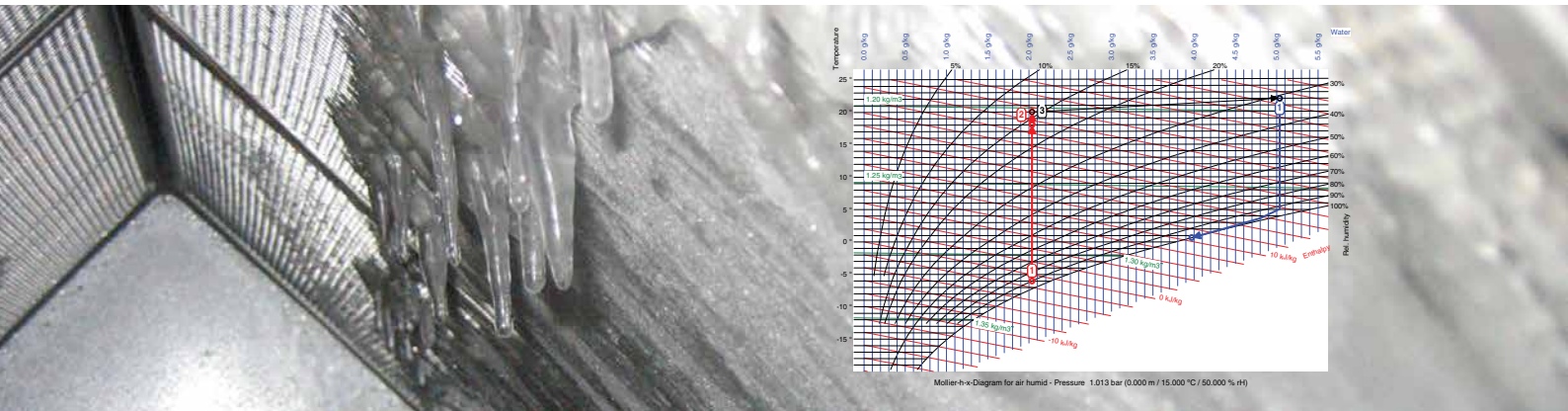


# Hvordan skal vi frostsikre varmegenvindingen?



Tema: Lovgivning - publ. 9.15, november 2010

Denne artikel beskriver konsekvenserne af BR10 for ventilationsanlæg. I denne artikel beskrives de forskellige varmegenvindingsmetoder, hvilke løsninger der kan bruges hvor, forskellige frostsikringsmetoder og en nøjere beskrivelse af bypass af-isningsmetoden.

## BR10 – øgede krav til varmegenvinding i ventilationsanlæg

Bygningsreglementet - BR10 stiller meget høje krav til temperaturvirkningsgraden i ventilationsanlæg, samtidig med at der nu også stilles krav om ventilation med tilluft og fraluft samt varmegenvinding fra etageejendomme. Se faktaboks 1.

### Faktaboks 1

Krav	Enfamilie boliger		Boliger		Andre bygninger	
	BR08	BR10	BR08	BR10	BR08	BR10
VGv, %	65	80	65	70	65	70

Kravet om øget temperaturvirkningsgrad har været kendt længe, og der har derfor i nogle år været arbejdet på at fremstille ventilationsaggregater, der kan tilfredsstille kravene, uden at gå på kompromis med risikoen for overføring af lugt og fugt i ventilationsanlægget, samt sikring af kontinuerlig drift selv ved meget lave udetemperaturer.

### Hvilke varmegenvindingsmetoder er brugbare

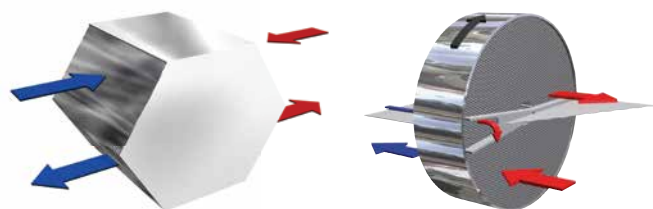
I dag vil man typisk vælge imellem plade- og roterende varmeveksler. På grund af risikoen for overførsel af specielt lugt og fugt anbefales roterende varmevekslere ikke til boligventilation for flere lejemål.

