service og vedligehold på varmepumper med HFC-fyldning, skal have en Kategori I -eller II-autorisation.

Bygningsintegration:

Arkitektur

Selve varmepumpen opsættes indendørs. Der skal ved design af huset gives plads til kanalerne til indblæsning af ventilationsluften.

Installation

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

Varmeafgiver system

Varmen afgives primært i varmtvandsbeholderen. Nogle brugsvandsvarmepumper kan opvarme indblæsningsluften, og enkelte kan tilsluttes et mindre vandbårent varmeafgiver system.

Lovgivning:

Energiforsyningsnet

Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning. Se endvidere afsnit 16.4, s. 174.

Myndighedskrav

Installationen skal overholde kravene i BR10. Specielt kan støj være et problem. Selve varmepumpen skal være CE-mærket.

Økonomi:

Anlægspriser

Standardanlæg af en god kvalitet koster fra 20.000 kr. og op ekskl. montage. (år 2010).

Driftsøkonomi

Teknisk levetid (år): 20 år.

Ved elopvarmning af brugsvand vil prisen for opvarmning være 1,75 kr./kWh (hvis huset i forvejen er elopvarmet, ellers 1,90 kr./kWh).

Ved brugsvandsopvarmning med varmepumpe med en effektivitet på 2,5 og en elpris på 1,75 kr./kWh vil prisen for opvarmning være 0,70 kr./kWh (hvis huset i forvejen er elopvarmet, ellers 1.90 kr./kWh).

Elforbrug og -udgift

Elforbruget til en varmepumpe for brugsvandsopvarmning vil have et årligt energiforbrug på ca. 2.000 kWh. Den årlige udgift hertil, vil være ca. 3.500 kr. (hvis huset i forvejen er elopvarmet).

Info:

Produkthenvvisninger

Produktlister kan bl.a. findes på www.varmepumpeinfo.dk og på Center for Energibesparelsers hjemmeside, www.goenergi.dk

Litteratur

www.varmepumpeinfo.dk

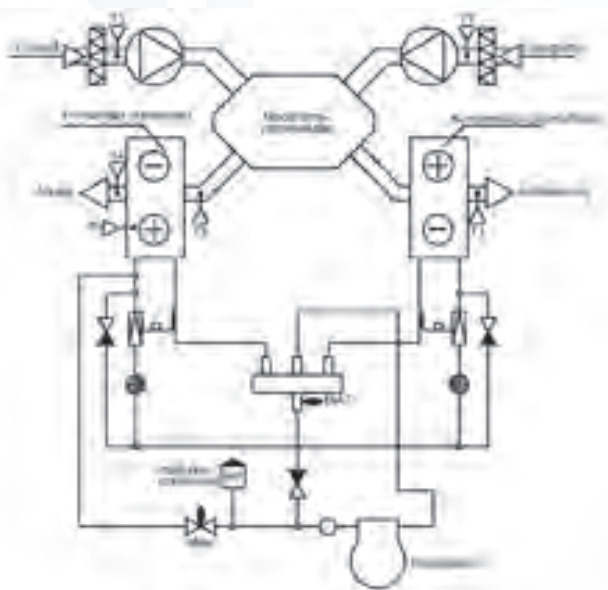


4.5 Boligventilationsvarmepumper

Introduktion:

Generel beskrivelse

Boligventilationsvarmepumper er tilkøbt bygningens ventilationssystem. 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. Boligventilationsvarmepumperne 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.



Figur 4.5. Boligventilationsvarmepumpe, (se også figur 3.6, s. 31) Kilde: Genvex – www.genvex.dk

Teknik

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 fordampner, 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

Boligventilationsvarmepumpen kan anvendes til både opvarmning og til aircondition.

Ulemper

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

Vurdering

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.

Bruger:

Indeklima

Boligventilationsvarmepumpen bidrager til et forøget luftskifte og forbedret luftcirkulation i boligen. Ventilationsanlægget skal indreguleres, så der ikke forekommer træk i boligen.

Brugervenlighed

Boligventilationsvarmepumpen er meget brugervenlig og kræver ikke daglig pasning og kontrol. Det tilrådes, at filtrene renses eller skiftes årligt.

04

Varmepumpen leveres med en styring til regulering af indblæsningstemperatur samt styring af ventilationsflow.

Drift og vedligeholdelse

Kølemiddelfyldningen på en boligventilationsvarmepumpe kan variere fra 500 g og op til over 3 kg. Kravene til eftersyn af kølekredsen er afhængig af kølemiddelfyldningen. På alle boligventilationsvarmepumper skal ventilationsfiltre rengøres og skiftes med jævne mellemrum. Iflg. EU's forordning 303/2008 er der krav om, at personer/virksomheder, der udfører service og vedligehold på varmepumper med HFC-fyldning, skal have en Kategori I- eller II-autorisation.

Bygningsintegration:

Arkitektur

Selve varmepumpen opsættes typisk på boligens loft eller i kælderrum. Der skal ved design af huset gøres plads til kanalerne til indblæsning af ventilationsluften.

Installation

Almindeligvis foretages installationen af et VVS-, ventilations- eller el-installatørfirma.

Varmeafgiver system

Der er typisk installeret et primært varmeafgiver system, f.eks. et vandbårent radiatorsystem i bygningen.

Lovgivning:

Energiforsyningsnet

Der skal ikke tages hensyn til lovgivningsmæssige forhold.

Myndighedskrav

Installationen skal overholde kravene i BR10. Specielt kan støj være et problem. Selve varmepumpen skal være CE-mærket.

Økonomi:

Anlægspriser

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

Driftsøkonomi

Teknisk levetid (år): 20 år.

Ved opvarmning af ventilationsluften ved varmegenvinding med varmepumpe med en effektivitet på 3,1 og en elpris på 1,75 kr./kWh vil prisen på ventilering være 0,57 kr./kWh.

Elforbrug og -udgift

Elforbruget til en varmepumpe for ventilation uden VGV vil have et årligt energiforbrug på ca. 2.800 kWh. Med VGV og en temperaturvirkningsgrad på 85 % vil forbruget være ca. 800 kWh årligt.

Info:

Produkthenvvisninger

Produktlister kan findes på www.varmepumpeinfo.dk og Center for Energibesparelser. www.goenergi.dk

Litteratur

www.varmepumpeinfo.dk

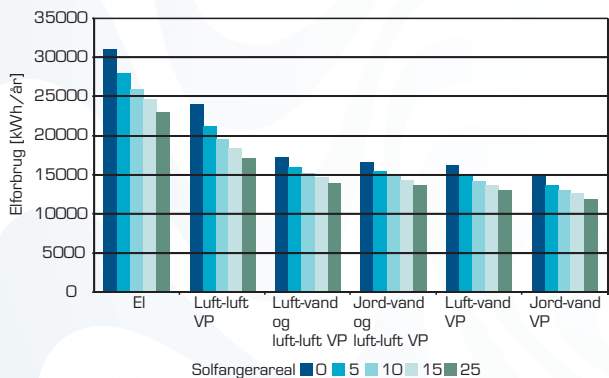


4.6 Varmepumper i kombination med solvarme

I ELFORSK forskningsprojektet PSO 336-070 - Varmepumpeanlæg til fritidshuse eventuelt i kombination med solvarme - bevilget under PSO 2004 og administreret af Dansk Energi, er der foretaget udvikling af systemløsninger med varmepumper og solvarmeanlæg til udlejningssommerhuse med stort elforbrug. I luksussommerhuse med pool, som i gennemsnit bruger 31.000 kWh el pr. år, kan elforbruget reduceres med 50 % ved valg af den rigtige systemløsning.

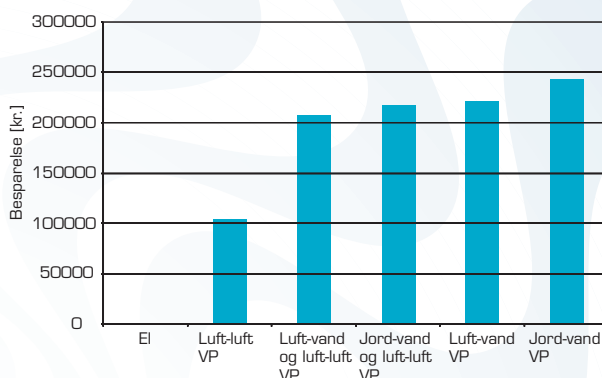
I figur 4.6, 4.7 og 4.9 ses nogle af projektets interessante resultater vedr. luksussommerhuse.

I figur 4.6 ses det totale 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 (jordvarme) samt et 25 m² solvarmeanlæg.

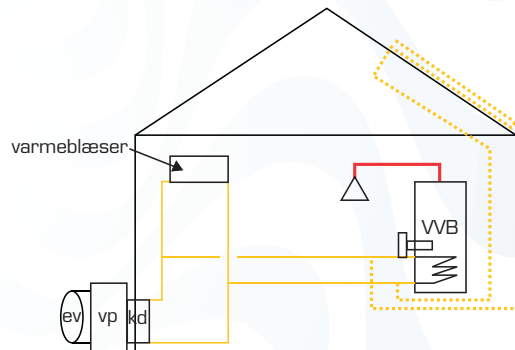


Figur 4.6. Elforbrug i luksussommerhus med pool angivet uden varmepumpe og med forskellige typer af varmepumper samt ved forskelligt solfanger areal angivet i m².

I figur 4.7 ses værdien af 10 års el-besparelser af varmepumpeanlæg uden solvarme. Den største besparelse opnås ved anvendelse af en væske/vand varmepumpe (jordvarme). Besparelsen er angivet ekskl. investering.



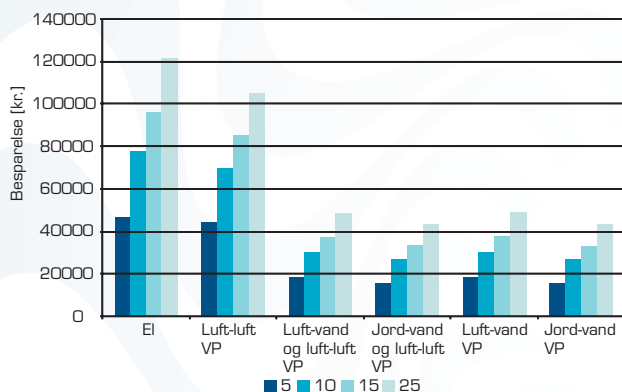
Figur 4.7. Værdien af 10 års el-besparelser af VP anlæg uden solvarme set i forhold til et elopvarmet sommerhus



Figur 4.8. Princip af varmepumpeanlæg i kombination med solvarme.

I figur 4.9 er vist værdien af 10 års el-besparelser 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.

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 el-varme uden varmepumpe. Solvarmeanlægget 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.



Figur 4.9 Værdien af 10 års el-besparelser ved solvarmeanlæg på hhv. 5, 10, 15 og 25 m². set i forhold til varmepumpeanlæg uden solvarme.

5 Varmekilder - dimensioneringsgrundlag

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

5.1 Jordvarme

Afsnittet beskriver, hvorledes vandrette og lodrette jordslanger dimensioneres.

5.1.1 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 ca. 50-100 kr. pr. meter afhængig af tilgængelighed og jordens beskaffenhed. Det er dog vigtigt at understrege, at 1 meter vandret slange ikke direkte kan sammenlignes med 1 meter lodret slange. Den lodrette slange dimensioneres til at indhente betydeligt mere energi end en vandret jordslange.

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 5.1. Etablering af vandrette jordslanger
Kilde: KB Køleteknik ApS – www.kb-koleteknik.dk

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. Energooptaget 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:

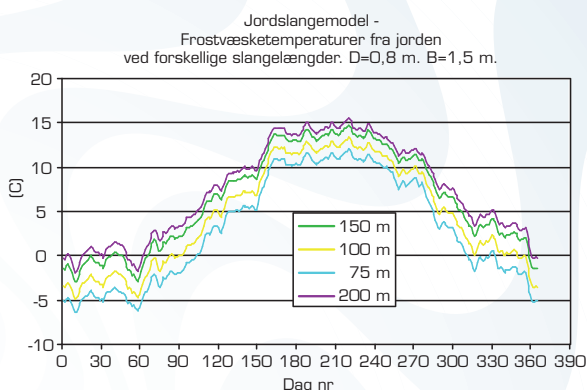
- Maksimal belastning af jorden: 40 kWh/m² år
- Maksimal belastning af jordslangen: 20 W/m (våd jord)
- Middelbelastning af jordslangen over året: 6 W/m år
- Afstand mellem slangerne: mindst 1 meter (normalt 1,5 meter)
- Maksimal afkøling af jordslangevæsken: 3 – 5 °C

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 længere jordslange ud. I modsat fald med-

fører det en lavere temperatur fra jordslangen og derved lavere effektivitet for varmepumpen.

Figur 5.2 viser et eksempel på fremløbstemperaturer for forskellige jordslangelængder som funktion af slangelængde.



Figur 5.2. Analyse af indflydelsen fra varierende jordslangelængder og dermed jordbelastninger

Frostsikring anvendt i jordslanger og andre energioptagere

Som frostsikringsmiddel til jordvarmeanlæg benyttes typisk: Ethanol, IPA sprit, ethylenglykol eller propylenglykol. Normalt frostsikres jordslangerne til ± 15 °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.

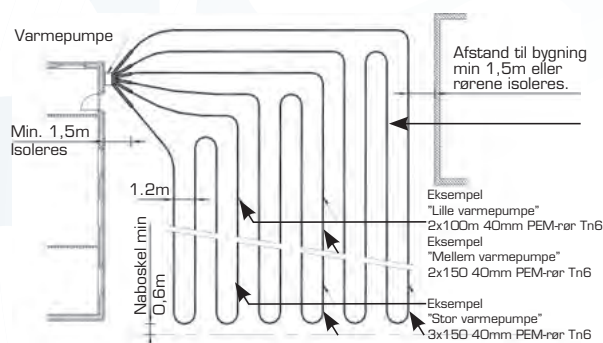
Generelt må det tilrådes, at der frostsikres til en temperatur, der svarer til den laveste fordampningstemperatur, som man forventer varmepumpen kører med. Dog kan man godt frostsikre til en højere temperatur end ± 15 °C, såfremt tempera-

turen i brinekredsen er højere under drift. Forde- len ved at køre med en lavere grad af frostsikring er, at pumpearbejdet bliver lavere. Energibespa- relsen ved at køre med mindre frostsikring er dog ikke stor.

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 bøsningerør, og rørføringer under gulv skal ligeledes være isolerede.

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



Figur 5.3. Eksempel på udlægning af jordslanger

Nedgravningsdybde

Slanger lægges typisk i en dybde fra 0,6 m til 1,5 m. 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 5.1 ses regler (jordslangebekendtgørelsen) for udlægning af vandrette jordslanger.

Slangetype	
Slangetype	PE 40, SDR11 eller PE80, SDR 17. Slangen skal være godkendt efter EN 13244
Bøjningsradius	Fabrikantens anvisninger skal følges
Dybder	
Nedgravningsdybder	Minimumsdybde 0,6 m
	Maksimumsdybde 1,5 m
	Normal lægningsdybde 0,8-1,2 m
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.
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.

Tabel 5.1. Regler for udlægning af vandrette jordslanger

5.1.2 Lodrette jordslanger

Lodrette jordslanger 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 parcelhusgrunde. 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. Men prisen for etablering med de nyeste boremetoder nærmer sig 450 kr/m (2010 pris), hvilket kun gør optagertypen mere interessant. Prisen er dog meget afhængig af undergrund og boremetode. Som energioptager benyttes oftest U-rør.

