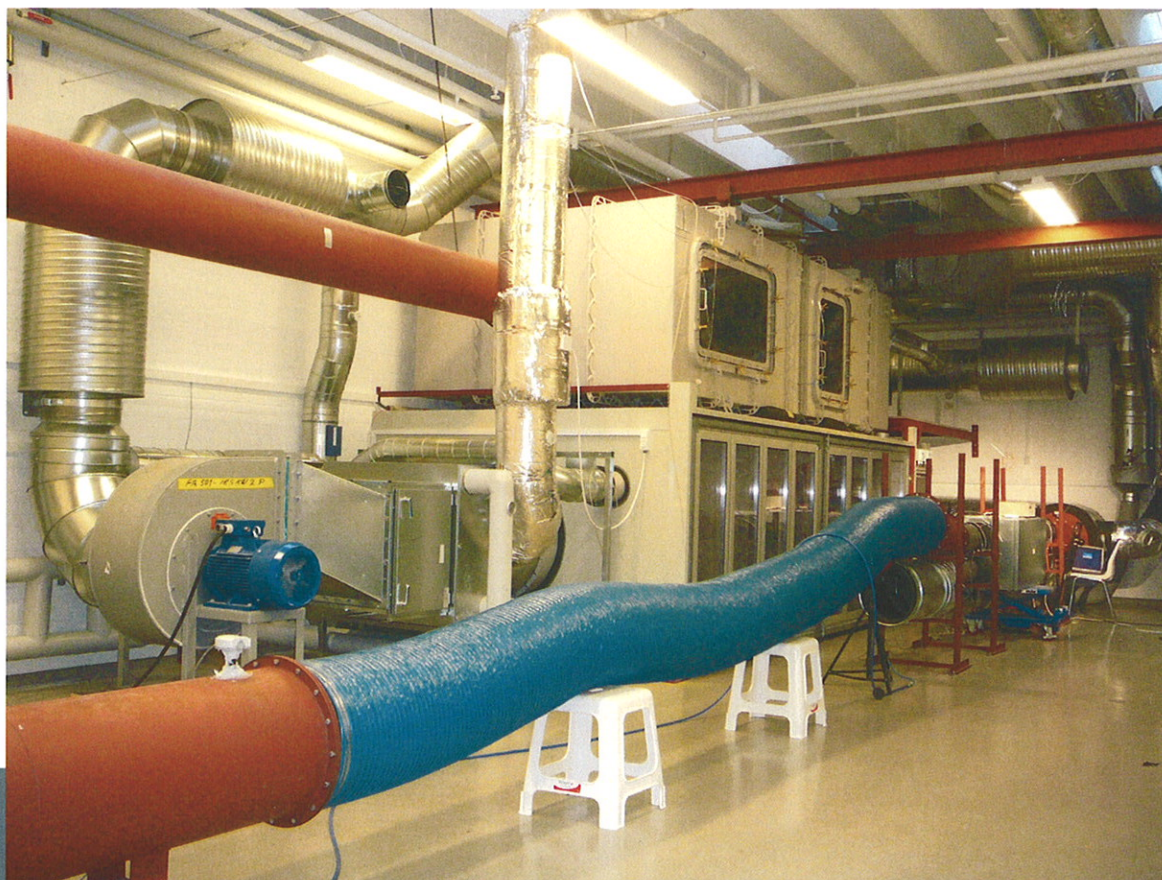




ANALYSER OG KRITERIER FOR IMPLEMENTERING AF POSITIVLISTE FOR VENTILATIONSAGGREGA- TER BYGGENDE PÅ ENERGIMÆRKNINGSKONCEP- TET

September 2009



**Energi og Klima
Energieffektivisering
og Ventilation**

Forord

Rapporten er udarbejdet for PSO midler under Dansk Energi. Projektet har fået tildelt følgende arbejds kode: Elfor, 338-010: ”Analyser og kriterier for implementering af positivliste for ventilationsaggregater byggende på energimærkningskonceptet” under indsatsområde *Ventilation og Bygning*.

Projektets gennemførelse har givet følgende vigtige bidrag:

- Der er udviklet et ensartet testgrundlag, som primært overholder kravene i den danske lovgivning omhandlende retvisende objektive målinger (BR08, BE06, SBI-213, DS-447) og med reference til anerkendte internationale normer/standarder
- Opbygning af state-of-the-art laboratorietestfaciliteter og tilhørende software til hurtig generering af produktblade
- Udvikling af grundlag for opbygning af dynamisk positivliste byggende på en årlig indbyrdes sammenlignelig referenceudgift i kroner for forbrugeren med baggrund i omtalte objektive målinger
- Mulighed for direkte mærkning af aggregatet ud fra målinger i reference punkt, hvis der er ønske om dette

Forbrugeren vil få en større sikkerhed for energirigtigt valg af ventilationsaggregat og realistisk estimat for årlig udgift i kroner.

Producenten vil få en ensartet, godkendt test. Mulighed for gode råd for effektivisering og identificering af eventuelle fejl. Mulighed for udviklingsopgaver.

Entreprenøren vil få et bedre grundlag for dimensionering og beregning af komplet ventilationsanlæg. Herforuden korrekt indtastning i energirammeprogrammet BE06

Erhvervs og Byggestyrelsen vil få et bedre grundlag for vurdering af kommercielle aggregaters reelle performance (stade) opdelt på varmegenvindings- og eleffektivitet med henblik på kommende realistiske stramninger i BR.

Teknologisk Institut vil få et endnu bedre kendskab til fabrikanternes produkter, mulighed for at præge EU normarbejdet og EcoDesign grundlaget (hvis aggregater også bliver omfattet). Blive certificeret testinstitut, hvis der er et stærkt ønske i branchen hertil.

Projektets gennemførelse vil med stor sandsynlighed generelt føre til mere energieffektive og konkurrencedygtige aggregater, og på sigt realisere større el- og varmebesparelser, da en positivliste opmuntre til dette qua ønske om god (høj) placering på skalaen. Denne tendens er set indenfor andre positivlister.

Følgende ventilationsfirmaer har bidraget med gode råd, kommentarer etc. undervejs i arbejdsprocessen og/eller stillet ventilationsaggregat til rådighed:

- EcoVent ApS - John Steen Jensen
- Klimatek A/S - Johan Bjerre
- AirMaster A/S - Henrik Stæhr
- Dantherm Air Handling A/S - Toke Elley
- TurboVent Industri A/S - Frede Sørensen
- Novenco A/S - Susanne Lundvald
- NRG1 A/S - Jørn Kristensen
- Fläkt Woods A/S - Flemming Malcho
- Exhausto A/S - Henning Grønbæk
- Øland A/S - Jesper Kræfting
- Danfoss A/S – Salg Danmark - Mads Rasmussen
- Nilan A/S - Lis Jacobsen
- NB Ventilation A/S - Carsten Gerhardt
- Genvex A/S - Peter Ebdrup

Teknologisk Institut har også modtaget gode råd, bidrag, kommentarer fra civiling. Ph. D. Toke Rammer Nielsen, DTU/BYG

Følgende personer fra Teknologisk Institut har deltaget i projektet herunder opbygning af det nye ventilationsaggregatlaboratorium:

- Peter Svendsen, diplomingeniør (laboratorieleder)
- Lars Hansen, elektroniktekniker
- Mads Peter Rudolph Hansen, diplomingeniør
- Christian Drivsholm, Civilingeniør (leder af projektet)
- Erik Hvirgel Hansen, akademiingeniør
- Christian Grønborg Nicolaisen, diplomingeniør
- Hans Olsen, teknikumingeniør
- Ole Ravn, Civilingeniør (Centerchef)

Herforuden har Peter Svendsen og Ole Ravn været på studietur til Passivhaus Institut i Darmstadt, Tyskland for at diskutere ”ensretning” af europæiske energimærkningslister og mulig certificering af ventilationsaggregatlaboratoriet på Teknologisk Institut med diplomingeniør Wolfgang Hasper.

Christian Drivsholm
September 2009

Indholdsfortegnelse

| | Side |
|---|-----------|
| 1 Konklusion | 6 |
| 2 Indledning | 10 |
| 3 Resultat af firmabesøgsrunde til ventilationsfabrikanter..... | 16 |
| 4 Grundlag for rangorden i positivliste..... | 18 |
| 5 Matematisk model til brug for positivliste | 25 |
| 6 Forslag til drift af positivliste..... | 28 |
| 7 Diverse PR artikler, infotræf, temadage..... | 30 |
| | |
| Bilag 1 – Beskrivelse af det nye laboratorium for test af ventilations- aggregater | 31 |
| BILAG 2 – Matematisk behandling af rådata målinger | 45 |
| Bilag 3 – Procedure (specielt for ventilationsaggregater med roterende veksler) | 48 |
| Bilag 4 – VGV forøgelse på grund af intern lækage..... | 52 |
| Bilag 5 – Udførte test af ventilationsaggregater I henhold til udviklet testgrundlag | 56 |
| Diverse relevante appendix (trykt i separat rapport) | 57 |

1 Konklusion

I dette projekt er udviklet et komplet testgrundlag til vurdering af ventilationsaggregaters energimæssige egenskaber med baggrund i anerkendte danske- og udenlandske standarder, normer og vejledninger.

Endvidere er parallelt hermed opbygget state-of-the-art laboratoriefaciliteter, således at ventilationsaggregaterne kan testes ensartet efter præcis det samme udviklede grundlag. De udviklede prøvningsprocedurer kan med mindre modificeringer også håndtere test efter fx PassivHaus konceptet eller dele af EuroVent certificeringen. Certifikater kan hjemtages, hvis der i ventilationsbranchen er konkrete stærke ønsker om dette.

Desuden er opstillet forslag til hvorledes en internet drevet applikation kan se ud herunder de nødvendige bagvedliggende matematiske beregningsrutiner, som er afprøvet/testet i Excel miljø.

Baggrunden for projektet skal primært ses i det lys, at der ude i fremtiden løbende vil ske danske (og udenlandske) lovmæssige stramninger til ventilationsaggregaters (ventilationsanlægs) energimæssige performance. Det skal være enkelt/let for forbrugeren at kunne skelne mellem gode og dårlige ventilationsaggregater bedømt ud fra årlige driftsudgifter i kroner.

Tekniske begreber som 'maksimal statisk ventilator virkningsgrad', 'maksimal total ventilator virkningsgrad', 'maksimal tør varmeveksler effektivitet', 'maksimal hydraulisk effekt punkt på arbejdskurve' etc. giver ikke mening for den menige forbruger, der ønsker mekanisk ventilering i boligen eller på kontoret. Brugeren kan kun forholde sig til årlige udgifter i kroner fx pr. ventileret m^2 gulvareal, rumvolumen m^3 eller pr. m^3/h transporteret luft.

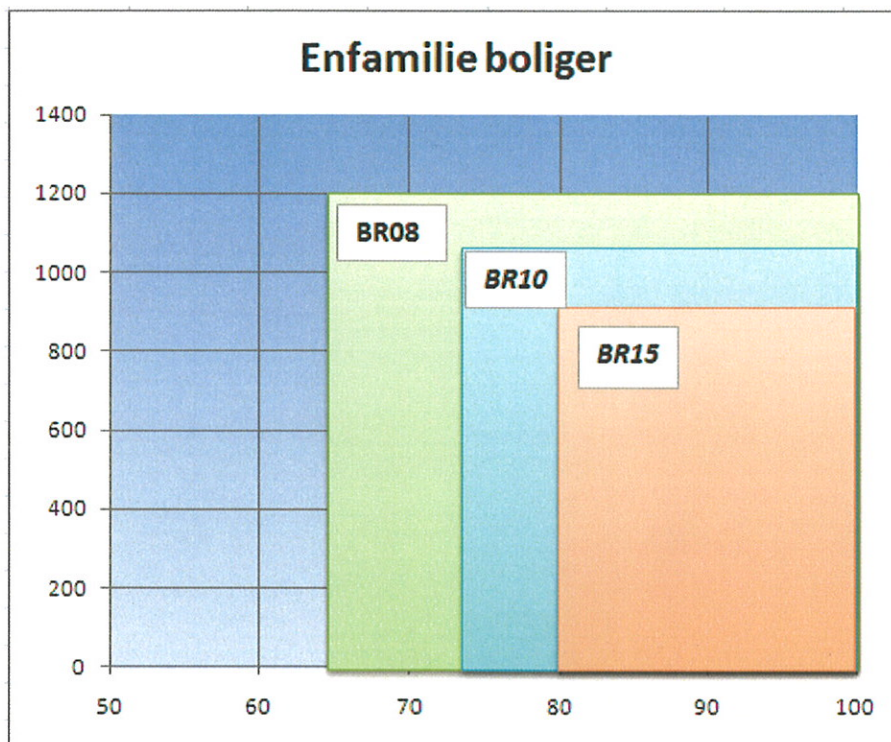
EU begrebet EcoDesign er langt fremme inden for motorer, ventilatorer mm., og det er kun et spørgsmål om tid inden ventilationsaggregater også er omfattet af EcoDesign direktivet, som overordnet har til formål at fjerne de mindst energieffektive 'komponenter' helt fra markedet.

Teknologisk Institut har for Erhvervs- og Byggestyrelsen udarbejdet en rapport, der giver nogle bud på, hvordan kravene i Bygningsreglementet kan se ud i årene fremover, se efterfølgende tabel. Et af de vigtigste bud er, at hvis Danmark skal overholde sine forpligtelser i Kyoto-aftalen, er det ikke kun nybyggeri, der skal leve op til de skærpede energikrav – de kommer også til at gælde for eksisterende byggeri, der skal renoveres. Det stiller store krav til ventilationsaggregat og til hele ventilationsanlægget.

| Tiltag | Enfamilie boliger | | | Boliger | | | Andre bygninger | | |
|-----------------|-------------------|------|------|--------------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2008 | 2010 | 2015 | 2008 | 2010 | 2015 | 2008 | 2010 | 2015 |
| SFP – udsugning | 1000 | 800 | 700 | 1000 | 800 | 700 | 1000 | 800 | 700 |
| SFP – CAV | 1200 | 1050 | 900 | 2100 | 1800 | 1500 | 2100 | 1800 | 1500 |
| SFP – VAV | Ikke tilladt | 1050 | 900 | Ikke tilladt | 2100 | 1800 | 2500 | 2100 | 1800 |
| VGV | 65 | 73 | 80 | 65 | 73 | 80 | 65 | 73 | 80 |

Tabel 1

Som eksempel er nedenfor grafisk afbildet de mulige stramminger i de kommende bygningsreglementer her for enfamilieboliger.



Figur 1 X-akse er varmegenvinder virkningsgrad og Y-akse er SFP værdi.

De foreslåede skærper er meget markante; men realistiske. De vil dog stille store krav til udviklingen af ventilationsaggregater med varmegeninding og desuden projekteringen af ventilationsanlæggene.

Der er således en særdeles god baggrund for at etablere en positivliste for de ventilationsanlæg der er omfattet af Bygningsreglementet.

Positivlisten giver følgende fordele:

- giver forbrugerne et dokumenteret retvisende grundlag for bedømmelse af de energimæssige egenskaber for ventilationsanlæg
- fremhæver de mest effektive ventilationsanlæg på det danske marked
- etablerer et virkemiddel som på sigt kan initiere til udvikling af endnu bedre ventilationsanlæg end Bygningsreglement 2008 lægger op til

Listen er dynamisk opbygget forstået på den måde, at et givent ventilationsaggregat som bekendt har et bredt arbejdsområde.

Ved blot at indtaste:

- den nødvendige udeluftmængde [m^3/h] og
- det nødvendige disponible tryk til kanalsystemet [Δp]

kan programmet generere en dynamisk opbygget liste, hvor det bedste aggregat til den pågældende opgave vil ligge øverst på listen og det dårligste aggregat nederst på listen. Eventuelt vil nogle aggregater slet ikke kunne klare opgaven samtidig med at BR's krav er overholdt.

Teknisk set beregner programmet det samlede energiforbrug giver ved:

$$E_{\text{samlet}} = E_{\text{varme}} + 2,5E_{\text{elektricitet}} \text{ [kWh]}$$

Foruden størrelsen af den ønskede udeluftmængde, udformning af kanalsystem, driftstid m.m. afhænger:

$$E_{\text{varme}}$$

- af varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad

$$E_{\text{elektricitet}}$$

- af virkningsgrad af ventilator
- af virkningsgrad af motor (og omdrejningsreguleringssystem)
- af størrelsen af de indre tryktab i selve aggregatet

De nye state-of-the-art laboratoriefaciliteter og skabelon til positivliste, giver yderligere fordele:

- Erhvervs- og Byggestyrelsen får et reelt billede af kommercielle ventilationsaggregaters øjeblikkelige energimæssige performance, herigennem indblik i den tekniske udvikling på området set over flere år og herved et bedre redskab til vurdering af realistiske stramninger i de kommende bygningsreglementer. Ved skarpt at adskille 'varmegenvinder' og 'motor/ventilator' for sig, fås et bedre billede af den tekniske udvikling for begge komponenter end hvis fx motorvarme blev inkluderet i varmegenvinderens virkningsgrad
- De ventilationsfabrikanter der ligger lidt nede på listen opmuntres til at sætte gang i den tekniske udvikling for at få ventilationsaggregatet højere op på listen. Denne 'sidegevinst' er set indenfor andre produkter.
- Et meget bedre indblik i de eksisterende relevante normer, standarder, vejledninger på området med hensyn til styrke og svagheder. Det bliver herved nemmere at deltage i internationalt samarbejde omkring nye normer, EcoDesign etc. Prøvestanden indenfor motorområdet har fx giver adgang til europæisk samarbejde omkring normarbejde m.m.

Selvom de nuværende laboratoriefaciliteter og udviklet grundlag for positivliste rækker langt, kan der stadigvæk arbejdes på udvidelser fx indenfor følgende områder:

- Ventilationsaggregater med indbygget varmepumpe (og fx VP til opvarmning af brugsvand)
- Ventilationsaggregater til VAV og DCV brug, dvs. brug af flere driftspunkter (belastningsprofiler) i analogi til pumper til varme anlæg.

2 Indledning

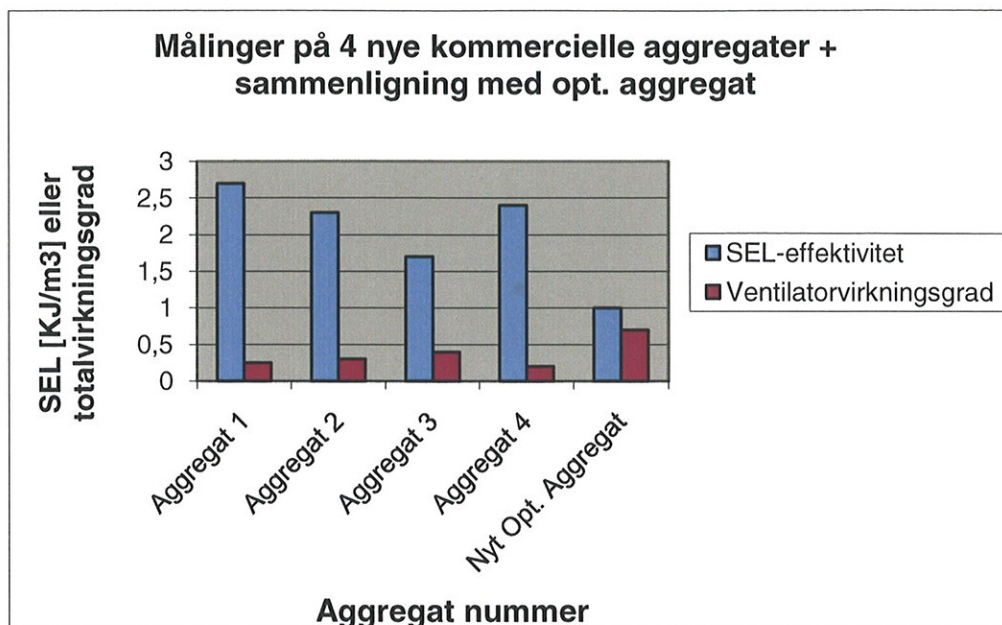
Energirammen for boliger er over en årrække blevet skærpet væsentligt. EU - direktivet vedrørende energimærkning af bygninger (bygningers energimæssige ydeevne) skubber yderligere til denne udvikling. Energirammen omfatter nu bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, **ventilation**, køling, varmt brugsvand og eventuel belysning.

Yderligere må luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen ikke overstige 1,5 liter/s pr. m² gulvareal ved trykprøvning med 50 Pa. Boligen bliver herved meget tættere end tidligere; men kravet til et friskluftskifte på 0,5 gange pr. time er uændret. Energiforbruget til ventilation kommer derfor til at udgøre en større og større del af energirammen (specielt for lavenergibyggeri klasse I og klasse II), idet bygningens varmetransmissionstab uden store problemer kan reduceres ved yderligere isolering. Derfor er kravene til ventilationsanlæg skærpede i Bygningsreglement 2008:

- ventilationsanlæg skal forsynes med varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på mindst 65 %
- ventilationsanlæg med **konstant** luftydelse må elforbruget til lufttransport ikke overstige 2100 J/m³ udeluft
- ventilationsanlæg med **variabel** luftydelse må elforbruget til lufttransport ikke overstige 2500 J/m³ udeluft ved maksimal ydelse
- udsugningsanlæg **uden** mekanisk udelufttilførsel må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1000 J/m³
- ventilationsanlæg med konstant eller variabel luftydelse og varmegenvinding, der forsyner en **bolig**, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1200 J/m³ for driftsformen med maksimalt tryktab

To tidligere gennemførte projekter: "Energioptimering af aksialventilator", "Udvikling og optimering af et energieffektivt straightner ventilationsaggregat med indbygget chopper varmeveksler - del 1", og PSO projektet: "Udvikling af energiøkonomisk ventilationsanlæg med varmegenvinding til boliger" peger stærkt hen imod at det er muligt, at konstruere et balanceret ventilationsaggregat inkl. kanalsystem med et elforbrug til lufttransport på 1000 J/m³ udeluft og en varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på knap 90 %
Det efterfølgende diagram angiver SEL-værdien og ventilatorens totale virkningsgrad for fire kommercielle ventilationsanlæg og det optimerede skitse-ventilationsanlæg fra ovennævnte projekter.

Ud af 4 ventilationsanlæg opfylder 3 det nuværende Bygningsreglement 1995. I forhold til Bygningsreglement 2005 opfylder kun 1 ventilationsanlæg reglementet og ingen ventilationsanlæg reglementet, hvis der er tale om boliger.



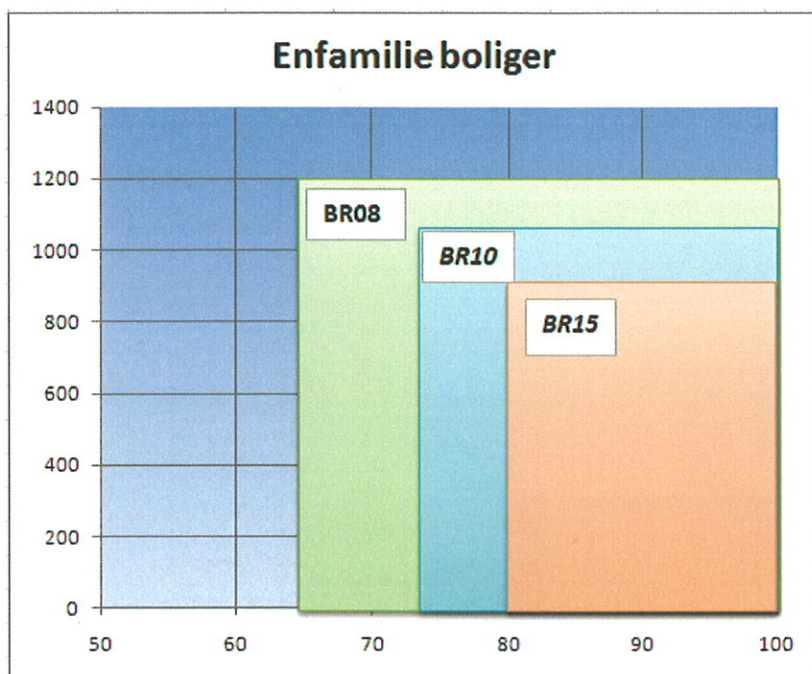
Figur 2. Figuren viser 4 ventilationsanlægs performance mht. blandt andet specifik elforbrug til lufttransport [kJ/m³] (BR95 krav for CAV anlæg er maks. 2,5[kJ/m³], BR2005 2,1 og BR2005 bolig 1,2[kJ/m³]).

Teknologisk Institut har for Erhvervs- og Byggestyrelsen udarbejdet en rapport, der giver nogle bud på, hvordan kravene i Bygningsreglementet kan se ud i årene fremover, se efterfølgende tabel. Et af de vigtigste bud er, at hvis Danmark skal overholde sine forpligtelser i Kyoto-aftalen, er det ikke kun nybyggeri, der skal leve op til de skærpede energikrav – de kommer også til at gælde for eksisterende byggeri, der skal renoveres. Det stiller store krav til ventilationsaggregatet og til hele ventilationsanlægget.

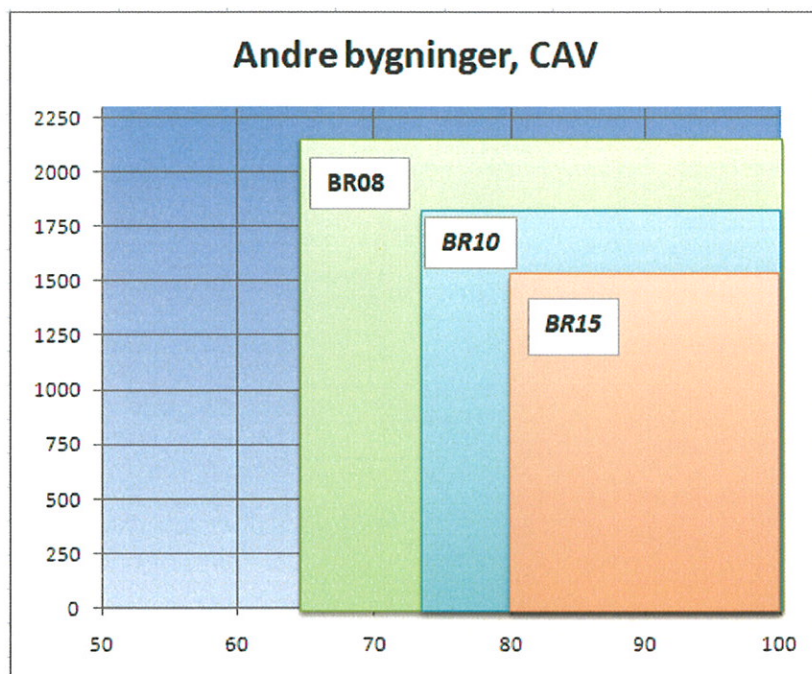
| Tiltag | Enfamilie boliger | | | Boliger | | | Andre bygninger | | |
|---------------|-------------------|------|------|--------------|------|------|-----------------|------|------|
| | 2008 | 2010 | 2015 | 2008 | 2010 | 2015 | 2008 | 2010 | 2015 |
| SFP-udsugning | 1000 | 800 | 700 | 1000 | 800 | 700 | 1000 | 800 | 700 |
| SFP-CAV | 1200 | 1050 | 900 | 2100 | 1800 | 1500 | 2100 | 1800 | 1500 |
| SFP-VAV | Ikke tilladt | 1050 | 900 | Ikke tilladt | 2100 | 1800 | 2500 | 2100 | 1800 |
| VGV | 65 | 73 | 80 | 65 | 73 | 80 | 65 | 73 | 80 |

Tabel 2

Nedenfor er afbildet to grafiske eksempler på forventede stramninger i de kommende bygningsreglementer.



Figur 3. Bud på stramninger i de kommende bygningsreglementer afbildet grafisk (X-akse er varmegenvindingsvirkningsgrad og Y-akse er SFP værdi).



Figur 4. Bud på stramninger i de kommende bygningsreglementer afbildet grafisk.

Tilsvarende kan krav til udsugningsanlæg og VAV anlæg afbildes grafisk.

De foreslåede skærpelser er meget markante; men realistiske. De vil dog stille store krav til udviklingen af ventilationsaggregater med varmegenvinding og desuden projekteringen af ventilationsanlæggene.

Der er således en særdeles god baggrund for at etablere en positivliste for de ventilationsanlæg, der er omfattet af Bygningsreglementet.

Mere præcist formuleret er formålet derfor at udarbejde det tekniske grundlag for etablering af "positivliste" for ventilationsanlæg, således at grundlaget direkte kan anvendes som baggrundsmateriale til etablering af internet baseret applikation.

Positivlisten bør:

- give forbrugerne et dokumenteret retvisende og ensartet grundlag for bedømmelse af de energimæssige egenskaber for ventilationsanlæg
- fremhæve de mest effektive ventilationsanlæg på det danske marked
- etablere et virkemiddel som på sigt kan initiere til udvikling af endnu bedre ventilationsanlæg end Bygningsreglement 2008 lægger op til

Indsatsen skal desuden ses som en styrkelse af informationen til producenter, rådgivere og forhandlere om udviklingen og anvendelsen af energieffektive ventilationsanlæg.

Positivlisten giver som sagt indkøberen af ventilationsanlæg et værktøj, der hjælper med at sætte fokus på el- og varmekonsumet, og gør det nemmere at vælge de mest energieffektive ventilationsanlæg. Tidligere var det svært for indkøbere at vælge energieffektivt, da der ikke var tilsvarende oversigter over de energieffektive ventilationsanlæg.

Der er flere fordele for producenterne af ventilationsanlæg:

- Det er gratis at komme på positivlisten, hvis fabrikanten selv kan udføre de nødvendige test
- Producenten må i deres markedsføring referere til, at det pågældende ventilationsanlæg er på positivlisten for energirigtige ventilationsanlæg
- Ventilationsanlæg på positivlisten får et synligt klæbemærkat, som direkte kan ses af brugeren og herforuden internethenvisning til datablad.

Til gengæld har det vist sig nødvendigt med baggrund i andre produktsparelistes, at indføre stikprøvekontrol. Fx har det vist sig, at energimærkede hvidevarer ikke altid kan bestå en uvildig test og hermed leve op til kravene i det pågældende klæbemærke.

Systemet kan nærmest beskrives (sammenlignes) med selvangivelsen til skattevæsenet, hvor der også foretages stikprøver.

Projektet gennemføres i 3 hovedfaser:

1. Udvikling af det tekniske grundlag

Grundlaget vil omfatte balancerede ventilationsanlæg og vil overordnet indeholde følgende test:

- Arbejdskurver ved 100 %, ca. 75 %, ca. 50 % og ca. 30 % (omdrejningstal). Ud fra disse basismålinger beregnes tilhørende SFP kurver
- Tør temperaturvirkningsgrad af varmegenvinder som funktion af luftmængden og uden bidrag fra motorvarme
- Ekstern lækage
- Intern lækage mellem ude- og returluft

Der skal så vidt muligt testes efter danske- og europæiske normer og standarder. Der er gjort rigtig meget ud af dette punkt, da normerne/standarderne ikke altid er helt klare i den tekniske beskrivelse af afprøvningsprocedurerne. Et eksempel er virkningsgrad af varmegenvinder:

- Det danske lovgrundlag vil ikke have motorvarme inkluderet i virkningsgraden
- EN/DS normen tager ikke stilling til dette punkt
- En tysk norm medtager motorvarmen i beregning af virkningsgraden

I sådan en situation har det danske lovgrundlag højeste prioritet.

Positivlistens udformning skal fastlægges. Der skeles lidt til allerede eksisterende positivlister for andre produkter fx *vaskemaskine-*, *emhætte-* eller *ventilatorlisten*. For at komme på positivlisten skal Bygningsreglementets krav som minimum overholdes (virkningsgrad af varmegenvinder) og SFP-værdi. De mest energieffektive ventilationsanlæg kan ligge øverst på listen.

2. Udvikling af det organisatoriske grundlag

Opbygning af ordningen vil foregå med skelen til blandt andet EuroVent ordningen, passivhaus ordningen og i dialog med potentielle købere af ventilationsanlæg, samt producenter af disse. Dette vil ske ved at nedsætte en følgegruppe (e-mail forum) med repræsentanter fra købere og brugere, producenter samt brancheforeningen. Herunder besøg til passivhaus instituttet i Tyskland. Endvidere besøg til flere ventilationsfabrikanter i Danmark for herigenem at diskuterer grundlaget.

Grundlaget vil umiddelbart indeholde følgende emner:

- Ansøgningsgrundlag og vilkår for optagelse på listen
- Udformning af firmatestrapport (skabelon/datablad)
- Procedure for håndtering af stikprøvekontrol og handling i tilfælde af negativt testresultat
- Betalingsform for stikprøvekontrol

3. Præsentation af positivlisten

Der gennemføres en understøttende information i form af artikler, infomøder, temadag m.v.

mere attraktivt for producenterne, da laboratoriet vil være skræddersyet til deres ventilationsaggregater.

Laboratoriets bestemmelse af nominel luftstrøm q_{nom}

| | Trykdifferenser over korresponde- rende stutse Pa | El-forbrug |
|------------------|--|------------|
| Boligventilation | 100 | SFP 1200* |
| Ikke bolig | 250 | SFP 2500* |

*følger aktuelt Bygningsreglement

Med hensyn til driftstimer bør beregningerne udføres for 8760 timer pr. år, hvilket er i overensstemmelse med BR08

Energiforbruget påvirkes af faktorer som ventilatortype, driftspunkt, varmegenvinderens effektivitet, filtres tryktab mv. brug af evt. hjælpeudstyr.

Besparelsen skal så vidt muligt udtrykkes som en specifik sammenlignelig værdi, fx

Som kapacitetskurve for valg af driftspunkter for et ventilationsaggregat blev foreslået en præsentation af ventilationsaggregatets SFP-faktor som en funktion af luftstrøm og kanaltryk, hvilket vil give en ensartet vurdering og valg af ventilationsaggregater med mindst mulig energiforbrug.

Alternativt kunne vælges en kapacitetskurve som funktion af luftstrøm og SFP-faktor, hvor kurverne er angivet som faste kanaltryk.

Der blev foreslået at positivlisten kun skal omhandle selve ventilationsaggregatet, hvor min. kanaltryk udgør 100 Pa og skal dække alle aggregatstørrelser. Positivlisten skal også indeholde driftsbetingelser for ventilationsaggregatet.

Forslag til et nøgletal for prioritering af ventilationsaggregat, kan eks. omtales som "COP-faktor", der er en effektfaktor der er defineret som udnyttet energi divideret med tilført arbejde.

$$\text{Årsfaktor} = \frac{\text{Varmebesparelse i kWh}}{\text{Samlet elforbrug i kWh}}$$

I det efterfølgende afsnit er begrundet endelig valg af fremgangsmetode for rangorden af ventilationsaggregater under hensyntagen til konklusionen fra firmabesøgene og de krav der må anses for at være mest relevante for forbrugeren set med energitekniske briller.

Varmeudgiften eller besparelsen i forhold til luftforbruget.

4 Grundlag for rangorden i positivliste

Fra den 1. januar 2006 kom der som sagt nye energikrav i Bygningsreglementet. Baggrunden for de nye energikrav i Bygningsreglementet er målet om, at Danmark skal opnå yderligere reduktion af energiforbruget i boliger og bygninger i øvrigt. Desuden skulle Danmark pr. 1. januar 2006 implementere EU direktivet om "Bygningers energimæssige ydeevne" i henholdsvis Bygningsreglementet og en energimærkningsordning for bygninger.

Energikravene til nybyggeriet er baseret på referenceenergirammer, der dækker bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand samt i andre bygninger end boliger også belysning. Energiforbruget vægtes efter den anvendte primære energi. Energistyrelsen har besluttet, at der til brug for vurdering af bygningers energirammer anvendes en faktor på 2,5 ved sammenvejning af el med henholdsvis gas, olie og fjernvarme.

Der er en energiramme for boliger og en energiramme for andre bygninger end boliger. Anvendelsen af energirammer som hovedkrav i nybyggeriet er en følge af EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne.

Ventilationsbehovet eller luftskiftets størrelse i boliger er i Bygningsreglementet fastsat til mindst 0,5 gang i timen svarende til en volumenstrøm på $0,35 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ved normal rumhøjde. Brugstiden for boliger er fastsat til 168 timer pr. uge (for kontorer er brugstiden fastsat til 45 timer).

Yderligere er der i Bygningsreglementet stillet minimumskrav til ventilationsanlæg med såvel indblæsning som udsugning. Ventilationsanlægget skal forsynes med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 65 % og ventilationsanlæggets specifikke elforbrug til lufttransport må ikke overstige $1200 \text{ J}/\text{m}^3$ for driftsformen med maksimalt tryktab (for boliger).

Selvom Bygningsreglementets minimumskrav til ventilationsanlæg er overholdt, kan der være fornuftige grunde til at producere endnu bedre ventilationsanlæg:

- brugeren vil få en mindre el- og varmeregning
- energirammeberegningen kan nemmere overholdes

Det har vist sig, at en energimærkning af produkter (specielt hvidevarer), som er let forståelig for brugeren, driver udviklingen hen imod bedre og mere energieffektive produkter, da efterspørgslen på energieffektive produkter øges til trods for den ofte lidt højere indkøbspris.

I modsætning til pumper, køle/fryseskabe, vaskemaskiner, tørretumblere, opvaskemaskiner m.m. der udelukkende bruger elektricitet stiller det sig anderledes med et ventilationsaggregat (ventilationsanlæg), som i driftsfasen vil resultere i et:

- elforbrug til drift af ventilatorer
- energiforbrug til opvarmning af kold udeluft

Da forbrugeren ”på sin pengepung” vil mærke begge bidrag, skal begge bidrag også medtages i energimærkningen. Specielt i Nordeuropa med et relativt koldt vinterklima i forhold til komforttemperaturen indendørs, spiller varmebidraget i væsentlig rolle sammenlignet med de sydeuropæiske lande, hvor muligheden for køling (og hermed køleenergiforbruget) om sommeren spiller en større rolle.

I det følgende er der opstillet et forslag til energimærkning af ventilationsanlæg, som tager hensyn til dette.

For ventilationsanlæg kan fastsættes en overordnet energimærkning, som inddeler ventilationsanlæg i forskellige godhedsklasser. Godhedsklassen må som sagt kunne tage hensyn til, at ventilationsanlægget både bruger el og varme.

Hele ventilationsanlæggets energieffektivitet kan karakteriseres ved bruttoenergiforbruget (energiramme) til ventilation, beregnet ud fra metoden i Bygningsreglementet. Det vil sige der indføres en ramme for energiforbruget til opvarmning og el til drift af ventilationsanlægget, hvor energiforbrugene vægtes ud fra reglerne i bygningsreglementet.

Det samlede energibehov til ventilation bestemmes hermed som summen af varmebehovene plus 2,5 gange summen af elbehovene, jævnfør Bygningsreglementet 2008:

$$E_{\text{ventilation}} = 2,5 \cdot E_{\text{el}} + E_{\text{varme}} \quad [\text{kWh pr. år}]$$

hvor

$E_{\text{ventilation}}$ er energibehovet til ventilation

E_{el} er elbehovet i ventilationsanlægget

E_{varme} er varmebehovet for at dække ventilationstabet (opvarmning af kold udeluft).

Elbehovet afhænger af den effekt der afsættes i ventilatorerne og andet elektrisk hjælpeudstyr.

