ENERGIHÅNDBOGEN

2019

VARMT BRUGSVAND

BLIK&RØR ARBEJDERFORBUNDET

TEKNIQ ARBEJDSGIVERNE
Industri & Installation

DANSK EL-FORBUND

Energihåndbogen er udgivet med støtte fra Grundejernes Investeringsfond

GI GRUNDEJERNES INVESTERINGSFOND

VARMT BRUGSVAND

Indhold

Varmt brugsvand	**96**
Varmt brugsvand med fjernvarme	**96**
Gennemstrømningsvandvarmer	97
Varmtvandsbeholder	98
Ladekreds	98
Energibesparelse	99
Udførelse	99
Dimensionering af varmtvandsanlæg	99
Montage	106
Funktionsafprøvning	107
Eftersyn	107
Varmt brugsvand med kedelanlæg og varmepumper	**108**
Varmtvandsbeholder	108
Energibesparelse	108
Udførelse	109
Dimensionering af varmtvandsanlæg	109
Montage	113
Funktionsafprøvning	114
Eftersyn	114
Varmt brugsvand med el opvarmning	**115**
Varmtvandsbeholder	115
Gennemstrømningsvandvarmer	115
Energibesparelse	115
Udførelse	115
Dimensionering af varmtvandsanlæg	115
Montage	119

Funktionsafprøvning 120
Eftersyn 120
Varmt brugsvand med solvarmeanlæg 121
Energibesparelse 122
Udførelse 125
Dimensionering af solvarmeanlæg til varmt brugsvand 125
Montage 125
Funktionsafprøvning 126
Eftersyn 126
Cirkulationssystemer 127
Energibesparelse 127
Dimensionering 128
Montage 129
Funktionsafprøvning 129
Bakterier i det varme vand 129

Varmt brugsvand

Varmtvandsanlægget skal sørge for at det varme brugsvand opvarmes til en passende temperatur i forhold til brug til bad, håndvask og rengøring og så udvikling af bakterier i rørsystemet og eventuelle beholdere minimeres mest muligt.

Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyn til varmtvandstapstedernes antal og anvendelse kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet. Ved de tapsteder, hvor der er behov for varmt vand, skal der være en passende varmtvandstemperatur til stede uden besværende ventetid under hensyn til energiforbrug, vandforbrug og hyppigheden af installationens brug.

Valg af løsning til opvarmning af brugsvand kan afhænge meget af hvilken varmeforsyning der er i bygningen. Er der fjernvarme kan den lokale fjernvarmeforsyning stille krav til opbygningen af anlægget herunder om der må anvendes gennemstrømningsvandvarmer eller ej. Har bygningen eget kedelanlæg eller en varmepumpe til opvarmning vil det normalt være hensigtsmæssigt med en varmtvandsbeholder for at minimere effektbehovet.

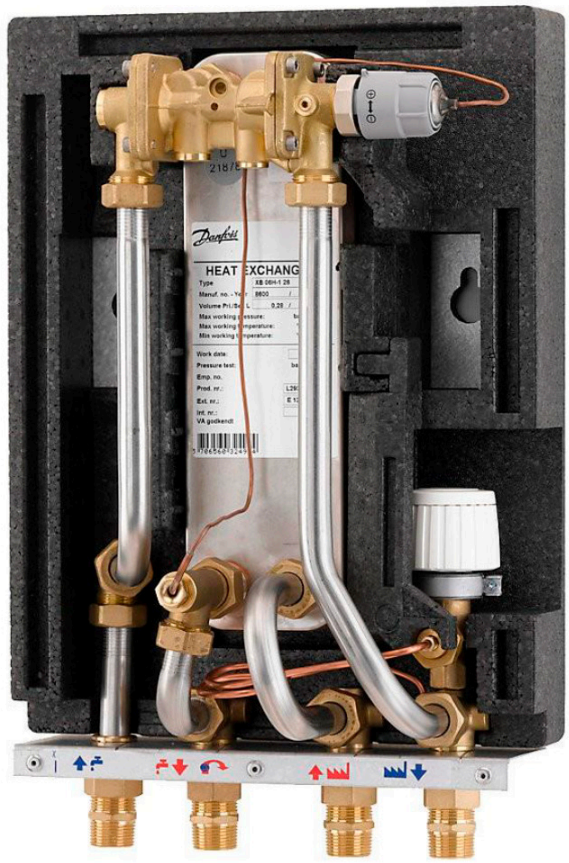
Ved anvendelse af solvarme til opvarmning af brugsvand er varmtvandsbeholderne også den foretrukne løsning så det vand solen opvarmer kan gemmes til der er behov for det.

Varmt brugsvand med fjernvarme

På næste side beskrives de mest anvendte anlægstyper til varmt brugsvand i fjernvarmeanlæg. I fjernvarmesystemer er der fokus på at fjernvarmevandet kan afkøles tilstrækkeligt hvilket påvirker dimensioneringen af systemerne.

Gennemstrømningsvandvarmer

Gennemstrømningsvandvarmeren kan findes i flere udførelser men den mest anvendte type er pla-devarmeveksleren hvor vandet passerer opvarmningsmediet i modstrøm.
Gennemstrømningsvandvarmer anvendes primært i fjernvarmeinstallationer hvor der er den tilstrækkelige effekt til at foretage øjeblikkelig opvarmning af vandet. Gennemstrømningsvandvarmere har et relativt lille vandvolumen hvilket er en fordel i forhold til bakteriedannelse. Det er ikke alle fjernvarmeforsyninger der tillader brugen af gennemstrømningsvandvarmere fordi det kræver en stor effektkapacitet fra fjernvarmeværket fx om morgenen når der er mange der skal i bad samtidig.



Figur 1. Gennemstrømningsvandvarmer til enfa-milieshus

Figur 2. Gennemstrømningsvandvarmer i varme-central

Gennemstrømningsvandvarmere kan både anvendes i større ejendomme og i enfamiliehuse. I nyere enfamiliehuse er gennemstrømningsvandvarmeren typisk indbygget som en del af en samlet fjernvarmeunit. I enfamiliehuse uden cirkulation på det varme brugsvand anvendes ofte et temperaturstyret ”bypass” til at holde fjernvarmestikledningen varm, så der ikke sker en forsinkelse ved tapning af varmt vand.

Varmtvandsbeholder

Varmtvandsbeholdere har i modsætning til gennemstrømningsvandvarmeren et mindre effektbehov pga. den buffervirkning beholderen har. På grund af det relativt store vandvolumen i forhold til gennemstrømningsvandvarmeren, er det vigtigt at der er fokus på hvordan bakteriedannelse kan reduceres. Varmtvandsbeholdere i fjernvarmeanlæg kan inddeles i to typer:

- Ældre kappebeholder
- Beholder med varmespiral

Kappebeholdere af ældre typer er opbygget som en vandretliggende beholder med et varmelegeme som en kappe omkring beholderen. Denne type beholder anvendes ikke længere i nye installationer pga. en dårlig energiøkonomi som bl.a. skyldes en minimal temperaturlagdeling i beholderen.

Figur 3. Ældre kappebeholder

Figur 4. Nyere beholder med varmespiral

Beholdere med varmespiral er typisk lodretstående hvilket giver en god temperaturlagdeling af det varme vand i beholderen. Inden i beholderen er en spiral hvor vandet fra varmekilden strømmer og opvarmer vandet i beholderen. Effekten afhænger af overfladearealet på varmespiralen. Det er muligt at have flere spiraler i en beholder så der kan anvendes flere forskellige varmekilder f.eks. et solvarmeanlæg og et kedelanlæg. Varmtvandsbeholder med varmespiral findes i mange forskellige størrelser fra helt små beholder på 30-300 liter til enfamiliehuse og til større beholdere op til flere tusind liter til større ejendomme.

Ladekreds

En ladekreds er et system hvor der anvendes pladevarmveksler til at lade en beholder uden varmeflade op med varmt vand. Ladekreds anvendes kun i større ejendomme. Fordelen ved en ladekreds er at det beregnede beholdervolumen normalt bliver mindre end for tilsvarende anlæg med en beholder med varmtvandsspiral, og at der kan opnås en bedre afkøling af fjernvarmevandet.

Energibesparelse

I fjernvarmeanlæg kan energibesparelser på anlæg til varmt brugsvand fx opnås i form af et mindsket varmetab, fx ved udskiftning af vekslere eller beholdere til nye med bedre isolering og varmespiraler der ikke er tilkalkede og derfor har højere nyttevirkning. Der bør samtidig foretages en undersøgelse af varmtvandsbehovet da en eksisterende beholder kan være større end nødvendigt. Udskiftning af en varmtvandsbeholder i et fjernvarmeanlæg kan have følgende fordele:

- Bedre udnyttelse af varmen fra beholderen
- Bedre afkøling af fjernvarmevandet
- Bedre sikring mod bakterier ved lave vandvolumen
- Mindre kalkudfældning

Nedenstående skema er et eksempel på forventede energibesparelse ved udskiftning af varmtvandsbeholdere i forskellige størrelser:

Eksisterende varmtvandsbeholder	Ny varmtvandsbeholder					
	Energibesparelse i kWh pr. år					
	500 liter		1.000 liter		2.000 liter	
	Minimum	Lavenergi	Minimum	Lavenergi	Minimum	Lavenergi
500 l med 50 mm isolering	491	771	-	-	-	-
500 l med 75 mm isolering	245	526	-	-	-	-
1.000 l med 50 mm isolering	1.226	1.507	981	1.296	-	-
1.000 l med 75 mm isolering	806	1.086	561	876	-	-
2.000 l med 50 mm isolering	2.313	2.593	2.067	2.383	1.752	2.172
2.000 l med 75 mm isolering	1.167	1.927	1.402	1.717	1.086	1.507

Tabel 1. Eksempler på energibesparelser ved udskiftning af varmtvandsbeholdere

Renovering af anlæg til varmt brugsvand

Det anbefales at renovere anlæg til varmt brugsvand i fjernvarmeinstallationer, hvis der er:

- Et stort varmetab
- Dårlig afkøling
- Mistanke om bakteriedannelse i varmtvandssystemet
- Hyppige driftsproblemer eller reparationer og/eller udskiftninger af komponenter, typisk på grund af tæringer

Hvis fjernvarmeforsyningen tillader det, kan der også opnås besparelser i form af mindre varmetab ved udskiftning af en beholder til en højisoleret gennemstrømningsvandvarmer.

Udførelse

Dimensionering af varmtvandsanlæg

Varmt brugsvand

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.

