

GUIDE TIL RADIATORER I **LAVTEMPERATUR** SYSTEMER

GUIDE TIL RADIATORER I **LAVTEMPERATUR** SYSTEMER



Purmo Danmark
Rosengade 1, 6600 Vejen
Tel. +45 75 55 56 11

Dokumentet er udarbejdet efter vores bedste viden. Dette dokument må hverken helt eller delvist reproducere uden eksplicit, skriftligt samtykke fra Rettig ICC. Rettig ICC kan ikke gøres ansvarlig for unøjagtigheder eller følger af brug eller misbrug af indholdet heri.

Formålet med guiden

Med denne guide ønsker vi at give et overblik over varmesystemer med lave temperaturer. Vi gennemgår fordele, anvendelser og lavtemperatursystemernes bidrag til et generelt lavere energiforbrug i hele Europa.

Flere forskere og brancheeksperter har venligst bidraget til guiden, og den beskriver detaljerede undersøgelser og forskning i brugen af radiatorer i effektive varmesystemer.

Hjælp til et veldokumenteret beslutningsgrundlag ved valg af varmekilder

Guiden er målrettet til forhandlere, installatører og planlæggere som hjælp til at skaffe et godt beslutningsgrundlag ved valg af varmekilder i nye bygninger og ved bygningsreovering.



FRA ENERGI TIL EFFEKTIVITET

Formålet med guiden	3
Indhold	5
A Interview med Mikko Iivonen	6
1 Vi skal tænke nyt	10
2 Isoleringens betydning for varmeydelsen	20
B Interview med Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson	34
3 Lavtemperatursystemer vinder udbredelse	38
C Interview med Professor Dr. Jarek Kurnitski	54
4 Klare beviser	58
5 Valg af varmekilde	72
6 Fordele for slutbrugeren	78
D Interview med Elo Dhaene	82

JEG OMSÆTTER RESULTATER

Som direktør for forskning, udvikling og tekniske standarder hos Rettig ICC har jeg ansvar for at forsyne alle vores markeder med nye fakta, viden, innovationer, produkter og resultater. Vores arbejde tager altid udgangspunkt i realistiske og uafhængige undersøgelser gennemført i tæt samarbejde med førende forskere og brancheeksperter. På det seneste har vi indgået i samarbejde med Prof. Dr. Leen Peeters (Universitetet i Bruxelles - Belgien), Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson (Örebro Universitet - Sverige), Prof. Dr. Jarek Kurnitski (Helsinki Tekniske Universitet - Finland), Dr. Dietrich Schmidt (Fraunhofer Institut – Tyskland) og mange andre. Med hjælp fra dem, **deres undersøgelser og deres viden kan jeg omsætte fakta til resultater.**

A black and white portrait of Mikko Iivonen, a middle-aged man with glasses, wearing a striped button-down shirt. He is holding a large black binder or folder in front of him. The background is a bright, out-of-focus indoor setting.

Mikko Iivonen

M. Sc. (Tech) Mikko Iivonen,

Director R&D, Research and technical standards Rettig ICC

Intelligente opvarmnings-løsninger

Løsninger der tilbyder op til 15% energibesparelse

Ved at investere tungt i forskning og udvikling kan vi indfri vores løfte om at tilbyde intelligente varmeløsninger.

Løsninger der tilbyder reelle forskelle i omkostninger, varme-komfort, indeklima og energiforbrug. Løsninger der gør det muligt at spare op til 15% energi. På den baggrund vil jeg gerne viderebringe resultaterne af en omfattende 1-årig undersøgelse foretaget af Professor Harrysson. Undersøgelsen omfattede 130 svenske enfamilies- og flerfamiliesboliger, og den viser, at varmeenergiforbruget i bygninger med gulvvarme er 15-25% højere end i radiatoropvarmede bygninger. Det er ikke overraskende, men det viser også, at den forbedrede energieffektivitet i moderne bygninger igen har sat helt centralt fokus på lavtemperatursystemer.

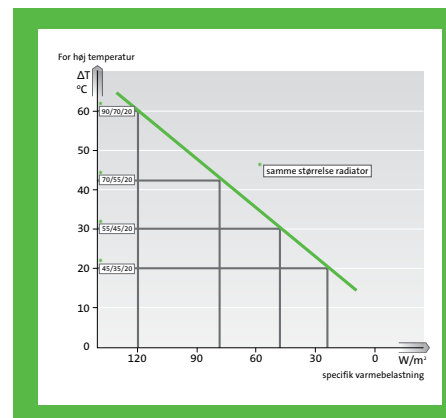
På grund af strammere krav og deraf følgende lavere varmetab er bygningerne blevet lettere at opvarme

Som det fremgår af **Figur 1.1 og 1.2** er radiatorernes designede temperatur faldet over årene i takt med bygningernes ændrede energibehov. De stadigt strammere krav til byggeri og bygningsisolering i Europa har bevirket, at bygningerne er blevet lettere at opvarme, da varmetabet er blevet betydeligt mindre. Og med et radiatorsystems fremragende reaktionsevne er det nu blevet lettere end nogensinde at udnytte varmegevinsterne i hjemmet og på arbejdspladsen. EU-landene arbejder efter en fastlagt tidsfrist med at udarbejde og gennemføre lovgivning, der skal gøre det muligt

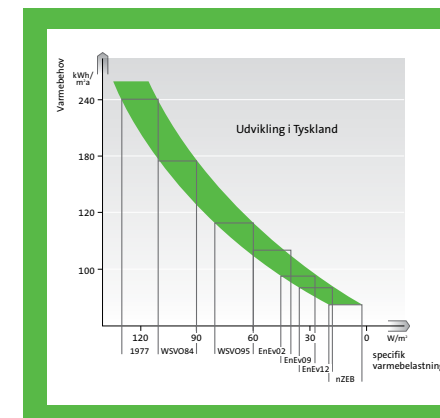
at indfri målene for forbedret energieffektivitet inden 2020 (20/20/20 direktivet). Det indebærer, at man skal nå et mål om primære energibesparelser til 20% under 2007 niveauet, drivhusgasudledningen skal nedbringes med 20%, og 20% af det samlede energiforbrug skal komme fra vedvarende energikilder. For husejerne, der pålægges krav om stadigt strengere energicertifikater, er der mere grund end nogensinde før til at vælge et varmesystem, der giver en dokumenteret forbedring af energieffektiviteten - nemlig radiatorer i et lavtemperatursystem. Målene er særligt relevant for bygninger, da de står for 40% af det samlede energiforbrug i Europa.

20/20/20

Mål om energibesparelser på 20%, 20% lavere drivhusgasudledning, 20% af det samlede energiforbrug skal komme fra vedvarende energikilder



Figur 1.1
Designede radiatortemperaturer er mindsket i takt med den formindskede varmebehov i bygningerne (W/m^2)



Figur 1.2
Udviklingen i bygningernes varmebehov (W/m^2) samt behovet for opvarmningsenergi (kWh/m^2a) i tyske byggerier

KAPITEL 1

TID TIL FORANDRINGER I VORES TANKEMÅDE

- **Energilovgivning** > De europæiske lande har forskellige nationale lovgivninger vedrørende energiydelser og forbedring af energieffektivitet
- **Mål for vedvarende energi** > Faste mål har lagt stort pres på boligejerne om at minimere energiforbruget
- **Innovation inden for radiatorer** > Lavere vandindhold og placering af pladerne i kontakt med de varmere kanaler øger varmeyedelsen. Med den nye teknologi er materialeeffektiviteten op til 87% højere end i traditionelle modeller

Energilovgivningen har betydning for alle og er særligt relevant for bygninger. Boliger og kontorbygninger i Europa underlægges stadigt strengere krav til energiydelsen, og EU-direktiverne EPBD 2002/91/EF og EPBD ændring 2010/91/EF stiller krav om certificering af energiforbruget for både ejere og lejere. Derudover har EU-landene en fast tidsfrist med hensyn til at udarbejde og gennemføre lovgivning til opfyldelse af energieffektivitetsmålene for 2020 (20/20/20 direktivet).

De europæiske lande har forskellige nationale lovgivninger, og målene for forbedring af energieffektiviteten er fastlagt individuelt for de enkelte EU- lande. Trods de varierende mål og målepunkter pr. land ser man overalt i Europa en faldende tendens.

Energilovgivning

De europæiske lande har forskellige nationale lovgivninger

Eksempler på mål for vedvarende energi

Som det ses **herunder** og på de følgende sider, er nogle af målene meget stramme, og den bagvedliggende forudsætning om brugen af vedvarende energi og nedbringelse af drivhusgasudledningen er blevet massivt prioriteret.

Finland:	fra 28.5% - til 39%
Frankrig:	fra 10.3% - til 23%
Tyskland:	fra 9,3% - til 18%
Storbritannien:	fra 1,3% - til 15%
Sverige	fra 39% - til 49%

Strengt mål har lagt stort pres på bygningsejere

Det har lagt et stort pres på husejerne for at finde metoder til at minimere energiforbruget ud over at overholde regeringernes bestemmelser (**figur 1.4**). I hele Europa påvirkes tendensen til energieffektiviseringer af en række andre faktorer.. Prisen på fossile brændstoffer stiger fortsat, efterhånden som olie, gas og kul bliver mere og mere knappe ressourcer.

Befolkningerne er i stigende grad bekymrede for miljøet, og forbrugerne har i stigende grad præferencer for miljøvenlige produkter og processer. Det gør det mere tydeligt, at vi er nødt til at revurdere varmeindustriens arbejdsmåder: ifølge retningslinjerne i Ecodesign direktivet ErP 2009/125/EC. Vores ansvar over for slutbrugerne er at tilbyde de mest energieffektive og omkostningseffektive måder at skabe et behageligt indeklima. Selvom der er mange forskellige varmeløsninger på markedet, hersker der fortsat forvirring om, hvad det er bedst at vælge.

For at slutbrugere, installatører, og planlæggere kan træffe et kvalificeret valg, er det helt afgørende, at en præcis dokumentation for de forskellige varmeløsninger stilles til rådighed. Og med baggrund i den stigende brug af centralvarmesystemer med lave temperaturer har Purmo udarbejdet denne Guide for at forklare den stigende rolle, som radiatorer spiller i varmeløsningerne i branchen i dag.

Eksempler på reduktionsmål

Vores ansvar over for slutbrugerne er at tilbyde de mest energieffektive og omkostningseffektive måder at skabe et behageligt indeklima

Figur 1.4

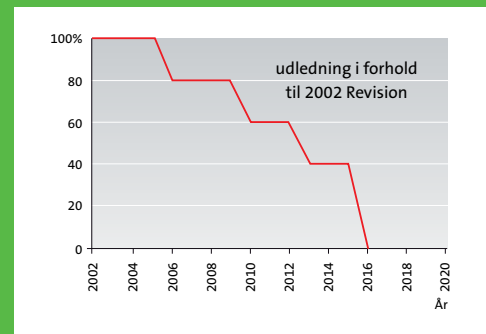
Oversigt over nogle landes indsats for at udvikle nulenergibygninger med det mål at forbedre nye bygningers energiydelse