Man vælger således varmegenvinder ud fra lækagerisikoen. I boliger ønskes ingen overføring af lugt og fugt, hvorimod det i kontorer og skoler ligefrem kan være en god ide med overføring af fugt for at undgå alt for tørt indeklima, når udetemperaturen kommer under frysepunktet.

### Hvilke typer kan bruges hvor

Det betyder, at et typisk valg vil være:

- Modstrømsveksler til boligventilation
- Roterende veksler til kontor- og skoleventilation



Der er andre varmegenvindingstyper, end de her nævnte. Det kunne f.eks. være anvendelse af krydsvarmeveksler i forbindelse med restaurationskøkken, hvor der ikke er behov for så høj temperaturvirkningsgrad. Og man kunne forestille sig væskekoblede batterier på operationsstuer på sygehuse, hvor der kan være krav om absolut nul-lækage i alle driftsituationer.

Da der normalt ikke er problemer med til-isning af roterende veksler før udetemperaturen nærmer sig  $-20^{\circ}\text{C}$ , vil den resterende del af artiklen handle om modstrømsveksler.

# Hvornår sker isdannelse - Mollierdiagram

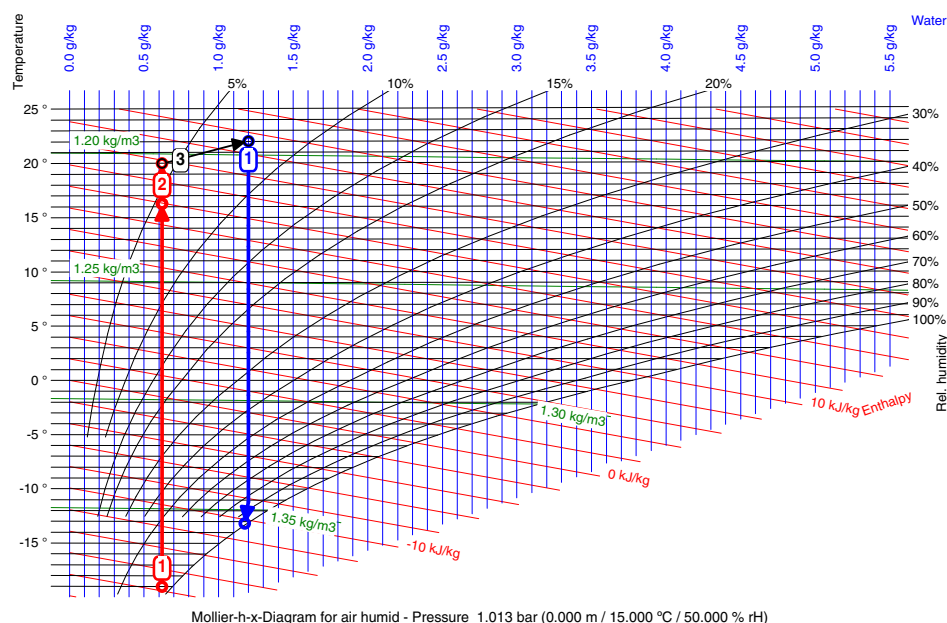
Fra rapport NT VVS project 1553-01 ved vi, at sammenhængen mellem temperaturen og fugtigheden udendørs er stort set ens i hele Skandinavien/Nord Europa. Det er vigtig viden, når der skal regnes på varmeveksleren sammen med info om indeklimaet i boliger og kontorer.

Fra samme rapport kan man finde gennemsnitsværdier for fugtproduktionen i boliger og kontorer, og den kan regnes til:

- Kontorer: 0,6 gram vand pr. kg ventilationsluft
- Boliger: 3 gram vand pr. kg ventilationsluft

Når disse data indtegnes i et Mollierdiagram ses, at der for et typisk kontorventilationssystem først optræder til-isning omkring en udetemperatur på  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$  (se fig. 1) og at der for et typisk boligventilationssystem måske optræder til-isning omkring en udetemperatur på  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (se fig. 2) meget afhængigt af fraluftens fugtindhold.