Elforbruget kan bestemmes af:

$$E_{el} = SEL \cdot q_m \cdot T_B$$

SEL (hedder også SFP)

hvor

SEL er det specifikke elforbrug, q_m er luftstrømmen i det mekaniske ventilationsanlæg
 T_B er ventilationsanlæggets årlige driftstid. I boliger hvor der er krav om konstant luftstrøm hele året vil brugstiden være 8760 timer (for andre bygninger vil brugstiden typisk være 2350 timer og i dagtimerne).

$$E_{el} = 8,76\text{kh} \cdot SEL \cdot q_m$$

$$(8,760\text{kh} = 8760 \text{ h})$$

Opvarmningsbehovet vurderes ud fra ventilationstabet på grund af den mekaniske ventilation, som det beregnes i henhold til SBi - anvisning 213. Ved at benytte en varmeveksler i ventilationsanlægget, spares energi til opvarmning af den kolde udeluft afhængig af varmevekslerens effektivitet. Ved en konstant luftstrøm i ventilationsanlægget er opvarmningsbehovet til at dække ventilationstabet givet ved:

$$E_{varme} = 130.000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3/\text{s}} (q_m \cdot (1 - \eta) + q_{inf})$$

hvor værdien 130.000 er fremkommet ved $GT \times \rho \times c_p: 108206 [^\circ\text{Ch}] \times 1,2[\text{kg}/\text{m}^3] \times 1,001[\text{kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C})]$

η er effektiviteten af varmegenvindingen i ventilationsanlægget og
 q_m er luftstrømmen i det mekaniske ventilationsanlæg
 GT er gradtallet

Skal balancerede mekaniske anlæg kunne sammenlignes med naturlige ventilationssystemer og rene udsugningssystemer skal i vurderingen af det mekaniske anlæg medtages den utilsigtede luftstrøm på grund af infiltration q_{inf} . Den beregningsmæssige infiltration q_{inf} kan ud fra en trykprøvning bestemmes vha. SBi-anvisning 213. Den øvre grænse for den beregningsmæssige infiltration i nye boliger er $0,13 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ pga. bygningsreglementets krav om lufttæthed. Bygges boligerne med mere fokus på lufttætheden kan den beregningsmæssige infiltration uden større problemer sænkes til $0,09 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ og i passivhuse findes værdier lavere end $0,06 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Det samlede energibehov knyttet til ventilationsanlægget kan bestemmes af følgende udtryk:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ventilation}} &= 2,5 \cdot E_{el} + E_{\text{varme}} \\
 &= 21,9 \text{ kh} \cdot \text{SEL} \cdot q_m + 130.000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3/\text{s}} \cdot (q_m \cdot (1 - \eta) + q_{\text{inf}}) \\
 &= \text{SEB} \cdot q_m
 \end{aligned}$$

Ligningen indfører en ny størrelse, det specifikke energiforbrug, *SEB*, som kan bruges til karakterisering af ventilationsanlægget i lighed med det specifikke elforbrug. Ønskes det specifikke energiforbrug i J/m^3 er det bestemt ved

$$\text{SEB} = 2,5 \cdot \text{SEL} + \frac{130.000 \cdot 1000}{8760} \text{ J/m}^3 \cdot \left((1 - \eta) + \frac{q_{\text{inf}}}{q_m} \right) \cong 2,5 \cdot \text{SEL} + 15.000 \text{ J/m}^3 \cdot \left((1 - \eta) + \frac{q_{\text{inf}}}{q_m} \right)$$

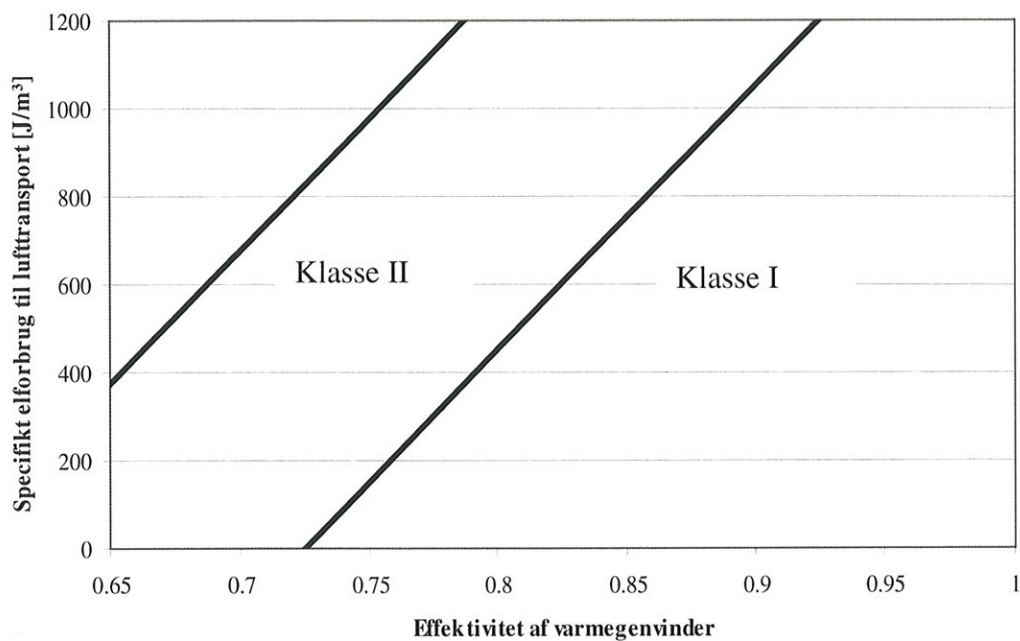
Det specifikke energibehov (*SEB*) kan nu beregnes for forskellige anlæg og anvendes til at sammenligne anlæggenes energiforbrug beregnet uden infiltration:

| | Specifikt energibehov ' <i>SEB</i> ' [J/m^3] |
|---|---|
| Resultat af tidligere PSO F&U projekt [5]: $\eta = 0,8$ og $\text{SEL} = 1000 \text{ J/m}^3$ | 5500 |
| BR 1995 + tillæg: Balanceret: $\eta_{\text{min}} = 0,65$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1200 \text{ J/m}^3$ | 8250 |
| BR 1995 + tillæg: Udsugning $\eta = 0$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1000 \text{ J/m}^3$ | 17500** |
| Naturlig ventilation: $\eta = 0$ og $\text{SEL} = 0 \text{ J/m}^3$ | 15000** |

Tabel 3. Specifikt energibehov. *Beregnet uden infiltration. **Værdierne for naturlig ventilation og udsugning er ikke direkte sammenlignelige med værdierne for den balancerede mekaniske ventilation, da der for den balancerede mekaniske ventilation er set bort fra den beregningsmæssige infiltration. Sættes den beregningsmæssige infiltration til $0,13 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ hhv. $0,09 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ i en situation hvor den mekaniske ventilation er $0,3 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ skal det specifikke energibehov for den balancerede mekaniske ventilation tillægges 6500 J/m^3 hhv. 4500 J/m^3 .

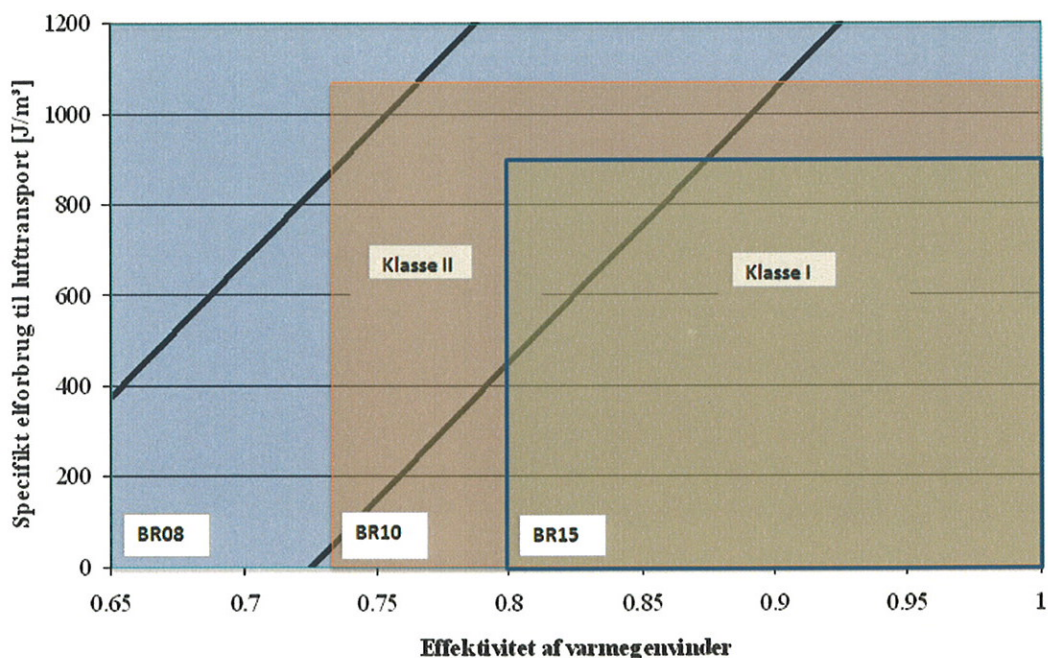
ELFOR PSO projektet med titlen: ”Udvikling af energioekonomisk ventilationsløsning med varmegenvinding til boliger”, BYG/DTU, 2005 anviste prototypeløsninger på ventilationsagregat med $\text{SEL} = 1000 \text{ J/m}^3$ og $\eta > 0,8$.

For at et mekanisk ventilationsanlæg kan mærkes, kunne vælges $\text{SEB} < 8250 \text{ J/m}^3$ ved en beregning uden hensyntagen til infiltration, hvilket svarer til et ventilationsanlæg bedre end minimumskravene til balancerede anlæg i BR 1995 + tillæg. En energiklasse II ventilationsanlæg kunne vælges til maksimal $0,75 \cdot 8250 = 6190 \text{ J/m}^3$. En energiklasse I ventilationsanlæg kunne vælges til maksimal $0,50 \cdot 8250 = 4125 \text{ J/m}^3$. Det er herefter muligt at lave en egentlig godhedsklasse skala fx i intervallet 4000 til 8200 J/m^3 . Figur 5 viser området indenfor hvilket anlæggene kan mærkes og grænserne for anlæg i klasse II og klasse I.



Figur 5. Figuren viser sammenhængen mellem det specifikke elforbrug til lufttransport og varmegenvindens effektivitet for anlæg der kan energimærkes. Figuren viser desuden grænserne for anlæg i klasse II og klasse I.

Sammenlignes 'grænserne' fra Figur 5 med de mulige stramninger i de kommende planlagte bygningsreglementer ser billedet således ud som vist på Figur 6.

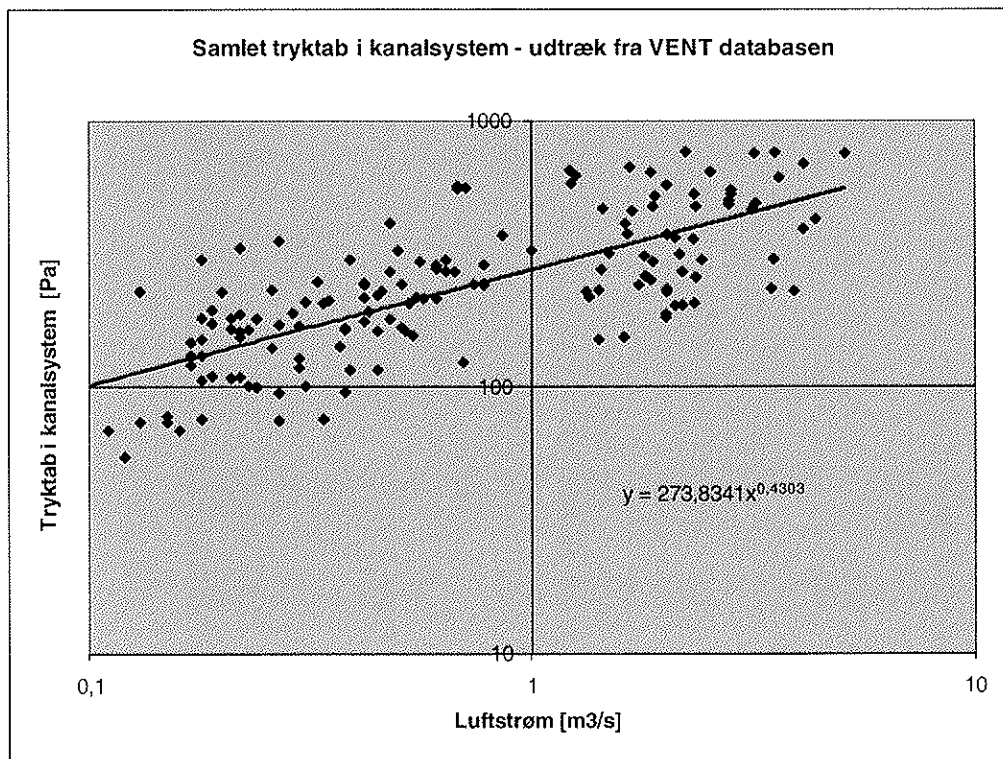


Figur 6

Den ene metode stiller "kun" krav til det samlede energiforbrug med kommende stramminger og den anden metode stiller specifikke krav til elforbrug og varmegenvinder med kommende stramminger.

Hvis et ventilationsaggregat (CAV) skal tildeles 'et mærke' må det være på det samme grundlag, det vil sige ved et fastsat referencetryk. Et for ventilationsaggregater til boliger og et for ventilationsaggregater til andre bygninger.

Til vurdering af disse referencetryk er der skelet til andre lande og vores egen VENT database:



Figur 7. Diagrammet viser det samlede trykfald i kanalsystemet, dvs. det tryktab ventilationsaggregatet skal præstere (også benævnt som 'disponibelt tryk') målt for adskillige ventilationsanlæg under VENT ordningen. Der ses en sammenhæng mellem det samlede luftbehov og tryktabet i kanalsystemet.

Selvom der i sagens natur er spredning, danner datamaterialet baggrund for at lægge et acceptabelt designpunkt, som ventilationsaggregatet kan vurderes ud fra, det vil sige hvor stor luftmængde kan ventilationsaggregatet maksimalt præstere ved:

- enfamilie boliger: 100 Pa og SFP lig 1200 { anvendes også i flere andre lande }
- andre bygninger: 250 Pa og SFP lig 2100 (CAV)

Herved sikres også en rimelig fordeling mellem krav til ventilationsaggregat og kanalsystem. Det er selvfølgelig muligt, at designe kanalsystemet til en lavere værdi end henholdsvis '100' og '250', primært ved brug af større kanaldimensioner, bløde bøjninger, korrekt udformede påstik m.m.

Ventilationsaggregatet vil herved få en statisk værdi (energimærke).

5 Matematisk model til brug for positivliste

Uanset hvilken model der endelig vælges ude i fremtiden, vil det være meget kompliceret at give et ventilationsaggregat blot én kvalitetsværdi (energimærke), idet nutidens ventilationsaggregater stort set trinløs kan stilles op og ned i omdrejningstal. Ventilationsaggregatet får herved et stort arbejdsområde. Ligeledes ændres kravene til ventilationsaggregatet og hele ventilationsanlægget.

Endelig kan et 'større ventilationsaggregat' godt neddrøses til lidt mindre luftmængde i tilfældet af stramninger i de kommende bygningsreglementer, og herved overholde disse, specielt på kravet til maksimalt elforbrug. Det blev derfor besluttet, at foretage en komplet opmåling af ventilationsaggregatet lige fra 100 % omdrejningstal og ned til omkring 30 % omdrejningstal, idet disse målinger vil være gældende uanset lovmæssige ændringer (unikke målinger).

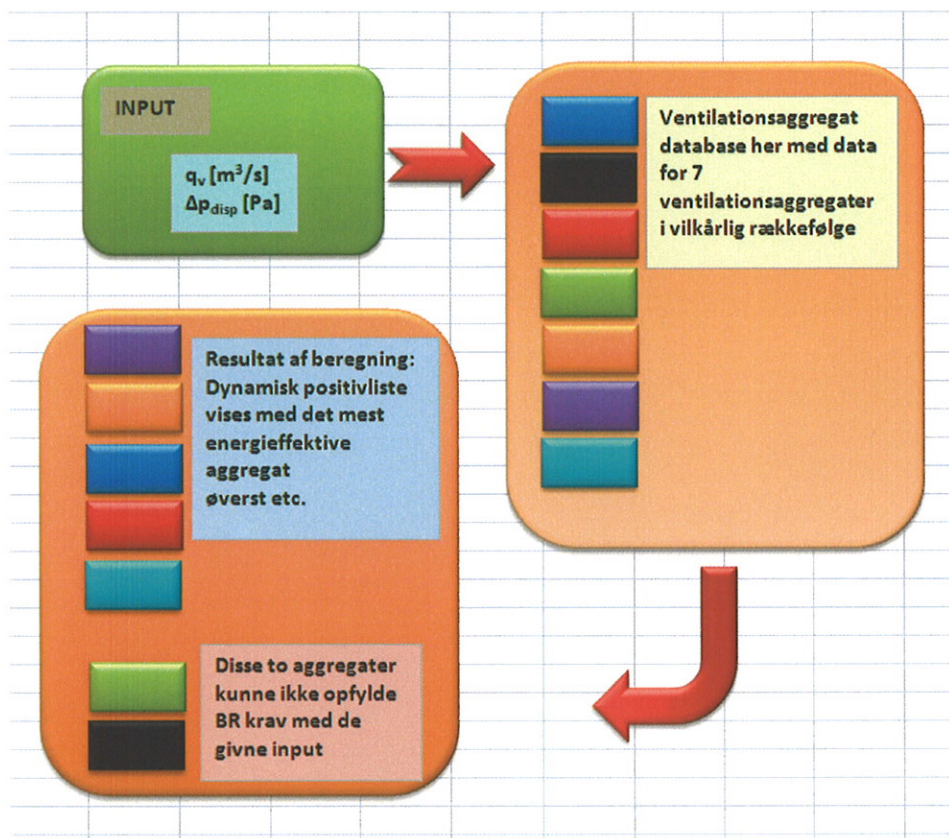
Brugere der ønsker at bruge positivlisten, skal under alle omstændigheder kende følgende vigtige størrelser i et ventilationsprojekt:

- den ønskede luftstrøm q_v udtrykt i [liter/s], [m^3/s] eller [m^3/h]
- det totale trykfald i kanalsystemet ved den pågældende luftmængde Δp udtrykt i [Pa]

Hvis man ikke har kendskab til disse størrelser, kan et fornuftigt ventilationsaggregat i sagens natur heller ikke vælges.

Den efterfølgende figur viser den principielle opbygning af *dynamisk positivliste*. Brugeren kommer med q_v og Δp som input. Programmet vil herefter søge alle ventilationsaggregater igennem i databasen og herefter udarbejde en rangordnet liste med de mest energieffektive ventilationsaggregater øverst og de dårligste nederst. Herforuden vil programmet også kunne frasortere ventilationsaggregater der med de givne input ikke kan overholde gældende bygningsreglement.

Det er hermed klart, at fx ventilationsaggregat type XXX-YYY ikke altid vil få den samme placering på listen i modsætning til en såkaldt 'statisk liste'.



Figur 8

I modsætning til køleskabe og lignende elforbrugende udstyr, hvor elforbruget er et fast tal, skal der ved valg af ventilationsaggregat (ventilationsanlæg) både oplyses den ønskede luftstrøm, og den nødvendige trykfyldelse.

Det bedste ventilationsaggregat i ét driftspunkt kan være mindre godt i et andet driftspunkt etc. I projektet er udviklet en metode til beregning af elforbruget i det aktuelle driftspunkt.

Eleffekten for en ventilator følger krumme flader og vridende flader: $W = f(q, \Delta p)$. Værdien af W kendes typisk kun i 15-20 punkter. Hvis navnlig q -variationen er større end en faktor godt 2, vil en plan interpolation give en fejl på over 10 %, og dette er ikke acceptabelt for positivlisten. Et analytisk udtryk af formen $W = (W_0 + c_{q1} * q + c_{q2} * q^2 + c_p * \Delta p)$ er typisk bedre, men kan ikke give tilfredsstillende nøjagtighed over det aktuelle variationsområde for positivlisten.

Flere analytiske udtryk af denne form kan ikke opdele området, da de giver unacceptable spring i grænsefladen.

Der er udviklet et regnearksprogram (1-generation) i Excel, polygonnet (1.generation) som for et ventilatordiagram kan give en 1- ordens tilnærmelse, hvis $q, \Delta p, SFP$ er kendt i godt op mod 20 punkter, og hvor målepunkterne er lagt hvor SFP -variationen er størst, gerne lagt på ventilatorkurver for samme omdrejningstal. Hver ventilator kræver sit eget regneark.

Bemærk at interpolation ikke er simpel. fx ligger SFP-værdien 1500 ikke på forbindelseslinjen midt mellem punkterne med SFP 1000 og SFP 2000

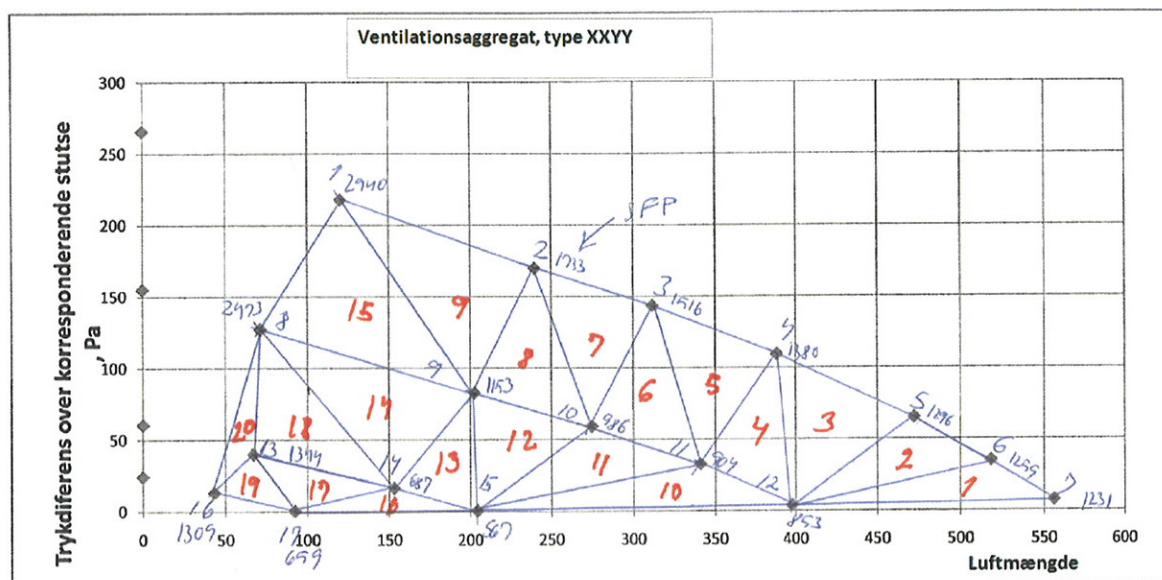
Den krumme flade tilnærmes lokalt med plane flader (trekanter), hvilket giver en forventet mindre afvigelse (afstand) mellem den krumme flade og den plane flade, størst længst fra målepunkter.

Dertil kræves en programfunktion, gerne et EXE-program gerne på internet, og som gennemgår alle arkene med de ønskede input, q_v , Δp og herudfra beregner el- og varmekonsum for alle indgående ventilatorer.

Der vil for ventilatorer kunne udvikles et regnearksprogram (2-generation) i Excel, hvor der kompenseres for den beregnede krumningsvariation, således at en bedre nøjagtighed kan forventes opnået.

Figur 9 med målinger af et ventilationsaggregat viser hvorledes Excel programmet opdeler arbejdsområdet i trekanter.

Ud fra et ønsket arbejds punkt (q_v og Δp) opnås i modsætning til 1-generationsprogrammet, en noget bedre nøjagtighed, da metoden arbejder lige godt uanset udseendet af de målte kurver.



Figur 9

De udviklede Excel algoritmer vil kunne implementeres i et internet baseret værktøj, hvis positiv listen skal være tilgængelig på internettet i analogi til andre sparelister under Dansk Energi.

6 Forslag til drift af positivliste

Selvom mange forskellige driftsformer kan komme i spil, vil den kommercielle form være mest aktuell og realistisk, idet offentlige drevne ordninger er følsomme overfor ændringer i finansloven, skiftende regeringer m.m. Succesen afhænger derfor meget af opbakning fra hele ventilationsbranchen og brancheorganisationen *Dansk Ventilation*.

Det er afgørende, at rådgivende ingeniører, arkitekter, energikonsulenter og andre brugere får tillid til troværdigheden af det tekniske indhold i positivlisten også blandt ventilationsfabrikanterne selv.

Den efterfølgende model er med baggrund i andre tilsvarende ordninger fundet fornuftig, som udspil:

- Alle ventilationsfirmaer med ventilationsaggregater på listen, betaler et årligt gebyr på XXX kroner. Dette gebyr dækker omkostninger til stikprøver, således at det enkelte firma ikke skal dække hele honoraret til testen. Herforuden dækker gebyret opdatering og drift af listen.
- De enkelte ventilationsfirmaer må gerne selv levere målte værdier på ventilationsaggregater (på samme form som den efterfølgende dataudskrift fra laboratoriet og efter det anbefalede testgrundlag listet i denne rapport) til videre forarbejdning af Teknologisk Institut eller lade Teknologisk Institut selv udføre hele testen mod betaling
- Teknologisk Institut udtager mindst to ventilationsaggregater til kontroltest pr. år eller svarende til omkring 20 % af de ventilationsaggregater på listen. Honoraret dækkes som sagt af summen af de årlige gebyrer.

Teknologisk Institut foretager målinger med en specificeret usikkerhed i henhold til de anvendte normer, standarder mm.

Et ventilationsaggregat der udtages til stikprøve, vil herefter få tildelt de nye målte værdier i det videre forløb på positivlisten. Er der stor negativ afvigelse mellem firmamålinger og målinger udført af Teknologisk Institut, kan firmaet enten sende et nyt tilsvarende ventilationsaggregat til ny test mod betaling. På positivlisten vil der stå: ”stikprøve målt og godkendt/dumpet”.

Hvis et ventilationsaggregat endeligt dumper på lækagetesten eller dele af den øvrige test, vil det stå skrevet på listen eller firmaet kan vælge selv at trække det ud af listen.

Eksempel på nødvendigt input til database er vist i det efterfølgende regneark undtaget data for den tørre temperaturvirkningsgrad, som skal være en funktion af volumenstrømmen. I eksemplet er der målt i 20 punkter (med flest punkter til 100 % og 75 % arbejdskurven). Det er Teknologisk Instituts erfaring med baggrund i mange indledende test, at man skal op på dette antal for at få en tilstrækkelig nøjagtig interpolationsberegning mellem arbejdskurverne.

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæsnings- luftstrøm, m ³ /h ref 20 °C | Trykdiffe- rens over korrespon- derende stutse for kold ind- blæsning | Varm udsug- ning (fraluft) m ³ /h ref. 20 °C | Trykdiffe- rens over korrespon- derende stutse for varm udsug- ningsluft | Totalt EL- energi- forbrug | SFP Specific el-effekt |
|---|--|---|--|--|----------------------------------|------------------------------|
| | [m ³ /h] | [Pa] | [m ³ /h] | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 0 | 272 | 0 | 260 | 81 | |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 241 | 170 | 238 | 170 | 115 | 1722 |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 308 | 145 | 315 | 142 | 131 | 1499 |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 390 | 109 | 387 | 110 | 149 | 1374 |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 472 | 65 | 473 | 65 | 170 | 1294 |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 516 | 33 | 519 | 37 | 181 | 1255 |
| Nilan komfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 560 | 0 | 552 | 15 | 190 | 1222 |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 0 | 159 | 0 | 152 | 47 | |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 72 | 130 | 71 | 124 | 49 | 2457 |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 204 | 84 | 201 | 82 | 65 | 1143 |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 277 | 60 | 272 | 58 | 75 | 978 |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 343 | 32 | 339 | 33 | 86 | 899 |
| Nilan komfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 396 | 4 | 399 | 4 | 94 | 850 |
| Nilan komfort 450 trin 2 ind_50 uds_49 | 0 | 63 | 0 | 59 | 24 | |
| Nilan komfort 450 trin ind_50 uds_49 | 66 | 40 | 67 | 41 | 25 | 1333 |
| Nilan komfort 450 trin ind_50 uds_49 | 152 | 14 | 154 | 19 | 29 | 684 |
| Nilan komfort 450 trin ind_50 uds_49 | 203 | -2 | 205 | 4 | 32 | 565 |
| Nilan komfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 0 | 27 | 0 | 22 | 16 | |
| Nilan komfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 44 | 13 | 43 | 14 | 16 | 1306 |
| Nilan komfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 91 | 0 | 93 | 2 | 17 | 652 |

Tabel 4. Tabellen viser de nødvendige data som firmaet skal sende til Teknologisk Institut, hvis firmaet selv vil udføre testen. Herforuden skal firmaet levere data for vekslervirkningsgraden ved forskellige luftmængder.

Med baggrund i det i rapporten udviklede testgrundlag og forslag til udseende af dynamisk positivliste, vil det beskrevne oplæg til drift af ordning efterfølgende blive drøftet med brancheforeningen *Dansk Ventilation*.

7 Diverse PR artikler, infotræf, temadage

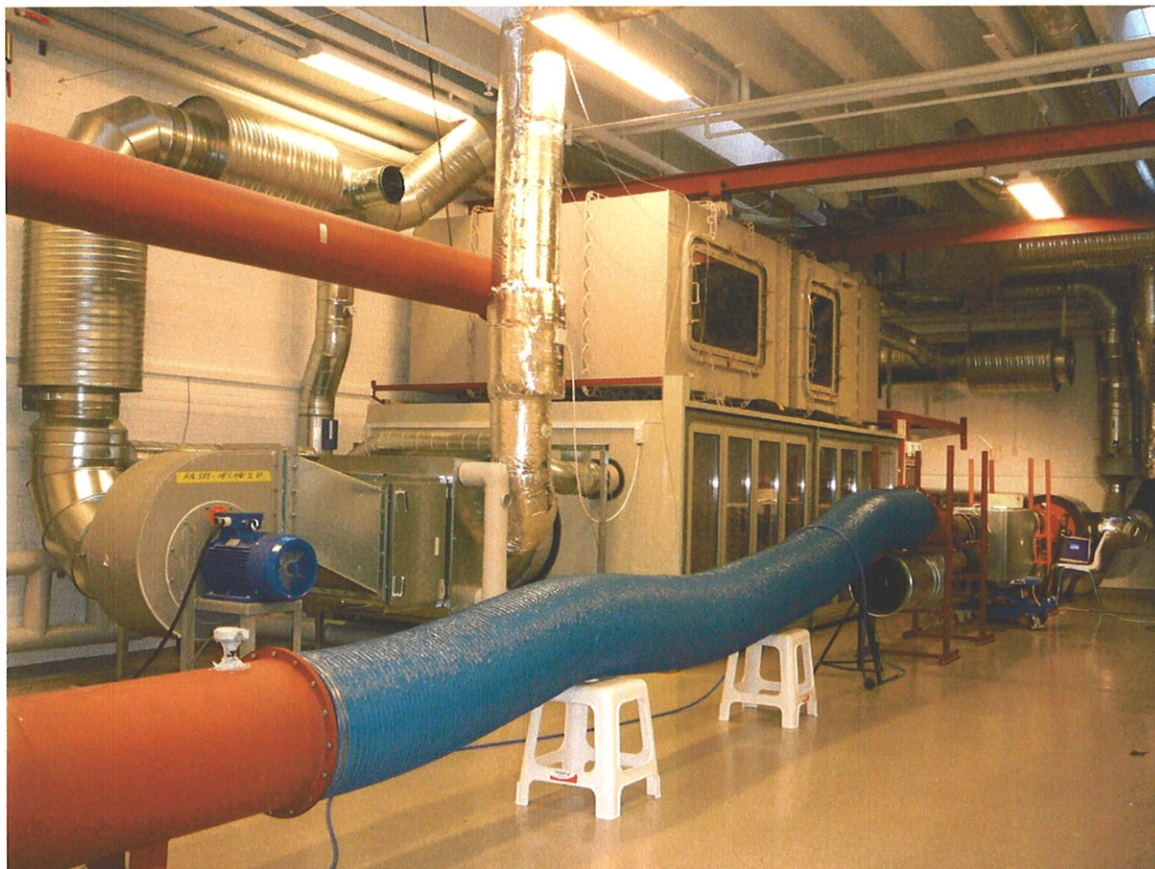
- Uddrag af fremsendt brev inden individuelle møder med ventilationsfabrikanter
- Artikel i Dansk VVS nr. 9, 2006: "Skærpede energikrav vil fremme mekanisk ventilation"
- Indlæg på Infotræf i Dansk Ventilation, HVAC nr. 5, 2007: "Dansk Ventilation har fuld fart på" og Power point præsentation
- Artikel i HVAC nr. 5, 2007: "Prototypeløsninger på ventilationsaggregater".
- Indlæg på Danske Køledage, 2007: "Hvilke tekniske udfordringer er aktuelle indenfor ventilationsteknik?" (skriftligt materiale og PowerPoint præsentation)
- Temadag på Teknologisk Institut, oktober 2009: "Temadag om ventilation og varmepumper".

Dette PR materiale mm. er placeret bagerst i denne rapport, det vil sige efter sidste bilag.

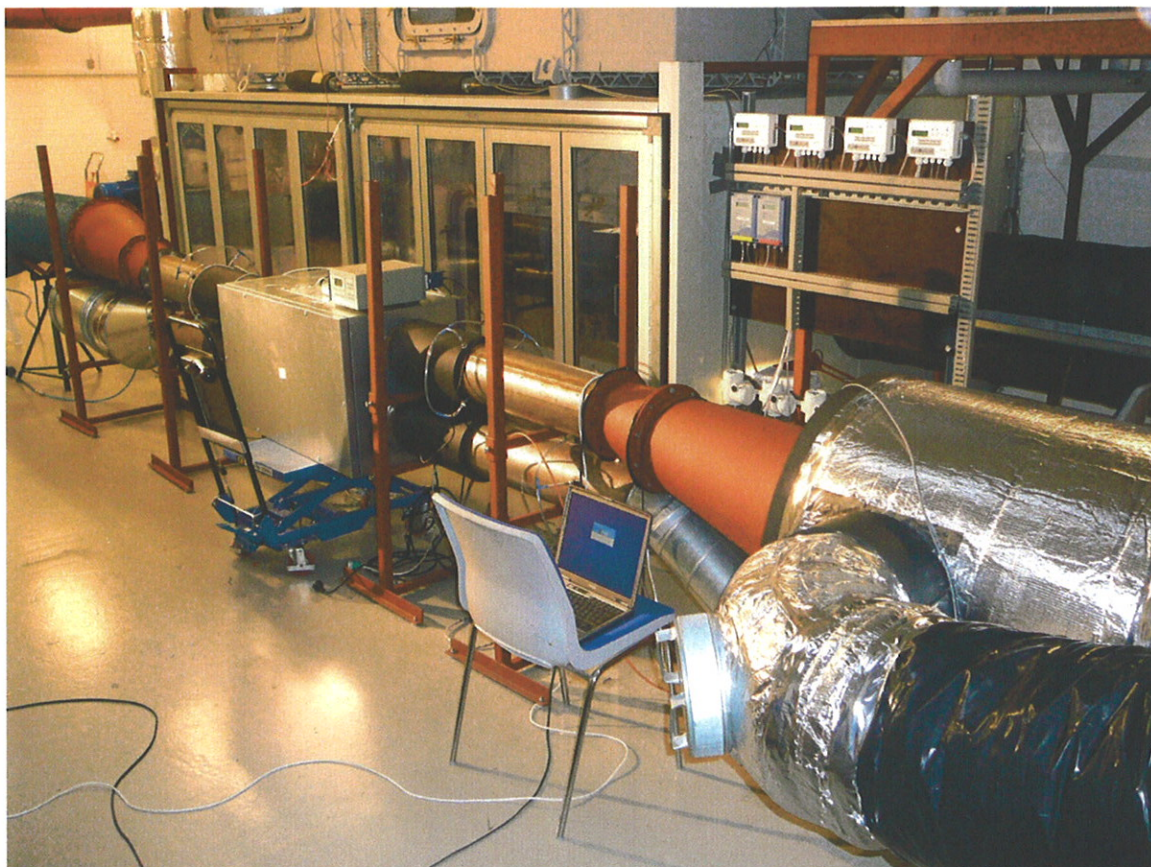
Bilag 1 – Beskrivelse af det nye laboratorium for test af ventilationsaggregater

Det nye state-of-the-art testlaboratorium består overordnet af en luftcirkulerende 'kold' side og en luftcirkulerende 'varm' side. Der kan uanset årstid skabes tør luft ved 25 grader C og kold luft ved 5 grader C.

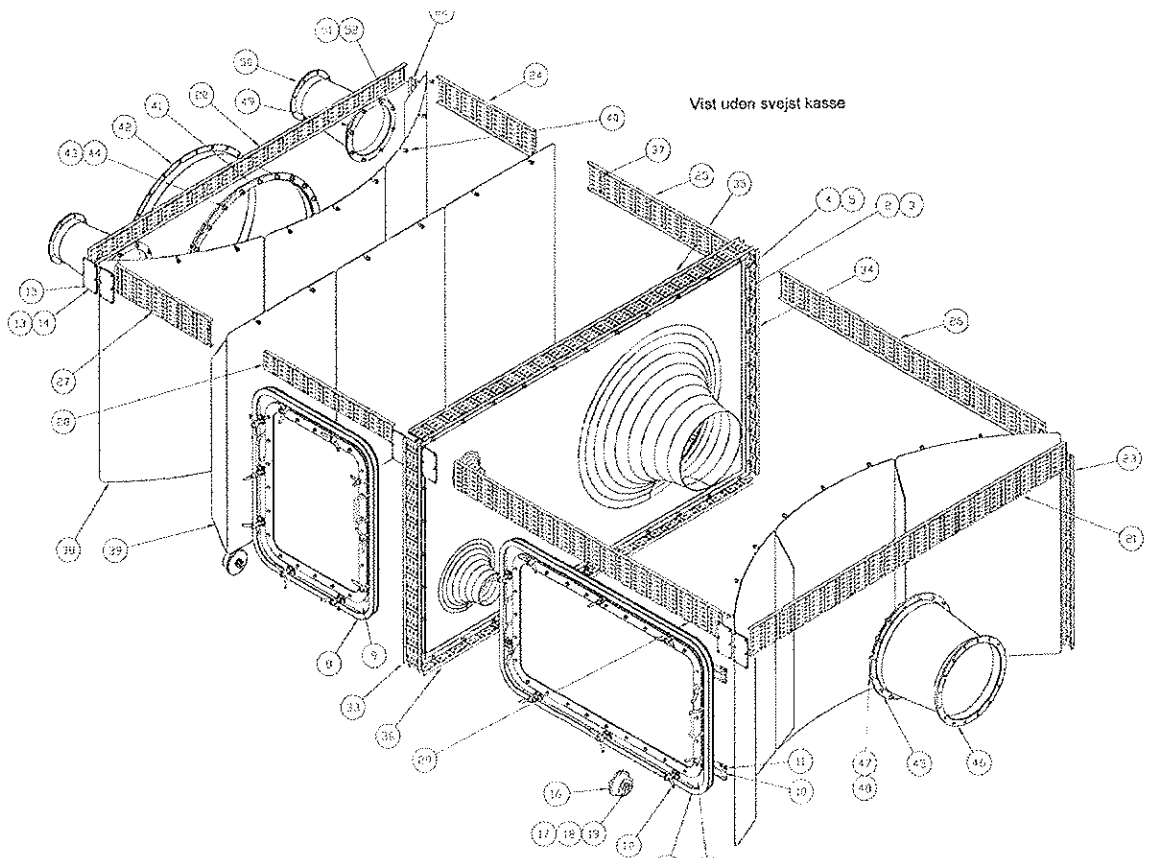
Måling af luftstrømme foregår vha. dyser placeret i de to målekamre i henhold til ISO 5801. De to mobile kamre er placeret ovenpå hinanden som vist på billedet.



Billedet viser det omfattende udstyr til måling på ventilationsaggregater. Midt på billedet ses de to kamre med indbyggede måledyser. Venturi måledyser har i henhold til ISO 5801 en metodeusikkerhed på knap 1 %.