REHVA Journal 3/2011

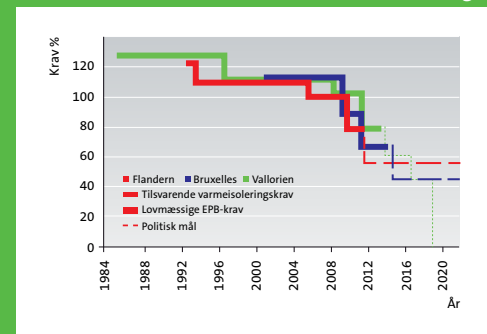
Holland



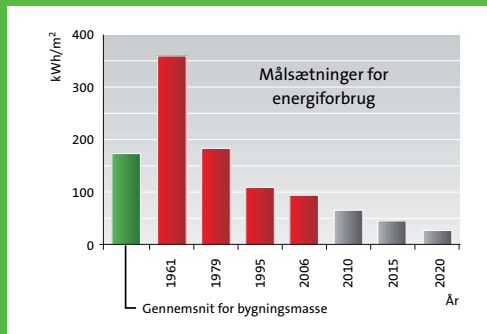
Storbritannien



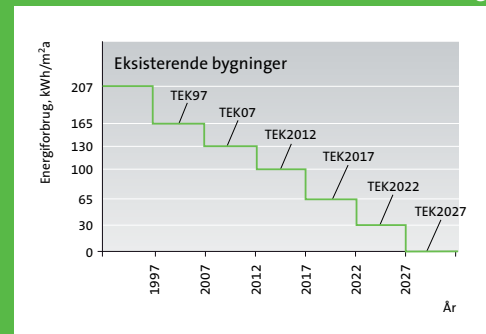
Belgien



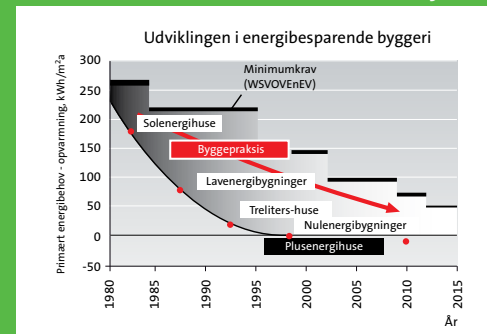
Danmark



Norge

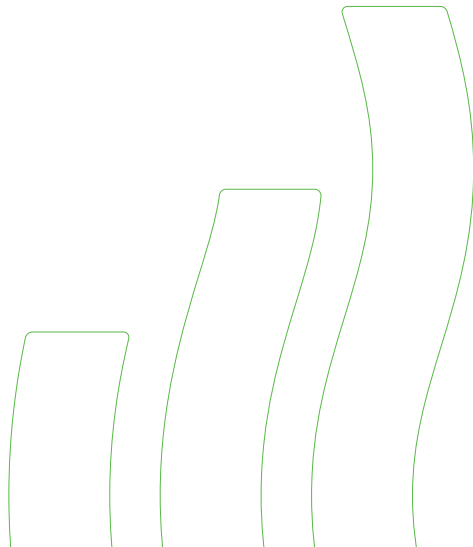


Tyskland

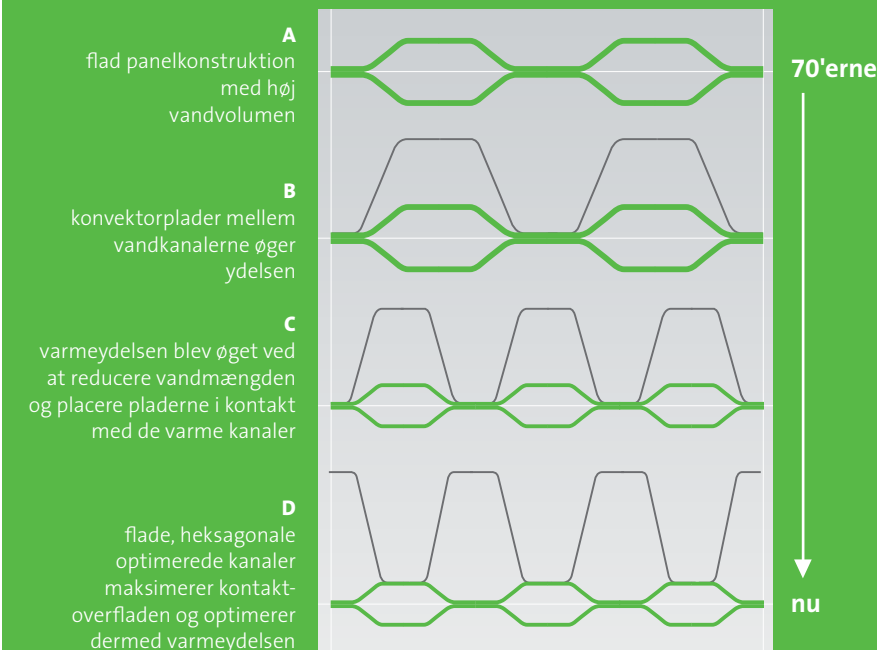


Innovation

Radiatorerne har udviklet sig meget siden de store dimensioner for 40 år siden (Figur 1.5 - 1.6). De tidlige stålpaneltyper havde en flad panelstruktur med større vandvolumen (A). Så introducerede man konvektorplader mellem vandkanalerne, så ydelsen blev øget (B). Med tiden fandt man ud af, at varmeydelsen kunne øges ved at reducere vandindholdet og placere pladerne i kontakt med de varmere kanaler (C). Først da kanalerne blev gjort fladere i en sekskantet og optimeret form, som ses her, blev kontaktfladens areal maksimeret og varmeydelsen dermed optimeret (D).



Figur 1.5:
Innovation inden får panelradiatorer i stål



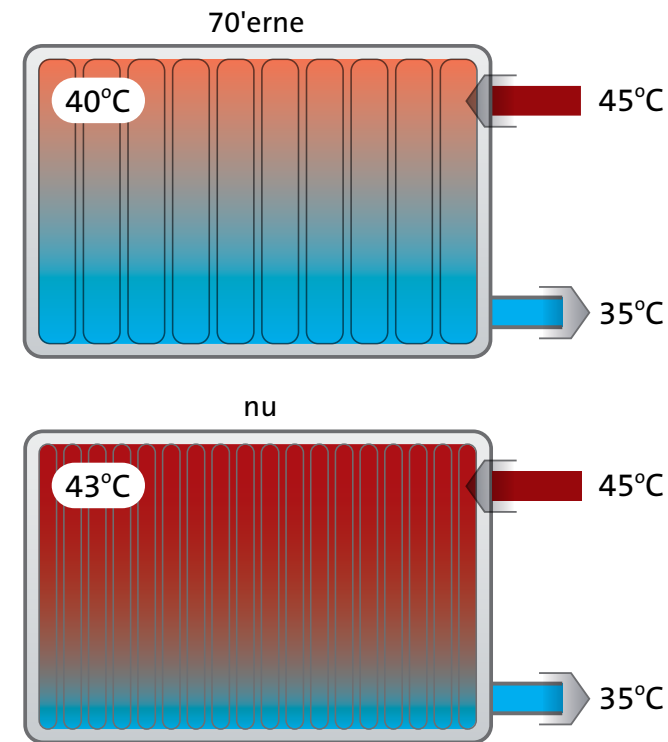
Op til 87% bedre

Computersimuleringer har i de seneste år bidraget til at opnå store forbedringer i energieffektiviteten gennem optimering af vandgennemstrømningen i radiatoren, varmeoverførsel til konvektorpladerne, og beregning af den optimale stråle- og konvektionsvarme til rummet. Med det moderne design er materialeeffektiviteten op til 87% forbedret i forhold til de traditionelle modeller, og alligevel har mange stadig en opfattelse af radiatorer, som de var for flere årtier siden (**Figur 1.7.**)

Figur 1.7:
Innovation inden for
panelradiatorer i stål

Flere kanaler, flere konvektorer og mindre termisk masse - moderne radiatorer har højere varmeydelse ved lavere vandforbrug end de traditionelle modeller ved samme temperatur.

Derudover er der opnået en 87% forbedring i materialeeffektivitet udtrykt i W/kg stål.



KAPITEL 2

ISOLERINGENS BETYDNING FOR VARMEYDELSEN

- **Isolering** > Isolering har længe været en vigtig parameter for at skabe et varmt indeklima i vores boliger
- **Den positive effekt af strammere regler** > Ud over energibesparelser og lavere omkostninger er de umiddelbare fordele ved en bedre isolering et mere behageligt indeklima
- **Varmegevinst og varmetab i moderne bygninger** > Når varmetab og varmegevinster indregnes, kan den effektive energi beregnes
- Det er vigtigt, at varmesystemet hurtigt kan reagere på forbigående varmegevinster
- Jo mindre termisk masse varmekilden har, jo bedre er mulighederne for at styre rumtemperaturen præcist

Isolering

Rumvarme går til spilde på to måder. Varmetab gennem bygningens udvendige elementer såsom vinduer, vægge og tag (overførselstab). Den anden kilde til varmetab er via luftstrøm ud af bygningen. Varmetab via ventilations-system og luftlækager. Målet med en bedre isolering er at minimere overførselstabet på den mest effektive måde.

Menneskekroppen udsender omkring 20 l CO₂ og omkring 50 g vanddamp i timen. Derudover tilføjer husholdningsaktiviteter og brusebade yderligere flere liter vanddamp til indeklimaet i døgnet. Derfor er ventilationsluftstrømmen afgørende, og den kan ikke reduceres væsentligt uden at skabe helbredsproblemer for beboerne eller forurene bygningen (mug, skimmel o.lign.).

En af problemstillingerne ved en mere effektiv isolering er, at bygningerne gøres mere lufttætte. Det kan bevirke både dårlig ventilation, øget luftfugtighed, højt CO₂ indhold i luften og kondens i bygningen. Derfor bør velisolerede bygninger også være forsynet med mekanisk ventilation. Og heldigvis er varmegenindvinding fra ventilationsudblæsningen en vigtig kilde til energibesparelser.

Isolering har længe været en vigtig parameter for at skabe et varmt og tørt indeklima i vores boliger

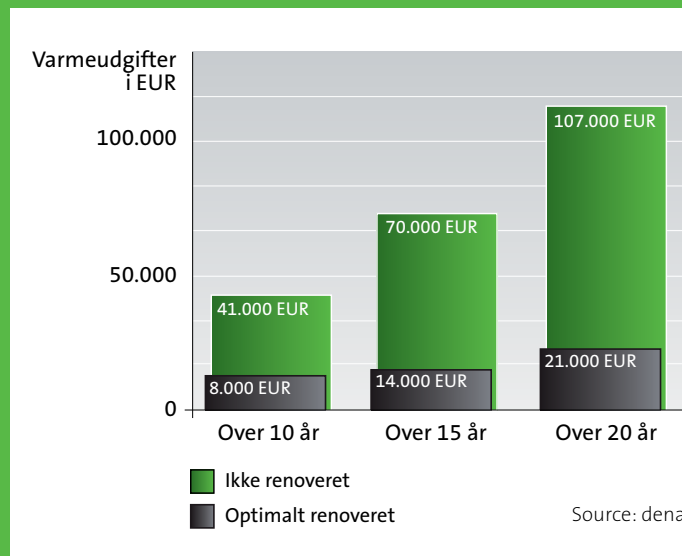
Isolering har altid haft afgørende betydning for at holde vores huse varme, helt fra de første isoleringsmaterialer som halm, savsmuld og kork. Nutidens moderne alternativer såsom glasfiber, mineraluld, polystyren og polyuretanplader og skum har ændret byggemetoderne, så vi ikke længere på samme måde er afhængige af tykke vægge og radiatorer til høje temperaturer.

Besparelse over 20 år på 86.000 euro

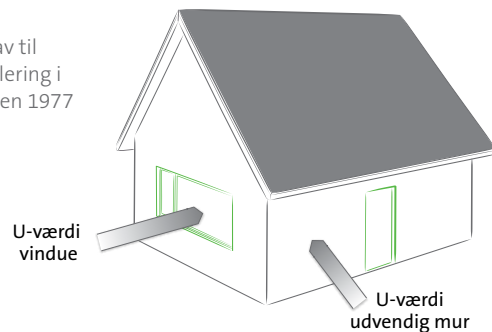
Et velisoleret hus er naturligvis lettere at opvarme end et tilsvarende dårligere isoleret hus. Varmetabet er mindre, og dermed er energiforbruget tilsvarende lavere. **Figur 2.1** viser en sammenligning af de beregnede varmeudgifter for to enfamiliesboliger - den ene korrekt istandsat, den anden uden isolering. Den store forskel mellem de to boliger akkumuleres til 86.000 euro over 20 år.



Figur 2.1:
Beregnete varmeudgifter for et enfamilieshus: optimalt renoveret vs. ikke renoveret.



Figur 2.2:
Ændrede krav til
bygningisolerering i
Tyskland siden 1977



		Før 77	1977	WSVO 1984	WSVO1995	ENEV 2002	ENEV 2009	
°C	U-værdi vindue	W/m ² K	5	3,50	3,10	1,80	1,70	1,30
	U-værdi udvendig mur	W/m ² K	2	1,00	0,60	0,50	0,35	0,24
	Specifik varmebelastning	W/m ²	200	130	100	70	50	35
	T _{fremløb} / T _{retur}	°C	90/70	90/70	90/70 & 70/55	70/55	55/45	45/35

Samtidig med at forbedrede isoleringsmetoder med større effektivitet er blevet udviklet, er lovgivningen blevet tilpasset for at sikre, at nybyggede og renoverede bygninger overholder de stadigt strengere krav. Med Tyskland som eksempel ser vi her, at lovgivningen siden 1977 løbende har sænket det tilladte niveau for varmetab til omgivelserne.

I boliger opvarmet med vandbaseret centralvarmesystem er en af de mest bemærkelsesværdige udviklinger, som det fremgår her, vandets fremløbs- og tilbageløbstemperatur. Der er ingen tvivl om, at denne omlægning til varmesystemer med lavere vandtemperaturer bliver mulig via en stigning i effektive energimoderniseringer.

Energibesparelser og lavere omkostninger er ikke det eneste resultat af strammere regler. Den øjeblikkelige gevinst ved en bedre isolering har været et mere behageligt indeklima. **Figur 2.3 - 2.5** (modsatte side) viser et værelse, som det ville være indrettet i overensstemmelse med den nye bygge Lovgivning. Det ses, at den udvendige temperatur i alle eksempler er den samme, nemlig -14 °C. Vinduets overfladetemperatur i **Figur 2.3** er nul, da ruden er enkeltlagsglas. For at nå en behagelig rumtemperatur på 20 °C skulle en bolig isoleret efter WSVO 1977 standarden bruge radiatorer med en middel vandtemperatur på 80 °C. Selv ved den meget høje vandtemperatur kunne væggene kun blive 12 °C, og der var altså en stor temperaturforskel og flere tydelige kuldebroer.

