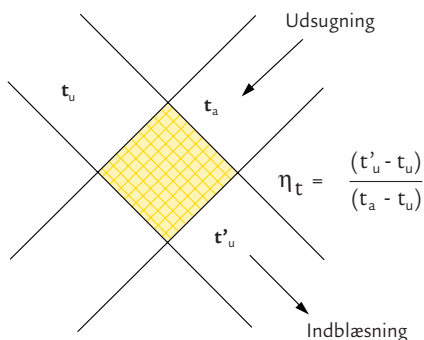


## 6j. Varmegenvinding og varmevekslere

I en velisoleret bygning kan energiforbruget til opvarmning af ventilationsluften let blive væsentligt større end energiforbruget til dækning af transmissionsabet. Det er derfor vigtigt at genvinde så stor en del af varmen som muligt fra udsugningsluften, inden den kastes bort.

Figur 1 Definition af temperaturvirkningsgrad



$t_a$  = udsugningsluftens temperatur før varmeveksleren  
 $t_u$  = indblæsningsluftens temperatur før varmeveksleren  
 $t'_u$  = indblæsningsluftens temperatur efter varmeveksleren (men før en eventuel varme- eller køleflade)

Figuren viser temperaturvirkningsgrad for varmeveksler. Gælder ved lige store luftmængder i indblæsning og udsugning.

### Eksempel 1

Udsugningsluften fra et lokale er 23°C. Varmen udnyttes til opvarmning af indblæsningsluften, der herved opvarmes fra 4°C til 15°C. Varmevekslerens temperaturvirkningsgrad kan således beregnes til

$$\eta_t = \frac{15 - 4}{23 - 4} = 58\%$$

### Nøgletal

Temperaturvirkningsgraden for en veksler afhænger af forholdet mellem luftmængderne på de to sider af veksleren. Normalt angives virkningsgraden ved lige store luftmængder på indblæsnings- og udsugningssiden. Ved andre forhold mellem luftmængderne findes virkningsgraden af figur 2.

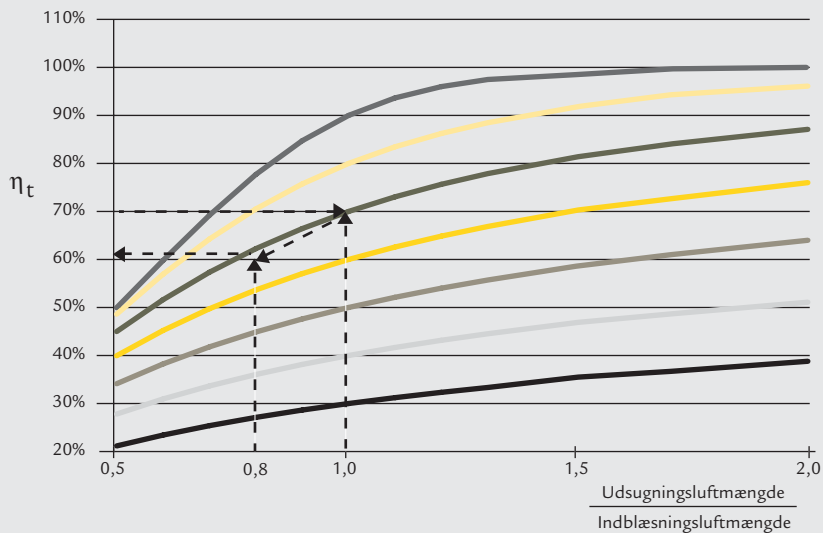
### Eksempel 2

Et varmegenvindingsaggregat er oplyst at have en temperaturvirkningsgrad på 70% ved lige stor udsugnings- og indblæsningsluftmængde. Ved en udsugningsluftmængde på 80% af indblæsningsluftmængden bliver virkningsgraden reduceret til ca. 62%. Se figur 2.