Anlæg i enfamilieshuse

Gennemstrømningsvandvarmer
En gennemstrømningsvandvarmer bør mindst kunne klare 32,3 kW ved et dimensionerende temperatursæt på:

- Fjernvarme, fremløb: 60 °C
- Fjernvarme, retur: 25 °C
- Varmt brugsvand: 45 °C
- Koldt brugsvand: 10 °C

Varmtvandsbeholder

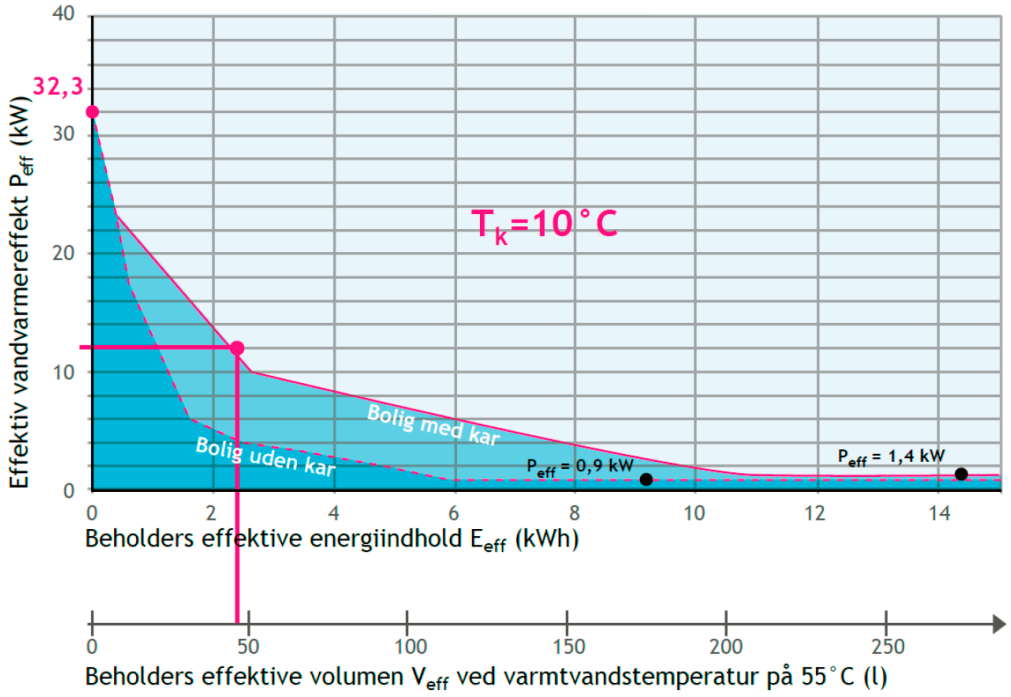
Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

De væsentligste data for varmtvandsbeholderen er den effekt, som varmefladen 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 faldet til under en given afgangstemperatur $T_{v,min}$). Beholderens geometriske volumen V~1,4 x V_{eff}.

- den effektive beholderydelse P_{eff}. Det vil sige den effekt, som varmefladen kan yde kontinuert ved en given effekttilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldtvandstemperatur T_k til den varmtvandstemperatur T_v som kan opnås ved den valgte vandstrøm qv. Den effektive beholderydelse, som aflæses i leverandørernes kataloger, er for rene varmeflader. Effekten skal derfor korrigeres for belægninger med ca. 15 %.

I figur 6 ses den effektive beholderydelse P_{eff} som funktion af beholderens effektive volumen V_{eff}. Figur 6 stammer fra DS 439.



Figur 6. Fastlæggelse af varmvandsholderes effektive energiindhold

Eksempel 1

I et enfamiliehus er der installeret en fjernvarmeveksler med en maksimal effekt på 14 kW. Kedlen har varmtvandsprioritering, og den maksimale effekt tilføres beholderen ved varmtvandsproduktion. Der er installeret badekar i boligen, og et normalt varmtvandsbehov.

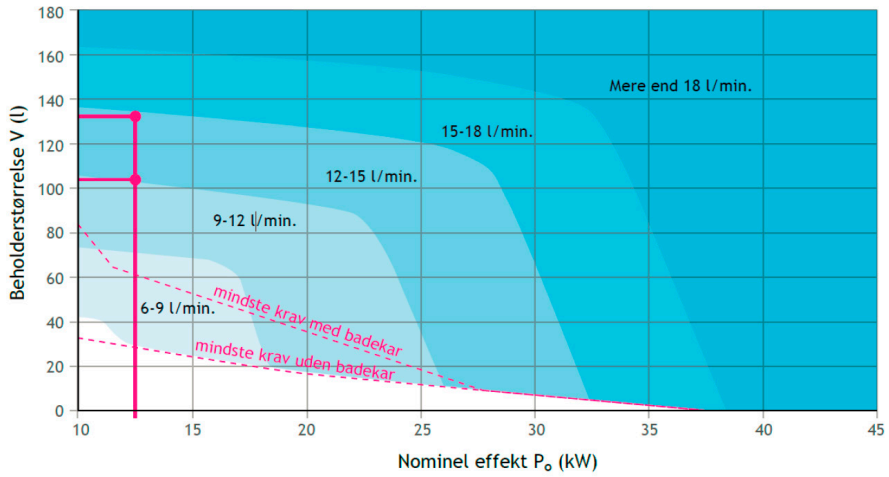
Effekten skal som tidligere nævnt korrigeres for belægninger på varmefladen i varmtvandsbeholderen med ca. 15 %. Effekten Po, der kan overføres til brugsvandet, er derfor:
P_o = 14 kW/1,15 = 12 kW

Ved hjælp af figur 6 kan beholderens effektive volumen bestemmes til ca. 45 liter.

Beholderens geometriske volumen kan herefter bestemmes til:

V = 1,4 · 45 liter = 63 liter

Der kan nu vælges en beholder på 60 liter (standardstørrelse).



Figur 7. Fastlæggelse af beholderstørrelse ved forskelige varmtvandsbehov

Varmtvandsbehov	Liter pr. minut i 10 min.	Det svarer fx til
Lille	6 - 9	Bruser
Normalt	9 - 12	Bruser og håndvask samtidig
Stort 12 - 15	12 - 15	Badekar eller to brusere samtidig
Meget stort 15 - 18	15 - 18	To brusere og en håndvask samtidig

Tabel 2.

Eksempel 2

Eksempel 2 viser, hvilken størrelse beholder der bør vælges, hvis man dimensionerer efter DS 439 til et vandforbrug og et dagligt tappeprogram, der afviger væsentligt fra standard tappeprogrammet i DS 439, fx fordi man der er to badeværelser, som ofte benyttes samtidig, kan man benytte nedenstående figur til at bestemme beholderstørrelsen.

Hvis varmtvandsbehovet i enfamiliehuset i stedet for "normalt" er stort (12 – 15 liter pr. minut i 10 min.), skal beholderen ifølge ovenstående figur være et sted mellem 105 og 135 liter.
I dette tilfælde vil man typisk vælge en beholder på 110 liter. Næste standardstørrelse er 160 liter.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Gennemstrømningsvandvarmer

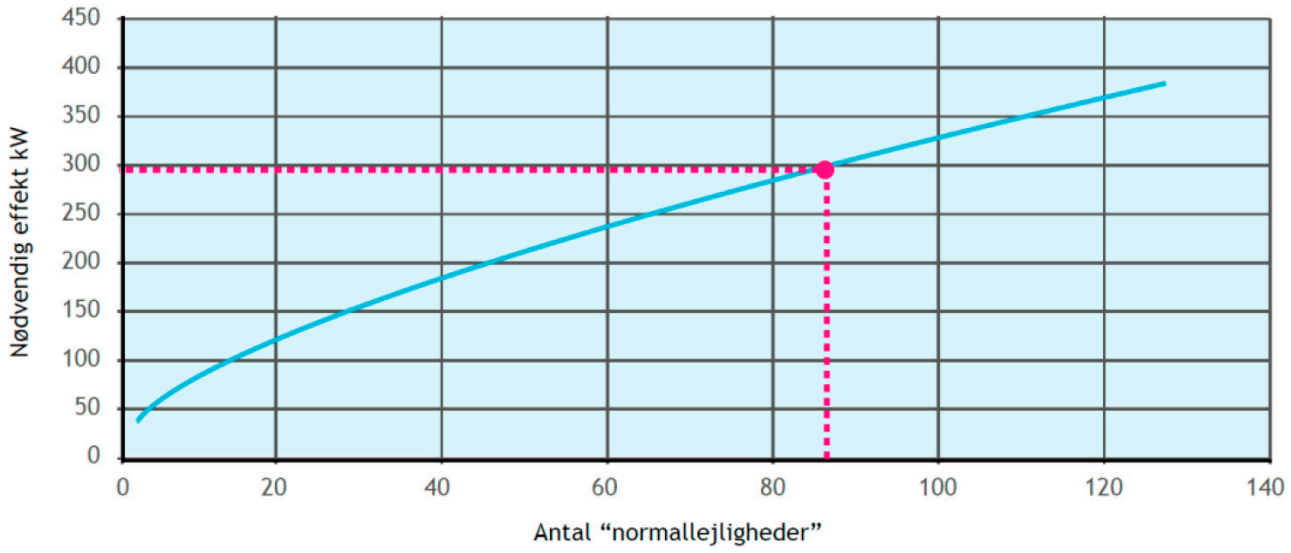
De væsentligste data for et anlæg til varmtvandsproduktion er antallet af ”normallejligheder”, for det andet den effekt, som varmefladen kan tilføre vandet, og for det tredje beholderens volumen. I den forbindelse anvendes:

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning.

$N = \Sigma (n \cdot p \cdot v \cdot E)/ 3,5 \cdot 4,36$	
N	antallet af ”normallejligheder”
n	antallet af lejligheder
p	antallet af beboere pr. lejlighed
v	varmtvandsenheder i lejligheden.
E	Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse.
En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 person. Se endvidere DS 439.	

Tabel 3.

Figur 8 kan anvendes direkte til dimensionering af gennemstrømningsvandvarmere.
Figuren viser den dimensionerende effekt til varmt brugsvand (maksimal 1-minutværdi, opvarmning 45-10 = 35 °C) som funktion af antallet af normallejligheder.



Figur 8. Fastlæggelse af antal normallejligheder

Eksempel 3

I en ejendom er der 100 lejligheder med gennemsnitligt tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normallejligheder
N beregnes til:

N = (100 · 3 · 1 · 4,36)/ 3,5 ·4,36 = 86

Der vælges en gennemstrømningsvandvarmer med en effekt på ca. 300 kW. Varmespiralens effekt inkl. 15 % stentillæg kan derfor beregnes til ca. 345 kW.

Varmtvandsbeholder

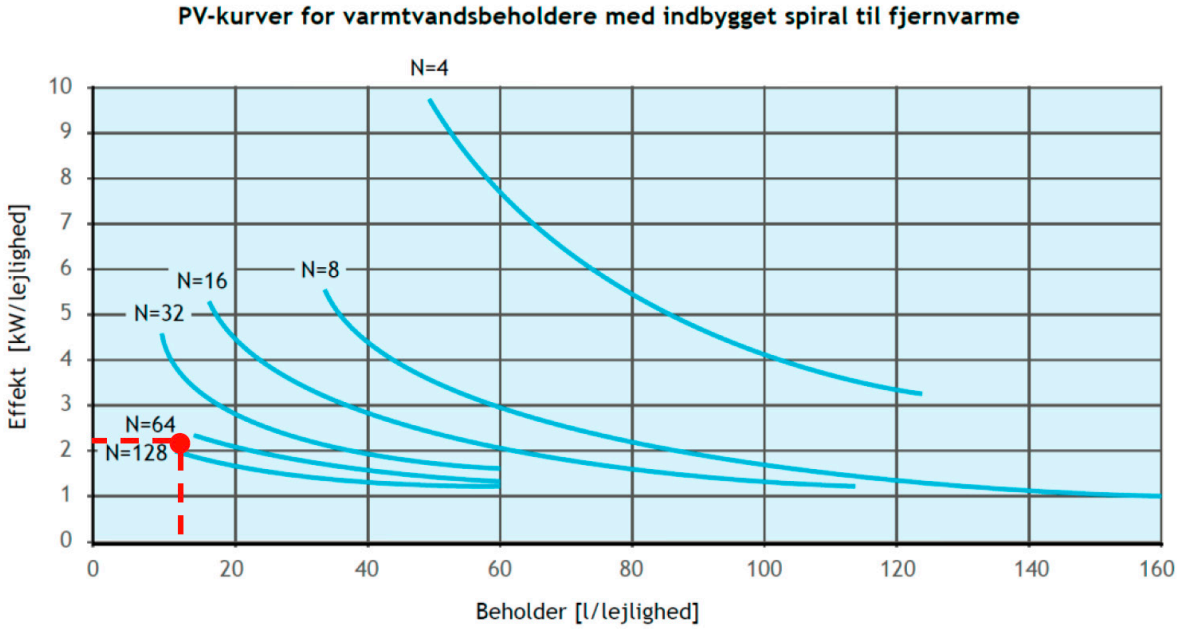
Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

Det er vigtigt, at der er en god lagdeling i beholderen, så beholderens buffer-kapacitet udnyttes. Lagdelingen ødelægges, hvis cirkulationsstrømmen ledes ind i beholderen med stor hastighed.