Med tiden og med nye byggeregulativer blev indeklimaet væsentligt forbedret, som det fremgår af **Figur 2.4**. Med udbredt brug af tolagsvinduer slap man af med de tilfrosne ruder og opnåede en effektiv beskyttelse mod frostgrader.

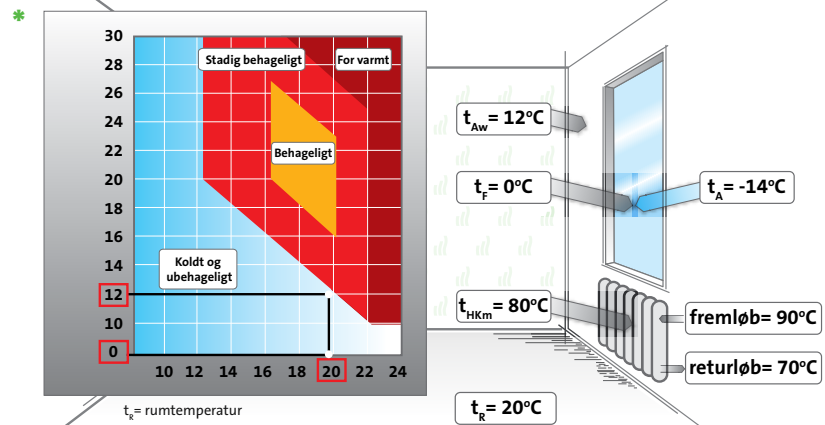
For at opnå den ideelle rumtemperatur skulle radiatorerne nu kun yde 50 °C (gennemsnitlig varmetemperatur), og væggene nåede op på 18 °C, der er en mere passende middelværdi mellem vinduets 14 °C og lufttemperaturen på 20 °C. Og forholdet blev endnu bedre i bygninger isoleret efter EnEV 2009 til EnEV 2012 standarderne.

Positiv effekt af ændret lovgivning

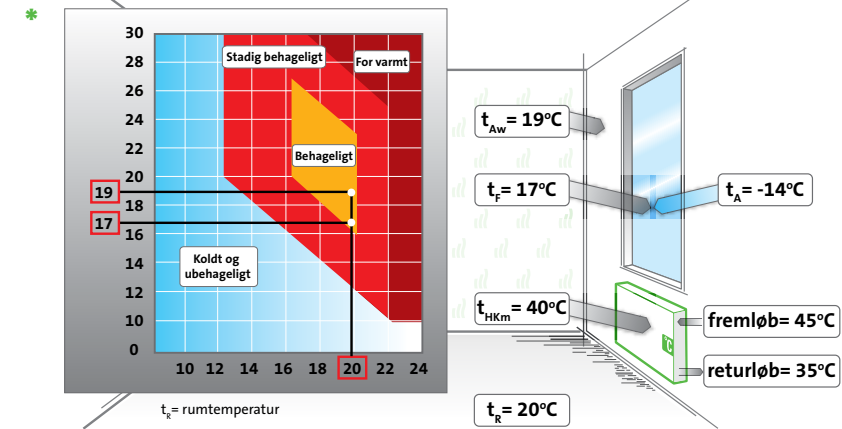
Ud over energibesparelser og lavere omkostninger er de umiddelbare fordele ved en bedre isolering et mere behageligt indeklima

Inde klima

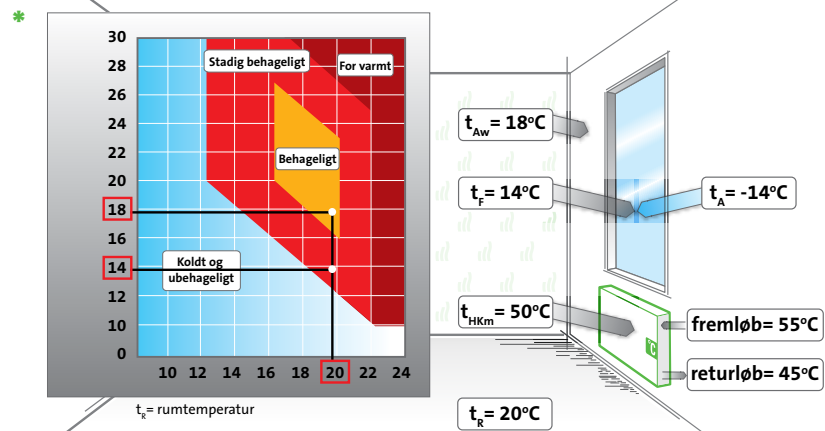
Figur 2.3: Temperaturer i en standardbolig før 1977 (90/70/20 °C)



Figur 2.5 – EnEv 2009 (45/35/20 °C)



Figur 2.4. EnEV2002 (55/45/20 °C)

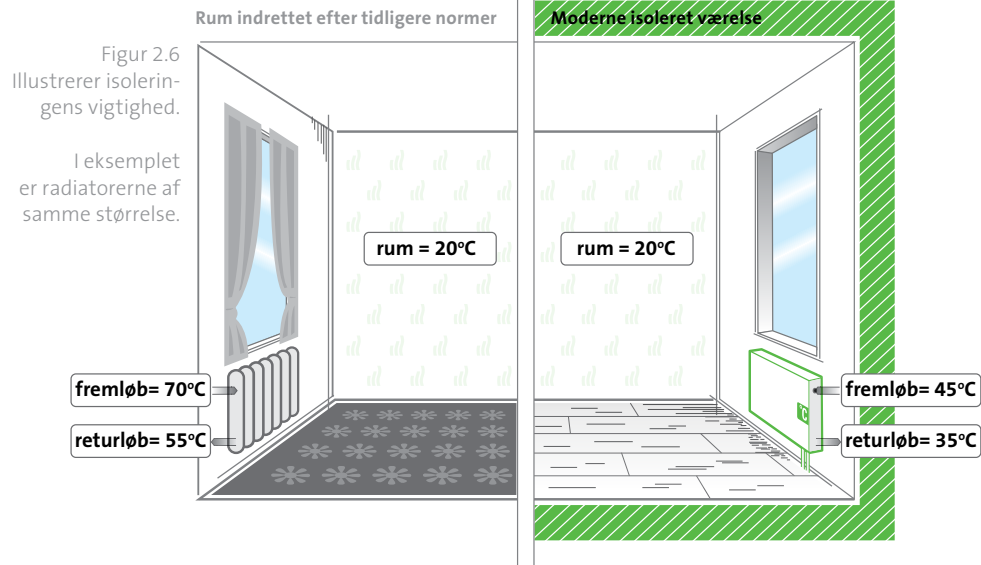


Væggene på **Figur 2.5** har næsten rumtemperatur, og selv vinduerne er varme trods frostgraderne udenfor. Bemærk, at det nu er tilstrækkeligt, at radiatorens ydelse når en middeltemperatur på 40°C for at nå den ideelle situation

Forskellen mellem **middel overfladetemperatur på to modstående sider varierer højst 5°C**

* **Varmekomfort:** Forskellige standardkriterier foreligger - her nævner vi nogle af dem:

- gennemsnitlig lufttemperatur og middel overfladetemperatur er ca. 21°C .
- Forskellen mellem lufttemperaturen og middel overfladetemperaturen varierer højst med 3°C .
- Forskellen mellem middel overfladetemperatur og modsat retning varierer højst med 5°C .
- Den gennemsnitlige temperaturforskel mellem hoved- og ankelhøjde er mindre end 3°C
- Luftstrømmen i rummet er under $0,15\text{ m/s}$



Specifikt varmebehov: **100 W/m²**
 boligareal \times varmebehov:
 11 m² \times 100 W/m² = **1100 W**
 Systemtemperatur: **70/55/20°C**
 Radiatordimensioner:
h 580mm, b 1200mm, d 110mm
 $n^* = 1,25$
 $Q = 1100 \text{ W}$

Ulemper ved gamle støbte stålradiaatorer:

- større vandindhold (stor pumpe, høj el-udgift)
- vanskelig at styre (høj vægt, stort vandindhold)
- lang opvarmnings- og afkølingstid (ikke egnet til moderne lavtemperatursystemer)
- umoderne design

Specifikt varmebehov: **50 W/m²**
 boligareal \times varmebehov:
 11 m² \times 50 W/m² = **550 W**
 Systemtemperatur: **45/35/20°C**
 Radiatordimensioner:
h 600mm, b 1200mm, d 102mm (Type 22)
 $n^* = 1,34$
 $Q = 589 \text{ W}$

Fordele ved moderne panelradiaatorer:

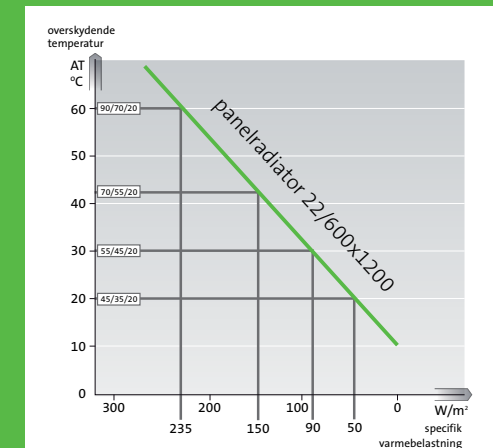
- lille vandindhold
- lav vægt
- optimerede til høj varmeydelse
- fremragende styring
- kort opvarmnings- og afkølingstid
- moderne design, forskellige modeller og design til alle behov og enhver smag
- 10 års garanti

Den øgede energieffektivitet i bygninger har gennem de seneste årtier gjort det muligt at sænke designtemperaturen ved radiatoropvarmning. I illustrationen har begge radiatorer omtrent samme mål. Den ønskede rumtemperatur er i begge tilfælde den samme. Det ses, at i et uisolert hus skal fremløbs- og returløbstemperaturene være langt højere for at opnå den ønskede rumtemperatur end i en velisolert bygning. Fordelen er, at radiatoren i det moderne rum kan være samme størrelse som i det gamle rum på grund af det lavere varmebehov efter isolering.

Størrelse på radiatorerne

Figur 2.7
Samme størrelse radiator kan tilpasses ændrede energikrav i bygningen.

De viste parametre er specifik varmebelastning og overskydende temperatur ΔT .



* n er eksponenten, der angiver ændring i varmeydelse, når rum- og vandtemperatur afviger fra de værdier, der anvendes til beregning af θ_0 . Eksponenten n bestemmer relationen mellem radiatorens varmestråling og konvektion (afhænger af designet). Jo lavere fremløbstemperatur, jo lavere konvektion.

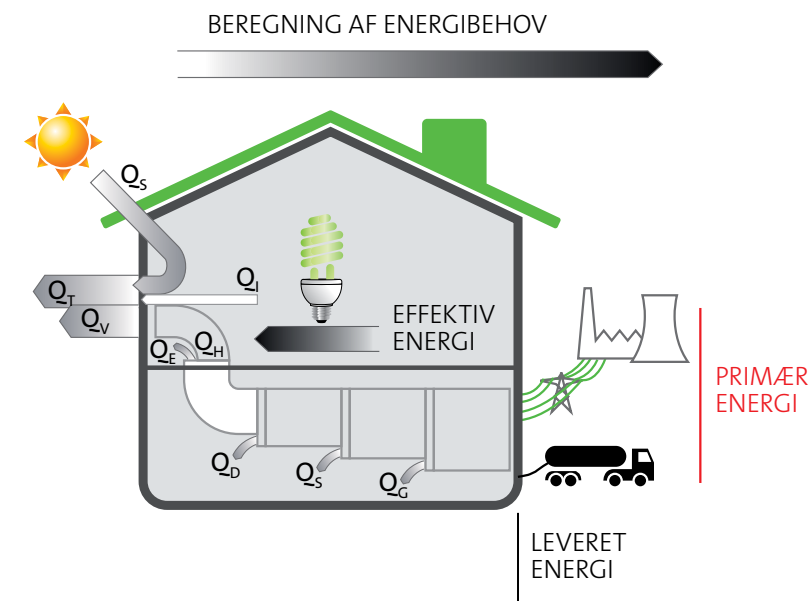
Varmegevinst og varmetab

Beboernes energibehov omfatter varmesystemets krav. **Figur 2.8** viser hele processen med at føre energi ind i huset helt fra startpunktet, hvor den bliver genereret som primær energi.

Den energi, der forbruges i en bygning, afhænger af beboernes krav. For at opfylde deres behov og sikre dem et godt indeklima, skal varmesystemet generere varme fra den energi, der leveres til bygningen. Når varmetab og varmegevinst indregnes, kan den effektive energi fastlægges. Måden energien forbruges på afhænger af varmesystemets effektivitet, og som vi har set af bygningens isoleringsgrad.