### Årvarmeforbrug ved opvarmning af luft

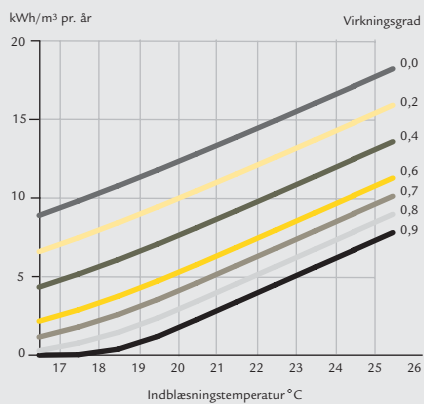
De otte figurer 3.1 til 3.8 viser det årlige energiforbrug til opvarmning af luft ved forskellige virkningsgrader af varmegenvinding, og ved forskellige udsugningstemperaturer. Energiforbruget er beregnet på grundlag af timeværdier for udetemperatur for Dansk Referenceår, TRY; SBI-rapport 135.

Figur 2 Temperaturvirkningsgrad afhængighed af udsugning/indblæsning

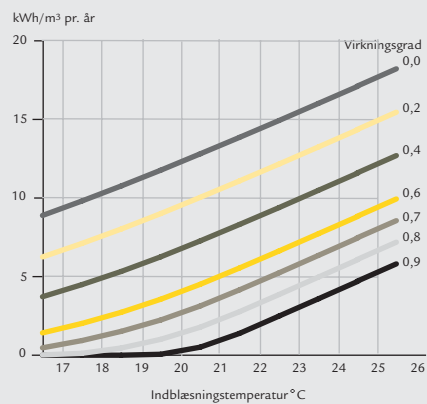


Overslagsmæssig ændring af virkningsgraden for varmegenvinding i afhængighed af forholdet mellem udsugningsluftmængde og indblæsningsluftmængde.

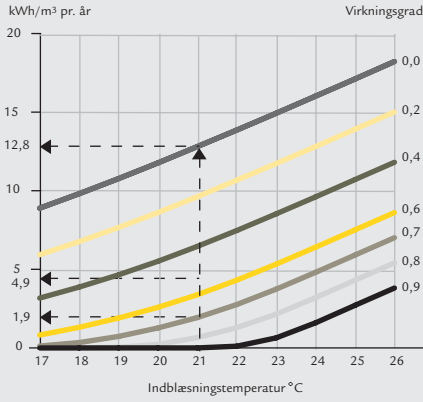
Figur 3.1 kl. 8 - 17 hele ugen, udsugningstemp. 20 grader



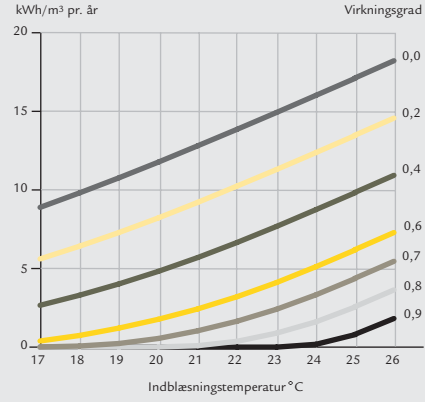
Figur 3.2 kl. 8 - 17 hele ugen, udsugningstemp. 22 grader



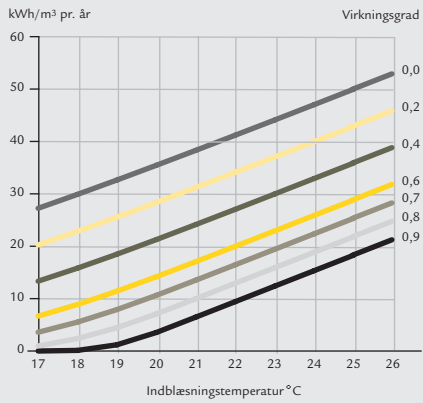
**Figur 3.3** kl. 8 - 17 hele ugen, udsugningstemp. 24 grader