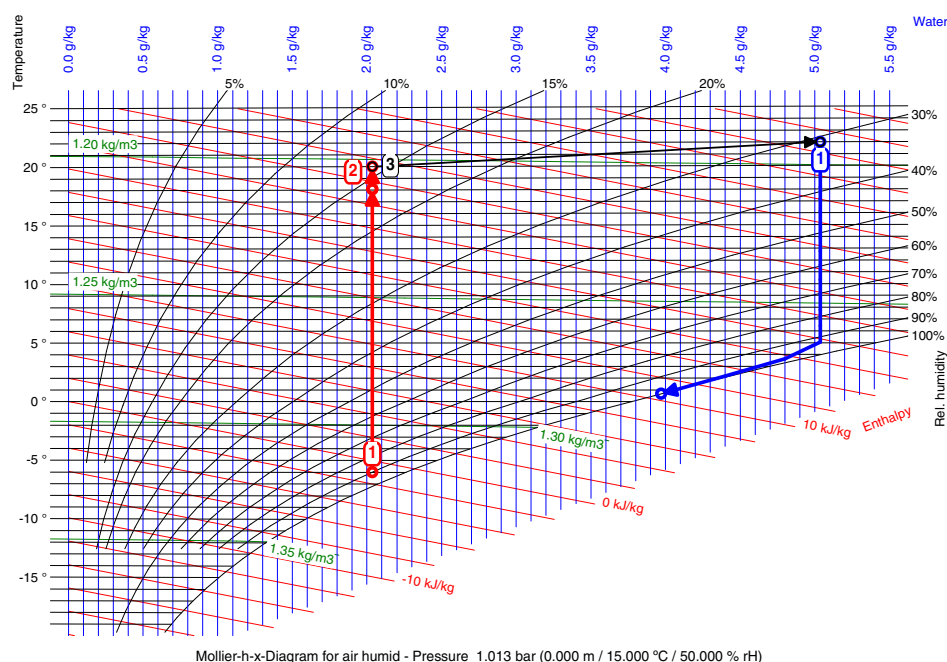
Fig. 1



## Kontorventilation

Der regnes med en temperaturvirkningsgrad på 86 %. Fra pkt. 1 til 2, rød streg, varmes udeluften op i modstrømsveksleren til ca.  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$  og videre op til ca.  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  via eftervarmeplade (pkt. 2 til 3). Fra pkt. 3 til 1 på toppen af blå streg sker opvarmning i kontoret via solindfald og mennesker samt tilførsel af fugt på  $0,6\text{ g/kg}$  (fra  $0,6\text{ g/kg}$  til  $1,2\text{ g/kg}$ ) ventilationsluft. Derefter afkøles fraluften i varmeveksleren til en dugpunktstemperatur på ca.  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hvor til-isningen langsomt vil starte.

Fig. 2



## Boligventilation

Der regnes med en temperaturvirkningsgrad på 86 %. Fra pkt. 1 til 2, rød streg, varmes udeluften op i modstrømsveksleren til ca.  $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$  og videre op til  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  via eftervarmeplade (pkt. 2 til 3). Linie 3 (sort) viser opvarmning i boligen via solindfald og mennesker samt tilførsel af fugt på  $3,0\text{ g/kg}$  (fra  $2,0\text{ g/kg}$  til  $5,0\text{ g/kg}$ ) ventilationsluft. Derefter afkøles fraluften i varmeveksleren til en dugpunktstemperatur på ca.  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hvor til-isningen langsomt vil starte.

## Hvilke frostsikringsmetoder findes der?

Der findes mange forskellige måder at frostsikre varmegenvinderen på. Her nævnes en række af de mest almindelige metoder.

Frostsikringsmetoder	Fordele	Bemærkninger
<b>Forvarmeblade</b>	Enkelt princip, men vanskelig at styre energimæssigt korrekt	Risiko for forvarme - uden at der er isdannelse i veksleren
<b>Returluftsystem</b>	Ventilationsanlæg kan køre ved lidt lavere udetemperatur, end ellers, uden til-isning	Kan i nogle tilfælde sikre kontinuerlig drift uden yderligere frostsikring
<b>Ubalance, reduceret tilluft</b>	Enkel og meget anvendt	Kan være problematisk i nybyggede/-renoverede boliger med BR10 krav til tæthed
<b>Reduceret luftmængde</b>	Ikke nogen egentlig frostsikring	Reduceret luftmængde vil ofte føre til højere virkningsgrad og forøget risiko for is
<b>Bypass af-isning</b>	Sikre kontinuerlig drift og hele tiden ønsket luftmængde samt balanceret drift	God løsning, hvis der er krav om kontinuerlig drift

### Valget faldt på bypass af-isning

Udover at selve frostsikringsmetoden er vigtig, er det også meget væsentligt, hvordan man overvåger is-dannelsen i varmegenvinderen.