Når varmetab og varmegevinster indregnes, kan den effektive energi beregnes

Figur 2.8



- Q_T – Varmetab ved overførsel
- Q_V – Varmetab ved ventilation
- Q_S – Varmegevinst pga. sol
- Q_I – Varmegevinst indefra
- Q_E, D, S, G – Varmetab ved udledning, fordeling, opbevaring og generering
- Q_H – Varmebelastning

Varmegevinstens påvirkning i moderne bygninger

Varmegevinster overses ofte, når man diskuterer energieffektivitet. Elektrisk udstyr, ekstra personer og solindfald kan altsammen hæve indetemperaturen.

Energieffektivitet afhænger i høj grad af to ting: hvor godt varmesystemet er i stand til at udnytte varmegevinster og dermed reducere energiforbruget; og hvor lavt varmetabet er i systemet.

Det er vigtigt, at varmesystemet hurtigt kan reagere på forbigående varmegevinster

Da moderne bygninger er mere termosensitive, er det vigtigt, at varmesystemet kan reagere hurtigt på forbigående varmegevinster. I modsat fald kan indeklimaet blive ubehageligt for personer, der opholder sig i rummene (og det kan eksempelvis sænke produktiviteten på en arbejdsplads).

Figur 2.9

Termisk varmebehov i opholdsrum på 30 m². Bygningsstandard EnEv 2009, EFH, bygning i Hanover.

Termisk belastning ved	-14 °C = 35 W/m ² = 1050 W
Termisk belastning ved	0 °C = 21 W/m ² = 617 W
Termisk belastning ved	+3 °C = 18 W/m ² = 525 W

Gennemsnitlig indendørs termisk gevinst

Gennemsnit i overensstemmelse med DIN 4108-10 = 5 W/m² = 150 W

Person, ligger stille	= 83 W/person
Person, sidder stille	= 102 W/person
El-pære, 60 W	
PC med TFT-skærm	= 60 W/enhed (aktiv), 5 W/enhed (standby)
TV (plasmaskærm)	= 130 W/enhed (aktiv), 10 W/enhed (standby)

Eksempel: 2 personer, lys, TV, etc. = ca. 360 - 460 W

Et avanceret varmeudledningssystem skal hurtigt kunne tilpasse sig til den varierende indendørs varmegevinst!

SÅDAN OMDANNES ENERGI TIL EFFEKTIVITET

Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson er en velrenommeret forsker, der underviser i energiteknik på Örebro Universitet i Sverige. Han har foretaget mange sammenlignende undersøgelser af energiforbruget i forskellige energisystemer, energikilder og varmekilder.

A black and white portrait of Christer Harrysson, an older man with glasses, wearing a suit and tie. He is sitting at a desk with his hands clasped, holding a pen. The background is a blurred office setting.

Christer Harrysson

Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson forelæser på Örebro Universitet (Sverige) og er direktør for Bygg & Energiteknik AB

**Professor Tekn.
Dr. Christer
Harrysson**

Forskning er et af de vigtigste redskaber til at opnå større viden og en entydig og uafhængig viden om forskellige varmfordelingssystemers funktion. Det giver også mulighed for at vurdere forskellige løsningers ydelse i forhold til hinanden. I min undersøgelse af miljø og energiforbrug i Sverige blev 130 husstande i Kristianstad observeret over en periode på 1 år. Energiforbruget til el, varmt forbrugsvand og opvarmning blev præcist registreret. Alle husene var bygget fra midten af 1980'erne til 1990, lå i 6 nøje afgrænsede områder, og var opført med forskellig byggemetode, ventilation og varmesystemer. Resultaterne var meget overbevisende. Vi konstaterede forskelle på op til 30% i energiforbruget mellem de forskellige tekniske løsninger i drift.

Et af mine vigtigste mål var at fastlægge forskellen mellem energieffektiviteten i forskellige typer varmesystemer og den varmekomfort, som systemerne kan tilbyde. Vi sammenlignede de registrerede resultater ved gulvvarme og radiatorer og gennemførte interview med beboerne. Vi fandt frem til, at boliger opvarmet med radiatorer har et meget lavere energiforbrug. I alt blev det samlede gennemsnitlige energiforbrug til varmesystem, varmt vand og el målt til 115 kWh/m². Det skal sammenholdes med et gennemsnitligt energiforbrug på 134 kWh/m² i boliger med gulvvarme. Kort sagt viser vores data, at radiatorer ifølge målingerne

er 15-25% mere effektive end gulvvarme. Målingerne viser også, at forskellen på 15% hænger sammen med, at nogle af husene med gulvvarme havde en 200 mm EPS-isolering under betongulvet.

Konklusion

En anden vigtig og markant konklusion på baggrund af undersøgelsen er, at designere, leverandører og installatører skal have de nødvendige færdigheder til at formidle klar og gennemsigtig information til beboerne. Derudover konstaterer vi, at komfortniveauet er lige så vigtigt som den beregnede energiydelse og forbruget i nye men også i renoverede bygninger. En kendsgerning, der bør tages i betragtning af projektplanlæggere og byggefirmaer men også af boligejerne og tekniske ansvarlige i nye bygninger.

Bemærk: husene i undersøgelsen er direkte sammenlignelige med bygninger isoleret ifølge de tyske EnEV 2009 bestemmelser.

Et komplet resumé af undersøgelsen foretaget af Professor Harrysson kan læses på www.purmo.dk/clever

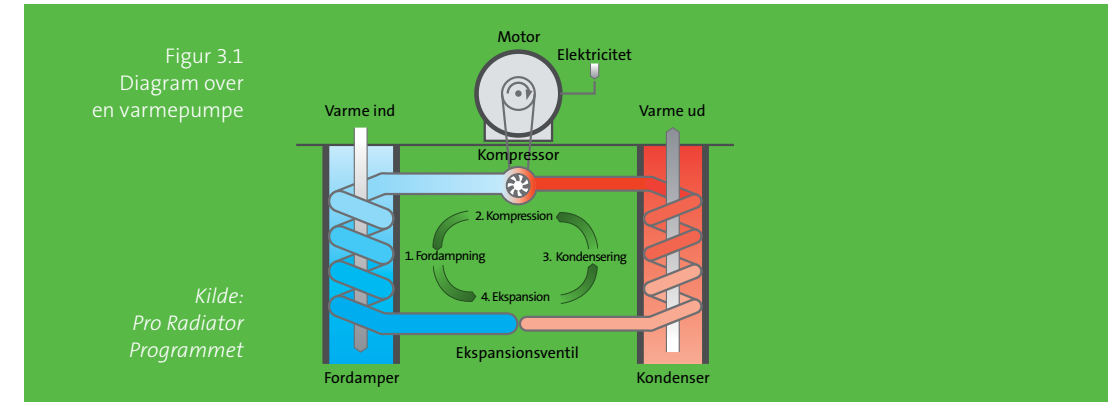
KAPITEL 3

VANDSYSTEMER MED LAVE TEMPERATURER VINDER UDBREDELSE

- **Varmepumpe og kondenseringskedel** > I moderne og isolerede bygninger er begge disse varmekilder effektive til at forsyne vandssystemer ved lave temperaturer
- **Effektivitet i opvarmning** > Begge varmekilder fungerer også perfekt sammen med lavtemperaturreadiatorer
- **Energimoderiseringer i bygninger** > Bygninger opvarmet med radiatorsystemer ved lave temperaturer forbruger mindre energi samlet set end bygninger opvarmet med gulvvarme
- Man opnår den største besparelse ved at forbedre energieffektiviteten i ældre bygninger

Takket være det lavere opvarmningsbehov kræver både boliger og kontorbygninger nu mindre energi til opvarmning. Det gør varmepumpen til det ideelle supplement i et moderne varmesystem. Nogle meter under jordoverfladen er temperaturen næsten konstant året rundt, nemlig omkring 10°C. Geotermiske varmepumper udnytter denne fordel ved hjælp af rørføring i loop - et vertikalt loop - nedgravet 100-150 m under jordoverfladen eller alternativt et horisontalt gitter tæt på jordoverfladen. I typiske konstruktioner pumpes en vand-ætanolblanding gennem loopet, hvor der opstår en varmeveksling, før den opvarmede væske returnerer til pumpen og derfra til varmesystemet. Luft-vand varmepumper er også gode alternativer. De kan benytte luften udefra og/eller ventilationsudblæsningsluft som varmekilde.

Varmepumpe



Kondenseringskedel

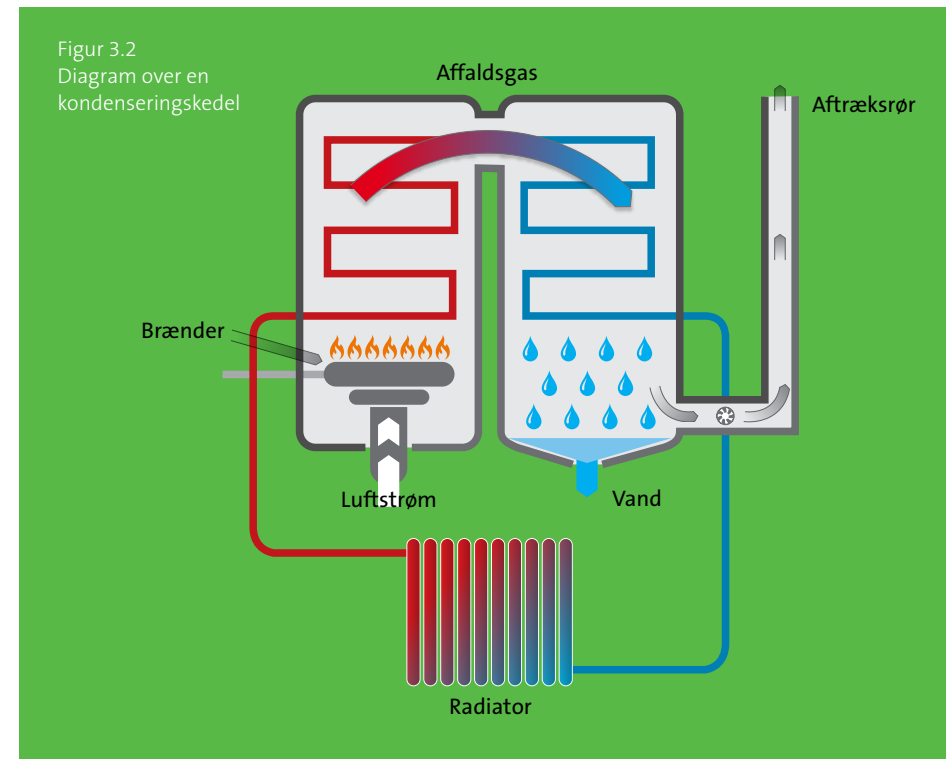
De fleste kedler har et enkelt forbrændingskammer, og omkring det ligger varmevekslerens vandgennemstrømning, hvor varm luft passerer igennem. Luften blæses ud gennem aftræksrøret øverst på kedlen ved en temperatur på ca. 200°C. I kondenseringskedler stiger varmen først op gennem den primære varmeveksler og sendes videre over til en sekundær varmeveksler.

I kondenseringskedler sker en forbrænding af olie eller gas, og herved opvarmes vandet i et rørkredsløb, hvor bygningens radiatorer kan være koblet på. Damp er et af biprodukterne ved forbrændingsprocessen, og dampen kondenseres til varmt vand. Energi udvindes og varme udtrækkes fra returvandet, før det sendes tilbage i kredsløbet (figur 3.2). Både olie og gas kan anvendes som brændstof, men gas er det mest effektive, da afdampningen fra det varme vand kondenserer ved 57°C i et gassystem, hvorimod kondenseringstemperaturen er 47°C i et oliefyret system. En yderligere fordel ved et gasfyret system er det højere vandindhold.

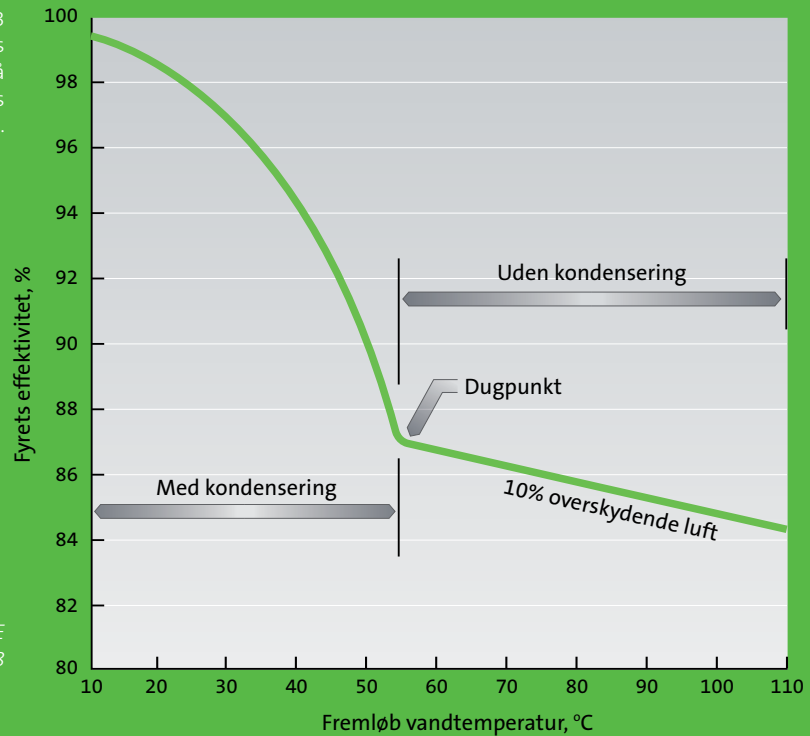
Ved alle kondenseringskedler er der betydelige energibesparelser på grund af den effektive udnyttelse af brændstoffet. Udblæsningsluften er ca. 50°C sammenlignet med traditionelle kedler, hvor aftræksluften forlader systemet ved 200°C. I moderne og isolerede bygninger er begge disse varmekilder

effektive til at forsyne vandsystemer ved lave temperaturer, og dermed er de ideelle i kombination med radiatorer, der kan bruges med alle varmekilder, herunder også vedvarende energi.