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

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning.
- Den nødvendige effekt pr. normallejlighed
- Det effektive beholdervolumen pr. normallejlighed

Beholdere med indbygget spiral forsynet med fjernvarme kan dimensioneres ved hjælp af figur 6. Effekt og beholdervolumen i diagrammet er angivet ved 45 °C. Der tages ikke hensyn til, at beholderen i daglig drift er indstillet til at arbejde ved højere temperaturer end de 45 °C. Cirkulationsledningens varmetab fratrukket 0,15 kW pr. lejlighed tillægges den nødvendige effekt.



Figur 9. Dimenisonering af varmvandsbeholder med spiral til fjernvarme

Eksempel 4
I en ejendom er der 100 lejligheder med i gennemsnit tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normallejlighed N beregnes til:

$N = (100 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4{,}36)/ 3{,}5 \cdot 4{,}36 = 86$

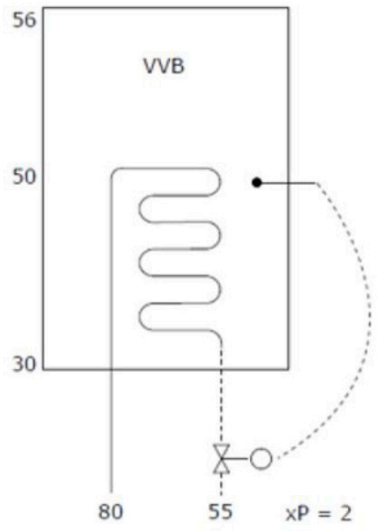
Der vælges en beholder på 1.000 liter, svarende til ca. 12 liter pr. normallejlighed. I figur 9 ses, at den nødvendige effekt pr. normallejlighed er ca. 2,2 kW. Det vil sige, at den samlede effekt er ca. 189 kW.
Cirkulationsledningens varmetab er beregnet til 0,15 kW/lejl. · 86 lejl. = 12,9 kW.

Varmespiralens effekt inkl. 15 % stentillæg kan beregnes til:

$P_{varmespiral} = 1{,}15 \cdot (189\ kW + 12{,}9\ kW) = 232\ kW.$

Regulering

Anlæg til varmt brugsvand kan reguleres enten med en selvvirkende mekanisk ventil med en termostatisk føler eller med en motorventil og en elektronisk styring.

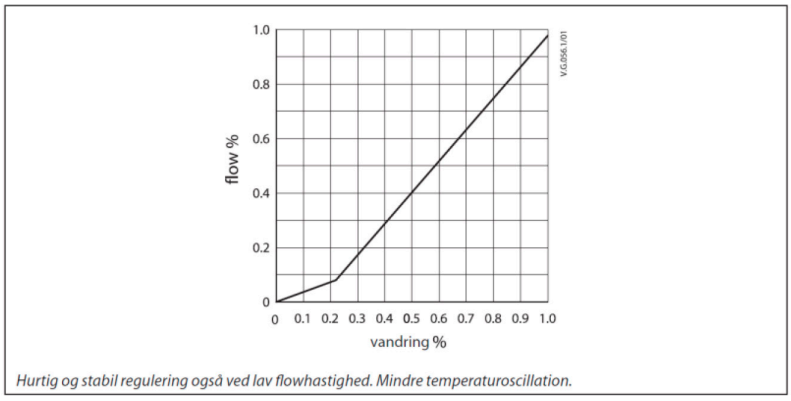


Figur 10. Regulering af anlæg til varmt brugsvand med motorventil og en elektronisk styring

Der er vigtigt for afkølingen af fjernvarmevandet, at føleren er placeret korrekt i beholderen.
Føleren bør være placeret i dyklommen, så den sidder ud for toppen af varmespiralen for at sikre en korrekt temperaturlagdeling og afkøling af fjernvarmevandet.

Det er vigtigt, at reguleringsventilen er dimensioneret rigtigt i forhold til belastning og differenstryk, idet der ellers kan opstå problemer med pendling og dårlig regulering.
Ved store anlæg med selvvirkende ventiler kan der i nogle tilfælde være monteret to reguleringsventiler som åbner ved forskellige temperaturer for at sikre at der ikke kommer for meget fjernvarmevand igennem ved små tapninger.
Ved brug af motorventiler er det muligt at anvende ventiler med en såkaldt splitkarakteristik hvor ventilen på den første del af spindlen ikke åbner i samme grad som resten af spindlen. Det betyder at ventilen ved små tapninger har en finere regulering end ved de større tapninger og kan hjælpe til at sikre en bedre afkøling af fjernvarmevandet ved de små tapninger.

Split-karakteristik



Figur 11. Eksempel på splitkarakteristik på ventil.

Montage

Anlæg i enfamilieshuse

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer monteres på væggen eller placeres på gulvet og tilsluttes de eksisterende rørforbindelser.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer bør det vurderes om reguleringsventiler og evt. styring også skal udskiftes alt afhængigt af alder og tilstand.

Det lokale fjernvarmeværks bestemmelser for montage skal altid følges.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer monteres.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmer bør størrelsen vurderes i forhold til det beregnede behov. Det bør ligeledes vurderes om reguleringsventiler har den korrekte størrelse og eller skal udskiftes og evt. styring også skal udskiftes alt afhængigt af alder og tilstand.

Hvis det årlige energiforbrug til opvarmning af varmt brugsvand og cirkulation overstiger 10.000 kWh, skal der monteres bimåler på varmeforsyningen til varmtvandsproduktionen iht. bygningsreglementet.

Det lokale fjernvarmeværks bestemmelser for montage skal altid følges.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Indregulering

I Bygningsreglementets vejledning om termisk indeklima og installationer til varme- og køleanlæg står der:

Ved planlægning og udførelse af installationer til varme- og køleanlæg skal DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger overholdes. DS 469 omfatter alle typer varme- og køleanlæg, der har til formål at tilføre rum og bygninger samt tilknyttede systemer varme eller køling.

Dette gælder således også for varmeforsyningsledninger til varmtvandsproduktionen.

Funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til funktionsafprøvning af anlæg til varmt brugsvand i bygningsreglementet. Dog stilles der krav til at varmeforsyningsanlægget indreguleres og funktionsafprøves i henhold til Bygningsreglementet kap 19 § 391 før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

Eftersyn

Vedligeholdelse af brugsvandsanlæg ved regelmæssige eftersyn er særdeles vigtigt både energi- og driftsmæssigt. Der bør som udgangspunkt med jævne mellemrum foretages følgende i større installationer:

- Udslamning af varmtvandsbeholdere minimum en gang hver måned

Ved et hovedeftersyn tjekkes både varmtvandsproduktion og at styring fungerer efter hensigten.
Derudover anbefales det at følgende tiltag udføres for at sikre at installationen kan yde det den skal og er energimæssigt optimeret:

- Rensning af varmtvandsbeholder årligt for at sikre ydelse og afkøling af fjernvarmevand
- Afsyring af spiral i varmtvandsbeholder og gennemstrømningsvandvarmer efter behov (vekslere) for at sikre ydelse og afkøling af fjernvarmevand.

Varmt brugsvand med kedelanlæg og varmepumper

Nedenfor beskrives de mest anvendte anlægstyper til varmt brugsvand i kedelanlæg og i systemer med varmepumper.

Varmtvandsbeholder

I forbindelse med kedelanlæg og varmepumper anvendes normalt varmtvandsbeholdere til opvarmning af brugsvand pga. det relativt lille effektbehov. Pga. det relativt store vandvolumen i beholderen er det vigtigt at der er fokus på hvordan bakteriedannelse kan reduceres.

Der anvendes typisk er typisk lodretstående varmtvandsbeholdere med varmespiral hvilket giver en god temperaturlagdeling af det varme vand i beholderen. Inden i beholderen er en spiral hvor vandet fra varmekilden strømmer og opvarmer vandet i beholderen. Effekten afhænger af overfladearealet på varmespiralen. Det er muligt at have flere spiraler i en beholder så der kan anvendes flere forskellige varmekilder f.eks. et solvarmeanlæg og et kedelanlæg eller el supplement til anlæg med en varmepumpe. Varmtvandsbeholder med varmespiral findes i mange forskellige størrelser fra helt små beholder på 30-300L til enfamiliehuse og til større beholdere op til flere tusind liter til større ejendomme.

I kedelanlæg og varmepumper til enfamiliehuse er der typisk mulighed for kompakte løsninger med integreret varmtvandsbeholder. I disse løsninger er det begrænset hvor stort vandindhold der kan være i beholderen.

Energibesparelse

I kedelanlæg og anlæg med varmepumpe kan energibesparelser på anlæg til varmt brugsvand fx opnås i form af mindsket varmetab ved udskiftning af beholdere til nye med bedre isolering og varmespiraler der ikke er tilkalkede og derfor har højere nyttevirkning. Der bør samtidig foretages en undersøgelse af varmtvandsbehovet da en eksisterende beholder kan være større end nødvendigt. Udskiftning af en varmtvandsbeholder kan have følgende fordele:

Bedre udnyttelse af varmen fra beholderen
Bedre sikring mod bakterier ved lave vandvolumen
Mindre kalkudfældning

Nedenstående skema er et eksempel på forventede energibesparelse ved udskiftning af varmtvandsbeholdere i forskellige størrelser:

Eksisterende varmtvandsbeholder	Ny varmtvandsbeholder					
	Energibesparelse i kWh pr. år					
	500 liter		1.000 liter		2.000 liter	
	Minimum	Lavenergi	Minimum	Lavenergi	Minimum	Lavenergi
500 l med 50 mm isolering	491	771	-	-	-	-
500 l med 75 mm isolering	245	526	-	-	-	-
1.000 l med 50 mm isolering	1.226	1.507	981	1.296	-	-
1.000 l med 75 mm isolering	806	1.086	561	876	-	-
2.000 l med 50 mm isolering	2.313	2.593	2.067	2.383	1.752	2.172
2.000 l med 75 mm isolering	1.167	1.927	1.402	1.717	1.086	1.507

Tabel 4. Eksempel på energibesparelser ved udskiftning af varmtvandsbeholder

Derudover kan der opnås besparelser ved etablering af solvarmeanlæg til supplering af det eksisterende kedelanlæg.