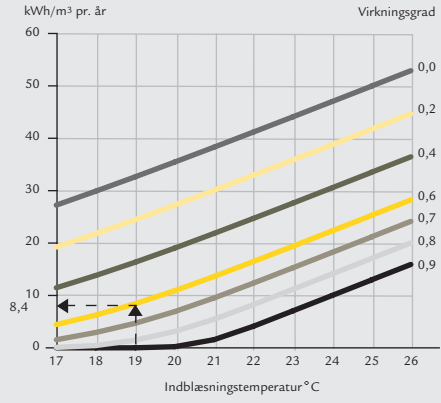
**Figur 3.4** kl. 8 - 17 hele ugen, udsugningstemp. 26 grader



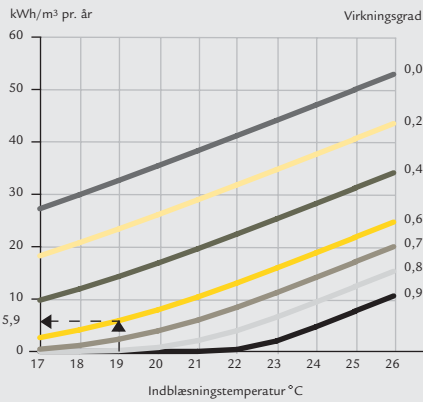
**Figur 3.5** Hele døgnet, udsugningstemp. 20 grader



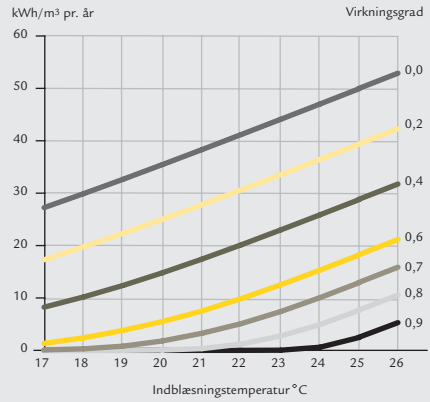
**Figur 3.6** Hele døgnet, udsugningstemp. 22 grader



**Figur 3.7** Hele døgnet, udsugningstemp. 24 grader



**Figur 3.8** Hele døgnet, udsugningstemp. 26 grader



### Eksempel 3 (figur 3.3)

En kontorbygning ventileres året rundt i tidsrummet fra kl. 8 til kl. 17 på ugens 5 hverdage. Det årlige energiforbrug til opvarmning af luften til 21°C vil for referenceåret udgøre ca.  $12,8 \cdot 5/7 = 9,1$  kWh/år pr. m<sup>3</sup>/h luft.

- Ved varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på 50%, vil energiforbruget blive reduceret til  $4,9 \cdot 5/7 = 3,5$  kWh/år pr. m<sup>3</sup>/h luft, når luften udsuges ved 24°C. Se figur 3.3
- Forbedres virkningsgraden for varmegenvindingen til 70%, falder energiforbruget yderligere til ca.  $1,9 \cdot 5/7 = 1,4$  kWh/år pr. m<sup>3</sup>/h luft.
- Hæves udsugningstemperaturen til 26°C, bliver de tilsvarende tal hhv. 2,9 og 1,0 kWh/år pr. m<sup>3</sup>/h luft.
- Sænkes indblæsningstemperaturen i stedet til 20°C, bliver tallene hhv. 2,9 og 0,9 kWh/år pr. m<sup>3</sup>/h luft.
- Med en indblæsningstemperatur på 20°C og en udsugningstemperatur på 25°C, kan opvarmning af luften helt undværes, hvis varmen genvindes med en virkningsgrad på 85%. Det skal dog sikres, at dette ikke giver problemer ved opstart, hvor varmetilskuddet er lavt.

### Eksempel 4

I en bygning indblæses luften i 24 timer i døgnet ved 19°C og udsuges ved 22°C. Ved en virkningsgrad på 60% bliver det årlige energiforbrug til opvarmning af luften 8,4 kWh/m<sup>3</sup>. Hæves udsugningstemperaturen til 24°C, falder energiforbruget til 5,9 kWh/m<sup>3</sup> pr. år. Se figur 3.6 og 3.7

### Kilder og yderligere oplysninger

- *Energibevidst projektering af ventilationsanlæg*, Glenco 1999
- *Ventilation Ståbi*. Teknisk Forlag, 1996
- *Glent Klimateknik*, 1982
- *Varme- og Klimateknik. Grundbog*. Danvak, 2. udgave.