Begge varmekilder er effektivt måder at føde lavtemperaturvandsystemer



Figur 3.3
Effekten af vandets
fremløbstemperatur på
kondenseringskedlens
effektivitet.



Kilde: ASHRAE
Handbook 2008

Kondenseringskedler kan skabe kondensering, når vandtemperaturen ved fremløb til varmenettet er under 55°C. Effektivitetsgevinsten sammenlignet med et traditionelt varmfyr er omkring 6% ved oliefyring og omkring 11% ved gasfyring. (Kilde: ASUE 2006). Alene det er et overbevisende argument for at designe radiatorer til lavtemperatursystemer.

Varmepumper betragtes ofte udelukkende til brug sammen med gulvvarme, men de indgår perfekt i kombination med lavtemperaturreadiatorer. EN 14511-2 standarden beskriver en forenklet metode til beregning af en periodeafhængig ydelsesfaktor - SPF (seasonal performance factor) - hvor der kun tages højde for vandets fremløbstemperatur til varmesystemet. Denne beregningsmetode kan give rimeligt præcise SPF-værdier for gulvvarmesystemer, hvor temperaturforskellen mellem fremløb og returløb typisk er lille og ofte under 5 K. Den forenklede beregningsmetode kan ikke anvendes til radiatorsystemer, hvor forskellen mellem fremløbs- og returløbstemperaturen er større. Til den type beregninger anviser EN 14511-2 en præcis metode, der også tager højde for returløbstemperaturen. Sammen med SPF er COPa den årlige ydelseskoefficient, der beskriver varmepumpens effektivitet ved en periode på et år.

**Effektivitet
i varme-
produktionen**

**Varmepumper
fungerer også
perfekt sammen
med lavtemperatur-
radiatorer**

Figur 3.4 Tabel over COPa-værdier ved forskellige designede vandtemperaturer, kombineret opvarmning og varmt forbrugsvand, varmt forbrugsvand og opvarmning separat. Tabellen viser også de resulterende kondenseringstemperaturer. Referencebygningen er et moderne enfamilieshus i München udstyret med en elektrisk jordvarmepumpe. COPa-værdierne er verificeret i laboratoriemålinger (Bosch 2009).

Figur 3.4

Årlig ydelseskoefficient COPa

COPa = Varmemængde leveret af varmepumpe divideret med energiforbrug til drift af processen over en periode på et år

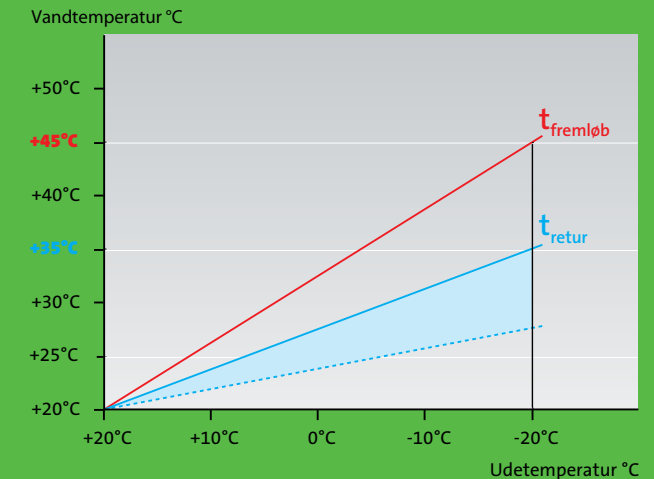
Designet temperaturer	Kondenserings-temperatur	COPa kombineret	COPa kun opvarmning
70/55/20	62,4	2,8	3,0
55/45/20	49,2	3,2	3,6
60/40/20	49,0	3,2	3,6
50/40/20	44,0	3,3	3,8
45/35/20	38,8	3,5	4,1
50/30/20	38,7	3,5	4,1
40/30/20	33,7	3,6	4,4
35/28/20	30,2	3,8	4,6

Elektrisk jordvarmepumpe. COPa-tal fra referencebygning (IVT Bosch Thermoteknik AB)

Resultaterne viser, at det er meget fordelagtigt at bruge lavtemperatursystemer med radiatorer, når varmepumper bruges som varmekilde. Varmepumper til små huse kombineres ofte med varmtvandsproduktion. Når man sammenligner de kombinerede COPa-værdier, ser man, at de designede vandtemperaturer i et typisk lavtemperatursystem med radiatorer (45/35) øger varmepumpens effektivitet med omkring 10% sammenlignet med 55/45 systemer. Forskellen mellem 45/35 systemet og et typisk gulvvarmesystem med 40/30 er ca. 3%, og 9% sammenlignet med et 35/28 system.

Det er meget fordelagtigt at bruge lavtemperatursystemer med radiatorer, når varmepumper anvendes som varmekilde

Figur 3.5
Returløbstemperatur fra radiator ved brug af termostatventil er lavere på grund af varmegevinst og termostatstyring



Energimoderniseringer i bygninger

Bygninger opvarmet med radiator-systemer ved lave temperaturer forbruger mindre energi samlet set end bygninger opvarmet med gulvvarme

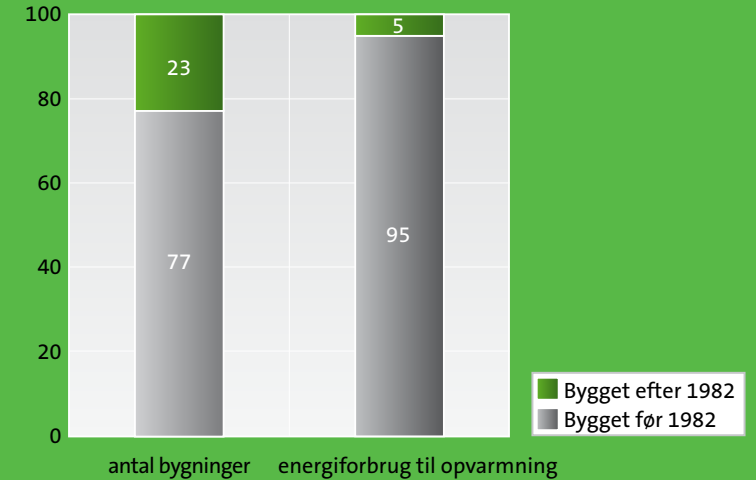
Man opnår den største besparelse ved at forbedre energieffektiviteten i ældre bygninger

Kort sagt har bygninger opvarmet med lavtemperatursystemer med radiatorer et lavere samlet energiforbrug end bygninger med gulvvarme, også når varmepumpe bruges som varmekilde. Forskellen i COP_a-værdier udlignes af lavtemperaturredatorernes højere energieffektivitet.

Især i boligejendomme stiger energiforbruget markant. Energiforbruget til opvarmning af bygninger er den største forbrugspost på Europas energiregnskab. Derfor er det også oplagt at fokusere på at nedbringe energiforbruget i bygninger, når man skal skabe energibesparelser. De moderne bygninger (nye eller nyrenoverede) er dog ikke problemet, når vi ser på energiforbrug. Hvis vi tager den tyske bygningsmasse som eksempel, så udgør nye bygninger opført efter 1982 23% af landets samlede bygningsmasse, men står kun for 5% af energiforbruget til opvarmning. Med andre ord opnår man den største besparelse ved at forbedre energieffektiviteten i ældre bygninger.

Figur 3.6
Fokus på gamle bygninger: Bygninger i tal og energiforbrug, Fraunhofer 2011

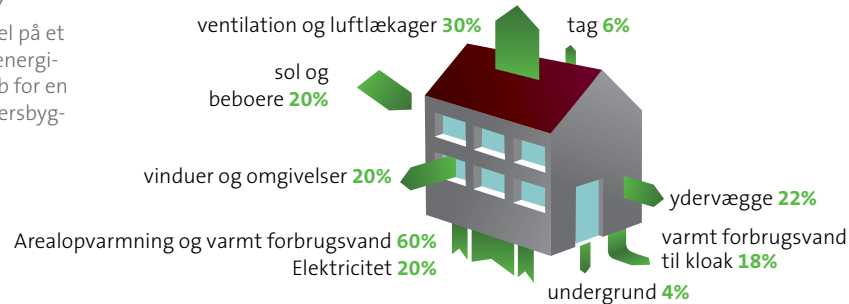
77% af bygningerne i Tyskland bygget før 1982 står for 95% af energiforbruget til opvarmning.



En bygnings samlede energiregnskab består af energistrømme ind og ud af bygningen

En bygnings samlede energiregnskab består af energistrømme ind og ud af bygningen. Muligt energiforbrug til køling indgår ikke i tallene. Energistrømmene for bygnings-eksemplet kan beskrives sådan:

Figur 3.7
Eksempel på et samlet energiregnskab for en fleretagersbygning



Ud af bygning/tab

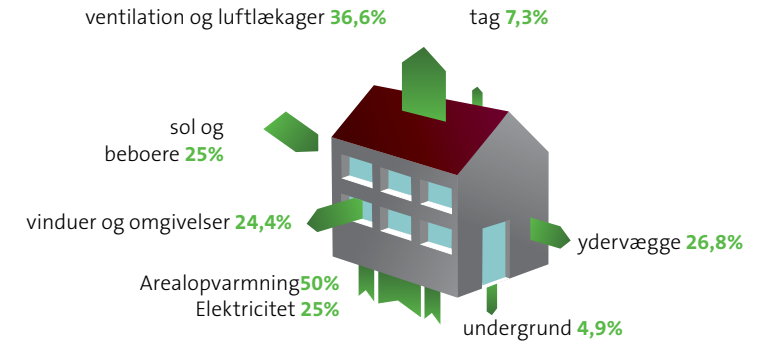
- Ventilation og luftlækager	30 %	- Luftudskiftningsrate = 0,5 1/h
- Varmt forbrugsvand til kloak	18 %	- 35 kWh/m ² a
- Ydervægge	22 %	- U = 1,0 W/m ² K
- Vinduer og omgivelser	20 %	- U = 3,5 W/m ² K
- Tag	6 %	- U = 0,7 W/m ² K
- Undergrund	4 %	- U = 1,0 W/m ² K
i alt 100%		- Uw.middel = 1,3 W/m²K

Ind i bygning/gevinst

- Arealopvarmning og varmt forbrugsvand	60 %
- Elektricitet	20 %
- Sol og beboere	20 %
i alt 100%	

Figur 3.8
Eksempel på energiregnskab til opvarmning i fleretagersbygning

Hvis vi ser bort fra energitab via varmt forbrugsvand, der udledes til kloak, som faktisk også er en enorm potentiel besparelseskilde, ser vi de tal, som normalt danner udgangspunkt for energimoderniseringer.