Midt på billedet ses et ventilationsaggregat placeret i testopstillingen. Bemærk på billedet fire tilslutningskanaler med indbyggede trykudtag. Indeni er placeret temperaturmålekryds der sikrer en korrekt midlet temperaturmåling, da krydsene er placeret i de samme punkter som ved en lufthastighedsmåling efter traverseringsmetoden.



Skitsefiguren viser det indre af en målekasse. Til venstre ses tilgangskanaler, midt i kassen indløbsdyser og til højre afgangskanalen.



Billedet viser noget af det omfattende måleudstyr. Her ses 14 trykmålere, 2 fugtighedsmålere, 4 spjældregulatorer, her til kommer et barometer, ca. 40 temperatursensorer, 3 elmålere og 1 affugter. Alle målere har forbindelse til LabView programmet.

PRØVEBESKRIVELSE

Lækagetesten er opdelt i en test af aggregat med varmeveksler som er opdelt i regenerative og rekuperative.

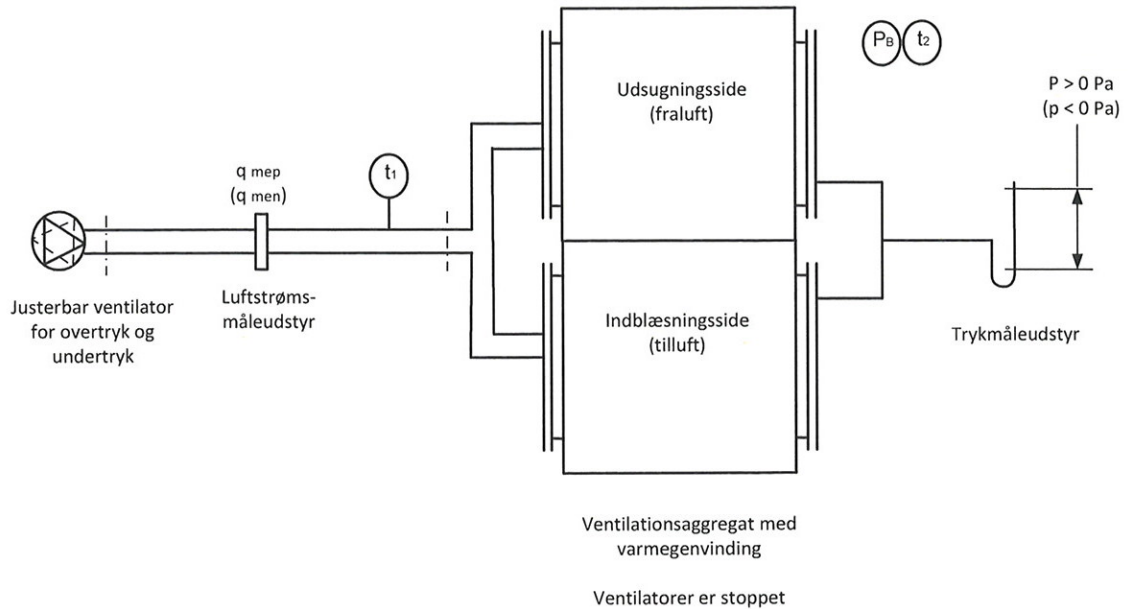
For alle test gælder, at lækagen ikke må være større end 3 % og hvis dette krav ikke overholdes, stoppes testproceduren. Kravet er vigtigt, da man i modsat fald kan få en upålidelig måling på temperaturvirkningsgraden af varmeveksleren.

INTERN- OG EKSTERN LÆKAGE

Ekstern lækage

Den eksterne lækage testes ved over- og undertryk der omfatter luftudvekslingen mellem den indvendige side og omgivelserne. Testen bestemmer om lækagekravet kan overholdes ved de ønskede trykdifferenser i henhold til DS / EN 308 og ISO 5801. De interne ventilatorer var slukkede under testen.

Måleopstilling for ekstern lækage



| Målepunkt | Måletype | Følertype | Signal |
|--------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| q_{mep} | Luftstrøm | Gasmåler | |
| t_1 | Temperatur lækageluft | Termotråd | Modstandsmåling |
| ΔP_1 | Differenstryk | Tryktransmitter | Spænding |
| t_2 | Omgivelsestemperatur | Termotråd | Modstandsmåling |
| p_B | Barometertryk | Elek. barometer | Spænding |

Tabel for ekstern lækage

Målepunkter

Målepunkterne er udført ved følgende trykdifferens 100, 200 Pa.

Beregning

$$x = \frac{\frac{V_{\text{målt}}}{t_{\text{målt}}} \cdot 3600}{q_{mn}} \times 100 \% \leq 3 \%$$

x er lækagen i %

$V_{\text{målt}}$ er målt volumenstrømme [m^3]

$t_{\text{målt}}$ er den målte tid [sek.]

q_{mn} er den nominelle luftstrøm ifølge fabrikanten [m^3/h]

Antal målinger: 30

Måleinterval: 30 sek.

Intern lækage

Den interne testprocedure for varmevekslere opdeles i en for rekuperative, fx modstrømsvekslere og en for regenerative, fx roterende veksler.

I henhold til DS/EN 308 skal prøvetrykket til et system være afhængig af aggregatets statiske tryk på henholdsvis 250 Pa (enfamiliehus) og 400 Pa (store ejendomme fx kontorbygning).

Ved statisk tryk på 250 Pa skal prøvetrykket være 100 Pa på overtrykssiden og 0 Pa på undertrykssiden.

Ved statisk tryk på 400 Pa skal overtrykket være ca. 250 Pa og undertrykket 0 Pa.

Rekuperative

Testproceduren er ens for alle aggregater med rekuperative varmevekslere. Den interne lækage omfatter luftoverføring mellem udsugnings-/afkastsiden og indblæsnings-/indtagsiden. Udsugnings-/afkastsiden bliver sat under tryk og trykdifferensen mellem indtag- og indblæsningssiden og omgivelser skal holdes på konstant 0 Pa.

Testen bestemmer lækageluftstrømmen i indtag-/indblæsningssiden ved de 0 Pa i trykdifferens. De interne ventilatorer skal være stoppet.

Lækage for regenerative vekslere

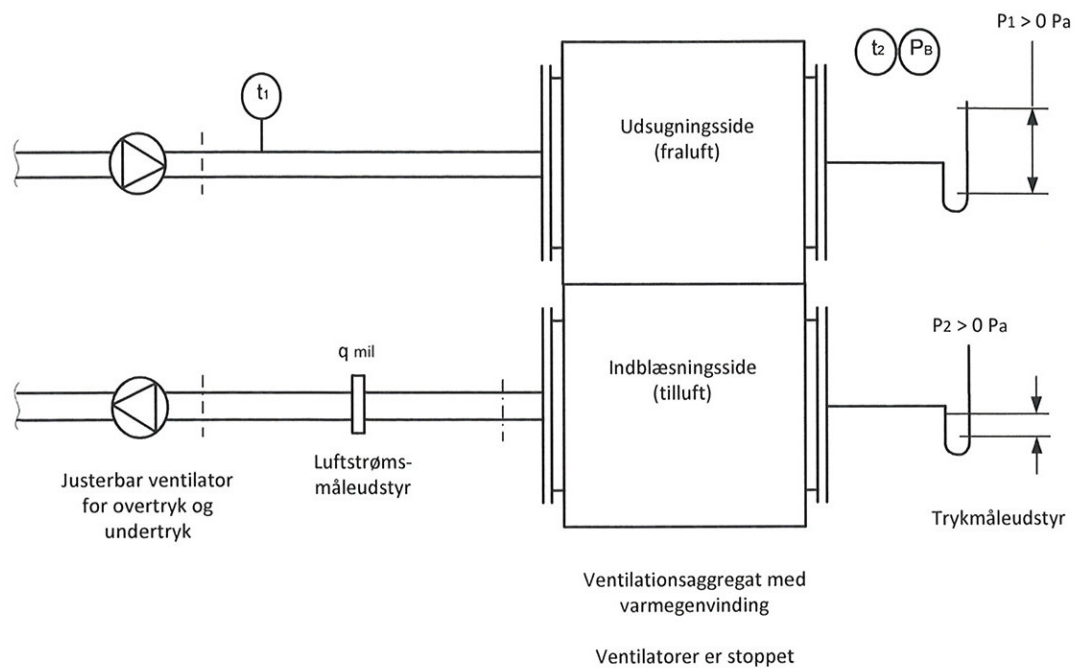
Ekstern lækage er som for rekuperative vekslere.

Trykdifferensen mellem indblæsningskanal (husside) og udsugningskanal husside = ΔP_{22-11} skal ligge mellem 0 og 20 Pa. Sporgassen skal tilføres i mindst 4 punkter over tværsnittet, gerne mindst 15 x kanaldiameter før anlæg og gerne før flere 90° bøjninger for at opnå tilfredsstillende opblanding.

Hvis carry over (overført lækage) overstiger 3 % af den nominelle luftstrøm skal trykdifferensen ΔP_{22-11} søges justeret og værdien bestemmes. Hvis dette ikke er tilstrækkeligt skal ventilationsanlægget ændres. Faktorer som renblæsningszonens størrelse og rotorens omdrejningstal og pakninger mv. kan være parametre der skal ændres på.

Den interne lækagetest (carry over) for alle aggregater med regenerative varmevekslere testes med sporgas tilført udsugningssektionen og som skal foretages mens den roterende veksler og ventilator på indtags-/ indblæsningssiden og udsugnings-/ afkastsiden er tændt.

Måleopstilling for intern lækage



P_2 skal indjusteres til værdien nul (0).

| Målepunkt | Måletype | Følertype | Signal |
|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| q_{mil} | Luftstrøm | Gasmåler | |
| t_1 | Temperatur | Termotråd | Modstandsmåling |
| ΔP_1 | Differenstryk og lækage | Tryktransmitter | Spænding |
| ΔP_2 | Differenstryk for omgivelser | Tryktransmitter | Spænding |
| t_2 | Omgivelsestemperatur | Termotråd | Modstandsmåling |
| P_B | Barometertryk | Elek. barometer | Spænding |

Tabel for intern lækage

Målepunktet er udført ved et differenstryk på 100 Pa (enfamiliehuse) og 250 Pa (store ejendomme)

Beregning

$$x = \frac{V_{\text{målt}} \cdot 3600}{t_{\text{målt}} \cdot q_{\text{mn}}} \times 100 \% \leq 3 \%$$

x er lækagen i %

$V_{\text{målt}}$ er målt volumenstrømme [m^3]

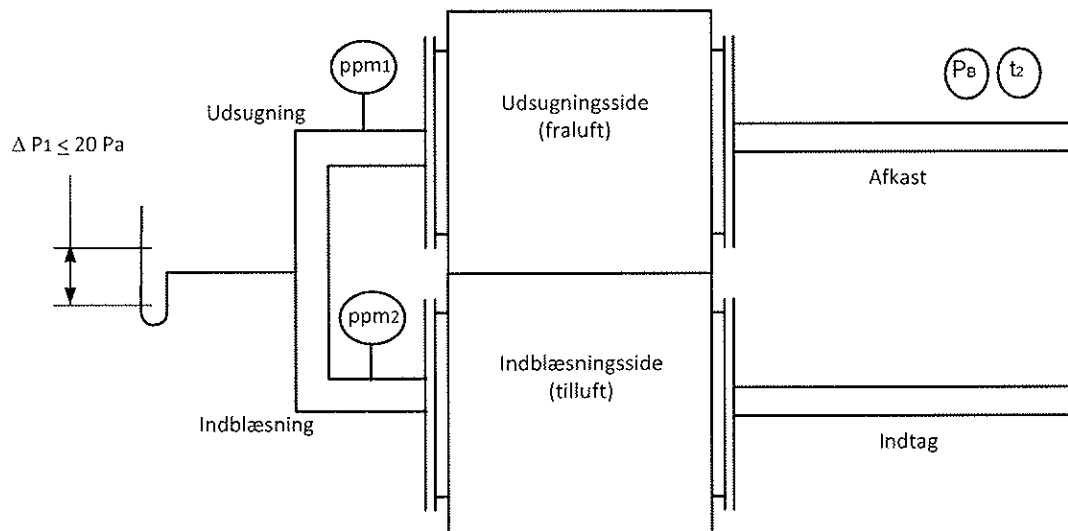
$t_{\text{målt}}$ er den målte tid [sek.]

q_{mn} er den nominelle luftstrøm ifølge fabrikanten [m^3/h]

Antal målinger: 30

Måleinterval: 30 sek.

Måleopstilling



| Målepunkt | Måletype | Følertype | Signal |
|------------------|---|-----------------|----------------|
| ppm ₁ | Gaskoncentration | Gasmåler | Puls |
| ppm ₂ | Gaskoncentration | Gasmåler | Puls |
| t ₁ | Temperatur | PT100 | Modtandsmåling |
| ΔP ₁ | Differenstryk mellem indblæsning og udsugning | Tryktransmitter | Spænding |
| t ₂ | Omgivelsestemperatur | PT100 | Modtandsmåling |
| P _B | Barometertryk | Elek.barometer | Spænding |

Tabel for intern lækage

Målepunkt

Målepunktet er udført ved en trykdifferens på mellem 0-20 Pa.

Beregning

$$x = \frac{a_{22} \cdot 3600}{a_{11} \cdot q_{mn}} \times 100 \% \leq 3 \%$$

x er lækagen i %

a₂₂ er den målte sporgaskoncentration i afkastsiden [ppm]

a₁₁ er den målte tid [sek.]

q_{mn} er den målte sporgaskoncentration i friskluftsiden [ppm]

Antal målinger: 30

Måleinterval: 30 sek.

LUFTEKNISK TEST

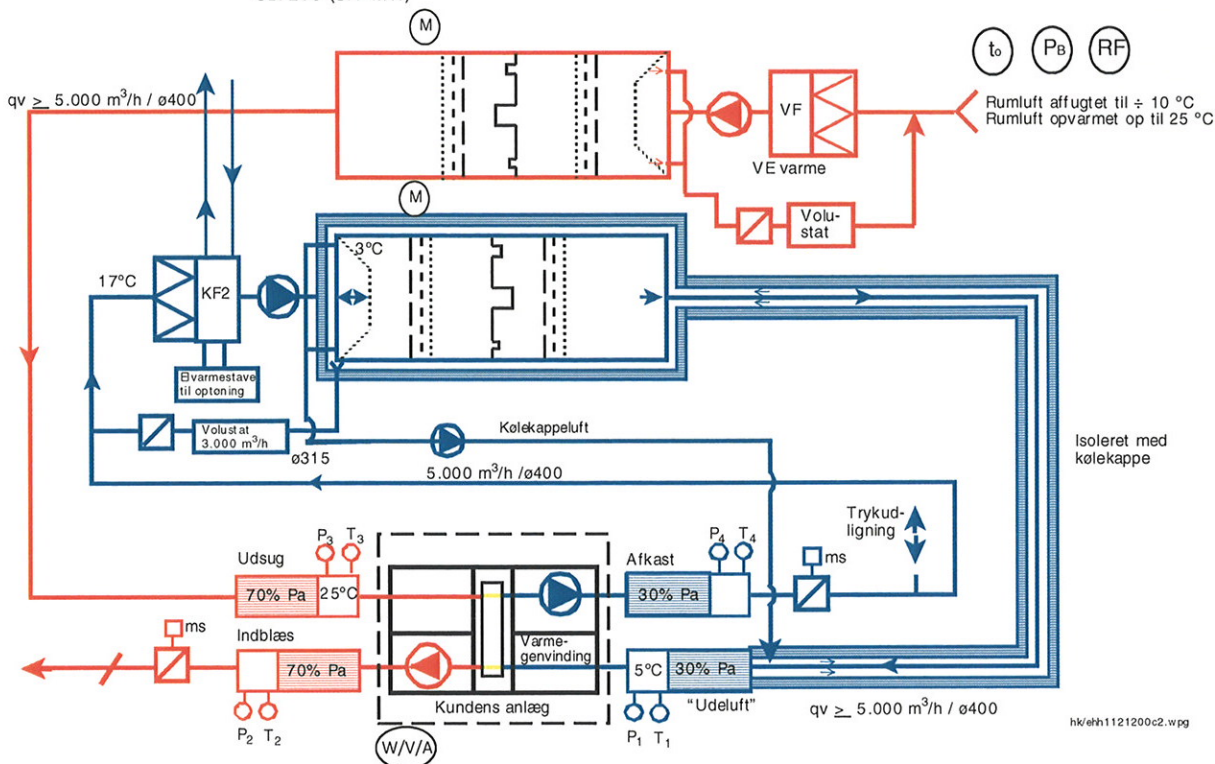
Kapacitetstest

Ved en kapacitetstest bliver ventilatorkarakteristikken vist ved forskellige omdrejningstal som funktion af luftstrøm og tryk for indblæsnings- og udsugningsventilator. Ved hjælp af spjæld bliver kanalmodstanden indstillet. Der vil også indgå en SFP-kurve i ventilatorkarakteristikdiagrammet.

Termodynamisk test

Ved en termodynamisk test bliver varmevekslerens temperaturvirkningsgrad målt.

Test anlæg i henhold til: EN308 (VGV+ lækage)
ISO 5801 (Luftteknisk)
SBI 213 (SFP mv.)



Opstart

Som det første ved kapacitetstesten skal varme- og kølekredsen startes op således at varme- og køleflade er klar til brug og affugtning af laboratoriet er ligeledes igangsat.

Herefter skal anlægget integreres i prøvestanden. Ud fra dimensionerne på ind- og udløb på aggregatet vælges målerørene. Målerørene er med indbyggede temperaturfølere og trykudtag, udført efter ISO5801, og påsættes direkte på aggregatet og er forbundet til prøvestanden.

Ud fra aggregatets størrelse vælges den egnede venturi dyse ved de første målinger af selve prøvningen, der bruges som regel to forskellige dyse til en kapacitetsmåling. De ubenyttede dyser spærres af med en oppustelig højtryks gummibold.

Aggregatet forsynes med spænding via effektmåleren og hjælpeventilatorerne startes op og indstilles således at de kan styres via LabView, det er nu muligt at indregulere aggregatet således at de to luftstrømme er balanceret. Balanceret luftstrømme vil sige, at der ikke er en større forskel end 3 % mellem de to massestrømme og den indbyrdes trykdifferens ikke er større end ca. 5 %, denne balance indreguleres ca. midt i ydelsesområdet. Dette gøres ved at regulere på ventilatorernes omdrejningshastighed med det til aggregat tilhørende styringspanel.

Den specifikke prøvning registreres i LabView og når varme- og kølekredsen er klar og laboratorietemperatur og fugtighed ligger inden for de gældende krav i henhold til DS/EN 308, kan prøvningen starte.

Målte størrelser

| | |
|-------------------|-------------------|
| Luftstrøm | m ³ /s |
| Trykdifferens | Pa |
| Lufttemperatur | °C |
| Relativ fugtighed | % RF |
| Lufttryk | mbar |
| Effekt | W/V/A |

Tabel for luftteknisk test.

| Målepunkt | Måletype | Følertype | Signal |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|
| M | Luftstrøm | Tryktransmitter | Spænding |
| P₁ til P₄ | Differenstryk | Tryktransmitter | Spænding |
| t₁ til t₄ | Temperatur | PT100 | Modstandsmåling |
| t₀ | Omgivelsestemperatur | PT100 | Modstandsmåling |
| W | Effektmåling | | |
| P_B | Barometertryk | Elek. barometer | Spænding |
| RF | Relativ fugtighed | Hygrometer | Spænding |

Tabel for lufttekniske målinger

Målepunkter

Det første der gøres er at skabe 0-flow således at de maksimale trykdifferenser over henholdsvis friskluft/indblæsningssiden og udsugs/afkastsiden findes, dette sker ved at sætte et stort tryk over reguleringsspjældene, således at kanalerne lukker fuldstændig. Hvis de ikke kan skabe et 0-flow, blændes afkast- og indblæsningskanalen med en endebund. Når maks. differenstrykket er fundet, er det muligt at danne det overblik over målepunkterne, ud fra netop differenstrykket. Det er også en mulighed at starte med at finde de maksimale luftstrømme og dermed mindste trykdifferens.

Der bliver først opmålt når aggregatet kører jævnt fordelt over kurven på det højeste trin, der er typisk 3-4 trin på et aggregat. Der bliver normalt taget ca. 7-8 målepunkter for fuld opmåling af ydelsen på højeste trin, lidt færre målepunkter på næst højeste trin osv.

Hvert målepunkt har en varighed på 3 minutter og i denne periode bliver data samlet hvert sekund og først midlet over 10 sekunder, dette giver 18 midlede logninger af hver målt værdi, disse 18 logninger bliver igen midlet i det endelige dataark.

Termodynamisk test

Der er følgende krav til friskluft og udsugningsluftstrømme i henhold til DS/EN 308 til et gyldigt målepunkt.

- Massestrømmene må ikke afvige mere end 3 %
- Der skal være en temperaturdifferens på mindst 20 °C mellem udsugnings- og friskluft-temperaturen
- Frisklufttemperaturen skal ligge mellem -12 og 5 °C, Teknologisk Institut bruger 5 °C
- Udsugningstemperaturen skal være over 25 °C
- Forskellen mellem trykdifferensen for henholdsvis friskluft/indblæsning og udsug/afkast over aggregatet må ikke afvige mere end 10 % (fastsat af Teknologisk Institut)
- Ved opmåling af temperaturvirkningsgrad og regenerative aggregater, skal trykdifferensen over indblæsnings- og udsugningssiden ligge mellem 0-20 Pa eller på en værdi der sikrer en carry over på højst 3 %
- Energibalancen mellem tilført og optaget energistrøm, skal være 1 indenfor en tolerance på ± 5 %.
- EN308: Energibalancen forudsætter at ventilatorerne sidder adskilt fra veksleren. Da dette ikke er tilfældet i praksis og lækager forekommer, vil de to temperaturvirkningsgrader afvige fra hinanden

$$\eta_{t_2} = \frac{(t_{22} - t_{21})}{(t_{11} - t_{21})}$$

$$\eta_{t_1} = \frac{(t_{11} - t_{12})}{(t_{11} - t_{21})}$$

Det bedste estimat for temperaturvirkningsgraden η_{t_2} der referer til opvarmning af den holde luftstrøm, vil da kunne beregnes ud fra middelværdierne af η_{t_2} og η_{t_1} .

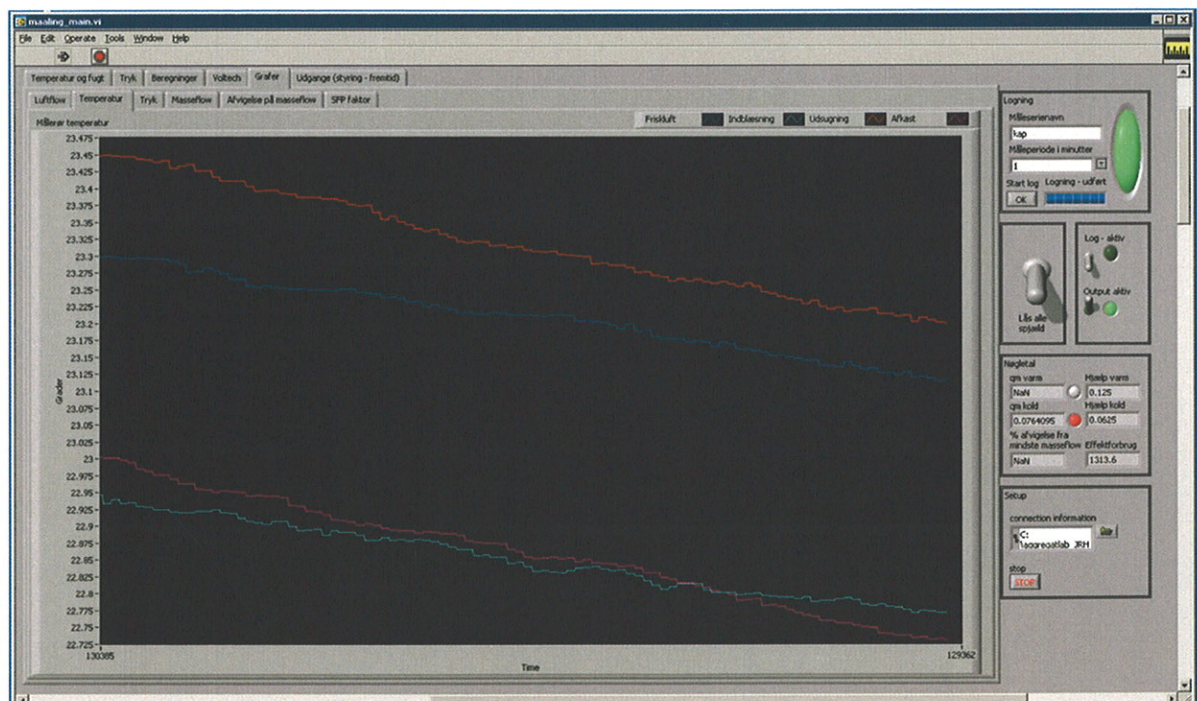
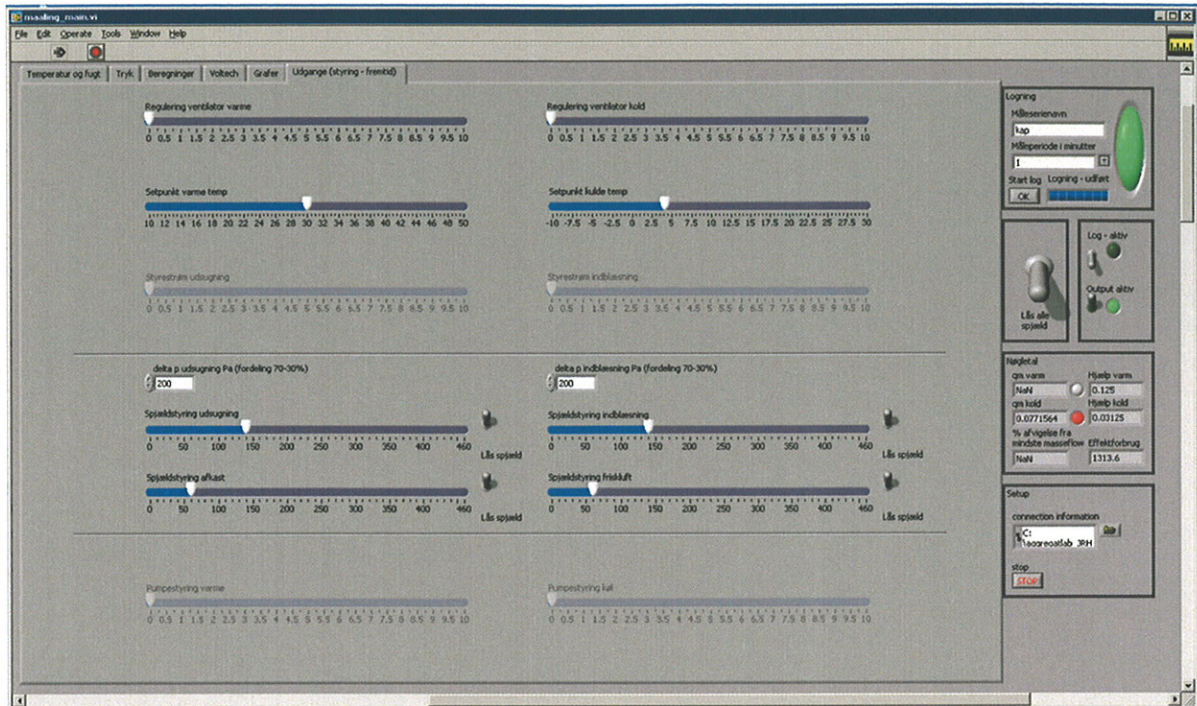
Målestørrelser

| Udelufttemperatur °C | M ₁ m ³ /s | M ₂ m ³ /s | M ₃ m ³ /s |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| -3 | η_T | η_T | η_T |
| +5 | η_T | η_T | η_T |
| +10 | η_T | η_T | η_T |

Tabel for termodynamiske målinger

De efterfølgende LabView billeder viser den måletekniske opstilling vist på PC skærmen. Herved kan primære variable som luftmængder, temperaturer, tryk hurtigt indstilles samti-

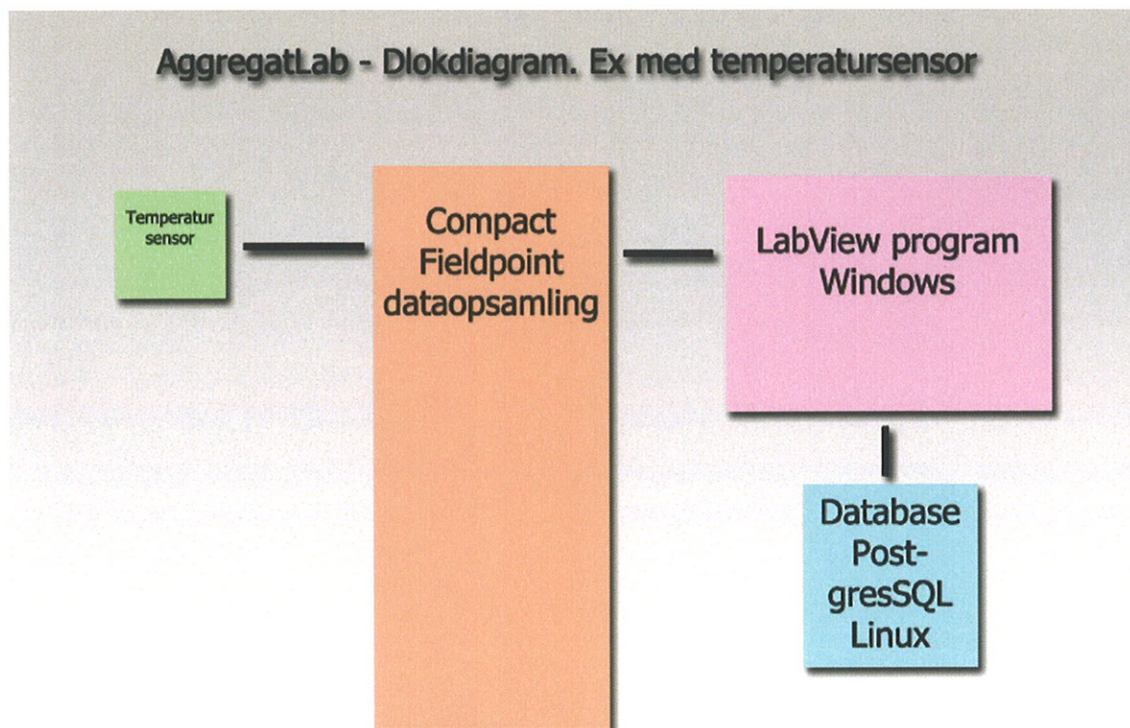
dig med at sekundære variable som effekt, virkningsgrad, trykstigning etc. hele tiden også vises på skærmen.



Det efterfølgende diagram beskriver dataflow fra sensor til database.

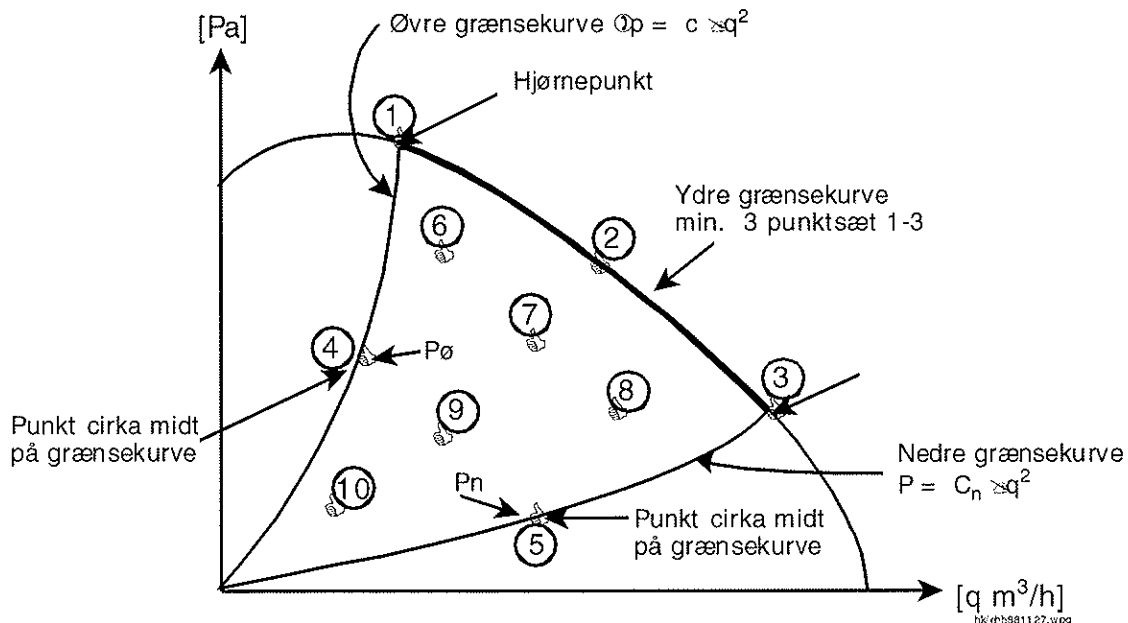
Alle sensorer er forbundet direkte til Compact Fieldpoint'en fra National Instrument. Lab-view programmet aflæser alle sensorer hvert sekund og laver en middelværdi hvert 10. se-

kund. LabView programmet sender de rå værdier til databasen. Databasen indeholder kalibreringscertifikater, som udregner den kalibrerede værdi og gemmer værdien.



BILAG 2 – Matematisk behandling af rådata målinger – eksempel

ØP over korresponderende stutse helst indblæsning



Der ønskes mindst 10 punkter på ventilatorens arbejdsdiagram

| Ønsket punkt-placering | q_1 | ΔP [Pa] | SFP eller W optaget i alt for 2 ventilatorer + elektronik |
|--|---|---|--|
| 3 punkt sæt på ydre kurve heraf 2 hjørnepunkter | q_1 q_2 $q_3 \dots$ | Δp_1 Δp_2 $\Delta p_3 \dots$ | W_1 eller SFP_1 W_2 eller SFP_2 $W_3 \dots$ eller SFP_3 |
| 2 parabel- støt- tepunkter P_\emptyset og P_n , og 5 indre punkter punkterne bedes indsættes i excel regneark og returneret til Teknologisk Institut | q_\emptyset q_n $q_6 \dots$. . q_{10} | p_\emptyset p_n $p_6 \dots$. . p_{10} | W_\emptyset eller SFP_1 W_n eller SFP_2 $W_6 \dots$. . W_{10} eller SFP_{10} |
| | | | Min 10 punkt sæt |

Kurvefit

Vi har målt data for sammenhængen mellem effekt, P , volumenstrøm, Q , og tryk, p . Der er målt i m punkter og resultaterne opstilles i søjlevektorerne

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Q} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_m \end{bmatrix}, \quad \mathbf{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_m \end{bmatrix}$$

Vi ønsker at finde en funktion $F^*(Q,p)$ som er en linearkombination af n funktioner $f_1(Q,p)$, $f_2(Q,p)$, ..., $f_n(Q,p)$ hvor $n < m$ således at kvadratsummen af residuerne minimeres.

Den søgte funktion $F^*(Q,p)$ kan skrives på formen

$$F^*(Q,p) = c_1 \cdot f_1(Q,p) + c_2 \cdot f_2(Q,p) + \dots + c_n \cdot f_n(Q,p) = \mathbf{f}\mathbf{c}$$

hvor $\mathbf{f} = [f_1(Q,p), f_2(Q,p), \dots, f_n(Q,p)]$ og $\mathbf{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}$.

Vi ønsker nu at bestemme \mathbf{c} så kvadratsummen af residuerne minimeres. Indføres matricen \mathbf{F} som er givet ved

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_1(Q_1, p_1) & f_2(Q_1, p_1) & \dots & f_n(Q_1, p_1) \\ f_1(Q_2, p_2) & f_2(Q_2, p_2) & \dots & f_n(Q_2, p_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(Q_m, p_m) & f_2(Q_m, p_m) & \dots & f_n(Q_m, p_m) \end{bmatrix}$$

bestemmes \mathbf{c} ved løsning af det lineære ligningssystem

$$(\mathbf{F}^T\mathbf{F})\mathbf{c} = \mathbf{F}^T\mathbf{P}$$

hvor \mathbf{F}^T er den transponerede matrix af \mathbf{F} .

Den mest komplicerede del af at lave et program som løser problemet, er at programmere en løser til løsning af lineære ligningssystemer.

Herunder er gengivet eksempel på programkode skrevet i scilab (gratis program kan hentes fra www.scilab.org) som har indbygget funktioner til løsning af lineære ligningssystemer. I programeksemplet tilpasses med en 2. ordens funktion hvor funktionerne er $f_1(Q,p)=1$, $f_2(Q,p)=Q$, $f_3(Q,p)=Q^2$, $f_4(Q,p)=p$, $f_5(Q,p)=p^2$ og $f_6(Q,p)=Q \cdot p$. R^2 i funktionen beregner R^2 -værdien for fittet.

Programkode i scilab:

```

function [c,Pfit,R2]=fitpower(P,Q,p)
//P Målt effekt som søjlevektor
//Q Målt flow som søjlevektor
//p Målt tryk som søjlevektor

//c Koefficienter til funktionen  $F=c_1*f_1+c_2*f_2+c_3*f_3+c_4*f_4+c_5*f_5+c_6*f_6$ 
//Pfit Beregnede funktionsværdier vha. fittet funktion
//R2

f1=1*ones(length(P),1);
f2=Q;
f3=Q.^2;
f4=p;
f5=p.^2;
f6=Q.*p;

F=[f1 f2 f3 f4 f5 f6];

c=(F'*F)\(F'*P);

Pfit=c(1)+c(2)*Q+c(3)*Q.^2+c(4)*p+c(5)*p.^2+c(6)*(Q.*p);

R2=1-sum((P-Pfit).^2)/sum((P-mean(P)).^2)

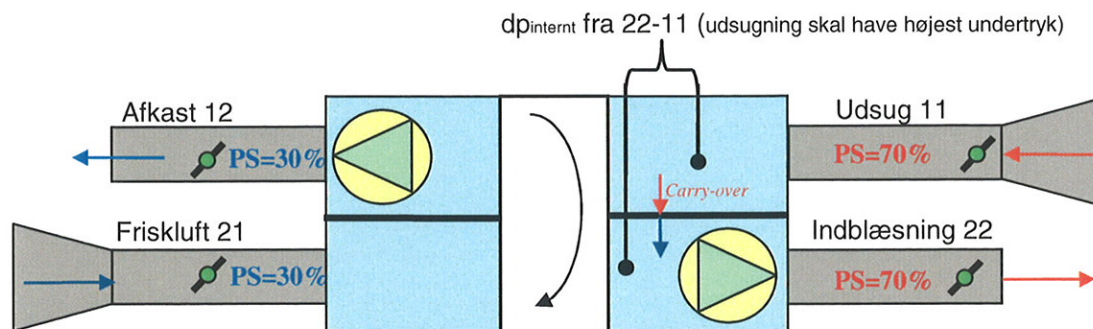
```

Bilag 3 – Procedure (specielt for ventilationsaggregater med roterende veksler)

Sporgasbaserede lækage/ carry-over afprøvning

Taleksemplerne i denne omfattende procedure svarer bedst til boligventilationsanlæg. Princippet gælder alle anlægsstørrelser.

Opstilling roterende veksler:



Opstilling generelt:

Ventilationsaggregat placeres på hæve/sænke bord.

Hvis aggregatet ikke opstilles i laboratoriet forsynes alle aggregatets kanaltilslutninger med kanaler med min 15 * kanaldiameter og forsynes med spjæld længst væk fra aggregat dvs. ved kanalernes ind/ udløb. På indblæsningssiden skal der være monteret ensretter før hastighedsmåling. Hastighederne/ flowet måles på alle 4 sider af aggregatet.

