

Termiskt klimat	Rekommenderade värden	Riktvärden
<p>Operativ temperatur: (Bör inte skilja med mer än 5 ° C mellan olika mätpunkter)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bostäder och kontor</li> <li>- Hygienutrymmen</li> <li>- Dagis</li> </ul>	20-23 C	<p>min 18 C</p> <p>min 20 C</p> <p>min 20 C</p>
<p>Yttemperaturer på golv:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bostäder och kontor</li> <li>- Hygienutrymmen</li> <li>- Dagis</li> </ul>	20-26 C	<p>min 16 C</p> <p>min 18 C</p> <p>min 20 C</p>
<p>Temperaturskillnad i vertikal led från 0,1 m till 1,1 m ovan golv</p>		max 3 C
<p>Strålningstemperaturskillnad mellan golv och tak</p>		max 5 C
<p>Strålningstemperaturskillnad mellan ytterväggskonstruktion och innervägg</p>		max 10 C

## Riktvärden för inomhusmiljön i bostäder

Område	Faktor / parameter	Riktvärden
Värmekomfort	Rumstemp Golvttemp Temp. skillnad 0,1 – 1,1 m Strålningstemp.skillnad	18-24 ° C ( 20 ° C generellt ) > 16-18 ° C men < 27 ° C Max 3 ° C i höjddled Max 10 ° C mellan fönster/yttervägg och innervägg samt max 5 ° C mellan golv och tak
Luftkvalitet	Uteluftsflöde Lufthastighet Frånluftsflöde i badrum Frånluftsflöde i kök	Min 0,35 l/s och m <sup>2</sup> (samt 4 l/s och sovplats enl gamla BBR) 0,15 m/s i vistelsezonen ( 0,25 m/s kan tillåtas sommartid ) (Med fönster: 10 l/s. Utan fönster: 15 l/s alt 10 l/s med 30 l/s forc. enl gamla BBR) 90% uppfångningsförmåga enl nya BBR (10 l/s med 75 % uppfångning / spiskåpa, 15 l/s för kokvrå enl gamla BBR)
Varmvatten VVC-ledning	Varmvattentemp Temp i VVC-ledning	> 50 ° C (legionella) och <65 ° C (skållningsrisk) > 50 ° C (legionella)
Strålning	Radon Elektriska fält (elledningar) Magnetiska fält (elledningar)	< 200 Bq/m <sup>3</sup> < 10 V/m (Volt per meter) (Spänning dividerat med avstånd) < 0,2 µT (mikro Tesla)
Fukt	Relativ fuktighet Fukttillskott	30 - 70 % (10% vinter och 80% sommar ) 0 - 3 g/m <sup>3</sup> (g vattenånga per kubikmeter luft)
Lukt	Odör?	Subjektiv bedömning (näsa)
Ljud/buller	Från installationer Från industri, trafik mm	Sovrum, 30 dBA, kök 35 dBA (grundvent.) (inomhus) Dag 55 dBA, kväll 50 dBA och natt 45 dBA (utomhus)
Ljus	Dagsljus? Starkt ljus kvällar	Subjektiv bedömning (ögat)
Ohyra	Ohyra	Skadedjur eller stor mängd av djur

## **Tips för effektivare energianvändning i bostaden**

- Vädra kort och effektivt. Stäng radiatorventilen i de rum som vädras.
- Stäng balkongdörrar och tänk på att dörren ut till en inglasad balkong alltid ska vara stängd.
- Försök att hålla nere rumstemperaturen. Gå helst inte över 21 Celsius.
- Duscha snabbt och effektivt. Montera snålspolande silar på duschen.
- Diska inte under rinnande vatten.

## **Energispartips för effektivare elanvändning**

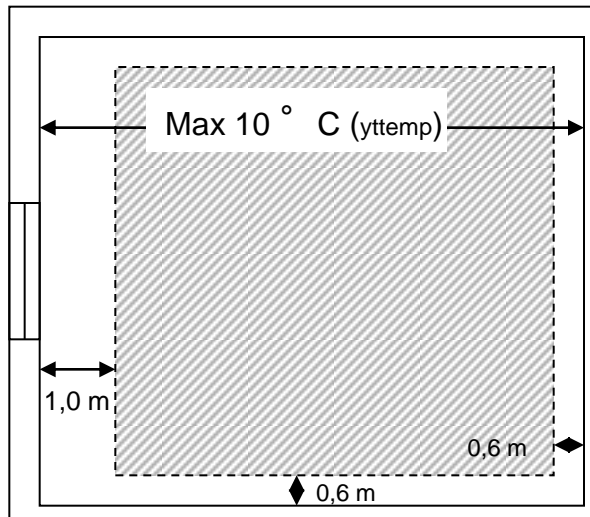
- Se till att fylla upp tvätt- och diskmaskiner
- Använd lock på kastruller
- Släck lampor där det är möjligt
- Använd strömbrytare för att eliminera stand-by el
- Ställ in rätt temperatur i kyl- och frysskåp. Gör rent på baksidan av kyl- och frysskåp
- Välj lågenergilampor eller ännu hellre LED-lampor och byt till energisnåla apparater Klass A när ni köper nytt.

## Definition enligt Socialstyrelsens författningssamling, SOSFS 2005:15

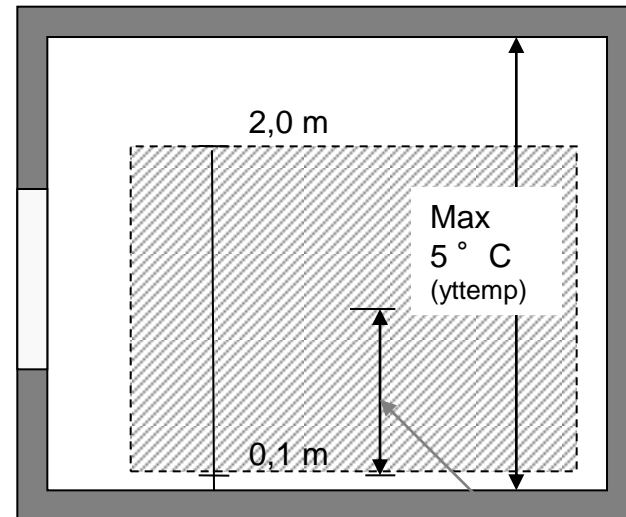
- Operativ temperatur	Medelvärde av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor
- Strålningstemperaturskillnad	Skillnaden mellan två motstående ytors värmestrålning till en viss mätpunkt
- Termiskt klimat	Faktor som påverkar människans värmeutbyte med omgivningen
- Vistelsezon	Zon i ett rum avgränsad horisontellt 0,1 och 2,0 meter över golv samt vertikalt 0,6 meter från innervägg och 1,0 meter från yttervägg

## Vistelsezon

Enligt Socialstyrelsens definition (Socialstyrelsens författningssamling, SOSFS 2005:15)



Plan



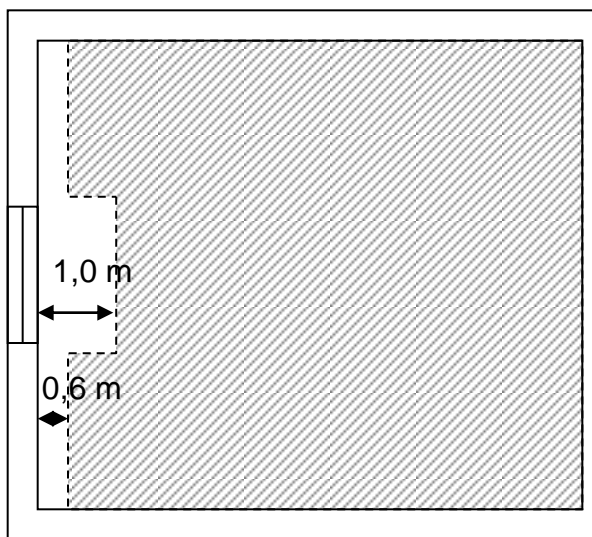
Sektion

Max 3 ° C  
från  
0,1 till  
1,1 m

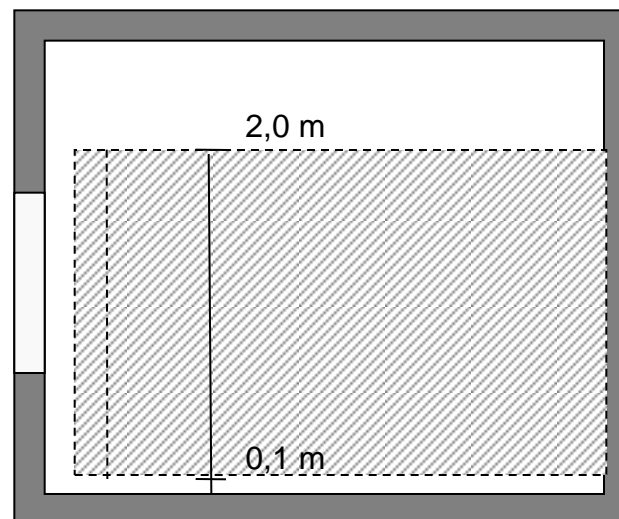
## Vistelsezon

Enligt Boverkets definition (Boverkets författningssamling, BFS 2006:12)

Vistelsezonen begränsas av två horisontella plan, ett på 0,1 meter höjd och ett annat på 2,0 meter höjd, samt vertikala plan 0,6 meter från ytterväggar eller andra yttre begränsningar, dock 1,0 meter vid fönster och dörr.



Plan



Sektion

# Aktivitet och metabolism

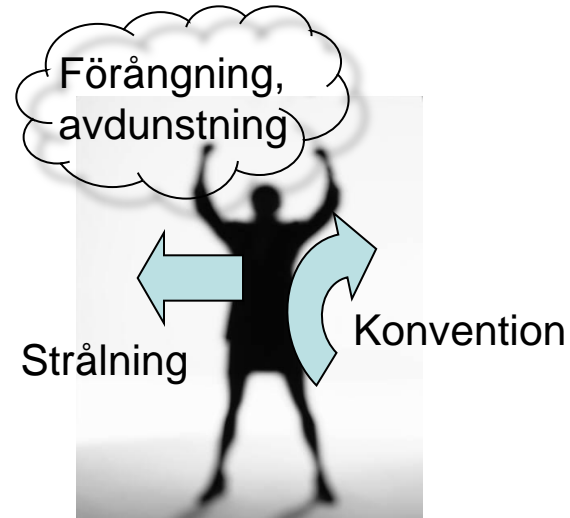
Värmeavgivningen från en människa beror på aktivitetsnivå och metabolism

Värmen som bildas avges via konvektion, strålning och förångning till omgivningen.

Aktivitetsnivån brukar anges i met. (metabolism) 1 met motsvarar en värmealstring av 58,2 W/m<sup>2</sup> kroppsytta.

En fullvuxen person har en kroppsytta på ca 1,7 m<sup>2</sup> (nästan 100 W)

Kontorsarbete motsvarar ca 1,5 met



Aktivitet (arbete)	Konvektion	Strålning	Förångning (effektåtgång)
1 met (vila)	35 W	35 W	30 W
2 met (hantverk)	60 W	60 W	90 W
3 met (tungt) 100 W	60 W	150 W	

# Klädsel och klimatupplevelse

Klädseln har stor inverkan på hur vi upplever klimatet.

Värmeisoleringsförmågan i kläderna mäts i clo (clothing units)

Följaktligen är clo= 0 för en naken person (kejsarens nya kläder)

1 clo motsvarar ett värmemotstånd på  $0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ \text{C/W}$ .

0,1 clo - badbyxor/ bikini

0,3 clo - lätt klädsel, sommartid (shorts och t-tröja)

0,5 clo - lätt sommarklädsel (långbyxor/kjol och kortärmad skjorta/blus)

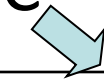
0,8 clo - normal kostym/dräkt vid kontorsarbete, sommartid

1,0 clo - normal kostym/dräkt vid kontorsarbete, vintertid

1,5 clo - varm kontorsklädsel



# Aktivitet och klädsel

$^{\circ}$ C 	0 clo	0,3 clo	0,5 clo	0,8 clo	1,0 clo	1,5 clo
<b>0,8 met</b>	29±1	28,5±1	27±1	26±1,5	24,5±1,5	22±2
<b>1,0 met</b>	28,5±1	27±1	26±1	24,5±1,5	23±2	20±2
<b>1,2 met</b>	28±1	26±1	24,5±1,5	22,5±2	21±2,5	18±3
<b>1,4 met</b>	27±1	25±1,5	23,5±2	21,5±2	20±2,5	16±3
<b>1,6 met</b>	26,5±1,5	24±1,5	23±2	20,5±2,5	19±3	15±4
<b>2,0 met</b>	26±1,5	23±2	21±2,5	18,5±3	16±3	12±3
<b>2,4 met</b>	25±1,5	21,5±2	20±2,5	16±3	14±3	9±5

Acceptabla nivåer för upplevd operativ temperatur som funktion av aktivitet och klädsel

# Bästa tänkbara termiskt klimat

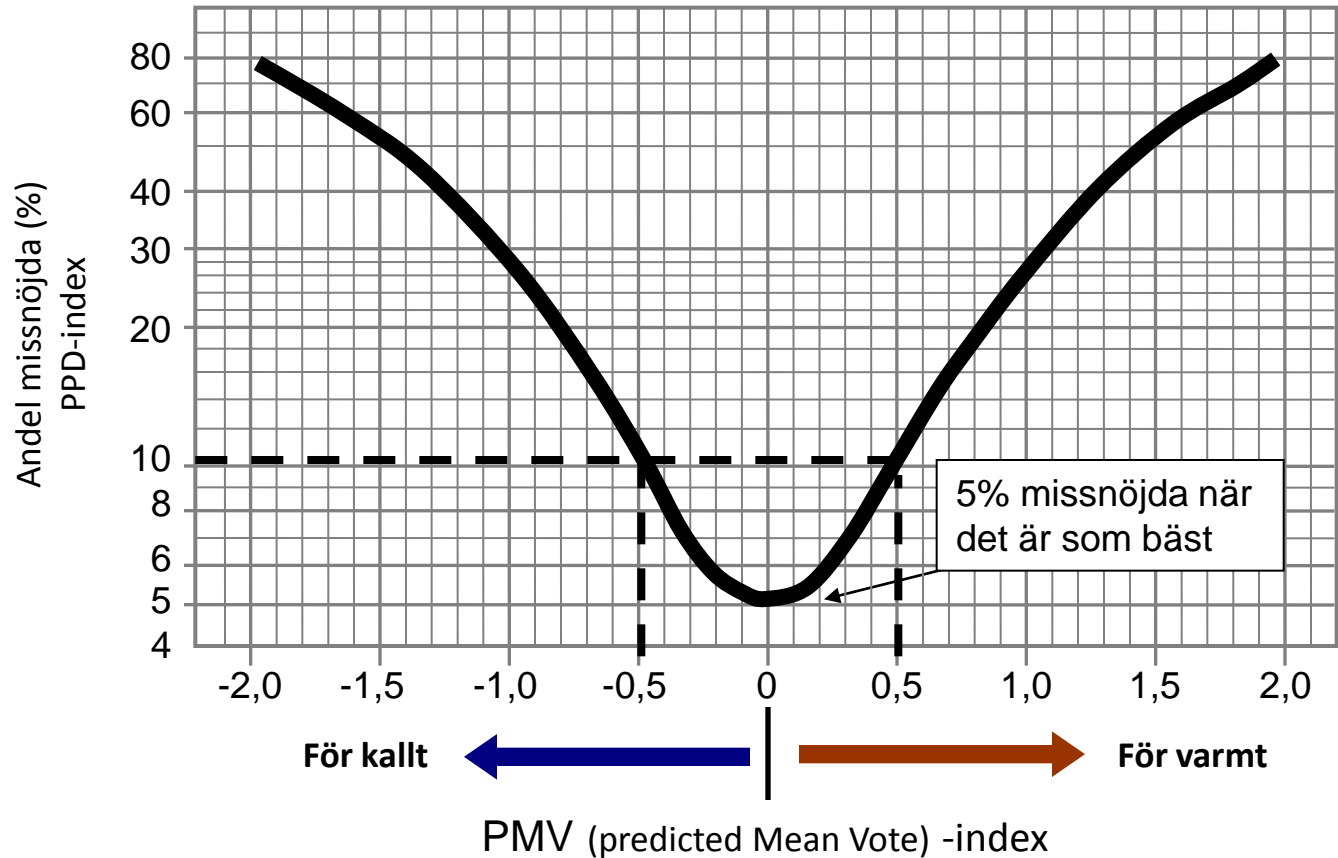
Då är 95% av brukarna nöjda!

## PPD

För att beskriva hur vi upplever den termiska komforten finns begreppet PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

På nivån  $\pm 0,5$  PMV är 10% missnöjda, PPD.

Inom detta intervall säger en del fastighetsbolag att de har för avsikt att ligga när det handlar om termisk komfort



Bedömningskala, gruppbedömning, enl

prof. Fanger och sedemera internationell standard – ISO 7730

**För att uppnå bästa tänkbara termiska inneklimat, d.v.s. när 95% av kunderna är nöjda, bör hänsyn tas till:**

- Grad av fysisk aktivitet (Metabolism)
- Klädsel (Värmeisolering)
- Rumslufttemperatur
- Yttertemperaturer på väggar, golv och tak
- Temperaturprofil, vertikalt ( $< 3^{\circ}$  C från 0,1 till 1,1 m)
- Luftens hastighet från springventiler och tilluftsdon.

# Luftkvalitet

Koldioxid alstras och avges till rummet via utandning enligt följande:

## Aktivitet:

## Vuxen:

Liter CO<sub>2</sub> per timme och person

Sovande	10-12
Kontorsarbete	19-24
Lätt fysiskt arbete	33-42
Aktiv motion, dans mm	55-70

(Barn alstrar mellan 20-25% mindre koldioxid jämfört med en vuxen person)

## Ventilationsbehov i byggnader för att klara:

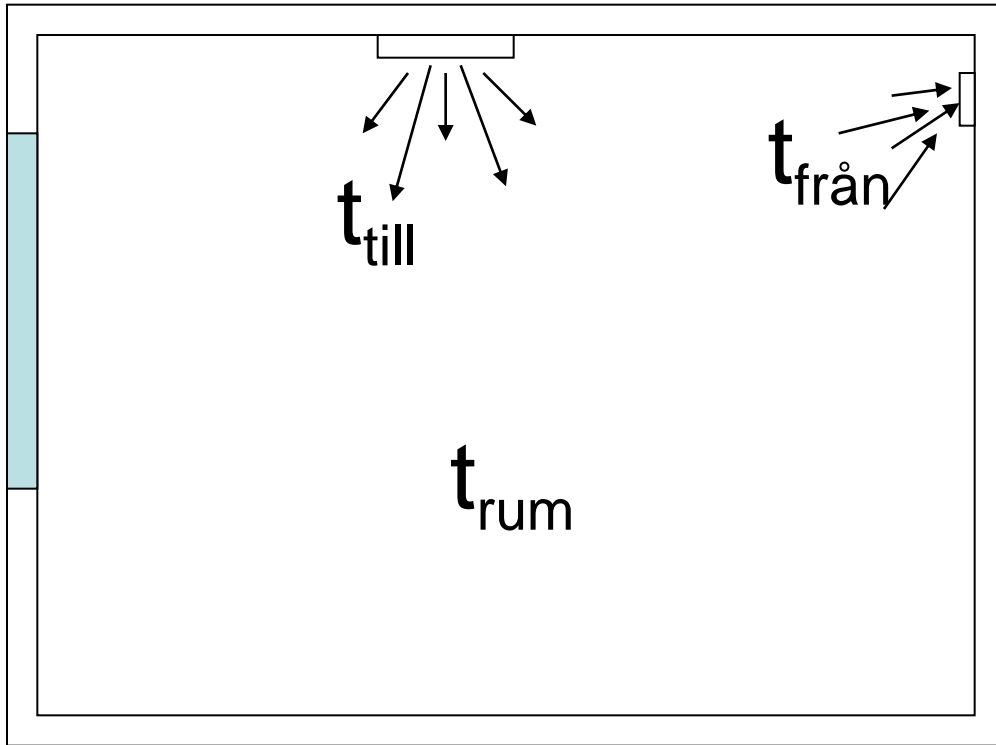
• tillräckligt syrebehov:	0,03 liter/sekund och person
• icke skadlig koldioxidhalt:	0,15                      -"-
• borttransport av fukt	2,0 -3,0                      -"-
• borttransport av lukt	4,0 -5,0                      -"-
• säkerställa ett optimalt inomhusklimat	10,0 -20,0                      -"-

## **Bristande luftkvalitet:**

- Störning på grund av oönskade lukter
- Trötthet, huvudvärk, koncentrationssvårigheter
- Ögonirritation, täppt/rinnande näsa, heshet, hosta
- Klåda, stickningar och rodnader i huden
- Astmatikers besvär kan förvärras kraftigt.

Brukarna/kunderna i husen blir mindre effektiva och sjukfrånvaron ökar.

# Temperaturkontroller för att kartlägga termisk komfort och luftkvalitet



Många till- och frånluftssystem har idag värmeåtervinning med en mycket effektiv roterande värmeväxlare. Detta gör att tilluftstemperaturen blir för hög vissa tider, vilket innebär att rotorns varvtal regleras ner så att tilluftstemperaturen alltid håller samma värde.

Ur energisparsynpunkt kan det vara lämpligt att låta tilluftstemperaturen vara så hög som möjligt men utan att luftutbyteseffektiviteten blir lidande. Risken för kortslutning ökar ju med ökande tilluftstemperatur.

$$t_{från} > t_{rum} > t_{till}$$

### **Rätt ventilationsfunktion innebär i huvudsak:**

- Tillräckligt luftflöde
- Bra luftföring
- Fungerande filter.

### **Luftflöden (minimikrav) i:**

Bostäder, 0,35 l/s, m<sup>2</sup>

Kontor, 0,35 l/s, m<sup>2</sup> + 7,0 l/s, p

### **Bra luftföring**

- Rätt placering av tilluftsdon och frånluftsdon
- Rätt inställning av donens kastlängd
- Lämplig temperatur på tilluften.

### **Fungerande filter**

- Rätt filterklass
- Lämplig typ
- Korrekt infästning
- Byt filter i tid  
Förfilter – 6 månader  
eller möjligen 1 år  
Slutfilter – Varje år  
eller glesare
- Rätt avskiljningsgrad

Kom dock ihåg att filter i första hand är till för att skydda installationerna.

	<b>Specifik värmekapacitet:</b>	<b>Densitet :</b>
Vatten	4,19 kJ/kg K	1000 kg/m <sup>3</sup>
Luft	1,00 kJ/kg K	1,2 kg/m <sup>3</sup>

$$\text{Energi} = \text{Volym} \times C_p \times \rho \times \Delta T$$

**Vatten:**

$$1 \text{ [m}^3\text{]} \times 4,19 \text{ [kJ/kg,K]} \times 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]} \times 1 \text{ [K]} = 4190 \text{ kJ}$$

**Luft:**

$$1 \text{ [m}^3\text{]} \times 1,0 \text{ [kJ/kg,K]} \times 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \times 1 \text{ [K]} = 1,2 \text{ kJ}$$

Vatten är en 3492 gånger bättre värmebärare än luft.  
 (4190 / 1,2 = 3492)

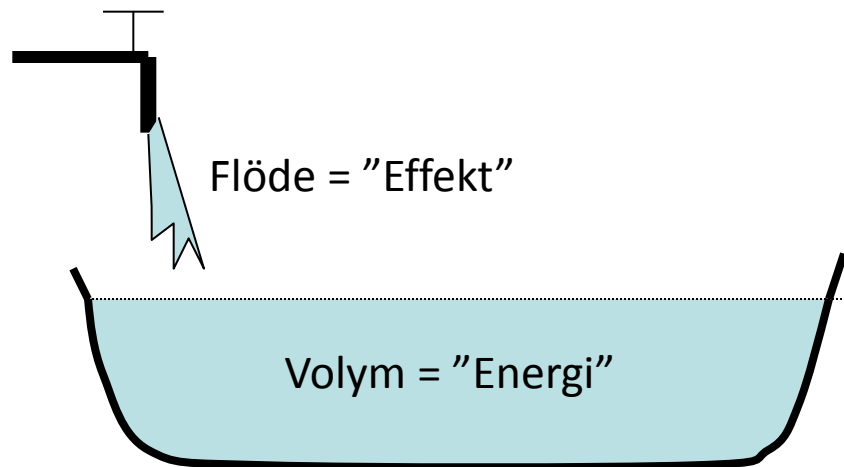


# Energi och effekt

Energi mäts ofta i kWh och effekt i kW.

Förhållandet mellan energi och effekt:

**Effekt x Tid = Energi**



**För vatten gäller:**

Värmeeffekt, kW =

[l/s]

Flöde  $\times$  4,19  $\times$   $\Delta t$

[m<sup>3</sup>/s]

Flöde  $\times$  4,19  $\times$   $\Delta t$   $\times$  1000

Värmeenergi, kWh =

[m<sup>3</sup>]

Volym  $\times$  1,16  $\times$   $\Delta t$

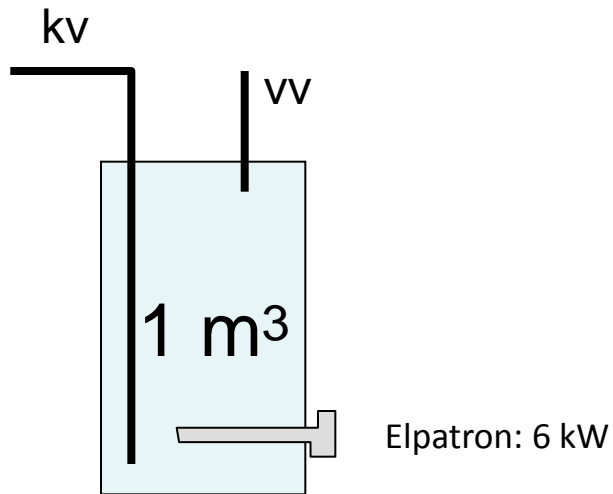
[m<sup>3</sup>/s]

[° C]

[h]

Flöde  $\times$  4,19  $\times$   $\Delta t$   $\times$  1000  $\times$  tid

## Beräkningsexempel: Energi och effekt



Hur mycket energi behöver användas för att värma en kubikmeter vatten från +6 ° C till +60 ° C?

SVAR:  $1 \times 1,16 \times (60 - 6) = 62,6 \text{ kWh}$

Hur lång tid tar det att värma upp vattnet?

SVAR:  $\frac{62,6 \text{ kWh}}{6 \text{ kW}} = 10,4 \text{ timmar}$

Energi:

[m<sup>3</sup>]

$$\text{Volym} \times 1,16 \times \Delta T$$

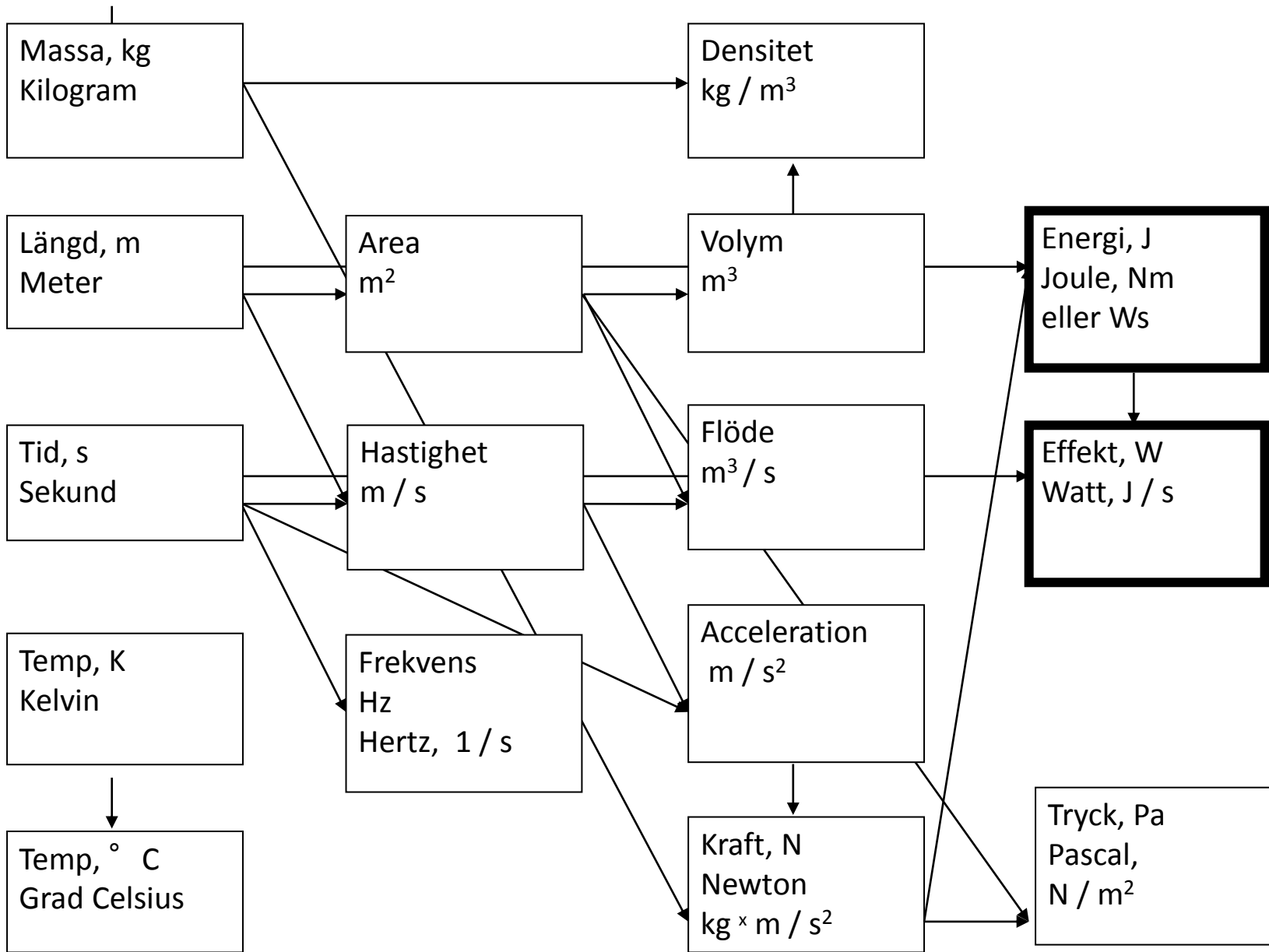
Effekt:

[m<sup>3</sup>/s]

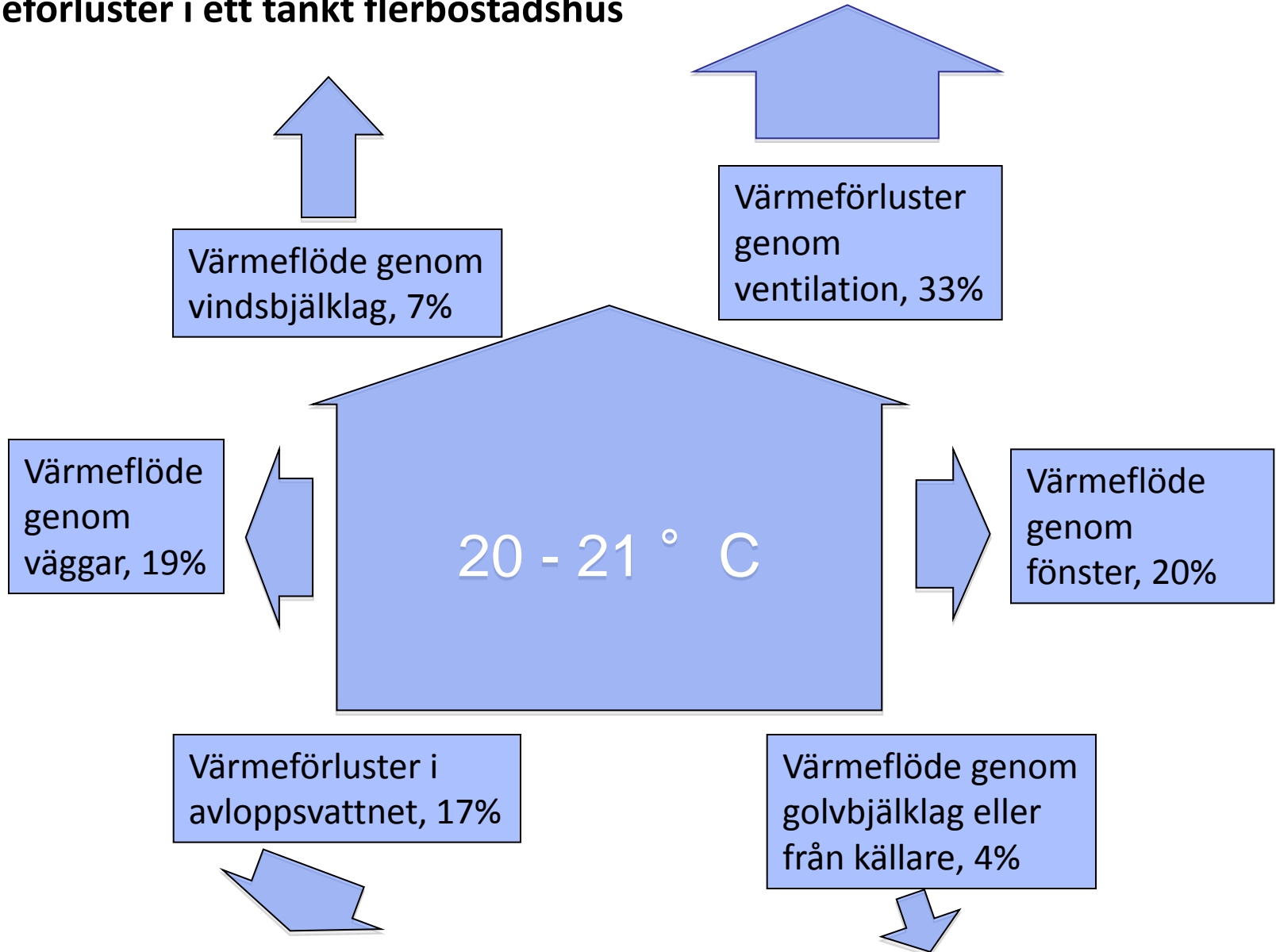
$$\text{Flöde} \times 4,19 \times \Delta T \times 1000$$

$$\text{Energi} = \text{Effekt} \times \text{Tid}$$

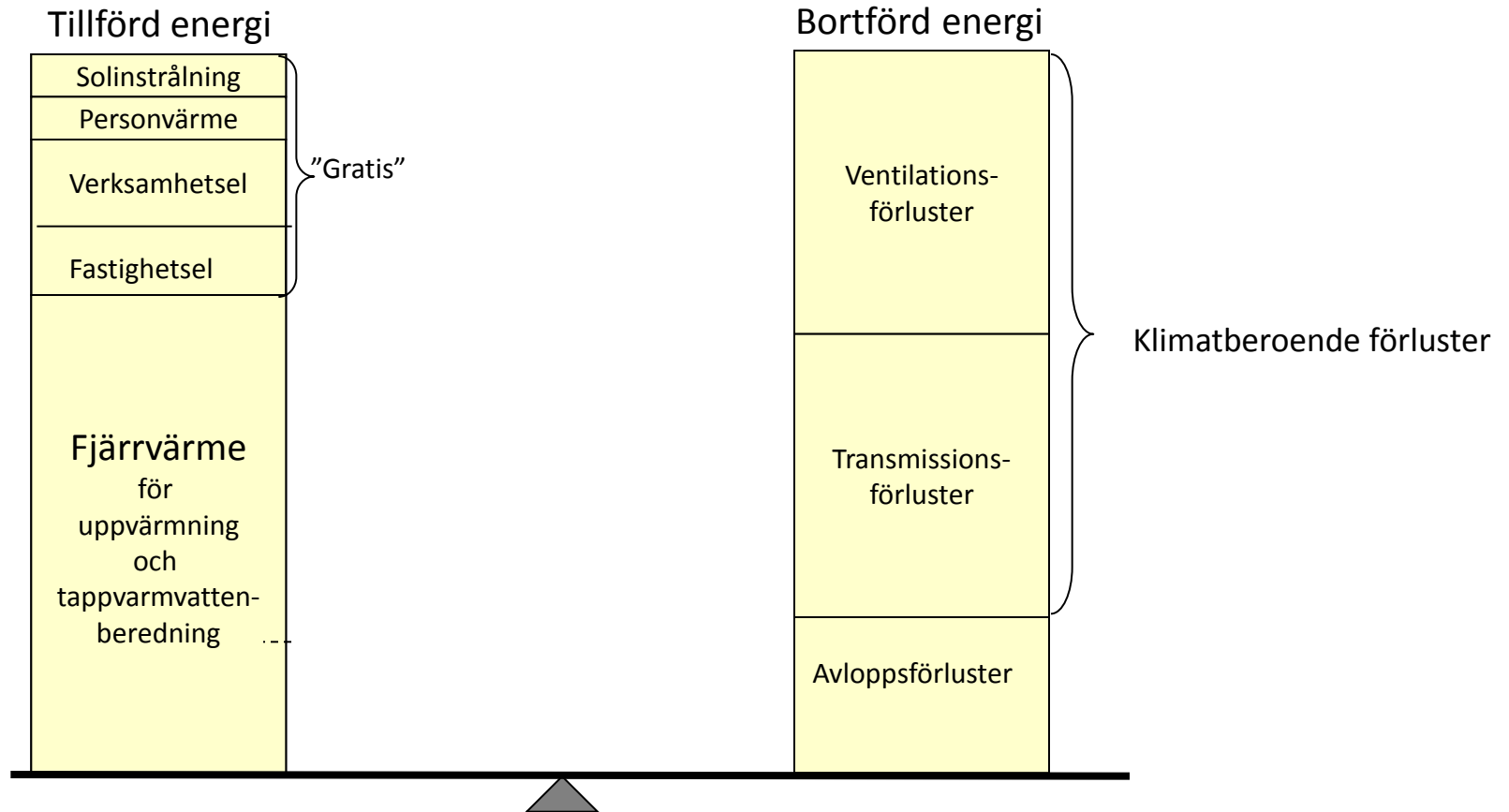
# SI-systemet



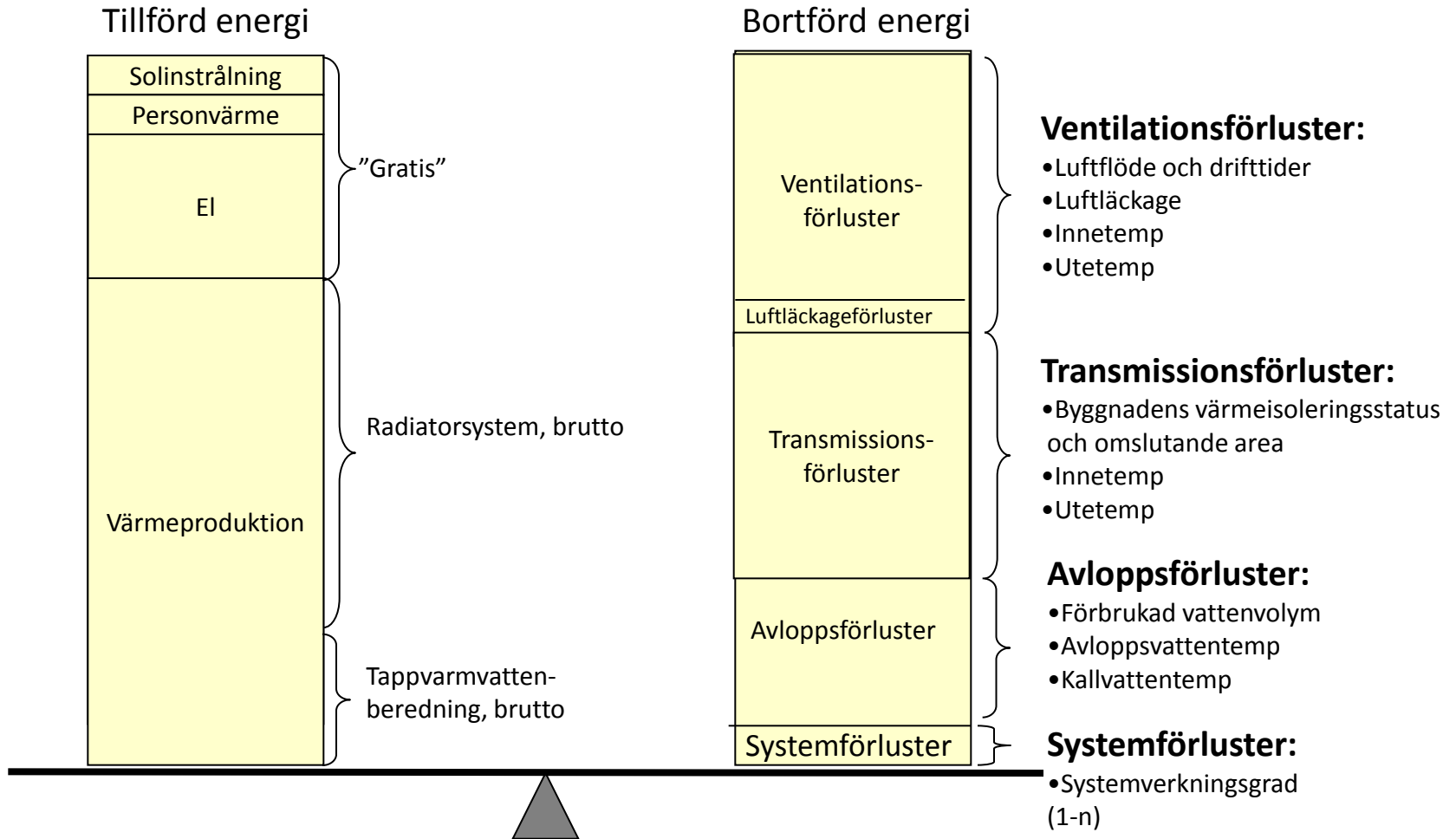
# Värmeförluster i ett tänkt flerbostadshus



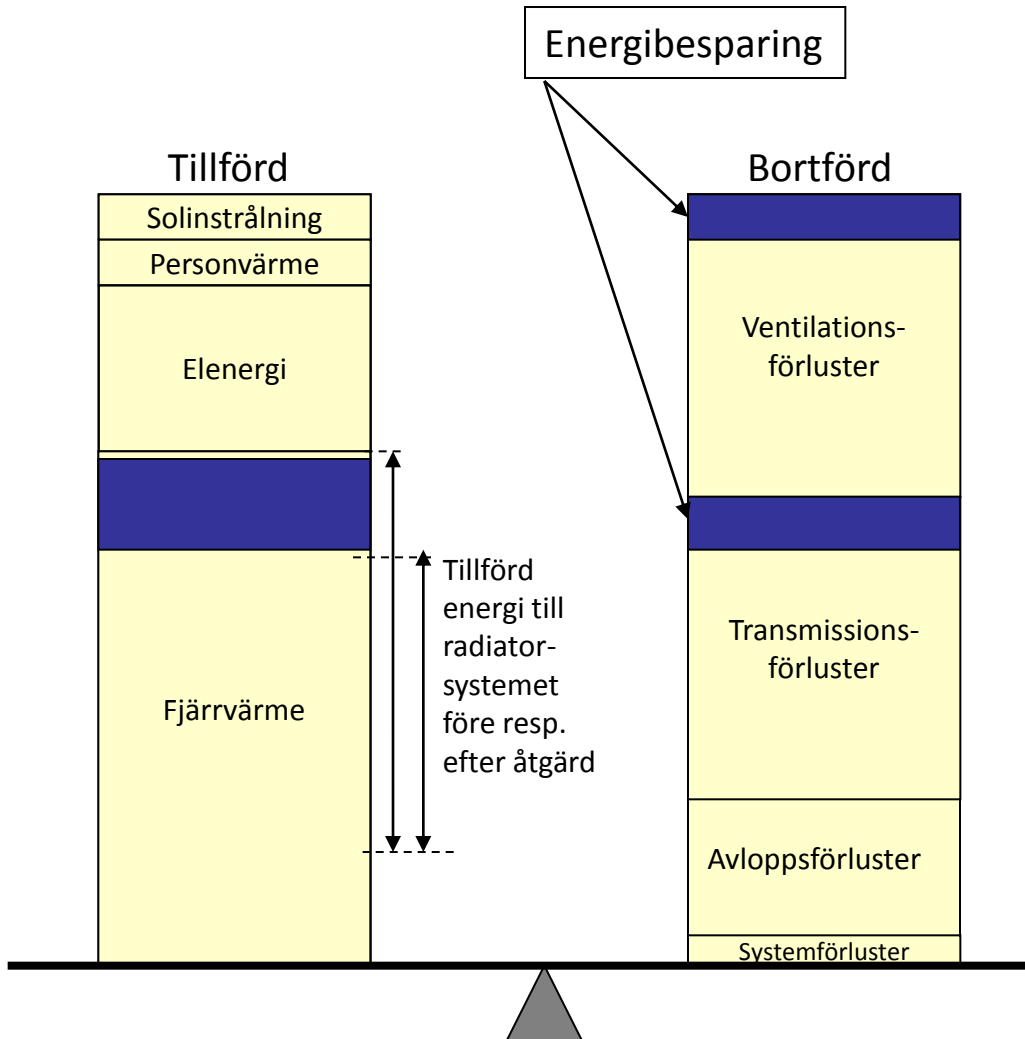
# Energibalans för ett tänkt flerbostadshus



# Energibalans för en byggnad



# Injustering av radiatorsystem



## Förutsättningar

Inne- resp. avlufttemperaturen sänks vilket medför att både transmissions- och ventilationsförlusterna reduceras.