Ud af bygning/tab

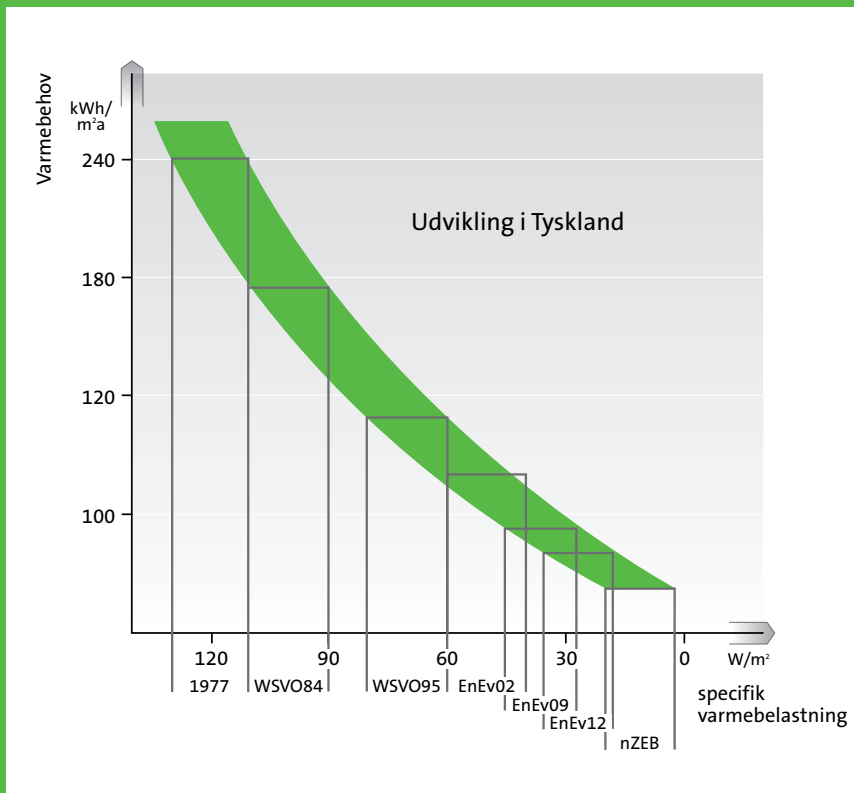
- Ventilation og luftlækager	36,6 %
- Ydervægge	26,8 %
- Vinduer og omgivelser	24,4 %
- Tag	7,3 %
- Undergrund	4,9 %
i alt 100%	

Ind i bygning/gevinst

- Arealopvarmning	50 %
- Elektricitet	25 %
- Sol og beboere	25 %
i alt 100%	

Tallene er eksemper fra ældre fleretagersbygninger, hvor det typiske behov for energi til opvarmning, herunder overførselstab og ventilation, er omkring 240 kWh/m²a. Hvis vi vil lave en tilnærmet beregning for andre ejendoms-typer, skal vi tage følgende parametre i betragtning: arealstørrelse, U-værdier og ventilationsluftstrøm. Eksempelvis har etplanshuse et relativt større varmetab gennem taget og til undergrunden end fleretagersbygninger.

Figur 3.9
Arealopvarmningsbehov -
diagram over
specifik varme-
belastning til
estimering



Udviklingen i varmebehov og specifik varmebelastning i tyske bygninger.

Vi kan skabe en korrelation mellem arealopvarmningsbehov, kWh/m²a, og den specifikke varmebelastning, W/m², baseret på tilgængelige statistikker fra perioder med forskellige bygningskrav i Tyskland.

Lad os se på den fleretagers referencebygning efter en renovering og foretage en genberegning. Den specifikke varmebelastning i den oprindelige stand kan aflæses i diagrammet **Figur 3.9** som et arealopvarmningsbehov på 240 kWh/m²a. Varmebelastningsværdien er ca. 120 W/m². Bygningens ydervægge og isolering bliver forbedret. De nye U-værdier for bygningsselementerne bliver:

- Ydervægge $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vinduer og omgivelser $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Tag $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Undergrund $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{w,middel} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energibehov til arealopvarmning og specifik varmebelastning

Hvis der ikke sker ændringer i bygningselementernes areal, og ventilationsluftstrømmen også forbliver uændret, kan vi beregne effekten af en bedre isolering. Overførselstabet falder til 31%, når de områdevægtede U-værdier, U_w .middel = 1.3 W/m²K falder til U_w .middel = 0.40 W/m²K.

Ventilationen forbliver uændret, og den samlede varmetabsreduktion bliver kun 44,3%.

***Bemærk:** Denne meget udbredte type isoleringsforbedringsprojekt starter ofte med et behov for nye vinduer og en pænere facade eller med et behov for større varmekomfort og et sundere indeklima.*

Herefter vil varmetabet fordele sig således:

- Ventilation og luftindtrængning	65.1 %
- Ydervægge	11.4 %
- Vinduer og omgivelser	16.1 %
- Tag	3.6 %
- Undergrund	4.4 %
	i alt 100%

Varmebelastningen bliver 44,3% mindre end i den oprindelige bygning. Den nye specifikke belastning er ca. 67 W/m², og **Figur 3.9** viser, at den tilsvarende varmebehovsværdi er ca. 100 kWh/m²a.



JEG OMSÆTTER VIDENSKAB TIL PRAKSIS

Professor Dr. Jarek Kurnitski, en af de førende forskere på HVAC-området, arbejder i øjeblikket som chefergikonsulent i den finske innovationsfond Sitra. I sin egenskab af europæisk REHVA-forsker har han udgivet omkring 300 artikler.

Større er bestemt ikke bedre

I varmeindustrien er der stadig en udbredt opfattelse af, at lavtemperatursystemer kræver større radiatorer. Men større er bestemt ikke bedre. I mine sammenlignende undersøgelser af varmekilder har jeg fundet, at selv i de koldeste vinterperioder er det nødvendigt hurtigt at kunne tilpasse varmeydelsen for at holde en konstant rumtemperatur inden for de definerede komforttærskler. Begge systemer blev indstillet til 21°C, der er den nedre komforttærskel og en ideel indetemperatur. Vi ser i **Figur 4.2**, at ved en indvendig varmegevinst på kun 0,5°C reagerede radiatorsystemet med lav termisk masse hurtigt og holdt rumtemperaturen tæt på den indstillede værdi.

Med et gulvvarmesystems høje termiske masse var reaktionstiden meget længere, når en varmegevinst kunne registreres. Det betød, at gulvvarmen blev ved med at udlede varme, så temperaturen steg til langt over det optimale niveau med ubehagelige temperatursvingninger til følge. Mine undersøgelser viser, at hvis man skal holde rumtemperaturen tæt på de optimale 21°C, er den eneste løsning at hæve indstillingstemperaturen for gulvvarmen til 21,5°C.

For mange kan 0,5°C synes at være et meget lille tal. Men når man tager værdien pr. time, hver dag over en hel vinter, ganger tallene sig hurtigt op, og ethvert håb om energi-

effektivitet svinder. En forskel i rumtemperatur på én grad svarer til ca. 7% af energiforbruget. Hurtig reaktion på varmegevinster og lavt energitab i systemet er afgørende parametre i energieffektive varmesystemer. Central styring fører til overopvarmning i nogle rum med et merenergiforbrug til følge, og derfor anbefaler mine undersøgelser lavtemperatursystemer for at nedbringe systemtabet, samt brug af varmekilder, der kan styres individuelt. Det gør radiatorer til det oplagte valg.

KAPITEL 4

KLARE BEVISER

- **Professor Dr. Jarek Kurnitski** > Den samlede konklusion af mine undersøgelser bliver, at radiatorer er ca. 15% mere effektive i etplanshuse og op til 10% mere i etagebyggeri.
- **Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson** > Konklusionen blev, at under de givne forhold havde område 3-6 med gulvvarme i gennemsnit et 15-25% højere energiforbrug (ejendommens elektricitet ikke medregnet) sammenlignet med middelværdierne for område 1 og 2, der havde radiatorsystemer.

I 2008 startede R&D-afdelingen hos Rettig ICC et nyt projekt op. Målet var at afklare nogle holdninger i varmeindustrien. Pro Radiator Programmet - som projektet blev kaldt - løb over to år. I de to år indsamlede vi tre forskellige typer af holdninger: 'For radiatoropvarmning', 'Mod radiatoropvarmning' og 'For konkurrerende/andet varmesystem'.

I alt fik vi kortlagt 140 argumenter og udsagn. Da vi havde vurderet og sammenholdt alle argumenterne, endte vi med 41 praktiske undersøgelsesspørgsmål, der skulle analyseres, testes og konkluderes på. For at kunne fremsætte en række objektive og uafhængige undersøgelsesresultater bad vi eksterne eksperter om at hjælpe os med den store undersøgelse. Flere førende internationale eksperter, universiteter og forskningsinstitutter indgik i tæt samarbejde med os. Resultatet var en enorm mængde undersøgelsesdata, anbefalinger og konklusioner.

Vi fandt også frem til, at branchen vrimlede med myter og overbevisninger. De dominerede markedsbudskaberne, selvom de var alt fra irrelevante til usande. Den største nyhed for os var imidlertid, at alle undersøgelsesresultaterne viste, hvor effektivt radiatorerne fungerede i moderne, velisolerede bygninger. Derfor lagde vi de første resultater til side og startede inden for vores egen udvik-

M.Sc. (Tech) Mikko Iivonen, Director R&D, Research and Technical Standards, Rettig ICC

lingsafdeling et separat program, hvor vi undersøgte forskellige varmesystemer sammen med HVAC-laboratoriet ved Helsinkis tekniske universitet. En række præcise simuleringer og funktionssammenligninger for alle de forskellige varmesystemer viste og bekræftede, at vores tidligere resultater og konklusioner vedrørende radiatorerne var korrekte.

Konkrete data

Vi har allerede citeret nogle af vores forskningsresultater her i Guiden. For Jer er det dog vigtigt at vide, at vores konklusioner ikke kun bygger på videnskabelig teori men også på konkrete data fra nybyggede lavenergihuse i Norden. Lande som Sverige, Finland, Norge og Danmark har være toneangivende i udviklingen af højisolerede lavenergi-bygninger gennem mange år. Det faktum kombineret med vores samarbejde med forskerne, herunder Prof. Dr. Leen Peeters (Universitetet i Bruxelles - Belgien) og Dr. Dietrich Schmidt (Fraunhofer Institute – Tyskland), gør, at vi nu med stor pålidelighed kan sige, at alle vores resultater og konklusioner gælder for langt størstedelen af landene i Europa.

Ud over de teoretiske besparelser, som jeg beskrev i forrige kapitel, har man i en række undersøgelser fra samme periode målt moderne varmesystemers effektivitet og sammenlignet forskellige varmekilders energiforbrug. Både Prof. Jarek Kurnitski og Professor Tekn. Dr. Christer Harrysson fortæller om deres mest interessante undersøgelsesresultater i konkrete casestudier her i kapitlet.

Alle de undersøgelser, som vi refererer til her i Guiden, har vist, at energieffektiviteten kan øges med op til 15% ved anvendelse af radiatorer i lavtemperatursystemer. Det er et konservativt skøn - nogle undersøgelser viser, at tallet kan være endnu højere. Det afhænger af beboernes adfærd, højere rumtemperaturer, længere varmeperioder, osv.

Akademisk samarbejde



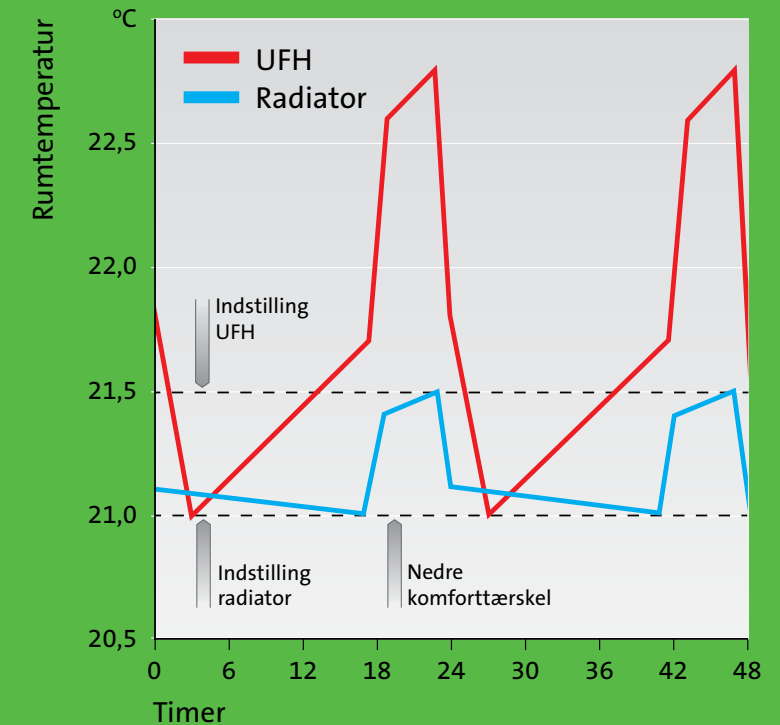
Prof. Dr. Jarek Kurnitski: Termisk masse og energieffektiv opvarmning

Professor Jarek Kurnitskis undersøgelser viser, at varmekildernes termiske masse har kolossal indflydelse på varmesystemets ydelse. Selv i den koldeste vinterperiode er der behov for hurtige ændringer i varmeydelsen for at holde rumtemperaturen inden for de optimale komfortgrænser.

Ved hurtigt reagerende radiatorsystemer med lille termisk masse, vil varmegevinster ikke hæve rumtemperaturen mere end 0,5°C.

Princippet for rumtemperaturens reaktion på en varmegevinst eller et varmetab ses i **Figur 4.1**, hvor de to systemer sammenlignes. De hurtigt reagerende radiatorsystemer med lille termisk masse har den fordel, at de reagerer meget hurtigere ved varmegevinster allerede ved en temperaturstigning på 0,5°C, så rumtemperaturen holdes tæt på de indstillede 21°C og dermed også tættere på indstillingen end indbyggede varmesystemer (som f.eks. gulvvarme). Traditionelle gulvvarmeløsninger med høj termisk masse er ikke i stand til at holde en konstant rumtemperatur. Undersøgelser har vist, at det var nødvendigt at hæve den indstillede temperatur til 21,5°C for at holde rumtemperaturen over den laveste komfortgrænse på 21°C. Varmekildens størrelse i sig selv gør, at ydelsen er forsinket i forhold til varmebehovet, og det resulterer i store udsving i rumtemperaturen og energispild.