Funktion

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

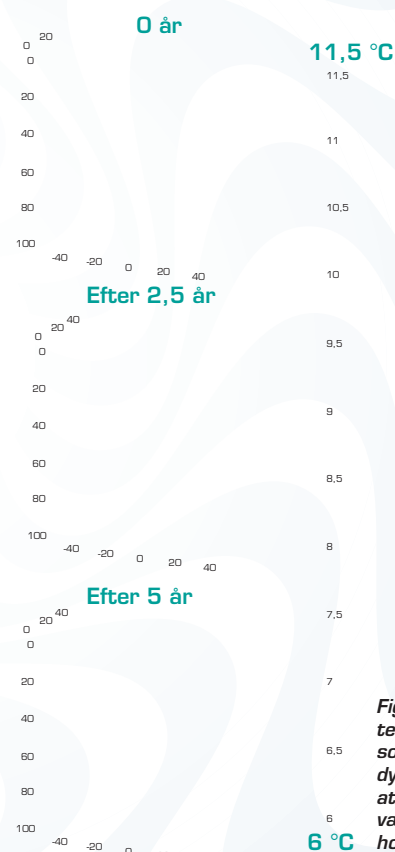
Figur 5.4. Lodrette anlæg. Kilde: IVT Naturvarme – www.ivt.dk

Dimensionering af lodrette anlæg

Dimensioneringen af lodrette jordslanger 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 fuld 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 5.5 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, der benyttes i Norge og Tyskland, er følgende:

Dimensionerende energioptag: 35 W/m.

Energioptaget kan typisk 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: <http://geuskort.geus.dk/GeusMap/>

Etablering af lodrette jordslanger

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

Figur 5.6. Etablering af lodrette jordslanger

Ved boring i løse aflejringer er det nødvendigt at fore borehullet, hvilket normalt gøres med en bentonit/cementblanding. Ved boring gennem forskellige grundvandsmagasiner er det nødvendigt at tætne boringen ned gennem de lag, der adskiller de forskellige grundvandsmagasiner.

Efter at slangen er monteret, skal der foretages en test af den lodrette slanges energioptagningsevne. Dette gøres ved, at man foretager en termisk test af varmeoptageren. Er varmeoptage-

rens energioptagningsevne ikke god nok, skal der bores endnu et hul.

I tabel 5.2 ses regler i forbindelse med etablering af lodrette jordslanger.

Slangetype	
Slangetype	PE 100RC, SDR11 Slangen skal være godkendt efter EN 13244
Dybder	
Nedgravningsdybder	Maksimumsdybde 250 meter. Over 250 meter kræves speciel tilladelse. Minimumsdybde 20 meter
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 kloakrør	Er jordslangen placeret mindre end 1 meter fra vandledninger og kloakrør skal den isoleres mod kondens.
Andet	
Driftstryk	Minimum 1,5 bar
Minimum indløbstemperatur til varmepumpen	2 °C, hvis der ikke foretages en fuldstændig opfyldning og tætning mellem slanger 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	Jordslangen må maksimalt indeholde 35 % frostsikringsvæske.
Eftersyn af anlægget	Anlægget skal efterses 1 gang årligt, af en sagkyndig.

Tabel 5.2. Regler i forbindelse med udlægning af lodrette jordslanger

5.2 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 5.7. Søvandsanlæg (slanger i søen)

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 søvarme-varmeoptagere. 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.

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.

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.

5.3 Grundvand

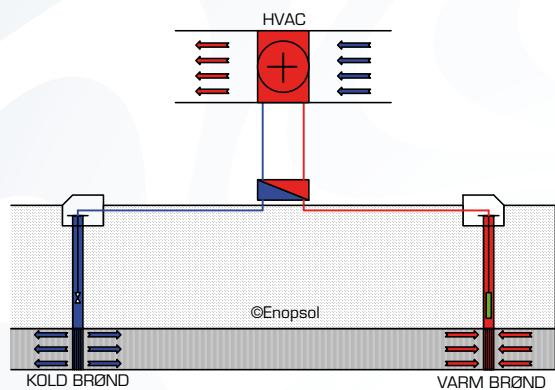
Grundvand som varmekilde er ved at finde indpas for større byggerier, men ikke for mindre boliger. Systemet fungerer ved, at der først pumper grundvand op fra et magasin, hvorefter det ledes tilbage til magasinet via et andet borehul. Fordelen ved grundvandsanlæg er, at man har en temperatur på varmekilden, som er stabil og høj over hele året, ca. 8 °C. Boringen etableres typisk som en almindelig drikkevandsboring med filter forneden. Selve boringen skal udføres af en certificeret brøndborer. Boringens dybde afhænger fuldstændigt af, hvor dybt grundvandsmagasinet ligger. I perioden 1978 til 1983 blev der etableret ca. 250 grundvandsvarmepumpeanlæg.

Ved etablering af varmepumper med grundvand som varmekilde skal man være opmærksom på, at udfældning af okker (jern og mangan) kan være et problem. Da der ikke er tale om helt lukkede systemer, kan korrosion også være et problem. Det er desuden vigtigt, at der indsættes et filter før varmeveksleren, så sand og andre partikler ikke forårsager tilstopning.

Dimensioneringen af anlægget afhænger af varmebehovet for huset. Varmebehovet er dimensionerende for pumpeflowet. Ved dimensionering af veksler og pumpeflow skal det samtidig sikres,

at grundvandet, som tilbageledes, ikke er under 2 °C. Frysning må ikke være muligt, da det kan medføre havari.

Figur 5.8 viser et ATES anlæg, hvor man om vinteren indvinder vand fra en "varm" brønd, som afkøles i en fordampner og ledes ned i en "kold" brønd. Om sommeren kan kredsløbet vendes ved, at det kolde vand indvindes og opvarmes i en køleflade for herefter at ledes ned i den varme brønd.



Figur 5.8. Anlæg for opvarmning med 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).

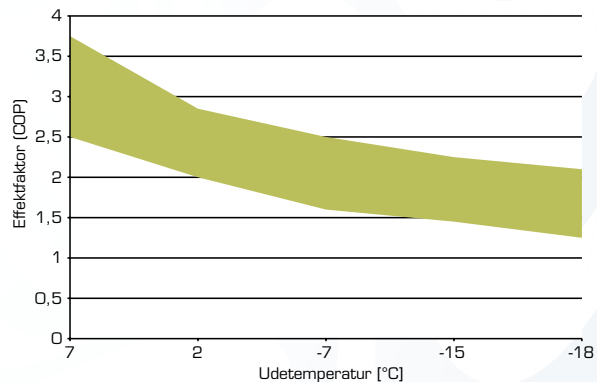
Sagsbehandlingen og vilkårene for grundvandskøle- og varmeanlæg sker med udgangspunkt i Miljøministeriets "Bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg" (BEK 1206 af 24. november 2006"). Bekendtgørelsens regler skal sikre, at grundvandskvaliteten i magasinet bevares, og at der ikke er fare for termisk forurening af vandforsyningsanlæg. Der skal derfor foretages en analyse af de termiske påvirkninger, som varmeindvindingen påfører grundvandsmagasinet.

5.4 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 afrimningsfunktion 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 udetemperaturer er, da vandindholdet i luften er relativt lavt ved lave udetemperaturer.

Som det ses af figur 5.9 falder effektiviteten på en luft/luft varmepumpe som funktion af faldende udetemperatur. Overslagsmæssigt stiger energiforbruget for varmepumpen ca. 3 %, for hver grad udetemperaturen falder.



Figur 5.9. Interval af COP 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.

6 Varmeafgiver systemer

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

6.1 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 6.1.

Figur 6.1. Eksempel på temperaturforhold i en radiator (termografering) Kilde: FLIR Thermography – www.flir.com

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

	Fremløb [°C]	Retur [°C]
Direkte fjernvarme ¹⁾	70	40
Indirekte fjernvarme	65	35
Gas og olie i større ejendomme ¹⁾	70	40
Gaskedler i enfamiliehuse ²⁾	60	50
Varmepumper i enfamiliehuse ²⁾	55	45

Tabel 6.1. Temperatursæt ved dimensionering af radiatoranlæg ifølge EN 444

Noter:

1) DS 469/Tillæg 2. Varmeanlæg med vand som varmebærende medium – Dimensionering og regulering af varmegivere – Energi-effektivitet for pumper.

2) Middel = 55 °C, men afkøling på 10 K er et godt udgangspunkt.

Som det ses, er de temperatursæt, der benyttes ved dimensionering, væsentligt anderledes end de temperatursæt, der benyttes ved bestemmelse af radiatorydelsen. Derfor skal der foretages en omregning af radiatorydelsen til anvendte temperatursæt.

For radiatorssystemer gælder følgende udtryk for effekten P:

$$P = K \cdot \Delta T \log^{1/3}$$

hvor

$$\Delta T \log = \frac{T_{frem} - T_{rum}}{\ln\left(\frac{T_{frem} - T_{rum}}{T_{retur} - T_{rum}}\right)}$$

På baggrund af ovenstående udtryk er tabel 6.2 udarbejdet. Den viser relative ydelser for en radiator ved forskellige fremløbs- og returtemperaturer og en fast rumtemperatur. Ydelsen ved temperatursættet 75/65/20 °C er angivet til 1,0, 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 6.2. Relative ydelser for radiatorer ved forskellige fremløbs- og returtemperaturer ved 20 °C i rumtemperatur

Regneark til overslagsmæssig beregning af radiatorydelser

Til brug for 15-års engangseftersyn af varmeanlæg er der udarbejdet et regneark til overslagsmæssig beregning af radiatorydelser. Regnearket kan downloades fra Sekretariatet for Energieffektive Bygningers hjemmeside http://www.maerkdinbygning.dk/Materiale/Files/Materiale+konsulenter/Energim%c3%a6rkning/Radiator_Program_Engangseftersyn.xls

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

Eksempel 5 - LCC beregninger på tre alternative anlæg

I et parcelhus på 141 m² fra 1971 kan transmissions- og ventilationstabet beregnes til 9,4 kW ved hjælp af Be10.

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 varmepumpeanlæg, som dimensioneres til en fremløbstemperatur på 60 °C og en returtemperatur på

50 °C. Varmesystemet ændres ikke, så ved en udetemperatur på -12 °C skal fremløbstemperaturen være 80 °C, og returtemperaturen skal være 60 °C.

I tabel 6.2, s. 78 kan den relative ydelse ved en fremløbstemperatur på 80 °C og en returtemperatur på 60 °C aflæses til 0,987. (Markeret med blåt). I samme tabel kan den relative ydelse ved en fremløbstemperatur på 60 °C og en returtemperatur på 50 °C aflæses til 0,626. (Markeret med orange). Dette betyder, at varmesystemet ved en fremløbstemperatur på 60 °C og en returtemperatur på 50 °C (maksimalt) kan afgive:

$$P = (0,626/0,987) \cdot 9,4 \text{ kW} = 5,96 \text{ kW}$$

Varmepumpen, der skal have den samme effekt som varmesystemet maksimalt kan afgive (ved 60/50 °C), kan således dække ca. 63 % af det dimensionerende varmetab.

En overslagsmæssig beregning 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 dog, at der anvendes en varmepumpe, der kan klare de høje returtemperaturer fra varmesystemet, som forekommer ved meget lave udetemperaturer (højtemperatur varmepumpe). 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 vha. 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 (9,4 kW i dette eksempel) kan dækkes ved en fremløbstemperatur på 60 °C og en returtemperatur på 50 °C. I dette tilfælde vil man typisk vælge en varmepum-

pe, der kan dække ca. 80 % af det dimensionerende varmetab, dvs. en varmepumpe på ca. 7,5 kW. Energimæssigt kan varmepumpen dække ca. 98 % af varmebehovet (rumopvarmning). De resterende 2 % dækkes vha. 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 Be10 blive reduceret til 5,8 kW. Varmepumpen på de 5,96 kW er nu rigelig stor. I dette tilfælde vil man typisk vælge en varmepumpe, der kan dække ca. 80 % af det dimensionerende varmetab, dvs. en varmepumpe på ca. 4,6 kW. En overslagsmæssig beregning viser, at varmepumpen kan dække varmetabet ved udetemperaturer højere end -8 °C.

Energimæssigt kan varmepumpen dække ca. 98 % af varmebehovet (rumopvarmning). De resterende 2 % dækkes ved hjælp af en elpatron.

I tabel 6.3, s. 82, ses data for bygningens rumopvarmningsbehov, varmeydelse fra varmepumpe og elpatron, elforbrug m.m. for de tre tilfælde. Endvidere ses udgifter til el samt nødvendige investeringer over anlæggenes levetid.

Energiforbedring 3 har de højeste investeringsomkostninger. Til gengæld er levetidsomkostningerne de laveste.

Efter reduktionen af bygningens varmetab ved efterisolering af ydervægge og udskiftning af vinduer er det muligt at installere et større radiatorareal, således at det dimensionerende varmetab (5,8 kW i dette eksempel) kan dækkes ved en fremløbstemperatur på 50 °C og en returtemperatur på 40 °C. Levetidsomkostningerne (LCC) vil i dette tilfælde være 410.000 kr.

Alle energidataene i nedenstående tabel kommer fra Be10.

Energiforbedring	1: Varmepumpe + el + oprindelige radiatorer (80/60 °C)	2: Varmepumpe + el + større radiatorer (60/50 °C)	3: Varmepumpe + el + energibesparende foranstaltninger (EBF) + oprindelige radiatorer (60/50 °C)
Rumopvarmningsbehov [kWh/år]	23.500	23.500	11.700
Varmepumpeydelse [kWh/år]	19.800	23.500	11.700
Elvarme (elpatron) [kWh/år]	3.700	0	0
Elforsbrug til varmepumpe [kWh/år]	7.300	7.700	3.900
I alt [kWh/år]	11.000	7.700	3.900
El udgift [kr./år]	19.900	14.100	7.500
Udgift radiatorer [kr.]	-	11.700	-
Udgift EBF [kr.]	-	-	150.000
Udgift varmepumpe [kr.]	85.800	95.100	80.000
Udgift i alt [kr.]	85.800	106.800	175.000
Service og vedligehold [kr.]	30.000	30.000	30.000
LCC	513.800	418.800	410.000

Tabel 6.3. Udgift til varmepumpe samt drift og vedligehold over en 20-årig periode

6.2 Gulvarmeanlæg

Gulvarme er blevet en populær opvarmningsform, og i dag bygges parcelhuse oftest med gulvarmeanlæg som eneste opvarmningsform. Varmepumper er yderst velegnede til at levere energi til disse anlæg.

Der skelnes mellem baderum og opholdsrum.

- I baderum bør overfladetemperaturen være 26 - 30 °C (maks.).
- I opholdsrum bør overfladetemperaturen være 23 - 26 °C (maks.).

I randzoner kan tolereres højere temperaturer.

Gulve kan overføre ca. 100 W pr m². Dette er rigeligt i forhold til dimensionerende varmetab i moderne huse.

Figur 6.2. 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.

Fremløbstemperaturen skal altid vælges ud fra de krav/begrænsninger, som gulvbelægning, gulvvarmeslange og gulvopbygning stiller/sætter. I tabel 6.4 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 6.4. Anbefalede fremløbstemperaturer til gulvvarmekredse i afhængighed af gulvtypen

Eksempel 6 – Beregning af energiforbrug ved anvendelse af radiatorer og gulvvarme

I et parcelhus på 143 m² fra 2007 kan transmissions- og ventilationstabet beregnes til 6,7 kW ved hjælp af Be10.

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 6.5 ses (beregnet ved hjælp af Be10) varmekonsumet med henholdsvis det eksisterende varmesystem (radiatorer) og et gulvvarmesystem dimensioneret til en fremløbstemperatur på 35 °C og en returtemperatur på 30 °C.

	Væske/vand varmepumpe + radiator-system (55/45 °C)	Væske/vand varmepumpe + gulvvarmesystem (35/30 °C)
Rumopvarmningsbehov [kWh] 1)	6.100	6.700
Varmt brugsvand [kWh]	2.300	2.300
I alt	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	2.960	2.660

Tabel 6.5 Årligt energiforbrug for nyt parcelhus med installeret varmepumpe for et varmesystem, der anvender radiatorer, og et der anvender gulvvarme

Note:

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

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

Elforbruget til varmepumpen med gulvvarmesystem ses at være ca. 12 % lavere end elforbruget til varmepumpen med radiatorsystem.