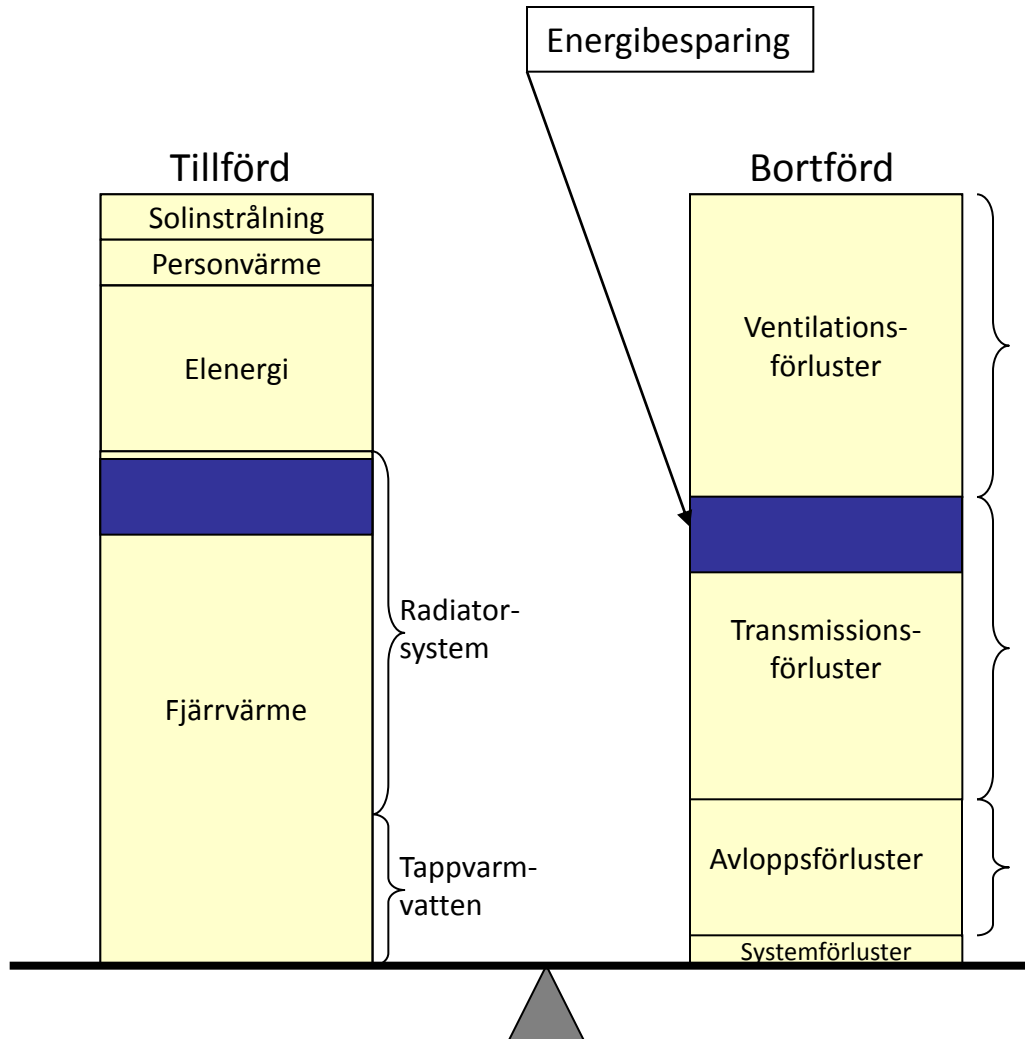
Framledningstemp. i radiatorsystemet sänkts genom att reglerkurvan parallellförskjuts, vilket minskar värmeförlusterna.

Härav följer att fjärrvärmeanvändningen minskar lika mycket eftersom balans alltid råder mellan tillförd- och förlorad energi.

## Tumregel

Genom att sänka framledningstemp.  $3^{\circ}\text{C}$  så sänks rumstemp med  $1^{\circ}\text{C}$ . Detta i sin tur ger en minskning på mellan 5-7% räknat på uppvärmningsenergin

# Tilläggsisolering



## Förutsättningar:

Tilläggsisoleringen gör att värmeflödet genom konstruktionen minskar, dvs u-värdet sänks. Detta får till följd att transmissionsförlusterna minskar

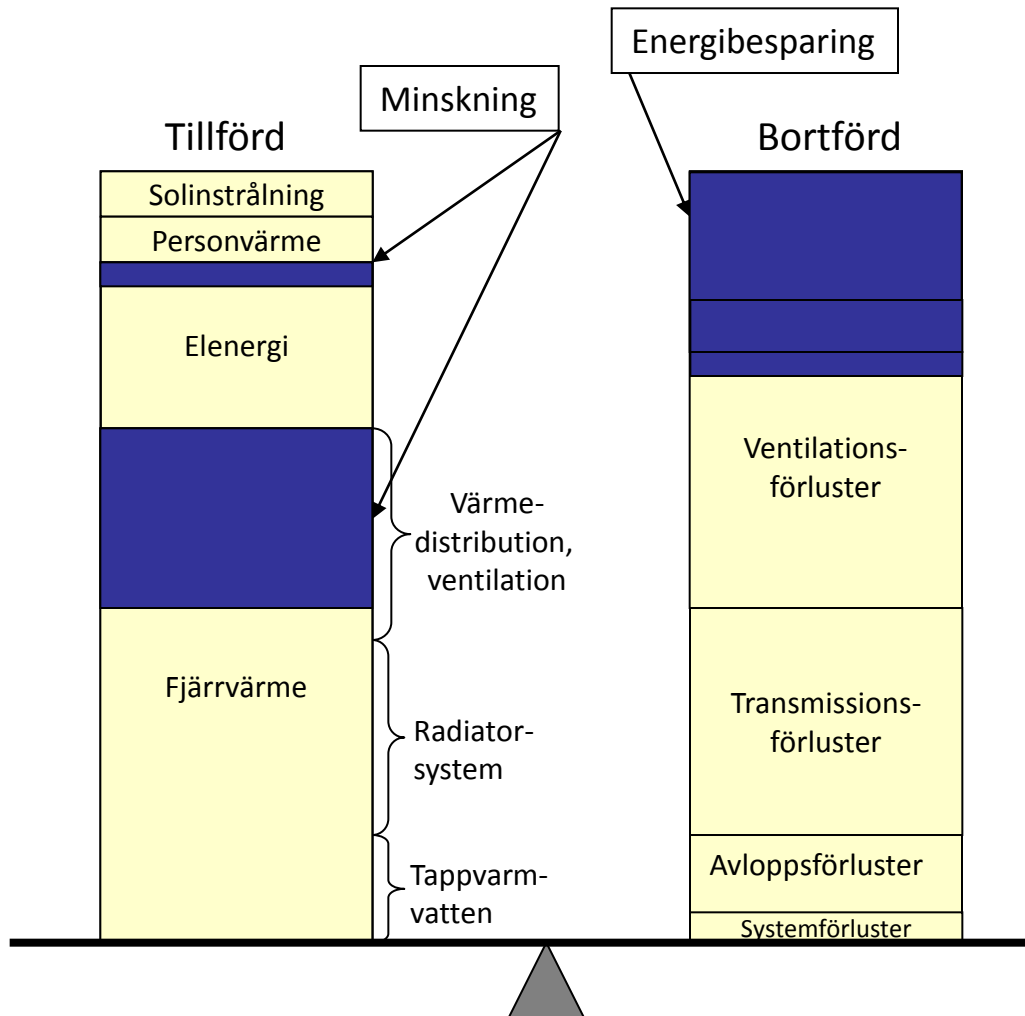
För att tillgodoräkna sig besparingen måste framledningstemp. i radiatorsystemet sänkas i motsvarande grad som värmebehovet har reducerats.

Reglerkurvan ska ges en flackare (mindre) lutning i detta fall eftersom en förbättrad värmeisolering gör mer nytta ju kallare det är ute. (På sommaren behövs ju exempelvis ingen isoleringsförbättring eftersom det ändå är lika varmt ute som inne)

Fjärrvärmeanvändningen måste minska lika mycket eftersom balans råder mellan tillförd- och förlorad energi.



# Drifftidsstyrning och värmeåtervinning ur frånluft



## Förutsättningar:

Fjärrvärmewärmt kontorshus med FT-ventilation där drifftiderna minskas och anpassas till verksamheten samt att ett värmeåtervinningssystem installeras.

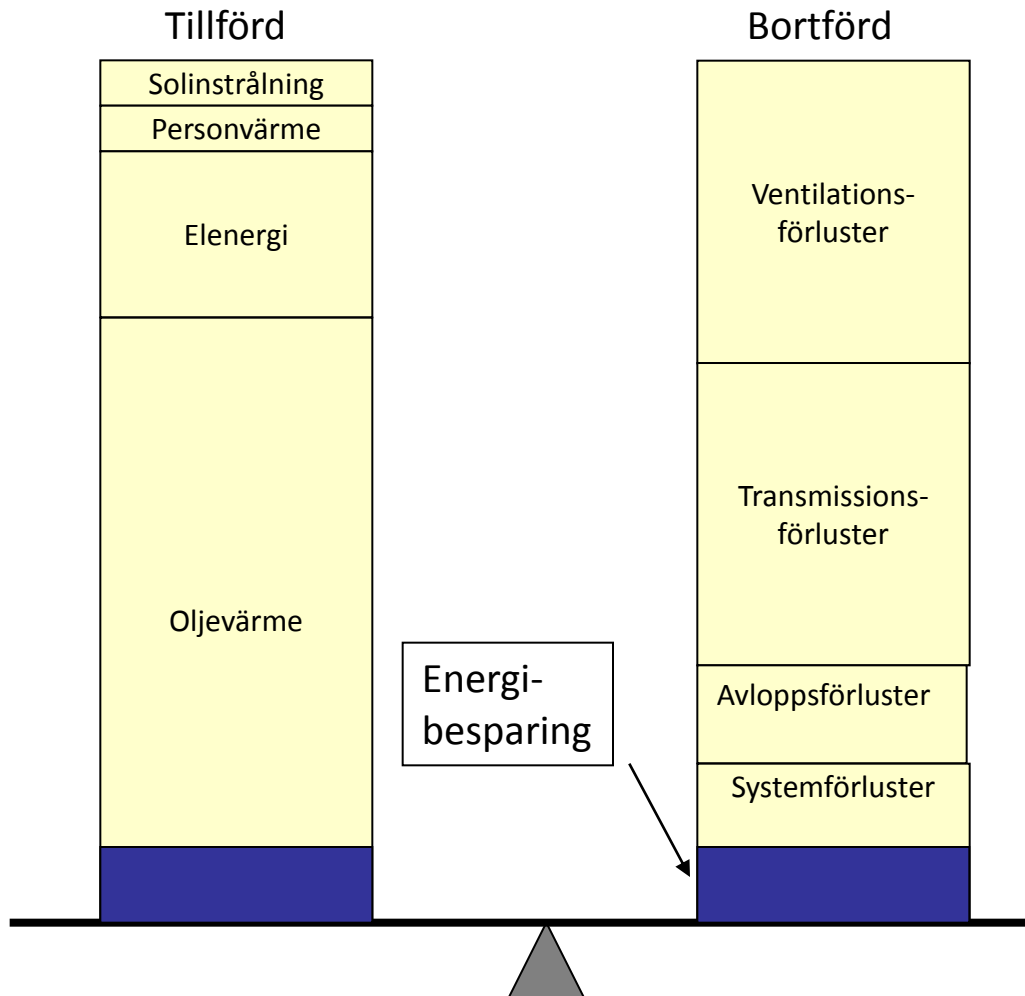
De minskade ventilationsförlusterna är uppdelade och påverkas av:

- **Drifftid**, (minskad ventilationsförlust)
- **Värmeåtervinning**, (minskad ventilationsförlust)
- **Drifftid, el** (fläktmotorers elanvändning omvandlas till värmeförluster vid fläkten som nu minskas genom minskade drifftider)

Fjärrvärmeanvändningen måste minska i motsvarande grad som drifftiderna reduceras och som avlufts-temperaturen sänks enligt formeln nedan. Likaså minskar fastighetens elanvändning som en följd av minskade drifftider för fläktmotorerna

$$\text{Vent.förlust} = q \text{ [m}^3\text{/s]} \times 1,2 \times (T_{\text{avluft}} - T_{\text{uteluft}}) \times \text{drifftid}$$

# Värmeproduktionsåtgärder



## Förutsättningar:

I hus med oljevärme är det viktigt att se till att den tillförda oljan används så effektivt som möjligt.

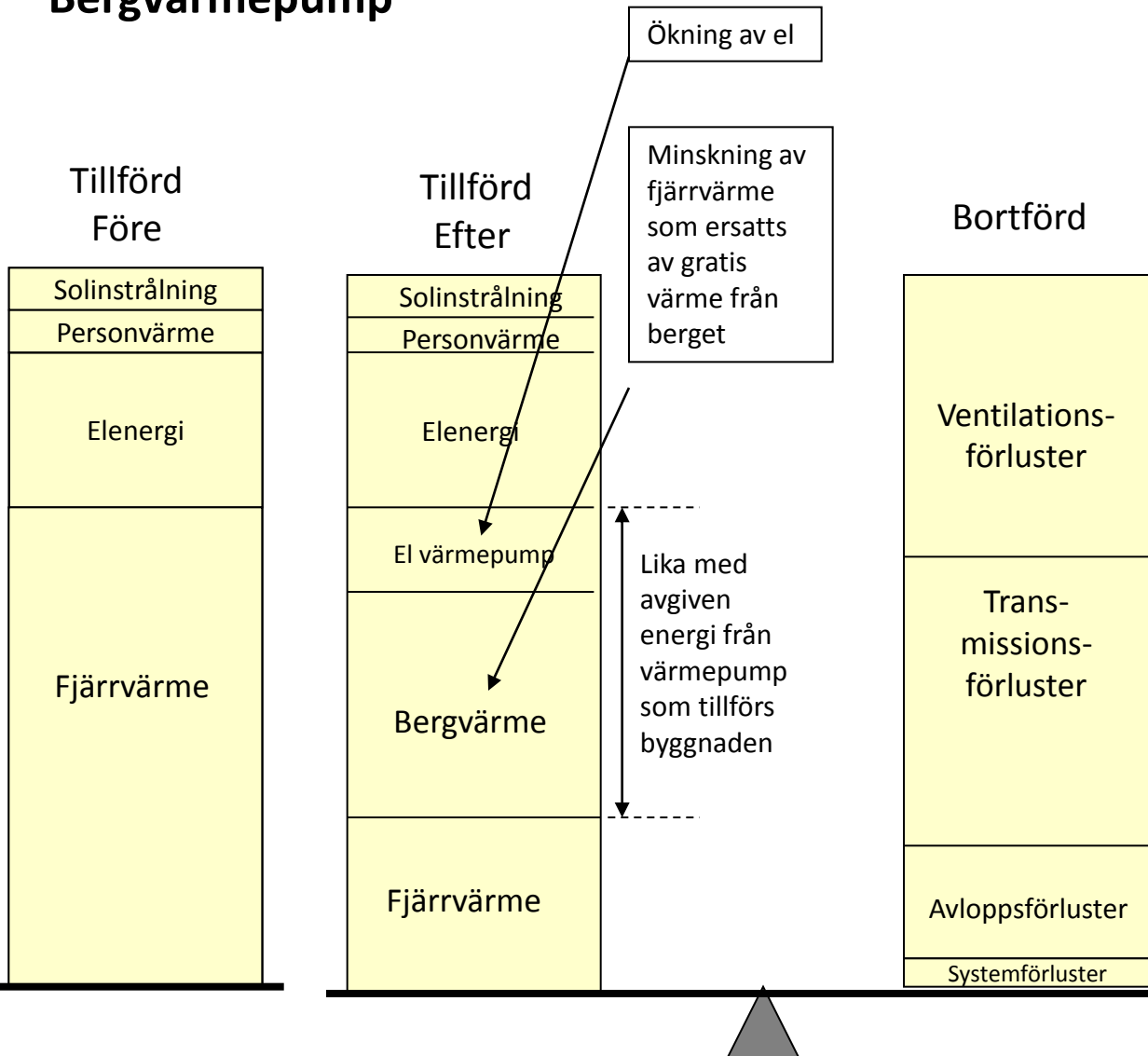
Genom att sota pannan och trimma oljebrännaren kan systemförlusterna reduceras.

Verkningsgraden förbättras om stillestånds-, strålnings- och rökgasförlusterna kan minimeras.

$$\text{Pannverkningsgrad} = \frac{\text{Nyttig tillförd energi}}{\text{Totalt tillförd olja}}$$

Minskade systemförluster innebär att oljeförbrukningen minskar lika mycket

# Bergvärmepump



## Förutsättningar:

Bergvärmepump installeras för att minska kostnaderna för uppvärmning.

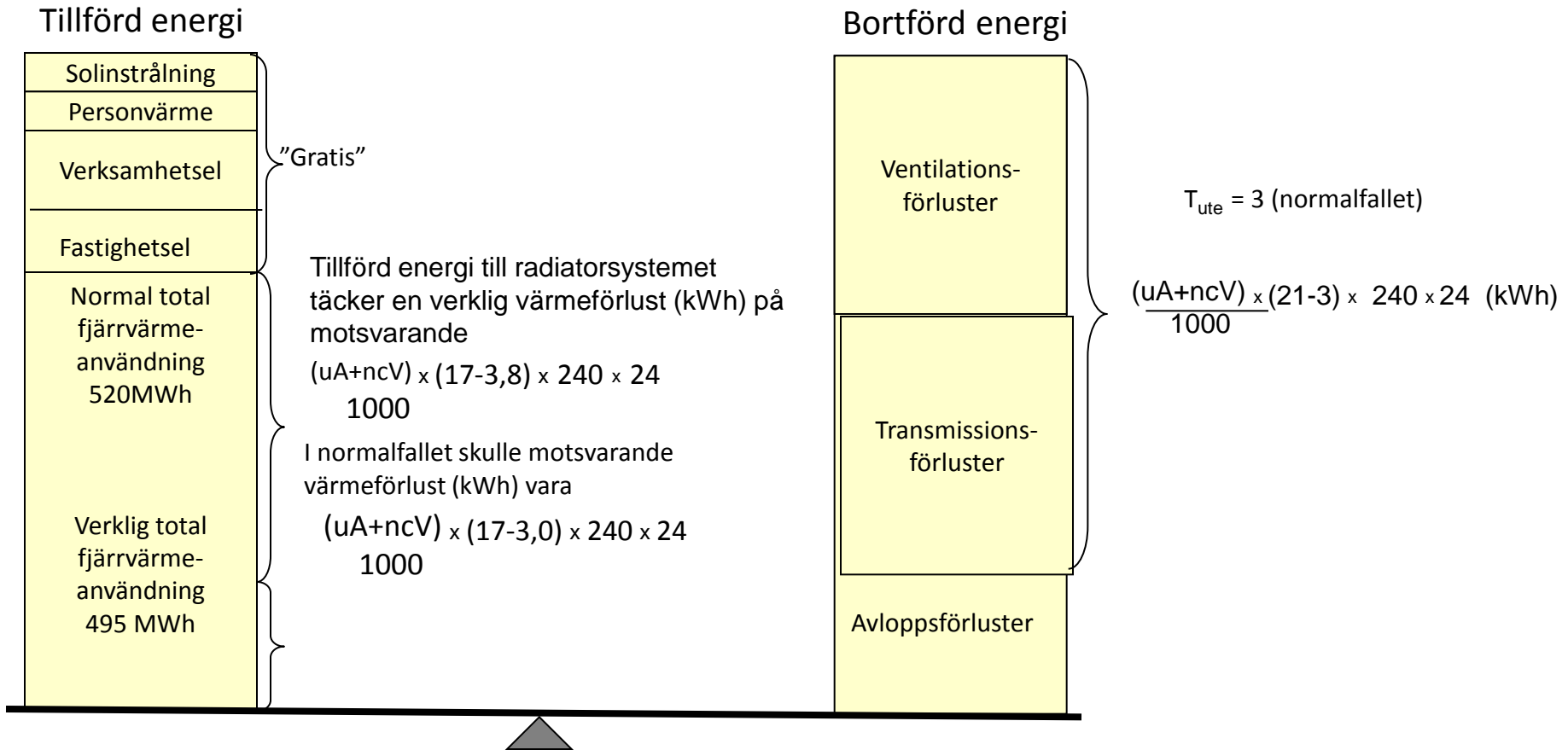
Åtgärden medför ingen energibesparing eftersom fjärrvärmeenergi byts ut mot el och värme från berget.

Frågan är om vi ska använda högvärdig el för värmepumpprocessen eller mer lågvärdig värmeenergi från fjärrvärme?

Ytterst är det lönsamhets-kriterier som avgör.

Dock bör elprisutveckling, kostnader för underhåll och tillsyn samt miljöaspekter tas in i kalkylen utifrån ett långsiktigt perspektiv.

# Energibalans och klimatkorrigering



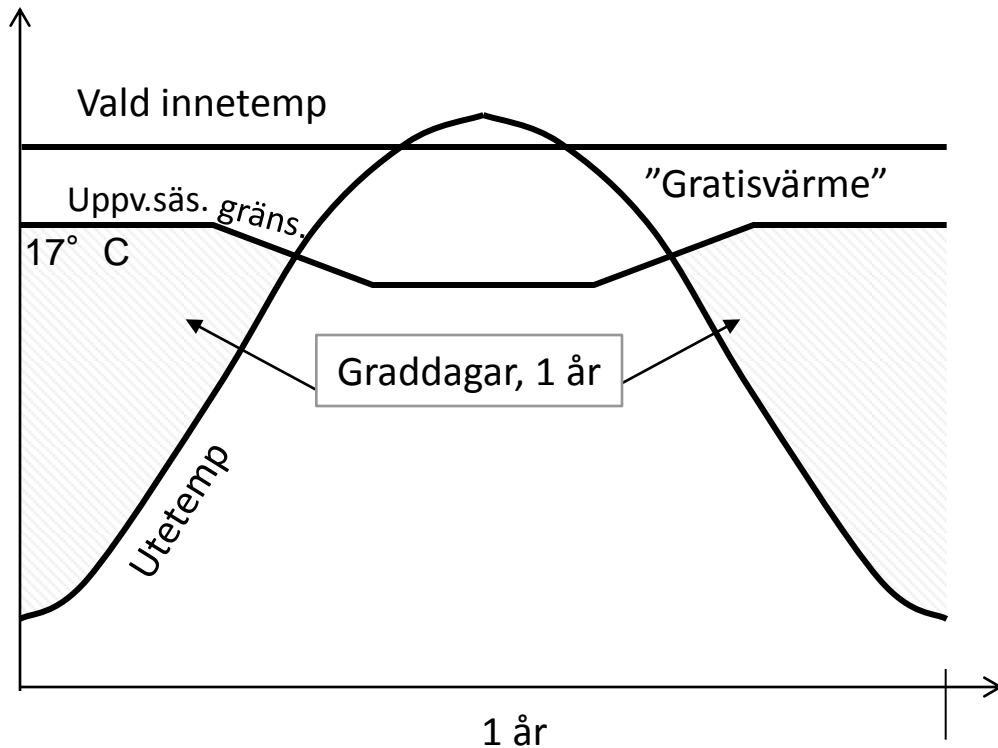
Den klimatkorrigerad fjärrvärmeanvändning blir högre än för det varmare verkliga fallet.

Korrigeringsfaktorn beräknas genom att jämföra normalfallet med det verkliga klimatfallet.  $(17-3,0) \times 240 / (17-3,8) \times 240 = 0,94$

495 MWh  $\times$  20% = 99 MWh (varmvattenandelen)      (495 MWh – 99 MWh = 396 MWh)

396 MWh / 0,94 = 421 MWh (uppvärmning) + 99 MWh (varmvatten) = 520 MWh

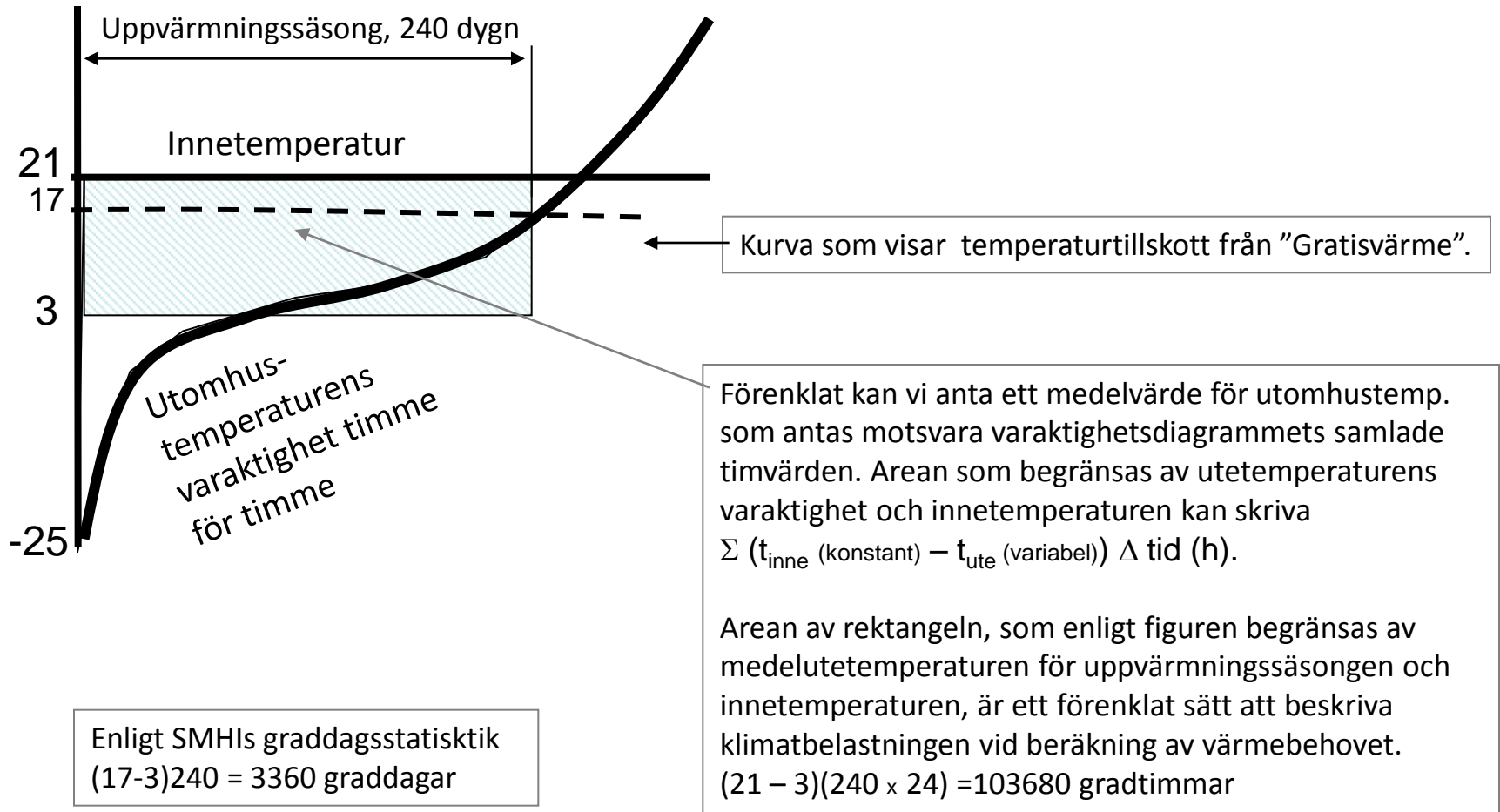
## Graddagar – definition enligt SMHI



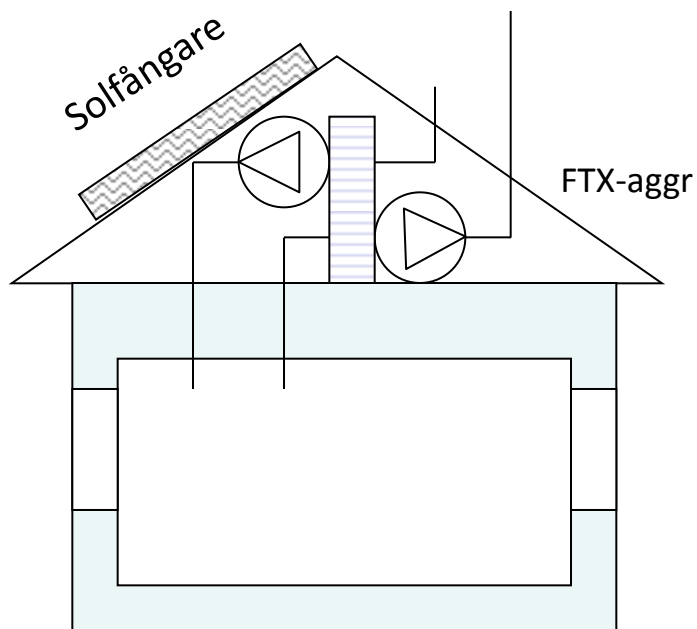
Månad	Uppv.säsongsgräns ° C
Maj	10
Jun	10
Jul	10
Aug	11
Sep	12
Okt	13
Övriga	17

## Bestämning av klimatbelastning genom gradtimmar (alt SMHs graddagar):

$(t_{\text{inne}} - t_{\text{ute}})$  tid



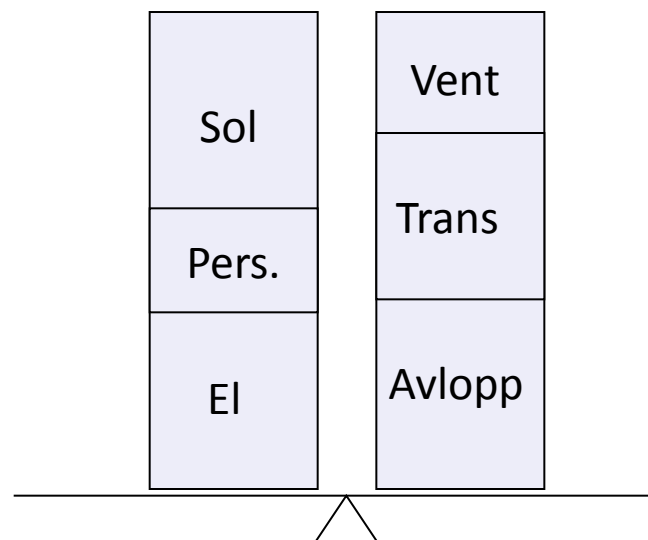
# Passivhus



## U-värden, $W/m^2, K$

Fönster	$< 1,0$
Vindsbjälklag	$< 0,1$
Ytterväggar	ca $0,1$

## Energibalans



### Definition av passivhusbegreppet

Tillförd värmeeffekt:  $10 W/m^2$  i flerbostadshus och  $12 W/m^2$  i friliggande hus.

# Belysning

## Att tänka på ...

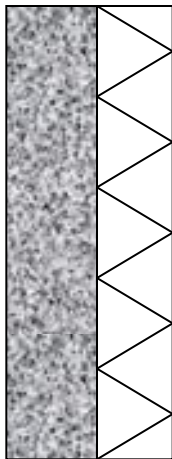
- Elsnåla ljuskällor och armaturer
- Rätt underhåll och skötsel
  - Kvalitetskrav på belysningsarmaturer och ljuskällor
  - Strategi och drifttider för belysning
  - Intervall för byte av ljuskällor (gruppbyten)
  - Intervall och metod för rengöring av armaturer.
- Sektionering efter användning
- Bra fördelning mellan grundbelysning och arbetsplatsbelysning
- Styrning och reglering (tid, närvaro, dagsljus)
- LED-belysning utvecklas starkt som ett bra och energisnålt alternativ

Typ av lampa	Ljusutbyte lm/W	Effekt/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup> <sub>golv</sub>	Livslängd h
Glödtråd	20	30-60	1 000
Halogen	35	15-25	2 000
Kompakt-lysrör (Lågenergi)	70	5-10	10 000
Lysrör,T5	100	5-10	20 000
LED	50(?)	2(?)	50 000(?)