Figur 4.1. Rumtemperatur i forhold til varmekildens termiske masse, om vinteren, når varmegevinsten typisk ikke overstiger 1/3 af varmebehovet.



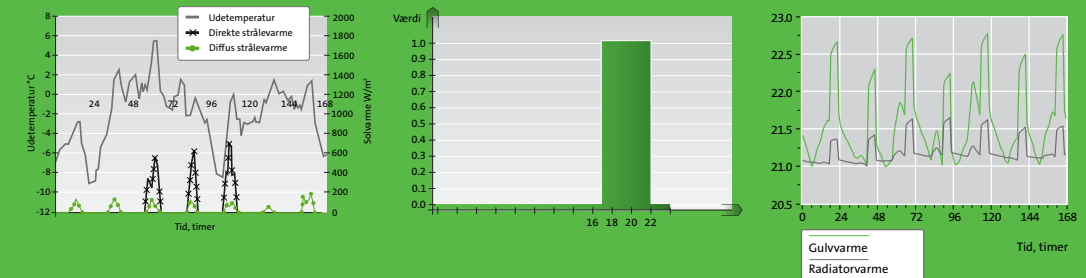
Bedre udnyttelse af varmegevinster i moderne bygninger

Den situation, vi viser i **Figur 4.1** er baseret på detaljerede, dynamiske simuleringer af et moderne hus i Tyskland. Resultater for rumtemperaturen den første uge i januar ses i **Figur 4.2**. Da effekten af varmegevinster fra solindfald og indendørs aktivitet er uforudsigelig, er det umuligt at forbedre gulvvarmens ydelse med forudregulerende styring. Gulvvarmen slår ganske vist fra ved varmegevinst, men der er fortsat strålevarme til de kolde udvendige overflader som vinduer og ydervægge i et betydeligt stykke tid. Dermed bliver rummet overopvarmet.

Om natten, når rumtemperaturen falder under de indstillede $21,5^{\circ}\text{C}$, tager det mange timer, før temperaturen begynder at stige, selvom gulvvarmen slår til. Mine undersøgelser viste faktisk, at rumtemperaturen fortsatte med at falde, og det bevirkede, at der var behov for generelt at vælge en højere temperaturindstilling.

Med en avanceret bygningssimuleringssoftware, IDA-ICE, nåede vi frem til ovenstående resultater. Softwaren er blevet valideret og har vist sig at kunne levere meget præcise data til sammenlignende beregninger af systemer.

Figur 4.2
Simulerede rumtemperaturer, første uge i januar. Udendørs temperatur, varmegevinst udefra, indefra og fra solen vises til venstre.



Varmegevinst udefra første uge i januar - vejrdata.

Eksempel: Varmegevinst indefra pr. dag

Resulterende lufttemperatur pr. dag

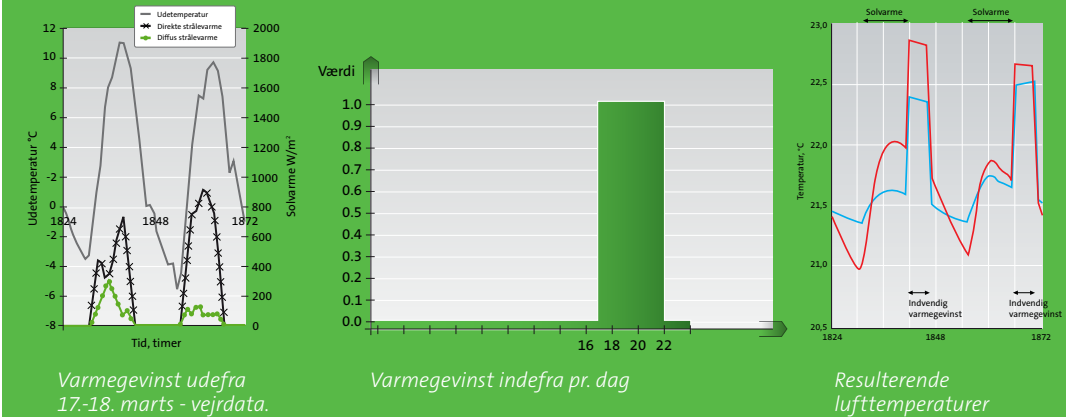
Midt på sæsonen vil varmegevinsten være tæt på varmebehovet, hvilket gør det vanskeligere at styre rumtemperaturen. **Figur 4.3** viser ydelsen over to dage i marts. Varmegevinst fra solen er høj, og der er store udsving i den udendørs temperatur. Igen så vi, at radiatoropvarmning gav mere stabile rumtemperaturer og bedre udnyttelse af varmegevinster.

Konklusion

Hurtig reaktion på varmegevinster og lavt energitab i systemet er afgørende parametre i energieffektive varmesystemer. Individuel temperaturstyring i hvert rum er også meget vigtigt, da varmebehovet varierer meget fra rum til rum. Central styring fører til overopvarmning af nogle rum med deraf følgende merenergiforbrug. Derfor peger mine undersøgelser i retning af en anbefaling af lavtemperatursystemer, der kan reducere energitab i systemet, og hurtigt reagerende varmekilder med individuel styring/rumstyring.

I det perspektiv kan vi også nævne, at gulvvarme er mindre effektivt til opvarmning og mindre energieffektivt sammenlignet med de resultater, vi målte med radiatorer. Den samlede konklusion af undersøgelserne bliver, at **radiatorer er ca. 15% mere effektive i etplanshuse** og op til 10% mere i etagebyggeri.

Figur 4.3
Solrige dage i marts vil give større udsving i rumtemperaturen



**Professor Tekn. Dr.
Christer Harrysson,
Örebro Universitet og
Building and Energy
Design Ltd, Falkenberg**

Det primære formål med min undersøgelse var at skaffe et bedre vidensgrundlag om forskellige varmeløsninger. Især blev der foretaget en sammenligning af gulvvarme og radiatorsystemer. Projektet, som blev igangsat af AB Kristianstadsbyggen og Peab, blev finansieret af DESS (Delegation for Energiforsyning i Sydsverige) og SBUF (svensk byggeindustri udviklingsfond).

Forskellige levemønstre hos familier i teknisk identiske enfamilieshuse kan resultere i udsving i det samlede energiforbrug til husstandens el, vand og varme på op til 10.000 kWh/år. Der findes mange forskellige tekniske løsninger og kombinationer af isolering, forsegling, varme- og ventilationssystemer. Bare valget af teknisk løsning kan bevirke store forskelle i energiforbrug og indeklime. I en undersøgelse gennemført af det svenske institut for bolig, byggeri og planlægning blev ti beboede og elopvarmede rækkehuskvarterer med 330 enfamiliesboliger undersøgt ved brug af forskellige tekniske løsninger og individuel måling og opkrævning for elektricitet og vandforbrug. Undersøgelsen påviste forskelle i det samlede energiforbrug på ca. 30% mellem de forskellige tekniske løsninger. Data fra Sveriges statistiske institut blandt andre (herunder undersøgelsen fra det svenske institut for bolig, byggeri og planlægning) viser, at husstandenes samlede energiforbrug

til varmt forbrugsvand og opvarmning i nye enfamilies rækkebebyggelser kan være helt op til 130 kWh/m² pr. år.

Undersøgelsen fra det svenske institut for bolig, byggeri og planlægning viser også, at der findes energieffektive tekniske løsninger til enfamilies rækkebebyggelser, der kun kræver 90–100 kWh/m² årligt og samtidig sikrer et godt indeklime. Det er det laveste energiniveau, der i øjeblikket betragtes som teknisk og økonomisk bæredygtigt.

Design og placering af varmfordelingssystemet kan have en væsentlig effekt på energiforbruget. Vandopvarmning med radiatorer er et afprøvet og fungerende varmfordelingssystem, der også giver mulighed for at anvende andre energityper end elektricitet. Ved brug af gulvvarme bør det også være muligt at anvende energikilder af ringere kvalitet (f.eks. lavtemperatursystemer) mere effektivt ved at benytte lavere temperaturer i varmeoverførselsmediene. I de senere år har der kørt en ophedet debat om, hvorvidt radiatorer eller gulvvarme giver det bedste indeklime, og hvilken løsning der er mest omkostnings- og energieffektiv.

Undersøgelsen

Undersøgelsen dækkede boliger i seks af områderne i AB Kristianstadbyggen med i alt 130 boliger og forskellige tekniske løsninger. Områderne har mellem 12 og 62 lejligheder. Boligerne er primært etplanshuse bygget på betonfundament med underliggende isolering. Af de seks områder har de fire gulvvarme og de to har radiatorsystemer. Boligerne har udsugning- eller kombineret ind- og udsugningsventilation.

Områderne blev sammenlignet med hinanden ved hjælp af indsamlede data, skriftlige oplysninger og beregnede værdier. Det målte energi- og vandforbrug blev korrigeret i forhold til årlige tal, boligens gulvareal, isoleringsstandard, udsugningsventilation, varmegenindvinding (hvis eksisterende), indetemperatur, vandforbrug, fordelings- og reguleringstab, placering af elektrisk kedel/styreenhed, individuel eller fælles måler, omløbstab, opvarmning af sidebygninger (hvis eksisterende) og ejendommens elektricitet.

Konklusionen blev, at under de givne forhold havde område 3-6 med gulvvarme i gennemsnit et 15-25% højere energiforbrug (ejendommens elektricitet ikke medregnet) sammenlignet med middelværdierne for område 1 og 2, der havde radiatorsystemer.



KAPITEL 5

VALG AF VARMEKILDE

- **Varmekilder** > Energikilden, varmekilden og de perifere enheder spiller alle en vigtig rolle. Men slutbrugerne og de funktioner, der udføres i boligen eller på arbejdspladsen, skal også altid tages i betragtning.
- Kun radiatorer tilbyder den fulde fleksibilitet, der kræves for at ændre vores opfattelse af vores boliger og kontorer som andet end en sort boks.

Det er vigtigt at anlægge en holistisk synsvinkel, når man skal diskutere varmesystemer. Energikilden, varmekilden og de perifere enheder spiller alle en vigtig rolle. Men slutbrugerne og de funktioner, der udføres i boligen eller på arbejdspladsen, skal også altid tages i betragtning.

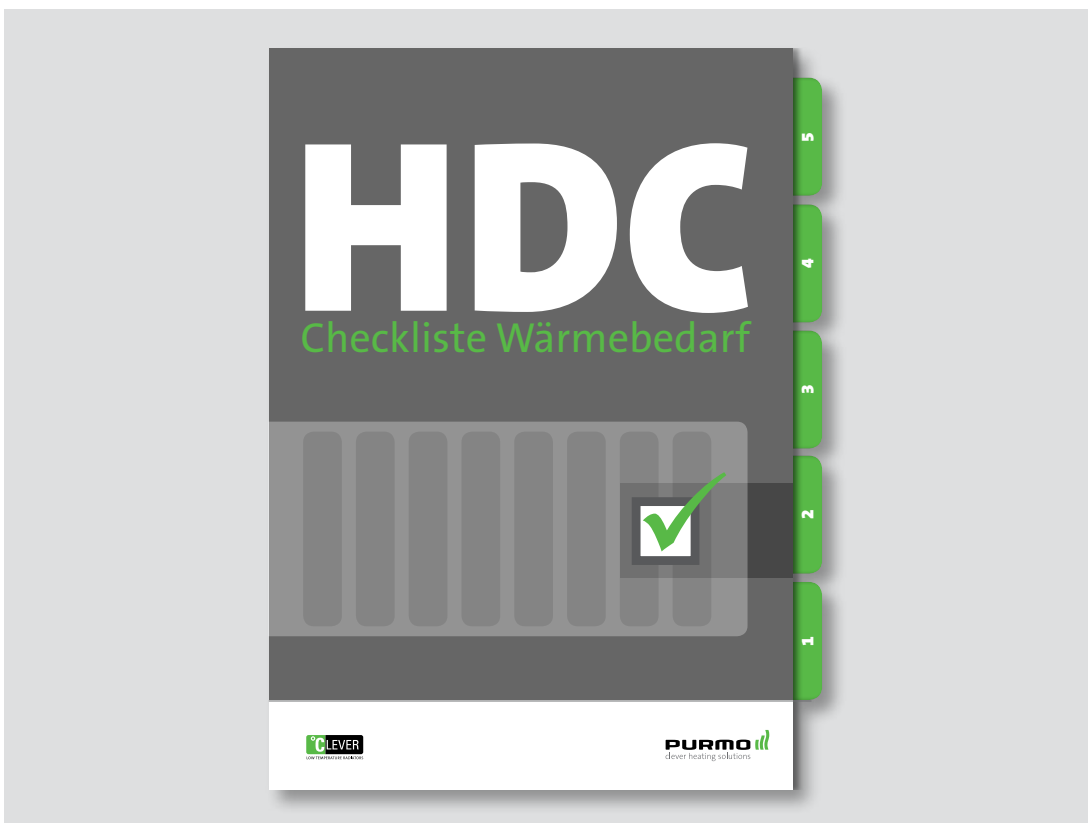
Det kan være fristende at betragte en bygning som en separat enhed, en sort boks, der skal opvarmes. Men inde i den enhed er der altid et antal mindre enheder. Forskellige kontorer i en bygning, flere værelser i et hus. Kontorer bruges kun 8 timer pr. dag. Opholdsstuen bruges ofte kun på bestemte tidspunkter, soveværelset om natten, og de stiller hver især særlige krav til opvarmning.