6.3 Brugsvandsanlæg

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

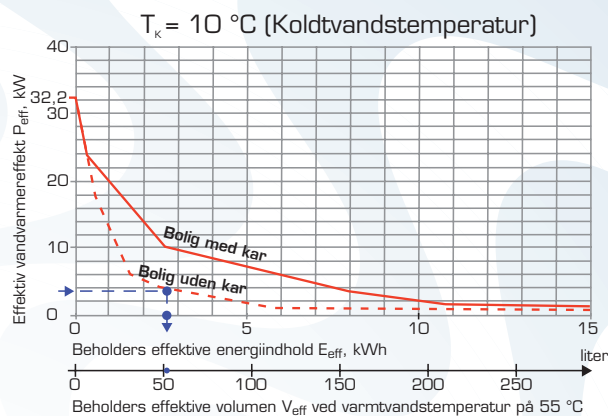
Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyntagen til varmtvandsstedernes antal og brug kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet.

Af hensyn til risikoen for bakterievækst (legionella) bør vandet i vandvarmere kunne opvarme vandet til mindst 60 °C (se endvidere afsnit 8.1.3, s. 109).

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 $T_{V,0}$, før vandets afgangstemperatur er sunket til under en given afgangstemperatur $T_{V,\text{min}}$). Beholderens geometriske volumen $V \sim 1,15 V_{\text{eff}}$.
- den effektive beholderydelse P_{eff} (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 varmtvandstemperatur T_v , som kan opnås ved den valgte vandstrøm q_v). Den effektive beholderydelse, 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 6.3 udarbejdet. I diagrammet ses den effektive beholderydelse P_{eff} som funktion af beholderens effektive volumen V_{eff} .



Figur 6.3. Dimensioneringsdiagram (P-E-kurve) for vandvarmere, der forsyner alle varmtvandstapsteder i en helårsbolig til familie med og uden badekar

Eksempel 7 - beregning af anlæg til varmt brugsvand

En varmepumpe afgiver 4,6 kW til brugsvandsystemet. Effekten skal som tidligere nævnt korrigeres for belægninger på varmebladen 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 6.3 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 til varmt vand om året. I tabel 6.6, s. 88, ses det årlige varmeforbrug og årlige udgifter til opvarmning af vandet for to alternative varme anlæg. Det ene er ovennævnte væske/vand varmepumpeanlæg, mens det andet er det oliefyrede varme anlæg fra eksempel 4, s. 37. Beregningerne er foretaget med Be10.

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]	1.600	1.540
Udgift for en opladning (60 liter) [kr./opladning]	{1.600 kr./år/30.000 liter/år} · 60 l = 3,2	{1.540 kr./år/30.000 liter/år} · 60 l = 3,1

Tabel 6.6. 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.

6.4 Boligventilations varmepumper

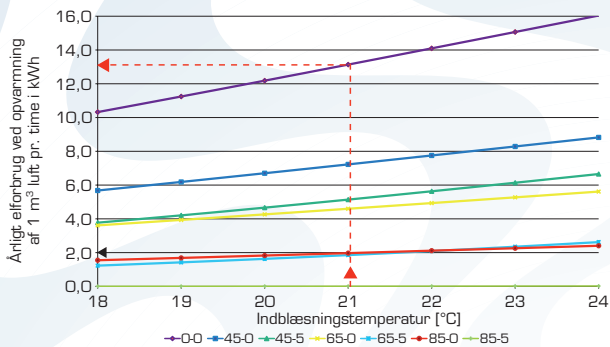
Varmepumper benyttes også til varmegenvinding i ventilationsaggregater. Til eksempelvis boligventilation kan varmepumpen være en integreret del af et ventilationsaggregat med varmegenvinding.

I figur 6.4 ses et eksempel på et aggregat med varmegenvinding og varmepumpe. Varmegenvindingsenheden, som i dette tilfælde er en heatpipe, benyttes som forvarmeveksler. Denne type varmegenvindingsenhed har typisk en tempera-

Figur 6.4. Varmepumpe i ventilationsanlæg. Kilde: NILAN VPL 15. Brochure

turvirkningsgrad på 45 – 55 %. Varmepumpens kondensator benyttes som eftervarmevlade.

I figur 6.5, s.90, 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 (boligventilation – se figur 3.5, s. 30). 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 årsnyttevirkning på 3,1 for varmepumpen. Det svarer typisk til årsnyttevirkningen for en luft/luft varmepumpe.



Figur 6.5. 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 farvesignaturerne angiver temperaturen fra varmegenvinderen samt differencen mellem udsugnings- og indblæsningstemperaturen

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 8 – beregninger af energiforbrug til ventilation

Parcelhuset i eksempel 5, s. 79, ventileres vha. naturlig ventilation. Husets luftskifte skønnes at være 0,5 h⁻¹ (gange i timen). Huset har et areal på 141 m² og en lofthøjde på 2,5 m, hvorfor husets volumen er ca. 353 m³. Der udskiftes således ca. 177 m³ luft i timen. I figur 6.5 er der forudsat en årsnyttevirkning på 3,1 for varmepumpen. I det rummene er ca. 21 °C, kan det årlige netto varmekonsum til opvarmning af friskluften beregnes til:

$$E_{\text{opvarm, netto}} = 3,1 \cdot 13,0 \text{ kWh/m}^3/\text{h}/\text{år} \cdot 177 \text{ m}^3/\text{h} = 7.100 \text{ kWh}/\text{år varme}$$

Den varmeproducerende enhed i parcelhuset er en ældre gaskedel med en årsnyttevirkningsgrad på 75 % (beregnet vha. Be10). Det årlige brutto varmekonsum til opvarmning af luften er derfor:

$$E_{\text{opvarm, brutto}} = 7.100 \text{ kWh}/\text{år} / 0,75 = 9.500 \text{ kWh}/\text{år varme}$$

Ventilationstabet kan reduceres ved installering af mekanisk ventilation med varmegenvinding og en varmepumpe til eftervarme af luften. Nedenfor beregnes besparelsen, hvis der 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 6.5 kan det årlige elforbrug ved opvarmning af 1 m³ luft pr. time aflæses til 2 kWh. Det årlige elforbrug til varmepumpen kan herefter beregnes til:

$$E_{\text{opvarm}} = 2,0 \text{ kWh/m}^3/\text{h}/\text{år} \cdot 177 \text{ m}^3/\text{h} = 350 \text{ kWh}/\text{år el}$$

Elforbruget til drift af ventilatorerne vil skønsmæssigt andrage 430 kWh/år el. Det er i den beregning forudsat, at anlægget lever op til Bygningsreglementets krav om, at elforbruget til lufttransport i boligventilationsanlæg maksimalt må være 1.000 W/m³/s.

De 430 kWh er beregnet således:

$$[(177 \text{ m}^3/\text{h}/3.600 \text{ s/h}) \cdot 1.000 \text{ W/m}^3/\text{s} \cdot 8.760 \text{ h}/\text{år}] / 1.000 \text{ W/kWh}$$

Med en brændværdi på 11 kWh/m³ naturgas, svarer de 9.500 kWh til 864 m³ naturgas. Med en naturgaspris på 8,3 kr/m³ og en elpris på 1,75 kr./kWh bliver den årlige besparelse:

$$[864 \text{ m}^3 \cdot 8,3 \text{ kr/m}^3] - [(350 \text{ kWh} + 430 \text{ kWh}) \cdot 1,75 \text{ kr./kWh}] = 5.800 \text{ kr.}$$

Investeringen, som inkluderer kanaler og fittings, montage, isolering, indregulering m.m., vil være ca. 80.000 kr. Simpel tilbagebetalingstid: 80.000 kr./5.800 kr./år = 13,8 år.



7 Nøgletal for varmepumpeanlæg

Kapitlet gennemgår varmepumpens forventelige elforbrug pr. m² opvarmet areal i afhængighed af byggeår og bygningstype. Der defineres endvidere en årseffektfaktor, og den vurderes i afhængighed af varmekilde og anvendelsesformål. Endelig vurderes den nødvendige investering pr. m² opvarmet areal eller kW optagen effekt.

7.1 Effektfaktor og årsnyttevirkningsgrad

Nyttevirkningen eller effektfaktoren (COP - Coefficient Of Performance) er defineret som forholdet mellem varmepumpens afgivne effekt (kW) og den tilførte effekt (kW) til varmepumpen.

Prøvning af varmepumpeanlæg sker i henhold til Danske og 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.). Effektfaktoren beregnes herefter på baggrund af disse målinger. I prøvningsrapporter og på systemgodkendelser er det netop denne effektfaktor, der er angivet.

I tabel 7.1 og 7.2 ses eksempler på effektfaktorer for en væske/vand varmepumpe (jordvarme) og en luft/vand varmepumpe som funktion af varmeoptagerens temperatur og temperaturen til varmeanlægget.

Temperatur omkring jordslangen [°C]	Varme anlægs fremløbs-temperatur [°C]	Varmeydelse [kW]	Effektfaktor (COP)
0 (februar måned)	55 (radiatoranlæg)	4,6	2,8
10 (september måned)	55 (radiatoranlæg)	6,1	3,4
0 (februar måned)	35 (gulvvarme)	5,2	4,3
10 (september måned)	35 (gulvvarme)	6,8	5,3

Tabel 7.1. Effektfaktor for væske/vand varmepumpe (jordvarme) som funktion af temperatur i jorden og temperaturen til varmeanlægget. Ydelser og effektfaktorer er opgivet i henhold til EN 14511

Temperatur varmeoptager (udeluft) [°C]	Temperatur til varmeanlæg [°C]	Varmeydelse [kW]	Effektfaktor (COP)
- 7	55 (radiatoranlæg)	4,5	1,9
+ 7	55 (radiatoranlæg)	8,9	2,9
- 7	35 (gulvvarme)	5,2	2,4
+ 7	35 (gulvvarme)	9,9	3,8

Tabel 7.2. Effektfaktor for luft/vand varmepumpe som funktion af temperatur i udeluft og temperaturen til varmeanlægget. Ydelser og effektfaktorer er opgivet i henhold til EN 14511

Effekt faktoren er en "driftsnyttevirkning" ved bestemte driftsforhold og angiver ikke, hvordan årsnyttevirkningen for varmepumpen vil være. Når et varmepumpeanlæg driftsøkonomisk vurderes, er det nødvendigt at anvende en skønnet årsnyttevirkningsgrad (leveret energi i forhold til tilført energi over normal året). Tabel 7.3 kan benyttes til at vurdere årsnyttevirkningsgraden for forskellige typer varmepumper (højest for de bedste) og forskellige anvendelsesformål (varmeafgiver systemer).

Varmekilde	Anvendelsesformål (varmeafgiversystem)		
	Gulvarme	Radiatorer	Luft
Væske/ vand (jordvarme)	3,2 - 3,4	2,9 - 3,1	
Væske/ vand - behovsstyret (jordvarme)	3,4 - 3,8	3,1 - 3,5	
Luft/vand	2,7 - 3,0	2,5 - 2,7	
Luft/luft - on/off			2,6 - 3,0
Luft/luft - hastighedsreguleret			3,0 - 3,4

Tabel 7.3. Årsnyttevirkningsgrader – skønnede værdier for forskellige typer varmepumper og forskellige anvendelsesformål (varmeafgiversystemer)

Årsnyttevirkningsgraderne i tabel 7.3 gælder for varmepumper, der dækker 80 – 100 % af det dimensionerende varme- og ventilationstab, og som leverer varme ved en fremløbstemperatur på 55 – 60 °C (radiatorer) og 25 – 45 °C (gulvarme). Se også tabel 6.4, s.84. Årsnyttevirkningsgraden for varmepumpen afhænger også af, hvor stor en del af det dimensionerende varme- og ventilationstab, den skal dække. Ved for lave dækningsgrader forringes årsnyttevirkningsgraden, da der skal anvendes mere supplerende elvarme. Dette er illustreret i eksempel 9, s. 97.

7.1.1 Normeffekt faktor

Normeffekt faktoren er forholdet mellem den energi, som varmepumpen afgiver, og den elektricitet som varmepumpen bruger over året.

Der er foretaget beregninger af normeffekt faktorer for både radiator drift og for gulvarmedrift for hver varmepumpe på Energistyrelsens liste (www.ens.dk). Normeffekt faktoren for gulvarmedrift er altid lidt større end normeffekt faktoren for radiator drift, idet fremløbstemperaturen er lavere ved gulvarmedrift.

Normeffekt faktorerne er retningsgivende og kan benyttes til sammenligning af forskellige varmepumper. Normeffekt faktorerne kan ikke (alene) benyttes til at bestemme energiforbruget på et konkret hus. Dette vil kræve en detaljeret undersøgelse af det konkrete hus og dets installation.

Der er udviklet en model for beregning af normeffekt faktor for væske/vand varmepumper og luft/vand varmepumper. Effekt faktoren beregnes for henholdsvis radiatorvarme og gulvarme. Effekt faktorerne beregnes ud fra producentens oplyste data for den pågældende varmepumpe og verificeres ved løbende stikprøvekontroller.

Normeffekt faktoren beregnes på grundlag af de tal, som normalt indberettes i forbindelse med ansøgning om systemgodkendelse af varmepumper hos Teknologisk Institut.

På Energistyrelsens hjemmeside www.ens.dk findes en liste over godkendte varmepumper og deres beregnede normeffektivitet.

Eksempler på væske/vand varmepumper, som er på listen, ses i figur 7.1, s. 96.



Energistyrelsens liste over energimærkede væske/vand varmepumper (jordvarme)

Leverandør	Hjemmeside	Produkt	Nominel ydelse iht. EN14511 (kW)	Normeffektivitet, radiatorvarme	Normeffektivitet, gulvarme	Frekvensstyring ?
0 - 6 kW						
Vølund Varmeteknik	www.volundvt.dk	F-1140 6 kW	5,45	3,3	4,3	
Vølund Varmeteknik	www.volundvt.dk	F-1240 6 kW	5,45	3,3	4,3	
EnergyWise ApS	www.energywise.dk	Evi Heat Combi 6	5,49	3,3	4,2	
EnergyWise ApS	www.energywise.dk	Evi Heat Slim 6	5,49	3,3	4,2	
EnergyWise ApS	www.energywise.dk	Evi Heat Split 6	5,49	3,3	4,2	
EnergyWise ApS	www.energywise.dk	Evi Heat Split Sun 6	5,49	3,3	4,2	
Max Weishaupt A/S	www.weishaupt.dk	WWPS 6 IH	5,8	3,2	4,1	
Vølund Varmeteknik	www.volundvt.dk	F-1145 6 kW	5,21	3,2	4,1	
Vølund Varmeteknik	www.volundvt.dk	F-1245 6 kW	5,21	3,2	4,1	
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 6	5,08	3,1	3,8	JA
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 6 Combi	5,08	3,1	3,8	JA
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 6 Single	5,08	3,1	3,8	JA
Viessmann	www.viessmann.dk	Vitocal 333-G BWT 106	5,562	3,0	4,0	
SVK Energi	www.svk-industri.dk	SVK6F	4,5	3,3	3,9	JA
ASAP Energy	www.asap.dk	Alpha-Immo Tec WZ560H	5,2	2,8	3,8	
ASAP Energy	www.asap.dk	Alpha-Immo Tec SWC60H	5,25	2,8	3,8	
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 4	3,88	3,0	3,7	JA
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 4 Combi	3,88	3,0	3,7	JA
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 4 Single	3,88	3,0	3,7	JA
Pettinaroli	www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron WPF 5 E	5,4	2,7	3,8	
Pettinaroli	www.pettinaroli.dk	Stiebel Eltron WPC 5	5,6	2,7	3,8	
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 5	5,55	2,9	3,6	
Dansk Varmepumpe Industri	www.jordvarme.dk	Queen 5 Combi	5,55	2,9	3,6	

Figur 7.1 Eksempler på normeffekt faktorer for væske/vand varmepumper på Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper, december 2010



Eksempel 9 - Årsnytttevirkningsgrad som funktion af dækningsgrad af det dimensionerende transmissions- og ventilationstab

Varmepumpens afgivne effekt	Dækning af dimensionerende varme- og ventilationstab				
	100%	80%	60%	40%	20%
	6,8 kW	5,4 kW	4,1 kW	2,7 kW	1,4 kW
Rumopvarmningsbehov [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
Eforbrug til rumopvarmning [kWh/år]	-	-	-	1.200	5.700
Eforbrug til varmt brugsvand [kWh/år]	560	560	560	560	560
Eforbrug 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
Årsnytttevirkning	3,2	3,2	3,2	2,5	0,95
El udgift, pr. år	8.100	8.100	7.900	9.400	15.400
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	299.000	292.400	282.200	305.500	419.400

Tabel 7.4. Data for varmepumpeanlæg ved forskellige dækningsgrader af dimensionerende varme- og ventilationstab. Beregningerne er foretaget med Be10

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. Varmeaftager systemet består af gulvarme, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 35 °C og en returtemperatur på 30 °C.