# Köldbryggor

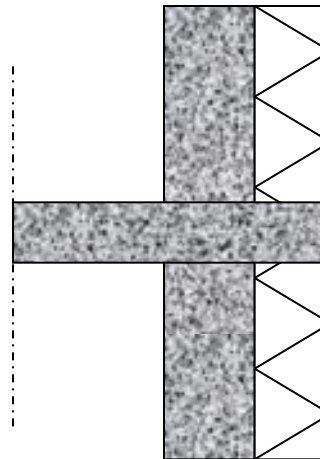
Värmeflöde,  
vägg



$\Phi_{\text{vägg}}$

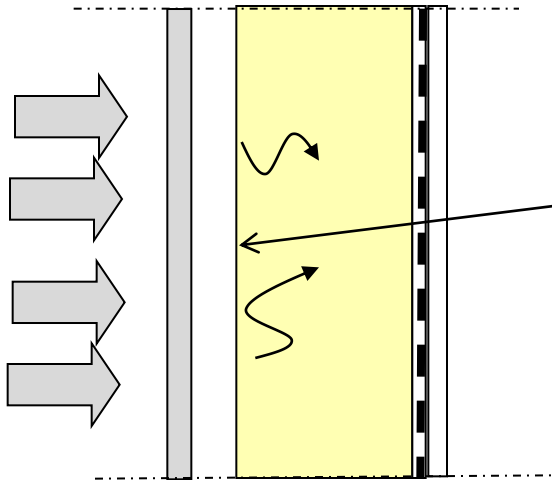
Vägg utan köldbrygga

Värmeflöde,  
totalt

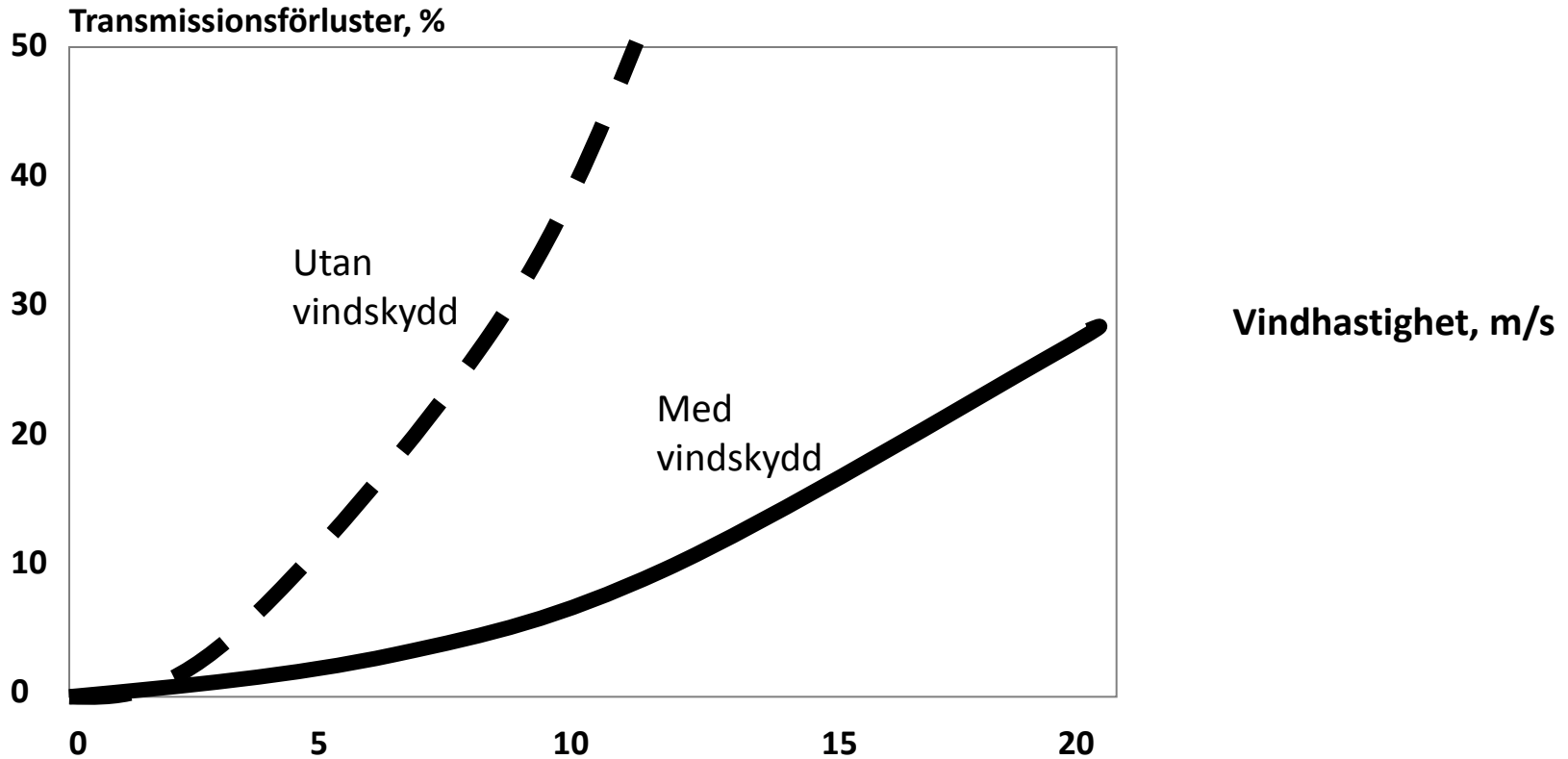


$\Phi_{\text{totalt}}$

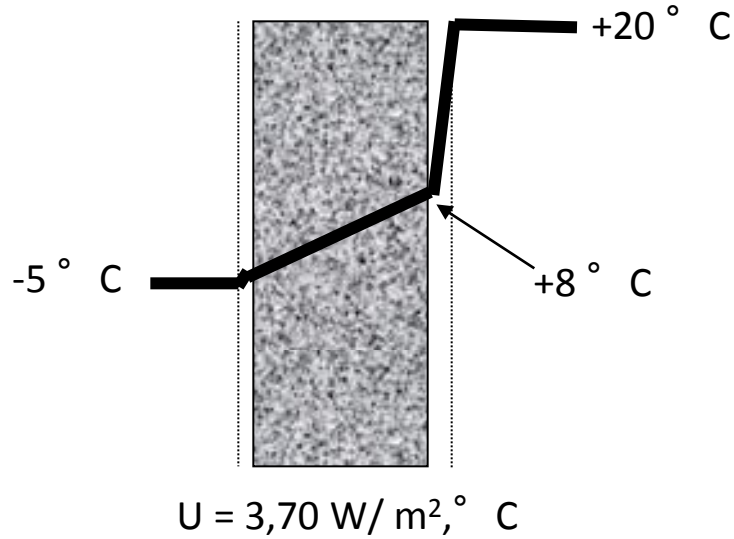
Vägg med köldbrygga



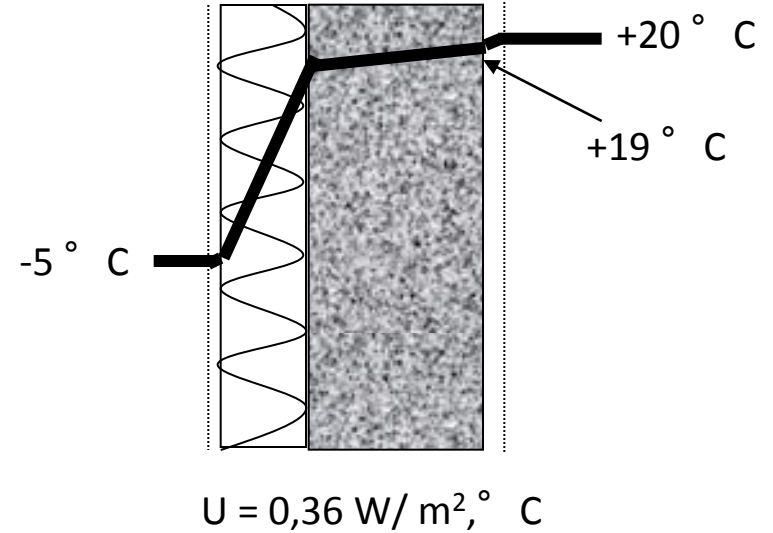
Om vindskydd saknas. Vindtrycket utifrån "pumpar" direkt på isoleringen och värmemotståndet försämras avsevärt vilket i sin tur ger större transmissionsförluster.



### Yttervägg utan värmeisolering



### Yttervägg med värmeisolering



Om vi antar att ytterväggspartiet ensamt står för temperaturstrålningens inverkan och rumsluftstemperaturen för resterande del, kan en förenklad operativ temperatur beräknas.

Riktad operativ temp:  $14^{\circ}\text{C}$

$$\frac{8+20}{2}$$

Riktad operativ temp:  $19,5^{\circ}\text{C}$

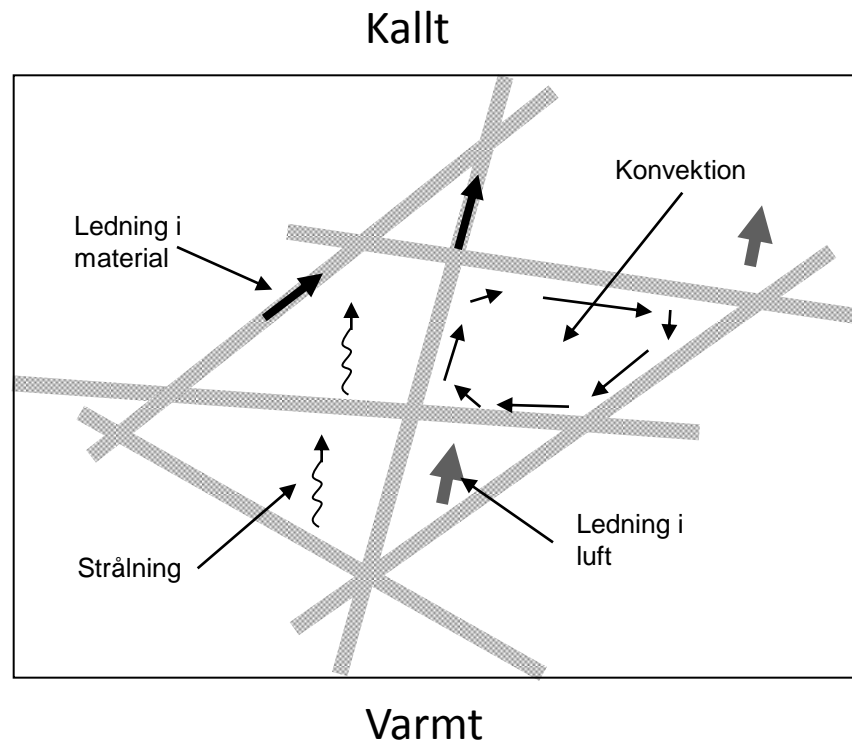
$$\frac{19+20}{2}$$

Anm. Om ytttemperaturen ligger på  $+8^{\circ}\text{C}$  är risken överhängande för kondensutfällning på väggen.

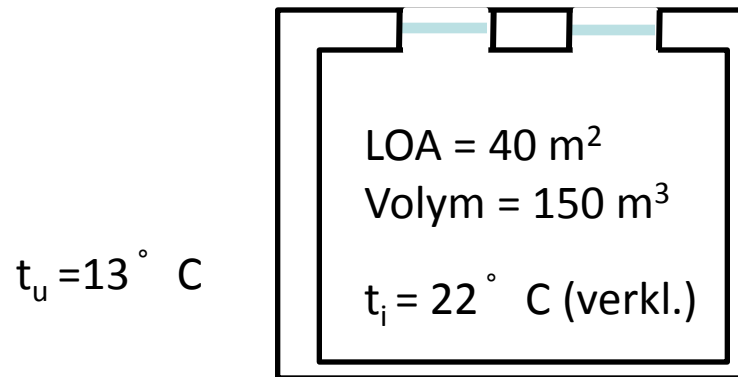
Värme kan överföras på tre sätt och i exempelvis byggisolering av mineralull sker värmeöverföringen på alla dessa sätt:

- Ledning i fasta material och i luft (molekylära rörelser)
- Konvektion (luftrörelser)
- Strålning

Nedan illustreras detta i en kraftigt förstörad bild av mineralullens uppbyggnad och värmeöverföringssätt. Modern byggisolering består till 99% av luft och 1% av mineralullsfibrer.



# Värmelagring i byggnadsstommar



$$\Sigma uA = 35 \text{ W/}^\circ \text{ C}$$
$$Vcn = 25 \text{ W/}^\circ \text{ C}$$

Tillförd effekt till rummet från  
personer, belysning och solinstrålning  
= 2000 W

Bortförd effekt:  
[  $\Sigma uA + Vcn$  ] [ t<sub>i</sub> - t<sub>u</sub> ]

Balans:  
(35 + 25)(t<sub>i</sub> - 13) = 2000

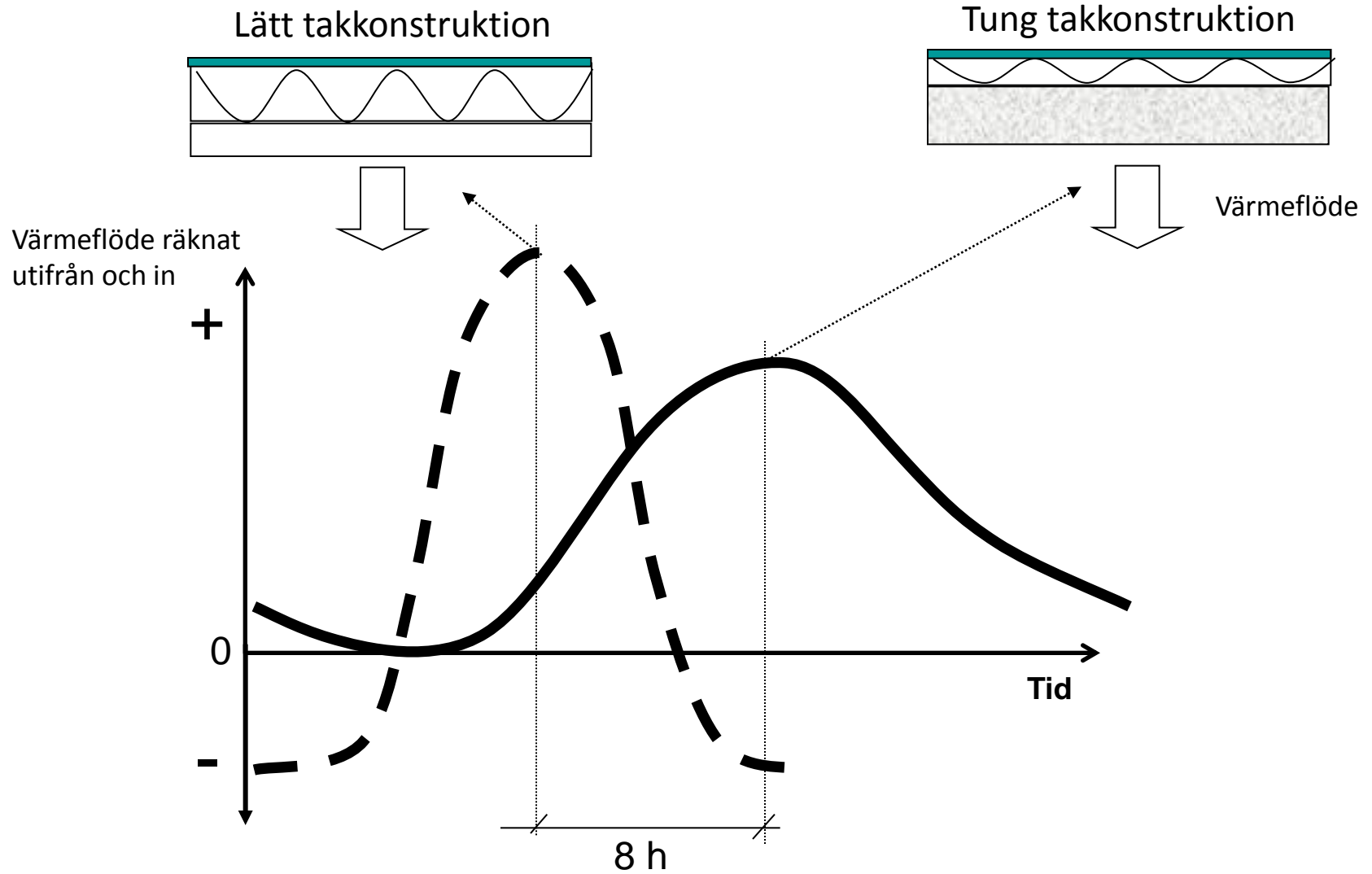
$$t_i = 46^\circ \text{ C}$$

I verkligheten uppmättes 22 ° C  
men beräkningsmässigt får vi 46 ° C .

**Varför?**

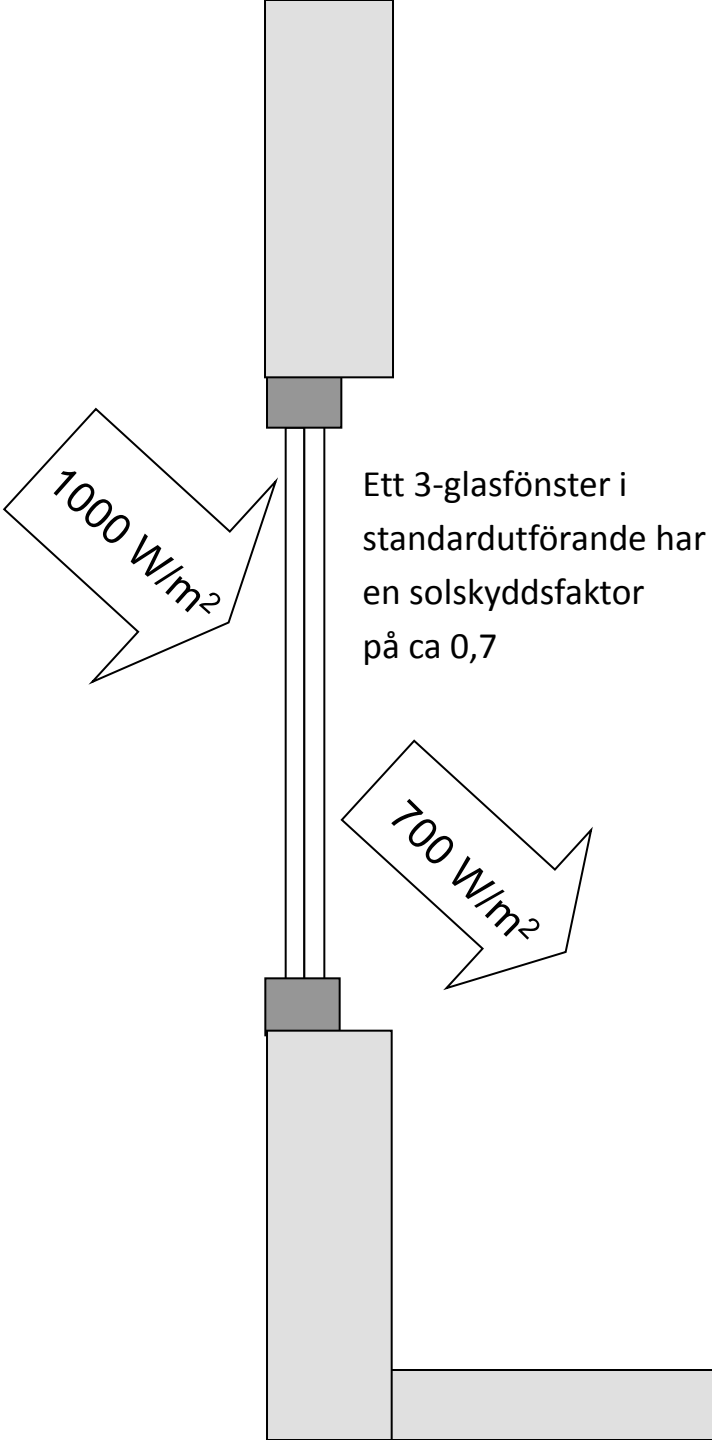
**Svar:** Värmeenergin lagras i respektive avges från  
stommen vilket gör att temperaturvariationen  
i rummet dämpas. I detta fall kan vi säga att  
temperaturskillnaden 24 ° C (Beräknat värde  
(46) och verkligt värde (22)) motsvarar den energi-  
mängd som lagrats i stommen.

# Värmeflöde genom tak på grund av solinstrålning



## Solavskärmning

Stoppa solinstrålningen så tidigt det går. Fasta solskydd som monteras utifrån optimala solhöjdsförhållanden sommar, höst och vår är att föredra. På så sätt kan höst- och vårsol tillgodogöras i byggnaden medan sommarsolen kan avskärmas helt eller delvis.



Ett 3-glasfönster i standardutförande har en solskyddsfaktor på ca 0,7

	Solskydds-faktor
Solskyddsglas med liten inverkan på synligt ljus	0,40
Persienn bakom yttre glaset	0,35
Solskyddande glas med stor inverkan på synligt ljus	0,25
Fasta solskydd på fasad, markiser	0,20

# Fukt i byggnader

## Tänkbara fuktkällor:

- Fukt i inomhusluften från interna fuktkällor (badrum m.m.)
- Byggfukt från byggmaterial som blivit utsatt för regn
- Regn som genomfuktar takbjälklag och ytterväggar
- Markfukt som kapillärt stiger i grundplattor m.m.
- Vattenläckage från diskmaskiner
- Läckande vatten- och avloppsrör.

När vi genomför energisparåtgärder måste vi alltid tänka på om åtgärderna samtidigt kan medföra risk för fukt och mögelskador.

Att dra ner på ventilationsflöden, dra ner drifttider och sänka rumstemperaturer ökar risken för fuktproblem.

För att undvika fukt- och mögelskador måste ventilationen fungera bra. Vid en relativ fuktighet, RF på 75% kan, vid normal rumstemperatur mögelsvampar börja bildas.



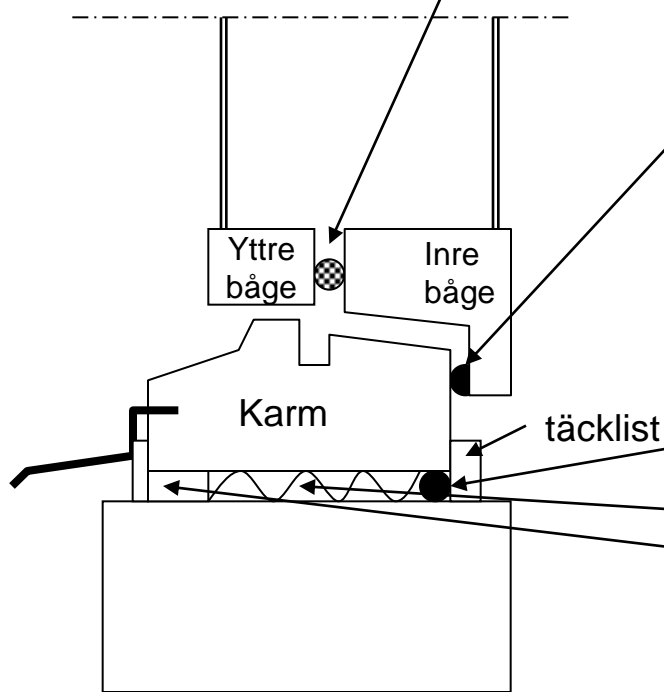
# Fönster och tätning

En tyglister kan placeras mellan fönsterbågarna för att bromsa upp uteluftsflödet in i luftspalten mellan glasen. På så sätt kan glasets yttemperatur mot rummet öka något och därmed minskar risken för kondens på fönstrets insida. Ofta är dock kondensproblem på insidan mot rummet en indikation på bristfällig ventilation.

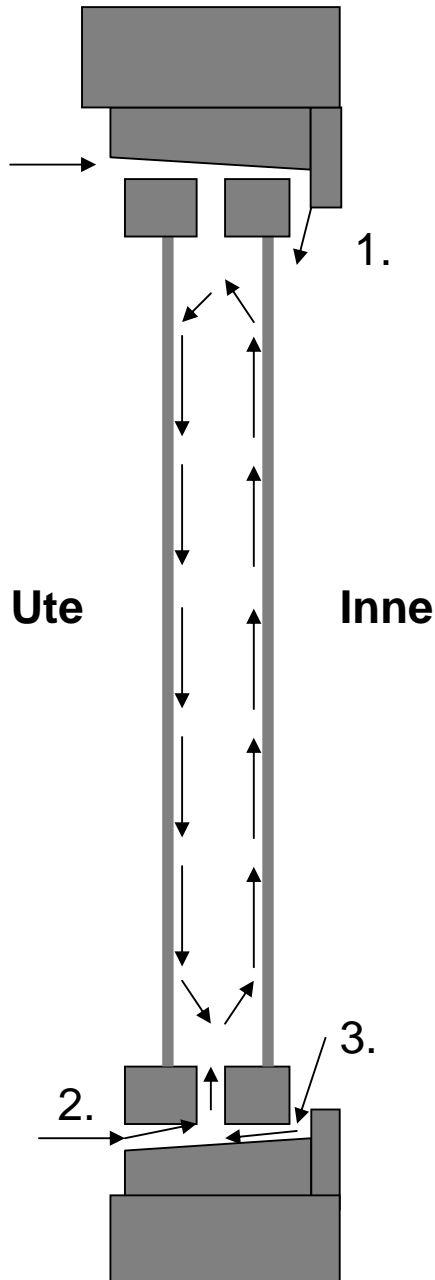
Tätninglisten, ofta en silikonlist med p-profil, placeras på varma sidan för att förhindra att fuktig luft tar sig in mellan fönsterglasen.

Listen uppfyller givetvis också en viktig funktion ur lufttätthetssynpunkt.

Listen ska klämmas och inte skjuvas när fönstret stängs.



Karmen är infäst i väggen med justerbara skruvar. Närmast rummet ska det finnas en diffusionstät fogmassa eller list. Längre ut mot utsidan finns en mineralullsremsa/drevning eller fogskum. Längst ut innan den yttre täcklisten lämnas en luftspalt.



### Konvektion i fönster.

Relativt sett kall luft värms upp av innerrutan och stiger för att sedan kylas av mot den kallare ytterrutan varpå den sedan faller. Därmed erhålls en konvektionsrörelse i luftspalet mellan fönsterglasen

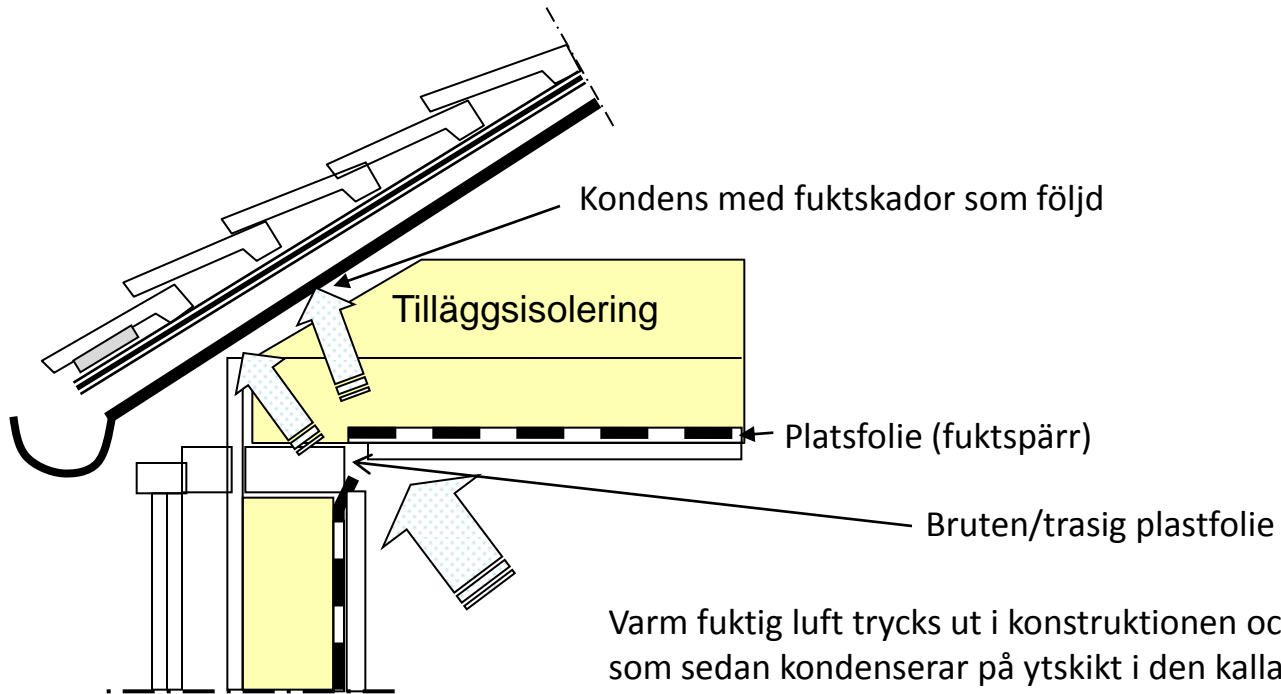
### Kondens på innerrutans insida:

1. Bristfällig tätning gör att innerrutan blir så kall att rumsluften med sitt fukttinnehåll kondenserar på glasets insida
2. Kall luft tillförs luftspalten mellan glasen så att innerrutan blir för kall med kondens som följd.

### Kondens på ytterrutans insida:

3. Bristfällig tätning gör att varm luft med hög relativ fuktighet tar sig in i luftspalten och kondenserar mot den kalla ytterrutan

**Fuktkonvektion** innebär att fukt transporteras med luftströmmar genom otätheter i byggnadskonstruktionen



**Riskfaktorer:**

- Alltför fuktig inneluft
- Övertryck så att inneluft trycks ut i konstruktionen
- Otätheter i byggnadskonstruktionen
- Tilläggsisoleringen gör vinden kallare än innan åtgärd.

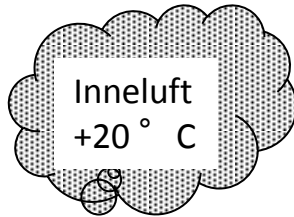
## Fukt i luft

Varm luft kan uppta och hålla i mer vattenånga än kall luft. Mättnadsånghalten är den ånghalt som motsvarar en relativ fuktighet på 100%. D.v.s. luften är helt mättad på vattenånga.

Mättnadsånghalt, g vatten/m <sup>3</sup> luft	Temperatur, ° C
0,87	- 20
2,14	- 10
3,24	- 5
4,84	0
6,79	+ 5
9,40	+ 10
12,82	+ 15
17,28	+ 20
23,03	+ 25

# Fuktdiffusion sker på grund av att luften inne har ett högre ångtryck än luften ute

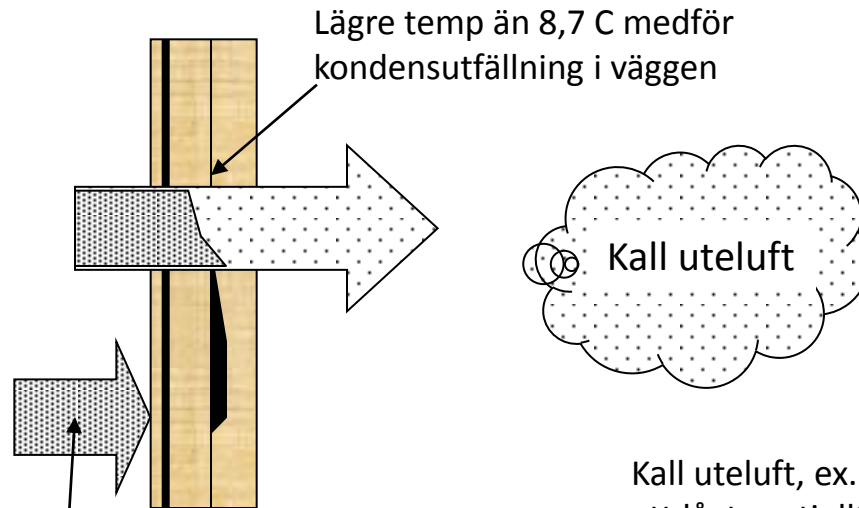
RF 50%



+20-gradig luft kan som mest hålla 17,28 g vatten per m<sup>3</sup> luft. Om relativa fuktigheten, RF är 50% så innebär detta att luften innehåller 8,64 g vatten i ångfas.

Daggpunkten för en luftmängd som innehåller 8,64 g vattenånga är 8,7 ° C. Detta innebär att när luften genom diffusion i väggen träffar ett skikt som är kallare än 8,7 ° C så sker utfällning av vatten (kondens).

Genom att sätta en plastfolie på den varmare delen i väggen stoppas diffusionen.

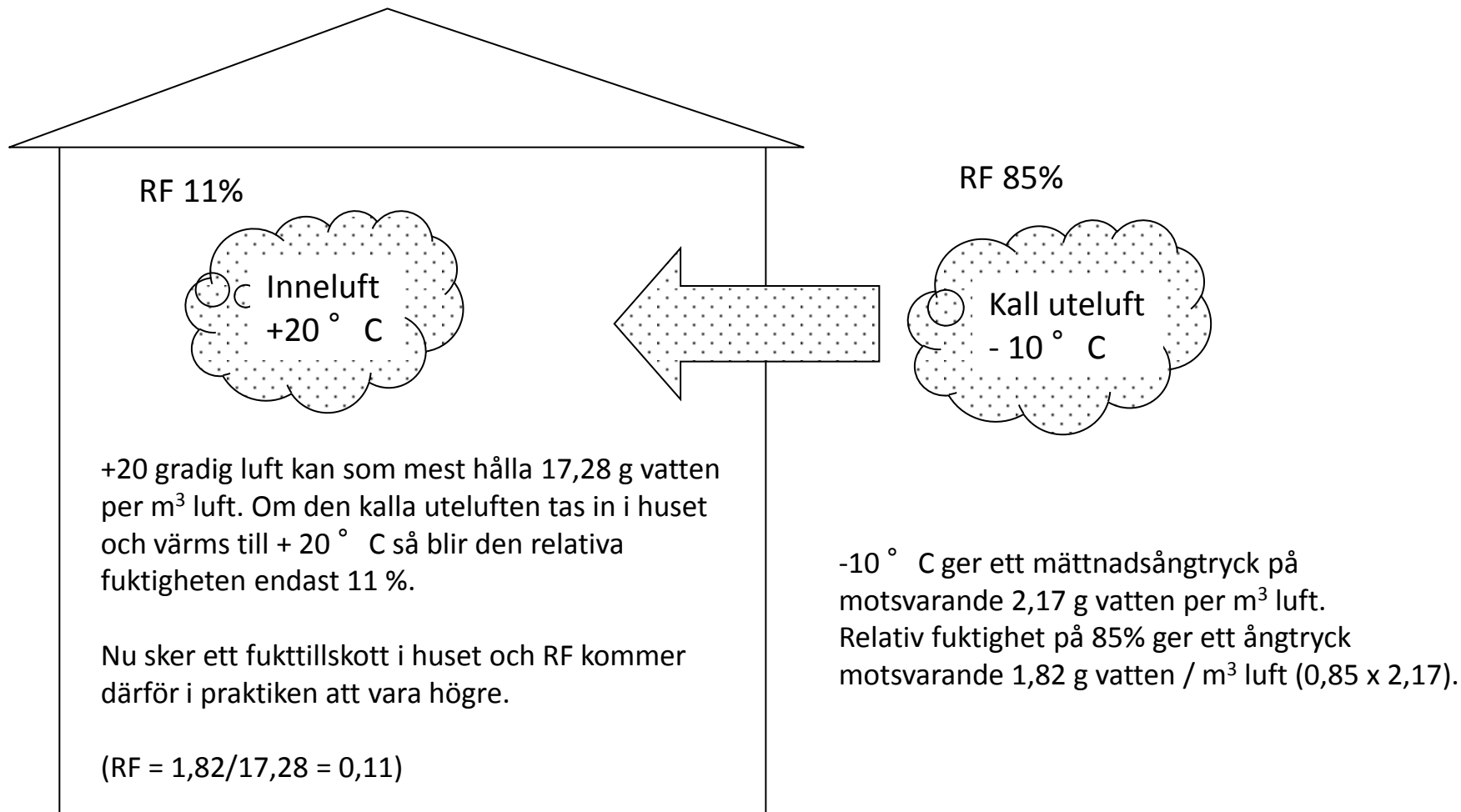


Kall uteluft, ex. -10 ° C, har ett lågt partiellt ångtryck. Mättnadsångtryck ligger på motsvarande 2,17 g vatten per m<sup>3</sup> luft.

## Ånggenomgångsmotstånd hos olika material

- |                         |               |
|-------------------------|---------------|
| • Plastfolie 0,2 mm     | 2 000 000 s/m |
| • Styrencellplast 50 mm | 50 000 s/m    |
| • Spånskiva 10 mm       | 20 000 s/m    |
| • Vindskyddspapp        | 15 000 s/m    |
| • Gipsskiva 13 mm       | 4 000 s/m     |
| • Tapet                 | 1 000 s/m     |

# Torrt inne under vintern



# Att tänka på

- **Cirkulationspumpen**

Kör pumpen så lugnt som möjligt och framförallt reglerande om det är en frekvensstyrd pump.  
Gäller ej 1-rörssystem och stora golvvärmessystem.

- **Filtret på värmesystemet**

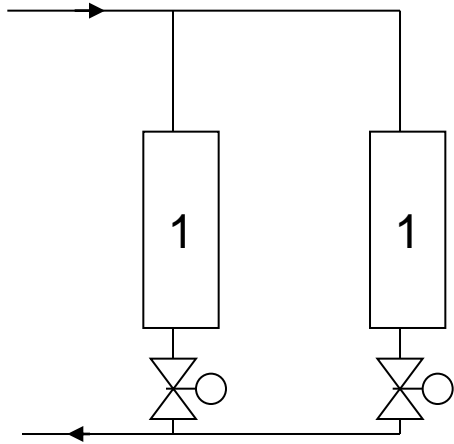
Kolla om det är tryckfall över filtret(sekundärt). Tryckfall innebär att filtret är igensatt och behöver rengöras.

- **Expansionskärlet**

Se till att det är rätt trycknivå i värmesystemet. Höjden från expansionskärlet till högsta radiatoren i fastigheten avgör trycknivån.

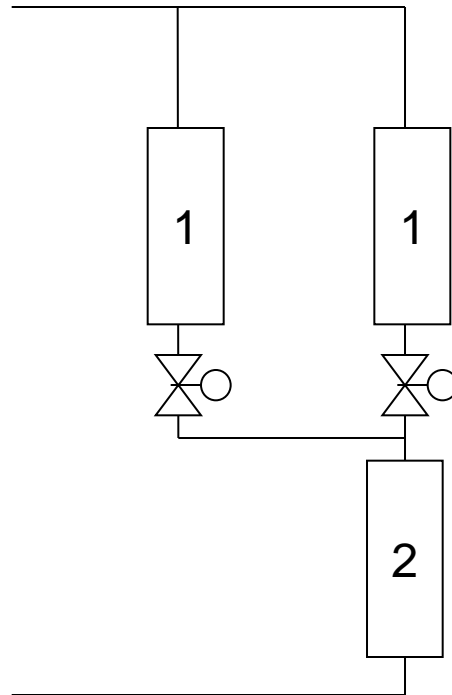
# Olika typer av fjärrvärmecentraler i hus

1-stegskopplad

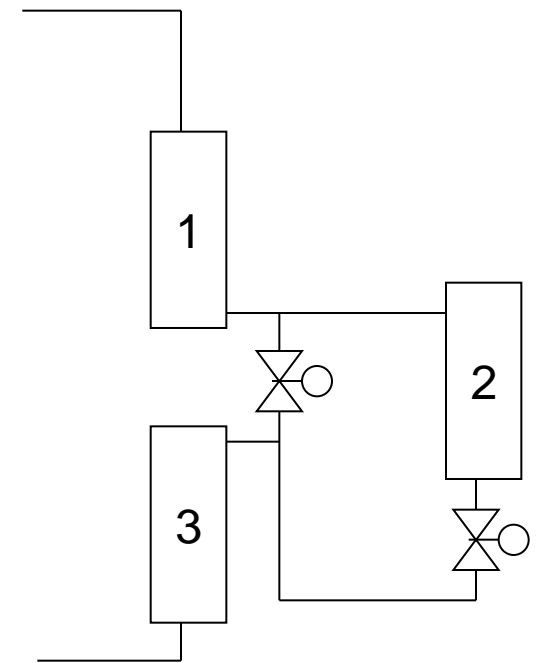


Idag är 1-stegskopplade centraler vanligast vid nyproduktion.