Renovering af anlæg til varmt brugsvand

Det anbefales at renovere anlæg til varmt brugsvand i kedelanlæg og anlæg med varmepumper, hvis der er:

- Et stort varmetab
- Mistanke om bakteriedannelse i varmtvandssystemet
- Hyppige driftsproblemer eller reparationer og/eller udskiftninger af komponenter, typisk på grund af tæringer

Udførelse

Dimensionering af varmtvandsanlæg

Varmt brugsvand

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.

Anlæg i enfamilieshuse

Varmtvandsbeholder

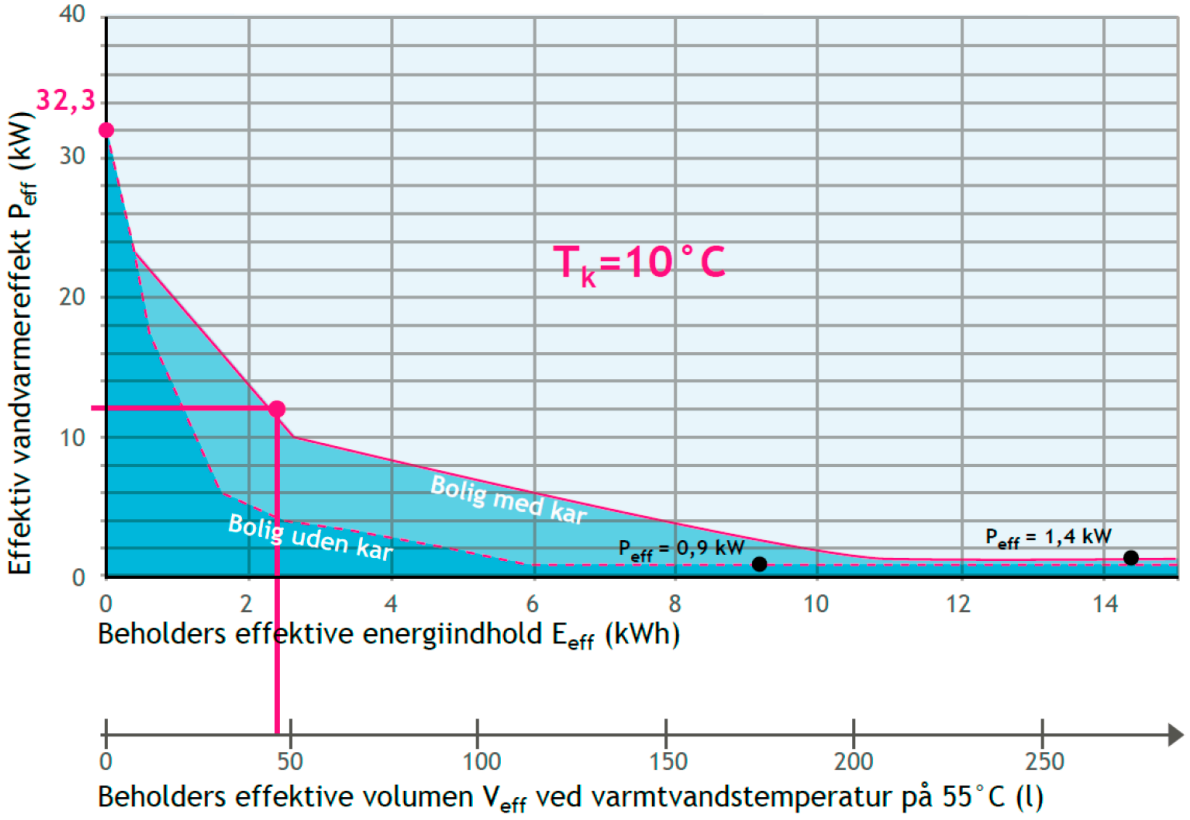
Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

De væsentligste data for varmtvandsbeholderen er den effekt, som varmefladen 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 $T_{v,\,min}$). Beholderens geometriske volumen V~1,4 x V_{eff}.

- den effektive beholderydelse P_{eff}. Det vil sige den effekt, som varmefladen kan yde kontinuert ved en given effekttilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldtvandstemperatur T_k til den varmtvandstemperatur T_v som kan opnås ved den valgte vandstrøm qv. Den effektive beholderydelse, som aflæses i leverandørernes kataloger, er for rene varmeflader. Effekten skal derfor korrigeres for belægninger med ca. 15 %.

I figur 12 ses den effektive beholderydelse P_{eff} som funktion af beholderens effektive volumen V_{eff}. Figur 12 stammer fra DS 439.



Figur 12. Fastlæggelse af varmvandsbeholders effektive energiindhold

Eksempel 5

I et enfamiliehus er der installeret en gaskedel med en maksimal effekt på 14 kW. Kedlen har varmtvandsprioritering, og den maksimale effekt tilføres beholderen ved varmtvandsproduktion. Der er installeret badekar i boligen, og et normalt varmtvandsbehov.

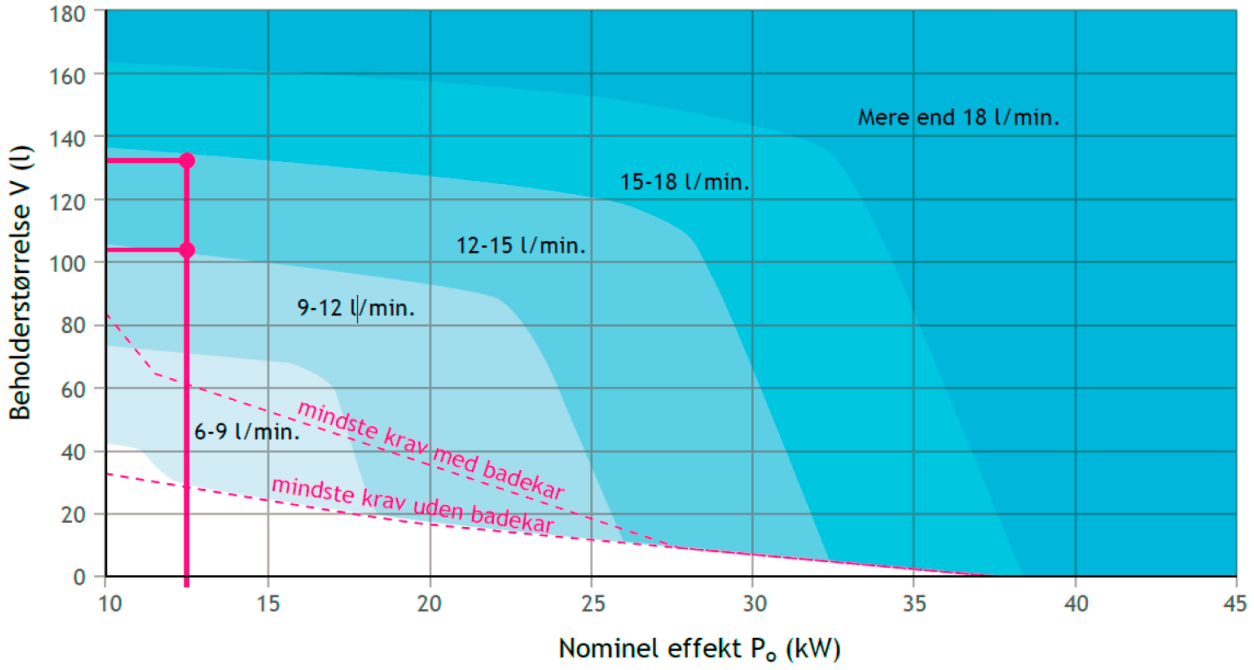
Effekten skal som tidligere nævnt korrigeres for belægninger på varmefladen i varmtvandsbeholderen med ca. 15 %. Effekten P_o, der kan overføres til brugsvandet, er derfor:
P_o = 14 kW/1,15 = 12 kW

Ved hjælp af figur 9 kan beholderens effektive volumen bestemmes til ca. 45 liter.

Beholderens geometriske volumen kan herefter bestemmes til:

V = 1,4 · 45 liter = 63 liter

Der kan nu vælges en beholder på 60 liter (standardstørrelse).



Figur 13. Fastlæggelse af beholderstørrelse ved forskelige varmtvandsbehov

Varmtvandsbehov	Liter pr. minut i 10 min.	Det svarer fx til
Lille	6 - 9	Bruser
Normalt	9 - 12	Bruser og håndvask samtidig
Stort 12 - 15	12 - 15	Badekar eller to brusere samtidig
Meget stort 15 - 18	15 - 18	To brusere og en håndvask samtidig

Tabel 5.

Eksempel 6

Eksempel 5 viser, hvilken størrelse beholder der bør vælges, hvis man dimensionerer efter DS 439 til et vandforbrug og et dagligt tappeprogram, der afviger væsentligt fra standardtappeprogrammet i DS 439, fx fordi man der er to badeværelser, som ofte benyttes samtidig, kan man benytte nedenstående figur til at bestemme beholderstørrelsen.

Hvis varmtvandsbehovet i enfamiliehuset i stedet for "normalt" er stort (12 – 15 liter pr. minut i 10 min.), skal beholderen ifølge ovenstående figur være et sted mellem 105 og 135 liter.

I dette tilfælde vil man typisk vælge en beholder på 110 liter. Næste standardstørrelse er 160 liter.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Varmtvandsbeholder

Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

Det er vigtigt, at der er en god lagdeling i beholderen, så beholderens buffer-kapacitet udnyttes. Lagdelingen ødelægges, hvis cirkulationsstrømmen ledes ind i beholderen med stor hastighed.

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

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning.
- Den nødvendige effekt pr. normallejlighed
- Det effektive beholdervolumen pr. normallejlighed

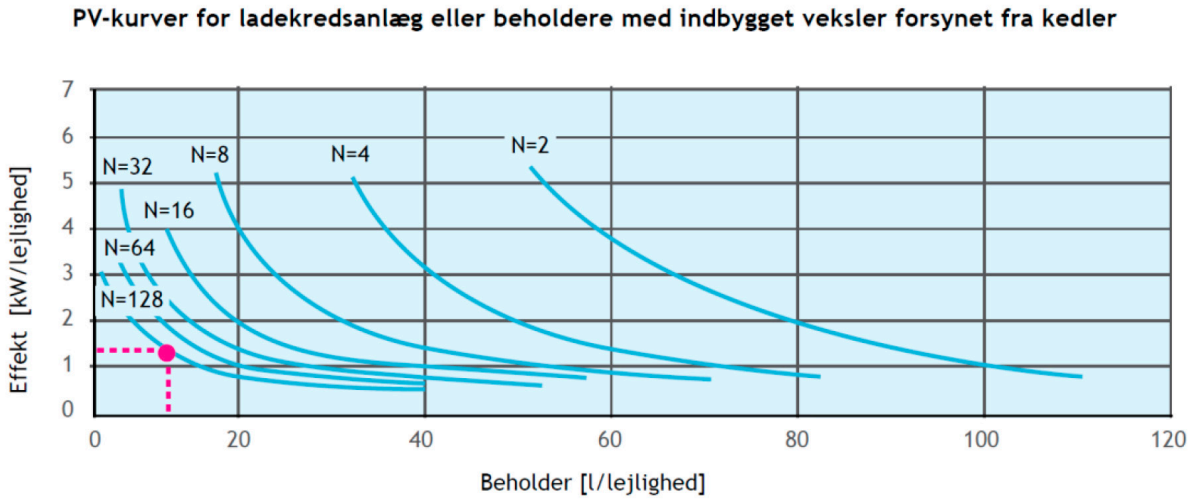
$N = \Sigma (n \cdot p \cdot v \cdot E)/ 3,5 \cdot 4,36$	
N	antallet af "normallejligheder"
n	antallet af lejligheder
p	antallet af beboere pr. lejlighed
v	varmtvandsenheder i lejligheden.
E	Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse.
En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 person. Se endvidere DS 439.	