Af tabel 7.4 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 Be10 beregning). En varmepumpe bør kun dimensioneres således, hvis en beregning med eksempelvis Be10 viser, at det kan lade sig gøre.

7.2 Nøgletal for elforbrug til varmepumper i enfamiliehuse

På baggrund af nøgletallene for netto varmebehov i tabel 3.3 og 3.5 på side 20 og side 28 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 års virkningsgrader i tabel 7.3, s. 94.

Elforbruget for forskellige varmepumper er angivet i tabel 7.5 – 7.10. Disse elforbrug er baseret på bygninger, hvor der i hovedparten af tilfældene er foretaget energibesparende foranstaltninger (nye vinduer, efterisolering af lofter og ydervægge, udsiftning 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.

7.2.1 Elforbrug til væske/vand varmepumper

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	3.952	3.802	4.005	3.849	3.327	2.583	2.762	2.251		
100	4.656	4.575	4.720	4.622	3.902	3.205	3.203	2.664		
120	5.242	5.291	5.433	5.338	4.644	3.880	3.860	3.123		
140	6.050	6.092	6.128	6.073	5.473	4.566	4.565	3.604		
160	6.615	6.424	6.764	6.701	6.131	5.250	5.189	4.027		
180	7.260	6.924	7.366	7.365	6.731	5.685	5.559	4.331		
200	7.538	7.490	7.335	7.710	7.154	6.149	5.958	4.633		
300	10.289	10.832	10.837	11.137	10.115	9.280	9.393	6.493		

Tabel 7.5. Elforbrug i kWh/år for væske/vand varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal



Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	3.460	3.302	3.501	3.353	2.860	2.113	2.254	1.804		
100	4.059	3.977	4.112	4.026	3.319	2.623	2.633	2.112		
120	4.541	4.589	4.722	4.649	3.961	3.203	3.182	2.449		
140	5.230	5.304	5.310	5.294	4.679	3.778	3.742	2.824		
160	5.715	5.528	5.846	5.806	5.234	4.345	4.277	3.118		
180	6.240	5.925	6.338	6.364	5.761	4.695	4.551	3.311		
200	6.384	6.330	6.212	6.617	6.066	5.053	4.833	3.546		
300	8.500	9.215	9.178	9.479	8.569	7.590	7.761	4.968		

Tabel 7.6. Elforbrug i kWh/år for væske/vand varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal

7.2.2 Elforbrug til luft/vand varmepumper

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	4.584	4.410	4.646	4.465	3.859	2.996	3.203	2.611		
100	5.401	5.307	5.475	5.362	4.526	3.717	3.716	3.090		
120	6.081	6.137	6.302	6.192	5.387	4.501	4.478	3.623		
140	7.018	7.067	7.109	7.044	6.348	5.297	5.295	4.181		
160	7.674	7.452	7.846	7.773	7.112	6.090	6.019	4.672		
180	8.421	8.032	8.545	8.544	7.808	6.594	6.448	5.024		
200	8.744	8.688	8.509	8.944	8.299	7.133	6.911	5.375		
300	11.936	12.565	12.571	12.919	11.733	10.765	10.895	7.532		

Tabel 7.7. Elforbrug i kWh/år for luft/vand varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal



Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	4.014	3.830	4.062	3.889	3.318	2.451	2.615	2.092		
100	4.709	4.613	4.770	4.670	3.850	3.042	3.054	2.450		
120	5.267	5.323	5.477	5.393	4.595	3.715	3.691	2.841		
140	6.066	6.153	6.160	6.141	5.428	4.382	4.341	3.276		
160	6.629	6.413	6.782	6.734	6.071	5.040	4.961	3.617		
180	7.238	6.874	7.353	7.383	6.682	5.447	5.279	3.841		
200	7.405	7.343	7.206	7.676	7.037	5.861	5.606	4.114		
300	9.860	10.689	10.646	10.995	9.941	8.805	9.003	5.763		

Tabel 7.8. Elforbrug i kWh/år for luft-/vand varmepumpe til rumopvarmning som funktion af byggeår og areal

7.2.3 Elforbrug til luft/luft varmepumper

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	7.755	7.489	7.867	7.571	6.586	5.228	5.595	4.596		
100	9.156	9.008	9.283	9.094	7.761	6.485	6.470	5.463		
120	10.339	10.429	10.700	10.503	9.226	7.822	7.787	6.436		
140	11.945	11.988	12.086	11.942	10.860	9.197	9.230	7.428		
160	13.065	12.711	13.355	13.215	12.175	10.572	10.467	8.341		
180	14.372	13.735	14.575	14.545	13.351	11.458	11.247	9.015		
200	15.024	14.943	14.621	15.274	14.252	12.423	12.103	9.640		
300	20.738	21.546	21.599	22.149	20.158	18.785	18.928	13.510		

Tabel 7.9. Elforbrug i kWh/år for luft-/luft varmepumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal (60 % dækning af rumopvarmningsbehov)



Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	6.829	6.605	6.929	6.674	5.820	4.662	4.992	4.113		
100	8.069	7.944	8.183	8.016	6.873	5.783	5.766	4.898		
120	9.123	9.201	9.436	9.259	8.166	6.965	6.935	5.780		
140	10.545	10.569	10.665	10.525	9.607	8.185	8.228	6.672		
160	11.535	11.231	11.790	11.661	10.774	9.409	9.322	7.506		
180	12.701	12.148	12.879	12.841	11.809	10.201	10.029	8.129		
200	13.316	13.248	12.958	13.503	12.629	11.071	10.809	8.691		
300	18.462	19.079	19.142	19.612	17.864	16.753	16.851	12.180		

Tabel 7.10. Elforbrug i kWh/år for luft-/luft- varmpumpe til rumopvarmning og varmt brugsvand som funktion af byggeår og areal (75 % dækning af rumopvarmningsbehov)

Værdierne i tabel 7.5 og 7.6 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 3.3 og 3.5, s. 20 og 28, dækkes af en varmpumpe, der arbejder med en årsnyttevirkning 3,0.

Værdierne i tabel 7.7 og 7.8 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 3.3 og 3.5, s. 20 og 28, dækkes af en varmpumpe, der arbejder med en årsnyttevirkning på 2,6.

Værdierne i tabel 7.9 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 3.5 dækkes af en varmpumpe, der arbejder med en årsnyttevirkning på mellem 1,45 og 1,5, højst for de mindste boliger og ældste årgange.

Værdierne i tabel 7.10 er baseret på, at varmebehovet fra tabel 3.5 dækkes af en varmpumpe, der arbejder med en årsnyttevirkning på mellem 1,60 og 1,75, højst for de mindste boliger og ældste årgange.

Nettovarmebehovene i tabel 7.5 - 7.10 er angivet for rum opvarmet til en gennemsnitstemperatur på 20 °C i alle årets måneder. For hver grad rumtemperaturen ligger højere vil nettovarmeforbruget til varmpumpen stige 5-8 %.

7.3 Investering pr. kW varmeeffekt

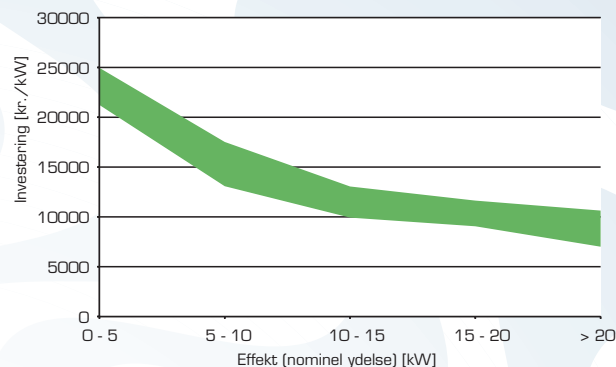
Nedenfor ses investeringer ved installation af forskellige typer varmepumpeanlæg som funktion af varmeeffekten. Investeringerne er baseret på priser fra 2010 inkl. montage og moms. Priserne for væske/vand og luft/luft varmepumperne (figur 7.2 og 7.3) er baseret på konkrete tilbud på varmepumpeanlæg udarbejdet i forbindelse med Energistyrelsens ordning "Skrot dit oliefyr" (www.skrotditoliefyr.dk).

Varmepumpe	Investering	Driftsudgift (120 m ² , årgang 1975)
Væske/vand varmepumpe	Se figur 7.2	9.300 kr.
Luft/vand varmepumpe	Se figur 7.3	10.800 kr.
Luft/luft varmepumpe	3.500 – 4.000 kr. (pr. kW varmeeffekt)	18.500 kr.
Brugsvandsvarmepumpe	20.000 – 30.000 kr. (1 – 2 kW varmeeffekt)	1.900 kr.
Boligventilationsvarmepumpe	35.000 – 80.000 kr.	1.700 kr.

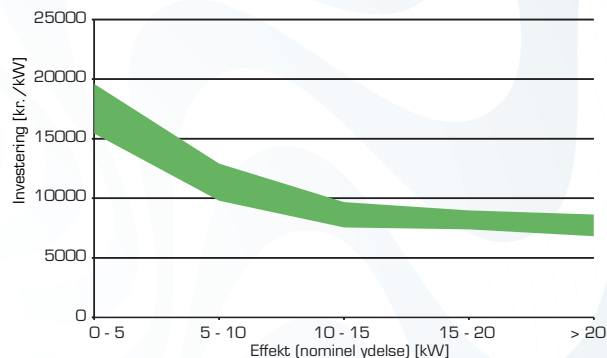
Tabel 7.11. Nødvendige investeringer og driftsudgifter ved installation af forskellige typer varmepumpeanlæg angivet i 2010-priser – kWh-prisen kan variere fra 1,75 kr./kWh til 1,90 kr./kWh afhængig af årligt elforbrug

Priser på investeringer i figur 7.2 og 7.3 er overslagspriser, og der bør i hvert enkelt tilfælde indhentes et tilbud fra en varmepumpeinstallatør (eller flere tilbud fra flere installatører). Priserne er inkl. nedtagning og skrotning af oliefyr.

Den 1. marts 2010 blev det muligt at få tilskud fra Energistyrelsen, hvis man skifter sit gamle oliefyr ud med en varmepumpe (jordvarme eller luft/vand). I alt er der sat 400 millioner kr. af på finansloven til tilskudsordningen.



Figur 7.2. Investering i væske/vand varmepumper som funktion af varmeeffekten (nominel ydelse) 2010-priser.



Figur 7.3. Investering i luft/vand varmepumper som funktion af varmeeffekten (nominel ydelse) 2010-priser.

Tilskuddet for enfamiliehuse er:

- Til etablering af en væske/vand varmepumpe (jordvarme) ydes et tilskud på 20.000 kr.
- Til etablering af en luft/vand varmepumpe ydes et tilskud på 15.000 kr.

Folketinget har pålagt energiselskaberne at hjælpe forbrugerne med at spare på energien. Flere energiselskaber har tilskudsordninger, hvor det er muligt at søge tilskud til energiforbedringer. En af de energiforbedringer, der bl.a. gives tilskud til, er udskiftning af en ældre kedelunit (olie eller naturgas) med en varmepumpe.



8 Regulering af varmepumpeanlæg

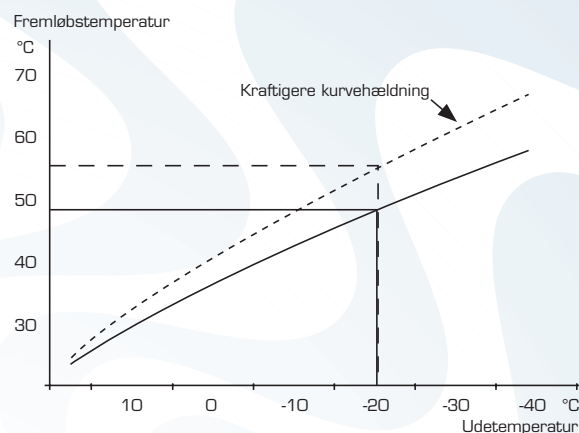
Kapitlet beskriver de forskellige typer varmepumpers reguleringsmuligheder (cylinderudkobling, hastighedsregulering, trinvis kompressorudkobling) og reguleringens betydning for det årlige energiforbrug.

8.1 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.

8.1.1 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 6.4, s. 84). Har huset et radiatoranlæg vælges en kurve med en maksimal fremløbstemperatur på normalt 55 °C eller måske blot 45 °C ved "store" radiatorflader.



Figur 8.1. Temperaturkurve for varmepumpeanlæg til radiatoranlæg

Figur 8.1 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.

8.1.2 Styring af brugsvandstemperaturen

Produktionen af varmt brugsvand styres ved hjælp af temperaturløbere 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 °C og 55 °C.

8.1.3 Legionella funktion

På nogle varmepumpestyringer findes der en legionella funktion, hvilket vil sige, at varmepumpen opvarmer brugsvandstanken til en temperatur over 60 °C en gang ugentligt, for at dræbe eventuelle legionella-bakterier. Legionella-bakterier er normalt ikke et problem i mindre brugsvandstanke, hvorfra der jævnligt tages vand. Problemet med bakterien er oftest i større tanke, hvor vandet er stillestående over længere perioder.

8.1.4 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 på eksisterende radiatoranlæg, hvor der ikke er gulvarme, 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 uønsket drift. Dette kan afhjælpes ved at indbygge en buffertank i centralvarmekredsen. Varmepumpens driftsperioder bliver længere til gavn for effektiviteten og levetiden. Et eksempel på anvendelse af varmepumpe og buffertank ses i afsnit 10.2, s. 135.

8.1.5 Frekvensregulering

Frekvensregulering af cirkulationspumper, kompressor 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 årseffektivitet end en on/off regulering.

8.2 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.

8.2.1 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 effektivitet 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 årseffektivitet end on/off regulering.



8.2.2 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.

8.2.3 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 fordampningstrykket. 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.

8.2.4 Sommerhusfunktion "10 graders funktion"

"Sommerhusfunktionen" er en funktion, som gør, at rumtemperaturen holdes på f.eks. 10 °C, når denne tilstand vælges. 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. Det er meget 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.

9 Energiforbrug og energiøkonomi

I dette kapitel sammenlignes energiforbrug af forskellige typer af varmepumpeanlæg med kedel- og fjernvarmeanlæg samt elvarme. Der vises eksempler på energiøkonomi for varmepumpeanlæg i forhold til de andre varmeinstallationer set over anlæggenes levetid.

9.1 Energiforbrug ved andre varmeanlæg end varmepumper

Ældre olie- og naturgaskedler er kendetegnet ved at have en relativ ringe årsnyttevirkning (forholdet mellem kedlens årlige varmeproduktion og kedlens årlige brændselsforbrug).

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

Varmeforbrugene er angivet som funktion af byggeår og størrelse og baserer sig på de beregnede netto varmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand fra tabel 3.3, s.20, (udarbejdet på baggrund af ca. 90.000 indrapporterede energimærker til Energimærkningsordningen for bygninger). Endvidere baserer de sig på de i tabel 9.1, s. 114, angivne årsnyttevirkningsgrader for de varmeproducerende enheder.