2-stegskopplad



3-stegskopplad

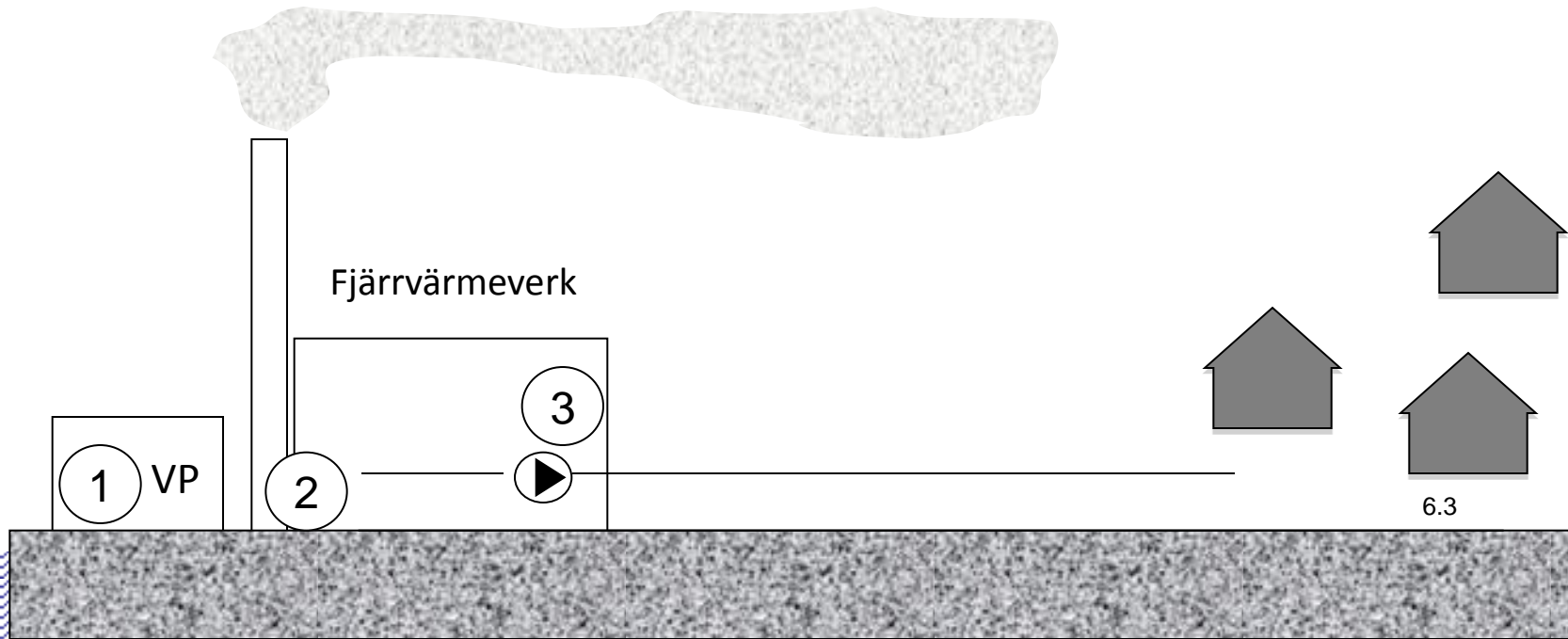




# Fjärrvärme

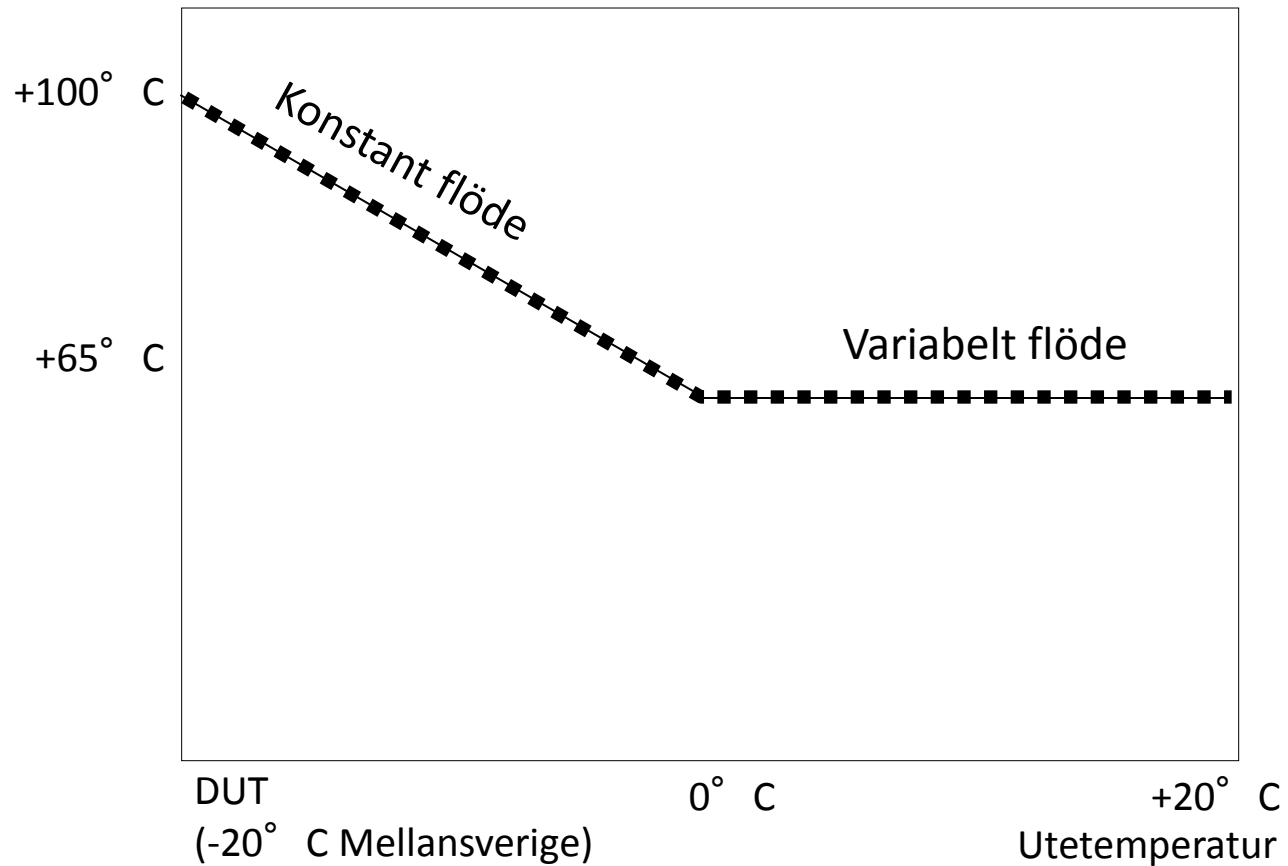
Varför vill fjärrvärmeleverantören att fastighetsägarna lämnar en så kallad fjärrvärmeretur som möjligt?

1. För att effektivt kunna använda lågtemperaturssystem som ex. värmepumpar
2. Rökgasrening / kondensering av rökgas
3. Minimera drivenergi för distributionspump (stor temp. diff. medför litet flöde vid en viss effektbelastning)
4. För att effektivt kunna kyla turbiner vid elkraftproduktion (motkraft).



# Fjärrvärmesystemet

Tilloppstemperatur till fjärrvärmeanslutna byggnader



# Rondering och tillsyn – Fjärrvärmecentral

## Primärsida – Fjärrvärme

Tilloppstemperatur  
Returtemperatur  
Tryck i returledning  
Tryck före filter i tilloppsledning  
Tryck efter filter

## Sekundärsida – Radiatorer/system för luftbehandling

Framledningstemperatur  
Returtemperatur  
Pumpar  
Expansionskärl  
Säkerhetsventil  
Ventiler och ställdon  
Läckage – värmeväxlare, ventiler m.m.

## Sekundärsida – Varmvattenberedning

Temperatur efter växlare  
Temperatur efter blandningsventil  
Temperatur i VVC-ledning (kallaste punkten)  
VVC-pump  
Säkerhetsventil  
Allmänna ventilrör  
Läckage – värmeväxlare, ventiler m.m.

## Övrigt att se till och kontrollera:

Larm, manövrar, apparatskåp

Expansionskärl – tryck- och vattennivå

Reglerutrustning – kurvinställningar, pumpstoppinställningar, givare m.m.

Belysning

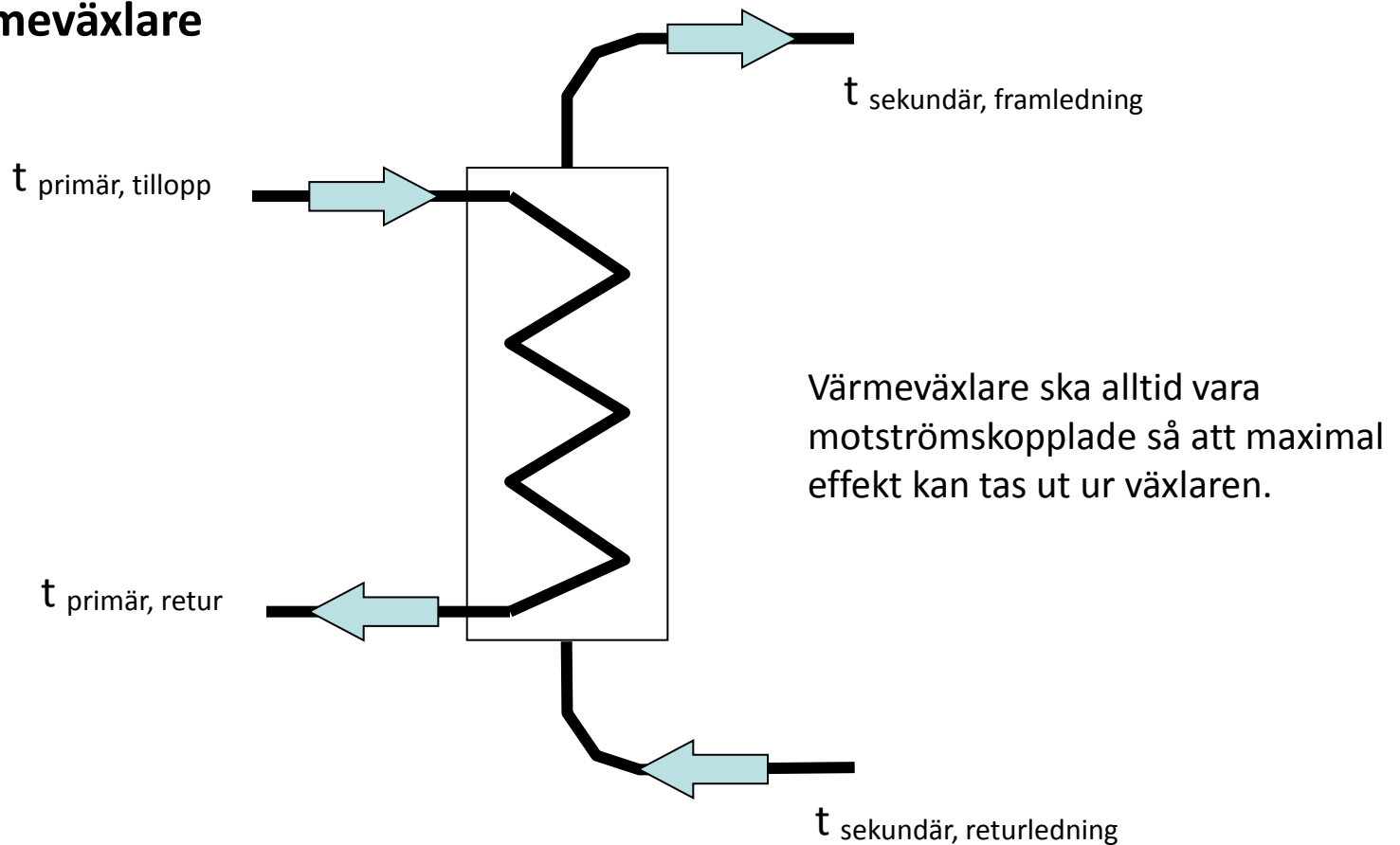
Tilluftsfläkt till fjärrvärmecentralen

Golvbrunnar – vattenlås

Pumpgrop – nivåvakt, larmgränser

Avläsning av mediamätare

# Fjärrvärmesväxlare



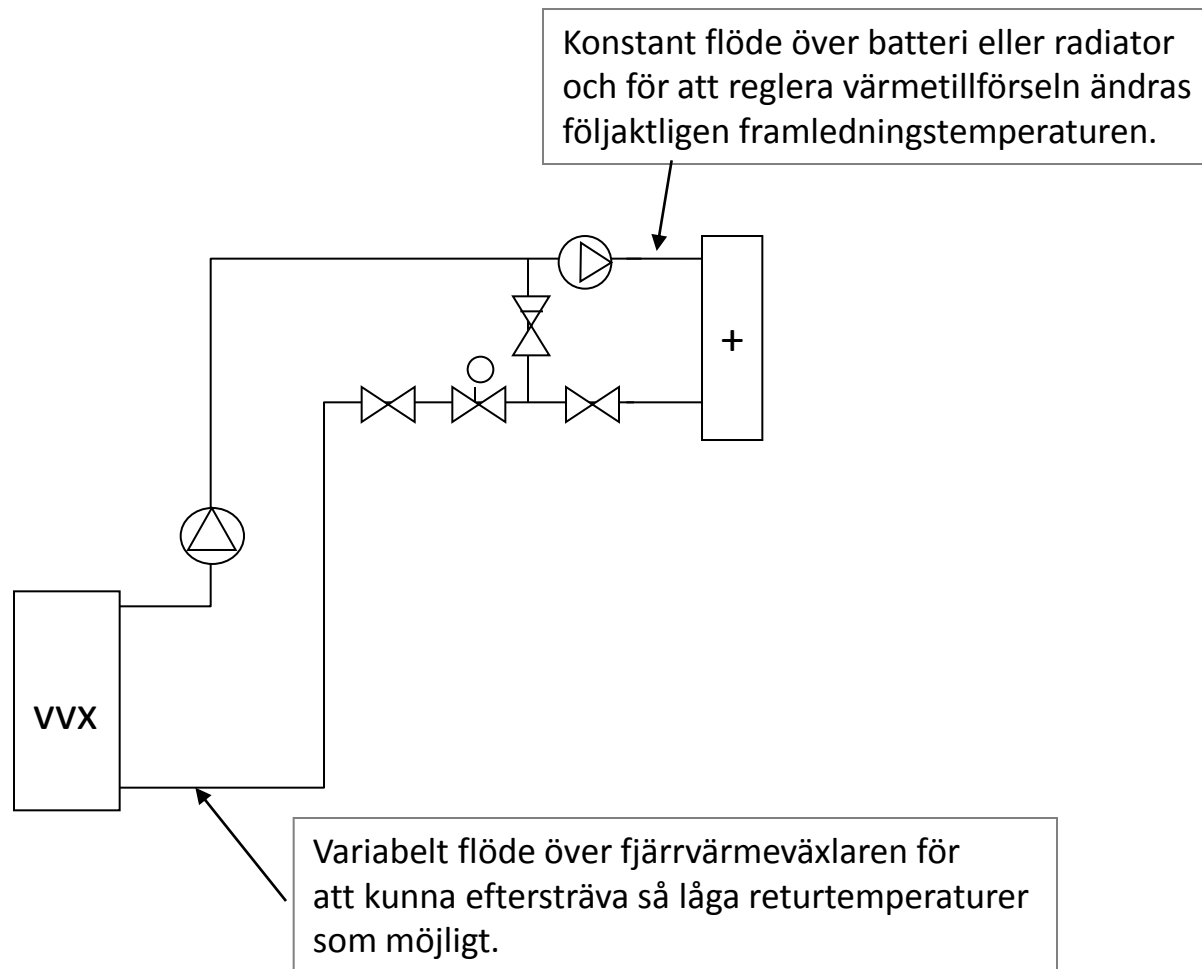
## Tumregel:

Skillnaden mellan  $t_{\text{primär, retur}}$  och  $t_{\text{sekundär, returledning}}$  ska vara så liten som möjligt.

Är skillnaden större än 3 C kan värmesväxlaren vara smutsig och i behov av rengöring.

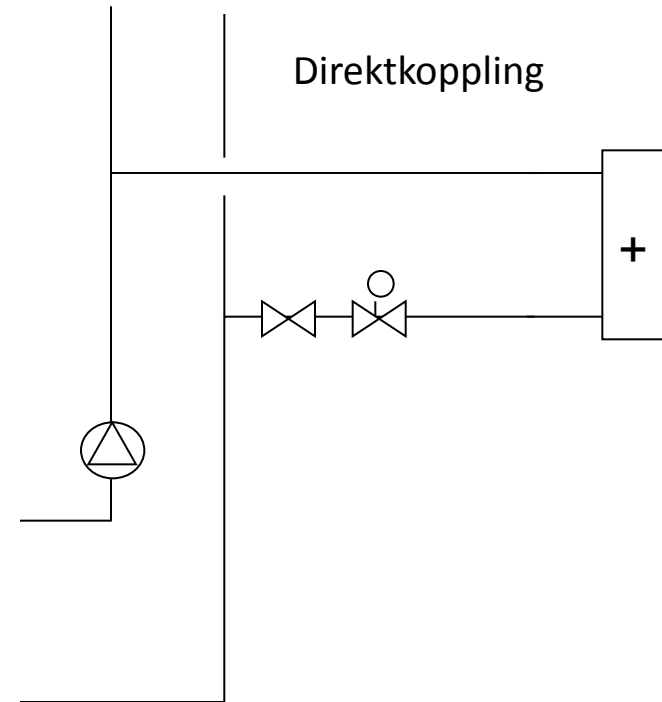
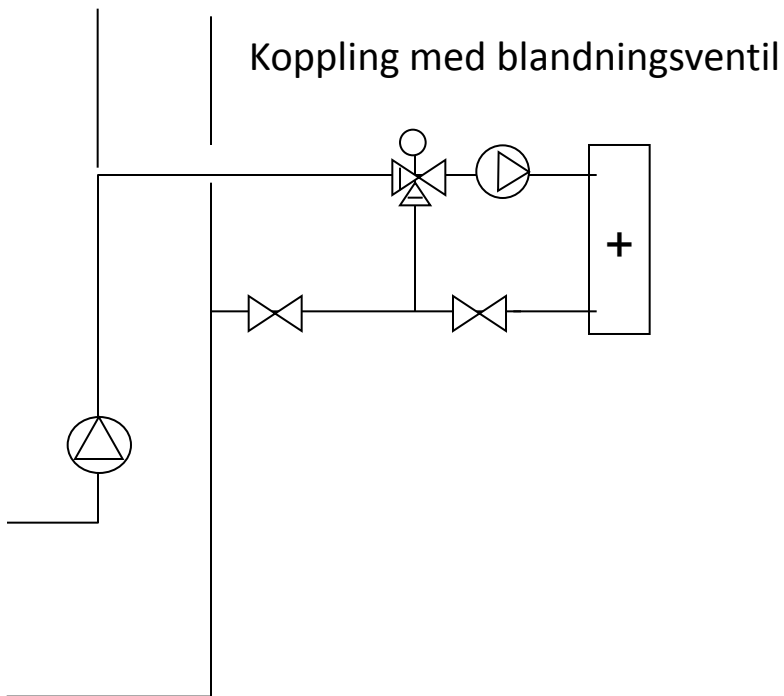
# Fjärrvärme

En vanlig koppling av shuntgrupper för värmebatterier och radiatorgrupper



# Fjärrvärme

Andra inte fullt så vanliga kopplingar av shuntgrupper vid fjärrvärme.  
Båda kopplingarna nedan ger ett konstant flöde över värmarna och ett variabelt flöde över fjärrvärmeväxlarna.



# Att tänka på


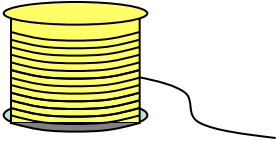
- **Varmvatteninställningen**

Säkerställ att varmvatteninställningen är 55-60 grader så att varmvattentemperaturen är minst 50 grader vid tappstället. Över 60 grader finns skållningsrisk samt att kalk fälls ut.

- **VVC-pumpen**

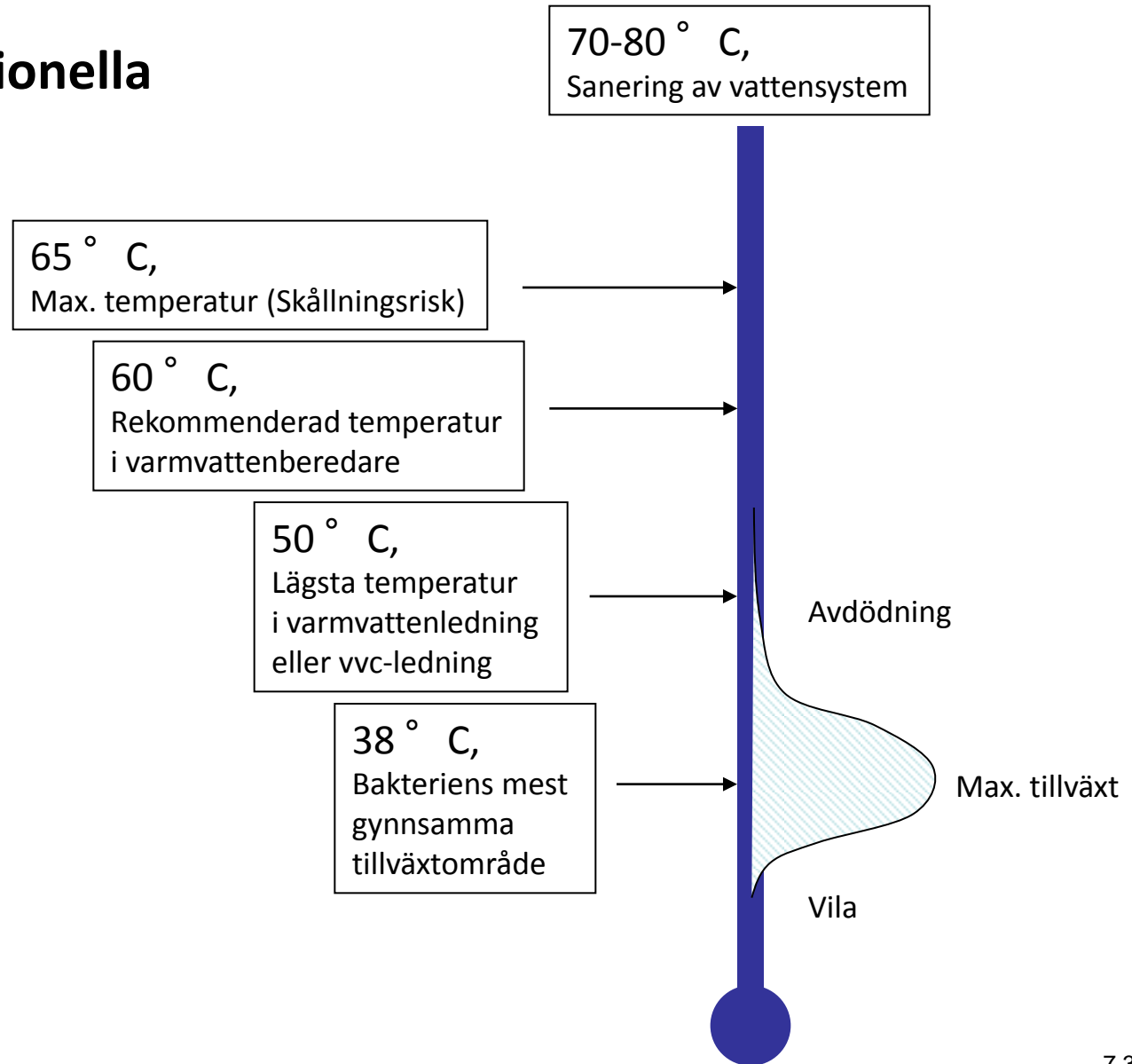
Se till att varmvattencirkulationspumpen fungerar och är rätt anpassad. VVC-temperaturen ska enligt boverket hålla 50 grader. En väl fungerande VVC ger bra varmvattenkomfort samt bra förutsättningar för varmvattenregleringen.

## Tumregel, vattenbesparing:

Läcka stor som diametern på:	Liter per dygn:	Motsvarar:	Kostnad, kr / år:
 Tändsticka	8400	Sköljning under rinnande vatten	Kallvatten: 43 000 Varmvatten: 160 000
 Sytråd	100	Droppande kran	Kallvatten: 510 Varmvatten: 1900



# Fakta om legionella



## Att tänka på

- **Cirkulationspumpen**

Kör pumpen så lugnt som möjligt och framför allt reglerande om det är en frekvensstyrd pump.  
Gäller ej 1-rörssystem och stora golvvärmesystem.

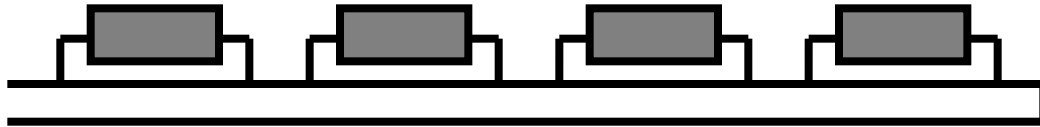
- **Filtret på värmesystemet**

Kolla om det är tryckfall över filtret(sekundärt). Tryckfall innebär att filtret är igensatt och behöver rengöras.

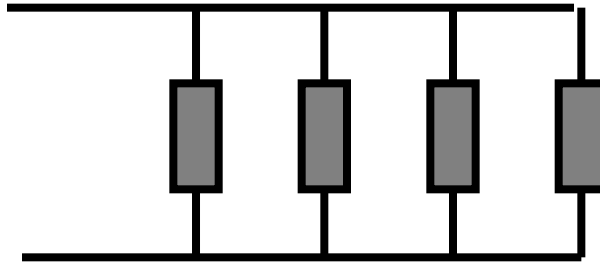
- **Expansionskärlet**

Se till att det är rätt trycknivå i värmesystemet. Höjden från expansionskärlet till högsta radiatorn i fastigheten avgör trycknivån.

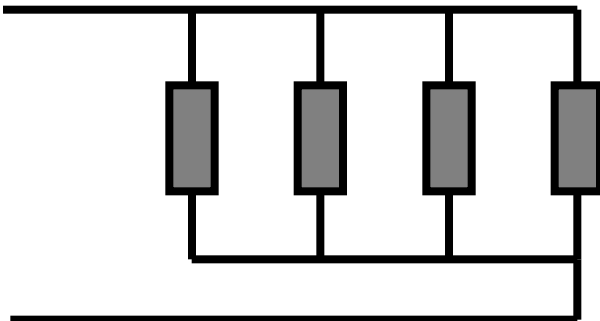
## En-rörssystem



## Två-rörssystem

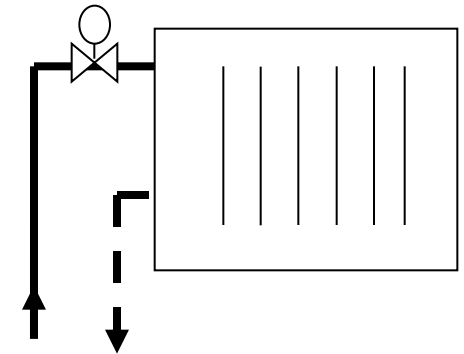
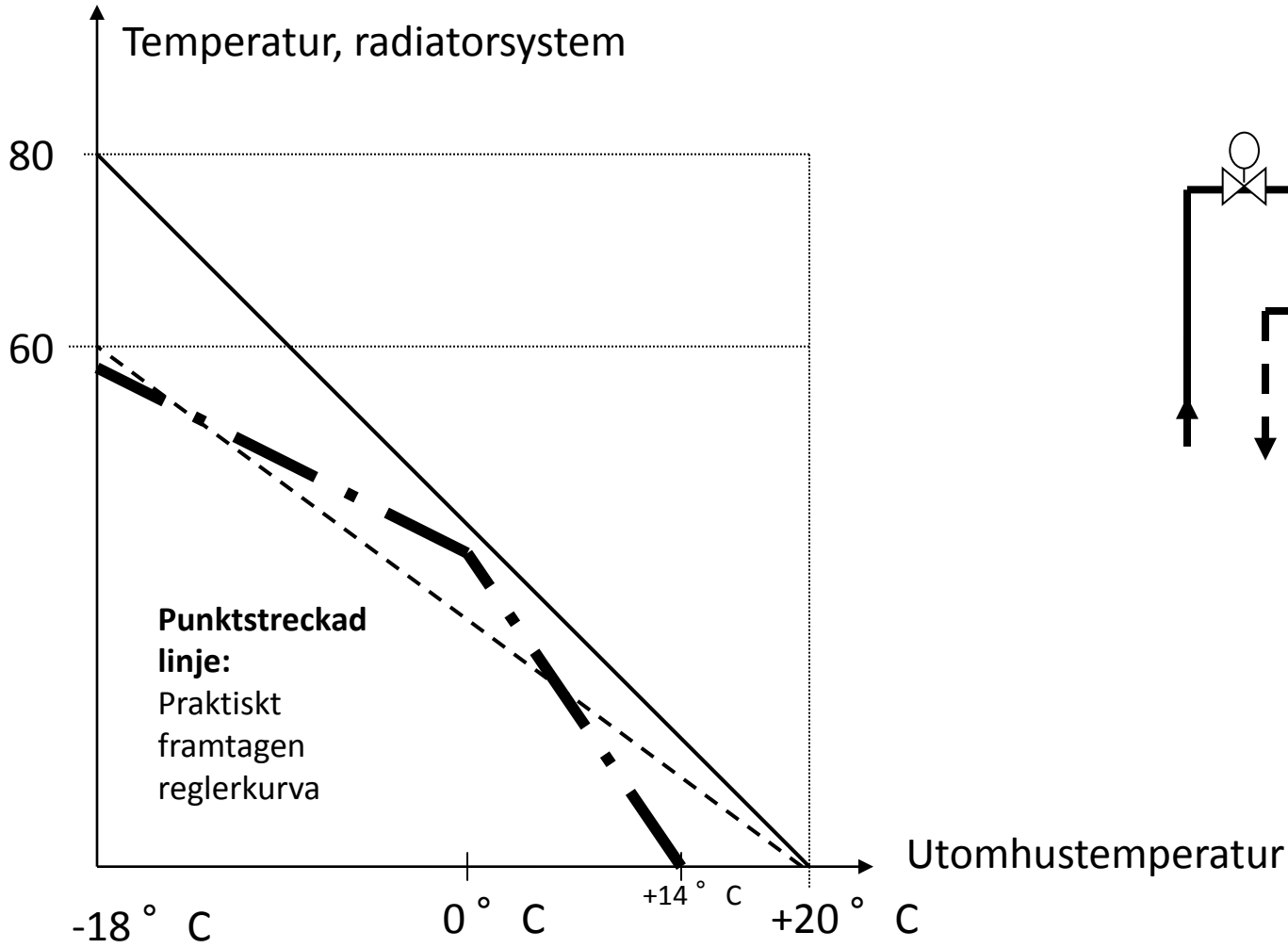


## Tre-rörssystem, sk. Tischelmann system



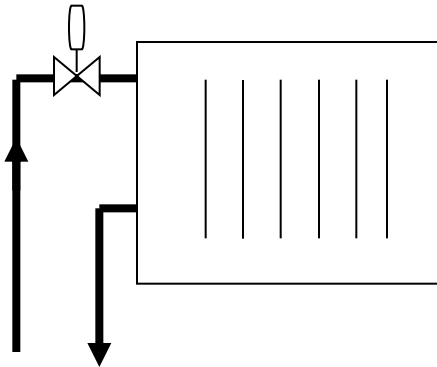
Syftet med tre-rörssystem är att försöka åstadkomma samma differenstryck över varje radiator. Tryckförlusterna i värmerören till och från varje radiator är lika stora eftersom rörlängderna är lika.

# Radiatorsystem - 80/60



Dimensionerande utetemperatur, Stockholm

# Radiatorvärme



## 80/60-system

Finns i princip alla befintliga byggnader fram till 1970-talets slut.

## 55/45-system

Lågtemperatursystem installeras i alla nyproducerade hus för att bättre kunna utnyttja värmepumpsteknik och Solvärmesystem.

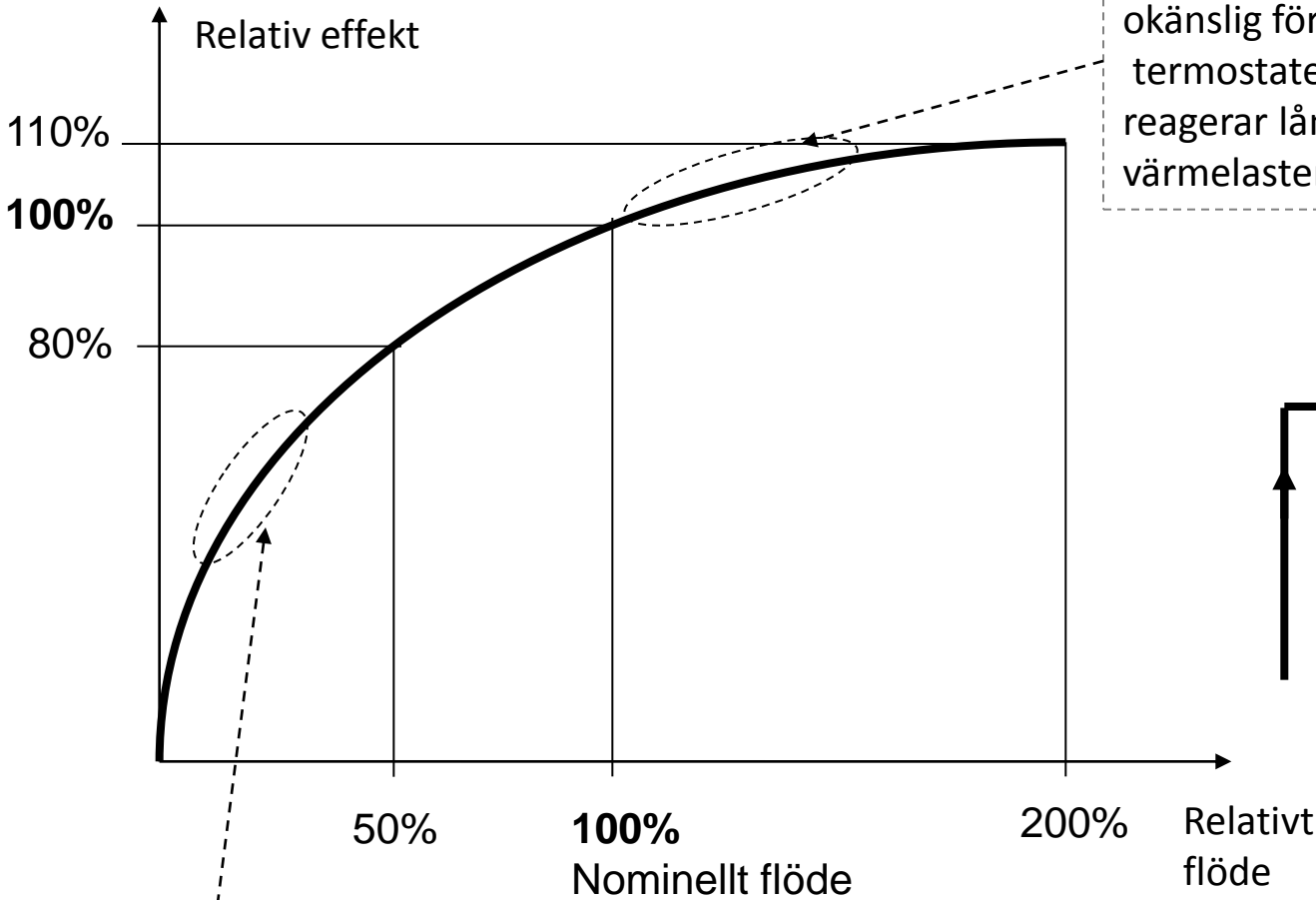
Ett 80/60 –system innebär att framledningstemperaturen till en radiator är  $80^{\circ}\text{C}$  samtidigt som returtemperaturen från radiatören är  $60^{\circ}\text{C}$ , vid den statistiskt sett kallaste utomhustemperaturen för en viss ort. Begreppet DUT, *dimensionerande utetem.* används och finns beräknat för en rad olika orter i Sverige.

DUT för orter i Södra Sverige brukar ligga mellan  $-12$  till  $-16^{\circ}\text{C}$  beroende på om de är kustnära eller ej. Kustnära orter är oftast varmare.

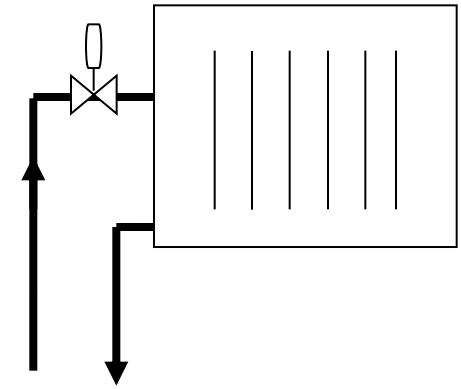
I Mellansverige ligger DUT mellan  $-16$  och  $-18^{\circ}\text{C}$ .

För orter i Norrland brukar DUT ligga på omkring  $-30^{\circ}\text{C}$ .

# Radiatorvärme



Radiatorns värmeavgivning blir okänslig för flödesändringar och termostaten känns trög och radiatorn reagerar långsamt på förändrade värmelaster i rummet.



Termostatventilen får en bättre funktion och arbetsområde eftersom en liten flödesändring har en stor inverkan på avgiven värmeeffekt från radiatorn.

## ”Sönderskruvade” radiatorsystem

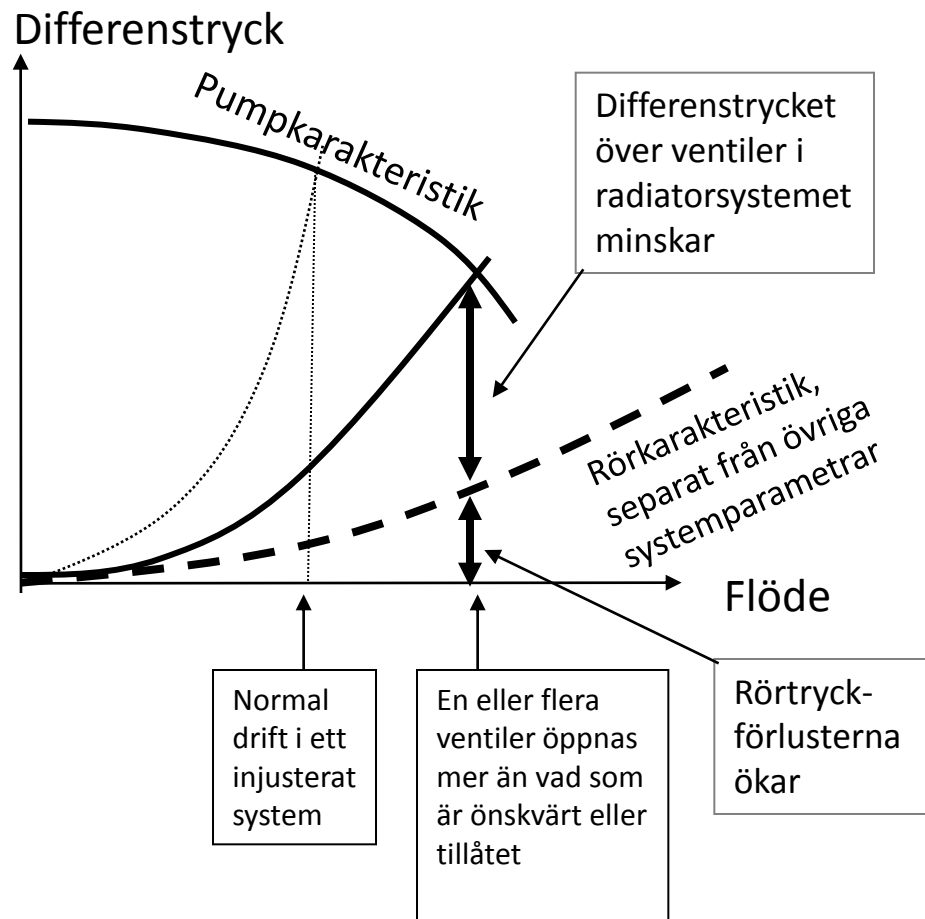
Ett injusterat radiatorsystem har en viss livslängd. Förr eller senare måste vi räkna med att ventilernas inställningsvärden kommer att förändras. Dels av brukare som tycker det är för kallt i rummet och därför manipulerar ventilen, dels när service och underhåll utförs som exempelvis vid ett radiatorbyte.

När en eller flera radiatorventiler öppnas mer än tillåtet i ett system så förändras systemkarakteristiken.