Tabel 6.

Beholdere med indbygget veksler (varmespiral) forsynet fra kedler kan dimensioneres ved hjælp af nedenstående figur. Effekt og beholdervolumen i diagrammet er angivet ved 45 °C. Ved beholdere med temperaturer højere end 45 °C kan beholderstørrelsen beregnes til:

$V_{eff} = (35/(T-10)) \cdot V_{45}$

hvor V_{45} er det aflæste volumen på figur 14.



Figur 14. PV-kurver for ladekredsanlæg eller beholdere med indbygget veksler forsynet fra kedler

Eksempel 7

I en ejendom er der 100 lejligheder med i gennemsnit tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normallejlighed N beregnes til:

N = (100 · 3 · 1 · 4,36)/ 3,5 ·4,36 = 86

Der vælges en beholder på 1.000 liter, svarende til ca. 12 liter pr. normallejlighed. I figur 14 ses, at den nødvendige effekt pr. normallejlighed er ca. 1,3 kW. Det vil sige, at den samlede effekt er ca. 112 kW.
Cirkulationsledningens varmetab er beregnet til 9 kW.

Varmespiralens effekt inkl. 15 stentillæg kan beregnes til:

$P_{varmespiral}$ *= 1,15 · (112 kW + 9 kW) = 139 kW.*

Montage

Anlæg i enfamilieshuse

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder monteres og tilsluttes de eksisterende rørforbindelser.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholder bør det vurderes om reguleringsventiler og evt. styring også skal udskiftes alt afhængigt af alder og tilstand.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder monteres.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholder bør størrelsen vurderes i forhold til det beregnede behov. Det bør ligeledes vurderes om reguleringsventiler har den korrekte størrelse og eller skal udskiftes og evt. styring også skal udskiftes alt afhængigt af alder og tilstand.

Hvis det årlige energiforbrug til opvarmning af varmt brugsvand og cirkulation overstiger 10.000 kWh, skal der monteres bimåler på varmeforsyningen til varmtvandsproduktionen iht. bygningsreglementet.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Indregulering

I Bygningsreglementets vejledning om termisk indeklima og installationer til varme- og køleanlæg står der:

Ved planlægning og udførelse af installationer til varme- og køleanlæg skal DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger overholdes. DS 469 omfatter alle typer varme- og køleanlæg, der har til formål at tilføre rum og bygninger samt tilknyttede systemer varme eller køling.

Dette gælder således også for varmeforsyningsledninger til varmtvandsproduktionen.

Funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til funktionsafprøvning af anlæg til varmt brugsvand i bygningsreglementet. Dog stilles der krav til at varmeforsyningsanlægget indreguleres og funktionsafprøves i henhold til Bygningsreglementet kap 19 § 391 før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

Eftersyn

Vedligeholdelse af brugsvandsanlæg ved regelmæssige eftersyn er særdeles vigtigt både energi- og driftsmæssigt. Der bør som udgangspunkt med jævne mellemrum foretages følgende i større installationer:

- Udslamning af varmtvandsbeholdere minimum en gang hver måned

Ved et hovedeftersyn tjekkes både varmtvandsproduktion og at styring fungerer efter hensigten.
Derudover anbefales det at følgende tiltag udføres for at sikre at installationen kan yde det den skal og er energimæssigt optimeret:

- Rensning af varmtvandsbeholder årligt for at sikre ydelse

Varmt brugsvand med el opvarmning

El opvarmning er pga. de høje afgifter på elektricitet den dyreste form for opvarmning af varmt brugsvand. Nedenfor beskrives de mest anvendte anlægstyper til varmt brugsvand med el opvarmning.

Varmtvandsbeholder

Varmtvandsbeholder til el opvarmning findes i mange forskellige størrelse helt ned til 15 liter og op til størrelser på 450 liter. Opvarmningen finder sted med et elvarmelegeme der er placeret direkte i beholderen og styres med en termostat. Mange elvarmebeholder kan tilsluttes til både 230V og 400V hvor der ved sidstnævnte opnås en større effekt og dermed hurtigere opvarmningstid. Små el varmtvandsbeholder anvendes tit til steder hvor der ikke er anden tilgængelige varmeforsyning eller i enden af en vidtudstrakt bygning hvor forsyning fra bygningens øvrige varmtvandsproduktion ikke er rentabelt.

Gennemstrømningsvandvarmer

Gennemstrømningsvandvarme opvarmet med el bliver typisk anvendt til enkelte tapsteder. Der vil typisk være behov for 400V tilslutning for at sikre en tilstrækkelig effekt når der ikke er nogen beholder i forbindelse med opvarmningen.

Energibesparelse

Energibesparelser i forbindelse med el opvarmning af varmt brugsvand kan typisk opnås ved konvertering til f.eks. en luftvand varmepumpe til opvarmning af brugsvandet (og evt. også til opvarmning af bygningen) eller supplering med solvarme se nærmere i afsnittet om solvarme.

Renovering af anlæg til varmt brugsvand

Det anbefales at renovere anlæg til varmt brugsvand med elopvarmning, hvis der er:

- Et stort varmetab
- Mistanke om bakteriedannelse i varmtvandssystemet
- Hyppige driftsproblemer eller reparationer og/eller udskiftninger af komponenter, typisk på grund af tæringer
- Stort energiforbrug

Udførelse

Dimensionering af varmtvandsanlæg

Varmt brugsvand

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.

Anlæg i enfamilieshuse

Varmtvandsbeholder

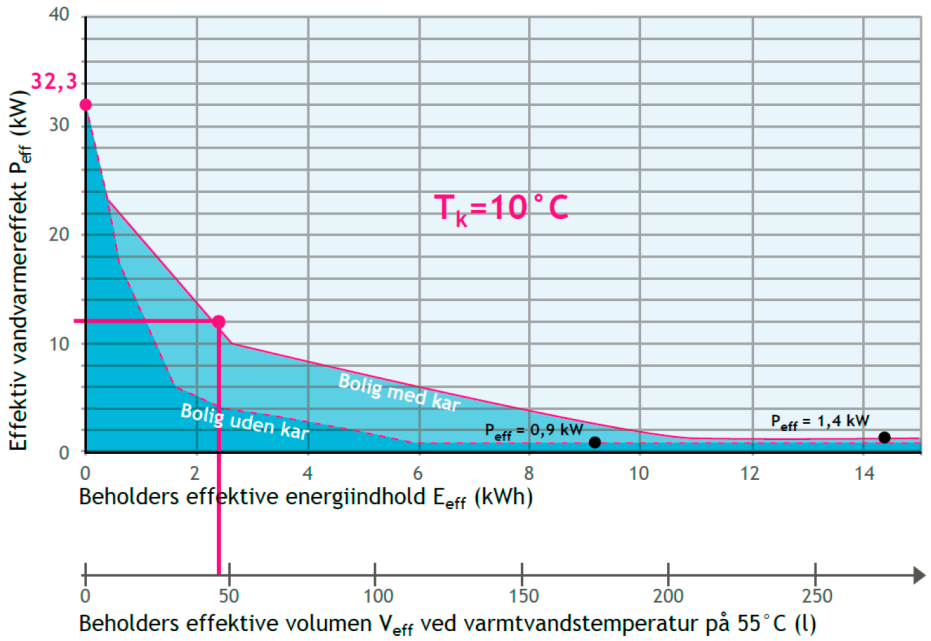
Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

De væsentligste data for varmtvandsbeholderen er den effekt, som varmefladen 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 $T_{v,\,min}$). Beholderens geometriske volumen V~1,4 x V_{eff}.

- den effektive beholderydelse P_{eff}. Det vil sige den effekt, som varmefladen kan yde kontinuert ved en given effekttilførsel og ved opvarmning af brugsvandet fra en given koldtvandstemperatur T_k til den varmtvandstemperatur T_v som kan opnås ved den valgte vandstrøm qv. Den effektive beholderydelse, som aflæses i leverandørernes kataloger, er for rene varmeflader. Effekten skal derfor korrigeres for belægninger med ca. 15 %.

I figur 16 ses den effektive beholderydelse P_{eff} som funktion af beholderens effektive volumen V_{eff}. Figur 16 stammer fra DS 439.



Figur 16. Fastlæggelse af varmvandsbeholders effektive energiindhold

Eksempel 8

I et enfamiliehus er der installeret en el vandvarmer med en maksimal effekt på 9 kW. Der er installeret badekar i boligen, og et normalt varmtvandsbehov.

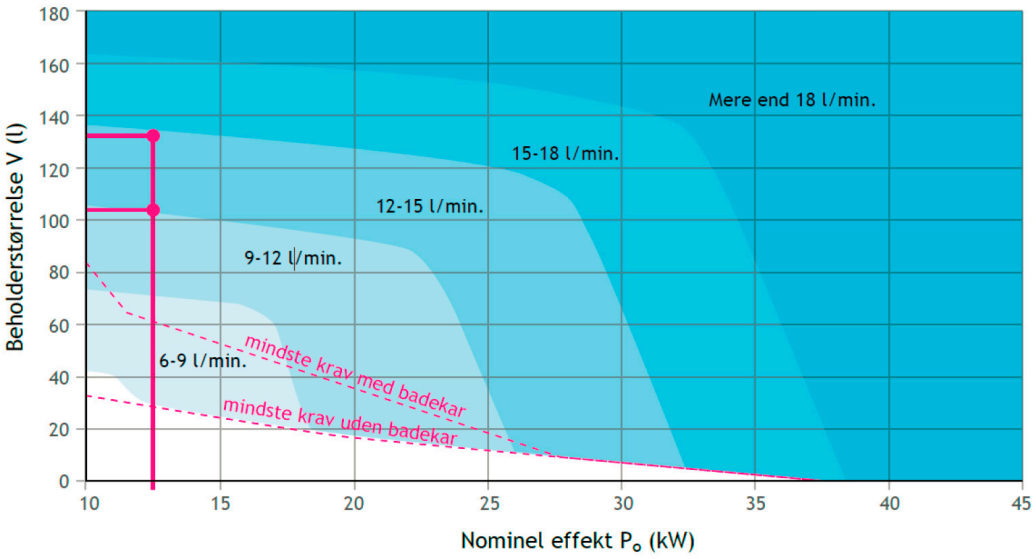
Effekten skal som tidligere nævnt korrigeres for belægninger på varmefladen i varmtvandsbeholderen med ca. 15 %. Effekten Po, der kan overføres til brugsvandet, er derfor:
P_o = 9 kW/1,15 = 7,8 kW

Ved hjælp af figur 13 kan beholderens effektive volumen bestemmes til ca. 90 liter.

Beholderens geometriske volumen kan herefter bestemmes til:

V = 1,4 · 90 liter = 126 liter

Der kan nu vælges en beholder på 160 liter (standardstørrelse).