Referencen er indblæsnings- og udsugningssiden (og kontrol på frisklufts- og afkastsiden med traverserende måling pga. evt. lækage). Kontrollen fortages da lækagen ofte medfører uens luftstrømme på samme side (fx er frisklufts og indblæsnings -massestrøm ikke altid den samme selv om de burde være det)

Referencen er hussiden – dvs. der hvor luften leveres (passivhaus har friskluft og afkast som reference)

Måleprocedure:

0 – Indledning, find nominelt flow for aggregater

Nominelt flow skal iht. EN308 oplyses af producenten, men producenten ved det ofte ikke eller opgiver det maksimalt flow ved 0 Pa, dvs. som fritblæsende hvilket ikke er korrekt. Derfor er det valgt at TI definerer nominelt flow ved det flow der kan opretholdes ved SFP=1200 (BR08) og 100 Pa ved mindre aggregater (boligventilations-aggregater) og SFP=2500 og 250 Pa ved større VAV aggregater.

Nominelt flow anvendes til at beregne lækagen ud fra – jo større nominelt flow jo lavere beregnes lækage.

Sørg for at måle SFP til at begynde med fuldt åbne spjæld og nedjuster ventilatorerne på sjus til 1200 ved 100 Pa over aggregatet, ved maksimal opnåelig luftmængde (start med aggregatet på 100 % og køør nedefter). Hvis SFP ikke kan indstilles til under 1200 ved minimum 130 m³/h og 100 Pa (svarende til køkken + bad iht. BR08 = 126m³/h) kontaktes kunden, da prøvningen ikke kan foretages.

1 - Indstil 70/30

Efter nominelt flow er fundet, fordeles trykkene fra at være 100 % på udsugning og friskluftssiden til at være 70 % på hhv. indblæsning og udsugning og 30 % på friskluft og afkast. (Dette svarer til en lækagemæssig mere realistisk situation)

- Trykdifferens mellem kanal og laboratorium indstilles til henholdsvis +30 på afkast og -30 Pa på friskluft.
- Trykdifferens mellem kanal og laboratorium indstilles til henholdsvis +70 Pa indblæsning og -70 Pa på udsugning.
- De tilhørende massestrømme måles med hver sin lufthastigheds/ flow måler (ved opstilling uden for laboratoriet med indledende centermåling med hver sin TSI (lufthastighedsmåler), kontrolleret med traverserende måling, når endeligt punkt er fundet), ved måling i friskluft og udsugning. Hvis de to lufthastigheder er forskellige skal den højeste ventilator på kundens styrepanel justeres ned således at de to hastigheder/ flow bliver ens.
- Dernæst skal trykket over anlægget indstilles til 70-30 igen.

2 - Kontroller SFP = 1200 (inkl. rotormotor)

- Kontroller at SFP ikke overskrider 1200.
- Hvis SFP > 1200, nedjusteres ventilatorerne på kundens styring og punkt 1 gentages.

3 – Mål 70/30 lækage (TI lækage)

- Indblæsning 22 og afkast 12 skal blæse ind i en tragt som fører den sporgasforurenede luft til det fri. Luftgabemellem kanal og tragt skal være af en størrelse så den ikke influere målbart på trykket i kanal fra ventilationsaggregatet.
- Sporgas tilføres i udsug 11 via en fordeler ring med mindst 4 dyse punkter jævnt fordelt over lufttværnsnittet.

- Lækagen måles ved at tilføre sporgas i udsugningen og måle koncentrationen i hhv. referencen (afkast 12) og indblæsningen 22.
- Opmærksomheden henledes på, at Rosemount gasanalysator er ulineær og at kalibreringskurve skal anvendes med største nøjagtighed.
- Hvis laboratorieluften er blevet forurenet med sporgas skal dennes værdi fratrækkes referencen og indblæsningsværdien, inden lækageprocenten beregnes
- Ved roterende vekslere tager 70/30 lækagen ikke højde for de interne tryk i aggregatet og viser lækagen aggregatet vil køre med ude i "virkeligheden". 70/30 lækagen er ikke iht. EN308 hvor der kun måles Carry-over.

4 - Mål Carry-over 11-22 (fra udsugning 11 til indblæsning 22)

- Fortag samme foranstaltninger som punkt 3.
- Mål trykket inde i aggregatet mellem 22-11 = dp_{internt} ($dp_{\text{internt indblæsning}} - dp_{\text{internt udsugning}}$, hvor udsugningsundertrykket skal være størst) som skal ligge på 0 til +20 Pa iht. EN308. $SP_{\text{Teknologisk}}$ er defineret til at være 10 Pa.
- Hvis trykket i aggregatet mellem 22-11 er over +20 Pa eller under 0 (undertryk) justeres 70/30 forholdet:
 - Under 0 skal de 70 på udsugningssiden hæves ved at køre kundens anlægsstyring et trin op (det straffes med et større elforbrug). Trykket på afkastsiden skal holdes på 30Pa. Udsugningen og indblæsningens qv skal holdes ensartet indenfor 3%.
 - Over 20 omvendt
- Lækagen måles ved at tilføre sporgas i udsugningen og mål koncentrationen i hhv. referencen (afkast 12) og indblæsningen 22.
- Er Carry-over over 3 % gå til punkt 5.

5- kontrol af carry-over

- Kør udsugningen op på fx $dp_{\text{internt}} = 60 \text{ Pa}$ og mål carry-over. Denne værdi vil vise om der carry-over der ikke kan reduceres ved at hæve trykforholdene inde i aggregatet.
- EN308 forskriver, at hvis Carry-over er over 3 % ved $dp_{\text{internt}} = 20 \text{ Pa}$ skal dp_{internt} hæves indtil carry-over kommer under 3 % (vha. trykforholdene) – hvilket der skal køres videre med i kapacitetstestene. Det er Teknologisk Instituts erfaring at dp_{internt} kun sikrer, at der måles Carry-over. Er Carry-over over 3 % ved en dp_{internt} der ligger imellem 0-20 Pa vil det ikke ændre noget at hæve trykket – *der skal laves en ny og bedre renblæsningszone* – Ofte en større renblæsningszone. Det eneste det hjælper ved at hæve dp_{internt} er at den interne lækage gennem børster mv. evt. bliver en smule mindre. Denne lækage er normalt negligeret ved $dp_{\text{internt}} = 20 \text{ Pa}$ og det hjælper derfor meget sjældent på carry-over at hæve dp_{internt} .
- Derfor - Er carry-over ved $dp_{\text{internt}} = 50 \text{ Pa}$ over 3 % sendes aggregatet retur, eller der konstrueres en ny renblæsningszone i samråd med kunde, da EN308 ikke kan overholdes.

Bilag 4 – VGV forøgelse på grund af intern lækage

I dette bilag vurderes muligheden for at opnå ukorrekte målinger som følge af intern lækage.

VGV bliver målt højere end den egentlig er, hvis der er lækage mellem $q_{v\text{frisk}}$ og $q_{v\text{afkast}}$. Lækage mellem $q_{v\text{frisk}}$ og $q_{v\text{afkast}}$ måles ikke ved lækagemålinger.

Der er ikke taget højde for denne problemstilling i EN308 som absolut vil være værst med roterende vekslere.

Problemstilling er observeret i forbindelse med databehandling af de opmålte aggregater i projektet "Positivliste for ventilationsaggregater"

Der er derfor ikke foretaget de to nedenstående foreslåede lækagemålinger i projektet, men kun lækagemåling iht. EN308.

Varmegenvindingensprocenten er i projektet beregnet ud fra en målt udsuget varm massestrøm (q_{m1-1}) og en målt tilført kold massestrøm (friskluft) (q_{m2-1})

Eventuelle lækager i ventilationsaggregatet af de to andre luftstrømme q_{m1-2} (afkast) og q_{m22} (indblæsning) og dermed evt. uens luftstrømme er ikke medtaget. Problemstillingen er illustreret på nedenstående "tegneserie".

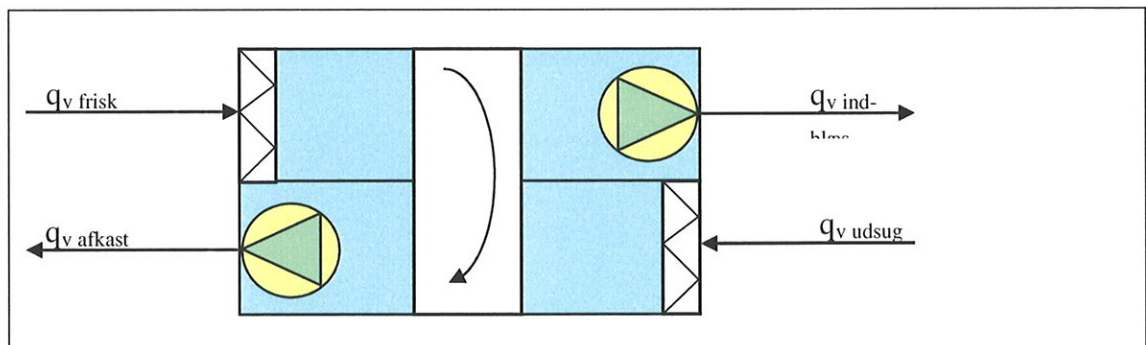


Fig. 1: Aggregat opstalt

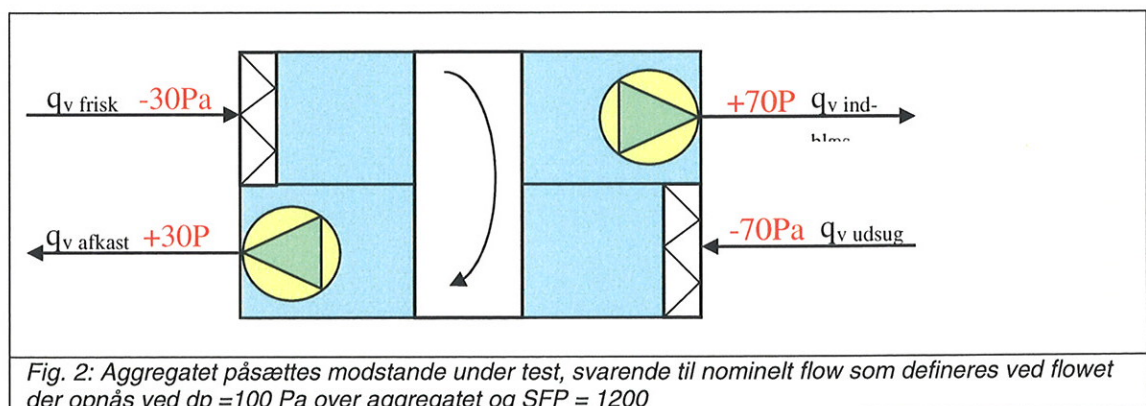


Fig. 2: Aggregatet påsættes modstande under test, svarende til nominelt flow som defineres ved flowet der opnås ved $dp = 100\text{ Pa}$ over aggregatet og $SFP = 1200$

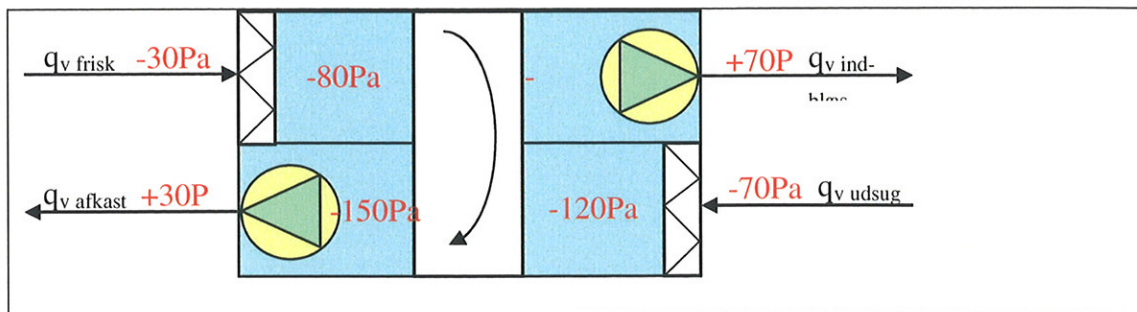


Fig. 3: Modstandene medfører ovenstående interne tryk (ved et tænkt eksempel med 50 Pa tryktab over filter og 30Pa over roterende VGV)

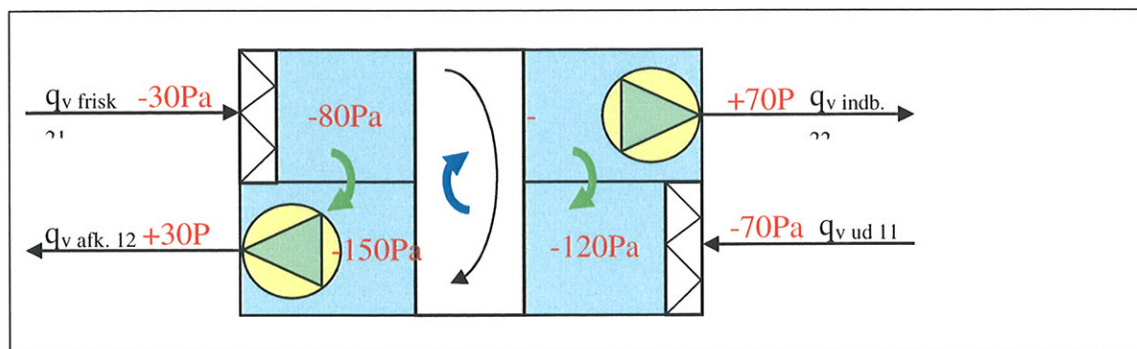


Fig. 4: De interne modstande giver anledning til lækage som markeret med de grønne pile og carry over som markeret med den blå pil. Lækagevejen er betinget af at EN308 overholdes og der opretholdes et undertryk i punkt A der ligger mellem 0-20Pa.

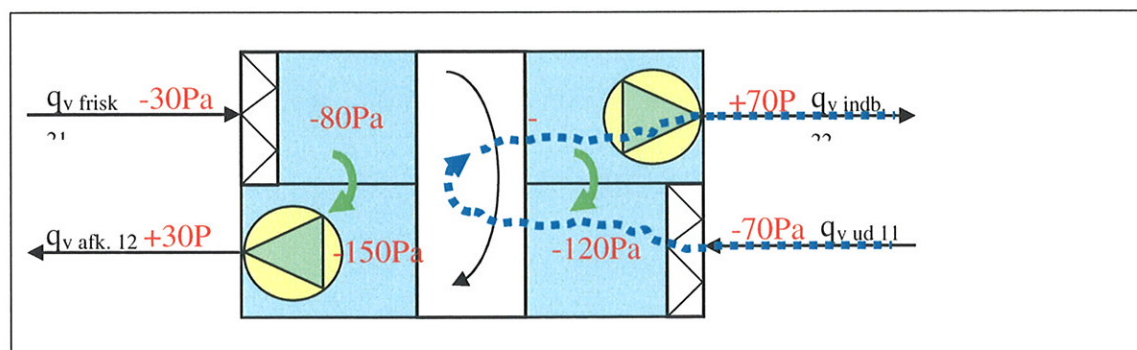


Fig. 5: Carry-over måles iht. EN308 ved at dosere sporgas i 11 og måle overføringen til punkt 22. EN308 tager ikke stilling til lækagen fra 22 til 11 og 21 til 12, som kan forbedre VGV-%, som beregnes ud fra massestrømme i punkt 21 og punkt 11 samt temperaturmålinger i 21, 22 og 11 samt kontrol temperaturmåling i punkt 12. Den målte VGV-% kan derfor blive bedre end den virkelig er, hvilket er illustreret på nedenstående figur.

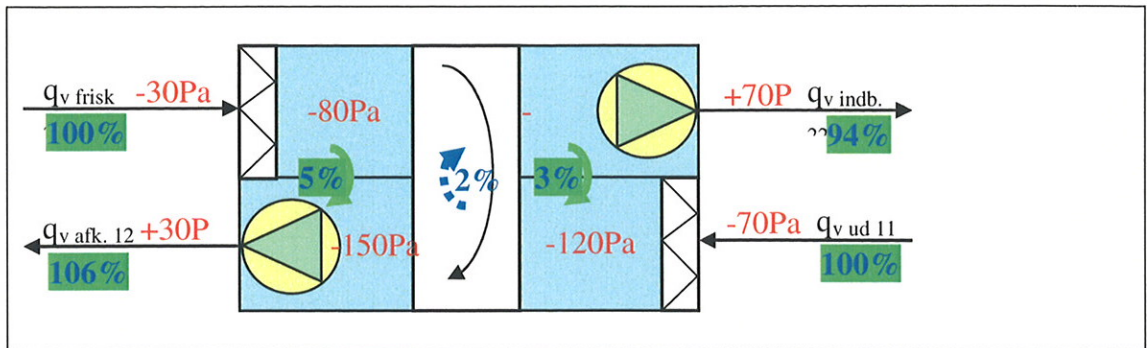


Fig. 6: $q_{v \text{ frisk } 21}$ måles til 100%.
 $q_{v \text{ indblæs } 22} = 94\%$.
 $q_{v \text{ indblæs } 22}$ formodes at være det samme som $q_{v \text{ frisk } 21}$, men pga. lækage fra 21 til 12 på og evt. fra 22 til 11 på samlet 8% falder denne luftmængde til kun 92%, den hæves dog en smule til 94% pga. 2% carry-over.
 $q_{v \text{ udsug } 11}$ måles til 100%.
 $q_{v \text{ afkast } 12} = 106\%$.
 Af samme årsager som $q_{v \text{ indblæs } 22}$ stiger $q_{v \text{ afkast } 12}$ til 106%

At $q_{v \text{ indblæs } 22}$ falder til 94% resulterer i at indblæsnings temperaturer bliver varmere end den ville være hvis der havde passeret 100% luft over veksleren. Ligeledes bliver afkasttemperaturen lavere pga. lækagen fra friskluftssiden. Begge parametre forbedrer VGV-%. Problemstillingen bliver ikke afhjulpet ved at måle alle 4 luftstrømme (21, 22, 12 og 11), da det ikke kortlægger hvordan luftstørmene i aggregatet fordeles. Ligeledes afslører en energibalace over aggregatet ikke problemstillingen, da indblæsningstemperaturen bliver højere og afkasttemperaturen bliver lavere – dvs. begge sider af energibalancen bliver rykket. Der bør derfor udføres 2 lækagemålinger hvor sporgas bliver tilført som anført nedenfor, hvilket også negligerer luftmængdemålinger på alle 4 sider.

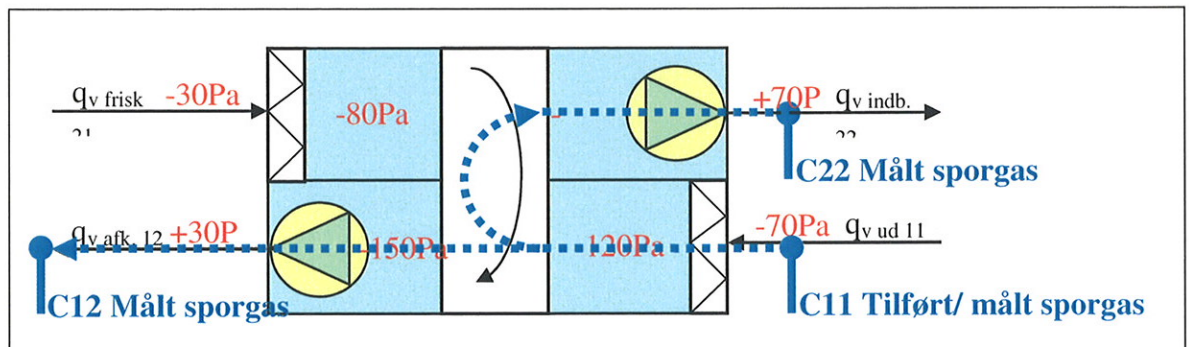


Fig. 7: Lækage/ Carryover måling A.
 Carry-over måling C22/C11 iht. EN308 samt måling af koncentration af sporgas (ppm) C12.

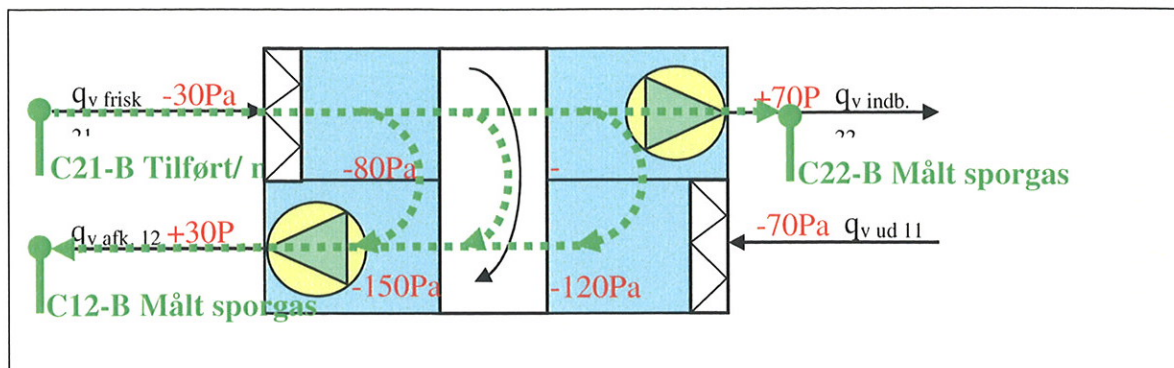


Fig. 8: Lækage/ Carryover måling B.

Lækagemåling A og B giver 2 ligninger med 2 ubekendte, når det formodes at samme målepunkt (q_v , P_s) kan opretholdes ved de to lækagemålinger.

På ovenstående figurer og i nedenstående beregning er:

A = Carry-over (og evt. lækage) fra uren (udsugning/afkast) til ren (indbæsning.+friskluft) i m^3/h (markeret på tegning med stiplede blå linjer).

B = Lækage (inkl. evt. Carry-over) modsat vej, fra ren til uren i m^3/h (markeret på tegning med stiplede grønne linjer)

$$C_{22} = \frac{C_{11}[\text{ppm}] \circ A \left[\frac{m^3}{h} \right]}{q_{v \text{ frisk } 21} \left[\frac{m^3}{h} \right] + A \left[\frac{m^3}{h} \right] - B \left[\frac{m^3}{h} \right]}$$

$$C_{12-B} = \frac{C_{21-B}[\text{ppm}] \circ B \left[\frac{m^3}{h} \right]}{q_{v \text{ udsug } 11} \left[\frac{m^3}{h} \right] + A \left[\frac{m^3}{h} \right] + B \left[\frac{m^3}{h} \right]}$$

Hertil kommer at:

$$q_{v \text{ indblæsning } 22} = q_{v \text{ friskluft } 21} - B - A \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$q_{v \text{ afkast } 12} = q_{v \text{ udsug }} + B - A \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Lækagemåling A og B bør foretages før enhver kapacitets og VGV opmåling.

I gennem kapacitets og VGV-målingen opretholdes forholdsmeæssigt samme trykfordeling i aggregatet, som der måles i lækagetestene, hvorved $q_{v \text{ indblæs } 22}$ og $q_{v \text{ afkast } 12}$, kendes ud fra de målte $q_{v \text{ frisk } 21}$ og $q_{v \text{ udsug } 11}$. VGV-% og q_v korrigeres iht. lækagemålingerne.

Bilag 5 – Udførte test af ventilationsaggregater i henhold til udviklet testgrundlag

Indledningsvis i forbindelse med opbygningen af de avancerede testfaciliteter er der gennemført mange afprøvninger over lang tid med det formål:

- At finjustere køleanlæg
- At trykprøve og lukke eventuelle lækager i de to cirkulerende luftsystemer
- At tjekke alle sensorer og forbindelser til LabView program
- At blive fortrolig med indregulering af systemet i forbindelse med konkret test af ventilationsaggregat. Her tænkes specielt på trykfordelingen på alle fire stutse til ventilationsaggregatet

Diverse relevante appendix (trykt i separat rapport)

Appendix 1 – ”Varmevekslere til ventilationsanlæg”, Lektor Carl Erik Hyldgaard, Aalborg Universitet, Danvak Magasinet 10, 2003.

Appendix 2 – Uddrag af SBI – anvisning 213: ”Bygningers energibehov”, 2008. Anvisning 213 bruges i tilknytning til energirammeprogrammet BE06 fra SBI.

Appendix 3 – Uddrag af DS-447: ”Norm for ventilationsanlæg” specielt omkring varmevekslere, 2005.

Appendix 4 – DS/EN 308: ”Varmevekslere – Prøvningsmetoder til bestemmelse af ydeevne for luft til luft- og røggasvarmegenvindingsanordninger”, 1997.

Appendix 5 – ”Frostproblematik i modstrømsvekslere”, Notat udarbejdet af Christian Drivsholm

Appendix 6 – ”Accurate performance testing of residential heat recovery units”, Norwegian Research Institute (NBI).

Appendix 7 – NT VVS project 1553-01: ”Accurate performance testing of heat recovery units for ventilation”, Norwegian Research Institute (NBI).

Appendix 8 – NT VVS 130: ”Air/air heat recovery units: Aerodynamic and thermal performance testing”.

Appendix 9 – EUROVENT Certification Company, OM-5-2009: ”Eurovent operation manual for the certification of Air Handling Units”.

Appendix 10 – ”Prüfverfahren zur energetischen und schalltechnischen Beurteilung von Passivhaus – Lüftungsgeräten für die Zertifizierung als ‘Passivhaus geeignete Komponente’“, Passivhaus Institut Darmstadt.

Appendix 11 – Uddrag af EcoDesign rapporten: ”Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation)”, TREN/D1/40-2005/LOT10/S07.56606.

Appendix 12 – ”Vereinbarungen des SVA-A ”Lüftungstechnik” zur Prüfung von Lüftungsgeräten als Grundlage für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen”, DIBT

Appendix 13 – ”Energimærkning af klimaanlæg”, HVAC 5, 2009

Uddrag af ”Fremsendt brev inden individuelle møder med fabrikanter”

1. Positivliste for ventilationsaggregater (units)

Positivlisten bør være et brugbart værktøj for lægfolk til at vælge et effektivt ventilationsaggregat ud fra simple farveindikatorer eller strømpile, som kendes fra køleskabe, fryserne m.fl.

Under givne forudsætninger optræder der kun aggregater på positivlisten der kan opfylde Bygningsreglementets krav, dvs. SEL værdi og varmegenvindingsgrad.

Et effektivt ventilationsaggregat belaster brugerens pengepung mindst muligt på følgende to logiske poster:

- Årligt energiforbrug til opvarmning af kold udeluft (gas, olie, fjernvarme etc.)
- Årligt elforbrug til drift af ventilatorer og eventuelt andet hjælpeudstyr

Elforbruget bliver i denne opgørelse ganget med faktoren 2,5 i forhold til andre energikilder, jævnfør bygningsreglementet.

Der findes flere positivlister tilgængelig på internettet; men ikke alle er opbygget efter samme skabelon.

Sparemotorlisten og spareventilatorlisten angiver kun maksimale virkningsgrader, som ikke umiddelbart er brugbart for lægfolk da man ikke kender virkningsgraden i et større område.

Sparepumpelisten angiver derimod et EEI indeks der kan omsættes til kvalitetskategori (energiklasser) A, B, C osv., hvor EEI indekset er beregnet over en større del af pumpens arbejdskurve (slags varighedskurve).

Køleskabe og fryserne opererer direkte med et estimat for årligt energiforbrug under givne forudsætninger og er hermed meget forståelig for brugeren.

En positivliste for ventilationsaggregater bør som sagt være letforståelig for brugeren; men bør samtidig indeholde relevante data til energirammeprogrammet Be06.

2. Hvad bør være på positivlisten for ventilationsaggregater?

Nedenfor er listet relevante forslag til input til positivlisten

- Vejledende købspris for aggregat
- Dimensioner B•L•D for aggregat
- Vægt
- Målte SEL – kurver fx 700, 800, 900, 1000 og 1100 [J/m³], se efterfølgende figur i afsnit 3 og 4. Hvordan præsenteres disse kurver bedst muligt?
- Godhedstal
- Målte virkningsgrader for varmegenvinderen
- Målt intern lækage fra afkastluft til indtagsluft

- Beregnet årligt energiforbrug med baggrund i fx DRY vejrdatabil og estimat for brugerudgift pr. år ved fx 45 timer og 168 timer pr. uge.
- Mulighed for integration af resultater som relevante input til Be06

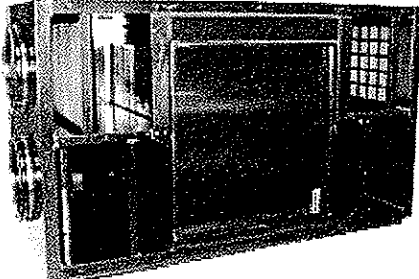
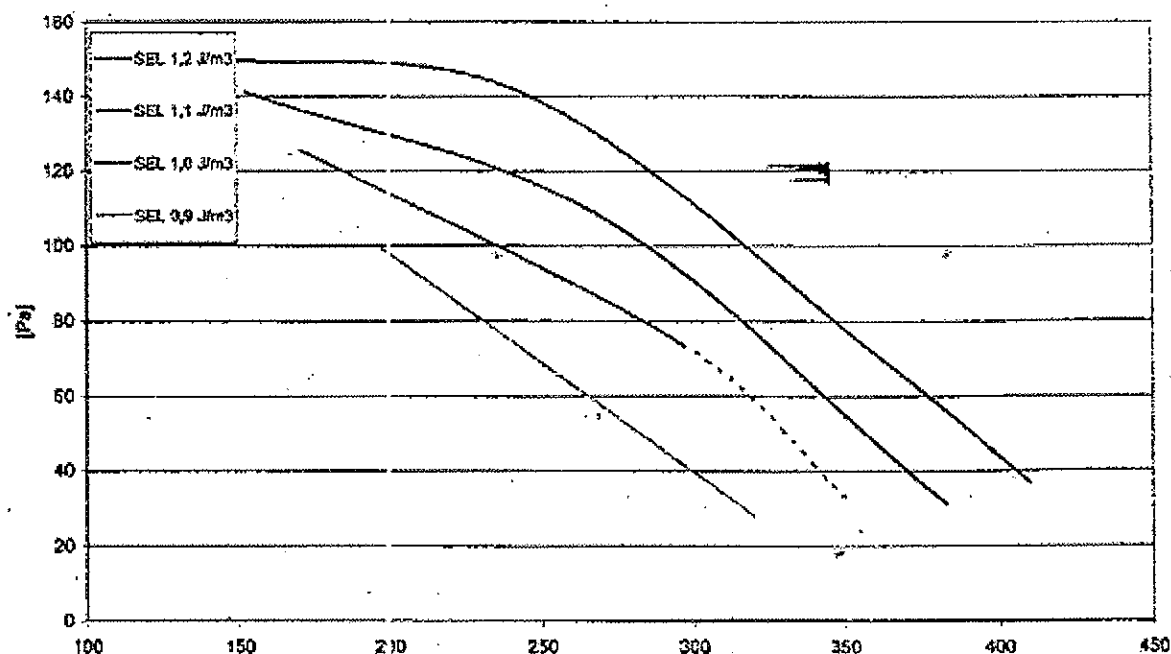
Varmepumper tilknyttet ventilation kan ikke i første omgang behandles, da de adskiller sig væsentligt fra et aggregat med passiv varmegenvinder. Desuden er test af aggregat med varmepumpe og eventuelt varmegenvinder mere omfattende.

3. Præsentation af SEL kurver – fx Genvex's nye *Energy* ventilationsaggregat

Nyheder

De nye ENERGY opfylder de nye energi krav iht. BE06

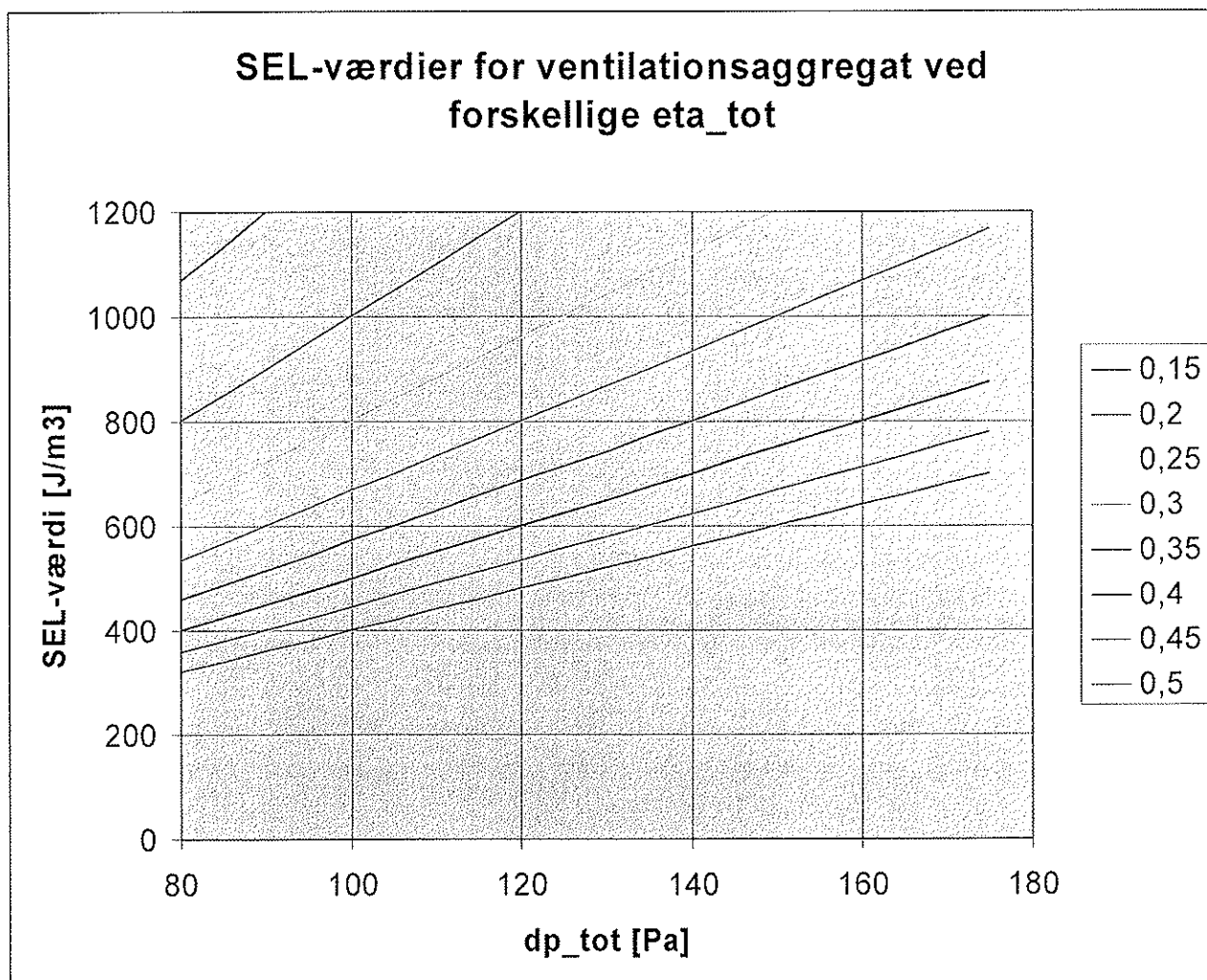
ENERGY-aggregaterne er opbygget med en effektiv modstrømsvarmeveksler og ventilatorer med bagudkrummede skovle, der trækkes af nye energibesparende EC-motorer.

Figuren viser hvor stort eksternt tryk der er til rådighed til kanalsystemet ved en ønsket luftmængde på fx 210 m³/h og en ønsket SEL – værdi på henholdsvis 900, 1000, 1100 og 1200 J/m³.

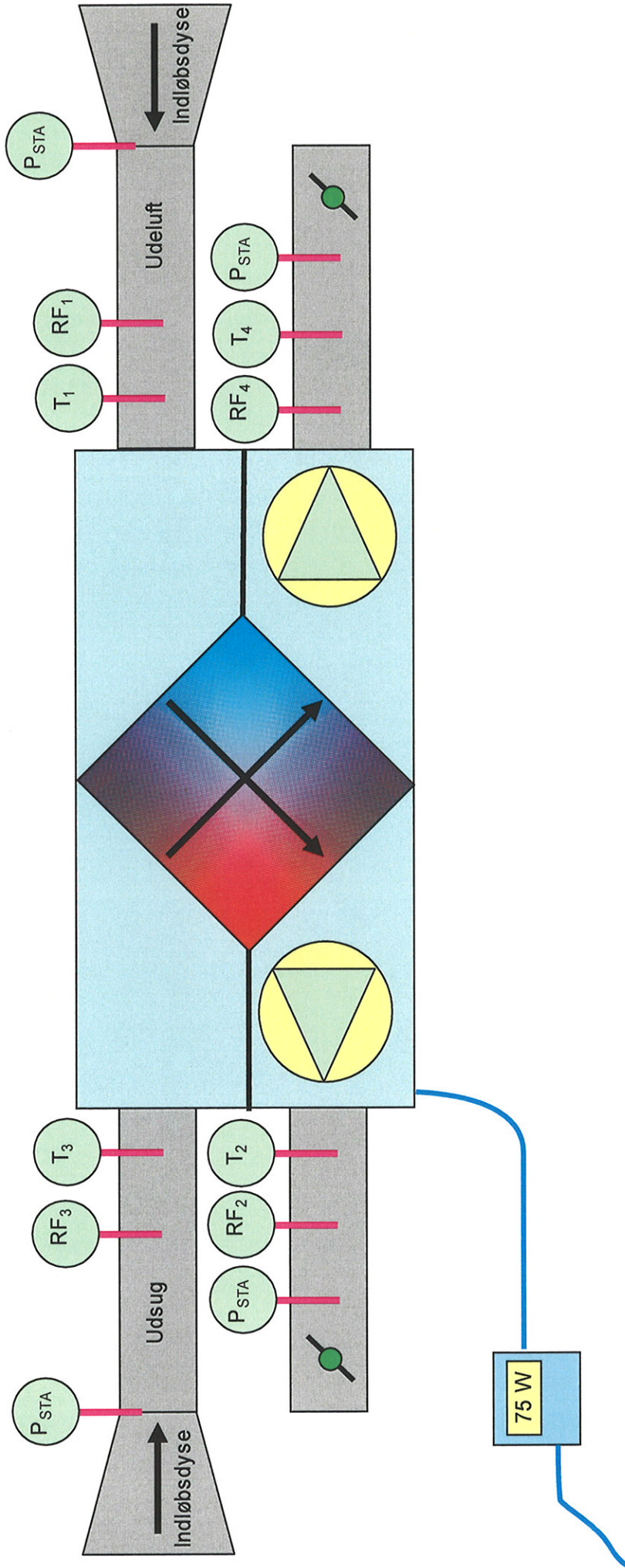
4. Alternativ præsentation af SEL - værdier

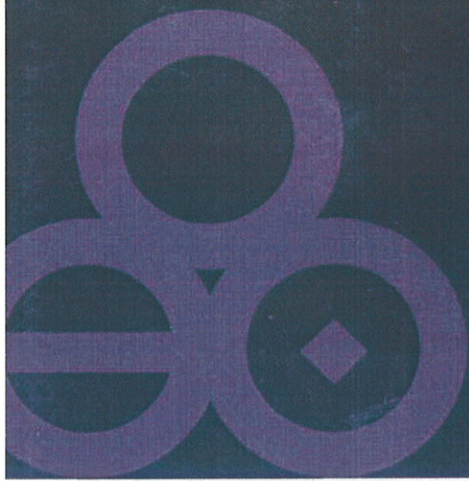
Fordelen ved denne præsentation er muligheden for at inddеле aggregaterne i forskellige kvalitetsklasser her udtrykt ved en form for system effektivitet for aggregatet.



Figuren viser en alternativ måde at præsentere SEL - værdier på, hvor Δp_{tot} er x-aksen og de skrå linjer er ved forskellige system η_{tot} for ventilationsaggregatet.