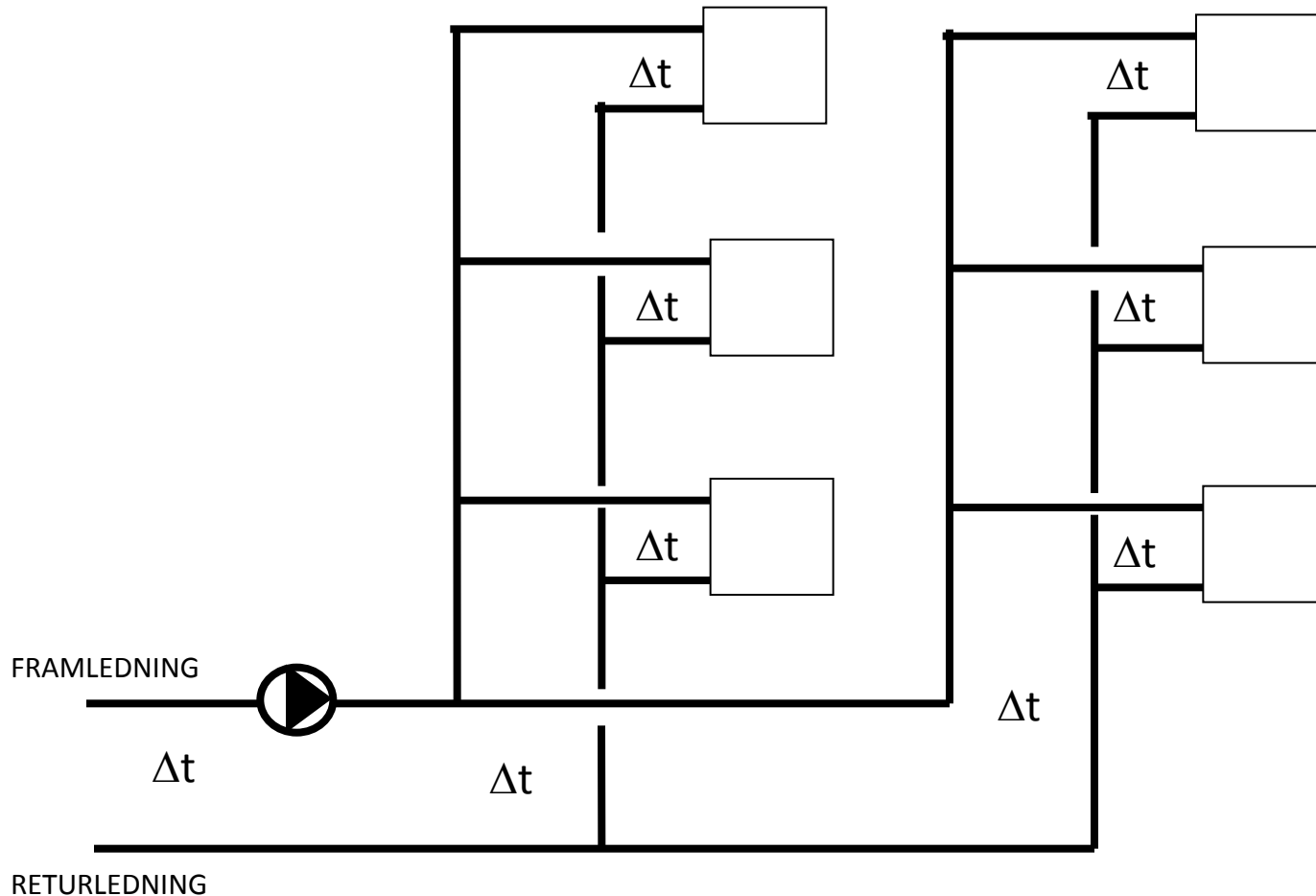
Följden blir att pumptrycket minskar eftersom tryckförlusterna totalt sett minskar.

Samtidigt ökar flödet, vilket ökar rörtryckfallet i systemet. Differenstrycket minskar över aktuella rörgrenar och stammar. Detta innebär slutligen att differenstrycket över radiatorerna också minskar.

Eftersom differenstrycket sjunker så minskar flödet genom radiatorerna. Det minskade flödet gör att värmeavgivningen från radiatorerna minskar. För de manipulerade/öppna ventilerna ökar dock värmeavgivning och returtemperaturer betydligt.



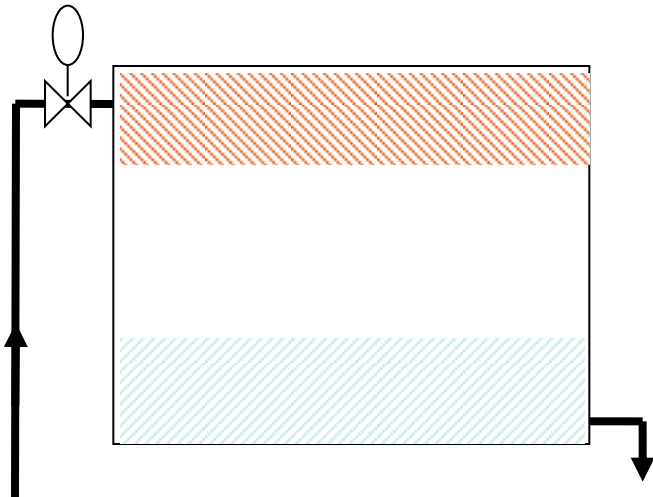
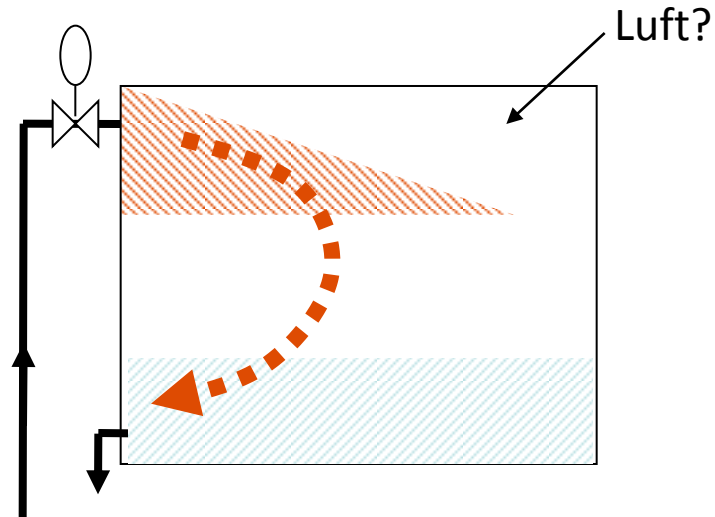
# Injustering av radiatorsystem



I ett idealt injusterat värmesystem är  $\Delta t$  lika överallt var vi än mäter. Viktigt är dock att temperaturen är jämt fördelad i de rum som betjänas av radiatorsystemet och ligger på rätt nivå (20-21 ° C).



# Radiatorer



Om framledning och returledning sitter diagonalt på varsin sida tvingas vattnet genom hela radiatoren, vilket innebär en bra funktion med jämn värme.

## Kännetecknen när en radiator fungerar:

Jämn temperatur längs med radiatoren både upptill och nertill. Annars kan det exempelvis vara luft i radiatoren.

Temperaturskillnad mellan överkant och underkant på radiatoren.

Tillräckligt hög framledningstemperatur så att ev. kallras från fönster kan motverkas.

Tillräckligt lågt vattenflöde så att värmen i vattnet verkligen hinner avges till rummet.

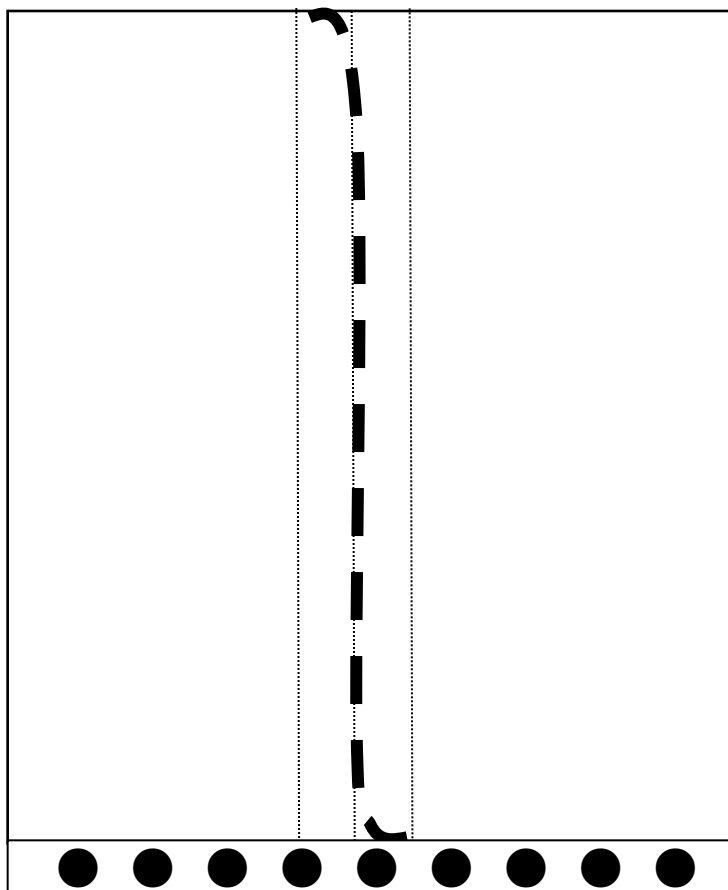
Radiatorns värmestrålning kommer rummet och brukaren tillgodo.

Radiatorventil och termostat fungerar bra (Att ventilstift till kägla inte fastnar).

Radiator, ventil och returkoppel är fritt från avlagringar och smuts.

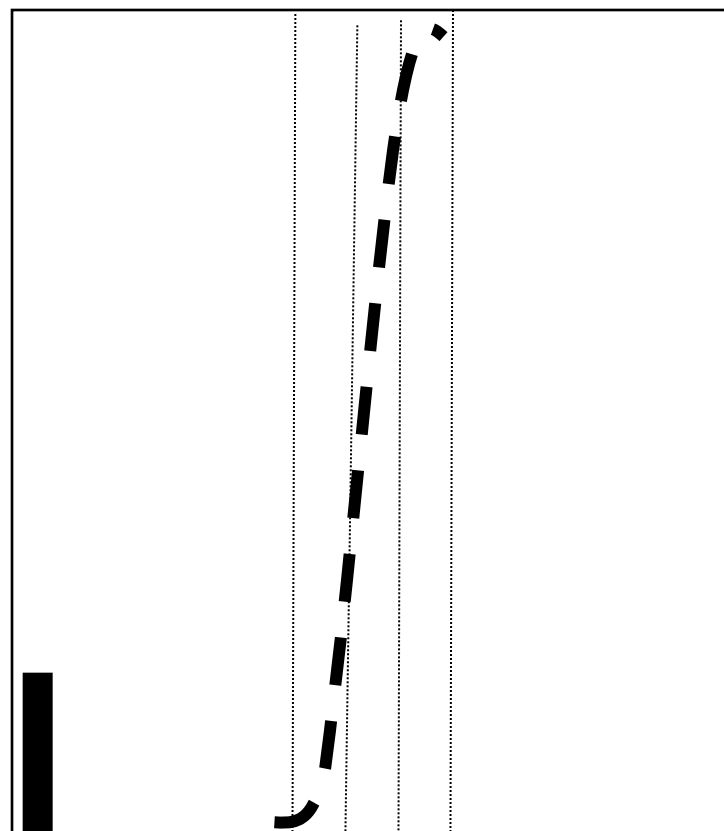
# Temperaturprofiler i rum

Golvvärme



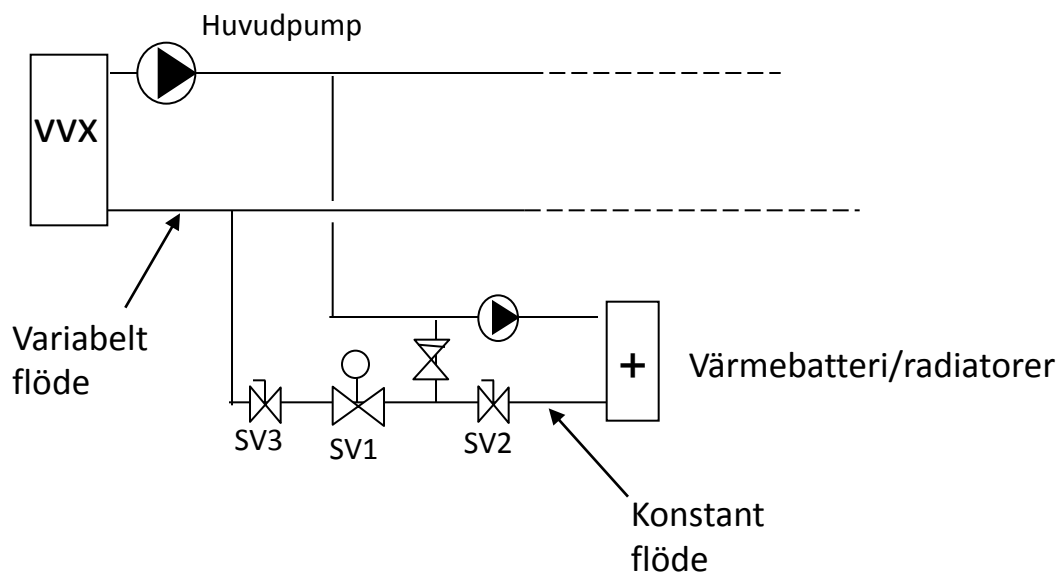
18 20 22 ° C

Radiatorvärme



18 20 22 24 ° C

## Exempel på vanlig inkoppling av shuntgrupp vid fjärrvärme



För att kunna erhålla låga returtemperaturer är det viktigt med ett variabelt flöde i huvudpumpkretsen. Genom detta så skapas förutsättningar för en ekonomisk drift eftersom fjärrvärmepriset ofta premierar låga returtemperaturer.

Vidare är det bra om huvudpumpen frekvensstyrs så att rätt variabelt flöde alltid upprätthålls. Huvudpumpen får varken ge för stort eller för litet flöde utan systemet ska dimensioneras och injusteras så att alla shuntgrupper alltid har tillgång till rätt värmemängd och flöde.

SV2 injusteras för projekterat flöde när SV1 är helt stängd. Därefter injusteras SV3 med SV1 fullt öppen så att tryckskillnaden är noll i kretsen mot värmebatteriet/radiatorgruppen. Detta innebär sedan att vi får ett konstant flöde över värmebatteriet/radiatorgrupp oavsett hur SV1 står.

## Tumregel, värmebesparing:

En sänkning av  
framlednings-  
temperaturen  
med

3 ° C ...

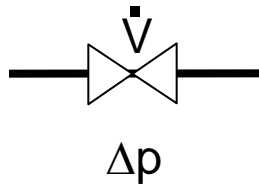
... ger en rums-  
temperatur-  
sänkning på

1 ° C ...

... vilket ger en  
värmebesparing  
på lite drygt

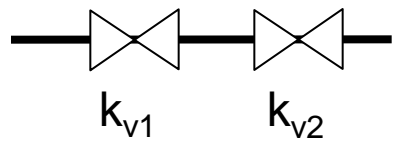
5 %

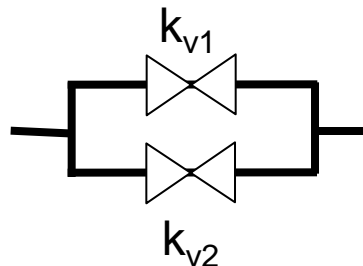
## Ventilkoefficient


$$k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p}} \sqrt{\rho}$$

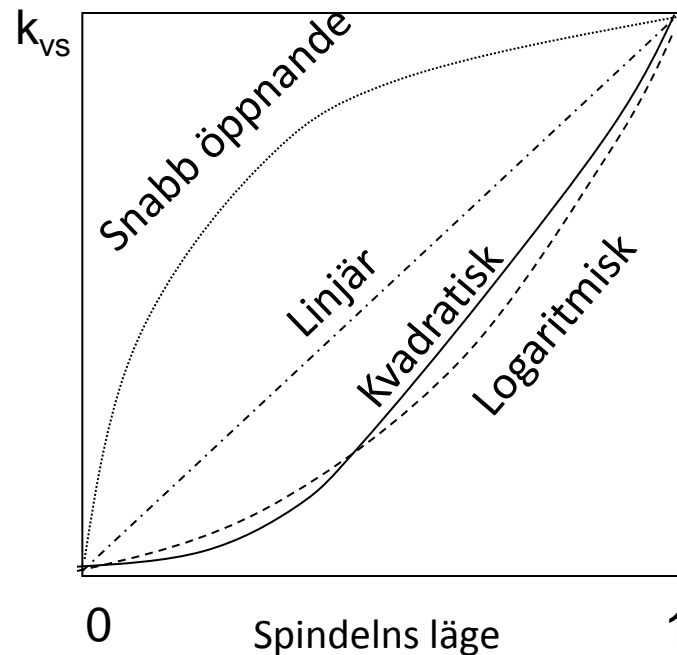
$\dot{V}$  = flöde, m<sup>3</sup>/h  
 $\Delta p$  = tryckfall, 1 bar  
 $\rho$  = densitet, kg/liter (är lika med 1 för vatten)

Kv-värdet definieras vanligen som det flöde, m<sup>3</sup>/s som genomströmmar en ventil med differenstrycket 1 bar.


$$1/k_v^2 = 1/k_{v1}^2 + 1/k_{v2}^2$$


$$k_v = k_{v1} + k_{v2}$$

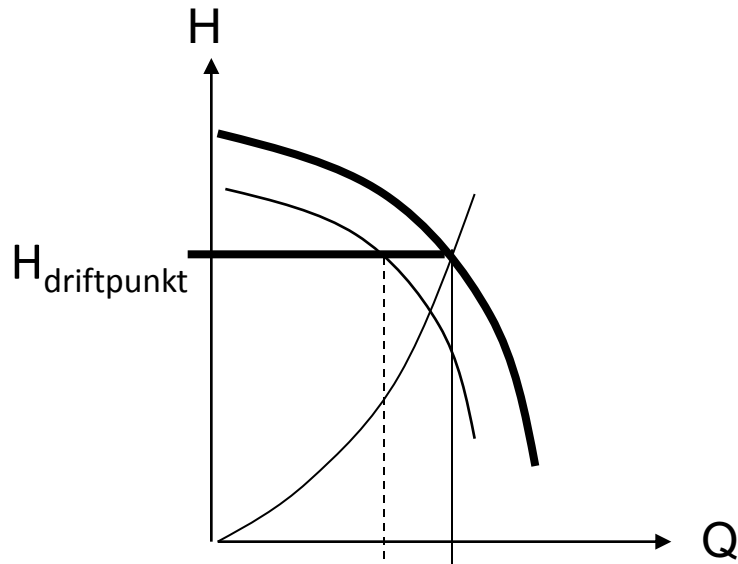
# Ventilkaraktäristik



En ventil reglerar bäst i sitt öppna läge. Därför är det viktigt att reglerventiler väljs med rätt ventilkapacitet,  $k_v$ -värde. Många ventiler i befintliga anläggningar är alldeles för stora. För stora ventiler kan bland annat ge upphov till pendlingar när de arbetar i nästan stängt läge. Genom att låta konstruera ventilen så att kapaciteten ökar kvadratisk eller logaritmiskt från stängt till öppet läge erhålls en jämnare och bättre reglering när vi talar om värmesystem.

Ventilläckage bör också uppmärksammas så att t ex värmesystem och kylsystem inte motverkar varandra.

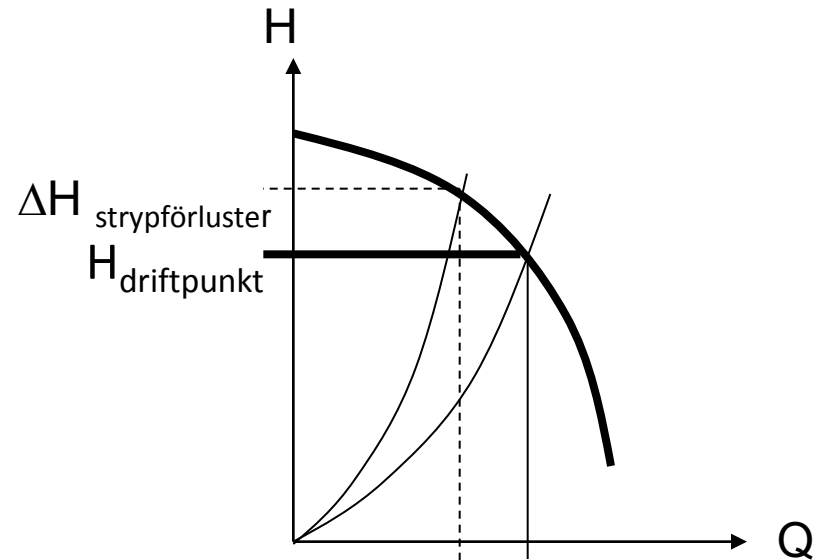
## Konstant tryck över en frekvensstyrd pump



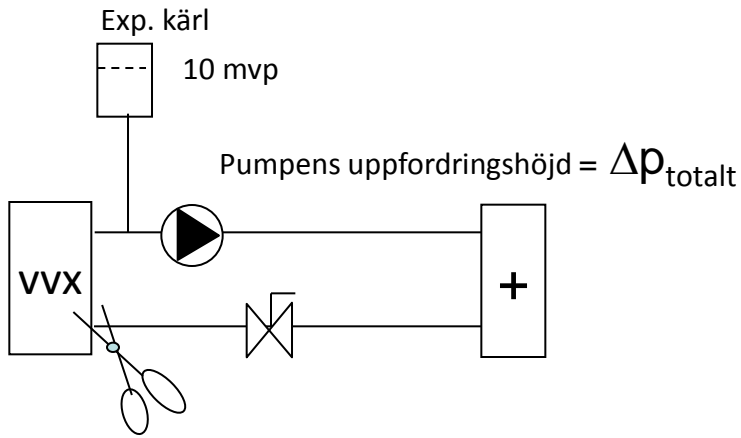
Med en frekvensomformare varvas pumpen ner (pumpkurvan parallellförskjuts) så att önskat flöde fås när ventiler stänger i systemet.

Teoretiskt sett minskar pumpeffektbehovet till en  $1/8$  om flödet minskar med hälften. Detta medför bra elbesparingar för att driva pumpar.

## Ökat tryck över pumpen som en följd av ökade tryckförluster i systemet

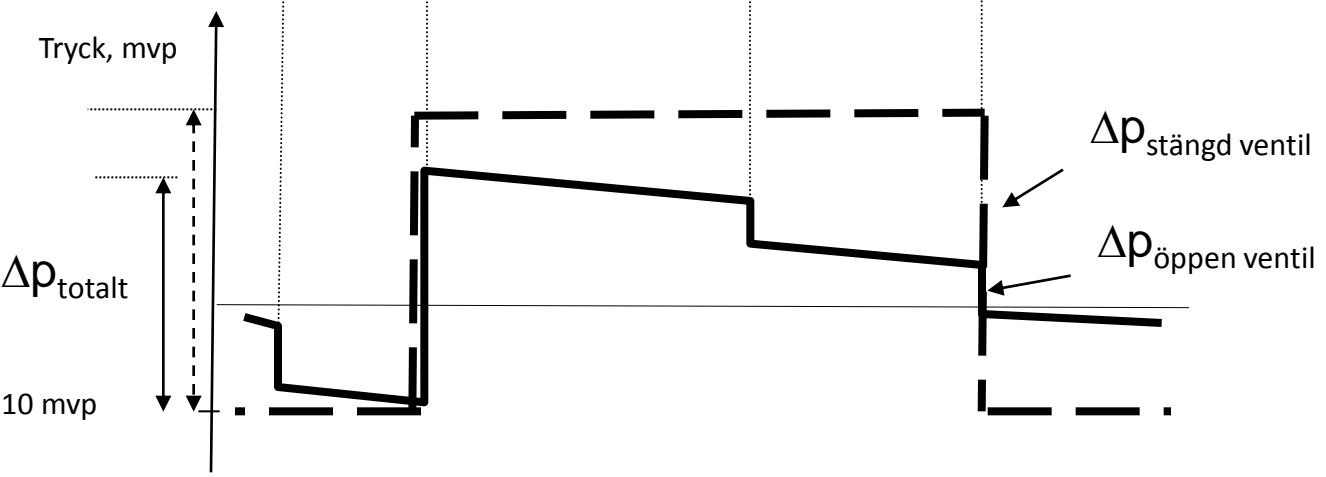
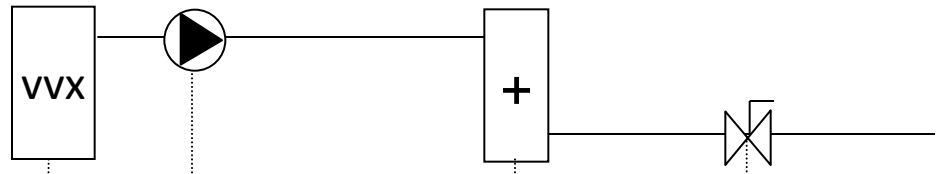


När ventiler i systemet stänger ökar tryckförlusterna och flödet minskar.

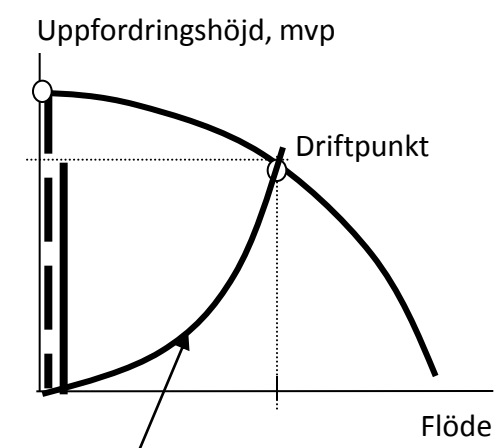


Ventilauktoritet,  $\beta = \frac{\Delta p_{\text{öppen ventil}}}{\Delta p_{\text{stängd ventil}}}$

Bör vara minst 50%

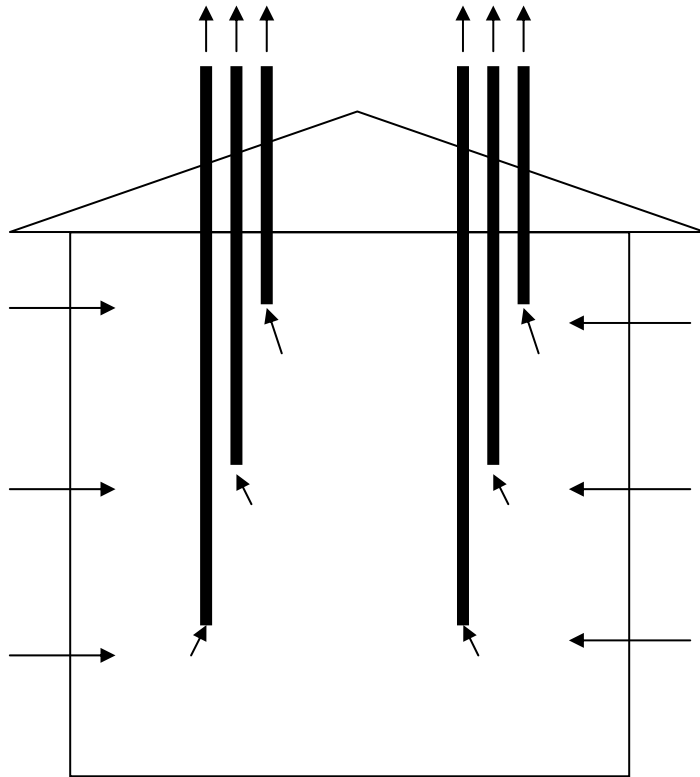


### Pumpkurva



Systemets karaktäristik  
=  $k_x v^2$





Termiska drivkrafter

Tryckskillnaden kan skivas:

$$\Delta p = H \times (t_i - t_u) \times 0,045$$

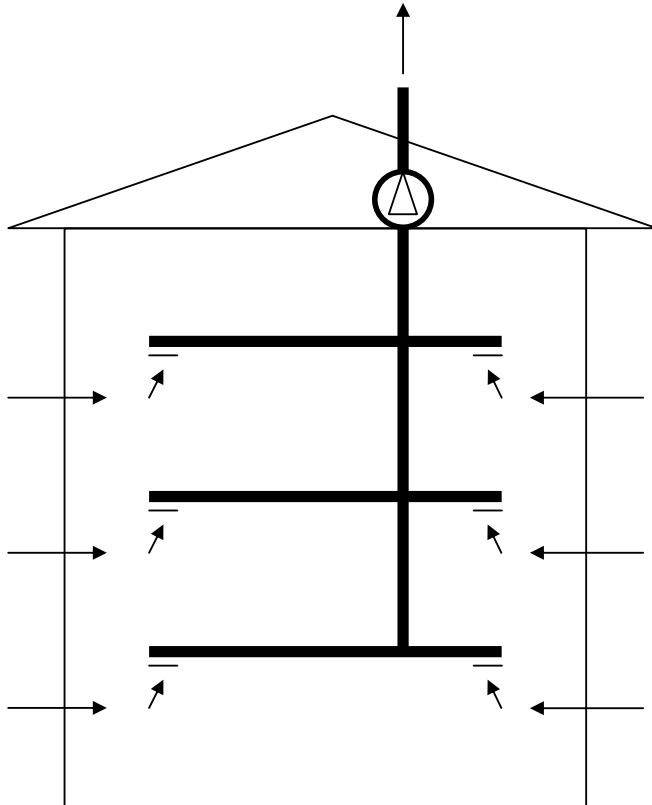
## Självdraagsventilation

### Fördelar:

- Mycket billigt (investering/underhåll)
- Inget ljud från ventilationen
- Ingen elanvändning för fläktar
- Litet rensningsbehov

### Nackdelar:

- Låga flöden på sommaren och höga flöden på vintern
- Luftflöden kan inte säkerställas
- Värmeåtervinning inte möjligt
- Problem med extern ljudöverföring mellan olika utrymmen
- Oftast ingen filtrering av tilluften
- Placering av uteluftsintag och dragproblem



## Frånluftsventilation

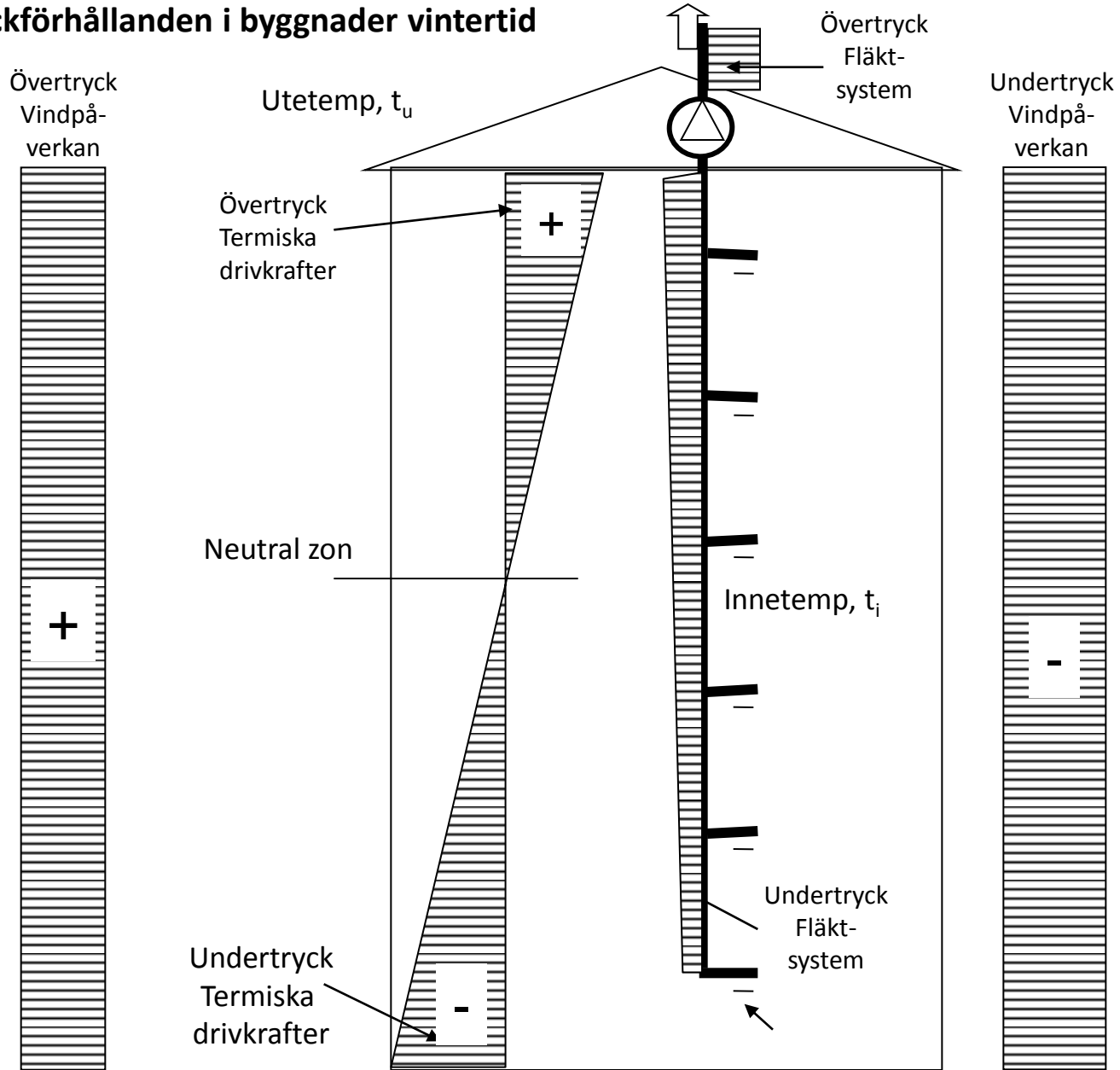
### Fördelar:

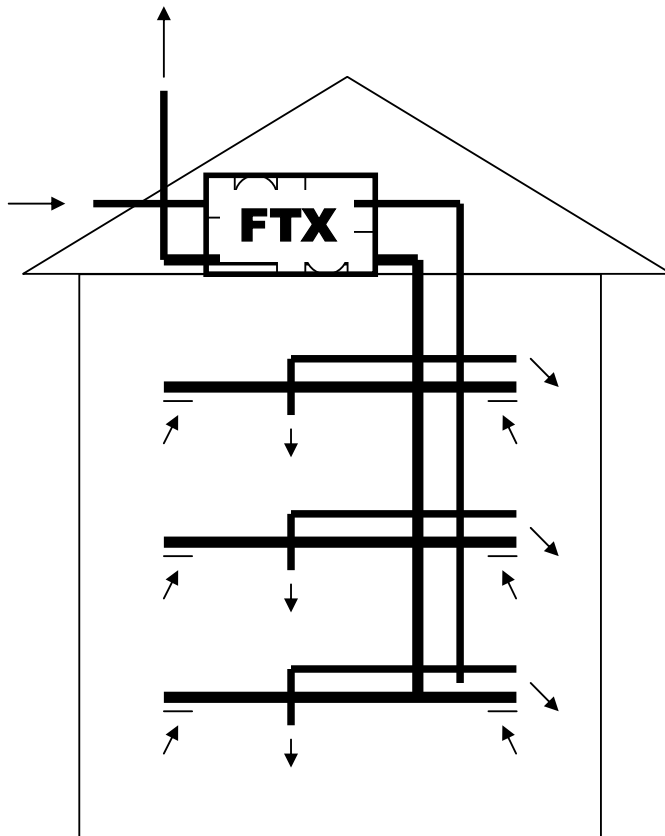
- Relativt billigt (investering/underhåll)
- Frånluftflöden och trycknivåer kan säkerställas (tryck- och utetemperaturstyrda fläktar)
- Lite ljud från ventilationen
- Låg energianvändning för fläktar
- Värmeåtervinning med värmepump

### Nackdelar:

- Placering av uteluftsintag och dragproblem
- Tilluftsflöden kan inte säkerställas (känsligt system för vind- och termikpåverkan samt vädring)
- Problem med extern ljudöverföring mellan olika utrymmen
- Oftast ingen filtrering av tilluften
- Rensningsbehov av frånluftskanaler

# Tryckförhållanden i byggnader vintertid





## Till- och frånluftsventilation med Värmeåtervinning, FTX-system

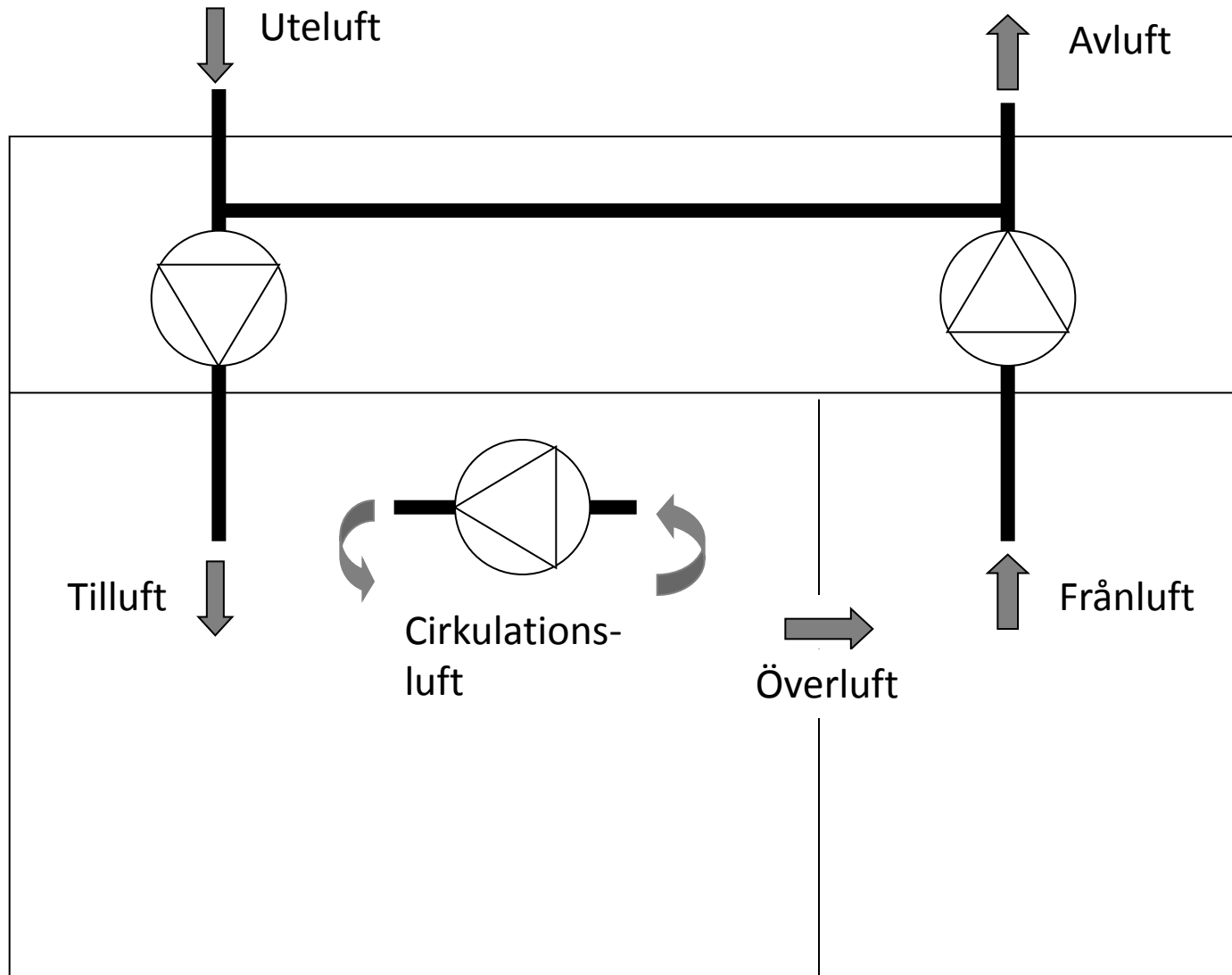
### Fördelar:

- Relativt billigt (investering/underhåll)
- Till- och frånluftflöden kan säkerställas och styras (goda förutsättningar för en bra inommiljö)
- Förvärmad luft (bra termiskt klimat)
- Filtrerad tilluft
- Bra placering av uteluftsintag (ren uteluft)
- Effektiv värmeåtervinning

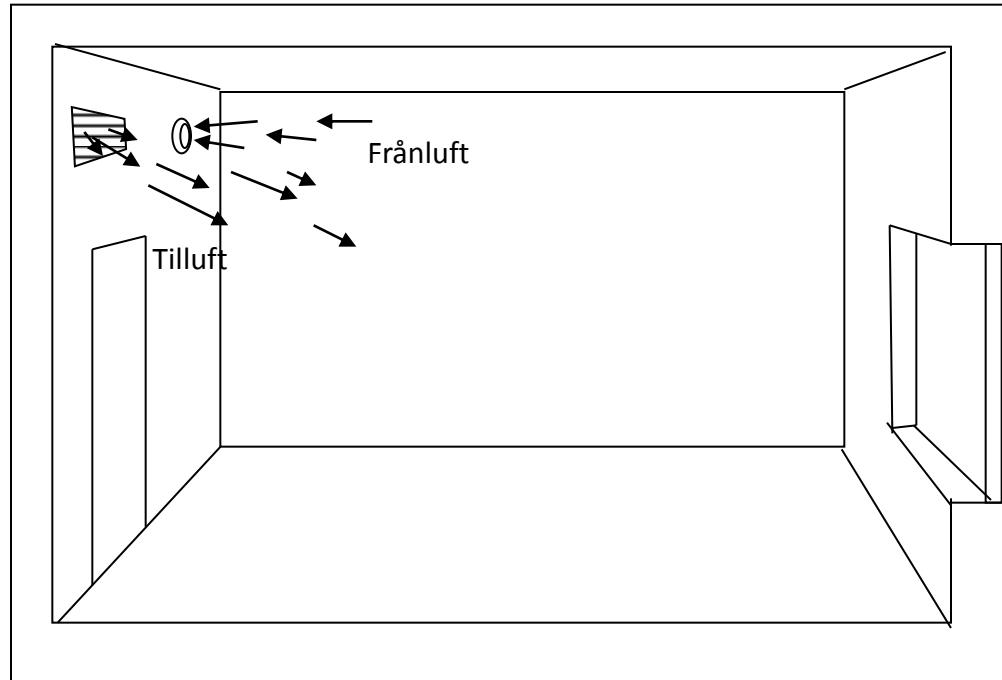
### Nackdelar:

- Dyr investering som dessutom tar stor plats
- Högt elanvändning för fläktar och pumpar
- Problem med ventilationsbuller
- Problem med under- resp övertryck i utrymmena
- Stort rensningsbehov
- Dyr att underhålla och svårt överblicka systemen (bristfälligt och eftersatt underhåll / inommiljöproblem)

# Benämningar på luftflöden



## Bakkantsinblåsning

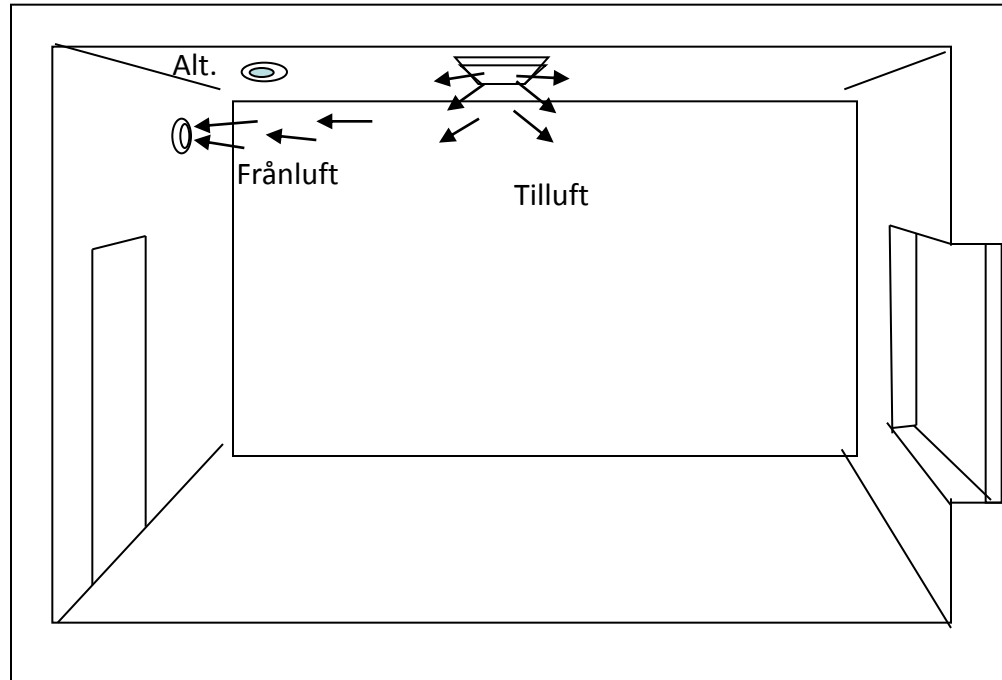


**Funktion:** Tilluft tillförs rummet via don på innervägg. Luften omblandas med rumsluften och förs bort via frånluftsdon på innervägg.