Figur 17 Fastlæggelse af beholderstørrelse ved forskelige varmtvandsbehov

Varmtvandsbehov	Liter pr. minut i 10 min.	Det svarer fx til
Lille	6 - 9	Bruser
Normalt	9 - 12	Bruser og håndvask samtidig
Stort 12 - 15	12 - 15	Badekar eller to brusere samtidig
Meget stort 15 - 18	15 - 18	To brusere og en håndvask samtidig

Tabel 7.

Eksempel 9

Figur 14 viser, hvilken størrelse beholder der bør vælges, hvis man dimensionerer efter DS 439 til et vandforbrug og et dagligt tappeprogram, der afviger væsentligt fra standardtappeprogrammet i DS 439, fx fordi man der er to badeværelser, som ofte benyttes samtidig, kan man benytte nedenstående figur til at bestemme beholderstørrelsen.

Hvis varmtvandsbehovet i enfamiliehuset i stedet for "normalt" er stort (12 – 15 liter pr. mi-nut i 10 min.), skal beholderen ifølge ovenstående figur være et sted mellem 105 og 135 liter.
I dette tilfælde vil man typisk vælge en beholder på 110 liter. Næste standardstørrelse er 160 liter.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Varmtvandsbeholder

Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

Det er vigtigt, at der er en god lagdeling i beholderen, så beholderens buffer-kapacitet udnyttes. Lagdelingen ødelægges, hvis cirkulationsstrømmen ledes ind i beholderen med stor hastighed.

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

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning.
- Den nødvendige effekt pr. normallejlighed
- Det effektive beholdervolumen pr. normallejlighed

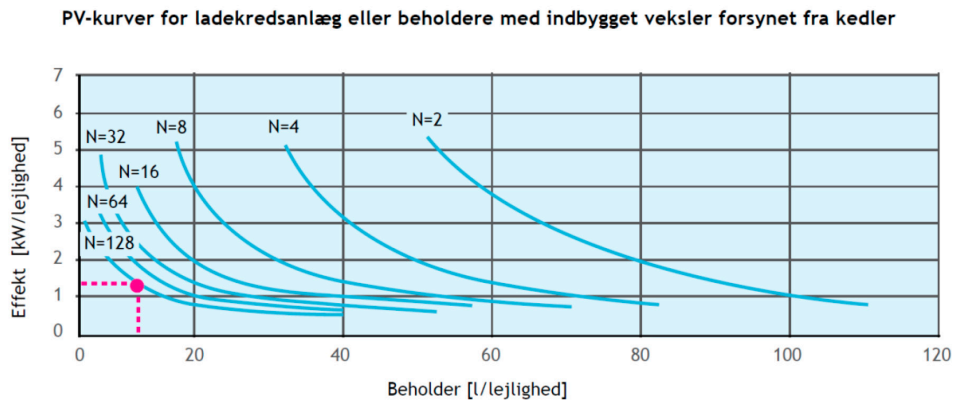
$N = \Sigma (n \cdot p \cdot v \cdot E)/ 3,5 \cdot 4,36$	
N	antallet af "normallejligheder"
n	antallet af lejligheder
p	antallet af beboere pr. lejlighed
v	varmtvandsenheder i lejligheden.
E	Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse.
En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 person. Se endvidere DS 439.	

Tabel 8.

Beholdere med indbygget veksler (varmespiral) forsynet fra kedler kan dimensioneres ved hjælp af nedenstående figur. Effekt og beholdervolumen i diagrammet er angivet ved 45°C. Ved beholdere med temperaturer højere end 45 °C kan beholderstørrelsen beregnes til:

$V_{eff} = (35/(T-10)) \cdot V_{45}$

hvor V_{45} er det aflæste volumen på figur 18.



Figur 18. PV-kurver for ladekredsanlæg eller beholdere med indbygget veksler forsynet fra kedler

Eksempel 10

I en ejendom er der 100 lejligheder med i gennemsnit tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normallejlighed N beregnes til:

N = (100 · 3 · 1 · 4,36)/ 3,5 ·4,36 = 86

Der vælges en beholder på 1.000 liter, svarende til ca. 12 liter pr. normallejlighed. I figur 18 ses, at den nødvendige effekt pr. normallejlighed er ca. 1,3 kW. Det vil sige, at den samlede effekt er ca. 112 kW.
Cirkulationsledningens varmetab er beregnet til 9 kW.

Varmespiralens effekt inkl. 15 stentillæg kan beregnes til:

$P_{varmespiral} = 1{,}15 \cdot (112\ kW + 9\ kW) = 139\ kW.$

Regulering

Anlæg til varmt brugsvand med elvarme reguleres med en trinløs elektrisk termostat med en føler direkte i beholderen. Termostaten er typisk forsynet med en overkogningssikring som sikkerhed.

Montage

Anlæg i enfamilieshuse

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder monteres og tilsluttes de eksisterende rørforbindelser.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

Renovering

Den eksisterende varmtvandsbeholder kobles fra varmeanlægget og demonteres. Den nye varmtvandsbeholder monteres.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholder bør størrelsen vurderes i forhold til det beregnede behov.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Indregulering

I Bygningsreglementets vejledning om termisk indeklima og installationer til varme- og køleanlæg står der:

Ved planlægning og udførelse af installationer til varme- og køleanlæg skal DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger overholdes. DS 469 omfatter alle typer varme- og køleanlæg, der har til formål at tilføre rum og bygninger samt tilknyttede systemer varme eller køling.

Dette gælder således også for varmeforsyningsledninger til varmtvandsproduktionen.

Funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til funktionsafprøvning af anlæg til varmt brugsvand i bygningsreglementet. Dog stilles der krav til at varmeforsyningsanlægget indreguleres og funktionsafprøves i henhold til Bygningsreglementet kap 19 § 391 før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

Eftersyn

Vedligeholdelse af brugsvandsanlæg ved regelmæssige eftersyn er særdeles vigtigt både energi- og driftsmæssigt. Der bør som udgangspunkt med jævne mellemrum foretages følgende i større installationer:

- Udslamning af varmtvandsbeholdere minimum en gang hver måned

Ved et hovedeftersyn tjekkes både varmtvandsproduktion og at styring fungerer efter hensigten. Derudover anbefales det at følgende tiltag udføres for at sikre at installationen kan yde det den skal og er energimæssigt optimeret:

- Rensning af varmtvandsbeholder årligt for at sikre ydelse

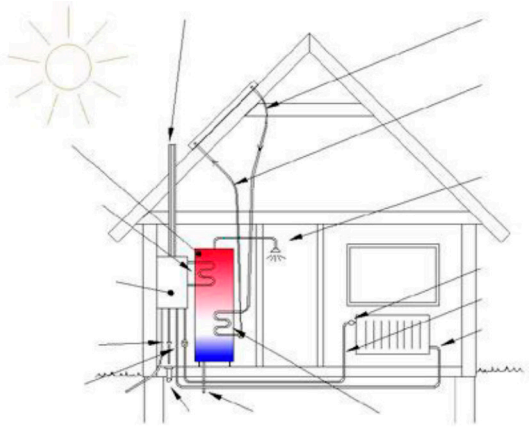
Varmt brugsvand med solvarmeanlæg

Nedenfor beskrives de mest anvendte anlægstyper til varmt brugsvand i anlæg med solvarme. I anlæg med solvarme er der typisk også en anden opvarmningskilde til dækning af behovet i vinterhalvåret eller ved spidslast. Det kan f.eks. være et kedelanlæg eller elvarme.

Anlæg i enfamilieshuse

I forbindelse med brug af solvarme til opvarmning af brugsvand i boliger fastlægges størrelsen af varmtvandsbeholderen og arealet af solfangerne med hensyntagen antallet af beboere så der kan lagres tilstrækkelig kapacitet til at alle beboere kan tage bad uden at der kræves supplerende varme i sommerhalvåret.

Der anvendes typisk er typisk lodretstående varmtvandsbeholdere med varmespiral til solvarme i bunden og en ekstra varmespiral til supplementsvarmen i toppen af beholderen. Dette sikrer at solvarmen kan bidrag mest muligt også når der er få solskinstimer.



Figur 19. Eksempel solvarmeanlæg til opvarmning af brugsvand suppleret med kedelanlæg i enfamiliehus

Anlæg i store bygninger

Solvarmeanlæg i store bygninger anbefales især hvis der er et stort varmtvandsforbrug.

I større anlæg fastlægges størrelsen af beholderen typisk ud fra at den skal have lagringskapacitet til det daglige varmtvandsforbrug og solfangerarealet fastlægges ud fra at der skal være 1m² solfangerareal for hver 50 L lagringskapacitet.

Da det som regel er store energimængder der skal overføres, er det også nødvendigt med relativt store eksterne varmevekslere, f.eks. pladevarmevekslere, der ikke optager plads inde i beholderen. Der kan i denne type anlæg være tale om at der er behov for flere beholdere for at have det nødvendige volumen.

Figur 20 Større solvarmeanlæg til opvarmning af brugsvand på tagflade

Energibesparelse

Energibesparelser i forbindelse med solvarmeanlæg til varmt brugsvand opnås typisk i forbindelse med at eksisterende varmeforsyning suppleres med solvarmeanlægget.

Anlæg i enfamilieshuse

I enfamilieshuse er de typiske tiltag etablering af solvarme til opvarmning af det varme brugsvand i huse, som opvarmes med olie-, gaskedel eller elradiatorer.

Eksisterende forhold	Nyt solvarmeanlæg	
	Energibesparelse pr. kvadratmeter solfanger	Energiforbrug til drift af an-lægget pr. kvadratmeter solfanger
	kWh/m2pr. år	
A-mærket kedel, fjernvarme eller elvarme	520	30
Ældre kedel eller kedel med dårligere energimærke	790	790

Tabel 9.

Forudsætning

Besparelserne forudsætter, at solfangerne orienteres mod syd med en hældning på 45°.

En solfanger virker optimalt ved en placering på en sydvendt 45 grader tagflade på det mest solbeskinnede sted. Der må ikke være skygge på solfangeren fra kl. 9.00-16.00 fra maj til september. Er der ikke mulighed for dette, vil samme ydeevne kunne opnås ved at øge solfangerens størrelse i m² afhængig af retning og taghældning.

I figur 21 ses, hvordan placering og ydeevne hænger sammen. Figuren kan anvendes til at finde den procentvis mindre ydelse eller til at gøre bestemme hvor meget arealet af solfangerne tilsvarende skal gøres større.

Hældning fra vandret \ Afvigelse fra syd	0°	30°	45°	75°	90°
15°	89	88	87	81	78
30°	97	95	92	83	78
45°	100	98	94	83	76
60°	99	96	92	80	73
75°	91	89	86	75	67
90°	77	77	74	65	58

Figur 21. Ydelser angivet i % for afvigelser i forhold til palcering mod syd og i forhold til hældning på 45°

Eksempel 11

I et parcelhus med fem beboere etableres der 5 m2 solfanger på et sydvendt tag med 45° hældning og 250 liter solvarmebeholder i bryggers.

Huset opvarmes med en A-mærket naturgaskedel, der slukkes om sommeren.