5. Forslag til måleopstilling





VVS-branchens mest læste fagblad · Nr. 9 · September · 2006

DANSK VVS



BOLIGENS OPVARMNING OG AFKØLING



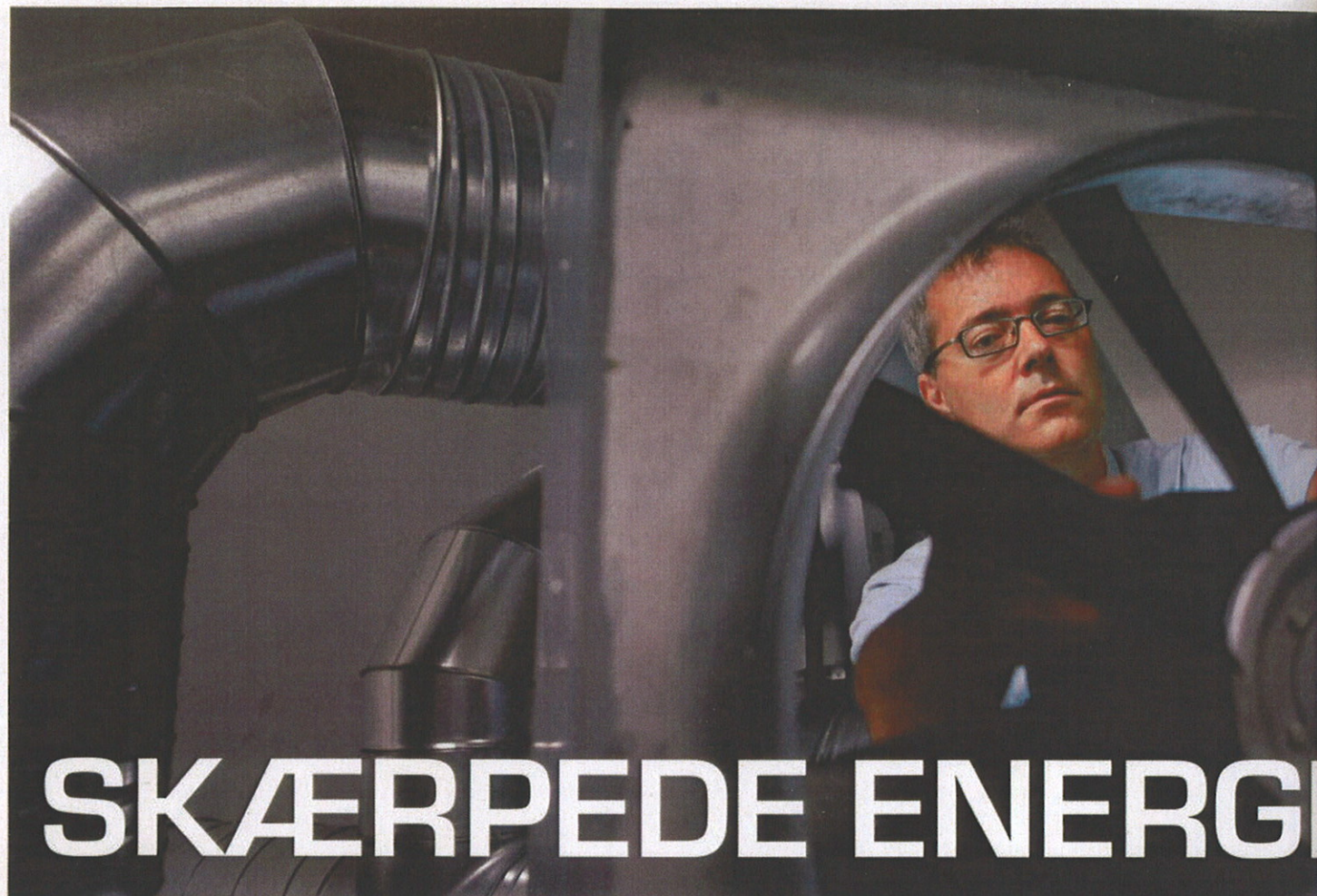
**SIKKERHED HANDLER
OM HOLDNINGER**

TYSKERNE KOMMER



**MENTORER FASTHOLDER
NYDANSKERE PÅ
SKOLEBÆNKEN**

TEKNIQ 
INSTALLATØRERNES ORGANISATION



SKÆRPEDE ENERGI VIL FREMME MEKANISK VENTILATION

Af Helge Pedersen • Foto: Anders Bach

Naturlig ventilation har hidtil været den mest anvendte form for ventilation i parcelhuse. Men alt tyder på, at mekanisk ventilation vil vinde frem i de kommende år. Paradoksalt nok er det stramningerne i de nye tillæg til bygningsreglementet, der kommer til at virke som løftestang for el-dreven mekanisk ventilation, på trods af at målet med stramningerne netop er at begrænse energiforbruget. Det kan lyde selvmodsigende, men den er god nok. Selv om der bliver brugt el til mekanisk ventilation, vil bygningens samlede energiforbrug blive mindre.

– For bare fem år siden var der ingen tvivl om, at naturlig ventilation var det billigste. Men siden er der udviklet uhyre effektive ventilatorer og varmevekslere, så det ud fra en samlet energibetragtning i dag bedst kan betale sig med mekanisk ventilation. Ud over at boligens samlede energiregning falder, får beboerne en sidegevinst i form af et bedre indeklima, fortæller

civilingeniør, energikonsulent Christian Drivsholm, Ventilation og Proces, Teknologisk Institut, Århus.

Investeringen

Der er ikke udsigt til, at mekanisk ventilation vil vinde stor udbredelse fra den ene dag til den anden. Investeringen i et anlæg til ca. 35.000 kroner i et hus til et par millioner kroner skal selvfølgelig kunne retfærdiggøres.

– Det er en barriere, der skal overvindes, for det er ikke gratis at etablere sådan et anlæg. Men det kan godt betale sig i det lange løb. I dag er mange slet ikke opmærksomme på driftsomkostningerne til el og varme i almindelige parcelhuse, eller hvad et godt indeklima betyder, siger Christian Drivsholm og fortsætter:

– Bygningsreglementet indeholder blandt andet nye krav om tæthed i bygninger, og jeg tror, at mange vil være nervøse for, om naturlig ventilation er tilstrækkelig i et supertæt hus. Derfor er det min bedste overbevisning, at mekanisk ventilation vil vinde frem i de kommende år.

Når det gælder erhvervsbygninger, er det efterhånden gået op for de fleste, at et fornuftigt indeklima er en forudsætning for medarbejdernes effektivitet. Især høje temperaturer går ud over produktiviteten. Derfor ser man ikke mange erhvervsbygninger uden ventilations- eller køleanlæg.

– Bygningsreglementet fastholder, at der kun må etableres mekanisk ventilation med køling, hvis der ikke kan opnås et fornuftigt indeklima på andre måder. Men erfaringerne viser, at kommunerne i flere tilfælde giver dispensation, selv om det ikke er eftervist, at man ikke kan opnå det samme resultat med naturlig ventilation. Derfor er det min opfattelse, at vi vil se mere mekanisk ventilation i både erhvervsbygninger og private boliger, forudsiger Christian Drivsholm.

Balanceret ventilation

Der har været anvendt forskellige former for ventilation i Danmark i årenes løb. Først i 1970'erne var det almindeligt med mekanisk balancerede ventilationsanlæg, hvor ventilatorer sugede luft ind

– Mekanisk ventilation vil også vinde frem i parcelhuse på grund af bygningsreglementets skærpede krav om lavere energiforbrug, fortæller Christian Drivsholm.



– Et fornuftigt indeklima er forudsætningen for en høj produktivitet, understreger Christian Drivsholm.

KRAV

De nye tillæg til bygningsreglementet stiller krav om tættere huse og lavere energiforbrug. Det kan føre til et gennembrud for mekanisk ventilation i parcelhuse.

og ud af bygningen. Køling i forbindelse med ventilation var udbredt, og befugtning af luften blev også anvendt for at undgå statisk elektricitet.

Dengang stillede blandt andet computerfirmaerne meget høje krav til temperatur og luftfugtighed i computerrummene, krav som skulle vise sig at være overdrevne. Da der samtidig kunne opstå bakterievækst i befugtningsanlæggene, blev de lige så stille udfaset.

Derefter fulgte en periode med fortrængningsventilation, som fungerede fint i produktionsmiljøer. Andre steder blev det ikke den store succes, fordi den kølige luft ved gulvet gav en fornemmelse af træk. Fortrængningsventilation i en speciel udførelse med et armatur per person anvendes dog stadig på steder, hvor der er mange mennesker, for eksempel i biografer, teatre og i Folketinget.

Svært at styre

I 90'erne vandt naturlig ventilation frem. Det var et meget enkelt system, som hverken krævede ventilationska-

naler eller ventilatorer. Man kunne nøjes med nogle små radiatorer til at opvarme indluften i de kolde måneder.

– Problemet med naturlig ventilation er, at det er meget svært at styre, og det er meget vanskeligt at indvinde varmen fra udluften. Derfor kom der en overbygning på systemet i form af hybrid ventilation. Her er der en ventilator i indsugningskanalen. Den går automatisk i gang, hvis der ikke kommer luft nok ind. Det er installeret adskillige steder, og det fungerer rimeligt, men man kan stadig ikke genindvinde varmen fra udluften, forklarer Christian Drivsholm.

Mere effektive anlæg

Energikravene til nye bygninger bliver med mellemrum strammet endnu en tak. Det gælder også for, hvor meget transportenergi, der må bruges til at trække luft ind og ud af bygninger. Det kræver en kombination af energieffektive ventilatorer og kanalsystemer med lave tryktab at leve op til kravene. Man kan selvfølgelig også prøve at søge om dispensation fra reglerne.

Ellers er der ingen vej uden om mere effektive anlæg. Det er ifølge Christian Drivsholm også ensbetydende med øget brug af behovsventilation i stedet for konstant ventilation. Desuden skal eventuelle varmevekslere være højeffektive.

– I dag er det nye minimumskrav til varmevekslere i mekaniske ventilationsanlæg en virkningsgrad på 65 pct. Det betyder, at de meget brugte krydsvarmevekslere er på vej ud, da de ikke kan leve op til kravene. De vil især blive erstattet af roterende varmevekslere i erhvervsbygninger. De har en virkningsgrad på ca. 75 pct. Til privatboliger er der udviklet modstrømsvekslere med en virkningsgrad på ca. 85 pct. Overholdelse af den nye energiramme vil favorisere brug af højeffektive varmevekslere, så derfor er der for mig ingen tvivl om, at mekanisk ventilation også bliver dominerende i de kommende år, fastslår Christian Drivsholm.

HVAC

5

Maj 2007
Årgang 43

Magasinet

Det gode indeklima

Side 24



Nytænkning i byggeriet

8



Nye veje inden for køling

44



Fokus på varevogne

69

Dansk Ventilation har fuld fart på

Af Jørgen S.R.Nielsen, faglig sekretær for Dansk Ventilation

Dansk Ventilation har netop holdt sin årlige generalforsamling på Nyborg Strand. De mange deltagere vedtog et ambitiøst program for de næste par år. Information til branchen og dens interesser, udvikling og uddannelse samt internationalt samarbejde og markedsføring til hr. og fru Danmark er hovedoverskrifterne

Torsdag 22. marts afholdt brancheforeningen Dansk Ventilation årsmøde og generalforsamling på Nyborg Strand. Bestyrelsen havde travlt fra morgenstunden og om eftermiddagen mødte repræsentanter for de 27 medlemmer talstærkt op.

Dansk Ventilation er nu medlem af *Eurovent Certification*, en organisation, der er dannet som et frivilligt initiativ fra industrien til hjælp for kunderne, der via en certificering får lettere ved at vælge det rette udstyr. Næsten 1000 virksomheder fra 11 lande er repræsenteret gennem 15 nationale brancheforeninger, fra Danmark deltager således Dansk Ventilation.

På hjemmesiden www.eurovent-certification.com kan du læse om Eurovent og de gældende regler for den frivillige certificering og de mange testprogrammer.

For at fejre, at Dansk Ventilation er kommet med i Eurovent, deltog formanden for Eurovent's bestyrelse, Dany Chalmer og direktøren for Certificering, Jacques Benoist. De havde begge interessante indlæg om de nye muligheder. Et andet emne på årsmødet var



Næstformand for Dansk Ventilation Peter Hermansen, Exhausto A/S.

energimærkning af aggregater, hvor Hans Olsen fra Teknologisk Institut orienterede om projektets stade.

På generalforsamlingen redegjorde bestyrelsen for de mange

tiltag i de kommende år, bl.a. om samarbejdet med DTU og ventilationsentreprenører om sundhed i byggeriet, om medvirken i Erhvervs- og Byggestyrelsens elektroniske eksempelsamling, om samarbejde med uddannelsessteder og om det internationale samarbejde. Endeligt arbejdes på en fornyelse af hjemmesiden og alle medlemmer vil i videst mulig omfang anvende logoet for Dansk Ventilation.

Alle tiltagene fik bevilget midler på budgettet, der blev enstemmigt vedtaget.

Generalforsamlingen genvalgte bestyrelse, suppleanter og revisor med akklamation.

Dansk Ventilation, brancheforeningen for bedre indeklima, er inde i en spændende udvikling. Stemningen på årsmøde og generalforsamling 2007 viste



Formand for Dansk Ventilation Dan Stjernegaard, Lindab A/S.

klart, at branchen er meget kvalitets- og udviklingsorienteret og stærkt på vej til at gøre sig synlig i mediebilledet som en god partner for erhvervslivet og hr. og fru Danmark. □



Fig. 2 Dansk Ventilation, deltagere på årsmødet 2007. På stolerækken i midten fra venstre har vi bestyrelsen med suppleanter: Niels Erik Kongste (Camfil), Torben Andersen (Nilan), Erik Petersen (N K Industri), Jonny Øland (Øland), Dan Stjernegaard (Lindab), Peter Hermansen (Exhausto), Ole Fornill (Belimo), Alex Rasmussen (Systemair). Stående bagved: Peter Ebdrup (Genvex), Claus Kortemann Larsen (Siemens), Johan Bjerre (Klimatek), Henrik Valeur (Trox), Mogens Uldal (OJ Electronics), Carsten Gerhardt (NB Ventilation), Carsten Skjoldager (GEA Klimateknik), Finn Thyge (Flex Coil), Erik Rasmussen (Swegon), Erik Kelvin (Danvak), Hans Henrik Krog (GEA Klimateknik). Siddende foran: Allan Jørgensen (Lindab), Søren Lindahl Klausen (Venti), Birthe Sørensen (Dantherm), Carsten Schousboe Sundman (Ziehl-Abegg).

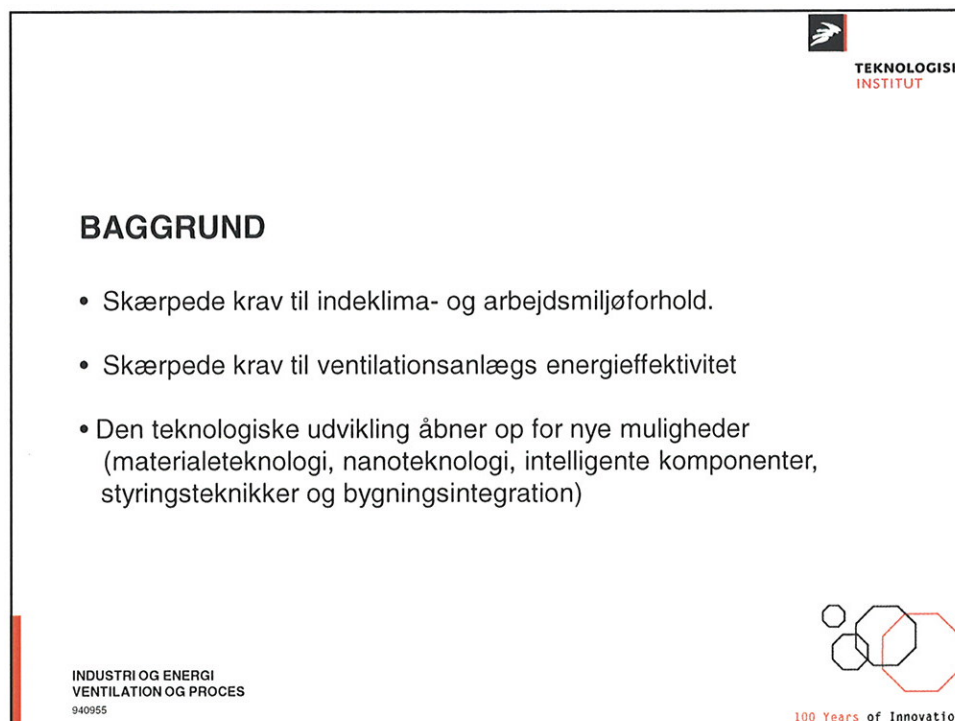


ENERGIMÆRKNING AF VENTILATIONSAGGREGATER

TEKNOLOGISK
INSTITUT

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

100 Years of Innovation



BAGGRUND

- Skærpede krav til indeklima- og arbejdsmiljøforhold.
- Skærpede krav til ventilationsanlægs energieffektivitet
- Den teknologiske udvikling åbner op for nye muligheder (materialeteknologi, nanoteknologi, intelligente komponenter, styringsteknikker og bygningsintegration)

TEKNOLOGISK
INSTITUT

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

100 Years of Innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

LUFTBEHOV

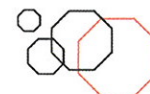
Ventilationsbehovet eller luftskiftets størrelse i boliger og ikke boliger er i Bygningsreglementet fastsat til mindst 0,5 gang i timen svarende til en volumenstrøm på 0,32 liter/(s m²) ved en rumhøjde på 2,3 m.

VARMEGENVINDING

I Bygningsreglementet er der stillet minimumskrav til ventilationsanlæg med såvel indblæsning som udsugning. Ventilationsanlægget skal forsynes med varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på mindst 65 %

BR1995 : ingen krav
 Nuværende krav : mindst 65%
 2011 : mindst 74%
 2016 : mindst 80%

INDUSTRI OG ENERGI
 VENTILATION OG PROCES
 940955



100 Years of Innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

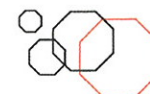
ELFORBRUG TIL DRIFT AF VENTILATIONSANLÆG

Elforbruget til lufttransport, SFP værdien (J/m³) kan tilnærmelsesvis bestemmes af:

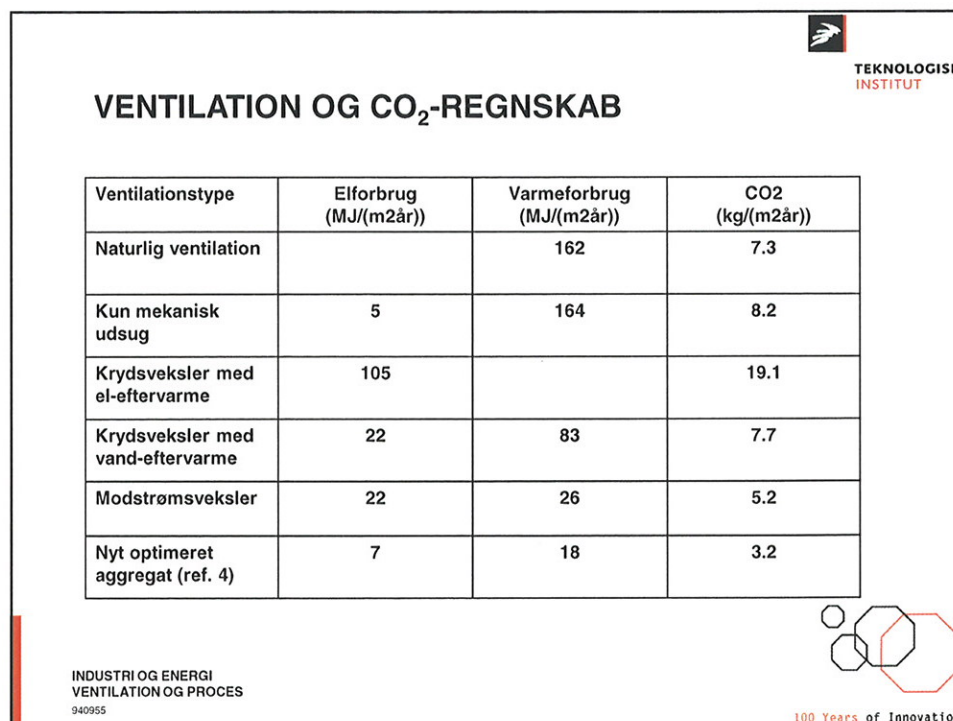
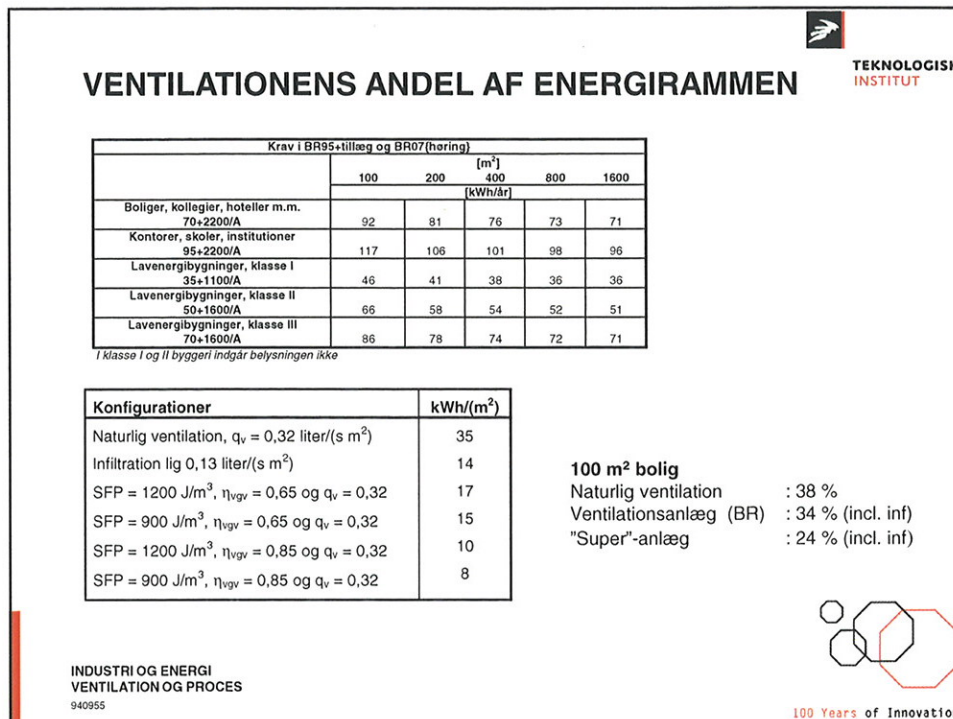
$$SFP \approx \frac{\Delta p_{\text{total}} \text{ (Pa)}}{\eta_{\text{total}} \text{ ()}}$$

BR1995 : Boliger Ingen krav, Øvrigt CAV 2500 J/m³, VAV 3200 J/m³
 Nuværende krav : Boliger 1200 J/m³, Øvrigt CAV 2100 J/m³, VAV 2500 J/m³
 2011 : Boliger 900 J/m³, Øvrigt CAV 1600 J/m³, VAV 1900 J/m³
 2016 : Boliger 675 J/m³, Øvrigt CAV 1200 J/m³, VAV 1400 J/m³

INDUSTRI OG ENERGI
 VENTILATION OG PROCES
 940955



100 Years of Innovation





TEKNOLOGISK
INSTITUT

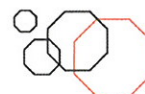
STATUS

Varmegenvinding

I praksis kan fx krydsstrøms-varmeveksleren vanskeligt overholde minimumskravet i Bygningsreglementet på de 65 %. Derfor er mange ventilationsfabrikanter i gang med at udfase varmevekslere baseret på krydsstrømsprincippet.

Den roterende varmegenvinder, giver en vis lækage på grund af opbygningen. Hvis udsugningsluften indeholder uønskede stoffer, kan den roterende varmegenvinder vanskeligt bruges.

Ved en varmevekslereffektivitet over 85 % tillader det danske klima at den kostbare eftervarmefflade med tilhørende automatik i de fleste tilfælde kan udelades.



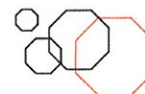
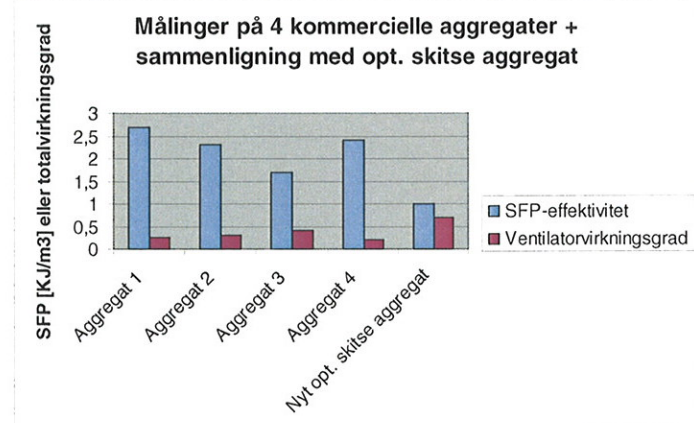
INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

100 Years of Innovation

Status (fortsat)



TEKNOLOGISK
INSTITUT



INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955


100 Years of Innovation

UDVIKLINGSMULIGHEDE


R

Optimering på komponentniveau

| Trykfald | Optimal (Pa) | Normal (Pa) |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| Indblæsning | | |
| Kanalsystem | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 200 |
| Varmeflade | 0 (40) | 100 |
| Varmeveksler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Armatyr | 30 | 50 |
| Luftindtag | 25 | 70 |
| Systemeffekter | 0 | 360 |
| Udsugning | | |
| Kanalsystem inkl. udsug | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 100 |
| Varmeveksler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Afkasthætte | 20 | 250 |
| Systemeffekter | 30 | 360 |
| Trykfald i alt | 605 | 2790 |
| Ventilatorens totalvirkningsgrad | 0.65 | 0.15-0.35 |
| SFP-værdi | 1 | 8-18 |




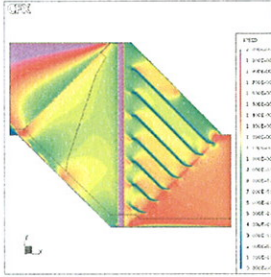
INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

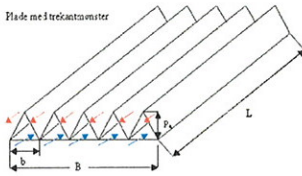


Udviklingsmuligheder (fortsat)

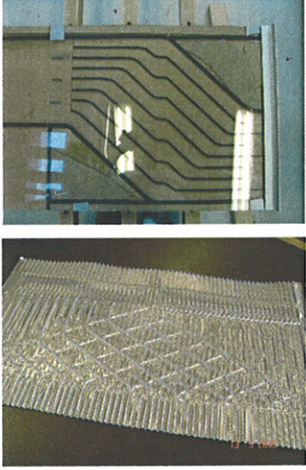
Varmegenvinding
Optimeret modstrømsvarmeveksler
Temperaturvirkningsgraden for den færdige prototype er målt til 85% ved en volumenstrøm på 155 m³/h.






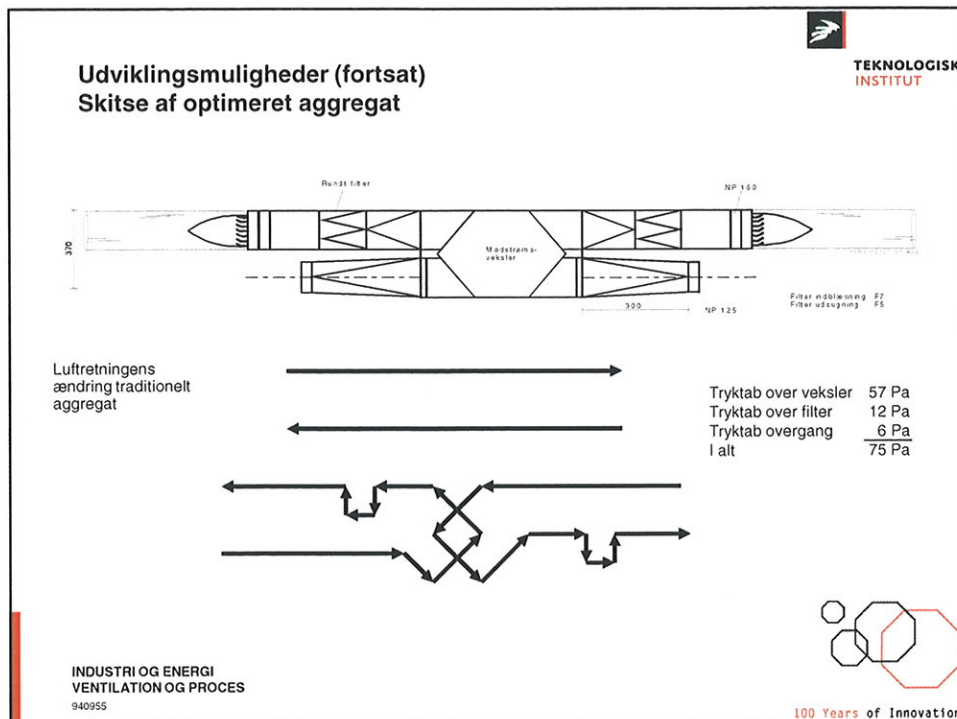


Plade med 3 trekanter omster



INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955





UDVIKLINGSMULIGHEDER

Styring

Der er behov for at gøre op med bygningsreglementets krav om konstant ventilation i boliger ved at indføre mulighed for behovstyring. SBI-undersøgelse viser el-besparelser på 20-30 % ved dynamisk behovsstyring af luftmængden.

Igangværende PSO-projekt:

- Dynamisk behovs- og reguleringsstrategi ved analyse af fugt, CO₂, VOC, Olf støv og varme
- Decentral eller centralt reguleringsystem ?

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

TEKNOLOGISK
INSTITUT

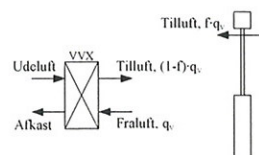
100 Years of Innovation

FROSTPROBLEMATIK I FORBINDELSE MED VARMEVEKSLING

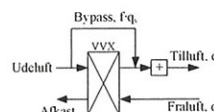


TEKNOLOGISK
INSTITUT

- A. Nedsættelse af indblæsningsluftstrømmen, hvilket sænker udetemperaturgrænsen yderligere før frostdannelsernes indtræden. I den forbindelse skal den nødvendige udelufttilførsel sikres gennem andre naturlige luftindtag kombineret med det undertryk, der skabes af ubalancen i luftstrømmene.



- B. En del af indblæsningsluftstrømmen sendes via by-pass udenom varmeveksleren. Herved øges temperaturen ved afkastet over frysepunktet. Opblending af kold udeluft med den varmevekslede luft giver risiko for lav indblæsningstemperatur.



INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

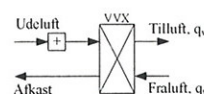
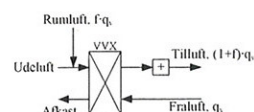
100 Years of Innovation

Frostproblematik i forbindelse med varmeveksling (fortsat)




TEKNOLOGISK
INSTITUT

- C. Luft fra udsugning opblandes med udeluften så dennes temperatur hæves over frysepunktet før den ledes ind i varmeveksleren. Den samlede luftstrøm i anlægget øges hvilket medfører større elforbrug og risiko for at ventilatoren skal overdimensioneres. Desuden er metoden muligvis i strid med BR06 (BR98 afs. 6.2.4) om at luftstrømme kun må gå fra mindre til mere forurenede rum.
- D. Forvarmning af udeluften før denne ledes ind i varmeveksleren evt. gennem jordslange eller varmeplade.



INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

100 Years of Innovation


TEKNOLOGISK
INSTITUT


OBLIGATORISK KONTROLDORDNING FOR VENTILATIONSANLÆG

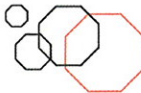
Træder i kraft pr. 1 januar 2008

Omfatter alle ventilationsanlæg over en vis størrelse (dog ikke industriventilation)

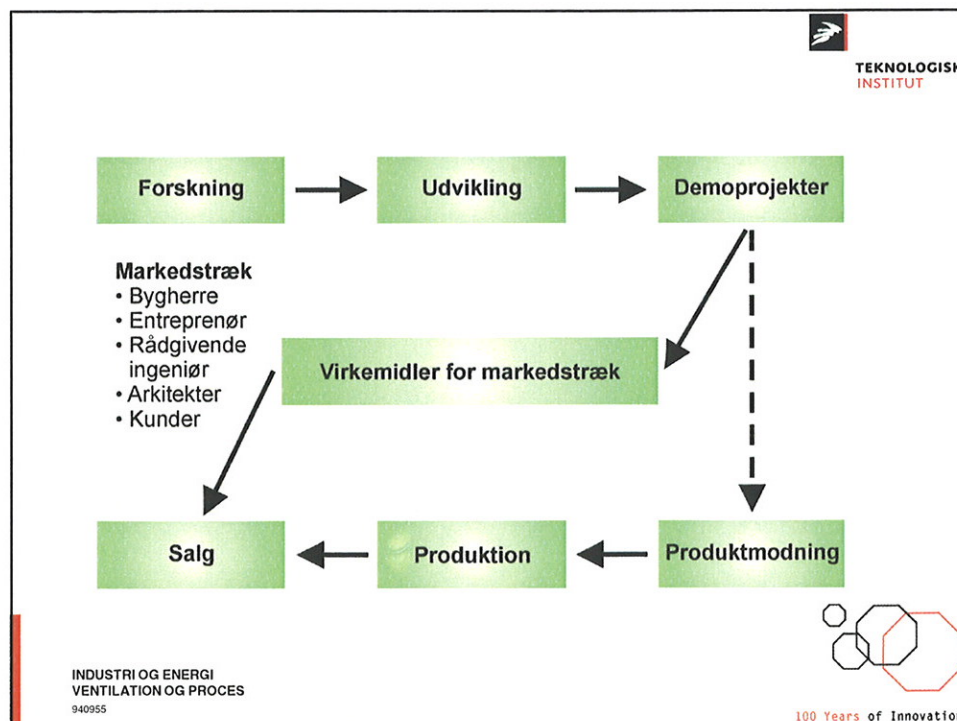
Eftersynet skal indeholde rådgivning om:

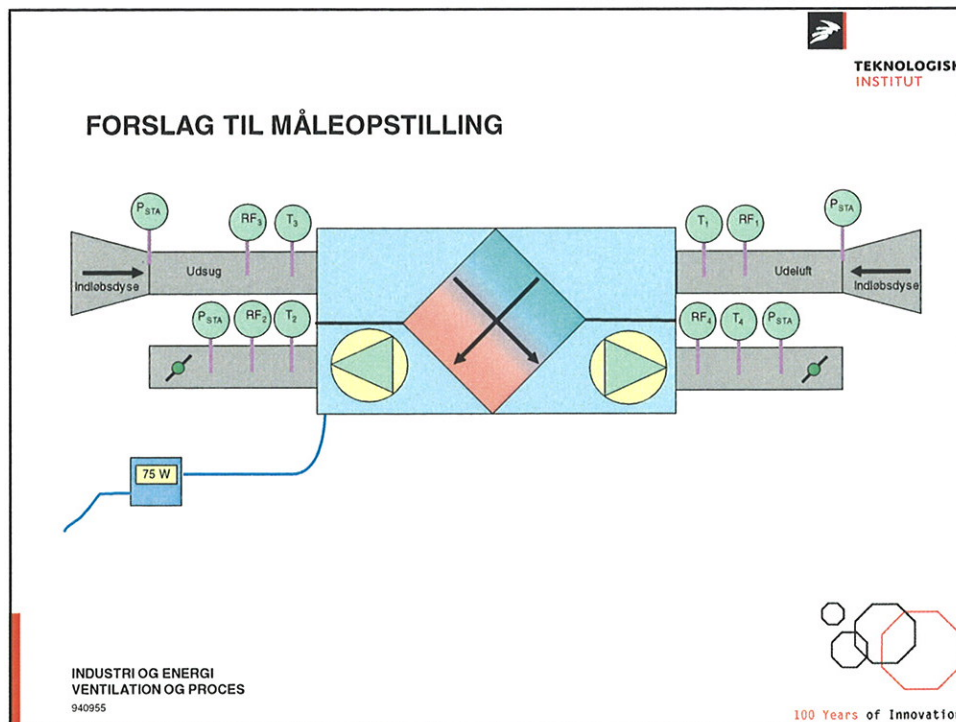
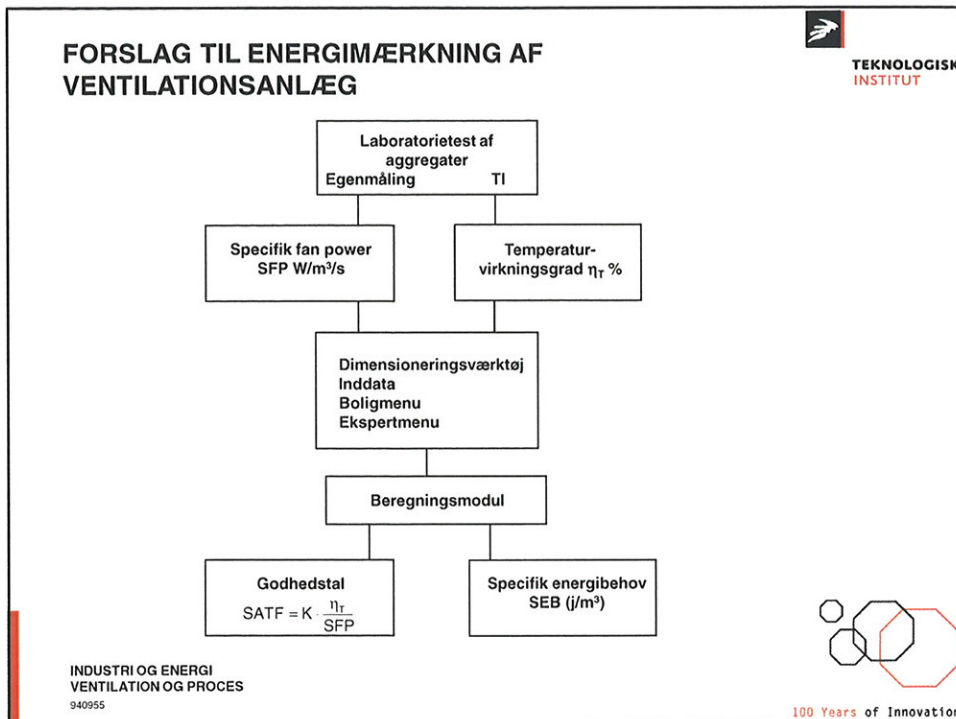
- Forbedringer
- Udskiftning
- Alternative løsninger