Varmeproducerende enhed	Årsnyttevirkningsgrader [%]		
	10.000	20.000	30.000
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugsvand) [kWh]			
Olie- og naturgasfyret støbe- eller pladejernskedler 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 (el radiatorer)	100	100	100

Tabel 9.1. Årsnyttevirkningsgrader som funktion af netto varmebehov for forskellige varmeproducerende enheder

Tabel 9.2 til 9.10 viser brutto varmeforbruget for parcelhuse med de i tabel 9.1 beskrevne opvarmningsformer.

9.1.1 Oliekedler

Areal	Byggeår	Årsnyttevirkningsgrader [%]									
		1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	19.527	19.039	21.475	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 9.2. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhuse med støbe- eller pladejernskedler fra før 1977

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

Tabel 9.3. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejærnskedler fra efter 1977

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

Tabel 9.4. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med kondenserende oliekedel

9.1.2 Naturgaskedler

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
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 9.5. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejernskedler fra før 1977

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

Tabel 9.6. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med støbe- eller pladejernskedler fra efter 1977

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
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			

Table 9.7. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med traditionel åben naturgaskedel

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

Table 9.8. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med traditionel lukket naturgaskedel

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	11.219	10.797	11.370	10.930	9.462	7.361	7.867	6.421		
100	13.192	12.965	13.370	13.098	11.079	9.118	9.114	7.590		
120	14.828	14.963	15.360	15.097	13.158	11.018	10.962	8.889		
140	17.074	17.192	17.292	17.138	15.470	12.941	12.937	10.242		
160	18.640	18.112	19.050	18.876	17.299	14.849	14.679	11.432		
180	20.419	19.493	20.713	20.710	18.960	16.061	15.710	12.284		
200	21.185	21.053	20.627	21.658	20.129	17.350	16.819	13.129		
300	28.696	30.164	30.176	30.988	28.223	25.955	26.261	18.302		

Tabel 9.9. Varmeforbrug i kWh/år for parcelhus med kondenserende naturgaskedel

9.1.3 Elvarme

Areal	Byggeår									
	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009		
80	11.460	11.024	11.616	11.161	9.648	7.490	8.009	6.528		
100	13.502	13.267	13.687	13.405	11.315	9.294	9.290	7.724		
120	15.201	15.342	15.756	15.481	13.467	11.252	11.194	9.058		
140	17.544	17.668	17.772	17.611	15.870	13.242	13.238	10.452		
160	19.184	18.630	19.615	19.432	17.779	15.224	15.047	11.679		
180	21.053	20.079	21.362	21.360	19.519	16.486	16.120	12.561		
200	21.860	21.721	21.272	22.359	20.748	17.833	17.278	13.437		
300	29.839	31.413	31.427	32.298	29.333	26.913	27.239	18.830		

Tabel 9.10. Elvarmeforbrug i kWh/år for parcelhus

Eksempel 10 – Beregning af varmeforbrug vha. nøgletal

I parcelhuset i eksempel 2, s. 29, 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 9.5, s. 118, kan varmeforbruget med den eksisterende naturgaskedel estimeres til:

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

Nedenfor beregnes energibesparelsen ved udskiftning af den gamle og ineffektive kedel med en kombineret væske/vand varmepumpe (jordvarme).

Ved hjælp af tabel 7.5, s. 99, kan elforbruget med en væske/vand varmepumpe bestemmes til:

$$E_{\text{varmepumpe}} = 5.473 \text{ kWh.}$$

Med en brændværdi på 11 kWh/m³ naturgas, svarer de 24.128 kWh til 2.193 m³ naturgas.

Med en naturgaspris på 8,3 kr/m³ og en elpris på 1,86 kr./kWh bliver den årlige besparelse:

$$(2.193 \text{ m}^3 \cdot 8,3 \text{ kr./m}^3) - (5.473 \text{ kWh} \cdot 1,86 \text{ kr./kWh}) = 8.022 \text{ kr./år}$$

Investeringen vil være ca. 120.000 kr. med en simpel tilbagebetalingstid på 15,0 år.

Hvis der i stedet vælges en kondenserende naturgaskedel, kan varmeforbruget ved hjælp af tabel 9.9, s. 122, bestemmes til:

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

De 15.470 kWh svarer til 1.406 m³ naturgas. Med en naturgaspris på 8,3 kr/m³ bliver den årlige besparelse:

$$((2.193 \text{ m}^3 - 1.406 \text{ m}^3) \cdot 8,3 \text{ kr./m}^3) = 6.532 \text{ kr./år}$$

Investeringen vil være ca. 40.000 kr. med en simpel tilbagebetalingstid på 6,1 år.

9.2 Energiøkonomi ved forskellige varme anlæg

Nedenfor sammenlignes energiøkonomien for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus.

Eksempel 11 – Beregning af energiøkonomien (LCC) ved forskellige varme anlæg

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. Be10.

Varmeafgiver systemet består af gulvarme, som er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 35 °C og en returtemperatur på 30 °C. Energi-rammen for parcelhuset er jf. Bygningsreglementet (BR10) 61,7 kWh/m².

I tabel 9.11, s. 126 – 127, ses beregninger af parcelhusets specifikke energiforbrug med forskellige opvarmningssystemer.

I tabel 9.12 til 9.14, s. 128 – 133, ses beregninger af energiøkonomi 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 Be10 [kWh/m ²]	Forskel i forhold til BR10 krav [%]
Energiramme, jf. Bygningsreglementet (BR10)	Energirammen beregnes jf. Bygningsreglementet således: 52,5 + 1,650/A, hvor A er arealet af bygningen.	61,7	-
Kondenserende naturgaskedel	Effektivitet på 98 og 107 % ved henholdsvis fuldlast og dellast.	79,6	+29,0
Fjernvarme	Indirekte rumopvarmning med vekslers og indirekte brugsvandsopvarmning med beholder.	81,7	+32,4
Kondenserende oliekedel (A-mærket)	Effektivitet på 97 og 104 % ved henholdsvis fuldlast og dellast.	80,6	+30,6
B-mærket oliekedel	Effektivitet på 93 og 93 % ved henholdsvis fuldlast og dellast.	90,9	+47,3
Elvarme	Både rumopvarmning og varmt brugsvand.	197,6	+220,2
Biobrændselskedel	Effektivitet på 90,7 og 98,6 % ved henholdsvis fuldlast og dellast.	99,8	+61,8
Luft/luft varmepumpe	On/off. Relativ COP ¹⁾ på 0,8 ²⁾ . Dækker ca. 80 % af det samlede rumvarmebehov. Det resterende rumvarmebehov samt behov til varmt brugsvand dækkes af elvarme.	118,3	+91,7
	Kapacitetsreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,4 ³⁾ . Dækker ca. 80 % af det samlede rumvarmebehov. Det resterende rumvarmebehov samt behov til varmt brugsvand dækkes af elvarme.	111,6	+80,9
Luft/vand varmepumpe	On/off. Relativ COP ¹⁾ på 0,9 ²⁾ . Frekvensreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,2 ²⁾ .	62,4	+1,1
	On/off. Relativ COP ¹⁾ på 0,9 ²⁾ . Frekvensreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,25 ³⁾ .	52,1	-15,6
Væske/vand varmepumpe	On/off. Relativ COP ¹⁾ på 0,9 ²⁾ .	60,6	-1,8
	Frekvensreguleret. Relativ COP ¹⁾ på 1,25 ³⁾ .	50,6	-18,0

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/OEN/TS 14625.

2) Jf. tabel 4.4.8 i bilag til Håndbog for Energikonsulenter, version 3.

3) Målt i laboratorium.

Tabel 9.11. Be10-beregninger af et parcelhus' energiforbrug med forskellige opvarmningssystemer.

LCC = C _{ic} + C _e + C _m						
LCC-beregning (Life Cycle Cost)	Enhed	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	
Udfyldes af tilbudsgiver						
Varmesystem	-	Kondenserende naturgaskedel	Fjernvarme	Kondenserende oliekedel	B-mærket oliekedel	
Energiprodukt (brændsel)	-	Naturgas	Fjernvarme	Olie	Olie	
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugsvand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3	14,3	
Anlægsudgifter m.m.						
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	40.000	55.000 ²⁾	50.000	40.000	
Varmeafgiver system	[Kr.]	-	-	-	-	
Energiopsparing foranstaltninger	[Kr.]	-	-	-	-	
Anlægspris i alt (C_{ic})	[Kr.]	40.000	55.000	50.000	40.000	
Levetid og energipriser						
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20	20	
Energipris ¹⁾	[Kr./kWh]	0,75	0,65	0,88	0,88	
Elpris (hjælpe energi)	[Kr./kWh]	1,90	1,90	1,90	1,90	
Driftsudgifter						
Energiforbrug	[MWh/år]	13,7	15,1	13,9	15,7	
Hjælpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	252	180	270	270	
Faste afgifter	[Kr./år]	-	2.000	-	-	
Energiomkostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	215.100	203.100	254.900	286.600	
Service og vedligehold						
Service og vedligeholdelsesomkostninger i anlæggets levetid (C _m)	[Kr.]	35.000	20.000	35.000	35.000	
LCC – Life Cycle Cost						
LCC = C_{ic} + C_e + C_m	[Kr.]	290.100	278.100	339.900	361.600	

Table 9.12 Beregninger af energioekonomi for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. Note se s. 134

LCC = C _{ic} + C _e + C _m							
LCC-beregning (Life Cycle Cost)	Enhed	Alternativ 5	Alternativ 6	Alternativ 7	Alternativ 8		
Udfyldes af tilbudsgiver	-	Elvarme (radiatorer)	Biobrændselske- del (stokerfyr til træpiller)	Luft/luft- varmepumpe. On/off.	Luft/luft- varmepumpe. Kapacitets- regulering.		
Varmesystem							
Energiprodukt (brændsel)	-	El	Træ	El	El		
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugs- vand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3	14,3		
Anlægsudgifter m.m.							
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	20.000	60.000	12.000	20.000		
Varmeafgiver system	[Kr.]	-	-	-	-		
Energibesparende foranstaltninger	[Kr.]	-	-	-	-		
Anlægspris i alt (C_{ic})	[Kr.]	20.000	60.000	15.000	20.000		
Levetid og energipriser							
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20	20		
Energipris ¹⁾	[Kr./kWh]	1,80	0,50	1,82	1,83		
Elpris (hjelpe energi)	[Kr./kWh]	-	1,90	-	-		
Driftsudgifter							
Energiforbrug	[MWh/år]	14,2	17,2	8,5	8,0		
Hjelpeenergi (el) ²⁾	[kWh/år]	-	290	-	-		
Faste afgifter	[Kr./år]	-	-	-	-		
Energikomkostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	511.200	183.100	309.400	292.800		
Service og vedligehold							
Service og vedligeholdel- ses-omkostninger i anlæg- gets levetid (C _m)	[Kr.]	10.000	35.000	35.000	35.000		
LCC – Life Cycle Cost							
LCC = C_{ic} + C_e + C_m	[Kr.]	541.200	278.100	359.400	347.800		

Table 9.13 Beregninger af energioekonomi for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. *Noter se s. 134.*

$LCC = C_{ic} + C_e + C_m$						
LCC-beregning (Life Cycle Cost)	Enhed	Alternativ 9	Alternativ 10	Alternativ 11	Alternativ 12	
Udfyldes af tilbudsgiver						
Varmesystem	-	Luft/vand varmepumpe. On/off ⁽⁴⁾ .	Luft/vand varmepumpe. Kapacitets- regulering ⁽⁴⁾ .	Væske/vand var- mepumpe. On/ off ⁽⁴⁾ .	Væske/vand varmepumpe. Kapacitets- regulering ⁽⁴⁾ .	
Energiprodukt (brændsel)	-	EI	EI	EI	EI	
Netto varmebehov (rumvarme og varmt brugs- vand)	[MWh/år]	14,3	14,3	14,3	14,3	
Anlægsudgifter m.m.						
Varmeproducerende enhed	[Kr.]	90.000	100.000	120.000	130.000	
Varmeafgiver system	[Kr.]	-	-	-	-	
Energibesparende foranstaltninger	[Kr.]	-	-	-	-	
Anlægspris i alt (C_{ic})	[Kr.]	90.000	100.000	120.000	130.000	
Levetid og energipriser						
Anlæggets levetid	[år]	20	20	20	20	
Energi pris ⁽¹⁾	[Kr./kWh]	1,88	1,87	1,89	1,90	
Elpris (hjælpe energi)	[Kr./kWh]	-	-	-	-	
Driftsudgifter						
Energiforbrug	[MWh/år]	4,8	4,2	4,4	3,6	
Hjælpeenergi (el) ⁽²⁾	[kWh/år]	-	-	-	-	
Faste afgifter	[Kr./år]	-	-	-	-	
Energiomkostninger i alt i anlæggets levetid (C_e)	[Kr.]	180.500	158.800	166.400	136.800	
Service og vedligehold						
Service og vedligeholdel- ses-omkostninger i anlæg- gets levetid (C _m)	[Kr.]	35.000	35.000	35.000	35.000	
LCC – Life Cycle Cost						
LCC = C_{ic} + C_e + C_m	[Kr.]	305.500	293.800	321.400	301.800	

Tabel 9. 14 Beregninger af energioekonomi for forskellige opvarmningssystemer til et parcelhus. Noter se s. 134

Noter til tabel 9.12 til 9.14:

- 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 el-afgiften på den del af forbruget, der overstiger de 4.000 kWh. El-varme defineres som alle former for el-varme - 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 ca. 30.000 kr.
- 4) Priserne er hentet i V&S Prisdata. Renovering og drift brutto 2010. 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.

Ud fra eksemplerne 9.12 til 9.14 viser det sig, at den økonomisk mest fordelagtige løsning er et fjernvarmeanlæg. Har man truffet et valg om, at en varmepumpe skal installeres, er en luft/vand varmepumpe med kapacitetsregulering den økonomiske mest fordelagtige løsning.

10 Energilagring med varmepumper

Kapitlet beskriver fremtidens varmepumpesystemer. Her gives et bud på, hvorledes varmepumper forventes at ville indgå i fremtidens varmesystemer og i boliger.

10.1 Varmepumper som en del af "det fleksible 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 strømmen er billigst.

Det vurderes, at en større del af energiforbruget i fremtiden vil blive el-baseret, primært fordi der vil ske en udbygning af vindkapaciteten. Dette stiller yderligere krav til, at elforbruget kan finde sted på hensigtsmæssige tidspunkter.

Varmepumper har derfor en stor fremtid 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 11, s. 138, ses betydningen af at anvende en akkumuleringstank i et varmesystem med varmepumpe.

10.2 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 fra elprisen

for den nærmeste efterfølgende periode, som giver mulighed for, at en hos forbrugeren placeret styreboks kan optimere varmepumpens drift under udnyttelse af udsvingene i el-priserne.

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 fx 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 udgøres af byggeri med lette, indvendige overflader af træbeklædning eller gipsplader, mens den øvre ende udgøres af bygninger, hvor alle de indvendige overflader er af beton. Det skønnes, at en varmekapacitet på 80 Wh/m²K vil være typisk.

Forskellen på temperaturen, der forefindes i rummet, og temperaturen, som giver den bedste komfort, må max. 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. Buffertemperaturen bør holdes mellem 45 °C og 60 °C.

Det er vurderet, at der kan etableres 747.000 varmepumper i Danmark med akkumuleringsmuligheder. Varmepumperne dækker et opvarmet bygningsetageareal på i alt 113 millioner m². Dermed kan det samlede maksimale varmelagringspotentiale (pr. gang) opgøres til:

Bygningskonstruktioner

$113.000.000 \text{ m}^2 \cdot 80 \text{ Wh/m}^2\text{K} \cdot 2 \text{ K} = 18 \text{ GWh}$

Vandlagre:

$\text{Antal} \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T = 747.000 \cdot 0,2 \text{ m}^3 \cdot 990 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,18 \text{ kJ/kgK} \cdot 15 \text{ K} = 9,27 \text{ TJ} = 2,6 \text{ GWh}$. (med en 200 liter tank)

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

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

Bygningskonstruktion:

$365 \cdot (18 \text{ GWh}/113.000.000 \text{ m}^2) \cdot 120 \text{ m}^2 = 7.000 \text{ kWh/år}$

Vandlagre: $365 \cdot (2,6 \text{ GWh}/747.000 \text{ stk.}) = 1.300 \text{ kWh/år}$

I alt 8.300 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 har plads til en beholder, der er noget større end de 200 liter.