## Varmevekslertyper

Figur 4 viser en oversigt over de mest almindelige typer af varmevekslere med angivelse af temperaturvirkningsgrad, typiske tryktab og andre væsentlige forhold. Temperaturvirkningsgraden er forklaret i figur 1.

Ud over de typer, der er vist i tabellen, findes følgende typer:

- Pulserende vekslere, hvor luftstrømmen skifter retning gennem to alternerende varmelagrings-elementer. Deres virkningsgrad kan være 80-90%. Ligesom roterende vekslere har de ikke hermetisk adskillelse af indblæsnings- og afkastluft
- Varmepumper, som også omfatter temperaturudveksling mellem to mediestrømme. Her kan virkningsgraden være over 100%.

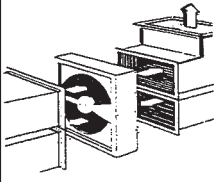
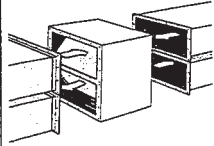
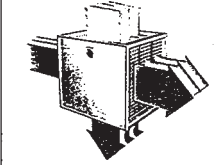
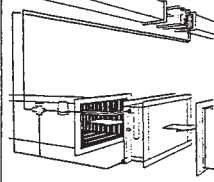
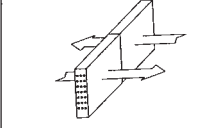
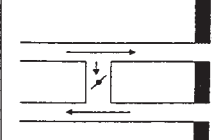
Virkningsgraden for to ens vekslere i serie bestemmes af formlen:  $2\eta/(1+\eta)$

Til alle typer varmegenvinding medgår der et elforbrug til overvindelse af tryktabet i varme- og kølefladen. Ved de fleste typer (undtaget krydsvarmevekslere og heat-pipes) bruges også el til cirkulationspumpe, motor eller kompressor. For varmpumper vil øget temperaturvirkningsgrad medføre reduceret elvirkningsgrad for varmepumpen.

### Gode råd

- Anvend varmegenvinding med høj virkningsgrad
- Fastsæt indblæsningstemperaturen så lav som muligt
- Udsug ved så høj en temperatur som muligt
- Tænk på luftføringsprincippet: Fortrængningsventilation giver mulighed for lav indblæsningstemperatur og høj udsugningstemperatur
- Sørg for bedst mulig balance mellem indblæsningsmængde og udsugningsmængde. Temperaturvirkningsgraden falder ved mindre udsugningsmængde

Figur 4 Oversigt over varmevekslertyper.

Type	Principtegning	Temperaturvirkningsgrad %	Typisk tryktab Pa	Adskillelse af indblæsnings- og afkastluft	Andre forhold
Roterende varmeveksler		65-80	150	Ikke fuldt	Kan om ønsket overføre fugtighed fra afkast- til indblæsningsluft
Krydsvarmeveksler, pladetype		50-70	150-250	Ja	
Krydsvarmeveksler, glastrørstype		60-75	250-150	Ja	Dyre vekslere. Anvendes til røggas og luftmed opløsningsmidler, støv m.m.
Væskekoblede batterier		45-55	150-250	Ja	Indblæsnings- og usugning-aggregater behøver ikke at være placeret nær hinanden. Varme eller kulde kan samles fra flere kilder og tilføres indblæsningsluften, evt. efter lagring. Varme og kulde kan tilføres via væsken, så tryktabet i ventilatinsanlægget reduceres.
Heat pipe		50-70	100-300	Ja	Dyre vekslere
Recirkulation		"100"	?	Nej	Ikke egentlig varmevengivning, men billig metode til at reducere energibehovet på. Temperaturvirkningsgraden er 100% for den recirkulerende luft.

De anførte tryktab gælder henholdsvis indblæsningssiden og usugningssiden. Kilde: Glenco.