**Fördelar:** Relativt billig investering och låga underhållskostnader då kanaldraging normalt sker i korridorer och bakom lättåtkomliga undertak, bakkantsinblåsning brukar heller inte påverka värmesystemets funktion negativt utan de båda systemen samverkar ofta bra.

**Nackdelar:** Svårt att möblera utan risk för stora luftrörelser i vistelsezonen. Detta medför att tilluftstemperaturen sätts för högt vilket i sin tur ökar risken för kortslutning och dåligt luftkvalitet.

## Inblåsning via takdon

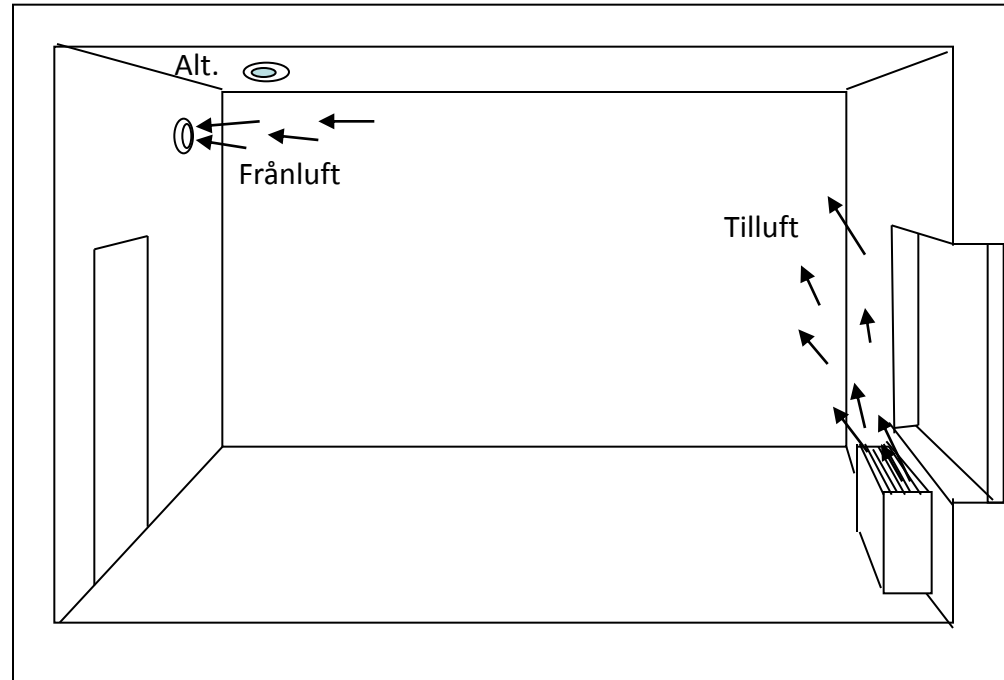


**Funktion:** Tilluft tillförs rummet via takdon. Luften omblandas med rumsluften och förs bort via frånluftsdon på innervägg, alternativt i taket.

**Fördelar:** Möjliggör flexibel möblering och är därmed bättre vistelsezon. Takinblåsning brukar heller inte påverka värmesystemets funktion negativt utan de båda systemen samverkar ofta bra. Tilluftstemperaturen kan hållas ganska låg utan att komforten blir lidande, vilket är bra ur komfortsynpunkt. Bland annat kan kylsystem kopplas till ventilationssystemet. Under vinterhalvåret finns goda möjligheter till energieffektivisering som en följd av detta.

**Nackdelar:** Dyrare installation och svårare att kombinera med belysningsarmaturer som ju riskerar att värma tilluften med sämre upplevd luftkvalitet och risk för att luften kortsluts.

## Inblåsning via fönsterapparater



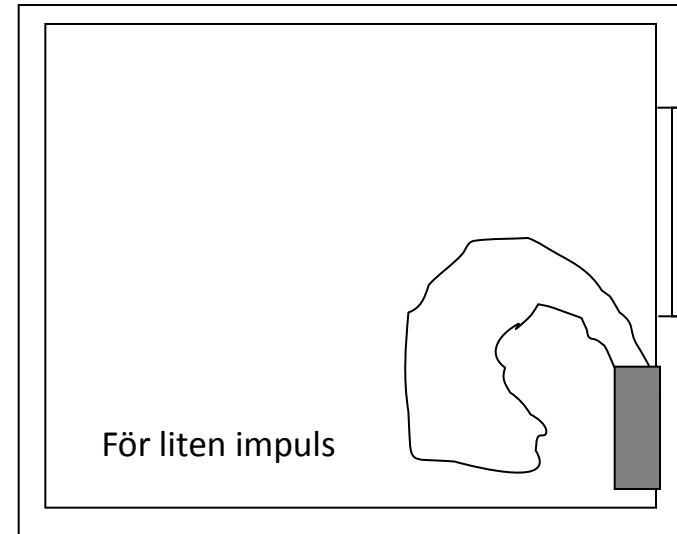
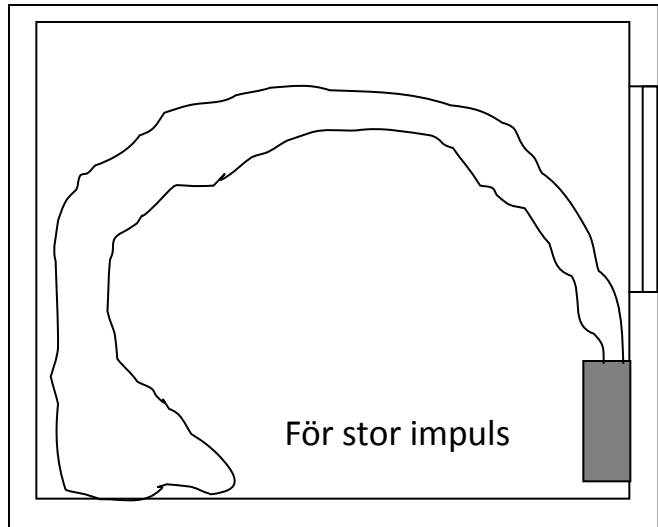
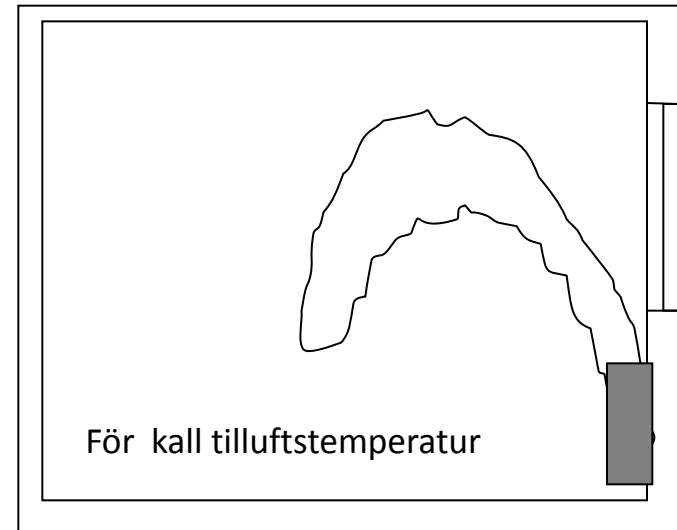
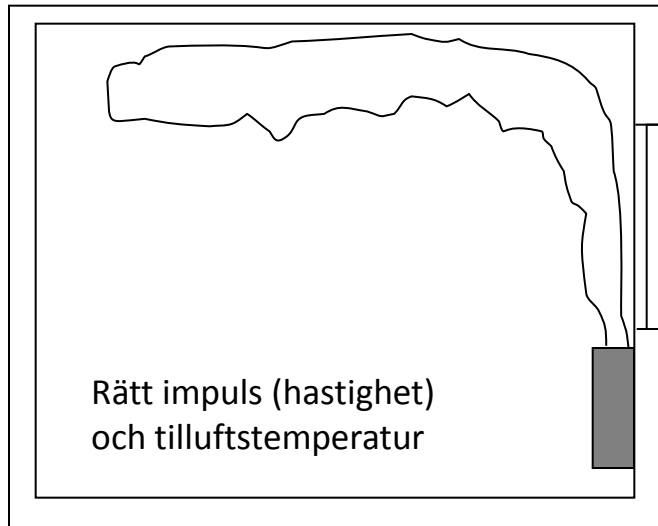
**Funktion:** Tilluft tillförs rummet via en konvektor eller "fönsterapparat" eller "fancoil" där den eftervärms eller kyls beroende på årstid. Idag installeras uteluftsdon bakom radiatoren som därmed förvärmer luften innan den når rummet. Luften omblandas sedan med rumsluften och förs bort via frånluftsdon på innervägg alternativt i taket.

**Fördelar:** Inga som helst fördelar med fönsterapparater eller fancoils.

**Nackdelar (fönsterapparater):** Dyr installation med stora drift- och underhållskostnader. Luftbehandling, värme och kyla är integrerat i ett och samma system som därmed blir svårt att optimera. Problem med skräp och försmutsning i systemet med låga luftflöden som följd.

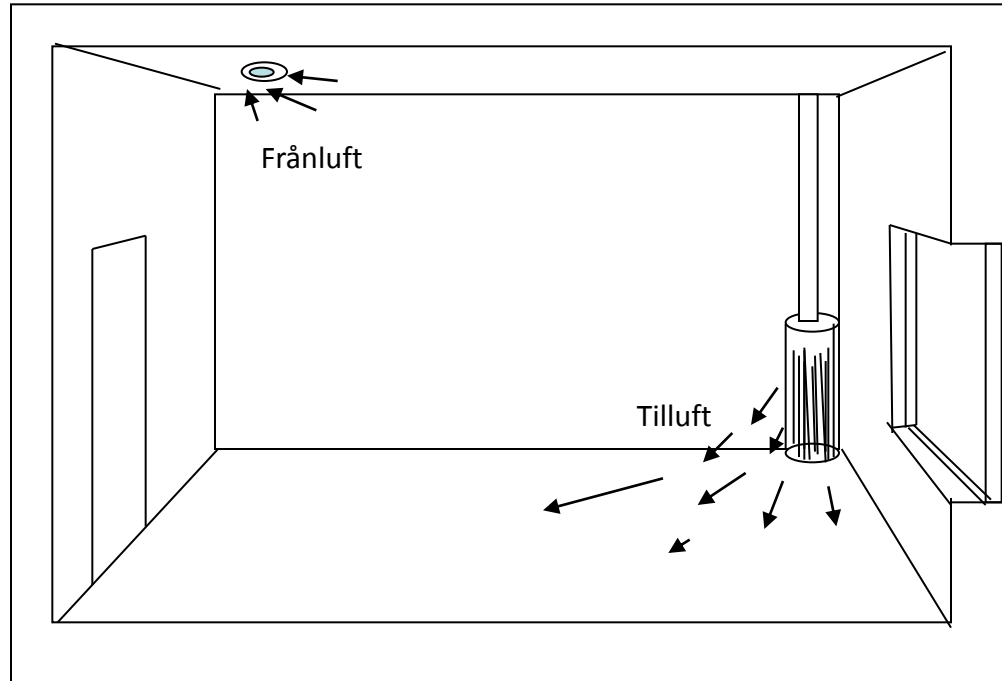


## Svårigheter att hitta rätt impuls och temperatur vid fönsterapparater.



Om rumsluften är för varm upplevs luftkvaliteten ofta som dålig. För varm tilluft innebär vidare stor risk för kortslutning där tilluften mer eller mindre går raka vägen till frånluftsdonet.

## Lågimpulsdon, Deplacerande ventilation

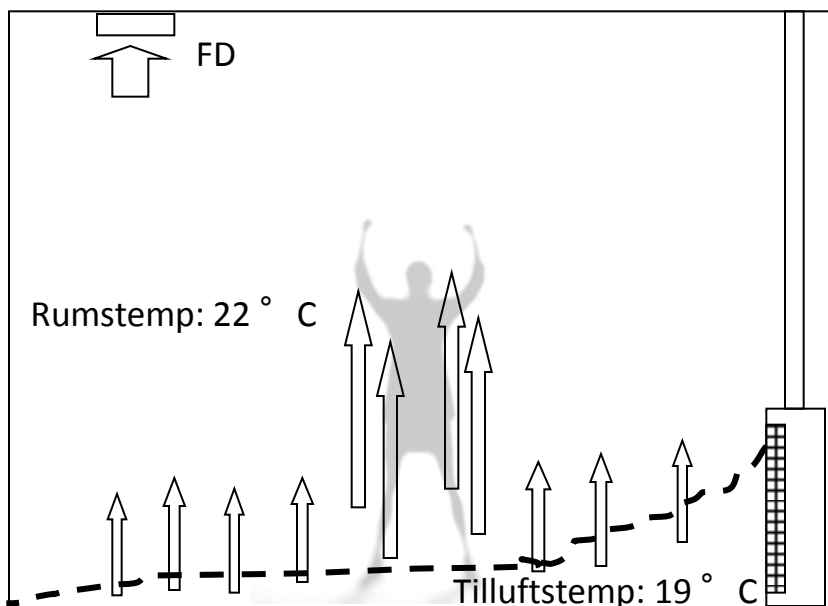


**Funktion:** Tilluft tillförs rummet via golvdon. Luft som är undertempererad och med låg hastighet "rinner" ut över golvet där den successivt värms upp och stiger mot taket. Luften för sig likt en kolv från golvet i riktning upp mot taket. Värmekällor i form av människor och datorer gör att luften stiger snabbare där. Tilluften behöver minst vara ett par grader kallare än rumsluften för att systemet ska fungera.

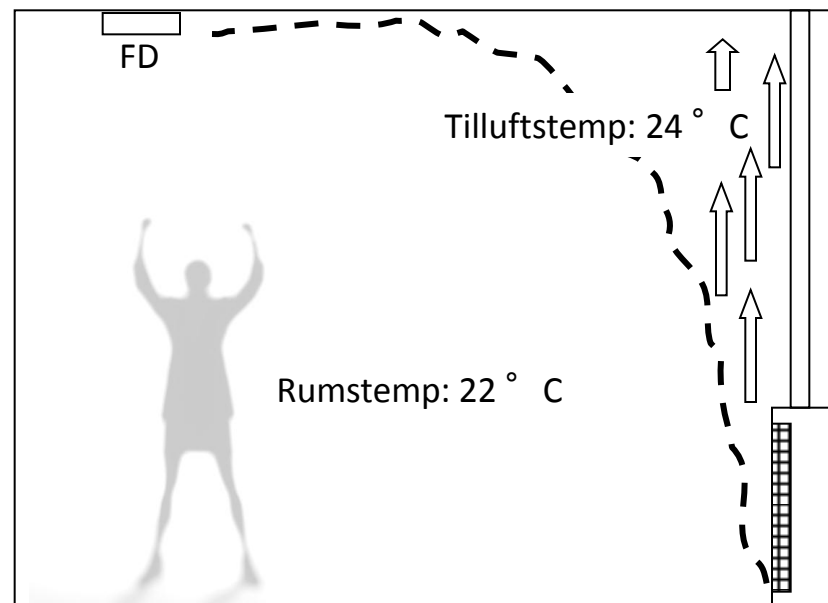
**Fördelar:** Bättre luftutbyteseffektivitet än för traditionella omblandande system vilket medför mindre luftflöden. Passar bra i lokaler med stora värmelaster och där människor är i rörelse (varuhus etc.)

**Nackdelar:** Systemet passar normalt inte på dagis och i skolor på grund av kalla golv och dragkänsla. Temperaturregleringen måste göras noga och kontrolleras ofta. Systemet upptar stor möblerbar area som annars kunde användas i verksamheten.

## Deplacerande ventilation och temperaturkänslighet

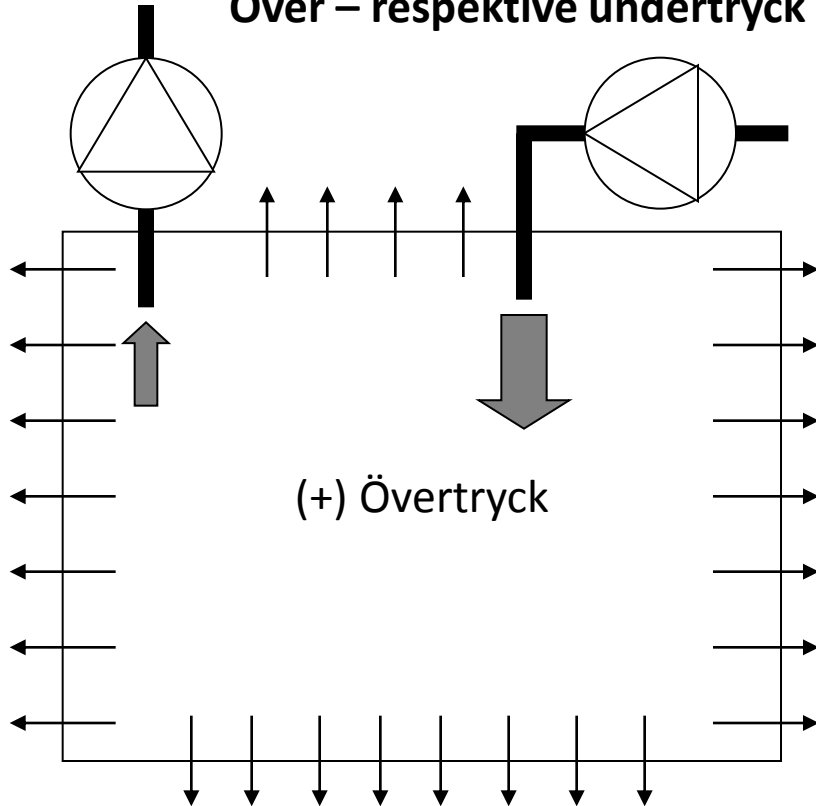


För att tilluften ska kunna "rinna" ut över golvet måste denna vara undertempererad ( $2-3^{\circ}\text{C}$ ) i förhållande till rumstemperaturen. Luften stiger sedan upp mot taket och denna stigkraft blir större omkring objekt som avger värme (t ex. datorer och människor.)

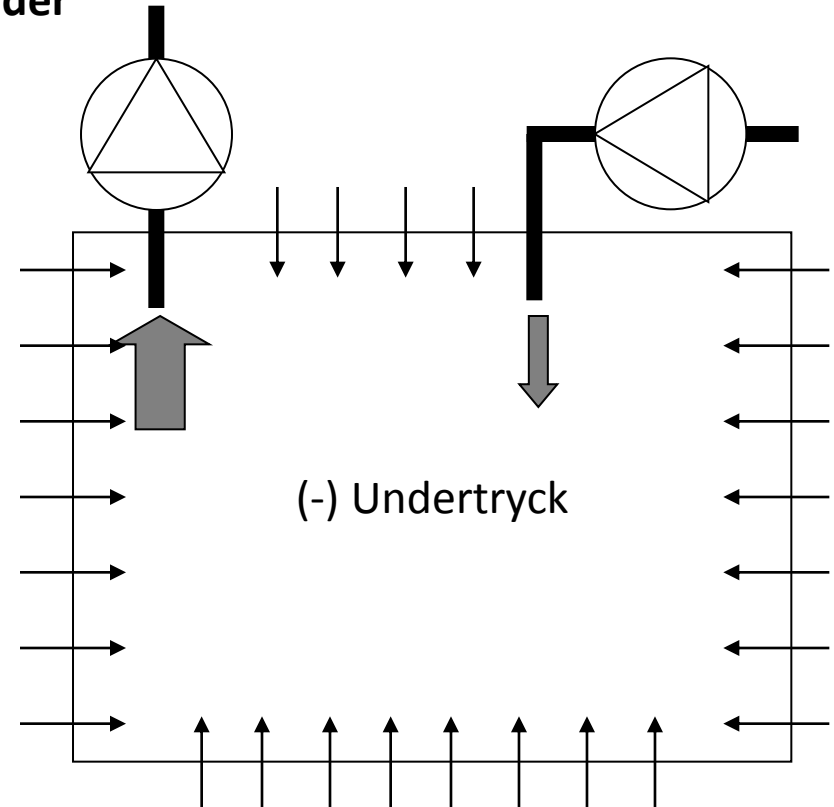


Om tilluftstemp. är varmare än omgivande rumstemp. fås en kortslutning där tilluften direkt stiger mot taket och frånluftsdonet, FD.

## Över – respektive undertryck i byggnader



Den relativt sett fuktiga inomhusluften trycks ut och kondenserar på kalla partier i ytterväggar, Fönster och i bjälklag. Risk för fukt och mögel ökar. Dragkänslan i lokalerna elimineras däremot.



Lokalerna känns dragiga beroende på att kall uteluft läcker in vid fönster och otäta anslutningar. För att kompensera detta drag höjs rumstemperaturen i lokalen vilket medför högre energikostnader.

Över- respektive undertryck kan, förutom av fläktar, också orsakas av termiska drivkrafter i byggnaden.

### Fläktegenskaper, ren luft:

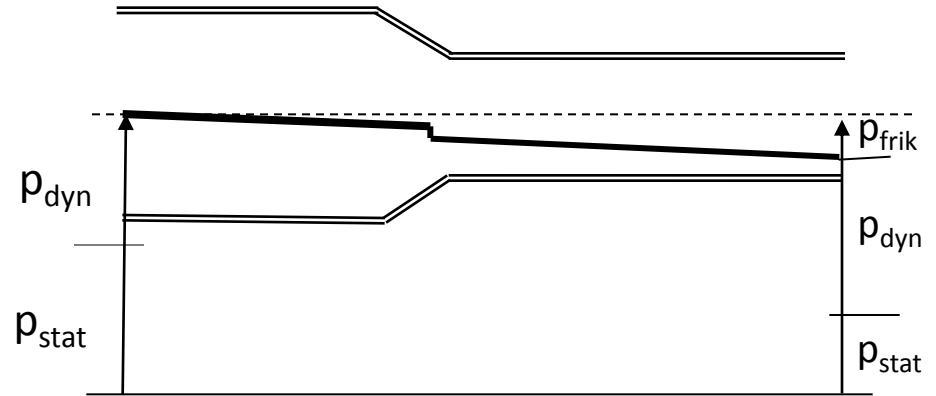
**B-hjul**, bakåtböjd skovel.

Bra verkningsgrad, låg ljudnivå.

**F-hjul**, framåtböjd skovel

Låg verkningsgrad, låg ljudnivå,

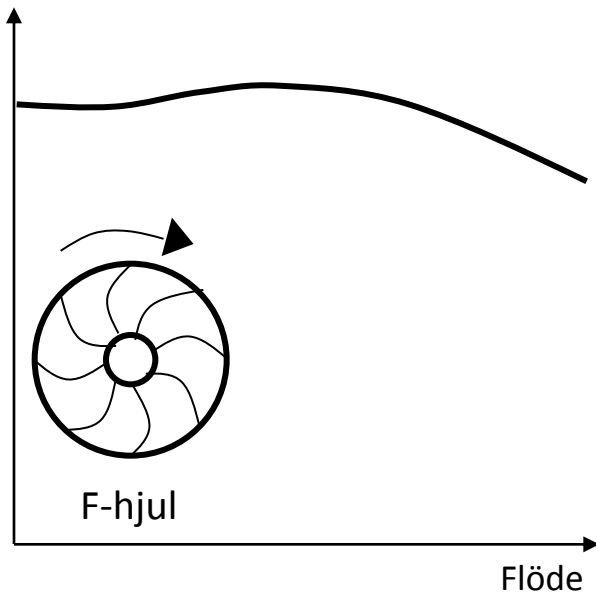
tar liten plats.



$$p_{dyn} = \frac{\rho \times v^2}{2}$$

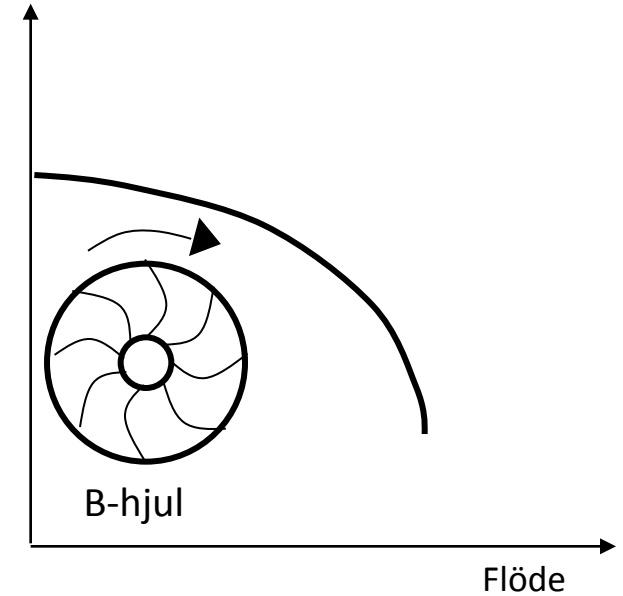
Det dynamiska trycket beror av hastigheten i kvadrat och luftens densitet.

Tryckupsättning

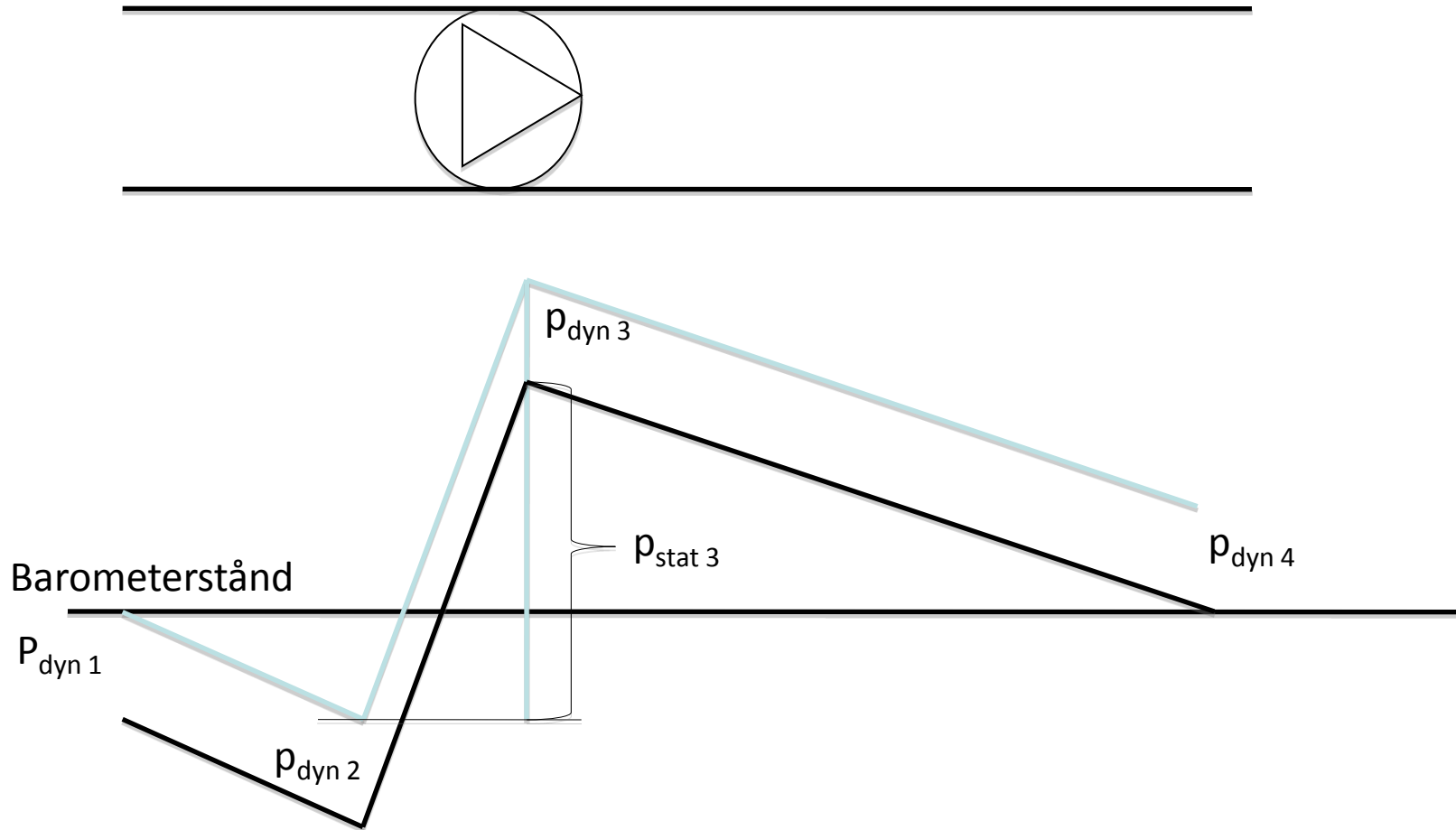


F-hjul

Tryckupsättning



B-hjul

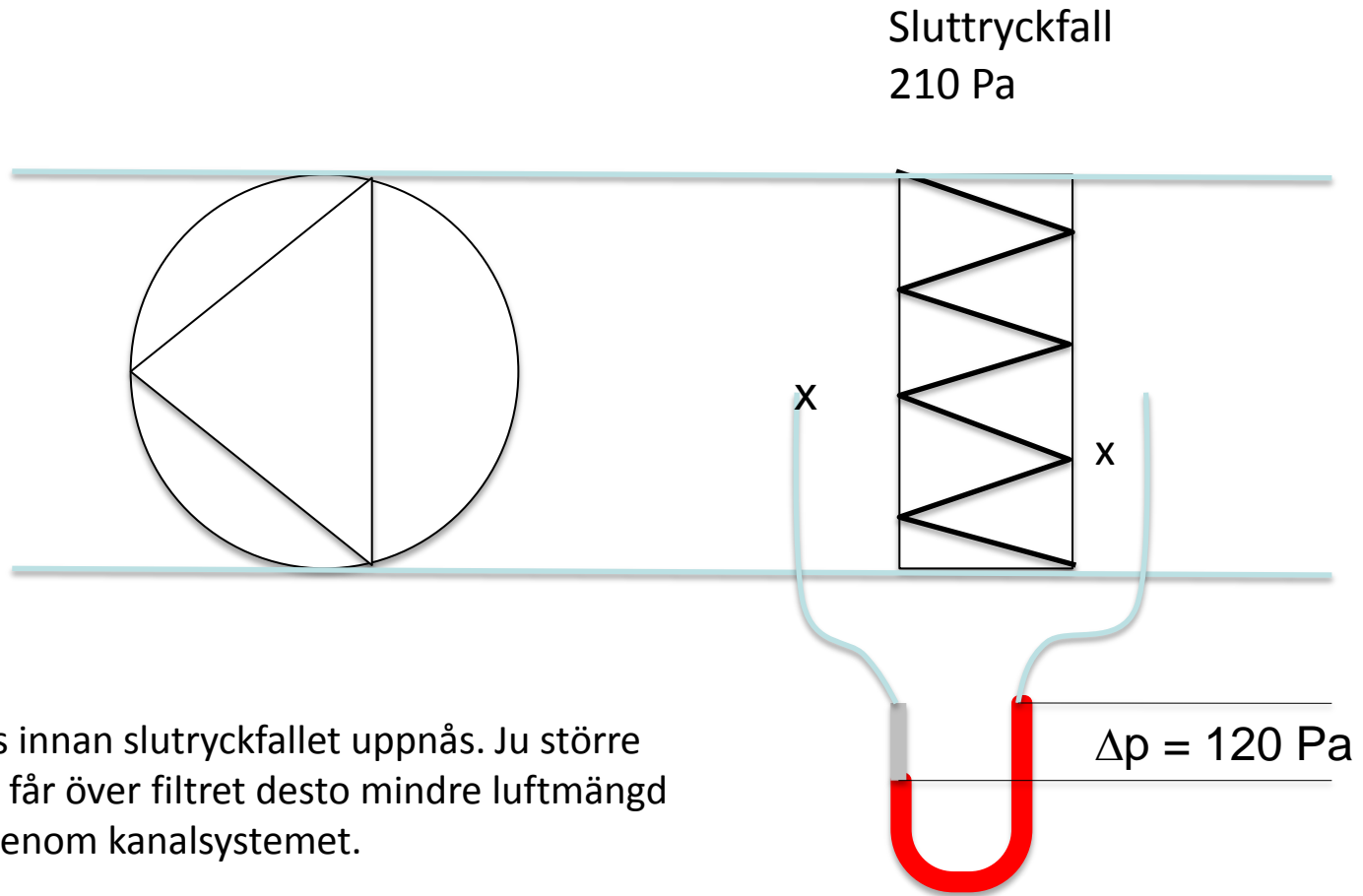


För att övervinna tryckfallsförlusterna i kanalsystemet efter fläkten  
krävs  $p_{stat 3} + p_{dyn 3} - p_{dyn 4}$ .

## Tryckfallsförluster i ett ventilationssystem uppkommer av:

- Aggregatets storlek och utformning = fronthastighet
- Filtrets nedsmutningsgrad
- Batteriers nedsmutningsgrad
- Fläktens anslutningar till systemet, "systemeffekter"
- Kanaler och kanaldetaljer såsom böjar, avstick och ljuddämpare
- Don i rummen.

## Filter i luftbehandlingsaggregat



Filtret byts innan sluttryckfallet uppnås. Ju större tryckfall vi får över filtret desto mindre luftmängd passerar genom kanalsystemet.



## Drivenergi för fläktar och pumpar

Fläktsystemen kräver också drivenergi i form av el.

Har ventilationssystemen hårt instrypta don, små kanaldimensioner m.m. erhålls stora tryckfall i systemen. Detta i sin tur kräver mer elenergi till fläktarna för att övervinna dessa tryckförluster. För att styra utvecklingen mot mer energisnål distribution av luft har begreppet specifik fläkteffekt, SFP införts.

Summan av eleffekten för samtliga fläktar i en byggnad divideras med det största frånlufts- eller tilluftsflödet. Fläktmotorernas samlade effekt, kW divideras alltså med det största luftflödet, m<sup>3</sup>/s (antingen frånlufts- eller tilluftsflödet).

### Ventilationssystem

### SFP kW/( m<sup>3</sup>/s)

- Från- och tilluft med värmeåtervinning	2,0
- Från- och tilluft	1,5
- Frånluft med värmeåtervinning (ex. värmepump)	1,0
- Frånluft.	0,6

För VAV-system kan 25% högre SFP vara acceptabelt.

På motsvarande sätt kan specifik pump-el-effekt, SPP bestämmas.