Ud over potentialet i stuehuse og 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 12 – Anvendelse af akkumuleringstank i varmesystem med varmepumpe

I tabel 10.1 ses varmebehov i kWh/døgn for et 200 m² parcelhus fra 2001 med gulvarme. 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 -7 °C. Herefter 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 10.1. Varmebehov for hver måned hen over året, samt det maksimale varmebehov anlægget kan dække

Som det ses i tabel 10.1, kan anlægget maksimalt levere en varmeeffekt på 5,12 kW.

I tabel 10.2 ses nødvendige varmeeffekter ved akkumulering af et døgn's varmebehov over et givet antal timer. Tallene er fundet ved at dividere varmebehovet med antallet af timer, der ønskes akkumuleret.

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

I tabel 10.2 (markeret med grøn) ses, 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 således kunne slukkes i 16 timer pr. døgn fra maj til og med oktober.

Hvis man kan nøjes med at akkumulere over 16 timer, ville det være muligt fra marts til og med november (markeret med grøn). Varmepumpen vil således kunne slukkes i 8 timer pr. døgn fra marts til og med november.

Hvis man ikke anvender bygningsmassen som energilager men kun en akkumuleringskøle, vil man af tabel 10.3 kunne se nødvendig kølebehov ved akkumulering af et døgn's varmebehov over et givet antal timer.

Tabellen viser, at hvis man ønsker at akkumulere i 8 timer, kræver det en køle på 5,34 m³ ved en maksimal belastning ved - 7 °C og 4,09 m³ ved gennemsnit temperaturen for januar. Det er urealistisk at placere en så stor køle i et almindeligt parcelhus. En mulighed kunne være at grave kølen 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 kølen skulle være endnu større. Det er realistisk at sætte en acceptabel kølestørrelse til maksimum 1.000 liter. Har man eksempelvis 18 timer til rådighed til akkumulering i en 1.000 liter køle, vil man kunne dække varmebehovet med varmepumper fra april til og med november (markeret med grøn).

En akkumuleringskøle på 1.000 liter vil eksklusive opsætning koste ca. 10.000 kr.

Måned	Størrelse på køle ved akkumulering i 8 timer [m ³]	Størrelse på køle ved akkumulering i 16 timer [m ³]	Størrelse på køle ved akkumulering i 18 timer [m ³]	Størrelse på køle ved akkumulering i 19 timer [m ³]	Størrelse på køle ved akkumulering i 20 timer [m ³]
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

Tabel 10.3. Nødvendig kølestørrelse hvis et døgn's varmebehov akkumuleres i 8, 16, 18, 19 eller 20 timer



11 Kølemidler

Kapitlet beskriver egenskaber for kølemidler, der typisk benyttes i varmepumper.

11.1 Anvendte kølemidler

Kølemidler i varmepumpens kølekredsløb

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 11.1 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 ozonlags-nedbrydende effekt (ODP). HFC kølemidlerne har dog en global opvarmningseffekt. Den globale opvarmningseffekt (GWP) fra et typisk anvendt kølemiddel som R407C svarer til 1520 kg CO₂ pr. kg kølemiddel.

De 1.520 kg CO₂ pr. kg kølemiddel kan ses i relation til et parcelhus på 120 m² fra 1975 forsynet med en kedel opsat i 1990 med et årligt varme-forbrug (olie) på 16.457 kWh (iflg. tabel 9.3, s. 116, grøn baggrund). Huset har en CO₂-udledning på 4.624 kg (emissionsfaktor på 0,281 kg CO₂ pr. kWh for olie).

For at undgå lækage af kølemidler fra anlæggene stilles der i dag strenge krav til de personlige kompetencer i forbindelse med installation og servicering af varmepumper (se AT's bek 100, EU's forordninger 842/2007 og 303/2008).

Store varmepumper og jordvarmepumper	GWP Global opvarmnings-effekt over 100 år	Øvre temperatur for anvendelse [°C]	Bemærkning
R407C [HFC]	1.520	55-60	Max 10. kg fyldning
R134 [HFC]	1.300	50	Max 10. kg fyldning
R290 "Propan" [HC]	3	65	Brændbart
R717 "NH ₃ " [NH ₃]	0	70-80	Brændbart
R744 "CO ₂ " [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 " [CO ₂]	1	80-90	Højt tryk
Boligventilations-varmepumper			
R134 [HFC]	1.300	75	Max 10. kg fyldning
R600a [HC]	3	70	Brændbart
R290 [HC]	3	65	Brændbart
Luft/luft varmepumper			
R407C [HFC]	1.520	55-60	Max 10. kg fyldning
R410A [HFC]	1.720	55	Max 10. kg fyldning

Tabel 11.1. Typisk anvendte kølemidler i varmepumper



Kølemidlernes termodynamiske egenskaber

HFC kølemidlerne: Generelt kan siges, at kølemidlerne R407C og R410A benyttes ved de samme temperaturområder fra fordampningstemperaturer på -20 °C og til kondenseringstemperaturer på ca. 55 °C.

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 kølemiddel, som opererer med relativt høje tryk, men det har til gengæld bedre varmeoverføringsegenskaber. Energieffektivitetsmæssigt er HFC kølemidlerne meget lig hinanden.

HC og NH₃ kølemidlerne: Disse kølemidler er naturlige kølemidler og har således en global opvarmningseffekt nær nul. Ulempen ved disse kølemidler er, at de er brændbare. Fordelen er, at de kan give energieffektive anlæg.

CO₂ som kølemiddel: CO₂ er et naturligt kølemiddel, 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 energidensitet. Ved drift af varmepumper skal man sikre sig, at der er en stor temperaturdifference over gaskøler/kondensatoren, såfremt man ønsker en høj energieffektivitet.

12 Ordninger og organisationer om varmepumper

Kapitlet informerer om "VarmePumpeOrdningen" (VPO) og godkendelsesordningen for klima- og varmepumpeanlæg. Endvidere nævnes Energi-styrelsens liste over energimærkede varmepumper og EU's energimærkningsordning.

12.1 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 Kvalitetssikringsordningen for Varmepumpeinstallatører (også kaldet VarmePumpeOrdningen eller VPO) etableret i 1994 af varmepumpebranchen.

Ordningen har følgende formål:

1. at minimere energiforbrug og emission ved anvendelse af varmepumper,
2. at tilstræbe, at der kun installeres varmepumpeanlæg, som kan opfylde fastsatte krav til såvel varmepumpeaggregatet (typegodkendt) som til dimensionering, installation og vedligeholdelse (VarmePumpeOrdningen),
3. at 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
- 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. Varmepumpemontører (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 (varmepumpe-bevis) efter godkendt prøve fra et gennemført VPO-kursus. Typiske medlemmer er el-, vvs- og kølefirmaer, men også energiselskaber og varmepumpeproducenter og -importører kan være medlem. På ordningens hjemmeside findes en løbende ajourført liste over firmaer, der er registreret som medlemmer af VarmePumpeOrdningen, www.vp-ordning.dk

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 kvalitetsstyringsystem.
- Råder over VPO's beregningsprogram til dimensionering og til dokumentation.
- Har adgang til teknisk hjælp og assistance fra VarmePumpeOrdningens sekretariat.
- Holdes fagligt á jour gennem løbende medlemsinformation.
- Kan tilbyde VPO's "garantikoncept", der træder til, hvis teknikken ikke virker.

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

Medlemsvirksomheder skal udarbejde en kvalitetssikringshåndbog med et indhold, der sikrer, at VPO's krav til den samlede installa-

tion 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 serviceret 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) således, at den opfylder gældende normer, standarder og dokumentationskrav, eller findes på enten Energistyrelsens liste over "energimærkede varmepumper" eller Center for Energibesparelsers lister over varmepumper med Elsparemærke. Dette sikrer, at produktet opfylder en række minimumskrav til kvalitet og har en acceptabel beregnet normeffektivitet for "standardhuse" med radiatorsystem eller gulvvarme (årseffektivitet under standardforhold).

2. Installatøren skal være medlem af Kvalitetssikringsordningen for Varmepumpeinstallatører - i daglig tale "VarmePumpeOrdningen" eller blot VPO.

Ved at anvende de uddannede installatører og montører fra VarmePumpeOrdningen opnår man den bedste sikkerhed for, at anlægget er korrekt dimensioneret, installeret og serviceret. Ved derudover at forlange et godkendt varme-

pumpeaggregat, der opfylder gældende normer, standarder og dokumentationskrav, 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 (lovlige, 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 kvalitets-sikringskoncept.
- Køber ønsker, at en garantiordning træder til, hvis/når der skulle opstå tekniske problemer med en VPO-installation.

Yderligere oplysninger findes på VarmePumpe-Ordningens hjemmeside: www.vp-ordning.dk.

12.2 Godkendelsesordning for klima- og varmepumpeanlæg

Fra 2002 har der eksisteret en frivillig systemgodkendelsesordning af varmepumpeanlæg, som har sekretariat på Teknologisk Institut. Systemgodkendelsesordningen indeholder følgende hovedpunkter, som danner grundlaget for godkendelse af hvert enkelt anlæg:

- Krav til sikkerhed, konstruktion og anlægsopbygning, herunder vurdering af levetid.

- Energieffektivitet, som vurderes ud fra krævet dokumentation og gældende standarder.
- Krav til dokumentationsmateriale, herunder installations- og brugervejledning.

I forbindelse med de tidligere systemgodkendelser blev der udarbejdet en liste over godkendte væske/vand og luft/vand varmepumper. Denne liste opdateres ikke længere, da Energistyrelsen har igangsat en kampagne for varmepumper til erstatning af oliefyr. Derfor har Energistyrelsen lanceret en liste over "energimærkede varmepumper", som offentliggøres på Energistyrelsens hjemmeside (se endvidere afsnit 12.3).

Der er udarbejdet en hjemmeside for godkendelsesordningen for klima- og varmepumpeanlæg (se link i slutningen af afsnittet), som indeholder følgende:

- Liste over godkendte boligventilationsvarmepumper (inkl. brugsvandsvarmepumper) og luft/luft varmepumper med angivelse af adresser og telefonnumre (positivliste).
- Links til leverandører og producenter samt til andre ordninger (eks. VPO).
- Generelle beskrivelser af nye teknologier og udviklingsmuligheder.
- Andet relevant materiale om varmepumper.

Informationer om Godkendelsesordningen for klima- og varmepumpeanlæg fås på hjemmesiden: <http://www.varmepumpeinfo.dk/6023>

12.3 Energimærkede væske/vand og luft/vand varmepumper

Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper er en hjælp til at sammenligne varmepumpernes energieffektivitet. Listen er opdelt på væske/vand varmepumper (jordvarme) og luft/vand varmepumper.

Teknologisk Institut har udviklet en model for "normeffekt faktoren". Normeffekt faktoren angives både for varmepumpen tilsluttet et radia-

torsystem og tilsluttet et gulvvarmesystem. Begge værdier inkluderer opvarmning af brugsvand. Hermed gives et billede af, hvor effektiv varmepumpen er over et "normalår" under de betingelser, som en varmepumpe reelt udsættes for, når den står hos forbrugeren.

Listen er opdelt i kategorier afhængig af varmepumpens afgivne effekt, dvs. hvor stort et varmebehov varmepumpen kan dække.

Varmepumper med frekvensstyring har erfaringsmæssigt en bedre ydelse ved dellast end varmepumper med on/off styring. Dette er ikke fuldt afspejlet i den anvendte beregningsmodel for normeffektivitet, men listen indeholder oplysninger om, hvorvidt varmepumpen er frekvensstyret.

Listen over energimærkede varmepumper kan findes på følgende hjemmeside (Energistyrelsen): www.ens.dk/da-dk/forbrugogbesparelser/indsatsbygninger/varmepumper

12.4 Energisparemærke til varmepumper

I 2008 introducerede Elsparefonden, nu "Center for Energibesparelser", en positivliste (produktoversigt) for luft/luft varmepumper til fritidshuse. På listen findes varmepumper som Center for Energibesparelser anbefaler, og som derfor har ret til at bære Elsparemærket.

For at en varmepumpe kan få Elsparemærket, skal den have "A" i EU's obligatoriske energimærkningsordning (se afsnit 12.5) og fungere tilfredsstillende under nordiske klimaforhold. Producenten skal indsende produktdata, der viser, at varmepumpen lever op til kravene.

Der foretages løbende stikprøvekontroller for at teste, om de anbefalede varmepumper lever op til kravene. Hvis resultatet viser, at en varmepumpe ikke overholder kravene, fjernes den fra positivlisten, og testresultaterne offentliggøres.

Luft/luft varmepumper med Energisparemærket kan findes på Center for Energibesparelser's hjemmeside: www.goenergi.dk

På samme hjemmeside findes også en oversigt over væske/vand og luft/vand varmepumper med Energisparemærket. Der stilles en række krav, for at varmepumperne kan få Energisparemærket. Et af kravene er, at varmepumpen findes på Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper (se afsnit 12.3).

Figur 12.1. Center for Energibesparelser' positivliste (produktoversigt) på www.goenergi.dk

12.5 EU energimærkningsordning af luft/luft klimaanlæg

EU har en energimærkningsordning for husholdningsapparater, som er en obligatorisk ordning med krav om, at alle apparater, der er omfattet af ordningen, skal energimærkes. Produkternes energiforbrug kan aflæses på en skala fra A til G, hvor A står for det laveste energiforbrug.

Klimaanlæg til husholdningsbrug, hvilket også indbefatter luft/luft varmepumper, er omfattet af energimærkningsordningen.

Energistyrelsen er myndighed for EU's energimærkning i Danmark og ansvarlig for, at reglerne efterleves.

Information om EU's energimærkningsordning kan findes på Energistyrelsens hjemmeside: www.ens.dk

13 Udviklingsprojekter

Kapitlet beskriver de senere års forsknings- og udviklingsprojekter inden for forskellige F&U-ordninger vedrørende varmepumper til parcelhuse/sommerhuse. Det er både igangværende og afsluttede forsknings- og udviklingsprojekter inden for PSO (Public Service Obligations) og EFP (Energiministeriets Forsknings Program), der beskrives.

13.1 ELFORSK

Under Elselskabernes F&U-program for effektiv el-anvendelse kaldet "Elforsk" er der gennemført tre projekter vedrørende mindre varmepumper, og flere er igang. Disse projekter beskrives kort nedenfor. Mere uddybende information om projekterne, herunder rapporter og pjecer, findes på hjemmesiden www.elforsk.dk

13.1.1 Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning

Projektets formål var at belyse status for udbredelsen af varmepumper – væske/vand-, luft/vand samt luft/luft-anlæg – og tillige give forslag til sikring af en hensigtsmæssig udbredelse af varmepumper, specielt i områder uden for kollektiv varmeforsyning. Projektet indeholdt derfor, dels en eksperimentel undersøgelse af 7 varmepumpeanlæg samt 25 referencehuse, dels udvikling af et koncept til støtte af den fremtidige implementering af varmepumper.

Måleresultaterne fra de installerede anlæg samt prøvningsresultater fra laboratorier viser effektiviteter, der kan sikre såvel god privatøkonomi som samfundsøkonomi. Der er dog en ret stor variation i de forskellige fabrikaters effektivitet – særligt mellem luft/luft aggregaterne.

Med hensyn til aggregaternes driftssikkerhed påviser projektet ret store fejlratere på enkelte komponenter i aggregaterne, og da varmepumpernes installation og tilpasning til husets varmefordelingssystem ligeledes er kritisk for effektiv-

Figur 12.2. EU's energimærkningsordning

teten, anbefaler rapporten en kvalitetssikring på disse områder.