Den enkle måde går ud på at måle luftens temperatur "et eller andet sted" inde i varmeveksleren, den bedste metode er dog nok måling af tryktabet over varmegenvinderen. Metoden kræver dog, at der er styr på luftmængden, således at man er i stand til at beregne det forventede tryktab ved den aktuelle luftmængde. Her skal det bemærkes, at kondensvand, der løber imod luftstrømmen, kan være problematisk ved bedømmelse af is-dannelsen. Derfor er VEX350/VEX360 udviklet således, at fraluften ledes nedad, og dermed i samme retning som kondensvandet.

#### Ventilationsaggregat med dobbelt bypass

I VEX350/VEX360 med frostsikring via bypass af-isning vil der ved isdannelse blive ledt en større eller mindre del af udeluften via bypasset og direkte hen til eftervarmebladen. På denne måde opretholdes kontinuerlig ventilation med den ønskede tillufttemperatur, blot eftervarmebladen er dimensioneret korrekt. På denne måde sikres ligeledes maksimal varmegenvinding og minimalt energiforbrug til af-isning. Det anbefales derfor at gennemføre en beregning af eftervarmebladen i hvert enkelt tilfælde.

For at bypass af-isning er mulig, skal aggregatet udformes således, at udeluften kan ledes uden om varmegenvinderen og direkte hen til eftervarmebladen.

Det er netop denne mulighed der er udviklet i EXHAUSTO aggregaterne VEX350 og VEX360. Her er der dog tillige indført bypass på fraluften således at det er muligt at spare på energien til lufttransport, når der ikke er behov for 100 % varmegenvinding. Se fig 3.

Hvis man ikke ønsker, eller ikke har behov for at opretholde 100 % luftmængde under af-isning, kan bypass af-isningsprincippet kombineres med reduceret tilluft eller generelt reduceret luftmængde. Det vælges i styringen.

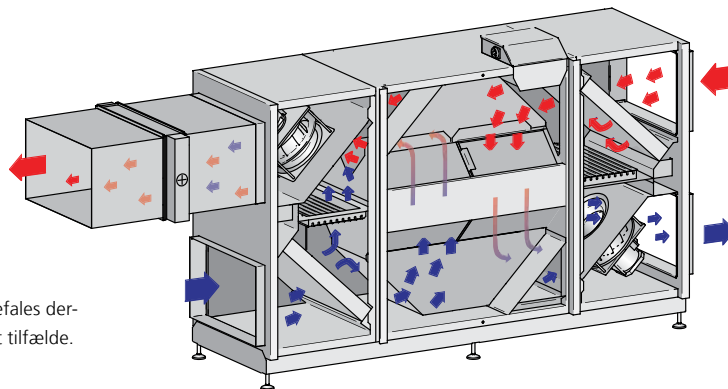


Fig. 3

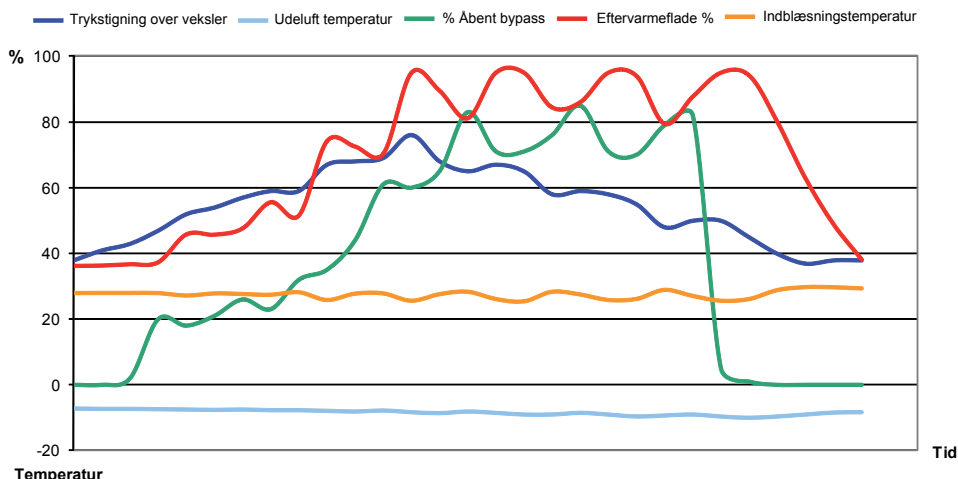
### Udvikling af styringsparametre

Ved udvikling af den nye frostsikringsmetode, var der en lang række styringsparametre, der skulle undersøges og fastlægges. Det skete i forbindelse med test i EXHAUSTO's "is-hus". Her er det muligt at placere aggregatet i omgivelsetemperaturer ned til ca. -12 °C og have samme udelufttemperatur, svarende til boligventilationsforhold. Det giver fantastiske testmuligheder og hvis man ikke passer på, så drukner man i data.