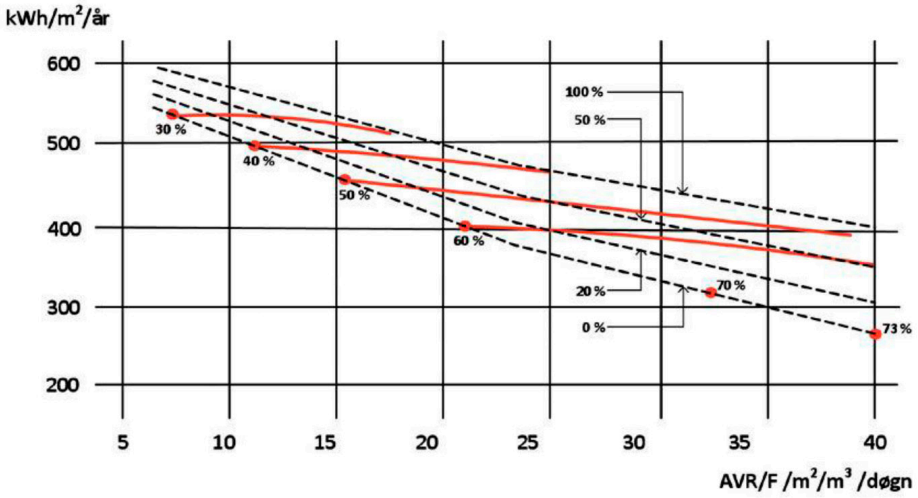
Gasforbruget til fremstilling af varmt vand kan beregnes til:
5 m²· 520 kWh/m² = 2.600 kWh

Elforbrug til drift af pumpen kan beregnes til:
5 m² · 30 kWh/m² = 150 kWh

Besparelsen kan beregnes til:
2.600 kWh – 150 kWh = 2.450 kWh

Store anlæg (etageejendomme, kontorer m.m.)

I etageejendomme, kontorer m.m. er de typiske tiltag konvertering til fjernvarme fra oliekedel eller renovering af eksisterende fjernvarmeanlæg.



$$\text{X-akse:}\ \frac{\text{valgt solfangerareal, regningsmæssig (AVR) (m}^2\text{)}}{\text{døgnforbrug af varmt brugsvand, F (m}^3\text{/døgn)}}$$

Y-akse: årlig anlægsydelse (kWh) pr. m^2 solfanger (AVR)

Figur 22. Solfangerydelse og dækningsgrad i til valgt solfangerareal og forbrug af varmt brugsvand

Eksempel 12

En bygning forudsættes at have et dagligt varmtvandsforbrug på 3.000 liter opvarmet fra 10°C til 45°C og et varmetab fra cirkulationsledningen, som er lige så stort som varmtvandsforbruget. Bygningen har et oliefyr med en årlig nyttevirkning på 85 %.

Et passende solvarmeanlæg til bygningen har et solfangerareal på 3.000/50 = 60 m².
Pumpens og styresystemets effektforbrug er 80 W.

Den årlige energibesparelse med 60 m²solfanger og oliefyr bliver:

Energi produceret af solvarmeanlæg (se figur 22):
500 kWh/m²/0,85 · 60 m² = 35.294 kWh

Årligt energiforbrug til pumpe og styring:
0,08 kW · 2.250 h = 180 kWh

Samlet årlig energibesparelse: 35.294 kWh – 180 kWh = 35.114 kWh

Eksempel 13

Et anlæg med et solfangeareal på 60m², et forbrug på 3m³/døgn samt et cirkulationstab der udgør 50% af varmeforbruget vil ifølge figur 22 have en forventet ydelse på ca. 470 kWh/m² pr. år og en dækningsgrad på knap 45%

Udførelse

Dimensionering af solvarmeanlæg til varmt brugsvand

Anlæg i enfamilieshuse

I enfamiliehuse anbefales normalt 4m² solfanger og en 200 liter solvarmebeholder. Hvis der er flere end fire beboere i huset bør solfangerarealet øges med 1m² og solvarmebeholderens volumen med 50 liter for hver ekstra beoer. Dette er under forudsætning af at solfangerne kan placeres under optimale forhold ellers korrigeres der i forhold til figur 21.

Anlæg i større bygninger

Anlægget bør dimensioneres til at solvarmen kan dække bygningens varmtvandsforbrug og cirkulationsledningens varmetab om sommeren så supplerende energianlæg kan slukkes.

I figur 22 er angivet typiske solfangerydelser i kWh pr. m² solfanger. De stiplede sorte kurver angiver ydelsen for solvarmeanlæg med cirkulationsledningstab på hhv. 0%, 20%, 50% og 100% af varmtvandsforbruget. De røde kurver viser dækningsgraden.

Hvis tagfladen vender i en anden retning end syd eller har en anden hældning end 45°, anvendes figur 21 til at finde den mindre ydelse eller til at gøre arealet af solfangerne tilsvarende større.

Montage

Solfangeranlæg fastgøres på tagflader med beslag der er beregnet til opgaven så montagen kan ske uden at tagbelægningens tæthed forringes. På flade taget monteres solfangerne på stativer der fastgøres på tagfladen. Hvis montering udføres i forbindelse med lægning af nyt tag, er der også mulighed for at udføre solfangeren som en integreret løsning i taget.

Solfangeranlægger frostsikres med en frostvæske. Frostvæsken må ikke påfyldes mens solfangerne udsættes for varme. Så det skal enten ske i overskyet vejr/efter solnedgang eller ved at overdække solfangerne under påfyldning. Det er også muligt at anvende vand som væske i solfangerkredsen. Det skal blot sikres at der ikke kan opstå frostskader i form af frostsprængninger i kredsen. Vand anvendes som solfangervæske i tømmeanlæg, dvs. anlæg hvor komponenter placeret udenfor bygningens klimaskærm tømmes for væske når anlægget ikke er i drift.

Næsten alle solvarmeanlæg installeres med lukket kredsløb. I lukket kredsløb er væsken i solfangerkredsen under tryk. Det har den fordel at kogepunktet for væsken stiger, samt at der ikke suges luft ind i kredsløbet. Kredsen udføres med en trykekspansionsbeholder, der kan optage væskeudvidelserne som følge af temperaturstigninger i væsken ved normal drift.

Det er vigtigt at eliminere luft i solfangerkredsen, fordi luft udskilles fra væske under opvarmning, og fordi luft kan udvide sig meget og derved blokere for væskecirkulation. I ekstreme tilfælde kan luft forhindrer cirkulation i solfangerkredsen med mulighed for kogning i kredsen og tab af væske fra kredsen.

Kredsløbet skal være forsynet med påfyldnings- og aftapningshane samt strategisk placerede ventiler, f.eks. på hver side af pumpen således at pumpen nemt kan skiftes, hvis den går i stykker, uden at hele kredsen skal tømmes for væske.
Væskehastigheden i solfangerkredsen bør være tilstrækkelig til, at fri luft kan føres med til nærmeste luftudlader.

Solvarmeanlæg skal opføres i overensstemmelse med følgende standarder og regler:

- DS 469 Norm for varmeanlæg og køleanlæg i bygninger
- DS 439 Vandinstallationer
- DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
- Arbejdstilsynets regler for ufyrede varmtvandsanlæg, 58/1-975
- Arbejdstilsynets bekendtgørelse vedr. trykbeholdere, 746/1987

Funktionsafprøvning

Der er ikke krav om funktionsafprøvning af solvarmeanlæg til varmt brugsvand i bygningsreglementet.

Eftersyn

Det anbefales at solvarmeanlæg efterses en gang årligt herunder Kontrol af solfangervæskens tilstand for at forebygge frostskader på anlægget
Derudover kan et eftersyn af solvarmeanlæg indeholde:

- Kontrol af styringsautomatik
- Kontrol af tryk i anlæg, ekspansionsbeholder og funktion af sikkerhedsventil
- Rensning af evt. snavssamler og udluftning af anlægget
- PH-måling og eventuel udskiftning af solfangervæsken

Cirkulationssystemer

Cirkulationssystemer til varmt brugsvand skal under hensyn til varmtvandstapstedernes antal og anvendelse kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet. Ved de tapsteder, hvor der er behov for varmt vand, skal der være en passende varmtvandstemperatur til stede uden besværende ventetid under hensyn til energiforbrug, vandforbrug og hyppigheden af installationens brug.
I enfamiliehuse kan cirkulation normalt undværes hvis alle tapsteder er placeret relativt tæt på brugsvandsopvarmningen og rørdimensioner ikke er for store.

I større bygninger vil det næsten altid være nødvendigt med cirkulationssystemer for det varme brugsvand pga. udstrækningen af rørnettet.

El-tracing

El-tracing er opretholdelse af temperaturen i distributionssystemet ved hjælp af varmekabler. Det gør det muligt at undgå, at cirkulationsvandet skal føres tilbage til produktionsstedet (veksler/beholder). Det betyder, at returledningen til beholderen eller veksleren gøres overflødig, hvilket reducerer varmetabet til cirkulation af varmt brugsvand.

I rapporten Varmt Brugsvand. Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger fra SBi ses dog, at eltracing ikke giver mindre tab end et traditionelt cirkulationssystem.

Ved nybyggeri reduceres anlægsudgiften imidlertid, når returledning og cirkulationspumpe overflødiggøres.
Som et alternativ til at have en separat cirkulationsledning ved siden af varmtvandsledningen findes der også systemer hvor cirkulationsledningen placeres som et løst fleksibelt rør inden i varmtvandsledningen hvilket både er pladsbesparende og medvirkende til et mindre varmetab fra cirkulationsledningen. Denne løsning kan dog kun anvendes til lodrette cirkulationsledninger.

Energibesparelse

Energibesparelser vedr. cirkulationssystemer kan opnås på flere forskellige måder. Det er værd at bemærke at nogle af besparelsesmulighederne kan give øget risiko for bakterievækst i varmtvandssystemet.

Efterisolering af rør

Reduktion af varmetabet fra varmtvandsledningen og cirkulationsledningen kan give anledning til en varmebesparelse. Ligeledes vil en efterisolering også give anledning til at der er er behov for en mindre cirkulationsvandmængde og dermed mindre pumpeenergi.
Se kapitel vedr. teknisk isolering.

Udskiftning af cirkulationspumpe

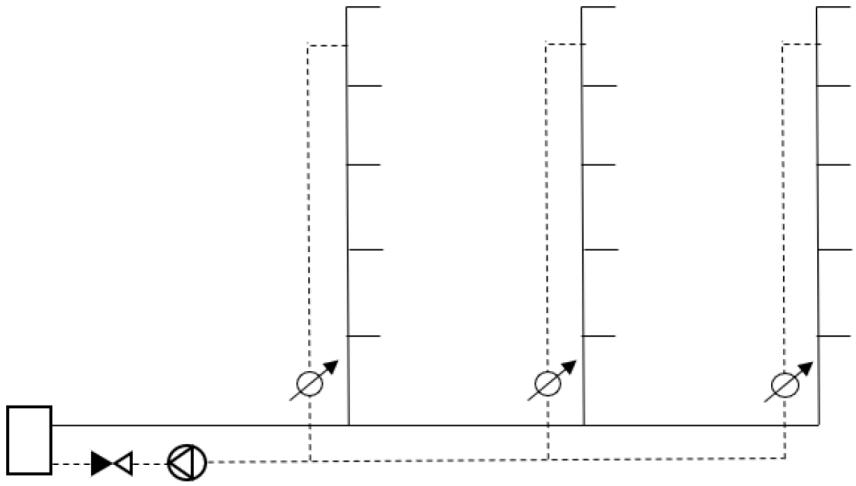
Hvis der er en ældre cirkulationspumpe i systemet, kan det måske betale sig at udskifte den med en ny mere energieffektiv pumpe.