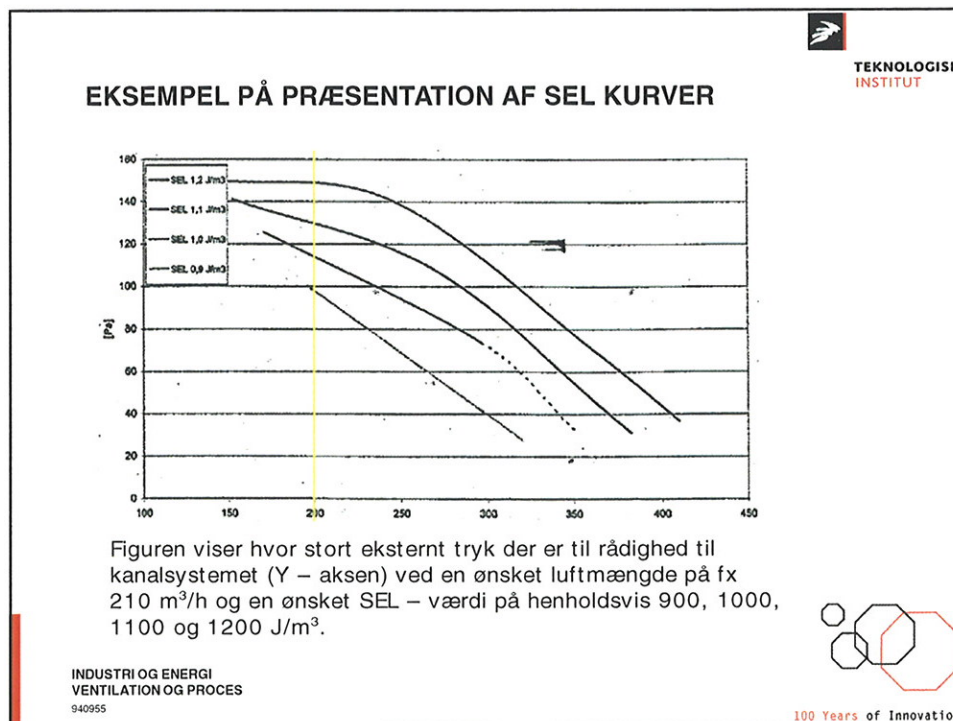
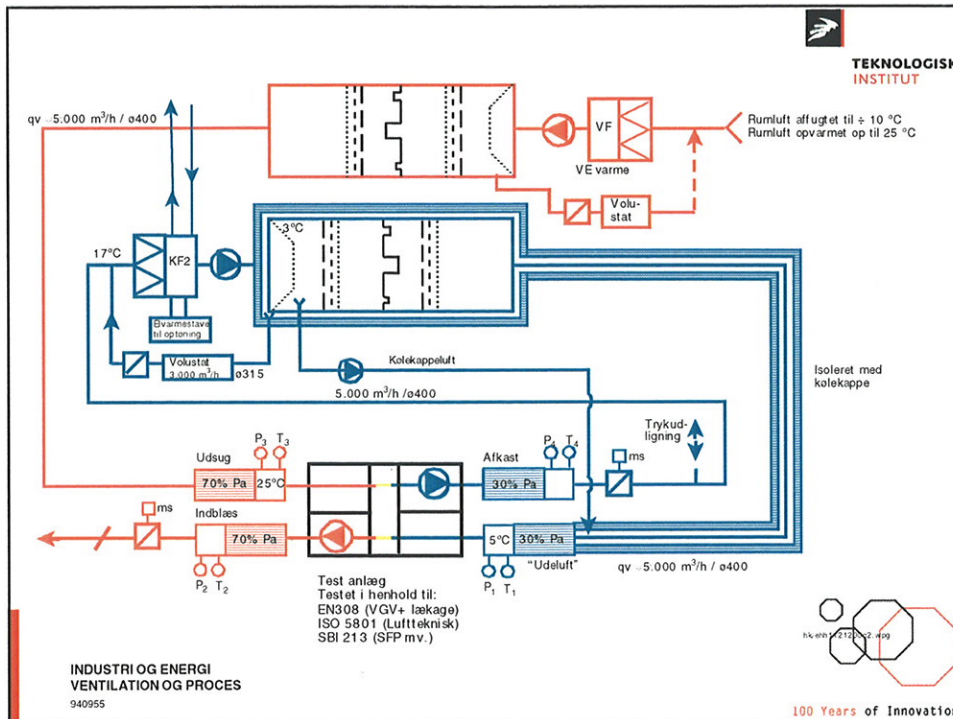


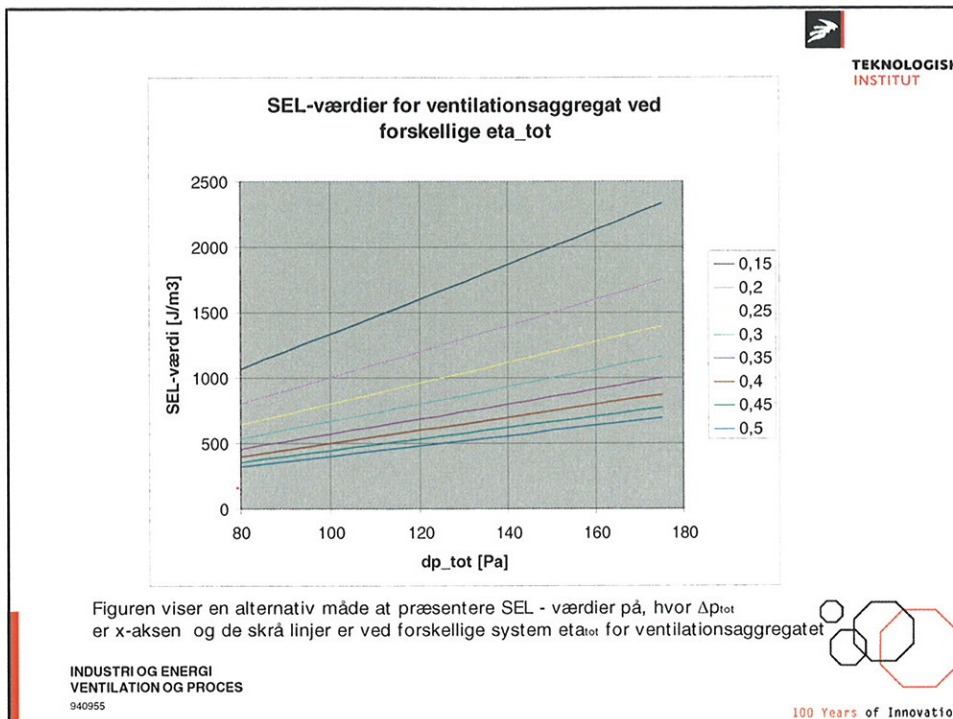

100 Years of Innovation

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955









Figuren viser en alternativ måde at præsentere SEL - værdier på, hvor Δp_{tot} er x-aksen og de skrå linjer er ved forskellige system η_{tot} for ventilationsaggregatet

DIMENSIONERINGSVÆRKTØJ

Valg af energieffektivt ventilationsanlæg med varmegenvinding til typehuset

Indtast værdier for bygningen:


| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Boligareal i m ² | Antal badeværelser |
| <input type="text" value="200"/> | <input type="text" value="1"/> |
| Antal særskilte WC-rum | Antal bryggers- eller skabrum |
| <input type="text" value="1"/> | <input type="text" value="1"/> |
| Antal ventilerede rum | Antal køkkener |
| <input type="text" value="6"/> | <input type="text" value="1"/> |
| Enhedspris for EI i kr/kWh | Enhedspris for varme i kr/kWh |
| <input type="text" value="1,8"/> | <input type="text" value="0,73"/> |

Der antages at der kun findes 1 køkken.

Find ventilationsanlæg Luk

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955

TEKNOLOGISK INSTITUT
100 Years of Innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

EKSPERTMENU

Inddata for

- aggregat
- aggregat + kanalsystem


Aggregat

- luftmængde
- SFP-faktor
- ekstern tryktab
- temperaturvirkningsgrad
- godhedstal


Aggregat + kanalsystem

- samlet luftmængde
- luftmængde / m²
- SPF-faktor
- kanalsystem eller
- temperaturvirkningsgrad
- godhedstal for aggregater
- specifikt energibehov
- godhedstal for kanalsystem

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955



 100 Years of Innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

DEFINITION AF GODHEDSTAL

$$\text{SATF} = \frac{q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) / q_v}{(\sum P) / q_v} = \frac{[\text{J} / \text{m}^3]}{[\text{J} / \text{m}^3]}$$

$$\text{SATF} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)}{\text{SEL}} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot (T_3 - T_1) \cdot \epsilon_{vgv}}{\text{SEL}}$$

Hvis T₃ = 25 grader C og T₁ = 5 grader C fås:

$$\text{SATF} = 24024 \cdot \frac{\epsilon_{vgv}}{\text{SEL}}$$


Eksempel med $\epsilon_{vgv} = 0,65$ og SEL = 1200 fås SATF = 13,0

Eksempel med $\epsilon_{vgv} = 0,65$ og SEL = 1000 fås SATF = 15,6

Eksempel med $\epsilon_{vgv} = 0,8$ og SEL = 1200 fås SATF = 16,0

Eksempel med $\epsilon_{vgv} = 0,8$ og SEL = 1000 fås SATF = 19,2

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955



 100 Years of Innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

FORSLAG TIL SPECIFIK ENERGIBEHOV

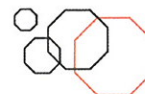
Det samlede energibehov knyttet til ventilationsanlægget kan bestemmes af følgende udtryk:

$$\begin{aligned} E_{\text{ventilation}} &= 2,5 \cdot E_{\text{el}} + E_{\text{varme}} \\ &= 21,9 \text{ kh} \cdot \text{SEL} \cdot q_m + 130.000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3/\text{s}} \left(q_m \cdot (1-\eta) + q_{\text{inj}} \right) \\ &= \text{SEB} \cdot q_m \end{aligned}$$

Ligningen indfører en ny størrelse, det specifikke energiforbrug, *SEB*, som kan bruges til karakterisering af ventilationsanlægget i lighed med det specifikke elforbrug. Ønskes det specifikke energiforbrug i J/m^3 er det bestemt ved

$$\text{SEB} = 2,5 \cdot \text{SEL} + \frac{130.000 \cdot 1000}{8760} \text{ J/m}^3 \left((1-\eta) + \frac{q_{\text{inj}}}{q_m} \right) \cong 2,5 \cdot \text{SEL} + 15.000 \text{ J/m}^3 \left((1-\eta) + \frac{q_{\text{inj}}}{q_m} \right)$$

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955



100 Years of Innovation



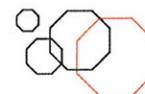
TEKNOLOGISK
INSTITUT

Det specifikke energibehov (*SEB*) kan nu beregnes for forskellige anlæg og anvendes til at sammenligne anlæggenes energiforbrug.

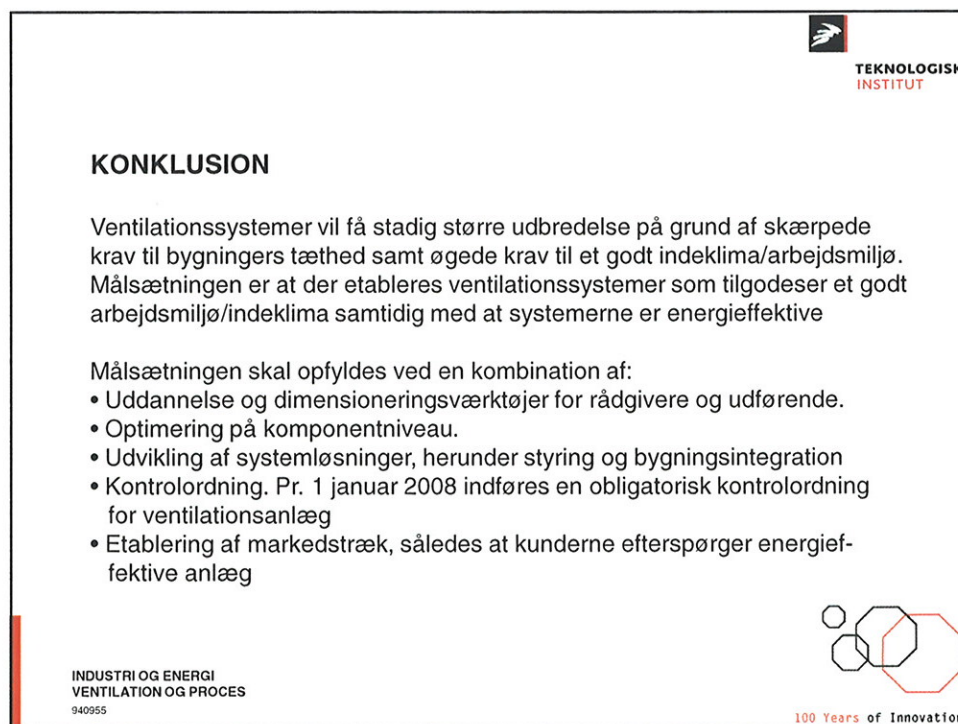
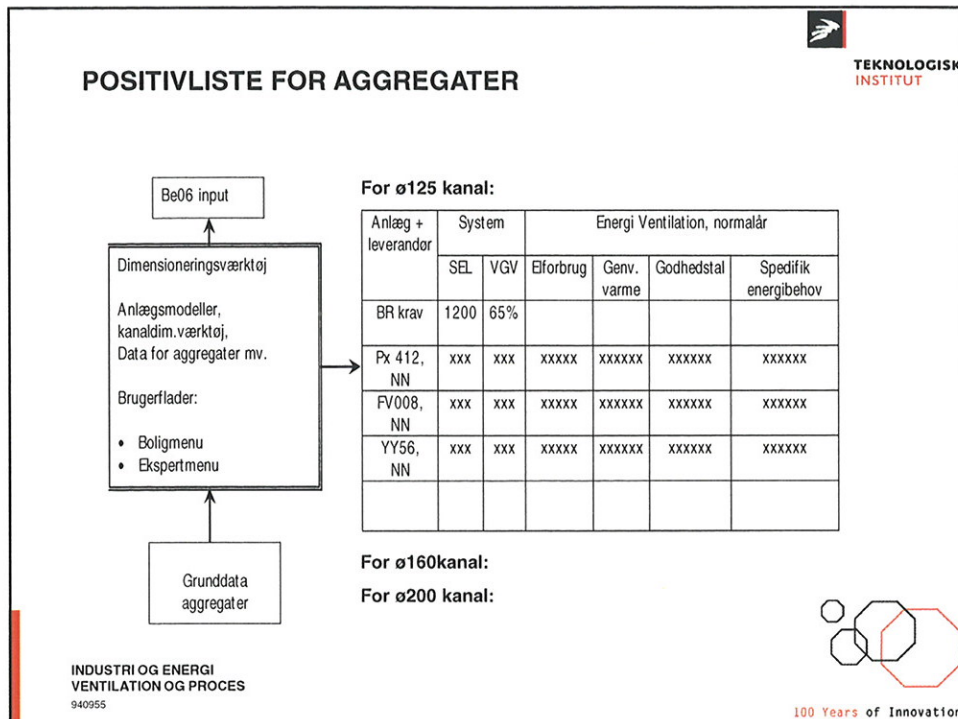
| | Specifikt energibehov 'SEB' [J/m^3] |
|---|--|
| Resultat af tidligere PSO F&U projekt [5]: $\eta = 0,8$ og $\text{SEL} = 1000$ J/m^3 | 5500* |
| BR 1995 + tillæg: Balanceret: $\eta_{\text{min}} = 0,65$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1200 \text{ J}/\text{m}^3$ | 8250* |
| BR 1995 + tillæg: Udsugning $\eta = 0$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1000 \text{ J}/\text{m}^3$ | 17500** |
| Naturlig ventilation: $\eta = 0$ og $\text{SEL} = 0 \text{ J}/\text{m}^3$ | 15000** |

*Specifikt energibehov. *Beregnet uden infiltration. **Værdierne for naturlig ventilation og udsugning er ikke direkte sammenlignelige med værdierne for den balancerede mekaniske ventilation, da der for den balancerede mekaniske ventilation er set bort fra den beregningsmæssige infiltration. Sættes den beregningsmæssige infiltration til $0,13 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ hhv. $0,09 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ i en situation hvor den mekaniske ventilation er $0,3 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ skal det specifikke energibehov for den balancerede mekaniske ventilation tillægges $6500 \text{ J}/\text{m}^3$ hhv. $4500 \text{ J}/\text{m}^3$.*

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955



100 Years of Innovation



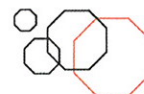


TEKNOLOGISK
INSTITUT

ADMINISTRATIONSGRUNDLAG FOR DRIFT AF POSITIVLISTEN

- Årligt gebyr pr. aggregat på listen
- Hvad omhandler dette beløb
 - Stikprøve (10%)
 - Opdatering af listen

INDUSTRI OG ENERGI
VENTILATION OG PROCES
940955



100 Years of Innovation

HVAC

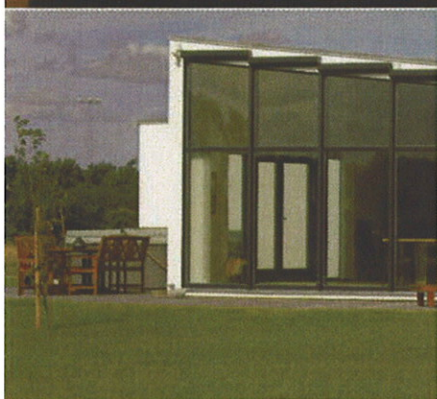
5

Maj 2007
Årgang 43

Magasinet

Det gode indeklima

Side 24



Nytænkning i byggeriet

8



Nye veje inden for køling

44



Fokus på varevogne

69

Forslag til overordnet energimærkning af ventilationsanlæg med varmegenvinding til boliger:

Prototypeløsninger på ventilationsaggregater

Af civilingeniør Ph. D. Toke Rammer Nielsen, BYG DTU og civilingeniør, energikonsulent Christian Drivsholm, Teknologisk Institut

I et års tid har der været nye energikrav i Bygningsreglementet, så der her i Danmark kan opnås yderligere reduktioner af energiforbruget i bl.a. boliger og øvrige bygninger.

Desuden har Danmark pr. 1. januar 2006 skullet implementere EU-direktivet om "Bygningers energimæssige ydeevne" [1] i henholdsvis Bygningsreglementet og en energimærkningsordning for bygninger.

Energikravene til nybyggeriet er baseret på reference energirammer, der dækker bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand samt i andre bygninger end boliger også belysning. Energiforbruget vægtes efter den anvendte primærenergi. Energistyrelsen har besluttet, at der til brug for vurdering af bygningers energirammer anvendes en faktor på 2,5 ved sammenvejning af el med henholdsvis gas, olie og fjernvarme.

Der er en energiramme for boliger og en energiramme for andre bygninger end boliger. Anvendelsen af energirammer som hovedkrav i nybyggeriet er en følge af EU-direktivet om Bygningers energimæssige ydeevne. Ventilationsbehovet eller luftskiftets størrelse i boliger er i Bygningsreglementet fastsat til mindst 0,5 gang i timen svarende til en volumenstrøm på 0,3 l/(s·m²) ved normal rumhøjde. Brugstiden for boliger er fastsat til 168 timer pr. uge, og for kontorer er brugstiden fastsat til 45 timer.

Yderligere er der i Bygningsreg-

lementet stillet minimumskrav til ventilationsanlæg med såvel indblæsning som udsugning. Ventilationsanlægget skal forsynes med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 65 procent og ventilationsanlæggets specifikke elforbrug til lufttransport må ikke overstige 1200 J/m³ for driftsformen med maksimalt tryktab.

Selvom Bygningsreglementets minimumskrav til ventilationsanlæg er overholdt, kan der være fornuftige grunde til at producere endnu bedre ventilationsanlæg, fordi:

- brugeren vil få en mindre el- og varmeregning
- energirammeberegningen kan nemmere overholdes.

Det har vist sig, at en energimærkning af produkter - specielt hvidevarer -, som er let forståelig for brugeren, driver udviklingen hen imod bedre og mere energieffektive produkter, da efterspørgslen på energieffektive produkter øges til trods for den ofte lidt højere indkøbspris.

Forslag til energimærkning af ventilationsanlæg

For ventilationsanlæg kan fastsættes en overordnet energimærkning, som inddeler ventilationsanlæg i forskellige godhedsklasser. Godhedsklassen må kunne tage hensyn til, at ventilationsanlægget både bruger el og varme.

Hele ventilationsanlæggets energieffektivitet kan karaktere-

$$E_{\text{varme}} = 130.000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3/\text{s}} \cdot (q_m \cdot (1 - \eta) + q_{\text{inf}})$$

Formel 1.

riseres ved bruttoenergiforbruget (energiramme) til ventilation beregnet ud fra metoden i Bygningsreglementet. Det betyder, at der indføres en ramme for energiforbruget til opvarmning og el til drift af ventilationsanlægget, hvor energiforbrugene vægtes ud fra reglerne i bygningsreglementet. Det samlede energibehov til ventilation bestemmes hermed som summen af varmebehovene plus 2,5 gange summen af elbehovene, jævnfør Bygningsreglementet:

$$E_{\text{ventilation}} = 2,5 \cdot E_{\text{el}} + E_{\text{varme}}$$

hvor $E_{\text{ventilation}}$ er energibehovet til ventilation, E_{el} er elbehovet i ventilationsanlægget, og E_{varme} er varmebehovet for at dække ventilationstabet (opvarmning af kold udeluft).

Elbehovet afhænger af den effekt der afsættes i ventilatorerne og andet elektrisk hjælpeudstyr. Elforbruget kan bestemmes af:

$$E_{\text{el}} = SEL \cdot q_m \cdot T_B$$

hvor SEL er det specifikke elforbrug, q_m er luftstrømmen i det mekaniske ventilationsanlæg og T_B er ventilationsanlæggets årlige driftstid. I boliger, hvor der er krav om konstant luftstrøm hele året, vil brugstiden være 8760 timer.

$$E_{\text{el}} = 8,76 \text{kh} \cdot SEL \cdot q_m$$

Opvarmningsbehovet vurderes

ud fra ventilationstabet på grund af den mekaniske ventilation som det beregnes i henhold til SBI-anvisning 213 [2]. Ved at benytte en varmeveksler i ventilationsanlægget spares energi til opvarmning af den kolde udeluft afhængig af varmevekslerens effektivitet. Ved en konstant luftstrøm i ventilationsanlægget er opvarmningsbehovet til at dække ventilationstabet givet ved formel 1, hvor η er effektiviteten af varmegenvindingen i ventilationsanlægget og q_m er luftstrømmen i det mekaniske ventilationsanlæg.

Skal balancerede mekaniske anlæg kunne sammenlignes med naturlige ventilationsystemer og rene udsugningssystemer skal der i vurderingen af det mekaniske anlæg medtages den utilsigtede luftstrøm på grund af infiltration q_{inf} . Den beregningsmæssige infiltration q_{inf} kan ud fra en trykprøvning bestemmes ved hjælp af SBI-anvisning 213 [2]. Den øvre grænse for den beregningsmæssige infiltrationen i nye boliger er 0,13 l/(s·m²) på grund af bygningsreglementets krav om lufttæthed. Bygges boligerne med mere fokus på lufttætheden kan den beregningsmæssige infiltration uden større problemer sænkes til 0,09 l/(s·m²) [3] og i passivhuse findes værdier lavere end 0,06 l/(s·m²) [4].

▷ Prototypeløsninger... *Fortsat*

Det samlede energibehov knyttet til ventilationsanlægget kan bestemmes ud fra formel 2. Ligningen indfører en ny størrelse - det specifikke energiforbrug, *SEB* -, som kan bruges til karakterisering af ventilationsanlægget i lighed med det specifikke elforbrug. Ønskes det specifikke energiforbrug i J/m^3 er det bestemt ved formel 3.

Det specifikke energibehov *SEB*

$$E_{\text{ventilation}} = 2,5 \cdot E_{\text{el}} + E_{\text{varme}}$$

$$= 21,9 \text{ kh} \cdot \text{SEL} \cdot q_m + 130.000 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3/\text{s}} \cdot (q_m \cdot (1-\eta) + q_{\text{inf}})$$

$$= \text{SEB} \cdot q_m$$

$$\text{SEB} = 2,5 \cdot \text{SEL} + \frac{130.000 \cdot 1000}{8760} \text{ J/m}^3 \cdot \left((1-\eta) + \frac{q_{\text{inf}}}{q_m} \right) \cong 2,5 \cdot \text{SEL} + 15.000 \text{ J/m}^3 \cdot \left((1-\eta) + \frac{q_{\text{inf}}}{q_m} \right)$$

Formel 2 og 3.

| | Specifikt energibehov 'SEB' [J/m ³] |
|---|---|
| Resultat af tidligere P50 F&U projekt [5]: $\eta = 0,8$ og $\text{SEL} = 1000 \text{ J/m}^3$ | 5.500* |
| BR 1995 + tillæg: Balanceret: $\eta_{\text{min}} = 0,65$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1200 \text{ J/m}^3$ | 8.250* |
| BR 1995 + tillæg: Udsugning $\eta = 0$ og $\text{SEL}_{\text{max}} = 1000 \text{ J/m}^3$ | 17.500** |
| Naturlig ventilation: $\eta = 0$ og $\text{SEL} = 0 \text{ J/m}^3$ | 15.000** |

Tabel 1. Specifikt energibehov. *Beregnet uden infiltration. **Værdierne for naturlig ventilation og udsugning er ikke direkte sammenlignelige med værdierne for den balancerede mekaniske ventilation, da der for den balancerede mekaniske ventilation er set bort fra den beregningsmæssige infiltration. Sættes den beregningsmæssige infiltration til $0,13 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ hhv. $0,09 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ i en situation hvor den mekaniske ventilation er $0,3 \text{ l/(s} \cdot \text{m}^2)$ skal det specifikke energibehov for den balancerede mekaniske ventilation tillægges 6.500 J/m^3 hhv. 4.500 J/m^3 .

kan nu beregnes for forskellige anlæg og anvendes til at sammenligne anlæggenes energiforbrug.

Med ELFOR PSO-projektet "Udvikling af energioekonomisk ventilationsløsning med varmegenvinding til boliger", BYG/

DTU, 2005 blev der anvist prototypeløsninger på ventilationsaggregat med $\text{SEL} = 1.000 \text{ J/m}^3$ og $\eta > 0,8$.

For at et mekanisk ventilationsanlæg kan mærkes, kunne vælges $\text{SEB} < 8.250 \text{ J/m}^3$ ved en beregning uden hensyntagen til infiltration. Det svarer til et ventilationsanlæg, som fungerer bedre end minimumskravene til balancerede anlæg i BR 1995 + tillæg.

Et energiklasse II ventilationsanlæg kunne vælges til maksimal $0,75 \cdot 8.250 = 6.190 \text{ J/m}^3$.

Et energiklasse I ventilationsanlæg kunne vælges til maksimal $0,50 \cdot 8.250 = 4.125 \text{ J/m}^3$.

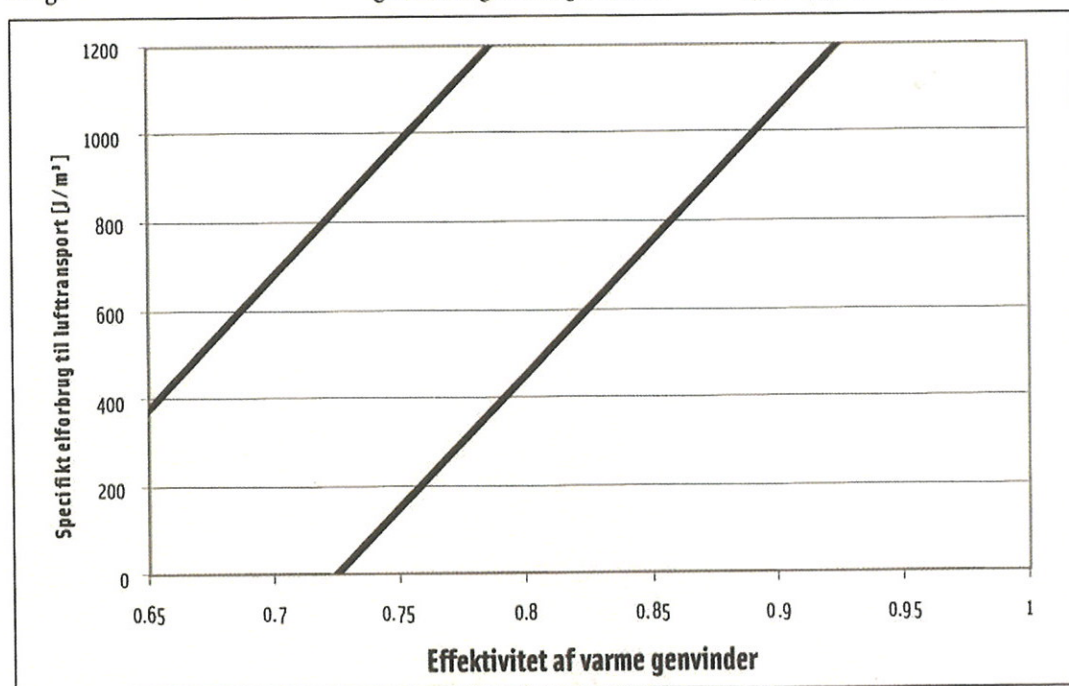
Det er herefter muligt at lave en egentlig godhedsklasse skala

f.eks. i intervallet 4.000 til 8.200 J/m^3 .

Figur 1 viser området inden for hvilket anlæggene kan mærkes og grænserne for anlæg i klasse II og klasse I.

Henvisninger

- [1] Directive 2002/91/EC of the parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official journal of the European Communities, L1/65.
- [2] S. Aggerholm og K. Grau. *Bygningers energibehov*. SBI-anvisning 213. Statens Byggeforskningsinstitut, 2005
- [3] H. Tommerup. *Måling af bruttoenergiforbrug i nybyggeri svarende til BR2005 energikrav*. Byggesystem: Fuldmuret. BYG-DTU, Danmarks Tekniske Universitet, R-104, 2004.
- [4] Kostengünstige Passivhäuser als europäische Standards. WWW.CE-pheus.de
- [5] C. Drivsholm, H. Olsen, C. G. Larsen, J. S. Jensen, T. R. Nielsen, J. Kragh og S. Svendsen. *Udvikling af energioekonomisk ventilationsløsning med varmegenvinding til boliger*. BYG-DTU, Danmarks Tekniske Universitet, R-118, 2005.



Figur 1. Figuren viser sammenhængen mellem det specifikke elforbrug til lufttransport og varmegenvinderens effektivitet for anlæg der kan energimærkes. Figuren viser desuden grænserne for anlæg i Klasse II og Klasse I.

KOMPENDIUM

 **NALCO**

 **GEA** Gresco
Køleteknik A/S
Refrigeration Division

 **HydroX**

 **Water Technology A/S**
Best Water Technology

 **ARMATEC™**

 **TA**

 **UNIVAR**

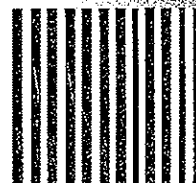
 **DAN FUGT®**

DANSKE KØLEDAGE

15. OG 16. MARTS I
ODENSE CONGRESS CENTER **2007**

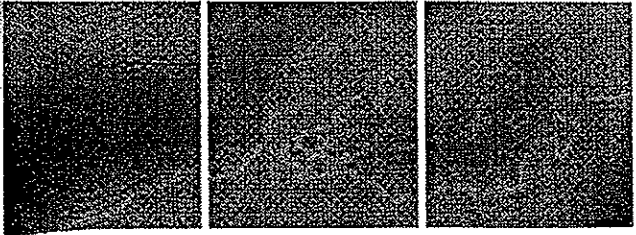
- initiativer skaber inspiration og innovation

NORDEN'S
BESTE
KØLETEKNIKE
FORSKELLIGE



INDHOLDSFORTEGNELSE

| Oversigtsprogram for torsdag den 15. marts og fredag den 16. marts | | næste side |
|---|--|------------|
| Lokale-oversigt 2007 | | 3 |
| TORS DAG | | |
| Åbningstale: Svend Auken, Medlem af Folketinget (tidligere energi- og miljøminister) | | 5 |
| Hovedtale: Holger Bech Nielsen, Fysiker | | 7 |
| Internationalt samarbejde og dansk udbytte ved medlemskab af IIR | | 9 |
| How to create effective heat transfer in refrigeration systems, and how to model it | | 19 |
| Muligheder og begrænsninger ved anvendelse af lav-GWP HFC kølemidler | | 29 |
| Seneste viden om indeklimaets betydning for menneskers komfort og præstationsevne | | 39 |
| Hvilke vækst- og indtjeningsstrategier er aktuelle for Danfoss A/S? | | 51 |
| Measurements of local heat transfer coefficients by flow boiling of R134a in plate heat exchanger | | 53 |
| Energy efficient capacity control of compressors | | 63 |
| Til hvilke anvendelser vil CO ₂ som kølemiddel være mest oplagt, og hvilke systemløsninger tegner der sig? | | 73 |
| Praktiske systemløsninger, hvor der hidtil har været HFC-anlæg med mere end 10 kg fyldning | | 81 |
| X Hvilke tekniske udfordringer er aktuelle indenfor ventilationsteknik? X | | 93 |
| Udvikling af højtydende kompakt kompressor-unit | | 103 |
| Skandinavisk og især dansk know-how's position i den globale køleindustri | | 109 |
| KVCA - samarbejde på tværs af kølevirksomheder skærper den innovative forretningskraft | | 111 |
| Intelligent control - optimising the operation of refrigeration systems under daily variations in ambient temperature | | 113 |
| Hjælp til HFC-fri køling. Spørgsmål og svar i forbindelse med HFC-fri køling | | 123 |
| Inspiration til salg af køleydelse, trykluft som "ESCO" | | 127 |
| Salg af køleydelse - et nyt forretningsområde for energiselskaberne? | | 135 |
| Køleentreprenørens udfordringer i det kommercielle marked | | 145 |
| FREDAG | | |
| Mærkningsordninger og positivlister til promovring af energieffektive køleløsninger | | 147 |
| Fødevarerlovgivning, branche-koder, egenkontrol - sammenhæng og praksis | | 157 |
| Hvorfor, hvor og hvordan er varmepumper ved af få sin renæssance? | | 173 |
| COP for varmepumper - udvikling og perspektiv | | 179 |
| Hvilke praktiske udfordringer er der ved udformning og drift af kaskadeanlæg? | | 197 |
| Aluminium varmevekslere - høj ydelse og lav køle-mediefyldning | | 203 |
| Udformning, dimensionering og indkøring af sekundærsiden (brinesiden) af køleanlæg | | 213 |
| Praktiske konsekvenser af reglerne om HFC restriktioner og F-gas forordningen | | 217 |
| Nye regler og vejledninger fra Arbejdstilsynet | | 235 |
| Hvem må hvad på køleanlæg - et spørgsmål om autorisationer, certifikater og lovgivning | | 251 |
| Hvordan adskiller udformning og dimensionering af varmepumper sig fra køleanlæg? | | 261 |
| Varmepumper - fra ordre til faktura | | 271 |
| Varmepumper og køleanlæg med CO ₂ - fra teori til produktion | | 281 |
| Praktisk håndtering af CO ₂ anlæg, myter og praktiske løsninger | | 299 |
| Hvad enhver praktisk køletekniker bør vide om fødevarer | | 303 |
| Overblik over danske F&U projekter med fokus på praktisk anvendelse af resultater | | 309 |



Hvilke tekniske udfordringer
er aktuelle indenfor ventilationsteknik?

Tema: Samspil, klima, ventilation og køling

”Hvilke tekniske udfordringer er aktuelle inden for ventilationsteknik”

Forfattere: Civilingeniør Christian Drivsholm og Civilingeniør Ole Ravn Teknologisk Institut

1. Baggrund for de tekniske udfordringer indenfor ventilationsanlæg

Primært er 3 forhold afgørende for udviklingen indenfor ventilationsteknik:

- Der stilles stadigt stigende krav til indeklima- og arbejdsmiljøforhold. Undersøgelser har vist, at indeklimaet på arbejdspladserne har stor betydning for medarbejdernes produktivitet. Desuden vil de skærpede krav til bygnings tæthed i mange tilfælde nødvendiggøre effektiv mekanisk ventilation
- Den teknologiske udvikling, primært indenfor materialeteknologi, nanoteknologi, intelligente komponenter, styringsteknikker og bygningsintegration åbner op for nye muligheder.
- Skærpede krav til ventilationsanlægs energieffektivitet vil medføre, at ventilationsbranchen står foran betydelige udfordringer.

Fra den 1. januar 2006 kom der nye energikrav i Bygningsreglementet.

De nye energibestemmelser omfatter flere energirelaterede forhold, hvilket er anderledes end hidtil. Historisk set har energibestemmelserne især været rettet mod minimering af bygnings varmebehov. De forhold, som nu omfattes af de nye energibestemmelser, er bygnings *energibehov*, bygnings *vedvarende energiproduktion* og bygnings energiforbrug til eliminering af *overtemperatur*.

I relation til overtemperatur er der i de seneste år dokumenteret mange problemer med overophedning i bygninger på grund af de uønskede effekter af bl.a. passiv solvarme om sommeren. Derfor skal energiforbruget til eliminering af den overtemperatur, som kan udløses især af solvarmen om sommeren, fremover tælles med i det samlede energiforbrug. Energiforbruget til eliminering af en eventuel overtemperatur beregnes som det ækvivalente elbehov til at eliminere temperaturer over 26 °C med et standard køleanlæg.

EU-direktivet om bygnings energimæssige ydeevne kræver, at energibestemmelserne skal tages op til revision hvert femte år, dvs. i 2011 og 2016, hvor det forventes, at energirammen bliver yderligere strammet. Byggebranchen har således fået sat i udsigt, at kravet til energiforbrug vil blive strammet med 25 % hvert 5 år.

2. Krav til ventilationsanlæg

Luftbehov

Ventilationsbehovet eller luftskiftets størrelse i boliger og ikke boliger er i Bygningsreglementet fastsat til mindst 0,5 gang i timen svarende til en volumenstrøm på 0,32 liter/(s m²) ved en rumhøjde på 2,3 m. Dette krav er uændret fra Bygningsreglement 1995.

Varmegenvinding

I Bygningsreglementet er der stillet minimumskrav til ventilationsanlæg med såvel indblæsning som udsugning. Ventilationsanlægget skal forsynes med varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på mindst 65 %

Hvis ovenstående målsætning om en 25 % reduktion af energirammen efter 5 år og igen efter 10 år skal gælde for ventilationsanlæg, kan opstilles følgende krav til varmevekslereffektiviteten:

BR1995 : ingen krav
Nuværende krav : mindst 65%
2011 : mindst 74%
2016 : mindst 80%

Elforbrug til drift af ventilationsanlæg

Elforbruget til lufttransport, SFP værdien $W/(m^3/s)$, kan tilnærmelsesvis bestemmes af:

$$SFP \approx \frac{\Delta P_{total} (Pa)}{\eta_{total} ()}$$

Formeludtrykket viser, at en lav SFP værdi kræver speciel fokus på det totale tryktab i hele ventilationsanlægget og speciel fokus på den totale virkningsgrad for ventilator og motor.

Hvis ovenstående målsætning om en 25 % reduktion af energirammen efter 5 år og igen efter 10 år skal gælde for ventilationsanlæg, kan opstilles følgende krav til energiforbrug til lufttransport (SFP mindre end):

BR1995 : Boliger Ingen krav, CAV 2500 J/m^3 , VAV 3200 J/m^3
Nuværende krav : Boliger 1200 J/m^3 , CAV 2100 J/m^3 , VAV 2500 J/m^3
2011 : Boliger 900 J/m^3 , CAV 1600 J/m^3 , VAV 1900 J/m^3
2016 : Boliger 675 J/m^3 , CAV 1200 J/m^3 , VAV 1400 J/m^3

Hele ventilationsanlæggets energieffektivitet kan karakteriseres ved bruttoenergiforbruget (energiramme) til ventilation, beregnet ud fra metoden i Bygningsreglementet. Dvs. der indføres en ramme for energiforbruget til opvarmning og el til drift af ventilationsanlægget, hvor energiforbrugene vægtes ud fra reglerne i Bygningsreglementet.

Opvarmningsbehovet til at dække ventilationstabet, kan vurderes relativt simpelt på baggrund af årets gradtimer. Bruges *Danish Reference Year (DRY)* vejrdatabil, og antages at udeluften opvarmes til 20 °C, hvis udetemperaturen er lavere end 20 °C, kan opstilles de i tabel 2 størrelsesordener for ventilationsanlæggets andel af den samlede energiramme for bygninger: Ved brug af mekanisk balanceret ventilationsanlæg til boliger og ikke boliger, skal der yderligere beregningsteknisk adderes et tillæg stammende fra ex- og infiltration gennem klimaskærmen.