Der skulle fastlægges følgende parametre:

- Kontinuerlig måling af aggregatets luftmængde
- Kontinuerlig måling af tryktab over modstrømsvarmeveksleren
- Frostsikring af vandvarmebladen
- Sikre at ønsket tillufttemperatur opretholdes
- Åbnings-/lukkehastighed af bypass
- Fastlæggelse af niveau for acceptabel til-isning
- Sikre, at varmeveksleren ikke "bundfryser", så anlægget går i dvale
- Hastighed for reduktion af tilluftmængden, hvis nødvendigt/valgt
- Opstart fra dvale

Fig. 5

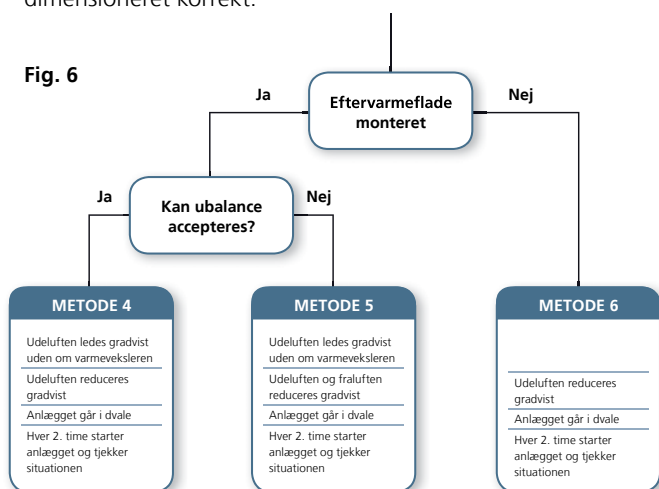


Her ses udlæsning af temperaturer i forbindelse med til-isningsituation. Isen bygger langsomt op og når tryktabet overstiger den indstillede værdi, aktiveres af-isningen.

### Så enkelt endte det med at blive

Nu skulle man jo tro, at disse mange parametre kunne give anledning til et hav af spørgsmål til ventilationsentreprenøren i forbindelse med opstart og indregulering. Men det endte faktisk med et utroligt enkelt diagram, hvor man vælger detaljerne for indstilling af frostsikringen, som det fremgår af fig. 6. Det skal her bemærkes, at reduktion af tilluften og reduktion af luftmængden (tilluft og fraluft) ikke behøver forekomme, når blot eftervarmebladen er dimensioneret korrekt.

Fig. 6



### Eksempel på kraftig isdannelse i veksleren

Under forsøgene blev der kørt til yderligheder for at finde de rigtige styringsparametre. Her ses kraftig isdannelse i veksleren. Der var tillige temperaturfølere i veksleren, men det var kun for at måle vejledende værdier. Temperaturfølerne anvendes ikke ved frostsikringen af VEX350/VEX360.

### Valg af styringsprincip med bypass af-isning

Af-isningsmetode 4 anbefales. Det skal her understreges, at anlægget kan fortsætte med kontinuerlig drift selv ved meget lave udetemperaturer, når blot eftervarmebladen er dimensioneret korrekt. Det vil sige, at reduceret tilluft-mængde, reduceret luftmængde (tilluft og fraluft) eller at anlægget går i dvale, ikke behøver at forekomme.

### Denne artikel er publiceret af:

#### EXHAUSTO Institute

Odensevej 76  
DK-5550 Langeskov

Institute Manager Henning Grøn bæk

e-mail: [institute@exhausto.dk](mailto:institute@exhausto.dk)

[www.institute.exhausto.dk](http://www.institute.exhausto.dk)

**Forfattere:**  
**Til venstre**  
**Henning Grøn bæk**  
Institute Manager

**Til højre**  
**Henning Bent Jensen**  
Projektleder udvikling