Tidsstyring af cirkulationspumpe

I anlæg der ikke er i drift hele tiden f.eks. kontorbygninger kan der være tale om at lave en tidsstyring af cirkulationspumpen så den kun er i drift når bygningen er i brug. Det giver dog en øget ri-siko for bakterievækst i det stillestående vand når pumpen ikke er i drift.

Termostatstyrede Cirkulationsventiler

På ældre cirkulationssystemer hvor indreguleringen er foretaget med statiske strengreguleringsventiler kan der opnås energibesparelser ved at montere termostatiske cirkulationsventiler på returledningerne.



Figur 23. Eksempel på placering af cirkulationsventiler i et rørsystem med 3 stigestrene

Det sikrer, at den cirkulerende vandmængde overalt har en given minimumstemperatur. Ved faldende temperatur i cirkulationsledningen åbner cirkulationsventilen for vandgennemstrømning. Ved stigende temperatur lukker cirkulationsventilen for gennemstrømning.
Anvendelse af termostatiske cirkulationsventiler kan også medføre et reduceret elforbrug til drift af cirkulationspumper hvis der anvendes elektronisk regulerede pumper.
Termostatiske ventiler kan øge risikoen for stillestående vand i cirkulationssystemet og opformering af Legionella bakterier. Dette kan afhjælpes ved anvendelse af ventiler med påbyggede elektriske aktuatorer der kan tvangsåbne ventilen så der med regelmæssige mellemrum kan foretages gennemskylning af cirkulationsledningen med vand med en højere temperatur end den normale cirkulationstemperatur.

Dimensionering

Cirkulationsledninger til varmt brugsvand dimensioneres ud fra at vandstrømmen skal være tilstrækkeligt til at sikre at der ikke sker et temperaturfald på mere end 3-5 grader til fjerneste tapsted. Vandstrømmen beregnes på baggrund af det samlede varmetab fra varmtvandsledningen og cirkulationsledningen.

Eksempel 13

I et varmt vandsystem er varmetabet fra varmtvandsledningen og cirkulationsledningen be-regnet til 800W. Der ønskes et temperaturfald på maks. 3°C. Cirkulationsstrømmen bestem-mes ved:

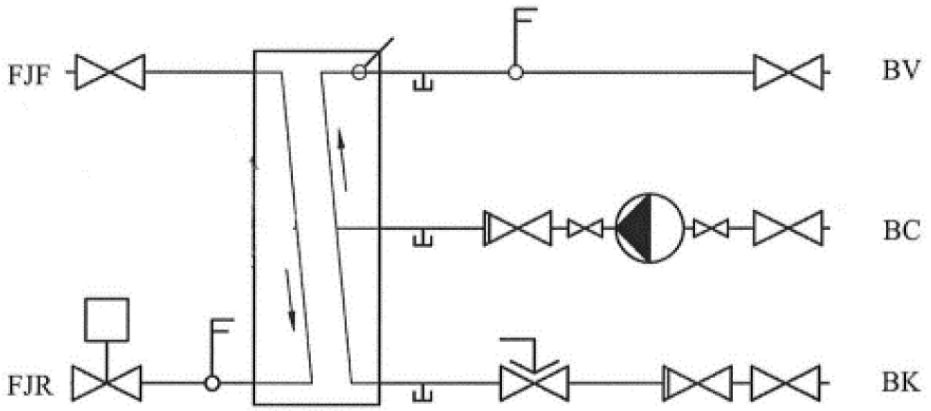
$Q_{cirkulation}$ *= Varmetab [W] · 0,86 /△T = 800W · 0,86 / 3°C = 229,3 L/h*

Montage

Det har tidligere været almindeligt, at cirkulationsledningen blev anbragt på koldtvandsledningen, lige før beholderen. Ved beholdere skal cirkulationsvandet bestryge varmefladen på en sådan måde, at føleren kan føle temperaturen på det opvarmede cirkulationsvand.

Det er vigtigt, at cirkulationsvandstrømmen indreguleres så der ikke skabes for meget omrøring i beholderen, da det kan gå ud over lagdelingen i beholderen og afkølingen i fjernvarmesystemer.

I fjernvarmeinstallationer med en gennemstrømningsvandvarmer anbefales det at anvende en 5-benet veksler hvis der ikke er termostatstyring på cirkulationsvandstrømmen da det ellers kan være vanskeligt at opnå en fornuftig afkøling af fjernvarmevandet.



Figur 24. 5 benet veksler med cirkulation

Funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til funktionsafprøvning af anlæg til varmt brugsvand i bygningsreglementet. Dog stilles der krav til at varmeforsyningsanlægget indreguleres og funktionsafprøves i henhold til Bygningsreglementet kap 19 § 391 før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

Bakterier i det varme vand

Legionærsyge er en sygdom, som skyldes bakterien Legionella. Denne bakterie findes mange steder, men har især ideelle vækstbetingelser varmtvandsanlæg, hvor temperaturen flere steder er under 60 °C.

Bakterien Legionella kan ved indånding af forstøvet vand (aerosoler), fx under brusebadning – både medføre Legionærsyge (lungesygdom) og Pontiac feber (influenzalignende febersygdom). Legionærsyge kan være dødelig for især personer med svækket immunforsvar – og sygdomstilfældene skal anmeldes til de offentlige myndigheder.

Vækst af Legionella skyldes ofte lav driftstemperatur, ”døde ender” med stillestående vand eller at vandets cirkulation hindres af kalk, slam og rust. Problemerne kan reduceres, hvis varmtvandssystemet overholder de foreskrevne mindstekrav til brugsvandstemperaturer.

I den nedenstående tabel er angivet hvordan betingelserne for legionellavækst er ved forskellige temperaturniveauer.

Temperatur	**Temperaturens effekt på vækst af Legionella**
Under 20 °C	Legionella kan overleve, men er oftest i et hvilestadie
20 °C - 50 °C	Legionella kan vokse – det optimale temperaturniveau er 35 °C til 46 °C
Over 50 °C	Legionella kan overleve, men der sker ikke vækst
55 °C	Legionella dør inden for 5 – 6 timer
60 °C	Legionella dør inde for en halv time, men der er øget risiko for kalkdan-nelse
66 °C	Legionella dør inden for 2 minutter

Tabel 10. Temperaturniveauer legionellavækst

I tabel 10 er angivet anbefalede driftstemperaturer i varmtvandssystemer.

Sted	Temperaturkrav	anbefalinger
Beholder	Mindst 50 °C	Opvarmningsperioden fra 20 °C til 50 °C bør minimeres for at forebygge vækst af patogene mikroorganismer.
	Gerne 55 °C	Temperaturen bør være mere end 50 °C for at undgå vækst af patogene mikroorganismer.Anlæg bør være dimensioneret til at kunne opvarme varmt brugsvand til 60 °C. Herved kan foretages en pasteurisering af vandet, der kan reducere bakterietallet.
	Højst 60 °C	Temperaturen bør af hensyn til kalkud-fældning og korrosion ikke overstige 60 °C i længere perioder.
Fjerneste tapstedMindst	Mindst 50 °C	For at undgå øget bakterievækst i stagnerende vand i døde ender skal temperaturen være over 50 °C ved det fjerneste tapsted.
Cirkulationsledning	Mindst 50 °C	Temperaturen skal være over den kritiske værdi for vækst patogene bak-terier i hele cirkulations-ledningen.

Tabel 11. Anbefalede driftstemperaturer af hensyn til Legionella

I større brugsvandssystemer er vandmængden i ledningssystemet langt større end i en eventuel beholder, hvorfor risikoen typisk ligger. Betydningen af og risikoen for at der kommer Legionella i et varmt brugsvandssystem ligger mere i cirkulationskredsen end i opvarmningsenheden, hvorfor en nærmere undersøgelse af fx temperaturforhold, indregulering etc’s betydning for muligheden for opformering af Legionella i cirkulationskredsen bør overvejes.
Der findes i dag mange ældre systemer, hvor der fx er placeret 43 – 48 °C termostatiske indreguleringsventiler, hvilket betyder at disse installationer altid kører med en returtemperatur der er under 50 °C.
I Større installationer bør det derfor sikres, at der er foretaget en korrekt indregulering af installationen fx ved anvendelse af moderne indreguleringsventiler med mulighed for overstyring af temperaturen. Eksisterende indreguleringsventiler er indstillet til en fast temperatur, og kommer der problemer med Legionella i anlægget, er det ikke muligt at hæve temperaturen ude i cirkulationskredsen.

Metoder til bekæmpelse af Legionella

Desinficering af varmtvandssystemer kan ske på flere forskellige måder. I nedenstående tabel er angivet en række metoder der kan anvendes til formålet:

Metode	Virkemåde	Bemærkninger
Termisk desinfektion, Temperaturchok (temperatur-gymnastik).	Forhøjet temperatur i varmtvandsbeholderen med efterfølgende gennemskylning af ledningsnettet	Effektiv og gennemprøvet metode. Giver øget risiko for skoldning. Giver øget kalkudfældning, og et øget energi- og vandforbrug. Kan være vanskelig at gennemføre i cirkulationssystemer hvor der er termostatiske indreguleringsventiler især af ældre type.
Ultraviolet stråling (UV)	Har en ødelæggende effekt på bakteriers DNA, hvorved væk-sten stoppes	Har ingen effekt på biofilmdannelse i led-ningsnettet, og bør derfor kombineres med andre metoder. Ultralyd kan anvendes som forbehandling og øger effekten af UV behandling
Kloring	Desinficerer og inaktiverer bakterier	Der er mulighed for dannelse af giftige biprodukter.
Klordioxid	Har en ødelæggende effekt på transport af næringsstoffer over bakteriernes cellemembran.	Der kan ske dannelse af giftige biprodukter som klorite og klorate. Metoden har effekt på dannelsen af biofilm.
Ozon	Ødelægger bakterier og fjerner dårlig lugt og smag og farve.	Ozon er korrosivt, og bliver desuden hurtigt nedbrudt.
Kobber-sølv ionisering	Virker toksisk for bakterier	Metoden er pH afhængig, hvorfor en forbehandling kan være nødvendig.
Anodisk oxidation	Dræber bakterier, mens de sammen med vandet strømmer gennem et specialudviklet apparat	Processen dræber alle bakterierne samt fjerner biofilmbelægningerne i varmtvandsbeholdere og rørsystemer
Membranteknologi. Ultrafiltrering. Omvendt osmose.	Filtrering af vandet gennem filtre med lille porestørrelse	Der er risiko for tilstopning af filtre, og nedsat tryk i ledningsnettet.
On site produktion af Mixed Oxidants	On site produktion af en Mixed Oxidant desinfektionsvæske ved hjælp af en membran celle elektrolyseproces	Har vist sig i forbindelse med anvendelse på bl.a. hospitaler o.l. i udlandet at give en særdeles effektiv desinfektionsvæske til bekæmpelse af biofilm i varmtvandssystemer og eliminerer dermed Legionella bakterieproblemerne i vandet. Har ikke været afprøvet i Danmark.
Overvågning af temperaturen i større cirkulationssystemer.	Systemet overvåger temperturerne i stigstrenge og cirkulationskreds, og giver en alarm ved for lave temperaturer.	Anlægget kan koblers direkte til ejendommens CTS anlæg, eller sende en SMS beske til udvalgt person.

Figur 25. Oversigt over bekæmpelsesmetoder