Sammenlignes ventilationskravene med energirammekravene fås følgende oversigtsbillede:

| Krav i BR95+tillæg og BR07(høring) | | | | | |
|--|-------------------|-----|-----|-----|------|
| | [m ²] | | | | |
| | 100 | 200 | 400 | 800 | 1600 |
| | [kWh/år] | | | | |
| Boliger, kollegier, hoteller m.m. 70+2200/A | 92 | 81 | 76 | 73 | 71 |
| Kontorer, skoler, institutioner 95+2200/A | 117 | 106 | 101 | 98 | 96 |
| Lavenergibygninger, klasse I 35+1100/A | 46 | 41 | 38 | 36 | 36 |
| Lavenergibygninger, klasse II 50+1600/A | 66 | 58 | 54 | 52 | 51 |
| Lavenergibygninger, klasse III 70+1600/A | 86 | 78 | 74 | 72 | 71 |

I klasse I og II byggeri indgår belysningen ikke

Tabel 1. Energiramme for forskellige bygningstyper og størrelser

| Konfigurationer | kWh/(m ² år) |
|--|-------------------------|
| Naturlig ventilation, $q_v = 0,32$ liter/(s m ²) | 42 |
| Infiltration lig $0,13$ liter/(s m ²) | 17 |
| SFP = 1200 J/m^3 , $\eta_{vgv} = 0,65$ og $q_v = 0,32$ | 23 |
| SFP = 900 J/m^3 , $\eta_{vgv} = 0,65$ og $q_v = 0,32$ | 21 |
| SFP = 1200 J/m^3 , $\eta_{vgv} = 0,85$ og $q_v = 0,32$ | 15 |
| SFP = 900 J/m^3 , $\eta_{vgv} = 0,85$ og $q_v = 0,32$ | 13 |

Tabel 2. Energiforbrug (boliger) for forskellige ventilationsanlæg med varierende effektivitet jævnfør energirammeberegningen fra tabel 1.

Det ses af de to tabeller, at ventilationsbidraget (her beregnet for boliger!) udgør en væsentlig del af den samlede energiramme. Ved brug af mekanisk balanceret ventilation, skal infiltrationstabet også tælles med. For boliger er regnet med 8760 timers drift (168 timer pr. uge). For ikke boliger er regnet med 2346 timers drift (45 timer pr. uge i dagtimerne)

I tabel 3 er angivet typiske el- og varmeforbrug samt CO₂ belastning for forskellige ventilationsprincipper. Det ses at energieffektiv mekanisk ventilation kan konkurrere med naturlig ventilation i relation til energiforbrug og CO₂-belastning.

| Ventilationstype | Elforbrug (MJ/(m ² år)) | Varmeforbrug (MJ/(m ² år)) | CO ₂ (kg/(m ² år)) |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Naturlig ventilation | | 162 | 7.3 |
| Kun mekanisk udsug | 5 | 164 | 8.2 |
| Krydsveksler med el-eftervarme | 105 | | 19.1 |
| Krydsveksler med vand-eftervarme | 22 | 83 | 7.7 |
| Modstrømsveksler | 22 | 26 | 5.2 |
| Nyt optimeret aggregat (ref. 4) | 7 | 18 | 3.2 |

Tabel 3. Typiske el- og varmeforbrug samt CO₂ belastning for forskellige ventilationsprincipper

Selvom Bygningsreglementets minimumskrav til ventilationsanlæg er overholdt, kan der være fornuftige grunde til at producere endnu bedre ventilationsanlæg:

- brugeren vil få en billigere el- og varmeregning
- den samlede energirammeberegning kan nemmere overholdes

3. Status

Varmegenvinding

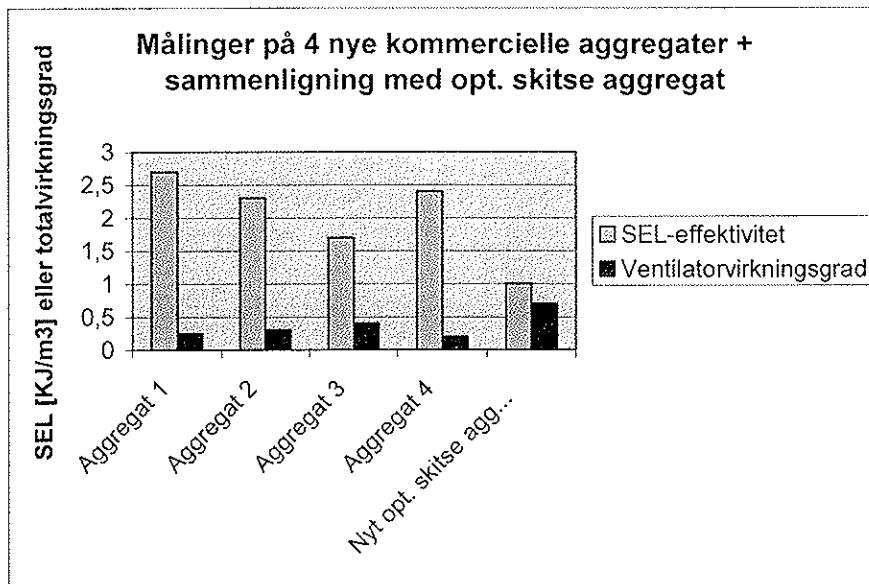
I praksis kan fx krydsstrøms-varmeveksleren vanskeligt overholde minimumskravet i Bygningsreglementet på de 65 %. Derfor er mange ventilationsfabrikanter i gang med at udfase varmevekslere baseret på krydsstrømsprincippet.

Det bør påpeges, at brug af den roterende varmegenvinder, automatisk giver en vis lækage på grund af opbygningen. Hvis udsugningsluften indeholder uønskede stoffer, kan den roterende varmegenvinder vanskeligt bruges.

Ved en varmevekslereffektivitet over 85 % tillader det danske klima at den kostbare eftervarmevlade med tilhørende automatik i de fleste tilfælde kan udelades.

Energiforbrug til lufttransport

I ref. (4) er gennemført en måling af 4 kommercielle aggregater. I ref. (4) er desuden udviklet et aggregatprincip med en varmeveksler, som er baseret på modstrømsprincippet. Aggregatet er desuden aerodynamisk udformet, således at alle komponenter samt selve aggregathuset har cirkulær form. Derved undgås at ventilationsluften skifter retning og tryktabet minimeres



Figur 1. Figuren viser resultatet af en nyere undersøgelse, hvor der er målt SEL værdier for 4 nye mindre ventilationsanlæg (2002). Det ses af figuren, at ingen af de 4 ventilationsanlæg kan opfylde kravene til boliger. Kun ét ventilationsanlæg har en SEL værdi under 2100 Ref. (4)

4. Energieffektivisering af ventilationsanlæg

4.1 Grundlæggende dimensioneringsregler

I forbindelse med projektering og etablering af ventilationsanlæg, kan unødvendige tryktab undgås ved at følge en række grundregler, herunder:

- Undgå kanaludvidelser ved ind- og udløb
- Undgå at placere komponenter for tæt på udløbet
- Begræns antallet af enkelmodstande
- Udform bøjninger i kanalsystemet optimalt

Her er der et potentiale i at sikre optimal opbygning af selve anlægget, hvilket peger på behovet for en god (efter)uddannelse af de projekterende og udførende i branchen. Desuden er der behov for analyse af om bygningens rum i højere grad, kan udnyttes i forbindelse med transport af luften i bygningen, således at den kanalførte lufttransport kan minimeres. Teknologisk Institut har fået midler fra Elsparefonden til at udarbejde en vejledning og et dimensioneringsværktøj for entreprenører m.fl., der anviser hvorledes ventilationsanlæg til boliger opføres og de nye krav i Bygningsreglementet samtidig overholdes. Specielt anviser vejledningen hvorledes kravet til en maksimal SEL værdi på 1200 J/m³ overholdes.

4.2 Optimering på komponentniveau

Ifølge ref.(11) kan opstilles den i tabel 4 angivne liste over optimale og normale tryktab for en række typiske ventilationskomponenter. Det ses af tabellen, at der er et væsentligt udviklingspotentiale i relation til komponentniveauet.

| Trykfald | Optimal (Pa) | Normal (Pa) |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| Indblæsning | | |
| Kanalsystem | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 200 |
| Varmeflade | 0 (40) | 100 |
| Varmeveksler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Armatyr | 30 | 50 |
| Luftindtag | 25 | 70 |
| Systemeffekter | 0 | 360 |
| Udsugning | | |
| Kanalsystem inkl. udsug | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 100 |
| Varmeveksler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Afkasthætte | 20 | 250 |
| Systemeffekter | 30 | 360 |
| Trykfald i alt | 605 | 2790 |
| Ventilatorens totalvirkningsgrad | 0.65 | 0.15-0.35 |
| SEL-værdi | 1 | 8-18 |

Tabel 4 Optimale og normale tryktab over ventilationskomponenter (ref. 11)

Ventilatorer

Optimering af virkningsgraden for den anvendte ventilator. Her sker der fortsat landvindinger, der ofte er knyttet sammen med reduktion af lydniveau – en anden meget vigtig parameter i et ventilationsanlæg. Forskning i forbedring af de analytiske metoder til fastlæggelse af ventila-

tores geometri kan her anbefales, og det vil sandsynligvis være nyttigt, at bruge internationale videncentre i dette arbejde. Der er også behov for at se nærmere på videreudvikling af aksialventilatorer, som anvendes i lavtryks- og hybride ventilationsanlæg.

Optimering af motorens virkningsgrad: Her giver de nyeste motortyper (f.eks. EC-motorer) gode muligheder for energibesparelser, og her sker der til stadighed en forbedring af pris/ydelsesforholdet. Også et område, hvor international kontakt kan være nyttig.

Optimering af virkningsgraden i den elektroniske regulering af motorens omdrejningstal: Udviklingen på dette område er meget tæt knyttet til den omtalte udvikling af motorer – ofte kan disse to områder ikke adskilles (f.eks. igen EC-motorer). Dog er der de seneste år sket et kraftigt skred i pris/ydelsesforholdet for frekvensomformere, således at disse nu er attraktive for selv ret små effekter.

Varmeveksling

Danmark har en række producenter, der traditionelt har stået stærkt på markedet for varmegenvinding. Den mest fremherskende teknologi har været krydsveksleren, der pga. strammere energilovgivning nu er under stærkt pres, og det må derfor forventes, at denne teknologi med en 10-årig horisont vil være stort set ude af markedet. Det er derfor vigtigt, at der forskes i videreudvikling af de andre omtalte teknologier, da de som nævnt har hver deres fordele og ulemper, hvor der med fordel kan forskes i løsninger, der kan være til gavn for såvel energiforbrug som indeklima.

Varmevekslere baseret på modstrømsprincippet tilbyder meget høj virkningsgrad – men desværre fryser selve veksleren meget let, når udetemperaturen kommer under frysepunktet. Der findes flere egnede metoder til løsning af dette problem med tilisning. Den mest udbredte metode er en lettere reduktion af udeluftmængden styret af afkastluftens temperatur efter veksleren. Der skal således hentes en mindre del af udeluften gennem utætheder i bygningen. En anden metode er delvis dynamisk blokering af en del af veksleren på friskluftsiden.

4.3 Systemoptimering

Styring

I mange situationer kan en optimeret luftfordeling i bygningen reducere den nødvendige luftmængde betydeligt. Anvendes samtidig behovsstyring af ventilationen, kan der opnås store besparelser på energiforbruget. Der er behov for udvikling af velegnede luftfordelingsprincipper for behovsstyret ventilation med optimal placering af indblæsning og udsugning. Luftfordelingsprincipperne bør ikke begrænses til det enkelte rum, men undersøges for hele bygningen, idet mulighederne for transport af luft i mellem bygningens rum må vurderes samtidig.

På sigt vil det være fornuftigt, at bevæge sig væk fra det bastante krav om et luftskifte på mindst 0,5 gange pr. time for boliger i døgnets 24 timer, således at tilførsel af udeluft skal kunne begrænses i perioder, hvor behovet for ventilation i boligen er reduceret. Ventilationsmængden i boliger er hverken fastsat på baggrund af krav til sundhed, komfort eller energiforbrug. Luftskiftet er fastsat således, at de fleste boliger ventileres "tilfredsstillende" hvilket betyder, at ventilationen er for høj i mange boliger. Der kan derfor opnås betydelige energibesparelser ved behovsstyret ventilation.

Kombinerede systemer

Med reduktion af behovet for opvarmning af lavenergibygninger, bliver det interessant at kombinere varme og ventilation i et system. Det kræver imidlertid udvikling af nye ventilationsstrategier, der er velegnede til opvarmning og som kan sikre både en god termisk komfort og en effektiv ventilation med god luftkvalitet i bygningen.

Reduktion af opvarmningsbehovet betyder også, at den interne omfordeling af varme i bygningen kan være meget større end den tilførte energi, hvorfor individuel temperaturregulering bliver vanskelig. Det er derfor også meget vigtigt, at undersøge om individuel temperaturregulering er nødvendig, og i givet fald hvilke tiltag og ændringer i bygning og ventilationssystem dette kræver.

Endvidere bør det undersøges om varmepumper økonomimæssigt kan være et fornuftigt alternativ til den traditionelle opvarmning af bygninger.

Integration med bygningskonstruktionen

For langt de fleste bygninger i Danmark er problemet med overskudvarme begrænset til en periode i dagtimerne (specielt om eftermiddagen). Energiforbruget i forbindelse med fjernelse af overskudsvarme er derfor primært til transport af luft (til omfordeling af varme mellem nat og dag) og de største udviklingsmuligheder ligger derfor i at kunne reducere luftmængden og tryktabet i systemet. Dette vedrører blandt andet forskning i, hvordan ventilationssystemet i højere grad integreres med bygningens tunge konstruktioner, således at luften kan tilføres bygningen ved meget lave temperaturer uden at resultere i trækgener, at luften kan udnyttes kontrolleret til effektiv afkøling af bygningskonstruktionen og/eller at udeluften kan forvarmes i bygningskonstruktionen inden den tilføres opholdszonen i bygningen. Der kan yderligere være behov for at udvikle meget billige nattekølesystemer, der kan transportere store luftmængder gennem bygningen om natten med lavt energiforbrug til ventilatorer. I kontorbyggeri er der især behov for udvikling af mekaniske ventilationssystemer, der kan bidrage til bedre udnyttelse af mulighederne for passiv køling, dvs. kan kombineres med naturlig ventilation, natkøling, effektiv udnyttelse af bygningens termiske masse etc.

Udvikling af integrerede løsninger, hvor aktive bygningslementer sammen med varme- og ventilationssystemer integreres i et system, giver mulighed for yderligere forbedring af bygningens energimæssige funktion. I nogle få byggeprojekter er der allerede implementeret aktive bygningslementer som dobbeltfacader, termisk aktive dækkonstruktioner, underjordiske indtagskanaler til ventilationsluft, m.m., men den aktuelle viden om deres funktion og den bagvedliggende varme- og massetransportproces er begrænset. Projekter vil fokusere på at udvikle nye komponenter og systemer, forbedre mulighederne for beregning af deres funktion, forbedre projekteringsmetoder og styringsstrategier.

I lavenergiboliger vil der være et stort varmeoverskud i sommermånederne og derfor behov for udluftning, solafskærmning og natkøling. Der er behov for udvikling af naturlige ventilationssystemer kombineret med effektiv udvendig solafskærmning til boliger, der kan sikre passiv køling af bygningen, både når beboerne er til stede, og når de er væk fra hjemmet dvs. automatiske systemer, der ikke reducerer bygningens adgangssikring og kan anvendes i kombination med eventuelle mekaniske systemer.

Individuelle ventilationssystemer

På nuværende tidspunkt er Personlig Ventilation (PV) kun undersøgt i klimakamre – der er ikke kommercielle produkter tilgængelige. Energibesparelsespotentialer er ikke dokumenteret på nuværende tidspunkt – men teorien er, at der i kraft af PV kan sikres tilfredsstillende indeklima med højere omgivelsestemperatur i kontorerne om sommeren – altså et reduceret behov for køling og endvidere baseret på det faktum, at den nødvendige lungekapacitet på omkring 0,15 liter/s friskluft er væsentlig mindre end de anbefalede 10 liter/s pr. person.

I kontorbyggeri er der behov for at undersøge om decentrale ventilationssystemer kunne være bedre løsninger end centrale enheder, samt hvornår og i hvilke situationer. Decentrale enheder i facaden reducerer behovet for kanalføring i bygningen, hvilket både er pladsbesparende og reducerer energiforbruget til transport af luft. Decentrale enheder giver en væsentlig simplere

decentral behovsstyring. Der ligger imidlertid et stort arbejde i at udvikle effektive og kompakte enheder, både hvad angår varmegenvinding, opvarmning, køling, ventilatorer og filtrering. Der findes dog allerede decentrale produkter på markedet; men de kan som sagt fortsat videreudvikles.

I flerfamilieboliger er der behov for udvikling af nye mere individuelle ventilationssystemer, således at kanalføringen reduceres og således, at problemer med støj og individuel styring forbedres. Desuden skal der udvikles systemer således, at varmegenvinding udnyttes bedre end tilfældet er i dag.

5. Konklusion

Ventilationssystemer vil få stadig større udbredelse på grund af skærpede krav til bygningers tæthed samt øgede krav til et godt indeklima/arbejds miljø

Ventilationen kan udgøre en stor del af bygningernes energiramme hvis ventilationsanlægget ikke dimensioneres energieffektivt

Målsætningen er at der etableres ventilationssystemer som tilgodeser et godt arbejdsmiljø/indeklima samtidig med at systemerne er energieffektive

Målsætningen skal opfyldes ved en kombination af:

- Uddannelse og dimensioneringsværktøjer for rådgivere og udførende.
- Optimering på komponentniveau, herunder minimering af tryktab samt optimering af varmevekslereffektiviteter og virkningsgraden for ventilatorer
- Udvikling af systemløsninger, herunder styring og bygningsintegration
- Kontrolordning. Pr. 1 januar 2008 indføres en obligatorisk kontrolordning for ventilationsanlæg

6. Referencer

- /1/ Bygningsreglement 1995
- /2/ Bygningsreglement 1995 for småhuse
- /3/ Danish Reference Year (DRY)
- /4/ Udvikling og optimering af et energieffektivt straightner ventilationsanlæg med indbygget chopper varmeveksler", Christian Drivsholm, Hans Olsen m.fl., Teknologisk Institut, 2003, EFP projekt
- /5/ Udvikling af energiøkonomisk ventilationsløsning med varmegenvinding til boliger", Christian Drivsholm, Toke Rammer Nielsen m.fl., BYG/DTU, 2005, ELFOR projekt
- /6/ Bygningsreglement 1995 + tillæg
- /7/ Bygningsreglement 1995 + tillæg for småhuse
- /8/ "Arkitektur og energi", Rob Marsh m.fl., SBI 2006, ELFOR projekt
- /9/ LavEByg netværk møde m.m., 2006
- /10/ Bygningsreglement 2007 {i høring}
- /11/ Klassindelade luftdistributionssystem - Projektering och upphandling", A2 anvisningsserien, Svenska Inneklimatinstitutet



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hvilke tekniske udfordringer er aktuelle inden for ventilationsteknik ?

Forfattere: Civilingeniør Christian Drivsholm og
Civilingeniør Ole Ravn Teknologisk Institut

Industri og Energi



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Baggrund

- Skærpede krav til indeklima- og arbejdsmiljøforhold.
- Skærpede krav til ventilationsanlægs energieffektivitet
- Den teknologiske udvikling åbner op for nye muligheder (materialeteknologi, nanoteknologi, intelligente komponenter, styringsteknikker og bygningsintegration)

Industri og Energi



Luftbehov

Ventilationsbehovet eller luftskiftets størrelse i boliger og ikke boliger er i Bygningsreglementet fastsat til mindst 0,5 gang i timen svarende til en volumenstrøm på 0,32 liter/(s m²) ved en rumhøjde på 2,3 m.

Varmegenvinding

I Bygningsreglementet er der stillet minimumskrav til ventilationsanlæg med såvel indblæsning som udsugning. Ventilationsanlægget skal forsynes med varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på mindst 65 %

BR1995 : ingen krav
Nuværende krav : mindst 65%
2011 : mindst 74%
2016 : mindst 80%



Elforbrug til drift af ventilationsanlæg

Elforbruget til lufttransport, SFP værdien (J/m³) kan tilnærmelsesvis bestemmes af:

$$SFP \approx \frac{\Delta p_{total} (Pa)}{\eta_{total} ()}$$

BR1995 : Boliger Ingen krav , Øvrigt CAV 2500 J/m³ , VAV 3200 J/m³
Nuværende krav : Boliger 1200 J/m³ , Øvrigt CAV 2100 J/m³ , VAV 2500 J/m³
2011 : Boliger 900 J/m³ , Øvrigt CAV 1600 J/m³ , VAV 1900 J/m³
2016 : Boliger 675 J/m³ , Øvrigt CAV 1200 J/m³ , VAV 1400 J/m³

Ventilationens andel af energirammen



TEKNOLOGISK
INSTITUT

| | Krav i BR95+tillæg og BR07(høring) | | | | |
|--|------------------------------------|-----|-----|-----|------|
| | 100 | 200 | 400 | 800 | 1600 |
| | [m ²] | | | | |
| | [kWh/vår] | | | | |
| Boliger, kollegier, hoteller m.m. 70+2200/A | 92 | 81 | 76 | 73 | 71 |
| Kontorer, skoler, institutioner 95+2200/A | 117 | 106 | 101 | 98 | 96 |
| Lavenergibygninger, klasse I 35+1100/A | 46 | 41 | 38 | 36 | 36 |
| Lavenergibygninger, klasse II 50+1600/A | 66 | 58 | 54 | 52 | 51 |
| Lavenergibygninger, klasse III 70+1600/A | 86 | 78 | 74 | 72 | 71 |

I klasse I og II byggeri indgår belysningen ikke

| Konfigurationer | kWh/(m ²) |
|---|-----------------------|
| Naturlig ventilation, $q_v = 0,32$ liter/(s m ²) | 35 |
| Infiltration lig $0,13$ liter/(s m ²) | 14 |
| SFP = 1200 J/m ³ , $\eta_{vgv} = 0,65$ og $q_v = 0,32$ | 17 |
| SFP = 900 J/m ³ , $\eta_{vgv} = 0,65$ og $q_v = 0,32$ | 15 |
| SFP = 1200 J/m ³ , $\eta_{vgv} = 0,85$ og $q_v = 0,32$ | 10 |
| SFP = 900 J/m ³ , $\eta_{vgv} = 0,85$ og $q_v = 0,32$ | 8 |

100 m² bolig
 Naturlig ventilation : 38 %
 Ventilationsanlæg (BR): 34 % (incl. inf)
 "Super"-anlæg : 24 % (incl. inf)

Industri og Energi

Ventilation og CO₂-regnskab



TEKNOLOGISK
INSTITUT

| Ventilationstype | Elforbrug (MJ/(m ² år)) | Varmeforbrug (MJ/(m ² år)) | CO ₂ (kg/(m ² år)) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Naturlig ventilation | | 162 | 7.3 |
| Kun mekanisk udsug | 5 | 164 | 8.2 |
| Krydsveksler med el-eftervarme | 105 | | 19.1 |
| Krydsveksler med vand-eftervarme | 22 | 83 | 7.7 |
| Modstrømsveksler | 22 | 26 | 5.2 |
| Nyt optimeret aggregat (ref. 4) | 7 | 18 | 3.2 |

Industri og Energi



Status

Varmegenvinding

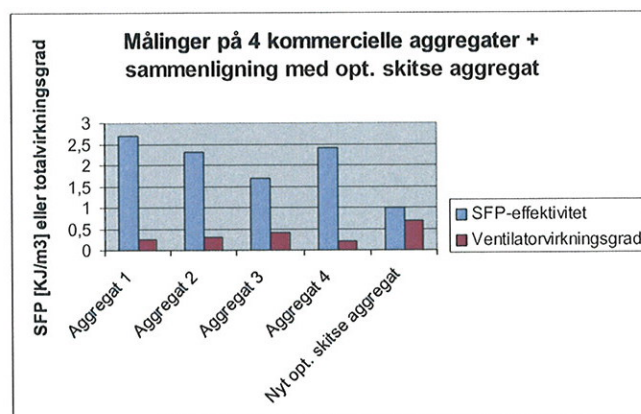
I praksis kan fx krydsstrøms-varmeveksleren vanskeligt overholde minimumskravet i Bygningsreglementet på de 65 %. Derfor er mange ventilationsfabrikanter i gang med at udfase varmevekslere baseret på krydsstrømsprincippet.

Den roterende varmegenvinder, giver en vis lækage på grund af opbygningen. Hvis udsugningsluften indeholder uønskede stoffer, kan den roterende varmegenvinder vanskeligt bruges.

Ved en varmevekslereffektivitet over 85 % tillader det danske klima at den kostbare eftervarmeblade med tilhørende automatik i de fleste tilfælde kan udelades.



Status (fortsat)



Udviklingsmuligheder

Optimering på komponentniveau



TEKNOLOGISK
INSTITUT

| Trykfald | Optimal (Pa) | Normal (Pa) |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| Indblæsning | | |
| Kanalsystem | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 200 |
| Varmeflade | 0 (40) | 100 |
| Varmevexsler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Armatyr | 30 | 50 |
| Luftindtag | 25 | 70 |
| Systemeffekter | 0 | 360 |
| Udsugning | | |
| Kanalsystem inkl. udsug | 100 | 150 |
| Lyddæmper | 0 | 100 |
| Varmevexsler | 100 | 250 |
| Filter | 50 | 250 |
| Afkasthætte | 20 | 250 |
| Systemeffekter | 30 | 360 |
| Trykfald i alt | 605 | 2790 |
| Ventilatorens totalvirkningsgrad | 0.65 | 0.15-0.35 |
| SFP-værdi | 1 | 8-18 |

Industri og Energi

Udviklingsmuligheder (fortsat)

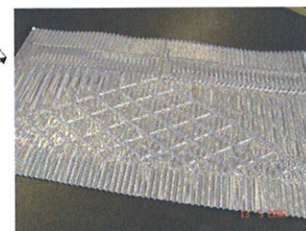
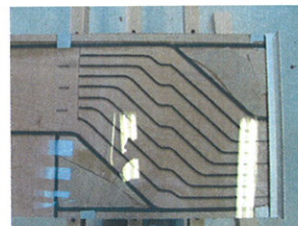
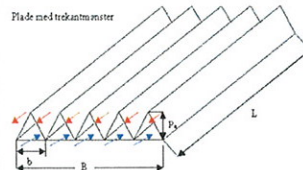
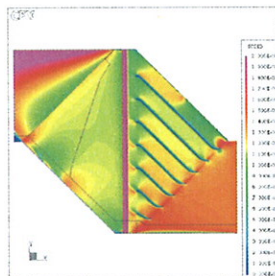
Varmegenvinding

Optimeret modstrømsvarmevexsler

Temperaturvirkningsgraden for den færdige prototype er målt til 85% ved en volumenstrøm på 155 m³/h.



TEKNOLOGISK
INSTITUT



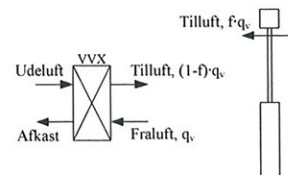
Industri og Energi



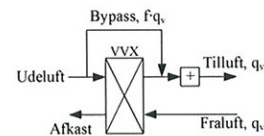
Frostproblematik i.f.m. varmeveksling

A. Nedsættelse af indblæsningsluftstrømmen, hvilket sænker udetemperaturgrænsen yderligere før frostdannelsernes indtræden.

I den forbindelse skal den nødvendige udelufttilførsel sikres gennem andre naturlige luftindtag kombineret med det undertryk, der skabes af ubalancen i luftstrømmene.

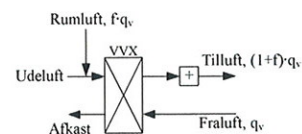


B. En del af indblæsningsluftstrømmen sendes via by-pass udenom varmeveksleren. Herved øges temperaturen ved afkastet over frysepunktet. Opblending af kold udeluft med den varmevekslede luft giver risiko for lav indblæsningstemperatur.

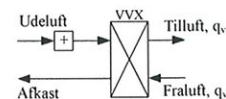


Frostproblematik i.f.m. varmeveksling (fortsat)

C. Luft fra udsugningen opblandes med udeluften så dennes temperatur hæves over frysepunktet før den ledes ind i varmeveksleren. Den samlede luftstrøm i anlægget øges hvilket medfører større elforbrug og risiko for at ventilatoren skal overdimensioneres. Desuden er metoden muligvis i strid med BR06 (BR98 afs. 6.2.4) om at luftstrømme kun må gå fra mindre til mere forurenede rum.



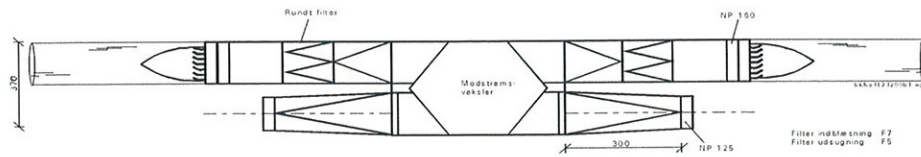
D. Forvarmning af udeluften før denne ledes ind i varmeveksleren evt. gennem jordslange eller varmeplade.



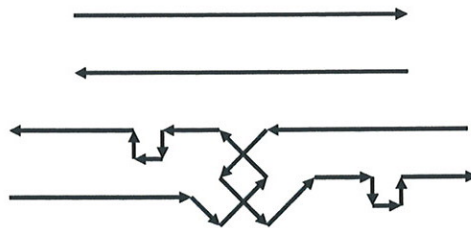


TEKNOLOGISK
INSTITUT

Udviklingsmuligheder (fortsat) Skitse af optimeret aggregat



Luftretningens ændring
traditionelt aggregat



Industri og Energi



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Udviklingsmuligheder

Styring

Der er behov for at gøre op med bygningsreglementets krav om konstant ventilation i boliger ved at indføre mulighed for behovstyring

SBI-undersøgelse viser el-besparelser på 20-30 % ved dynamisk behovsstyring af luftmængden.

Igangværende PSO-projekt:

Dynamisk behovs- og reguleringsstrategi ved analyse af fugt, CO₂, VOC, Olf støv og varme

Decentral eller centralt reguleringsystem ?

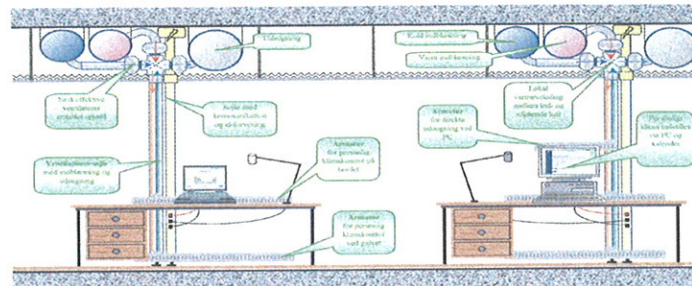
Industri og Energi

Systemoptimering Reduktion af luftmængder



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Intelligente Komponenter



Personlig Klimakontrol, Forklaret

Industri og Energi



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Systemoptimering Kombinerede systemer

Med reduktion af behovet for opvarmning af lavenergibygninger, bliver det interessant at kombinere varme og ventilation i et system. Det kræver imidlertid udvikling af nye ventilationsstrategier, der er velegnede til opvarmning og som kan sikre både en god termisk komfort og en effektiv ventilation med god luftkvalitet i bygningen.

Integration med bygningskonstruktionen

Dette vedrører blandt andet forskning i, hvordan ventilationssystemet i højere grad integreres med bygningens tunge konstruktioner, således at kapaciteten udnyttes i højere grad som lagring

Industri og Energi



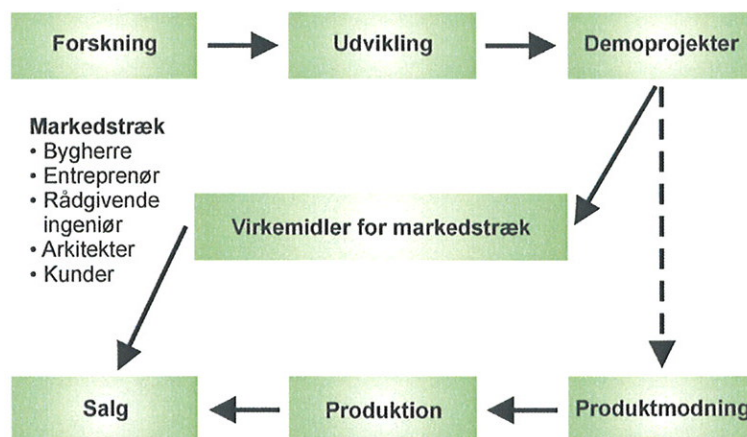
Obligatorisk kontrolordning for ventilationsanlæg

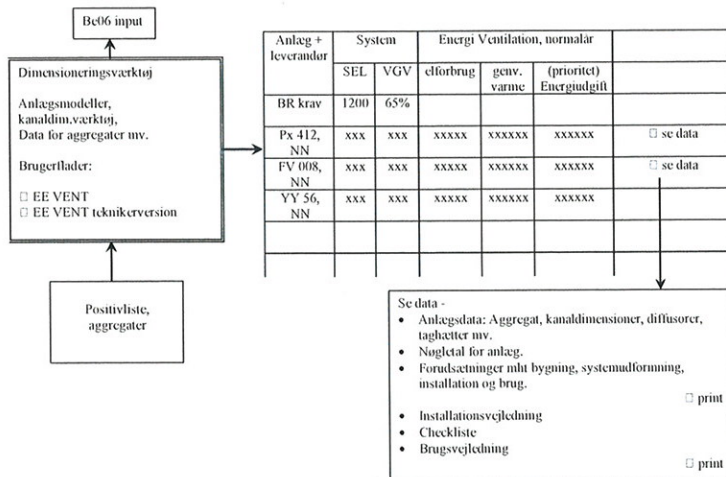
Træder i kraft pr. 1 januar 2008

Omfatter alle ventilationsanlæg over en vis størrelse (dog ikke industriventilation)

Eftersynet skal indeholde rådgivning om:

- Forbedringer
- Udskiftning
- Alternative løsninger





Konklusion

Ventilationssystemer vil få stadig større udbredelse på grund af skærpede krav til bygningers tæthed samt øgede krav til et godt indeklima/arbejds miljø. Målsætningen er at der etableres ventilationssystemer som tilgodeser et godt arbejdsmiljø/indeklima samtidig med at systemerne er energieffektive.

Målsætningen skal opfyldes ved en kombination af:

- Uddannelse og dimensioneringsværktøjer for rådgivere og udførende.
- Optimering på komponentniveau.
- Udvikling af systemløsninger, herunder styring og bygningsintegration
- Kontrolordning. Pr. 1 januar 2008 indføres en obligatorisk kontrolordning for ventilationsanlæg
- Etablering af markedstræk, således at kunderne efterspørger energieffektive anlæg



Dansk ventilation

"Brancheforening for godt indeklima"

Sekretariat

Wiltersvej 6

4180 Sorø

Tel. +45 5783 0909

E-mail: dansk.vent@mail.tele.dk

www.danskventilation.dk

Bestyrelsen for Dansk Ventilation.

Kopi til medlemsvirksomhederne.

Teknologisk Institut.

Der er tilsendt en "Indkaldelse" til de fleste aggregatproducenter, om at stille aggregater til rådighed for en første test i det nyindrettede laboratorium i Tåstrup.

Kopi af denne skrivelse medsendes for orientering.

Vi har, på bestyrelsesmødet torsdag den 29. januar, behandlet dette initiativ fra TI, og det er med tilfredshed bestyrelsen ser, at TI har opbygget et meget velfungerende laboratorium til formålet.

Det skal oplyses at TI seriøst har planlagt – og etableret dette laboratorium, der omfatter investeringer på flere mio. kroner. Etableringen af et laboratorium, med højt kvalitetsniveau på udstyr, ventilationsanlæg med alle former for varme, køling og stabiliseringer af luftstrømme, er der opbygget en testfacilitet i international klasse.

TI er fokuseret på at blive kvalificeret i international klasse, og benchmarker sig selv mod de tyske og svenske testinstitutioner.

Formålet med den udsendte "indkaldelse" af aggregater for test, er en dobbeltsidet deal, idet TI gennemfører disse første test uden omkostninger for producenten, idet TI anvender denne testperiode, som indkøring og trimningsfase for laboratoriet, samt beregning af hvad de endelige omkostninger skal være for at drive laboratoriet på rimelige forretningsmæssige vilkår. Samt naturlig nok at påbegynde den i TI's skrivelse anførte indsats for elsparefonden.

DV har besluttet at deltage i samarbejdet om profileringen og anvendelsen af dette laboratorium. Herunder er det vores interesse, at TI medvirker aktivt i bestræbelserne på at harmonisere de europæiske krav. DV deltager allerede i Eurovent samarbejdet, og det er vores politiske mål, at vi med en harmonisering af testinstitutionernes, nuværende nationalt prægede tests, vil fremme denne harmonisering ganske betydeligt. Målet er at der kan testes på en række anerkendte testinstitutioner – hvor som helst i EU, efter samme retningslinjer, og med samme gyldighed for alle EU landene.

DV anbefaler således vores medlemmer at de bruger det nye test laboratorium hos TI, ved at lægge opgaver derover og stille klare krav til kvalitet og tidsplaner.

Christen Galsgaard

Sekretariatet 5. februar 2009.



PRAKTISKE OPLYSNINGER

Sted

Teknologisk Institut
Gregersensvej
2630 Taastrup

Pris:

2.990 kr. pr. deltager inkl. forplejning og undervisningsmateriale, ekskl. moms.
Rabat ved 3 eller flere tilmeldinger – ring på 72 20 30 00.

Tilmelding:

På vedlagte tilmeldingsblanket, on-line på www.teknologisk.dk/k27320 eller til vores Call Center på tlf. 72 20 30 00, fax 72 20 29 99 eller e-mail: kurser@teknologisk.dk

Yderligere information

For nærmere oplysninger om kursets indhold, kontakt Peter Svendsen på tlf. 72 20 2556 eller e-mail peter.svendsen@teknologisk.dk
For anden information, ring til vores Call Center på tlf. 72 20 30 00.

Afmelding

Afmelding skal ske skriftligt med oplysning om fakturanr. Ved flytning eller afmelding senere end 3 uger før kursusstart opkræves et gebyr på 30% af kursuspriisen. Ved flytning eller afmelding senere end 2 uger før betales hele kursuspriisen. Såfremt du bliver forhindret, er du naturligvis altid velkommen til at sende en anden deltager fra virksomheden.

PROGRAM

- 09.00 Velkomst og indledning - v/diplomingeniør Peter Svendsen, Teknologisk Institut.
- 09.15 Fremtidens dokumentation af ventilations- og varmepumpeprodukter
Præsentation og bevæggrunde for nyt ventilationsaggregat laboratorium på Teknologisk Institut - v/senioringeniør Christian Drivsholm, Teknologisk Institut
- 09.45 Standarder – Uoverensstemmelser og huller i en række aggregatstandarder, samt manglende sammenlignelighed – Hvordan takles dette? - v/diplomingeniør Christian Grønberg Nicolaisen, Teknologisk Institut
- 10.15 Pause
- 10.30 Passivhaus konceptet – har det sin gang på jord? - v/diplomingeniør Peter Svendsen, Teknologisk Institut.
- 10.50 EuroVent konceptet – Er det fremtidens platform? - v/teknisk chef ingeniør Henning Grønbæk, Exhausto
- 11.10 Test af ventilationsanlæg med varmepumper – hvordan griber vi det an? - v/direktør Torben Andersen, Nilan
- 11.30 Opsamling og diskussion v/diplomingeniør Peter Svendsen, Teknologisk Institut
- 12.00 Frokost
- 12.45 Nyt liv til positivisterne for energiforbrugende produkter - v/Jørn Borup Jensen, Forskningskoordinator Dansk Energi
- 13.05 ECO design direktiverne har stor relevans for fremtidens solgte produkter i EU landene – er brancherne klar til dette? - v/ direktør Christen Galsgaard, Dansk Ventilation
- 13.30 Præsentation af standardløsninger på ventilation og varmepumpeområdet v/konsulent Iben Østergård, Videnscenter for Energibesparelser i Byggeriet
- 13.45 Pause
- 14.00 Mulige nye ventilations- og varmepumpeprojekter udført i fuldskala og etablering af vidensnetværk. Inspektion af EnergyFlexHouse og Aggregatlaboratorium - v/centerchef Ole Ravn
- 15.45 Afslutning



Teknologisk Institut
Att.: Call Center
Gregersensvej
+++ 3041 +++
2630 Taastrup



Dansk Ventilation

Brancheforening for godt indeklima

Dansk Ventilation er en brancheforening for omkring 30 producenter og forhandlere af udstyr til at skabe et godt indeklima, så mennesker trives bedre indendørs.