En obligatorisk mærkningsordning samt øget uvildig information til brugerne foreslås som virkemidler til at sikre dette.

Projektet er gennemført af en projektgruppe bestående af Lokalenergi, Salling Vaske- og Køleservice, Energi Horsens A.m.b.a., Teknologisk Institut, Elsparefonden og SEAS-NVE Strømmen A/S.

Projektet er igangsat under ELFORSK PSO-ordningen i 2003. (Projekt nr. 335-048).

13.1.2 Varmepumpeanlæg til fritidshuse eventuelt i kombination med solvarme

I projektet er der udviklet systemløsninger med varmepumper og solvarmeanlæg til udlejningsommerhuse med stort elforbrug. I luksusommerhuse med pool, som i gennemsnit bruger 31.000 kWh el pr. år, kan elforbruget reduceres med 50 % ved valg af den rigtige systemløsning. Anlæggene er nede på en tilbagebetalingstid på under 5 år – nogle endda under 4 år.

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem rådgivende ingeniørfirma Ellehauge & Kildemoes, Energi Danmark, NRGi og dansommer og er beskrevet mere detaljeret i afsnit 4.6, s.60.

Projektet er igangsat under ELFORSK PSO-ordningen i 2004. (Projekt nr. 336-070).

13.1.3 Varmepumper og elforbrug – betydning af ændrede komforttemperaturer

Der gennemføres en analyse af brugen af luft/luft varmepumper for at kortlægge tekniske og adfærdsmæssige årsager til, at køb af varmepumpe ikke altid fører til et lavere energiforbrug.

Der sættes især fokus på varmepumpers anvendelse til køling og mere generelt på det fremtidige behov for køling i danske boliger.

Projektet gennemføres som et samarbejde mellem SEAS-NVE, Lokalenergi Handel, IT Energy og SBI-AAU.

Projektet er igangsat under ELFORSK PSO-ordningen i 2009 (ikke afsluttet). (Projekt nr. 341-020).

13.1.4 Varmepumper med lodrette borer som varmeoptager - forprojekt

Ved hjælp af analyser, beregninger og simuleringer er et teoretisk grundlag for anvendelse af varmepumper med lodrette borer skabt. Der gives anbefalinger for videre praktisk arbejde, en oversigt over potentialet ud fra valg af jordbund og en økonomisk vurdering af konceptet.

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Teknologisk Institut, VIA University College, Franck Geoteknik, RAMBØLL, Nilan, Danfoss Heat Pumps og Foreningen Energi Horsens.

Projektet er igangsat under ELFORSK PSO-ordningen i 2010. (Projekt nr. 342-066).

13.1.5 Varmepumper med lodrette borer som varmeoptager – hovedprojekt

Projektet er en videreførelse af forprojektet. Resultaterne fra forprojektet skal i hovedprojektet eftervises i praksis. Der installeres to anlæg med lodrette borer som optagersystem. Erfaringerne fra etablering, drift og måling på borehullerne sammenholdes med forprojektets analysearbejde og en efterfølgende verificering af de udviklede beregningsmodeller foretages.

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Teknologisk Institut, VIA University College, RAMBØLL Horsens, Nilan, Danfoss Heat Pumps og Foreningen Energi Horsens Vandfax A/S og Poul Christiansen.

Projektet er igangsat under ELFORSK PSO-ordningen i 2011 (ikke afsluttet). (Projekt nr. 343-037).

13.2 EFP

I forbindelse med EFP (EnergiForskningsProgrammet), der støtter forskning, teknologisk udvikling og demonstration på energiområdet, blev der gennemført et projekt vedr. varmepumper til enfamiliehuse.

13.2.1 Udvikling og demonstration af minivarmepumper til lavenergihuse

Der udvikles små væske/vand- og væske/luft-varmepumper til brug i højsolerede huse og fritidshuse med begrænset varmebehov. Det nye produkt, der endnu ikke findes på markedet, vil benytte naturlige kølemidler og en specialudgave af Danfoss-kompressorer med høj virkningsgrad og intelligent styring.

Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Teknologisk Institut, Danfoss Compressors og COWI A/S.

Projektet blev afsluttet i oktober 2010. (Projekt-nr. ENS-33033-0298).

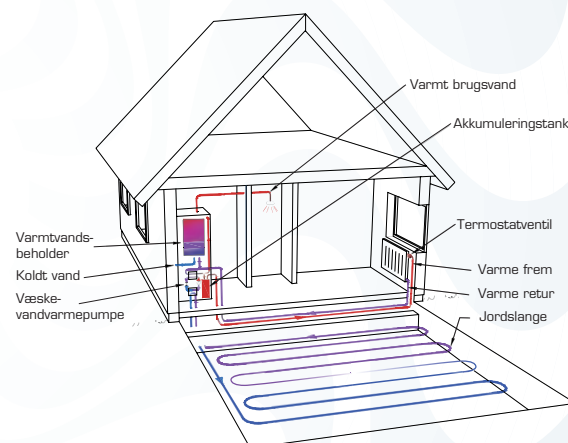
14 Tjeklister for varmepumpeanlæg

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/vedligehold af varmepumpeanlæg

I tabel 14.1, s. 158 - 160, er angivet en række forhold, som har indflydelse på varmepumpeanlæggets etablering, drift og vedligehold, der bør undersøges.

Tjekskemaet kan bruges i forbindelse med etablering af et varmepumpeanlæg i både eksisterende byggeri og nybyggeri. Se også figur 3.7 til 3.9, s. 33 - 35.



Figur 14.1. Forhold som bør tjekkes før installation af jordvarmeanlæg



Aktiviteter	Tjek i forbindelse med besøg	Forhold der bør undersøges nærmere
Behovsanalyse	Dokumentation, herunder tegninger for bygningen og varmeafgiver systemet samt information om eksisterende energiforbrug og varmesystem.	<p>Undersøg om der findes dokumentation, herunder tegninger for bygningen og varmeafgiver systemet, 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 til varmeafgiver systemet. • Energimærke
	Varmekilde	<p>Undersøg hvilken varmekilde varmepumpen kan anvende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Undersøg om der findes et tilgængeligt haveareal, og i givet fald om haven har et tilstrækkeligt stort areal til nedgravning af jordvarmeslanger. <p>Hvis arealet er tilstrækkeligt stort, er der mulighed for at installere en væske/vand varmepumpe, der udnytter varmeenergien i jorden. Dette er den mest energieffektive varmepumpetype.</p> <p>Hvis havearealet ikke er tilstrækkeligt stort, er der mulighed for at installere lodrette jordslanger eller en luft/vand varmepumpe, der udnytter varmeenergien i udeluften. Hvis der ikke er installeret et vandbåret varmeafgiver system, er der mulighed for at installere en luft/luft varmepumpe. Husk at denne type varmepumpe ikke kan anvendes til opvarmning af brugsvand.</p>

Anlæggets driftstilstand	Fremløbstemperatur 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. Eftersat brugt til varmepumpeanlægget (inkl. el-patron) bliver endvidere højere end nødvendigt. Hvis temperaturen bliver lavere, øges risikoen for baktenevækst i vandet.
	Indblæsningstemperatur for ventilationsvarmepumper	<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	Anlæggets normeffektfaktor	<p>Ved nyinstallation anbefales det, at varmepumpe anlægget er energimærket:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Undersøg om væske/vand og luft/vand varmepumpen er på Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper. • Undersøg om luft/luft varmepumpen har et Elsparemærke fra Center for Enerbesparelser. Elsparemærket giver forbrugeren garanti for, at varmepumpen er en af de mest energieffektive på markedet.

Styring/ regulering	Reguleringsform	Undersøg hvilken reguleringsform, der passer bedst til varmepumpeanlægget: <ul style="list-style-type: none"> • Undersøg om det er rentabelt at etablere behovsstyring/frekvensstyring af varmepumpeanlæggets kompressor.
Service/ vedligehold	Anlæggets service og vedligeholdelsestilstand	Undersøg om der foretages regelmæssig service og vedligeholdelse på anlægget: <ul style="list-style-type: none"> • For at sikre en lang levetid på varmepumpeanlægget, er det vigtigt, at man får anlægget efterset jævnligt, helst én gang årligt af en kompetent montør. • Varmepumpeanlæg med en kølemiddelafledning over 1 kg skal efterses mindst én gang årligt af en person, som har fået den fornødne instruktion og øvelse i eftersyn og vedligeholdelse m.v. af den pågældende anlægstype. • Et jordvarmeanlæg skal kontrolleres mindst én gang årligt og resultatet af kontrollen skal opbevares i mindst fem år og skal fremvises til kommunen, hvis de forlanger det.

Tabel 14.1. Tjekskema for varmepumpeanlæg

14.2 Tjeklister for etablering af jordvarmeanlæg og luft/vand varmepumpe

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger har udarbejdet et samlet energikoncept for etablering af jordvarmeanlæg og for luft/vand 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 en tjekliste, der med fordel kan benyttes.

Tjeklisterne for de to typer varmepumpeanlæg er vist i tabel 14.2, s. 162, og 14.3, s. 166. De to energikoncepter og beregninger kan udskrives fra Videncenterets hjemmeside www.byggeriogenergi.dk/28951

De enkelte energiløsninger kan udskrives herfra:

Jordvarme:
www.byggeriogenergi.dk/_root/media/42214_Konvertering%20til%20jordvarmepumpe.pdf

Luft/vand varmepumpe:
www.byggeriogenergi.dk/_root/media/42736_Konvertering%20til%20luft-vand-varmepumpe.pdf

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.

Videncenteret tilbyder endvidere gratis og uvildig telefonrådgivning vedrørende varmepumper.

Tabel 14.2 viser tjekliste for etablering af jordvarmeanlæg.

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
Myndighedstilladelse	Er huset omfattet af en lokalplan, som har tilslutningspligt til kollektiv varmeforsyning, eller er der drikkevandsboringer inden for 50 m eller under 300 m til almen vandforsyning?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 1
Klimaskærm og varmerør	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tætnes yderligere, eller at isolering af varmerør kan forbedres markant?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2
Supplerende opvarmning	Anvendes der brændeovn som supplement til opvarmningen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 3
Termostatventiler	Er der velfungerende termostatventiler på radiatorerne og eventuelt gulvarmesystem?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 4
Radiatorflader	Er de eksisterende radiatorer store nok til en fremløbstemperatur på max 55 °C i de enkelte rum?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 5
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
Fremløbstemperatur for gulv- og radiatorkreds	Er fremløbstemperaturen over 55 °C?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 7
Varmepumpeunit	Er der umiddelbart plads til varmepumpen? Og hvordan er adgangsforholdene?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 8
Jordvarmeslangers længde og jordforhold	Er der tale om let jord (sandjord)?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 9
Gravearbejde	Er der fyldestgørende kortmateriale mht. antennekabler, tele- og datakabler, el og vandstik?	Ja Nej [] []	Hvis nej: se 10
Rørføring gennem fundament mv.	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem fundament, kælder mv., der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 11
Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejeren en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 12
Elektrisk tilslutning	Skal der etableres ny gruppe til varmepumpeanlægget?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 13

Tabel 14.2. Tjekliste fra videncentrets energiløsning vedr. konvertering til jordvarme

Noter jordvarme:

1. Myndighedstilladelse

Anlægget skal altid godkendes hos kommunen inden installation. Installatøren bør hjælpe kunden med papirarbejdet.

Der kan sandsynligvis ikke opnås myndighedstilladelse til varmepumpeinstallationen, hvis der er tilslutningspligt til kollektiv varmeforsyning. Såfremt husejeren ønsker at installere et jordvarmeanlæg, skal kommunen give en skriftlig tilkendegivelse om, at tilslutningspligten er fraveget. Jordvarmeanlægget er underlagt Miljøstyrelsens bekendtgørelse om etablering af jordvarmeanlæg (bekendtgørelse nr. 1203), som foreskriver eftersyn, tæthed og afstandskrav til drikkevandsboringer.

2. Klimaskærm og varmerør

En bolig med ingen eller kun relativt lidt isolering bør altid efterisoleres og tætnes, inden varmepumpen dimensioneres. Alle varmerør bør efterses og evt. efterisoleres, især i krybekælder og skunk mv. Såfremt husejeren på et senere tidspunkt får efterisoleret og herved nedsætter husets varmebehov, vil varmepumpen være for stor. Det vil give pendling (for mange start/stop af pumpen) og dermed forringe energieffektiviteten betragteligt.

3. Supplerende opvarmning

Anvendes der brændeovn som suppleringsvarme til det eksisterende varmeanlæg, kan der opstå usikkerhed om dimensioneringen af varmepumpen. Du bør derfor, sammen med kunden, afklare de forudsætninger for dimensioneringen af varmepumpeanlægget, der hænger sammen med hyppigheden af brændeovnsfyring og angive dette i det endelige tilbud.

4. Termostatventiler

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

5. Radiatorflader

Hvis radiatorer er for små, kan man udskifte de gamle radiatorer til radiatorer med større overfladeareal (ydelse). Den nødvendige størrelse af radiatorerne kan beregnes ved hjælp af http://www.maerkdinbygning.dk/Materiale/Files/Materiale+konsulenter/Energim%c3%a6rkning/Radiator_Program_Engangseftersyn.xls, hvor det anbefales at regne med en temperatur på frem/retur på 50/35 °C.

6. Rørstørrelse fra kedel

Der skal vha. en beregning sikres, at der kan opnås tilstrækkelig flowmængde for energieffektiv drift ved den reducerede fremløbstemperatur.

7. Fremløbstemperaturer for gulv- og radiator kredse

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

8. Varmepumpeunit

En typisk væske/vand varmpumpeunit måler: Bredde: ca. 600 mm, højde ca. 1800 mm, dybde ca. 700 mm. Den vejer ca. 100-130 kg.

9. Jordvarmeslangens 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.

10. Gravearbejde

Installatøren bør indhente oplysninger om evt. 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 fundament

Rørføring gennem fundament mv. skal sikres, så der ikke kan trænge vand ind. Afklar med

husejeren, om der er specifikke områder omkring husets fundament, som ofte står under vand i forbindelse med kraftige regnskyl. Det kan bevirke, at der skal træffes ekstra foranstaltninger for at hindre vandindtrængning.

12. Støjforhold

Som udgangspunkt er støjen fra et jordvarmeanlæg ikke problematisk, men vibrationer kan i nogle tilfælde skabe gener andre steder i huset, da disse vibrationer kan forplantes via rørsystemet i huset. Derfor bør varmpumper altid forbindes til afgiver systemet via fleksible tilslutninger, som kan absorbere eventuelle vibrationer.

13. Elektrisk tilslutning

Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør, men allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmpumpen 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 varmpumpen. Det kan være en god ide at få installeret en ekstra gruppe og en separat forbrugsmåler for jordvarmpumpen.



Tabel 14.3 viser tjekliste for etablering af luft/vand varmepumpe.

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Noter
Klimaskærm og varmerør	Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tætnes yderligere, eller at isolering af varmerør kan forbedres markant?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 1
Supplerende opvarmning	Anvendes der brændeovn som supplement til opvarmningen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 2
Termostatventiler	Er der velfungerende termostatventiler på radiatorerne og eventuelt gulvvarmesystemet?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 3
Radiatorflader	Er de eksisterende radiatorer store nok til en fremløbstemperatur på max 55°C i de enkelte rum?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 4
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 5
Fremløbstemperatur for gulv- og radiatorkreds	Er fremløbstemperaturen over 55°C?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 6
Varmepumpeunit	Er der umiddelbart plads til varmepumpen? Og hvordan er adgangsforholdene?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 7
Rørføring gennem mur	Er der specielle forhold omkring rørføring gennem husmuren, der skal tages ekstra hensyn til?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 8
Støjforhold	Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give husejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 9
Elektrisk tilslutning	Skal der etableres ny gruppe til varmepumpeanlægget?	Ja Nej [] []	Hvis ja: se 10

Tabel 14.3. Tjekliste fra videncentrets energiløsning vedr. konvertering til luft/vand varmepumpe

Noter luft/vand varmepumpe:

1. Klimaskærm og varmerør

En bolig med ingen eller kun relativt lidt isolering bør altid efterisoleres og tætnes, inden varmepumpen dimensioneres. Alle varmerør bør efterses og evt. efterisoleres, især i krybekælder og skunk mv. Såfremt husejeren på et senere tidspunkt får efterisoleret og herved nedsætter husets varmebehov, vil varmepumpen være for

stor. Det vil give pendling (for mange start/stop af pumpen) og dermed forringe energieffektiviteten betragteligt.