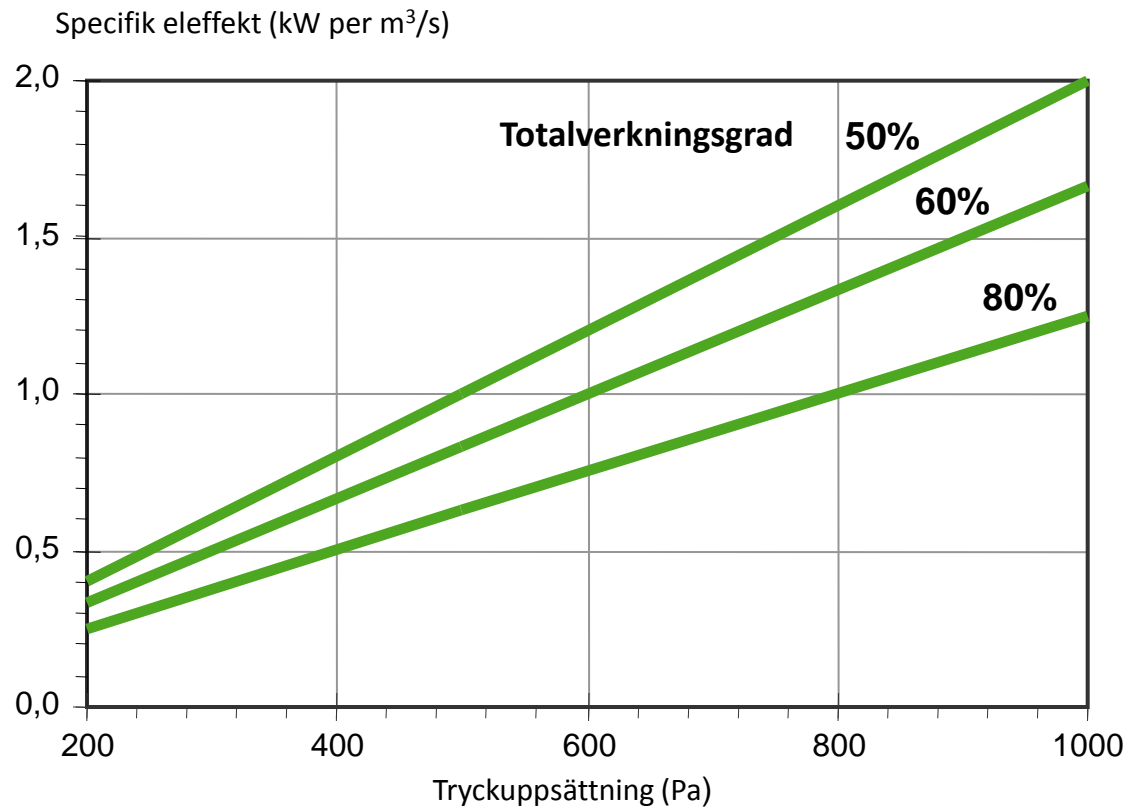
Svenska rekommendationer saknas för tillfället, men brittiska rekommendationer säger följande:

För värmesystem: SPP max 1,2 kW/(l/s)

För kylvattensystem: SPP max 0,9 kW/(l/s)

För kylmedelsystem: SPP max 0,5 kW/(l/s)

## Eleffekt för fläktar



$$\text{Eleffekt} = \frac{\text{Flöde} \times \text{Tryckfall}}{\text{Totalverkningsgrad}}$$

$$\text{Energier} = \text{Eleffekt} \times \text{Drifttid}$$

## Specifik Fläkt-el-effekt – SFP

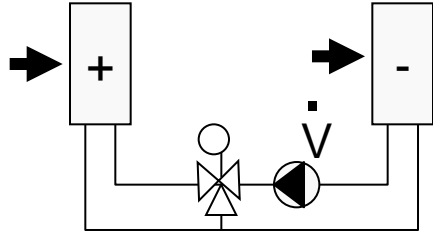
$$\text{SFP} = \frac{\text{Summan av luftdistributionssystemets fläkteffekter}}{\text{Det största av till – eller frånluftsflödet}} \left( \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \right)$$

Mellan 1970 och 80-talet: 3-5 kW/(m<sup>2</sup>/s)

Ombyggnad av befintliga system: 2 till 3 kW/(m<sup>2</sup>/s)

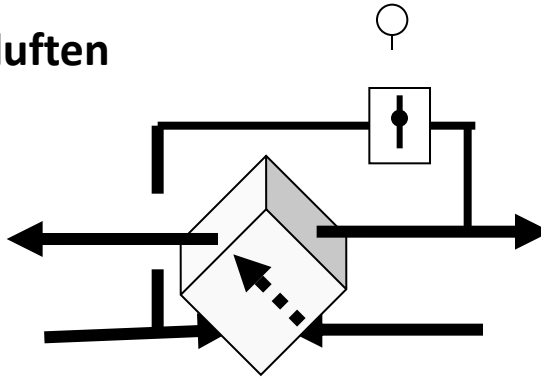
Nya byggnader: 1,5 till 2,0 kW/(m<sup>2</sup>/s)

# Värmeåtervinning ur ventilationsluften



Vätskekopplat  
Rekuperativ,  
indirekt

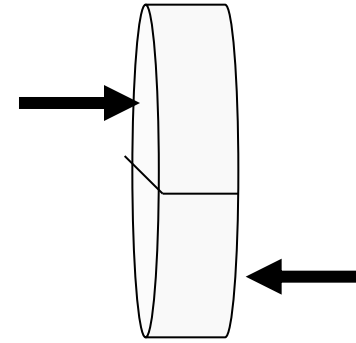
$$\eta_t = 45-50\%$$



Plattvärme-  
växlare

Rekuperativ,  
direkt

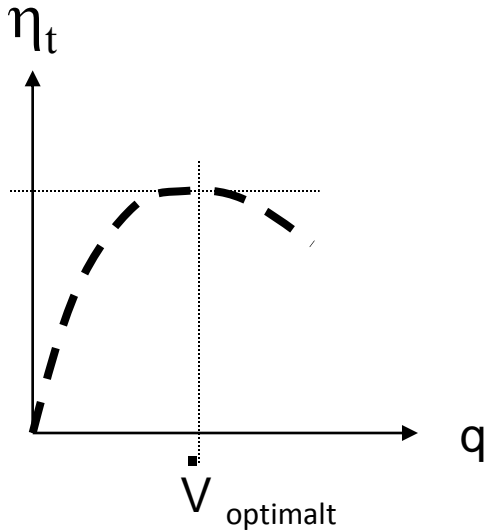
$$\eta_t = 65-70\%$$



Roterande  
värmeväxlare

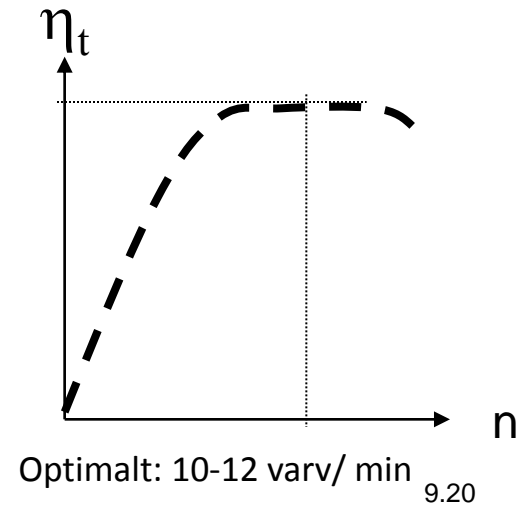
Regenerativ

$$\eta_t = 80-85\%$$



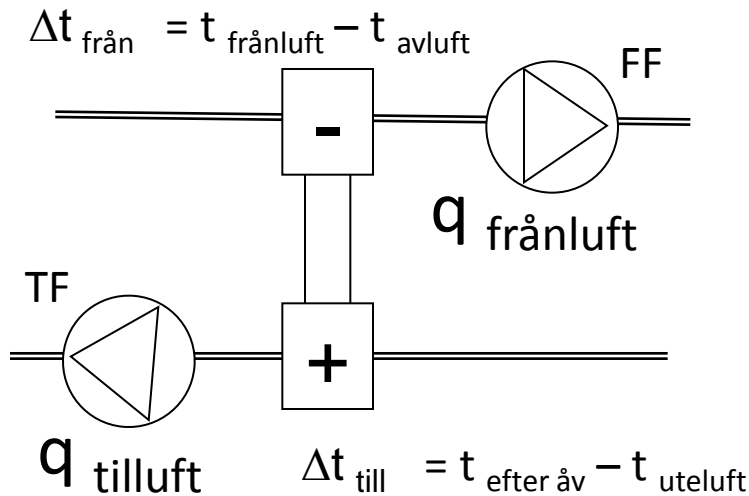
Definition:

$$\eta_t = \frac{t_{e.vvx} - t_{utluft}}{t_{frånluft} - t_{utluft}}$$



## Temperaturverkningsgraden

Temperaturverkningsgradsbegreppet kan ibland leda till felaktiga slutsatser:



Om frånluftsflödet är större än tilluftsflödet så blir beräkningen av  $\eta$  för hög.

Om tilluftsflödet är större än frånluftsflödet så blir beräkningen av  $\eta$  för låg.

Definition:

$$\eta_t = \frac{t_{\text{efter åv}} - t_{\text{uteluft}}}{t_{\text{frånluft}} - t_{\text{uteluft}}}$$

Om luftmängderna är lika över FF och TF så blir också  $\Delta t_{\text{från}}$  och  $\Delta t_{\text{till}}$  lika i en energibalansbetraktelse.

## **Rätt ventilationsfunktion handlar om:**

- Tillräckligt luftflöde
- Bra luftföring
- Bra luftkvalitet.

# Praktisk kontroll av reglerfunktion - Luftbehandling

Erfarenhetsmässigt vet vi att den på papperet givna reglersekvensen

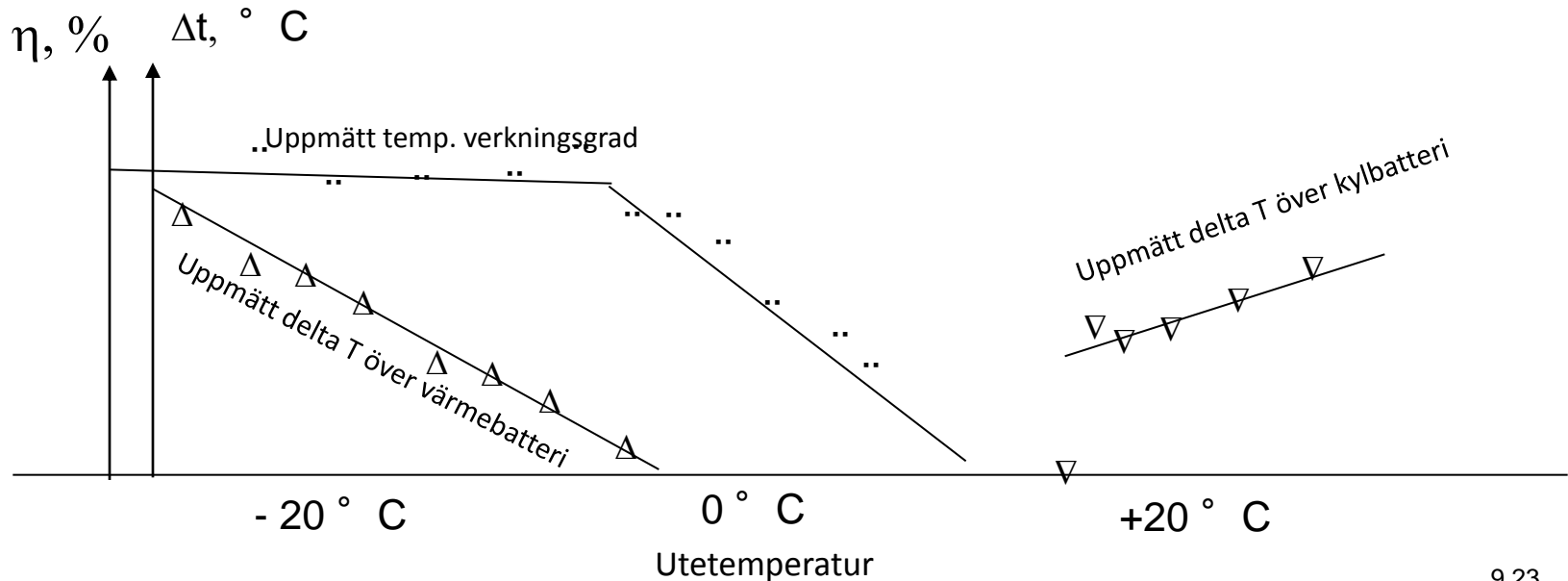
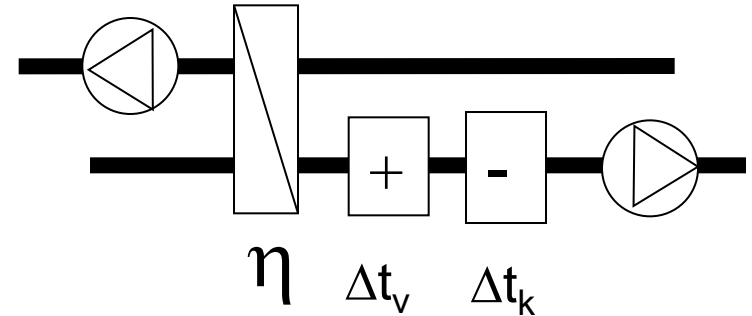
ibland fallerar. En rad frågor kan då uppkomma.

Är kyl- och värmebatterier i drift samtidigt?

Är det rätt varvtal på den roterande värmeväxlaren?

Är systemet smutsigt? (Filter ,rotor m.m.)

Därför kan det vara bra att praktiskt kontrollera reglerfunktionerna. Genom att läsa av vitala mätvärden under en säsong kan en klarare bild erhållas. De temperaturer som vi behöver bestämma för att beräkna temperaturverkningsgrad är avluftstemp, uteluftstemp och frånluftstemp. För att bestämma  $Dt$  för värme- och kylbatteri måste vi ta reda på tilllopps- och returtemp. till respektive batteri.



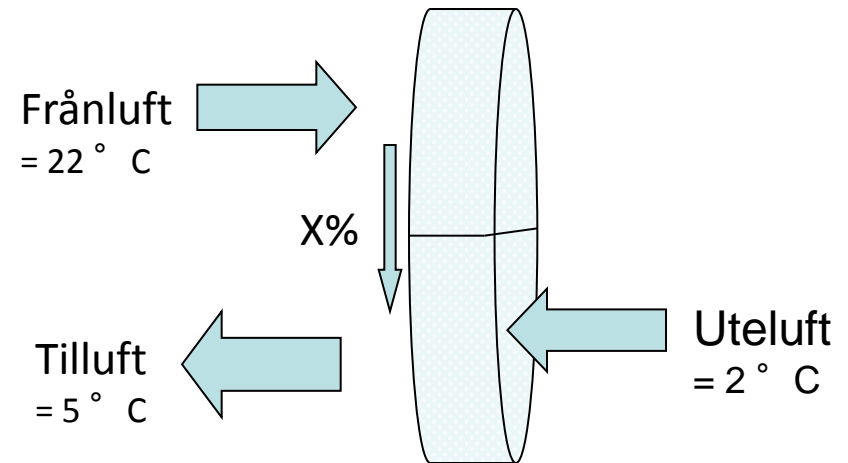
## Bedömning av läckage/ofrivillig återluft vid rotern

1. Stäng av rotern så att värmeväxlaren står helt stilla.
2. Mät temperaturer på frånluft, uteluft och tilluft.
3. Ställ upp följande ekvation:

$$t_{\text{tilluft}} \times 100\% = t_{\text{frånluft}} \times X\% + t_{\text{uteluft}} \times (100 - X)\%$$

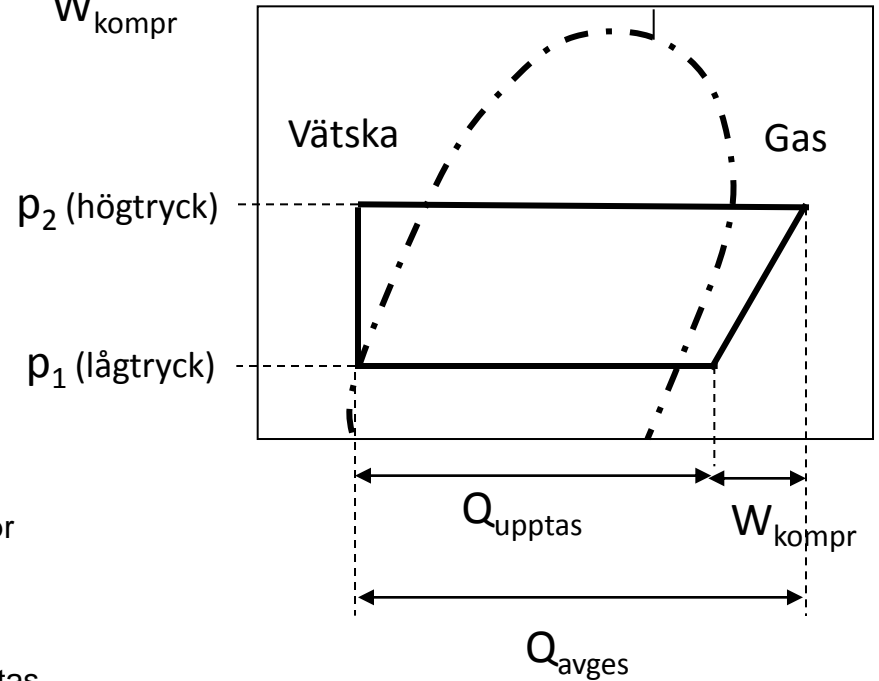
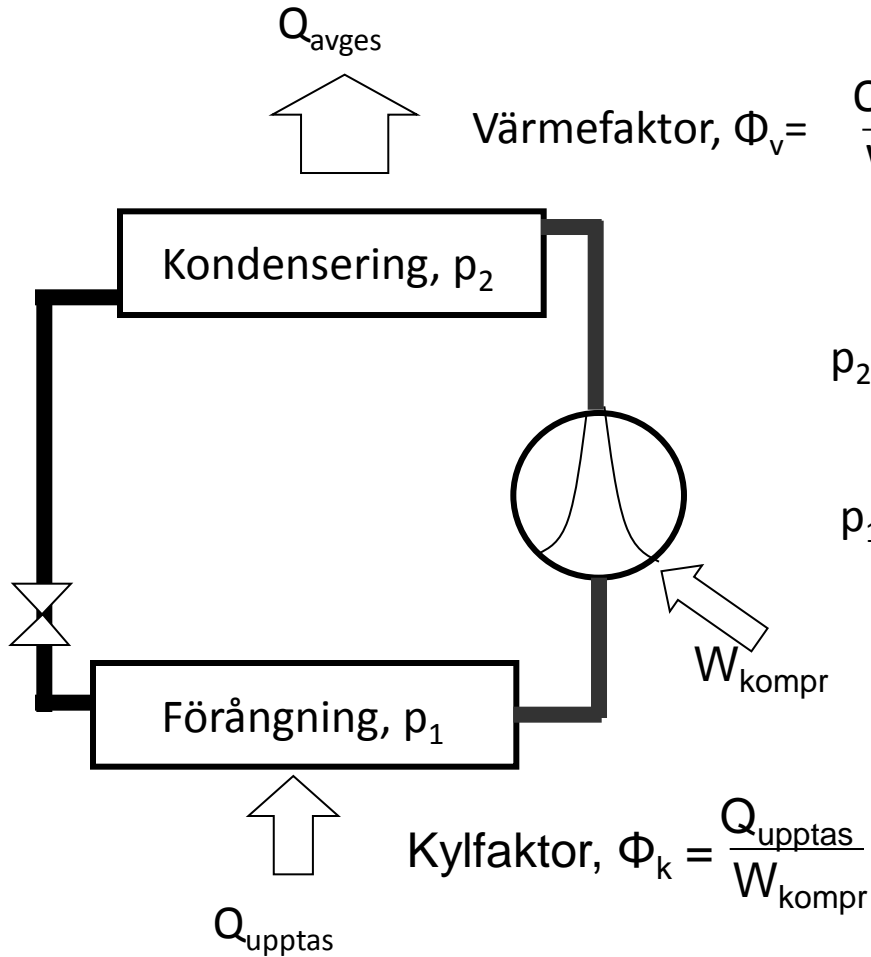
4. Beräkna X som är läckageflödet över växlaren  
 $5 \times 100 = 22 \times X + 2(100 - X)$   
 $X = 300/20 = 15\%$

Exempel



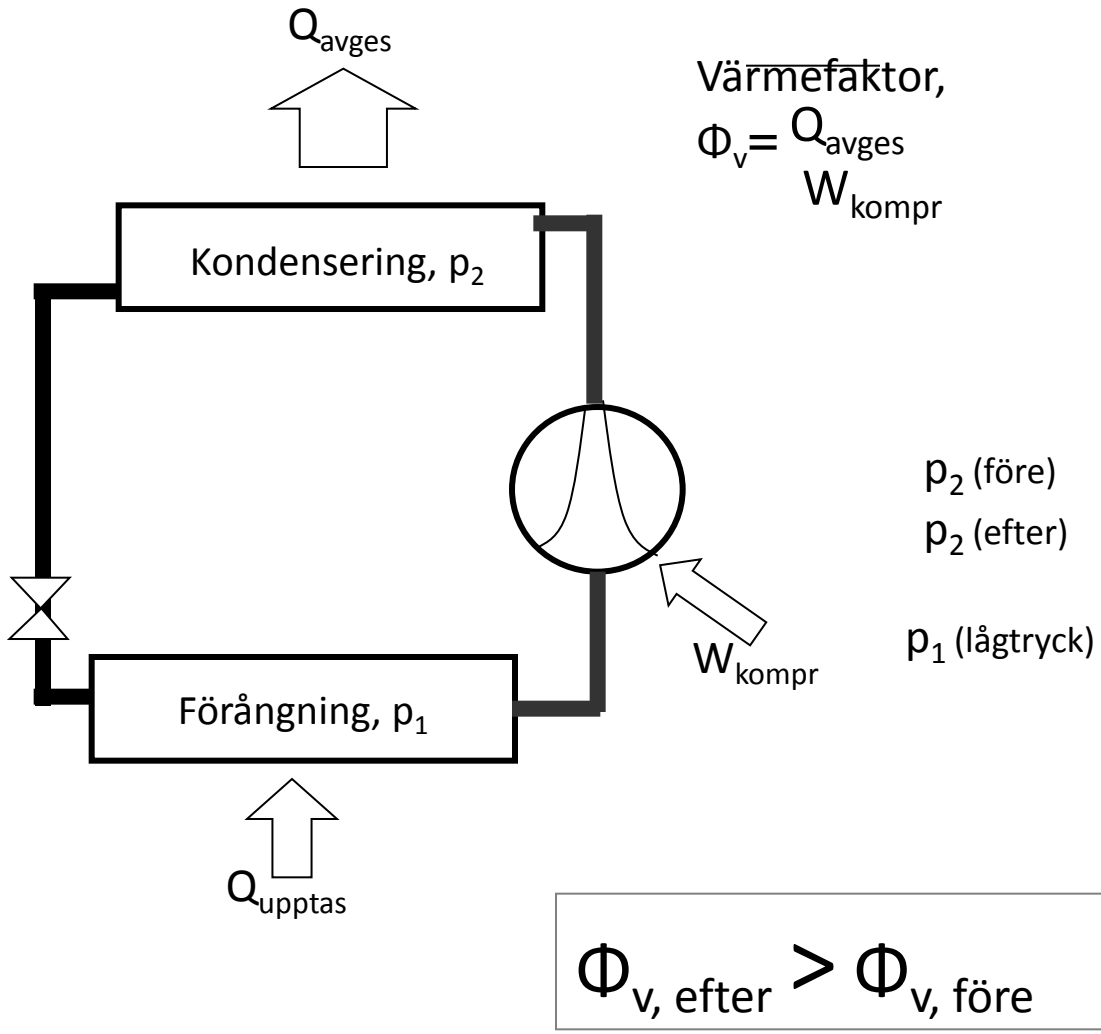


# Schematisk kylprocess

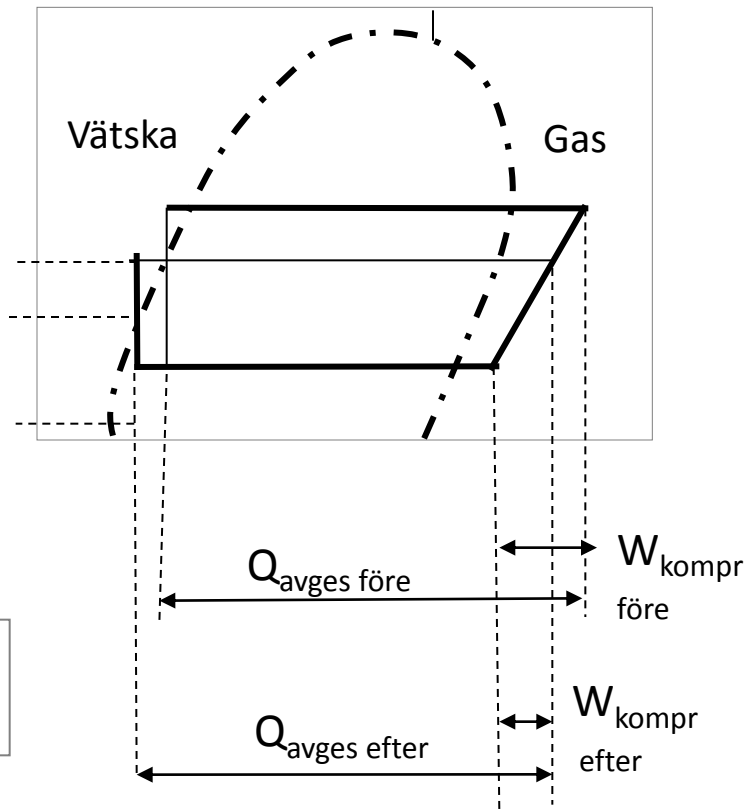


$$Q_{avges} = Q_{upptas} + W_{kompr} \quad 97$$

# Värmepump, värmefaktor



Ett sänkt högtryck (kondenserings-temperatur) höjer värmefaktorn.



# Förbättra värmepumpens driftsförhållanden

Långa drifttider för kompressorerna

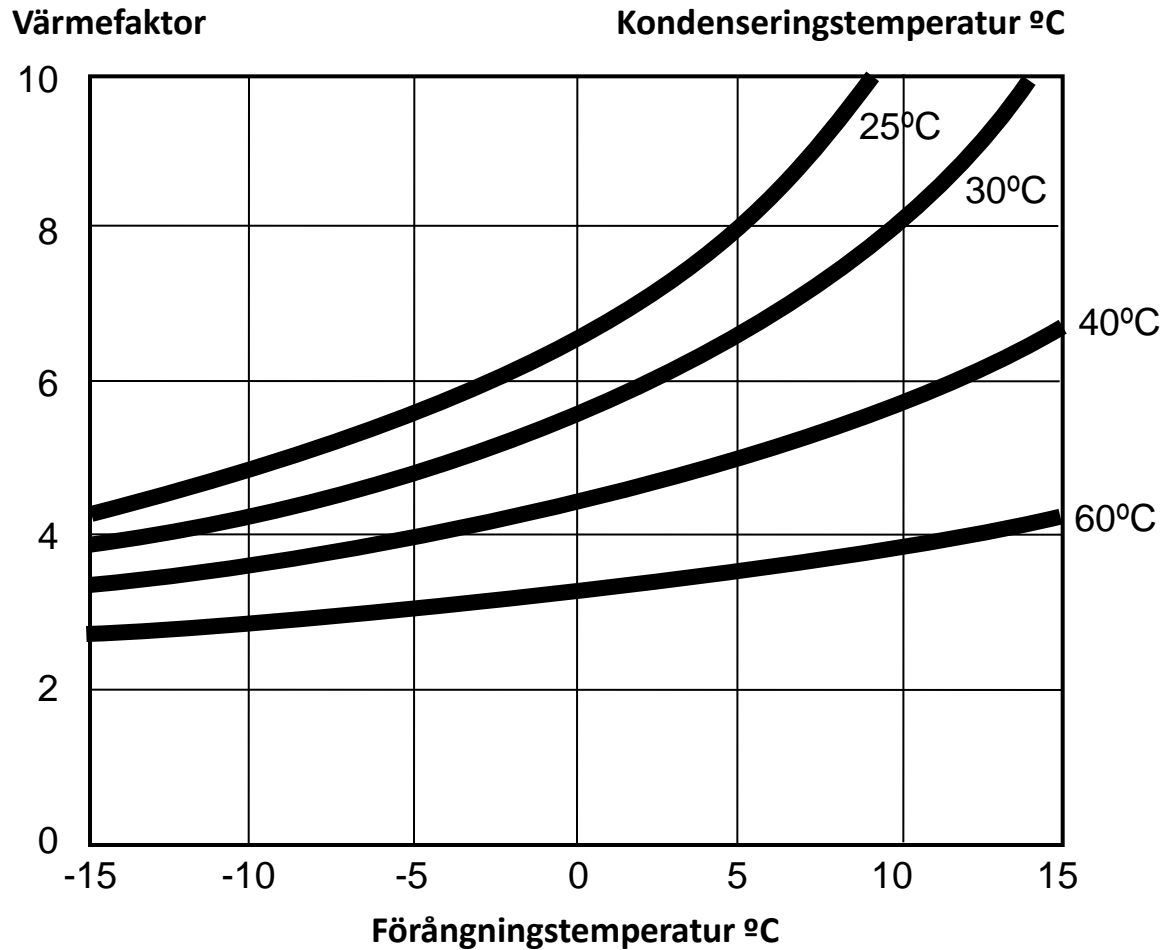
Varvtalsreglering av kompressorerna (skruvkompressorer)

Lägsta möjliga kondenseringstemperatur

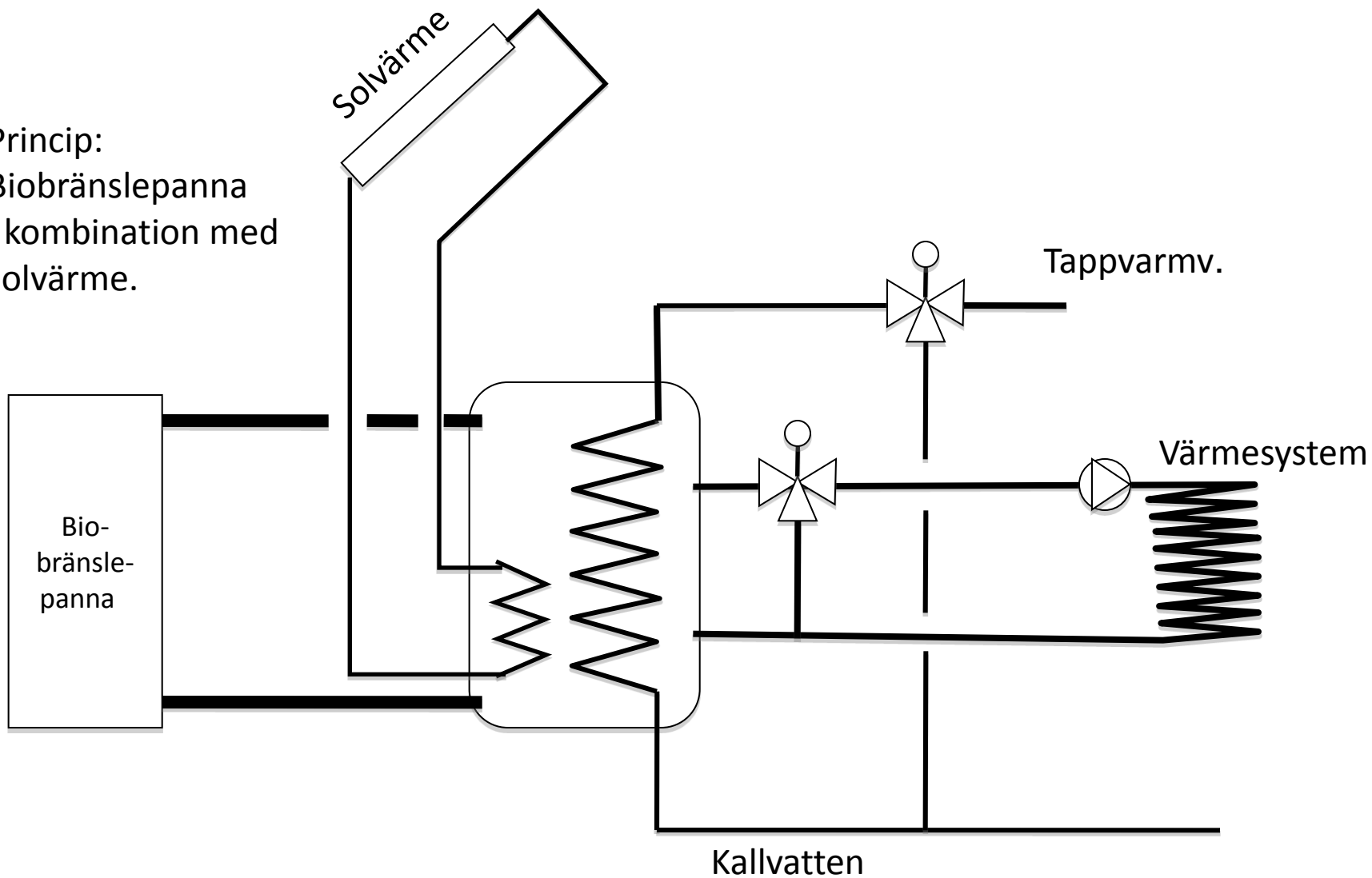
Små skillnader mellan förångnings- och kondenseringstemperaturer

Höga och jämna flöden över förångaren samt över kondensorn.

# Värmefaktorn för värmepumpar som funktion av kondenseringstemperatur och förångningstemperatur



Princip:  
Biobränslepanna  
i kombination med  
solvärme.



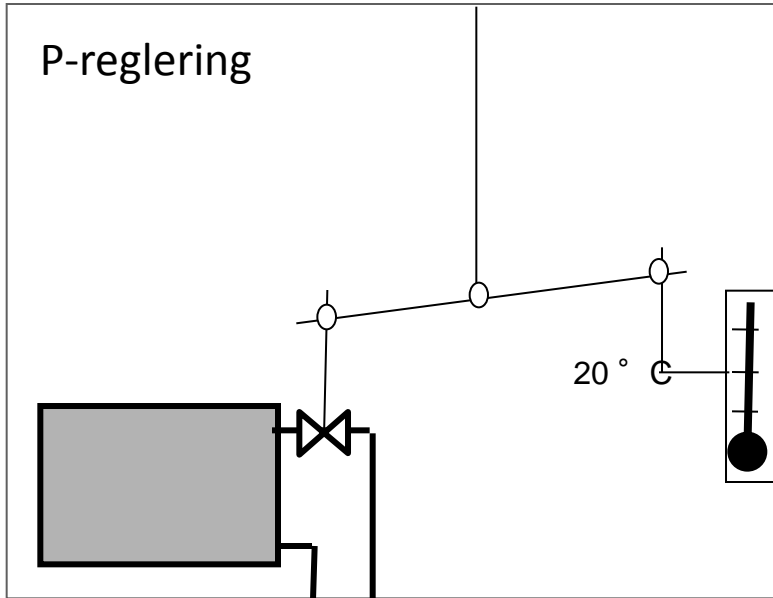
# Att tänka på

- **Värmekurvan**

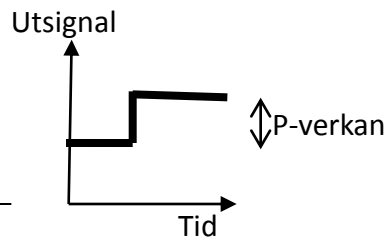
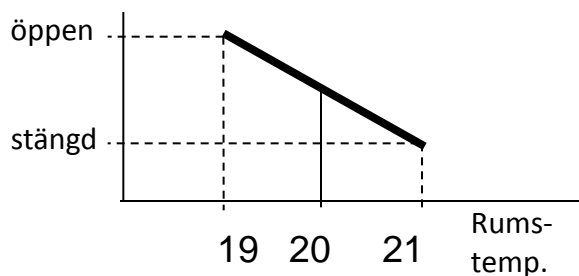
Kör inte ut varmare än nödvändigt, testa "gnällgränsen". Anpassa värmekurvan så att jämn inomhustemperatur fås oavsett utetemperatur. Ekonomin sitter inte i termostaterna utan i Reglercentralen i fjärrvärmecentralen. Ha tålamod, det tar tid att hitta optimal kurva. Om det är ojämn temperatur i fastigheten d.v.s några har för varmt och andra kallt så kan det vara behov av en injustering av värmesystemet.

# Reglering av värmesystem

## P-reglering



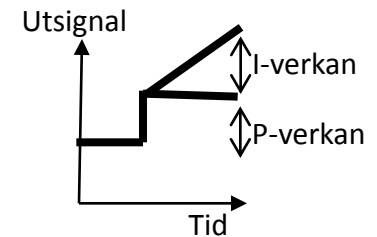
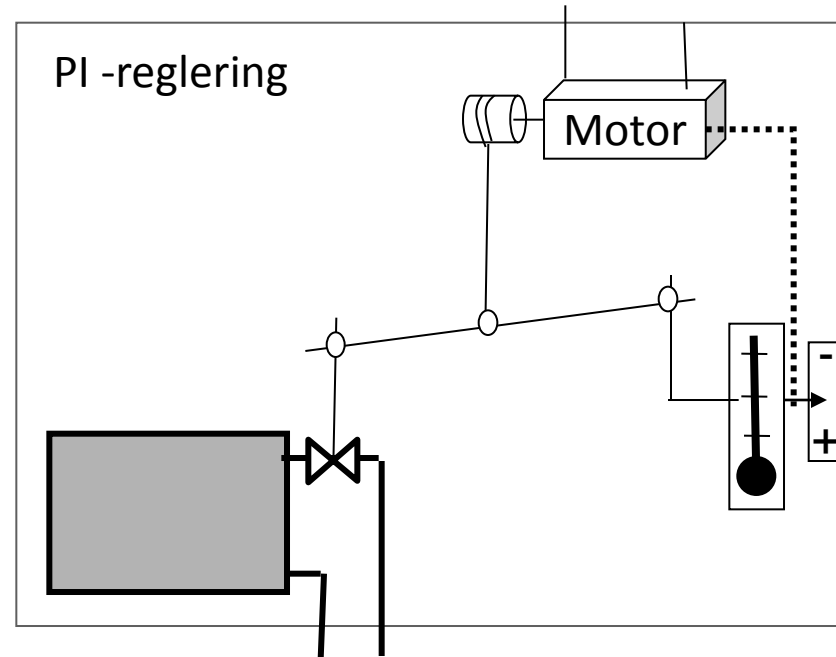
Radiator-ventilens läge



## P-reglering

- Ut- och insignal är proportionella
- Ger en kvarstående avvikelse beroende på belastning
- En ökning av p-bandet ger en större avvikelse men stabilare reglering
- En minskning av p-bandet ger en mindre avvikelse med sämre stabilitet.

## PI-reglering



## PI-reglering

- P-verkan sköter grovreglering och I-verkan finreglering
- Ger en ingen avvikelse och är oberoende av belastning
- Inställning av P-band bestämmer regulatorns snabbhet
- Inställning av I-tid väljs med hänsyn till objektets tröghet.

## Reglering av värme

Framledningstemperaturen är den temperatur som radiatorvattnet har när det skickas ut till varje radiator i huset.

I reglercentralen finns ett samband inlagt där framledningstemperaturen är en funktion av utetemperaturen. Vi brukar kalla detta för byggnadens reglerkurva.

I praktiken måste vi justera reglerkurvan så att framledningstemperaturen hela tiden anpassas till byggnadens unika värmebehov. I figuren visas ett exempel på reglerkurva för en byggnad.

Solinstrålningen och värmelagring i byggnadsstommen under vår och höst gör att kurvans lutning kan läggas så att värmesystemet börjar leverera värme först när utetemperaturen ligger runt  $14^{\circ}\text{C}$ .

Någonstans från  $0$  till  $+5^{\circ}\text{C}$  ligger reglerkurvan högre än vad som teoretiskt skulle behöva vara fallet.