Når vi ser nærmere på rummenes funktioner, kan vi også konstatere, at rummenes funktion kan forandre sig over tid. I en familie med børn vokser børnene op og begynder i skole, og det resulterer i et lavere opvarmningsbehov i skoletiden eksempelvis. Når de bliver endnu større, afslutter de skolen og begynder at arbejde for til sidst at flytte hjemmefra.

Varmekilder

Energikilden, varmekilden og de perifere enheder spiller alle en vigtig rolle. Men slutbrugerne og de funktioner, der udføres i boligen eller på arbejdspladsen, skal også altid tages i betragtning.

HDC tjekliste Prøv tjeklisten på www.purmo.dk/clever og gå den igennem for din egen bolig. Du finder måske ud af, at der er flere overvejelser at tage i betragtning, end du troede.



Almindeligt udbredte varme og ventilationssystemer

Centralvarmesystemer, hvor vandtemperaturen er maks. 55°C ved de forudsatte vejrforhold. Varmeudledning i rummene foregår som strålevarme og naturlig konvektion fra radiatorer og konvektorer. De giver en meget energi-effektiv og behagelig varmeudledning i lavenergibygninger.

Centralvarmesystemer, hvor vandtemperaturen typisk er under 45°C ved de forudsatte vejrforhold. Det mest almindelige indbyggede system er gulvvarme, hvor gulvet bruges som varmeplade. Varmeudledning til rummene sker i form af strålevarme og naturlig konvektion. Egnede til bygninger med højt varmebehov og stor termisk masse. Især behageligt i badeværelser (Figur 5.3) og egnede til gangarealer i nærheden af udvendige døre for at sikre afdampning af vand, der bringes ind i bygningen udefra, når det regner. Lavere energieffektivitet på varmepladen end lavtemperaturradiatorvarme.

Luftvarmesystem kombineret med mekanisk ind- og udsugningsventilation, ofte udstyret med varmegenindvindning. Typisk styres luftens indsugningstemperatur af middel opholdstemperaturen. Det skaber temperatursvingninger og problemer med at opretholde

Radiatorsystem til lave temperaturer
45/35

Indbyggede varmesystemer
35/28

Varme og ventilation

en behagelig temperatur i et enkelt værelse. Ujævn varmefordeling i luftlagene er også et almindeligt problem ved denne varmekilde, der i øvrigt kræver, at bygningens ydre skal er tæt og korrekt isoleret for at nå den designede energieffektivitet.

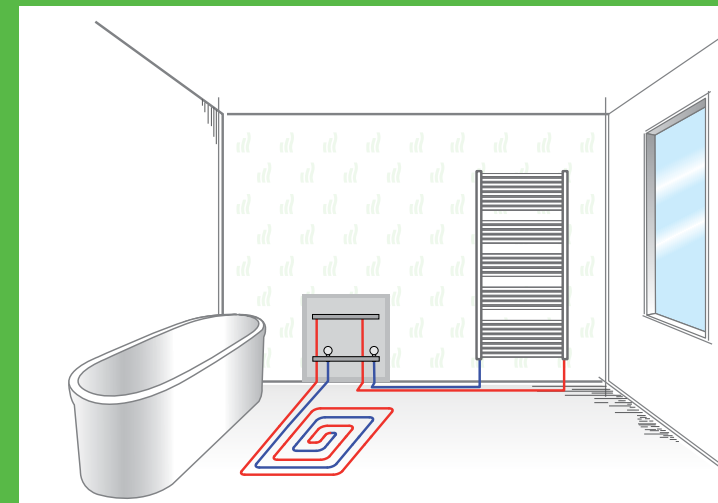
I tilfælde, hvor højere varmeydelser kræves, kan enheder med blæser anvendes. Typiske systemer omfatter radiatorer udstyret med blæser og ventilator - dvs. konvektorer med ventilator og luftindtag ofte til både opvarmning og køling.

En ventilationsradiator er typisk konstrueret som lavtemperaturradiator med udendørs luftindtag. En god løsning for at undgå træk ved brug af mekaniske udsugningsventilationssystemer.

Kun radiatorer tilbyder den fulde fleksibilitet, der kræves for at ændre vores opfattelse af vores boliger og kontorer som andet end en sort boks.

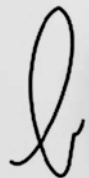
Kun et fleksibelt varmekildesystem kan følge med, når de funktionelle behov ændres i vores moderne boliger og på arbejdspladserne. Et system med individuel styring og uafhængige varmekilder, der kan justeres efter formålene og varmebehovet i det enkelte afsnit. Kort sagt er det kun radiatorer, der tilbyder den fulde fleksibilitet, der kræves for at ændre vores opfattelse af vores boliger og kontorer som andet end en sort boks.

Figur 5.3
Gulvvarme kan give en god varmekomfort i et badeværelse, især i kombination med håndklæderadiatorer.



RADIATORER SPILLER EN CENTRAL ROLLE

Når alle fakta tages i betragtning, kan vi konkludere, at radiatorer til lave temperaturer spiller en central rolle. Det gælder nu, men også i fremtiden. Og fremtiden er her allerede med introduktionen af højeffektive varmekilder som kondenseringskedler og varmepumper. Det er varmekilder, som gør lavtemperaturrediatorerne endnu mere effektive, fordi de reagerer ekstremt hurtigt og effektivt på varmebehovet og besparende varmegevinster. Jeg mener, at radiatorer er det eneste reelle alternativ, når vi skal finde en afprøvet energieffektiv varmeløsning, der har alle de fordele, som konstruktører, planlæggere og installatører efterspørger og har brug for.



Elo Dhaene,
Brand Commercial Director, Rettig ICC

De nuværende højeffektive systemer, både i moderne nye bygninger og velistandsatte gamle bygninger, anvender avancerede materialer, overholder strengere standarder og sætter en højere standard for den samlede effektivitet. Men det er ikke kun effektiviteten, det er også komforten, der er vigtig for at skabe et godt indeklima i bygningerne.

Hos Purmo udvikler vi intelligente varmeløsninger, der kan leve op til fremtidens standarder, reducere afhængigheden af fossile brændstoffer, nedbringe emissionen og naturligvis også de samlede omkostninger. Stik mod den gængse opfattelse yder disse højeffektive varmesystemer til lave temperaturer bedst, når de kombineres med radiatorer.

I denne varmeguide har vi beskrevet en række vigtige fakta, der understreger, at lavtemperaturreadiatorer ikke er til at komme udenom. Vores investeringer i forskning og udvikling er blevet omsat til intelligente løsninger og produkter. Alle forskere fremhæver, at vores radiatorer i næsten alle tilfælde er den mest effektive varmekilde i et moderne varmesystem. Lavtemperaturreadiatorer har vist sig at være den mest energieffektive varmekilde i lavenergibyggeri. Uanset hvor bygningen opføres eller ligger, og uanset de ydre forhold, har det vist sig, at radiatorer ikke blot er mest energieffektive men også skaber den bedste indekomfort.

Forskningen har bevist og bekræftet det fysiske faktum, at lavtemperaturreadiatorer reelt er mere energieffektive end gulvvarme.

- Ca. 15% mere effektive i etplanshuse og
- op til 10% mere effektive i fleretagersbyggeri

Hovedårsagen til gulvvarmens lavere energieffektivitet er, at der opstår et uventet varmetab til undergrunden (forårsaget af et fænomen, der kaldes 'nedadrettet varmestrøm') men også til de udvendige flader (på grund af varmestråling). Derudover ser det ud til, at den termiske masse i gulvvarmesystemer er den vigtigste årsag til den lavere kapacitet til at udnytte varmegevinster. Det giver ubehagelige udsving i rumtemperaturen, som bevirker, at brugerne skruer op for varmeindstillingen af rumtemperaturen.

Vores omfattende undersøgelser og test har vist, at bygninger opvarmet med gulvvarme også i højere grad påvirkes af brugerens adfærd. I det daglige giver det sig udslag i længere opvarmningstider og højere rumtemperaturer. Men også mangler i konstruktionen som for eksempel kuldebroer mellem gulv og ydervægge bidrager til betydelige forskelle i energiforbrug.

Hvor vi hævder, at man med vores radiatorer kan spare op til 15% på energiforbruget, viser de fleste undersøgelser, at besparelsen kan være meget højere.

Hvor mange beviser skal vi have? Jeg tror vi kan blive enige om én ting - radiatorer omsætter energi til effektivitet. Det er et faktum.



KAPITEL 6

FORDELE FOR SLUTBRUGEREN

- Højere effektivitet ved lavere vandtemperaturer
- Passer til alle klimaer
- Lavere energiomkostninger
- Højere komfort
- Kan kombineres med gulvvarme
- Bedre indeklimastyring
- Klargjort til vedvarende energikilder
- 100% genanvendelig
- Sunde omgivelser

Renoveringer og nybyggeri

Uanset om det drejer sig om nybyggeri eller renovering af en ældre bygning, har radiatorer de laveste livstidsomkostninger af alle varmekilder. Hvor de er en attraktiv, omkostningseffektiv og energieffektiv løsning i nybyggeri, er de derudover særdeles velegnede ved bygningsrenoveringer, fordi de let og hurtigt kan integreres i det eksisterende varmesystem. I renoveringsprojekter kan radiatorer med en lille indsats tilsluttes til de eksisterende rør og justeres på få timer. Omkostningerne er lave og det er ukompliceret og forlænger ikke byggeriet.

Når de først er installeret i et nybygget eller renoveret hus, er radiatorerne praktisk talt vedligeholdelsesfri, da de ikke slides og ikke indeholder bevægelige dele. Purmo radiatorerne udmærker sig ved en designet levetid på mere end 25 år med høj ydelse og lang driftstid. Derudover er de naturligvis 100% genanvendelige og dermed en meget miljøvenlig løsning.

°C
45
~
35**Højere effektivitet ved lavere vandtemperaturer**

Lavtemperaturreadiatorer opvarmer et rum lige så effektivt som traditionelle radiatorer. Fordelene ved dem er tydelige - bedre indeklima og bedre samlet energieffektivitet, mere effektiv varmeproduktion og reduceret varmetab i systemet.

**Passer til alle klimaer**

Radiatorer i lavtemperatursystemer kan bruges overalt i verden. Et velisoleret hus kan altid - uanset kulde og vejrforhold - opvarmes til en behagelig temperatur med radiatorer.

**Lavere energiomkostninger**

Radiatorer til lavtemperatursystemer anvender mindre energi for at opnå en effektiv opvarmning. En moderne familiebolig eller kontorbygning kan let opvarmes til 20°C med radiatorer til en designet systemtemperatur på 45/35°C. For at nå samme rumtemperatur anvender traditionelle varmesystemer vand op til 75°C varmt, og de bruger mere energi for at nå det samme resultat med højere omkostninger.

**Højere komfort**

Med en unik kombination af konvektions- og strålevarme sikrer en lavtemperaturreadiator en konstant behagelig temperatur. Der er ingen generende træk eller indelukket og tør luft.

**Kan kombineres med gulvvarme**

Hvis gulvvarme kombineres med lavtemperaturreadiatorer, kan gulvvarmen nå et optimalt niveau, både hvad angår effektivitet og komfort.

**Bedre indeklimastyring**

Radiatorer reagerer hurtigt på temperatursignaler fra termostaten og fordeler varmen hurtigt, lydløst og ensartet. Inden for få minutter vil rumtemperaturen ligge på et konstant niveau i hele rummets højde fra gulv til loft.

**Klargjort til vedvarende energikilder**

Lavtemperaturreadiatorer leverer topydelse, uanset hvilken energikilde systemet opvarmes med. Pris og tilgængelighed for en specifik energitype, som for eksempel fossile brændstoffer, påvirker ikke radiatorens effektivitet. Ønsker man at anvende en anden energikilde, herunder vedvarende energi, er det kun et spørgsmål om at justere eller udskifte fyret.

**100% genanvendelig.**

Radiatorer er specifikt udviklet, så alle komponenterne kan skilles ad ved endt levetid. Alle metaldele, primært stål, kan genanvendes - og har en værdi der gør, at genbrug også kan betale sig.

**Sunde omgivelser**

Lavtemperaturreadiatorer er sikre. Intet brændt støv, ingen udsving i luftens ionbalance og ingen ubehagelig lugt. Og man risikerer heller ikke at brænde sig ved at røre en lavtemperaturreadiator.

CLEVER HEATING SOLUTIONS



LOW TEMPERATURE RADIATORS