2. Supplerende opvarmning

Anvendes der brændeovn som suppleringsvarme til det eksisterende varmeanlæg, kan der opstå usikkerhed omkring dimensioneringen af varmepumpen. Du bør derfor sammen med kunden afklare de forudsætninger for dimensioneringen af varmepumpeanlægget, der hænger sammen med hyppigheden af brændeovnsfyring og angive dette i det endelige tilbud.

3. Termostatventiler

Defekte termostatventiler på radiatorer skal om nødvendigt udskiftes for at opnå tilfredsstillende drift.

4. Radiatorflader

Hvis radiatorer er for små, kan man udskifte de gamle radiatorer til radiatorer med større overfladeareal (ydelse). Den nødvendige størrelse af radiatorerne kan beregnes ved hjælp af http://www.maerkdinbygning.dk/Materiale/Files/Materiale+konsulenter/Energim%c3%a6rkning/Radiator_Program_Engangseftersyn.xls, hvor det anbefales at regne med en temperatur på frem/retur på 50/35 °C.

5. Rørstørrelse fra kedel

Det skal vha. en beregning sikres, at der kan opnås tilstrækkelig flowmængde for energieffektiv drift ved den reducerede fremløbstemperatur.

6. Fremløbstemperatur for gulv- og radiatorkreds

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

7. Varmepumpeunit

En typisk indedel til en luft/vand varmepumpeunit måler: Bredde: ca. 600 mm, højde ca. 1800 mm, dybde ca. 700 mm. En typisk udedel til en luft/vand varmepumpeunit måler: Bredde: ca. 600 mm, højde ca. 1800 mm, dybde ca. 700 mm.

vand varmepumpe måler: Bredde: ca. 1100 mm, højde ca. 800 mm, dybde ca. 500 mm.

8. Rørføring gennem mur

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

9. Støjforhold

Luft/vand varmepumper er ret støjsvage, men man bør alligevel ikke sætte varmepumpen 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.

10. Elektrisk tilslutning

Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør, men 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. Det kan være en god ide at få installeret en ekstra gruppe og en separat forbrugsmåler for jordvarmepumpen.

15 10 gode råd

Nedenfor er udarbejdet en sammenfatning af gode råd givet i bogen, og som man med fordel kan benytte sig af ved installation af en varmepumpe.

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). Se www.byggeriogenergi.dk
2. Kontakt altid en installatør tilsluttet "Varmepumpeordningen, VPO", når en varmepumpe skal installeres. Installatører tilsluttet denne ordning har beregningsværktøjer, der kan sikre, at varmepumpen bliver dimensioneret korrekt.
3. Indhent mindst to tilbud, hvor alle håndværkerudgifter er med, også installationen, fx gravearbejdet.
4. Vælg gerne en kapacitetsreguleret varmepumpe.
5. Hold indblæsningstemperaturen så lav som muligt for luft/luft varmepumper.
6. Stil krav til opsætning af målere (energi- og temperaturmålere) for overvågning af anlæggenes drift.
7. Dimensionér en væske/vand eller luft/vand varmepumpe (varmepumpe til radiator/gulvvarme system) 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. Dimensionér varmepumpen til den lavest mulige fremløbstemperatur til radiator/gulvarme-systemet (effektiviteten stiger 1 – 3 % for hver grad fremløbstemperaturen sænkes).
9. For væske/vand eller luft/vand systemer bør man vælge en varmepumpe, som er på Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper eller Center for Energibesparelsers lister.
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.

Der er nogle få regler, man skal være opmærksom på ved etablering af varmepumpeanlæg.

- **Arbejdstilsynets BEK nr. 100 af 31/01/2007:** "Bekendtgørelse om anvendelse af trykbærende udstyr". Bilag 7 for Køleanlæg og varmepumpeanlæg.
- **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.
- **Miljøministeriets BEK nr. 1019 af 25/10/2009:** "Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg".
- **Energistyrelsens BEK nr. 31 af 29/01/2008:** "Bekendtgørelse om tilslutning m.v. til kollektive varmforsyningsanlæg".
- **Bygningsreglement 2010 (BR10)**

16.1 Arbejdstilsynets BEK nr. 100 af 31/01/2007

I Arbejdstilsynets Bekendtgørelse om anvendelse af trykbærende udstyr (BEK nr. 100 af 31/01/2007) findes i bilag 7 regler for køleanlæg, varmepumpeanlæg m.v.

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.

Hele bekendtgørelsen kan læses på Arbejdstilsynets hjemmeside på følgende adresse: www.at.dk/sw18052.asp

16.2 EU-Kommissionens Forordning (EF) nr. 303/2008

EU-Kommissionens 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 endvidere opstillet særlige kvalifikationskrav for arbejde med kølemiddelfyldninger under 3 kg. I praksis er grænsen dog 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 mindre end 2,5 kg. Det vil således være lovligt at installere og servicere disse anlæg af en person med kølecertifikat kategori II. En person med kølecertifikat I vil naturligvis også kunne installere og servicere disse anlæg.

Hele forordningen kan læses på hjemmesiden for Miljøstyrelsens "Videncenter for HFC-fri køling" på følgende adresse: www.hfc-fri.dk/19547

16.3 Miljøministeriets BEK nr. 1019 af 25/10/2009 "Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg"

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.

Etablering af jordvarmeanlæg er omfattet af Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1019 af 25/10-2009 om jordvarmeanlæg m.m. I denne bekendtgørelse stilles bl.a. krav til placering af jordvarmeanlægget, konstruktion af anlægget samt egenkontrol.

Hele bekendtgørelsen kan læses på hjemmesiden for Miljøstyrelsens "Videncenter for HFC-fri køling" på følgende adresse:
www.at.dk/sw18052.asp

16.4 Energistyrelsens BEK nr. 31 af 29/01/2008, BEK om tilslutning m.v. til kollektive varmforsyningsanlæg

I kapitel 2, § 2 i bekendtgørelsen står der, at kommunalbestyrelsen kan pålægge såvel ny som eksisterende bebyggelse tilslutningspligt til et kollektivt varmforsyningsanlæg. 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.

§ 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 varmforsyningsanlæg.

I punkt 2 i § 15 står der, at bygninger, der er indrettet med solvarmeanlæg, varmepumper, vindmøller, biogasanlæg, komposteringsanlæg, vandkraftanlæg, træfyr eller halmfyr, 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.

Hele bekendtgørelsen kan læses på hjemmesiden for det fælles statslige retsinformationssystem på følgende adresse: www.retsinformation.dk/Forms/RO710.aspx?id=114759

16.5 Bygningsreglement 2010 (BR10)

Erhvervs- og Byggestyrelsen har besluttet, at nye, skrappe effektivitetskrav til varmepumper i bygningsreglementet 2010 først skal gælde fra 1. januar 2012. Varmepumperne skal overholde de samme krav, der har været stillet til anlæg, der søger om tilskud fra Energistyrelsens skrotningsordning (www.skrotditoliefyr.dk). Det indebærer en såkaldt normeffektfaktor på 3,1 for varmepumper, målt på anvendelse i forbindelse med gulvarme.

Fra 1. januar 2012 skærpes kravene til væske/vand (jordvarme) og luft/vand varmepumpers normeffektfaktor (se afsnit 7.1, s.92). De nye krav er differentierede efter, hvilken nominel effekt, varmepumpen har. Kravene er også differentierede efter, om anlægget forsyner gulvarme eller radiatorer.

I BR10s kapitel 8.6.4, Stk. 4 ses nedenstående krav pr. 1. januar 2012 til væske/vand varmepumper, der forsyner gulvarme.

Størrelse (varmeeffekt) [kW]	Normeffektfaktor for gulvarme
0 - 3	3,0
3 - 6	3,6
> 6	3,7

Tabel 16.1. Krav til væske/vand varmepumper, der forsyner gulvarme gældende fra 1. januar 2012

I BR10s kapitel 8.6.4, Stk. 5 ses nedenstående krav pr. 1. januar 2012 til væske/vand varmepumper, der forsyner radiatorer.

Størrelse (varmeeffekt) [kW]	Normeffektfaktor for radiatorvarme
0 - 3	2,6
3 - 6	2,8
> 6	3,0

Tabel 16.2. Krav til væske/vand varmepumper, der forsyner radiatorer gældende fra 1. januar 2012

I BR10s kapitel 8.6.4, Stk. 6 skal luft/vand varmepumper have mindst en normeffektfaktor på 3,2 ved tilslutning af gulvarme. Luft/vand varmepumper skal tilsvarende mindst have en normeffektfaktor ved tilslutning til radiatorer på 2,7.

I kapitel 8.6.4, Stk. 7 står der, at luft/luft varmepumper mindst skal have en effektivitet på 3,6 i opvarmningstilstand (heating mode) i henhold til DS/EN 14511, hvilket svarer til A mærkning i EU's energimærkning af klimaanlæg til husholdningsbrug. Energimærkningsordningen fremgår af bekendtgørelse nr. 1097, af 9. december 2002. Energimærkningen omfatter anlæg mindre end 12 kW.

I kapitel 8.6.4, Stk. 8 i BR10 står der, at for varmepumper, der ikke er omfattet af stk. 4-6, gælder, at fabrikanten skal angive COP og standby forbrug. Eksempler herpå er varmepumper med en anden varmekilde som f.eks. søvand eller varmepumper, der anvender andre kølemidler som f.eks. CO₂.

17 Andre kilder

Dette afsnit giver en række referencer til relevant litteratur og hjemmesider.

17.1 Litteratur

- 1/ Håndbog for energikonsulenter 2008 version 3, Energistyrelsen, 1. oktober 2009. ISBN: 978-87-7844-813-2.
- 2/ Indeklimahåndbogen - 2. udgave, SBI-anvisning 196, Statens Byggeforsknings Institut, 2000, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høvisch, 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/ Energiledelsesordningen, kapitel 2 "Varmeanlæg" i ELO-kompendie, Teknologisk Institut, 2005.
- 5/ 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.
- 6/ Varme Ståbi, 5. udgave, Nyt Teknisk Forlag, 2009. ISBN 978-87-571-2682-2.

- 7/ Katalog for standardværdier for energibesparelser, Energistyrelsen, 1. januar 2011. Findes på www.ens.dk
[http://www.ens.dk/da-DK/ForbrugOgBesparelser/EnergiselskabernesSpareindsats/Documents/Katalogforstandardvaerdier\(pdf\)februar2010.pdf](http://www.ens.dk/da-DK/ForbrugOgBesparelser/EnergiselskabernesSpareindsats/Documents/Katalogforstandardvaerdier(pdf)februar2010.pdf)
- 8/ DS/EN 442-1/A1 "Radiatorer og konvektorer". 2006.
- 9/ DS 469/Till. 2. "Varmeanlæg med vand som varmebærende medium", 2007.
- 10/ DS/EN 1264-1 "Gulvarme. Systemer og komponenter", 1998.
- 11/ DS/EN 15377-3 "Varmesystemer i bygninger", 2007.
- 12/ DS 439 "Norm for vandinstallationer". 3. udgave, 2000.
- 13/ DS/EN 14511-1:2008. Aircondition-anlæg, væskekølere og varmepumper med eldrevne kompressorer til rumopvarmning og -afkøling. Del 1: Terminologi og definitioner. EUT, 2008-07-15/C 178/17.
- 14/ DS/EN 14511-2:2008. Aircondition-anlæg, væskekølere og varmepumper med eldrevne kompressorer til rumopvarmning og -afkøling. Del 2: Prøvningsbetingelser. EUT, 2008-07-15/C 178/17.
- 15/ DS/EN 14511-3:2008. Aircondition-anlæg, væskekølere og varmepumper med eldrevne kompressorer til rumopvarmning og -afkøling. Del 3: Prøvningsmetoder. EUT, 2008-07-15/C 178/17.

Elforsk har nået meget!

Elforsk er Dansk Energis program for forskning og udvikling i effektiv energianvendelse. To vigtige indsatsområder er køle- og varmepumpeanlæg samt bygninger.

Programmet har på få år udviklet sig til at blive et vigtigt omdrejningspunkt for teknologisk udvikling. Det har fremmet udviklingen af ny teknologi, skabt grundlag for en lang række positivlister over mere energieffektive produkter, sat gang i adfærdændringer og værktøjer til fremtidig optimering af energianvendelsen.

Følg selv med på:
www.elforsk.dk

16/ DS/EN 14511-4:2008. Aircondition-anlæg, væskekølere og varmepumper med eldrevne kompressorer til rumopvarmning og -afkøling. Del 4: Krav. EUT, 2008-07-15/C 178/17.

17/ Potentialebeskrivelse – individuelle varmepumper, Teknologisk Institut, Energi og Klima, 2010. Rapport bestilt og finansieret af Dansk Energi.

18/ Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri, SBI 2009:5, 1. udgave, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2009, Kim B. Wittchen.

17.2 Hjemmesider

Arbejdstilsynet:
www.arbejdstilsynet.dk

AT-bekendtgørelse om anvendelse af trykbærende udstyr:
www.at.dk/REGLER/Bekendtgørelser/A/Anv-af-trykbaerende-udstyr-100.aspx?sc_lang=da

Autoriserede Kølefirmaers Branche forening:
www.koeleteknik.dk

Center for Energibesparelsers liste over energisparemærkede varmepumper:
www.goenergi.dk

Dansk Energi:
www.danskenergi.dk

Dansk Energi Branche forening:
www.energibranchen.dk

Dansk Gasteknisk Center – DGC:
www.dgc.dk

Den Jyske Håndværker skole:
www.hadstents.dk

DS Håndværk & Industri:
www.ds-net.dk

ELFORSK:
www.elforsk.dk

Energistyrelsen:
www.ens.dk

Energitjenesten:
www.energitjenesten.dk

Erhvervs- og Byggestyrelsen:
www.ebst.dk

Informationsside om varmepumper:
www.varmepumpesiden.dk

Liste over godkendte varmepumper fra Energistyrelsen:
www.ens.dk/da-DK/ForbrugOgBesparelser/IndsatsIBygninger/Varmepumper/Sider/Forside.aspx

Miljøstyrelsen:
www.mst.dk

Miljøstyrelsen – EU forordning nr. 303:
www.mst.dk/NR/rdonlyres/309AE442-99B3-47E2-8F3B-9EB4DC12DDD5/O/303_2008EF.Pdf

MST-bekendtgørelse 1203 om jordvarmeanlæg
www.retsinformation.dk/Forms/RO710.aspx?id=127761

Sekretariatet for energieffektive bygninger:
www.maerkdinbygning.dk
www.seeb.dk

Skrotningsordning:
www.skrotditoliefyr.dk

Spar olie side:
www.sparolie.dk

Statens Byggeforsknings Institut:
www.sbi.dk

TEKNIQ:
www.tekniq.dk

Teknologisk Institut:
www.teknologisk.dk

Varmepumpefabrikantforeningen:
www.varmepumpefabrikanterne.dk/

Varmepumpeinfo (Teknologisk Institut):
www.varmepumpeinfo.dk

VarmePumpeOrdningen VPO:
www.vp-ordning.dk

Videncenter for energibesparelser i bygninger
Ring tlf. 7220 2255 eller se
www.byggeriogenergi.dk



Videncenter for
energibesparelser i bygninger

VÆLG EN ENERGIRIGTIG VARMEPUMPE!

Find inspiration og anvisninger på
energirigtig renovering og
energieffektive installationer på:

www.byggeriogenergi.dk

Eller få gratis råd og vejledning på:

70 20 22 55