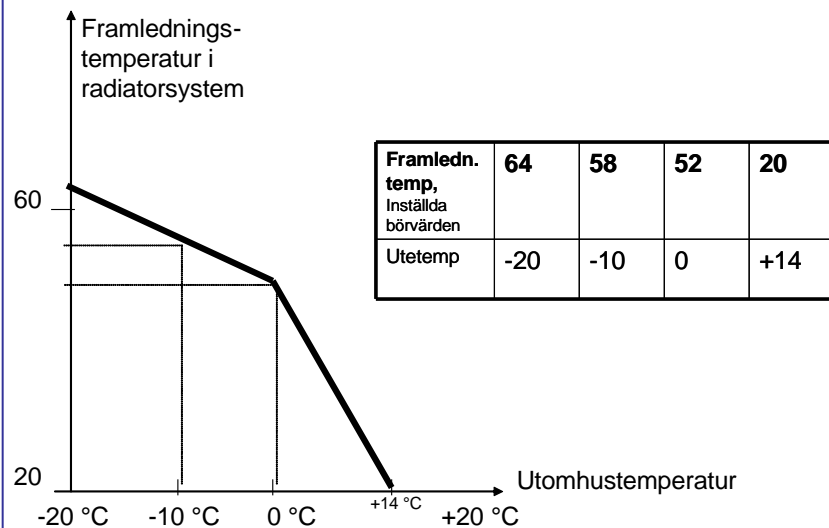
Årstiden när vi har dessa utetemperaturer är ofta blåsig med rå och fuktig luft. Utomhustemperaturen är inte heller stabil utan varierar ganska mycket vilket kan medföra reglerproblem om värmesystemet inte hänger med i dessa svängningar.

I detta intervall har vi också mycket klagomål och kanske kan detta förklaras av att människor generellt sett känner sig ruggiga under dessa ofta tråkiga höstmånader.

Samtidigt är också temperaturer kring nollan vanligt förekommande i Stockholmsområdet och att detta i sig ökar sannolikheten för klagomål från frusna hyresgäster.

**Kom ihåg att varje byggnad har sin unika reglerkurva !**

## Reglerkurva – ett exempel



### Tumregel:

Om framledningstemperaturen sänks med  $3^{\circ}\text{C}$  så sänks rumstemperaturen med ca  $1^{\circ}\text{C}$  vilket i sin tur ger en värmebesparing på ca 5%.

När det blir riktigt kallt ute behöver värmesystemet inte anpassas i proportion till rådande utetemperatur utan byggnadens värmelagringsförmåga och låga relativa fuktighet inomhus gör att framledningstemperaturen kan ställas in så att kurvan blir flackare.

Dessutom brukar det vara högtryck när det är riktigt kallt ute vilket ofta innebär soliga och vindstilla dagar, vilket också möjliggör en lägre energianvändning.



## Två huvudprinciper för temperaturreglering vid luftbehandling

### 1. Konstant tilluftstemperaturreglering

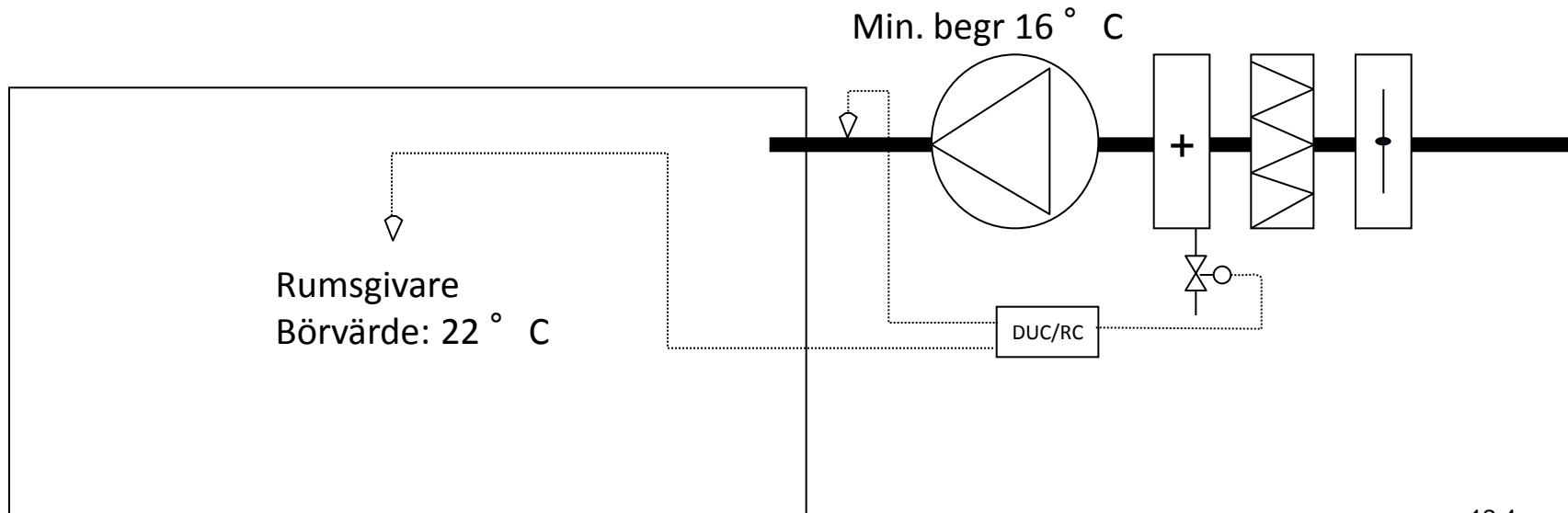
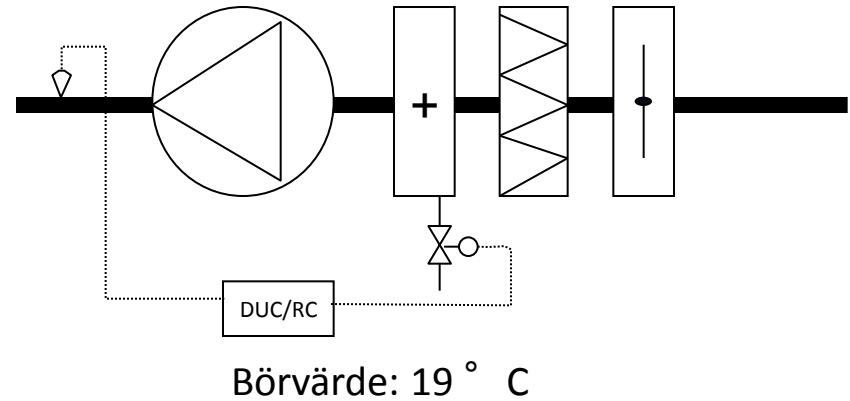
I detta fall är tilluftstemp. "alltid"  $19^{\circ}\text{C}$ .

### 2. Konstant rumstemperaturreglering

I detta fall är rumstemp. "alltid"  $22^{\circ}\text{C}$ .

Dock finns en minimibegränsningsfunktion där tilluftstemp. aldrig tillåts understiga  $16^{\circ}\text{C}$ .

Rumsgivaren kan alternativt placeras i frånluftskanalen.



# Kontorshus i Mellansverige

DRIFTFALL	DAG	NATT
<b>VINTER</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiatorsystemet är i gång.</li> <li>2. Pumpstopp vid 10 ° C utetemp. (Radiatorsystem kl 06.00-22.00).</li> <li>3. Luftbehandlingsaggregat i gång från kl 07.30 - 19.00.</li> <li>4. Värmeåtervinning i luftbehandlingsaggregatet i gång.</li> <li>5. Värmebatterier för luftbehandling i gång.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiatorsystemet är i gång</li> <li>2. Pumpstopp vid 12 ° C utetemp (Radiatorsystem kl 22.00 -06.00)</li> <li>3. Luftbehandlingsaggregatet är avstängt efter kl 19.00 vardagar och under alla helger</li> <li>4. Frånluftsfläktar toalettgrupper är i gång</li> </ol>
<b>SOMMAR</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiatorsystemet är avstängt (stängda ventiler och pumpstopp).</li> <li>2. Luftbehandlingsaggregatet i gång.</li> <li>3. Kylåtervinning i gång om frånluften är kallare än uteluften.</li> <li>4. Värmebatteriet är avstängt.</li> <li>5. Kylbatteri och kyltak för klimatbehandling igång.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiatorsystemet är avstängt (stängda ventiler och pumpstopp).</li> <li>2. Luftbehandlingsaggregatet i drift för nedkylning av byggnadsstommen. Om temperaturen i frånluften understiger 16 ° C stängs fläktarna av. Men tänk också på att augustinätter kan vara mycket fuktiga och att fuktbelastningen därför kan bli för hög inomhus.</li> <li>3. Värmebatteriet är avstängt.</li> <li>4. Kylbatteri och kyltak för klimatbehandling är avstängt.</li> <li>5. Frånluftsfläktar för toalettgrupper är i gång.</li> </ol>

## Affinitetslagarna

– Samband mellan flöde, tryck och effekt i förhållande till varvtal för pumpar respektive fläktar.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad \text{Vatten- eller luftflöde}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{Tryck}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \frac{\mathbf{P}_1}{\mathbf{P}_2} \quad \text{Effekt}$$

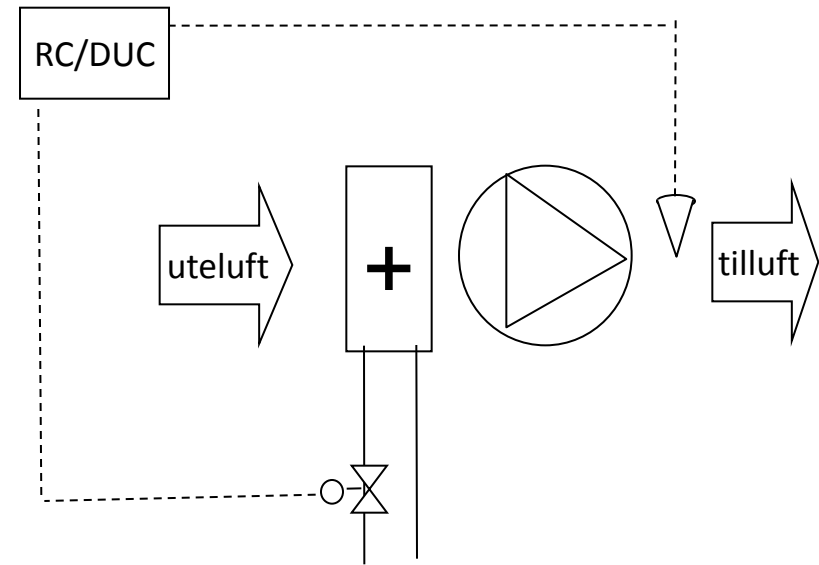
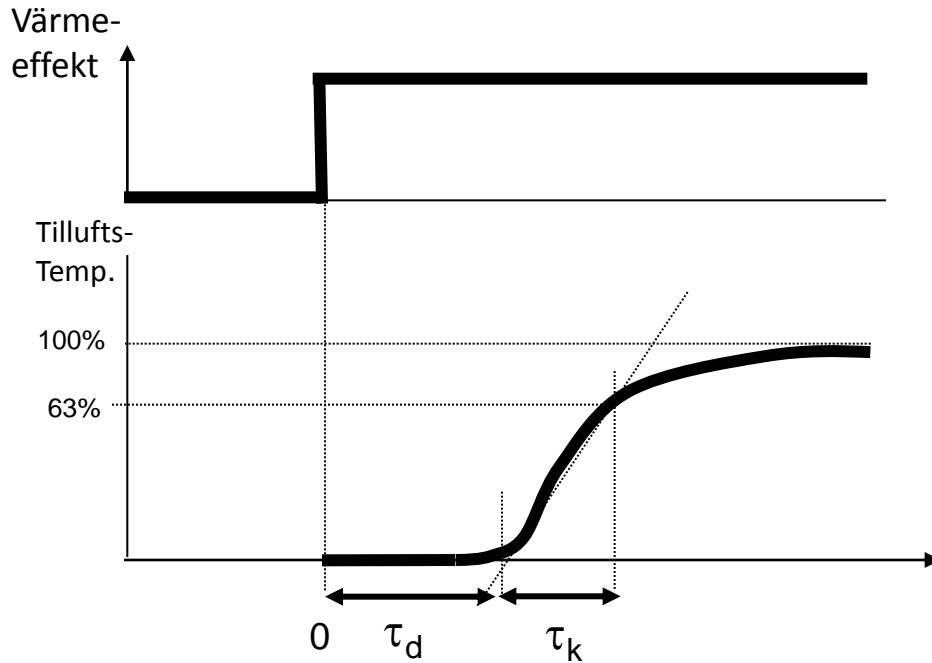
$n$  = pumpen eller fläktens varvtal

$Q$  = vatten- eller luftflöde

$p$  = tryck

$\mathbf{P}$  = Effekt

# Reglering och svårighetsgrad



Om vi tänker oss ett helt avstängt system som vid tidpunkten 0 ges en bestämd värmeeffekt. Efter en viss tid börjar temp.givaren registrera en begynnande temperaturhöjning. Denna tid kallas dödtid,  $\tau_d$ . Successivt värms luften i värmebatteriet och tid som förlupit när tillufttemperaturen nått 63% av sitt slutvärde kallas tidskonstant,  $\tau_k$  (63% är matematiskt definierat som den sluttid som gäller för beräkning av tidskonstanten).

Svårighetsgrad:  $\tau_d / \tau_k$

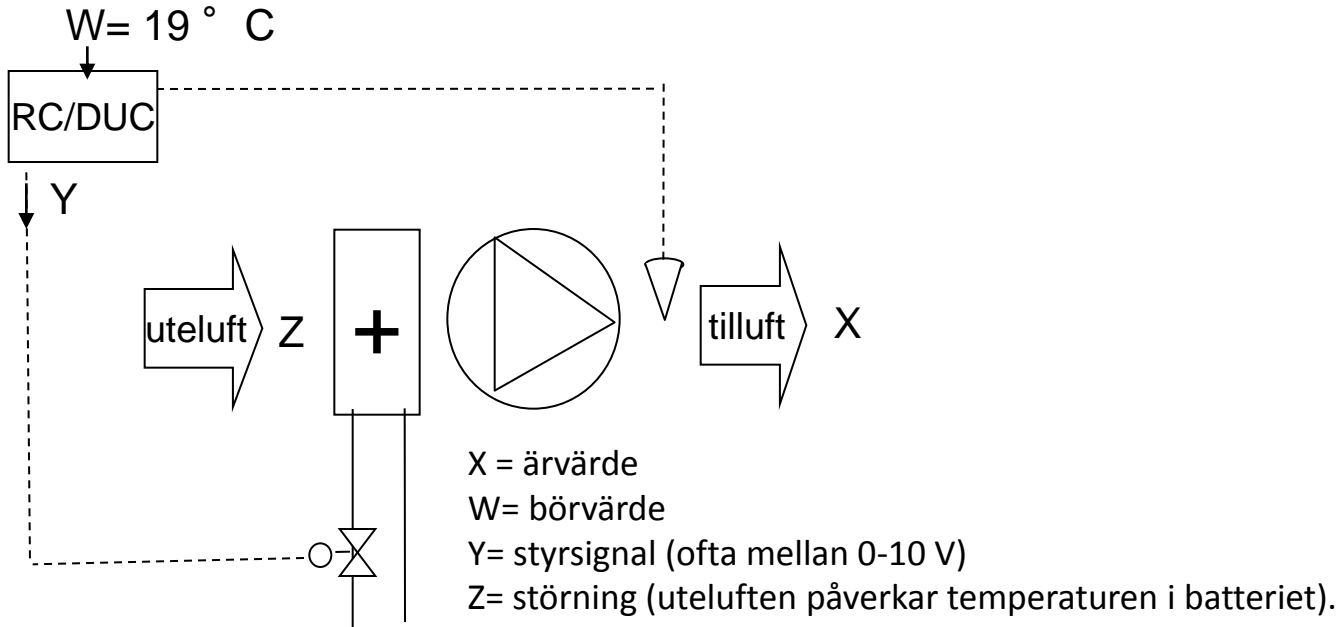
## TUMREGEL:

Om kvoten som anger svårighetsgraden är större än 0,3 är reglerobjektet svårt att reglera.  
Om kvoten är mindre än 0,1 är å andra sidan objektet lättreglerat.

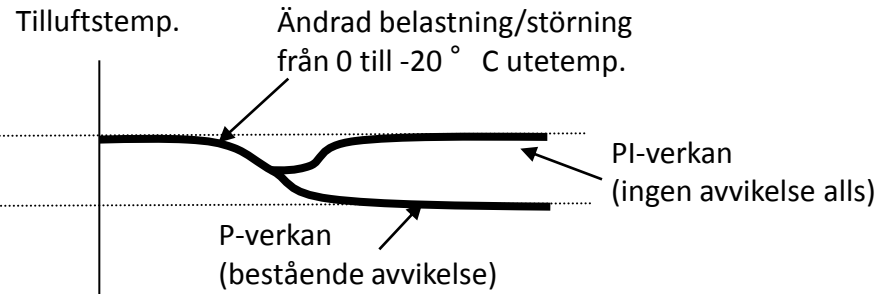
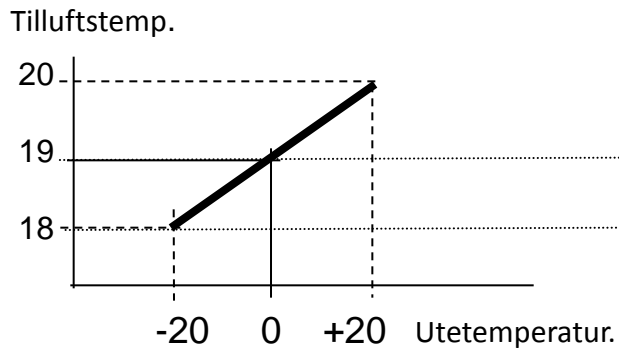
**Dödtid** = Reaktionsid. *Stor dödtid = Instabilitet*

**Tidskonstant** = Tröghet. *Stor tidskonstant = Stabilitet*

# Konstant tilluftstemperaturreglering (Vid P alternativt PI-reglering)



## P-reglering

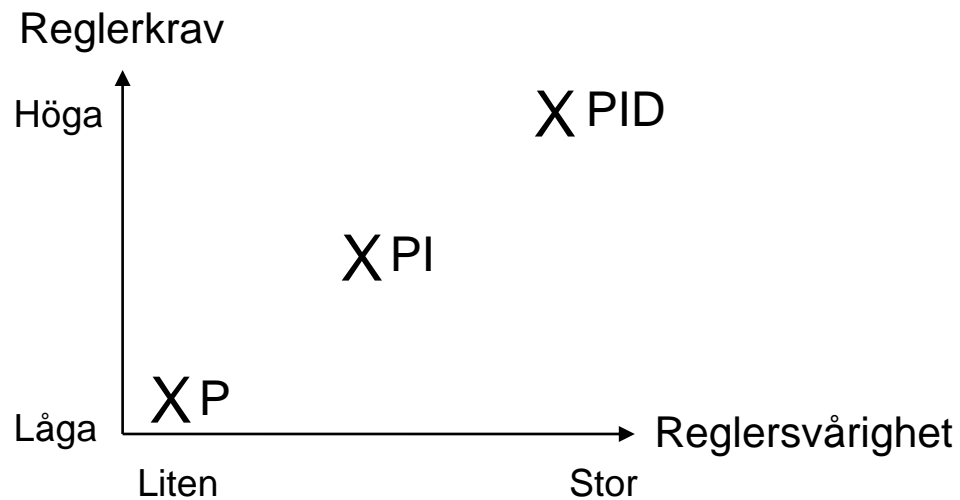


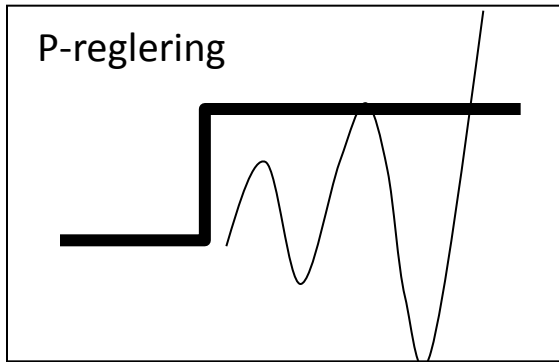
Regulatorer för reglering av temperaturer i byggnader använder antingen P-, PI- eller PID-reglering. Skillnaderna ligger i noggrannhet och hastighet.

**P** = proportionell reglering (grundreglering men med kvarstående avvikelse mellan bör- och ärvärde)

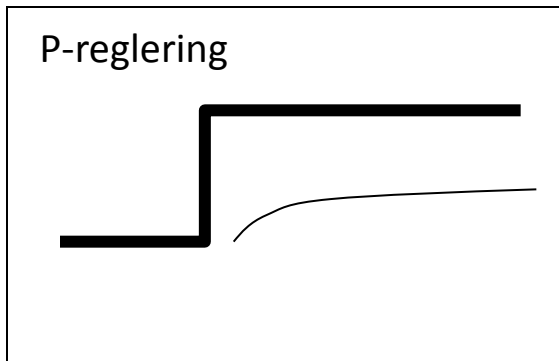
**I** = integrerande reglering (ökar noggrannheten och där bör- och ärvärde så småningom blir lika)

**D** = deriverande reglering (ökar hastigheten i förhållande till avvikelsen)

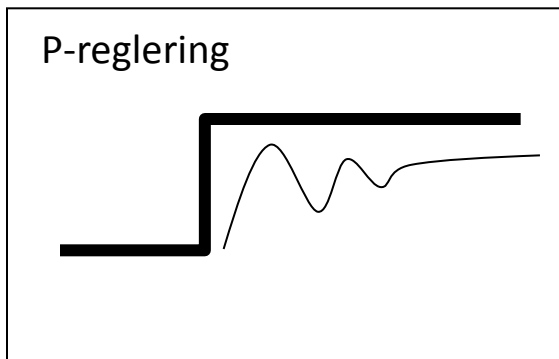




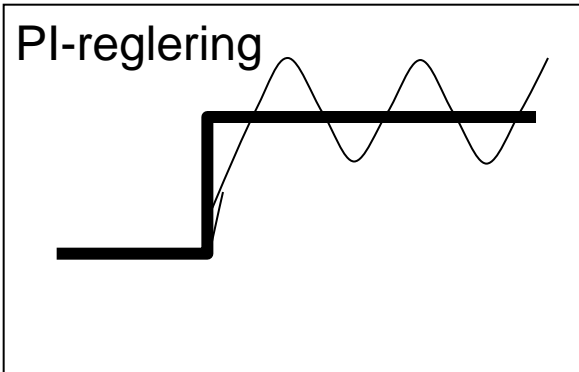
P-bandet är för smalt vilket innebär överpendling och ett okontrollerbart system.



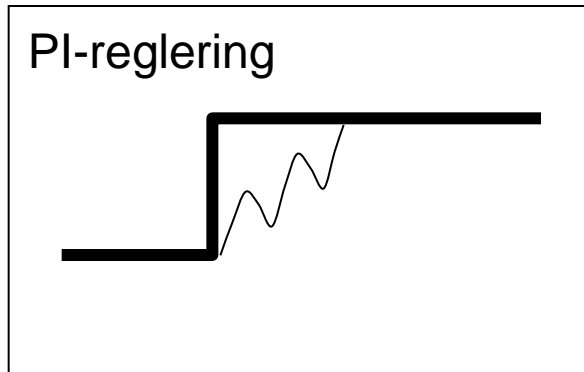
P-bandet är för brett vilket medför en för stor regleravvikelse mellan är- och börvärde.



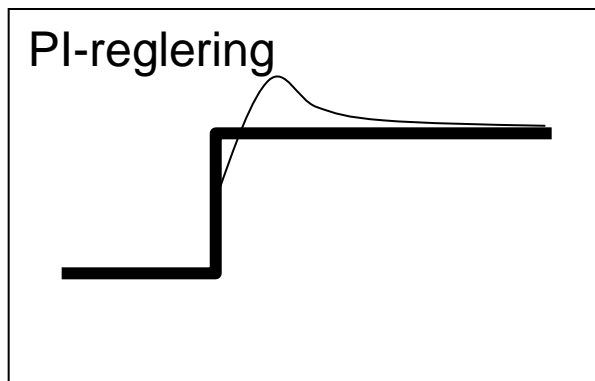
P-bandet är rätt inställt men ändå fås en regleravvikelse mellan är- och börvärde.



P-bandet är för smalt och I-tiden är för kort vilket medför pendling. Överpendling kan också förekomma.



P-bandet är rätt inställt med I-tiden är för lång.



Både P-band och I-tid är rätt inställda vilket medför att är- och börvärde är lika.



## Omvandlingstabell för olika effekt- och energisorter

Effekt:

Mcal/h	x 1,163	= kW
kW	x 0,860	= Mcal/h
Kcal/s	x 4,187	= kW
Hästkraft	x 0,735	= kW

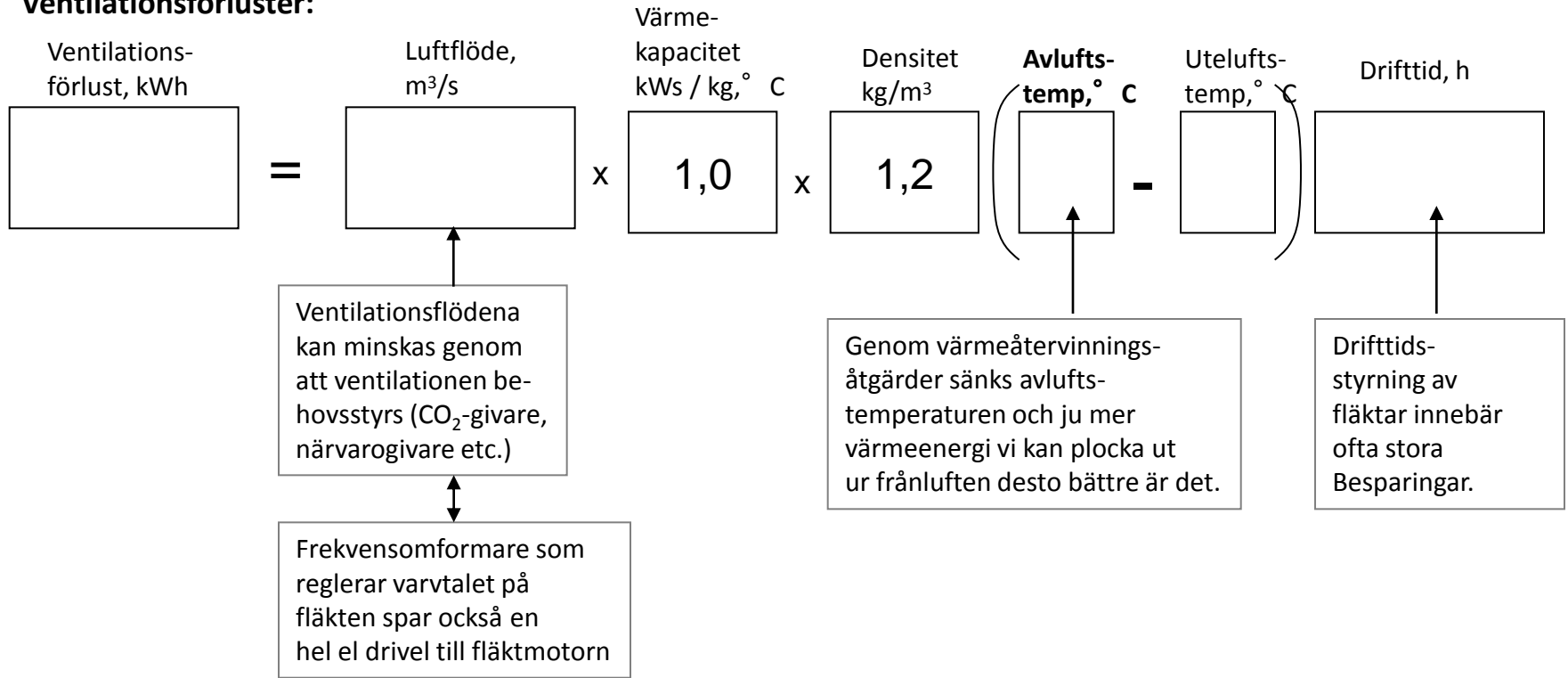
Energi:

Mcal	x 1,163	= kWh
kWh	x 0,860	= Mcal
MJ	x 0,278	= kWh
kWh	x 3,6	= MJ

1 Wh	= 3600 Ws
1 kWh	= 1000 Wh
1 MWh	= 1000 kWh
1 GWh	= 1000 MWh
1 TWh	= 1000 GWh

# Enkel beräkningsmall för översiktlig bestämning av ventilationsförluster där avluftstemperaturen ingår som parameter

## Ventilationsförluster:



Ventilationsförlust  
**före** åtgärd  
kWh.

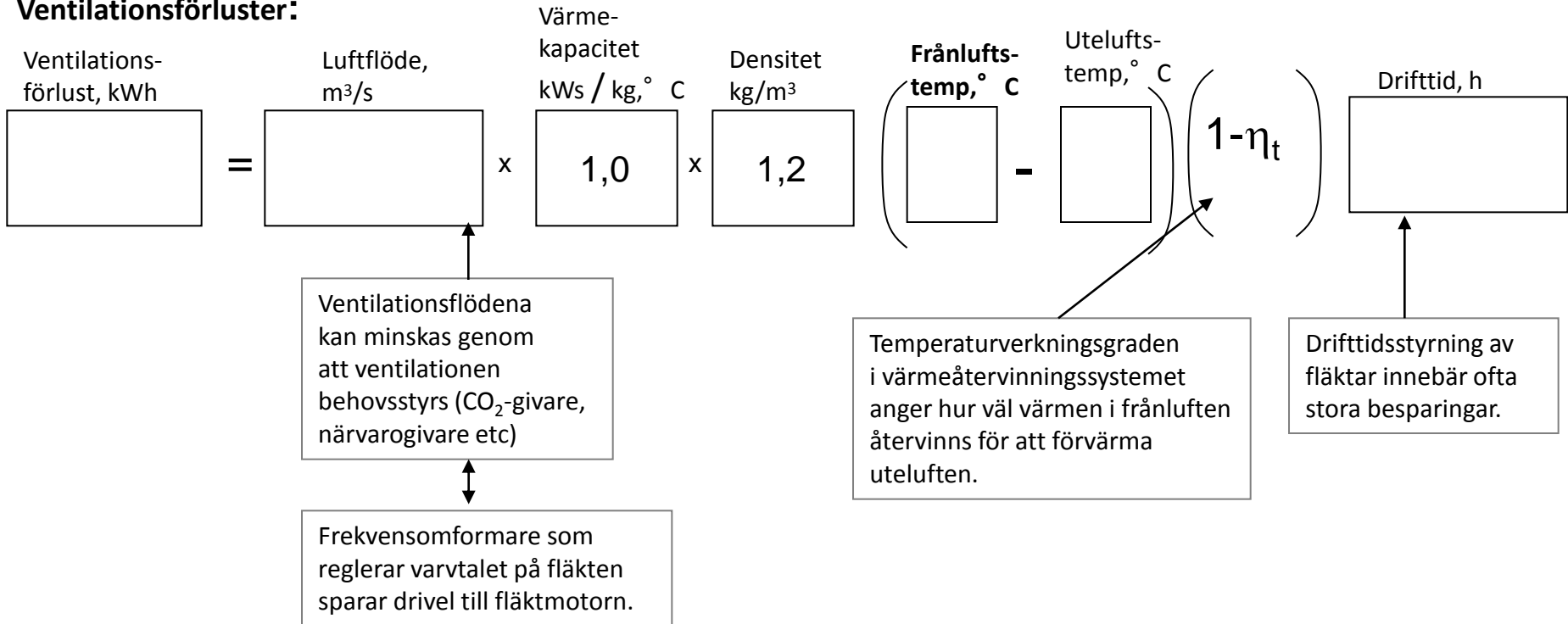
Ventilationsförlust  
**efter** åtgärd  
kWh

**Resultat**  
kWh

[ ] - [ ] = [ ]

# Enkel beräkningsmall för översiktlig bestämning av ventilationsförluster där frånluft-temperaturen ingår som parameter

## Ventilationsförluster:



Ventilationsförlust före åtgärd kWh.

-

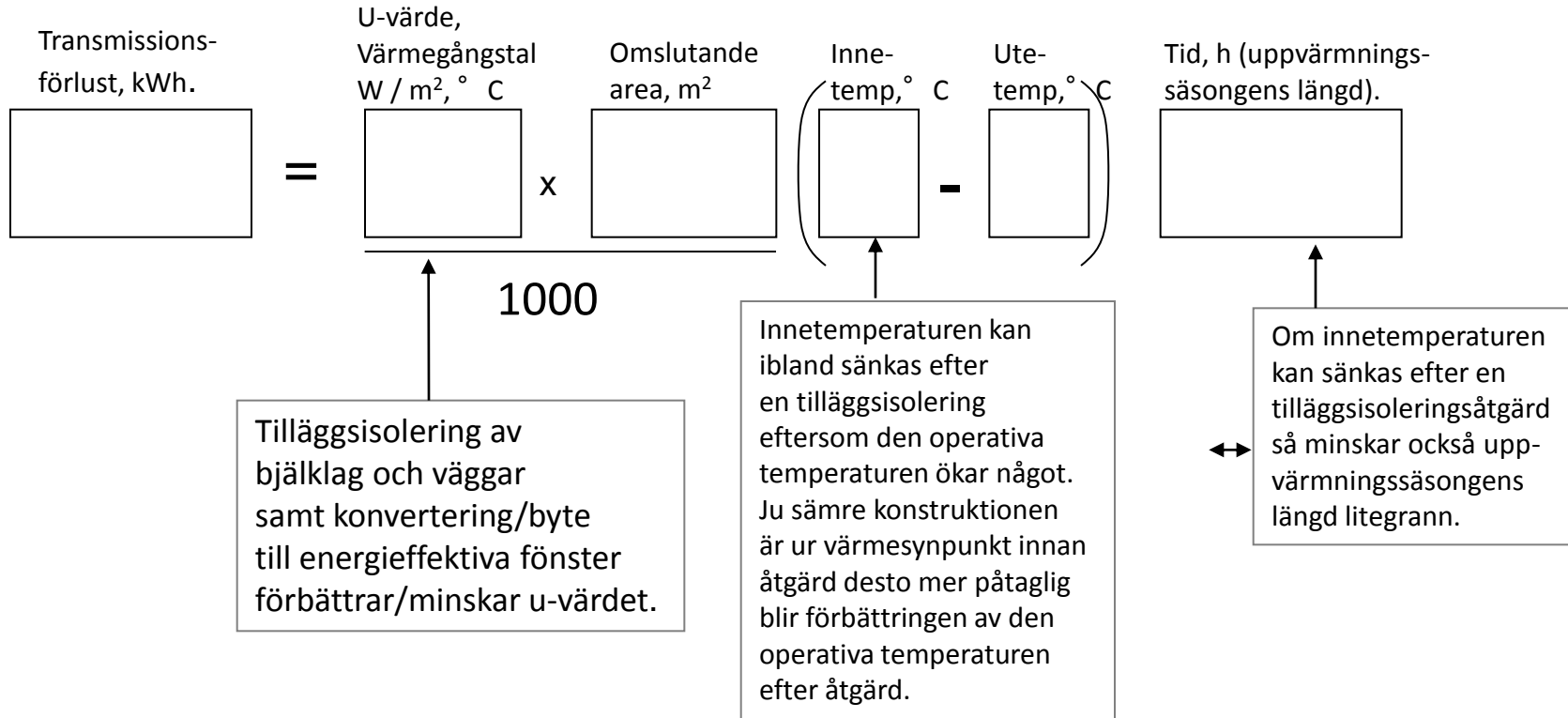
Ventilationsförlust efter åtgärd kWh.

=

**Resultat**  
kWh

# Enkel beräkningsmall för bestämning av transmissionsförluster

## Transmissionsförluster:



Transmissionsförlust före åtgärd, kWh.

-

Transmissionsförlust före åtgärd, kWh.

=

**Resultat**  
kWh

# Enkel beräkningsmall för översiktlig bestämning av avloppsvärmeförluster

## Avloppsvärmeförluster:

Avloppsvärmeförlust, kWh	=	Kallvattenflöde, m <sup>3</sup> /s.	x	Värmekapacitet kWh / kg, ° C	x	Densitet kg/m <sup>3</sup>	x	(Avloppstemp, ° C - Kallvattentemp, ° C)	x	Tid, h
<input type="text"/>	=	<input type="text"/>	x	4,19	x	1000	x	( <input type="text"/> - <input type="text"/> )	x	<input type="text"/>

## Alternativ beräkning:

Avloppsvärmeförlust, kWh.	=	Kallvattenvolym, M <sup>3</sup> .	x	Värmekapacitet och densitet kWh / m <sup>3</sup> , ° C	x	(Avloppstemp, ° C - Kallvattentemp, ° C)
<input type="text"/>	=	<input type="text"/>	x	1,16	x	( <input type="text"/> - <input type="text"/> )

Avloppstemperaturen är i högsta grad beroende på vilken typ av verksamhet som bedrivs i huset. Erfarenhetsmässigt varierar avloppstemp. mellan 20-30 C i bostäder och kontor.

Beräkningsmässigt antar vi att allt kallvatten som registreras vid huvudmätaren används inne i byggnaden.

## SKILLNAD (Besparing):

Avloppsvärmeförlust före åtgärd kWh.	-	Avloppsvärmeförlust efter åtgärd kWh.	=	Resultat kWh.
<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	=	<input type="text"/>

Tänk på legionellafaran och att tappvarmvatten- och vvctemperatur aldrig får understiga 50 ° C!

## Bestämning av systemförluster

### Systemförluster:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Systemförlust,} & & \text{Bruttoenergi,} & & \text{Omräkning,} & & \text{Verknings-} \\ \text{kWh} & & \text{Kg} & & \text{Energislag,} & & \text{grad} \\ & & & & \text{kWh/kg} & & \\ \boxed{\phantom{0000}} & = & \boxed{\phantom{0000}} & \times & \boxed{\phantom{0000}} & \times & \left( 1 - \boxed{\phantom{0000}} \right) \end{array}$$

### Omräkningstal för olika bränslen

Eldningsolja, eo1	11,9	kWh/kg
Naturgas	11,1	-"-
Pellets	4,5 – 5,0	-"-

## Enkel beräkningsmall - temperaturregleringsåtgärder

$$(\Sigma uA + ncV) (t_{\text{inne}} - t_{\text{ute}})$$

Där  $\Sigma uA$  är en transmissionsförlustfaktor och  $ncV$  är en ventilationsförlustfaktor.

Om vi ska vara korrekta så är  $(t_{\text{inne}} - t_{\text{ute}})$  tid "drivkraften" för transmissionsförlusterna, medan  $(t_{\text{avluft}} - t_{\text{uteluft}})$  drifttid "drivkraften" bakom ventilationsförlusterna.

Däremot för ett flerbostadshus med exempelvis självdragsventilation kan vi ändå säga att det första uttrycket gäller. Samt där värmetillförseln från radiatorsystemet ska täcka transmissions- och ventilationsförlusterna.

Om innetemperaturen är  $22^\circ \text{C}$  och utetemperaturen är  $2,5^\circ \text{C}$  under en uppvärmningssäsong i Stockholmstrakten (ca 240 dygn), hur stor blir då förändringen eller besparingen, uttryckt i procent, om rumstemperaturen sänks till  $20^\circ \text{C}$ ?

Svar: Före rumstemperatursänkningen är:  $(\Sigma uA + ncV)(22 - 2,5)240 \text{ dygn} \times 24 \text{ h}$

Efter rumstemperatursänkningen är:  $(\Sigma uA + ncV)(20 - 2,5)240 \text{ dygn} \times 24 \text{ h}$

$$\frac{\text{Före} - \text{Efter}}{\text{Före}} = \frac{(22-2,5) - (20-2,5)}{(22-2,5)} = \frac{2}{19,5} = 10,3\%$$

### Tumregel:

Om framledningstemp. sänks med  $3^\circ \text{C}$  så sänks Rumstemp. med  $1^\circ \text{C}$ , vilket motsvarar en värmebesparing på ca 5%.