DANSK VENTILATION

Direktør

Christen Galsgaard

Wilstersvej 6

4180 Sorø

Tlf. 57 83 09 09, mobil: 20 10 19 77

Mail: dansk.vent@mail.tele.dk

Hjemmeside: www.danskventilation.dk



Teknologisk Institut vil teste internationalt

Teknologisk Institut (TI) har i samarbejde med Dansk Ventilation afholdt en konference om "Ventilation og varmepumper". Området er i rivende udvikling, men standarder og lovgivning kan ikke følge med. Konferencen ridsede status op – og deltagerne fik en god basisviden at bygge videre på. Laboratoriet, hvor TI foretager test af aggregater, og "EnergyFlexHouse", som er to prøvehuse for energieffektiv teknologi, blev besøgt til sidst på den spændende konference.

BESTYRELSEN FOR DANSK VENTILATION



Formand: Dan Stjernegaard
Lindab Ventilation A/S
Mobil: 40 45 80 45
Tel.: 73 23 23 23
E-mail: ds@lindab.dk



Næstformand:
Peter Hermansen
Exhausto A/S
Mobil: 40 40 55 33
Tel.: 65 66 12 34
E-mail: ph@exhausto.dk



Kasserer: Alex Rasmussen
Systemair A/S
Mobil: 24 29 28 50
Tel.: 87 38 75 00
E-mail: ar@systemair.dk



Erik Petersen
NK Industri A/S
Mobil: 20 29 31 36
Tel.: 66 14 15 36
E-mail: ep@nki.dk



Johnny Øland
Øland Ventilation A/S
Mobil: 21 71 15 40
Tel.: 70 20 19 11
E-mail: joe@oeland.dk



Ole Fornill
Belimo A/S
Mobil: 40 92 45 88
Tel.: 86 52 44 00
E-mail: ole.fornill@belimo.dk



Jan Ovesen
Halton A/S
Mobil: 40 85 28 55
Tel 86 92 28 55
E-mail jo@halton.dk

MEMLEMSMØDER

Bestyrelsesmøder

Torsdag 3. december 9.00 – 15.00.
Sorø

Konferencer mv.

Energi- Klimakonference 19 november,
nærmere senere



Diplomingeniør Peter Svendsen foreviste de to EnergyFlexHouse – der nu er næsten klar til både tekniske forsøg og forsøg med adfærden hos en almindelig børnefamilie.

trykte ønsket om, at der var flere akkrediterede laboratorier, der kunne udføre test i henhold til EuroVent. Mere konkurrence ville formentlig gøre test billigere

Christian Drivsholm, TI, startede dagens indlæg med at motivere behovet for det nyindrettede laboratorium for ventilationsaggregater. Kravene til fremtidens dokumentation vokser stadig – og det er vigtigt, at vi også her i Danmark er i stand til at måle avanceret på ventilationsaggregater.

Christian Grønborg Nicolajsen, TI, gav deltagerne et kalejdoskopisk overblik over en række aggregatstandarder, præget af "huller" og manglende sammenlignelighed, hvilket gav megen diskussion med deltagerne.

Henning Grønbæk, teknisk chef hos Exhausto, gav et overblik over EuroVent-konceptet. Flere og flere kunder forlanger, at deres leverandør er certificeret i henhold til EuroVent – og han ud-

og hurtigere. Peter Svendsen, TI, fortalte om "PassivHaus konceptet", der er kommet for at blive – trods mange mangler. Han fortalte om sit besøg hos PassivHaus Institutet i Darmstadt 4. maj med det formål at undersøge prøvningsprocedurer og muligheder for, at TI's nye aggregatlab kunne blive certificeret af PassivHaus Institutet.



Diplomingeniør Christian Grønborg Nicolajsen, TI: "Der er mange huller og problemer med de europæiske standarder – vi må tackle det i fællesskab".

Christen Galsgaard, Dansk Ventilation, talte om ECO-design, EU-direktivet om en bæredygtig udvikling i praksis – en enorm udvikling, der kræver ændringer. Der er mange barrierer, der skal overvindes – ikke mindst "uvidenhed". Dagens øvrige indlæg drejede sig om test af standardløsninger for ventilation og varmepumper samt nyt liv til positivlister. Konferencen sluttede med en gennemgang af det nye testlaboratorium og de to forsøgshuse "EnergyFlexHouse". Se dagens indlæg på www.teknologisk.dk/uddannelser/27110.



Akademiingeniør Erik Hvirgel Hansen gennemgik det nye Aggregatlaboratorium – og slog til lyd for, at danske firmaer fik lavet flere test på dette højt udviklede laboratorium.

• jsrn

| | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Udført af: MAD217 | Dato: 22-05-2009 | Emne modtaget (dato): marts 2009 |
| Projektnr: | Rapportnr: | |
| Fabrikant: Genvex | | |
| Adresse: | | |
| Typenr: GE 3090 Hm | Serienr: | |
| Fabrikationsår: | I x b x h: | |
| Filter udsug: F5 | Filter friskluft: F7 | |

| Lækagetest | |
|---|---|
| Ekstern | |
| Temperatur [C]: | |
| Barometerstand [hPa]: | |
| Undertryk | Overtryk |
| V_{start} [m³]: 0: 1,34; 1,35; 1,31; 1,30 | V_{start} [m³]: 0: 1,16; 1,18; 1,15; 1,25 |
| V_{slut} [m³]: <i>hastighed målt i</i> | V_{slut} [m³]: |
| ΔV [m³]: <i>0,25 kanal m. F51</i> | ΔV [m³]: |
| Tryk [Pa]: -398 | Tryk [Pa]: 400 |
| Tid [h:m:s]: | Tid: |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 56,8 | Luftstrøm [m ³ /h]: 50,25 |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 3250 | |
| Lækage[%]: 1,25 | Lækage[%]: 1,55 |
| Intern | |
| Temperatur [C]: | |
| Barometerstand [hPa]: | |
| V_{start} [m³]: 0: 0,61; 0,56; 0,53; 0,61 | |
| V_{slut} [m³]: <i>hastighed målt i siet kanal med F51</i> | |
| ΔV [m³]: 2 | |
| Tryk udsugn./fraluft [Pa]: -20 | Tryk friskluft/indblæs. [Pa]: 230 |
| Tid [h:m:s]: | |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 24,5 | |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 3250 | |
| Lækage[%]: 0,75% | |

**Prøvning** **Ventilationsaggregat med luft-luft modstrømsveksler****Formål:** Referencetest

Side 1 af 7

Dato: 2009.09.17**Aggregatnavn:** Genvex GE 3090 H m**Rapport nr:** Pos_2009_06_genvex_ge3090_hm-mod**Kunde:** Organisation: Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C
Kontakt: Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator
E-mail: jbj@danskenergi.dk**Laboratorium** Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej,
DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56**Aggregat data:** Fabrikat, type: **Genvex GE 3090 H m** Spænding: **3*400 V**
Kontakt: Claus Kjær Hansen, Genvex A/S
Sverigesvej 6, DK 6100 Haderslev tel: +45 7353 2733
Nominel luftstrøm q_{mn} 3250 m³/h max.tilladt lufstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikant
Nominel luftstrøm: 2200 m³/h luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=250$ Pa og $sfp=2500$
Id. nr.: Se foto af skilt Artikel nr.: år: **2009**
Dimension, l,b,h, [mm] 3036 x 1045 x (1052+skinne) Hoved kanal dim. Ø [mm]: **400**
hovedkanalplacering: **horisontal**
Filter klasse: ind/ud: **F7/F5**
Reguleringssystem -
Indstillingsmuligheder **4-trins styrke for bruger, nær trinløs for tekniker. Trin 4 = maks for begge ventilatorer**
Kommentarer: *pga ustabilitet i omdrejningsvælger er ventilatorers styring tilført de i prøvningen angivne DC-volt fra ekstern strømforsyning*
Varmevekslertype: EN 308 category 1, recuperator, delvis modstrøm**Datoer:** Aggregat modtaget: **01-03-2009** Test: **16-09-2009** (slut fil-dato)**Procedure:** EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles**Resultater** **Se bilag.** **q_{mep}/q_{mn} [%] Maks tilladt**
Ekstern lækage ved undertryk $dp=400$ Pa: **1.25%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=400$ Pa: **1.55%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage, $dp=250$ Pa q_{mil}/q_{mn} : **0.75%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Note: (Trykkene 250 og 100 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)
(Trykkene 400 og 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på over 250 Pa)**Lækage, sammendrag:** Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308

Den interne lækage opfylder kravene i EN 308

Tryktabs-test: (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpeudstyr.**Betingelser:** Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet. Prøven er udført i henhold til Teknologisk Instituts alm. betingelser for rekvirerede opgaver**Målt af:** Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilations Laboratorium, - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup**MPRH** Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør**CGL** Christian Grønborg Nicolaisen, Laboratorieingeniør**Underskrift:**

Erik Hvirgel Hansen/

Mads Peter Rudolph Hansen /

Peter Svendsen

Rapportfil nr.: C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\[genvex_ge3090_hm.xlsm]Rapport



Prøvning:

Måleresultater, ind/ud

Dato: 2009.09.17

Rapport nr: Pos\ 2009_06_genvex_ge3090_hm-mod

Side 3 af 7

Aggregatnavn: Genvex GE 3090 H m

| Omdrejningstal | Trykdiffe- rens over | Varm udsug- ning | Trykdiffe- rens over | SFP | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|------|-------|
| Trin: | korrespon- derende | (fraluft) | korrespon- derende | Specific el-effekt | | |
| (volt x10) | stutse for kold ind- blæsning | m ³ /h ref. 20 °C | stutse for varm udsug- ningsluft | ud fra middel luftstrøm | | |
| | m ³ /h ref 20 °C | [m ³ /h] | [Pa] | Totalt EL- energi- forbrug | | |
| | [m ³ /h] | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] | | |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V q0 | 0 | 1213 | 0 | 1098 | 1093 | |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 245 | 1194 | 242 | 1081 | 1270 | 18646 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 435 | 1154 | 425 | 1057 | 1429 | 11823 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 687 | 1116 | 692 | 1020 | 1633 | 8504 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1041 | 1040 | 1010 | 965 | 1846 | 6383 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1453 | 912 | 1458 | 852 | 2139 | 5280 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1770 | 805 | 1759 | 755 | 2323 | 4724 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2129 | 652 | 2070 | 628 | 2481 | 4196 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2423 | 485 | 2410 | 479 | 2566 | 3813 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2685 | 331 | 2721 | 332 | 2614 | 3459 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 3119 | 40 | 3192 | 50 | 2587 | 2918 |
| GE 3090_Hm_trin75 ud71V_ind75V_q0 | 0 | 684 | 0 | 674 | 555 | |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 517 | 626 | 521 | 598 | 778 | 5378 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 1414 | 438 | 1407 | 434 | 1089 | 2774 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 1815 | 296 | 1805 | 312 | 1175 | 2331 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 2465 | -19 | 2434 | 54 | 1206 | 1761 |
| GE 3090_Hm_trin50 ud47V_ind50V_q0 | 0 | 322 | 0 | 298 | 256 | |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 190 | 297 | 191 | 275 | 288 | 5439 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 520 | 256 | 516 | 239 | 348 | 2409 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 818 | 203 | 807 | 199 | 392 | 1727 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 1106 | 141 | 1094 | 144 | 424 | 1381 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 1588 | 3 | 1542 | 34 | 442 | 1001 |
| GE 3090_H_m_trin25 ud23V_ind25_q0 | 0 | 81 | 0 | 75 | 121 | |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 183 | 66 | 179 | 62 | 126 | 2486 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 333 | 51 | 322 | 50 | 133 | 1438 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 433 | 38 | 421 | 40 | 134 | 1119 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 650 | 3 | 655 | 9 | 138 | 761 |



Prøvning: Ventilatorkurver middel

Dato: 2009.09.17

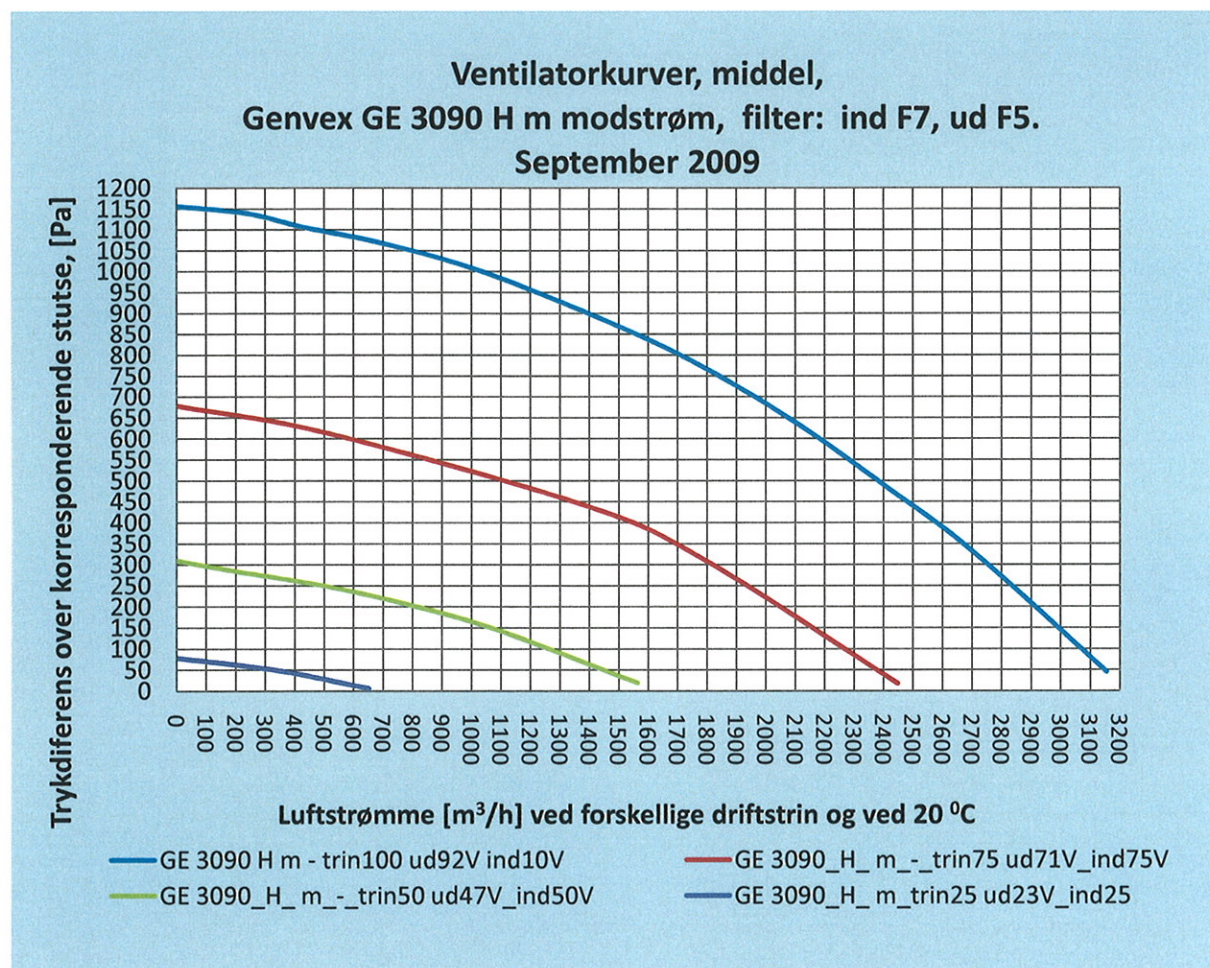
Rapport nr:

Pos\2009_06_genvex_ge3090_hm-mod

Side 4 af 7

Aggregatnavn:

Genvex GE 3090 H m





Prøvning:

Middelværdikurver, data

Dato: 2009.09.17 Rapport nr: Pos\ 2009_06_genvex_ge3090_hm-mod Side 5 af 7

Aggregatnavn: Genvex GE 3090 H m

Trykdifferens over korresponderende stutse for kold indblæsning
 Totalt EL-energi-forbrug incl. evt hjælpeenergi (rotor-motor)
 Specifik eleffekt incl. evt. hjælpeenergi
 SFP

Omdrejningstal

Trin:

| | m ³ /h | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] |
|---------------------------------------|-------------------|------|------|-------------------------|
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V q0 | 0 | 1155 | 1093 | |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 244 | 1137 | 1270 | 18752 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 430 | 1105 | 1429 | 11961 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 689 | 1068 | 1633 | 8532 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1025 | 1002 | 1846 | 6480 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1456 | 882 | 2139 | 5289 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 1765 | 780 | 2323 | 4739 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2099 | 640 | 2481 | 4255 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2417 | 482 | 2566 | 3823 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 2703 | 331 | 2614 | 3482 |
| GE 3090 H m - trin100 ud92V ind10V | 3156 | 45 | 2587 | 2952 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V_q0 | 0 | 679 | 555 | |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 519 | 612 | 778 | 5398 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 1411 | 436 | 1089 | 2780 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 1810 | 304 | 1175 | 2337 |
| GE 3090_H_m_-_trin75 ud71V_ind75V | 2450 | 17 | 1206 | 1773 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V_q0 | 0 | 310 | 256 | |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 190 | 286 | 288 | 5446 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 518 | 248 | 348 | 2418 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 812 | 201 | 392 | 1739 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 1100 | 142 | 424 | 1389 |
| GE 3090_H_m_-_trin50 ud47V_ind50V | 1565 | 19 | 442 | 1016 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25_q0 | 0 | 78 | 121 | |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 181 | 64 | 126 | 2508 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 327 | 51 | 133 | 1460 |
| GE 3090_H_m_-_trin25 ud23V_ind25 | 427 | 39 | 134 | 1134 |
| GE 3090_H_m_trin25 ud23V_ind25 | 653 | 6 | 138 | 764 |



Prøvning:

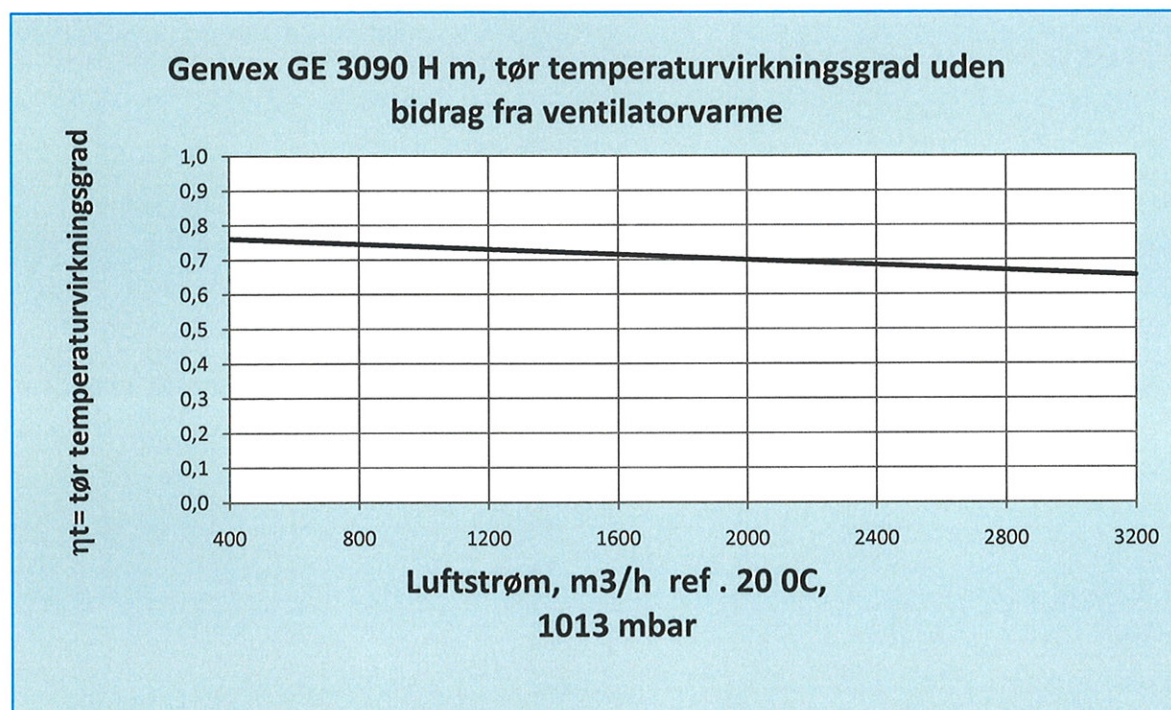
Temperaturvirkningsgrad

Dato: 2009.09.17

Rapport nr: Pos\ 2009_06_genvex_ge3090_hm-mod

Side 6 af 7

Aggregatnavn: Genvex GE 3090 H m



| Luftstrøm q [m ³ /h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|--|--|
| q | nt |
| 0 | 0,775 |
| 400 | 0,75996 |
| 800 | 0,74492 |
| 1200 | 0,72988 |
| 1600 | 0,71484 |
| 2000 | 0,6998 |
| 2400 | 0,68476 |
| 2800 | 0,66972 |
| 3200 | 0,65468 |

Beregningsudtryk:
Tør virknings-grad η (eta) excl.
motorvarme, q i m³/h ved 20 °C

$$\text{eta} = 0,775 - 0.0000376 * q$$

q[m³/h]



Prøvning: Foto

Dato: 2009.09.17

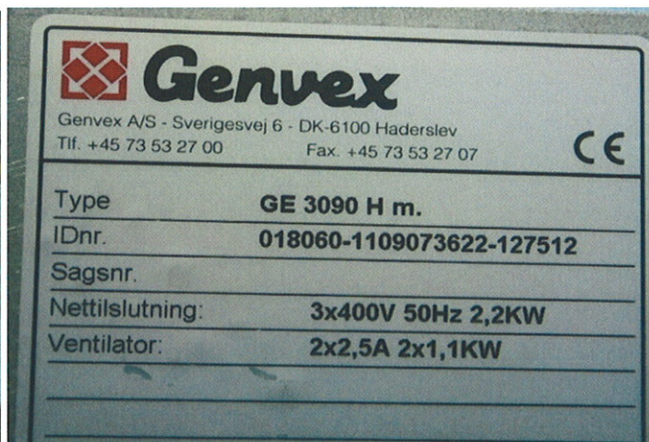
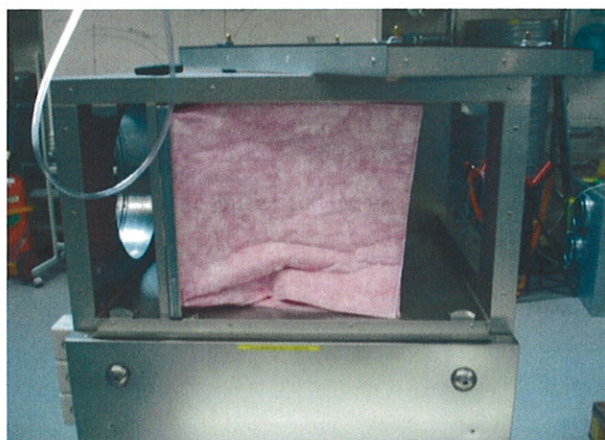
Rapport nr:

Pos\ 2009_06_genvex_ge3090_hm-mod

Side 7 af 7

Aggregatnavn: Genvex GE 3090 H m

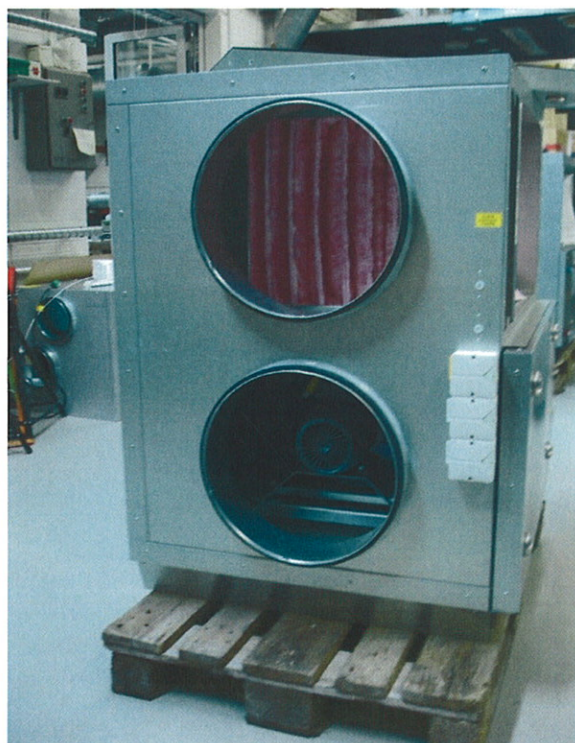
Typeskilt: Foto, fabrikat, serienr., CE-mærke



indblæsningsfilter F7



Udsugningsfilter F5



**Prøvning** **Ventilationsaggregat med luft-luft rotorveksler****Formål:** Referencetest Side 1 af 7**Dato:** 2009.09.25
Aggregatnavn: FLEXIT L 40 R
Rapport nr: Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot**Kunde:** Organisation: Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C
Kontakt: Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator
E-mail: jbj@danskeenergi.dk**Laboratorium** Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56**Aggregat data:** Fabrikat, type: **Flexit L40 R** Spænding: **3*400 V**
Kontakt: Øland A/S, Park Allé 366, DK-2605 Brøndby
Att. Niels Schondel, produktchef tel: +45 70 20 19 11
Nominel luftstrøm q_{mn} 3250 m³/h max.tilladt lufstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikant
Nominel luftstrøm: 2200 m³/h luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=250$ Pa og $sfp=2500$
Id. nr.: Se foto af skilt Artikel nr.: **141827** år: **2009**
Dimension, l,b,h, [mm] 3036 x 1045 x (1052+skinne) Hoved kanal dim. Ø [mm]: **400**
hovedkanalplacering: **horisontal**
Filter klasse: ind/ud: **F85/F45**
Reguleringsystem -
Indstillingsmuligheder **4-trins styrke for bruger, nær trinløs for tekniker. Trin 4 = maks for begge ventilatorer**
Rotoromdrejningstal: **1 omdrejning per 5,3 sekund**
Kommentarer: *Ingen kommentarer*
Varmevekslertype: EN 308 category 1, recuperator, delvis modstrøm**Datoer:** Aggregat modtaget: **01-03-2009** Test: **16-09-2009** (slut fil-dato)**Procedure:** EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles**Resultater** **Se bilag.** **q_{mep}/q_{mn} [%] Maks tilladt**
Ekstern lækage ved undertryk $dp=400$ Pa: **1,40%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=400$ Pa: **1,20%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage, $dp=250$ Pa q_{mil}/q_{mn} : **<0.3%** Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %**Note:** (Trykkene 250 og 100 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)
(Trykkene 400 og 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på over 250 Pa)**Lækage, sammendrag:** Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308
Den interne lækage opfylder kravene i EN 308**Tryktabs-test:** (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpudstyr.**Betingelser:** Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet. Prøven er udført i henhold til Teknologisk Instituts alm. betingelser for rekvirerede opgaver**Målt af:** Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilations Laboratorium, - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup
MPRH Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør
CGL Christian Grønborg Nicolaisen, Laboratorieingeniør**Underskrift:** Erik Hvirgel Hansen / Mads Peter Rudolph Hansen / Peter Svendsen**Rapportfil nr.:** C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\intern lækage.xlsx]Ark1



Prøvning: Ventilatorcurver ind og ud

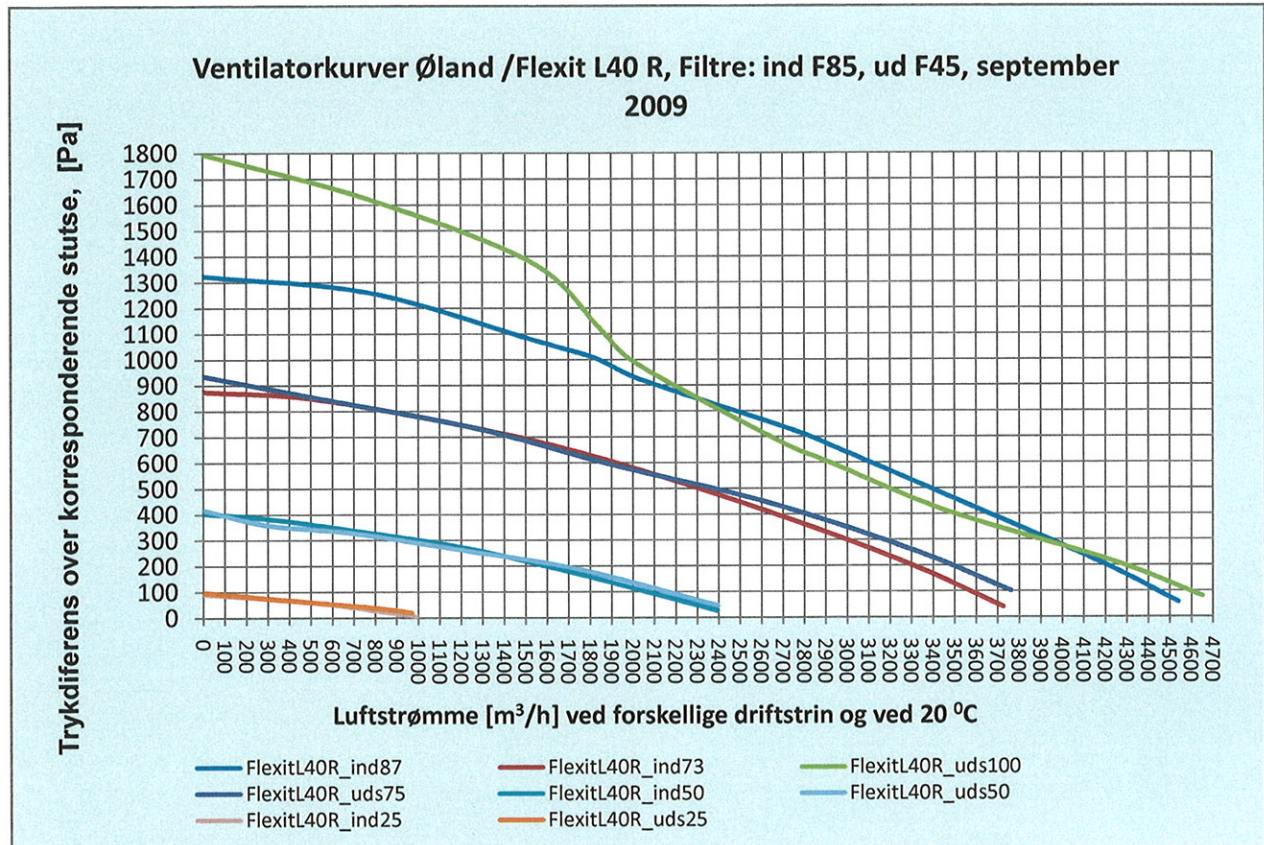
Dato: 2009.09.25

Rapport nr:

Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

Side 2 af 7

Aggregatnavn: Flexit L40 R





Prøvning:

Måleresultater, ind/ud

Dato: 2009.09.25

Rapport nr: Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

Side 3 af 7

Aggregatnavn: Flexit L40 R

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæsningsluftstrøm, m ³ /h ref 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for kold indblæsning [Pa] | Varm udsugning (fraluft) m ³ /h ref. 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for varm udsugningsluft [Pa] | Totalt EL-energiforbrug [W] | SFP Specific el-effekt ud fra middel luftstrøm [W/(m ³ /s)] |
|---|---|---|---|--|--------------------------------|--|
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100_q0 | 0 | 1322 | 0 | 1795 | 2562 | |
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100 | 783 | 1257 | 776 | 1620 | 2669 | 12274 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100 | 1538 | 1075 | 1534 | 1375 | 3367 | 7879 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100 | 1831 | 1004 | 1849 | 1120 | 3307 | 6439 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind87_uds100 | 2040 | 921 | 2016 | 986 | 3334 | 5885 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100 | 2744 | 726 | 2687 | 682 | 3373 | 4425 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind87_uds100 | 2959 | 653 | 2917 | 601 | 3351 | 4077 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind87_uds100 | 3545 | 443 | 3474 | 409 | 3369 | 3421 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind87_uds100 | 4182 | 210 | 4231 | 218 | 3495 | 2974 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind87_uds100 | 4540 | 57 | 4653 | 80 | 3476 | 2689 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind73_uds75_q0 | 0 | 875 | 0 | 936 | 995 | |
| oeland L40R_kapmaaling_ind73_uds75 | 523 | 847 | 533 | 850 | 1243 | 8396 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind73_uds75 | 1330 | 724 | 1296 | 729 | 1728 | 4677 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind73_uds75 | 1907 | 604 | 1892 | 595 | 2028 | 3829 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind73_uds75 | 2668 | 399 | 2624 | 447 | 2228 | 3006 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind73_uds75 | 3300 | 203 | 3307 | 260 | 2230 | 2428 |
| oeland L40R_laekagemaaling_ind73_uds75 | 3726 | 40 | 3762 | 101 | 2116 | 2025 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50_q0 | 0 | 403 | 0 | 417 | 358 | |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50 | 302 | 382 | 307 | 357 | 440 | 5164 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50 | 679 | 340 | 686 | 329 | 540 | 2837 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50 | 1230 | 268 | 1199 | 263 | 656 | 1919 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50 | 1763 | 165 | 1764 | 185 | 731 | 1492 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind50_uds50 | 2395 | 26 | 2397 | 46 | 723 | 1085 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind25_uds25_q0 | 0 | 91 | 0 | 98 | 140 | |
| oeland L40R_kapmaaling_ind25_uds25 | 518 | 59 | 517 | 59 | 166 | 1151 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind25_uds25 | 816 | 25 | 827 | 36 | 176 | 767 |
| oeland L40R_kapmaaling_ind25_uds25 | 990 | 6 | 969 | 20 | 178 | 648 |



Prøvning: Ventilatorcurver middel

Dato: 2009.09.25

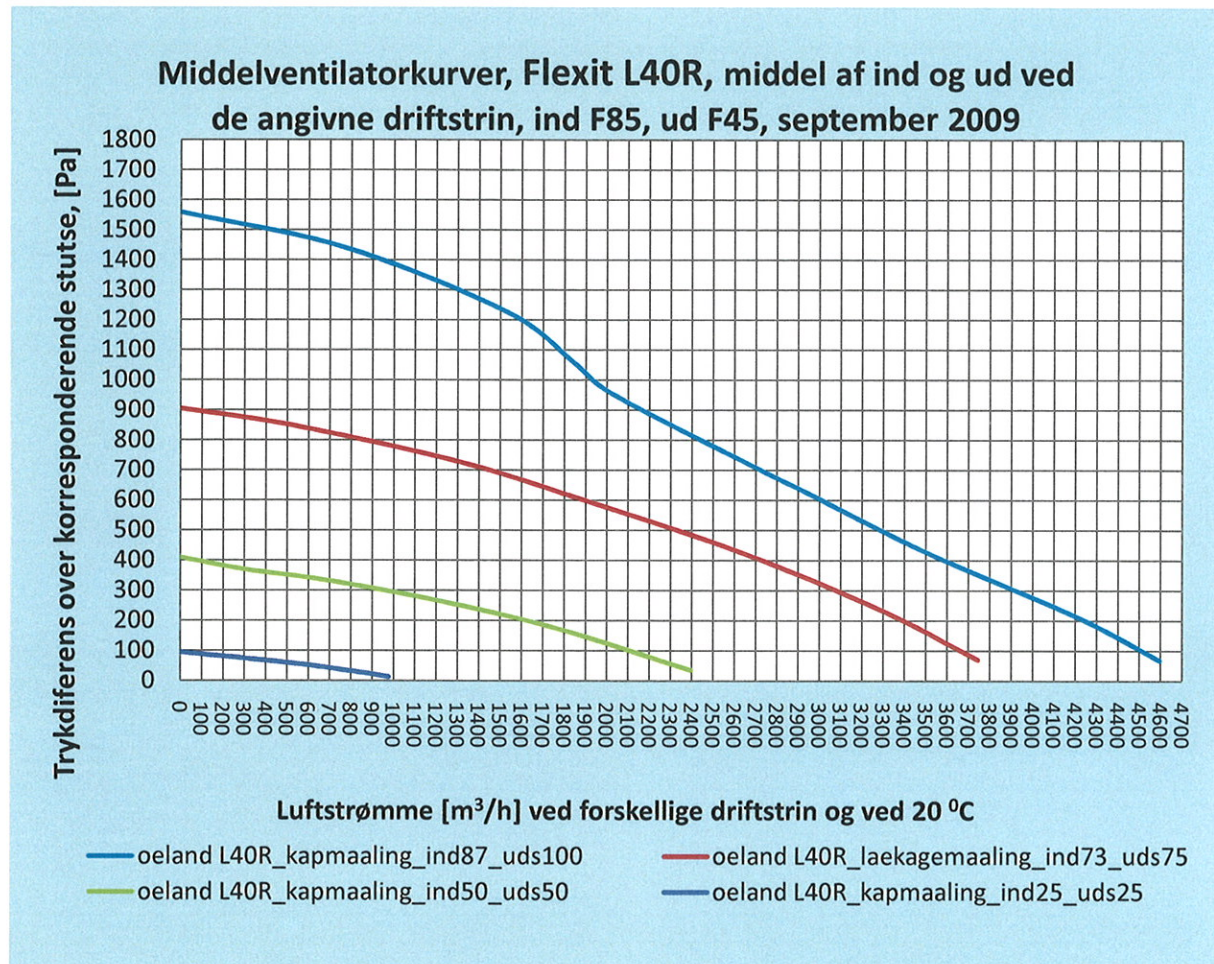
Rapport nr:

Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

Side 4 af 7

Aggregatnavn:

Flexit L40 R





Prøvning:

Middelværdikurver, data

Dato: 2009.09.25

Rapport nr: Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

Side 5 af 7

Aggregatnavn: Flexit L40 R

| Omdrejningstal Trin: | qmiddel, af ind og ud 20 °C Middelkurve m3/h | Trykdiffe- rens over korrespon- derende stutse for kold ind- blæsning [Pa] | Totalt EL- energi- forbrug incl. evt hjælpe- energi (rotor- motor) [W] | Specifik eleffekt incl evt. hjælpe- energi SFP [W/(m ³ /s)] |
|-------------------------|---|---|---|---|
| | 0 | 1559 | 2562 | |
| | 779 | 1439 | 2669 | 12328 |
| | 1536 | 1225 | 3367 | 7891 |
| | 1840 | 1062 | 3307 | 6471 |
| | 2028 | 953 | 3334 | 5920 |
| | 2716 | 704 | 3373 | 4472 |
| | 2938 | 627 | 3351 | 4106 |
| | 3510 | 426 | 3369 | 3455 |
| | 4206 | 214 | 3495 | 2991 |
| | 4596 | 68 | 3476 | 2722 |
| | 0 | 905 | 995 | |
| | 528 | 848 | 1243 | 8470 |
| | 1313 | 727 | 1728 | 4737 |
| | 1899 | 599 | 2028 | 3843 |
| | 2646 | 423 | 2228 | 3031 |
| | 3304 | 231 | 2230 | 2430 |
| | 3744 | 70 | 2116 | 2035 |
| | 0 | 410 | 358 | |
| | 304 | 370 | 440 | 5203 |
| | 682 | 334 | 540 | 2852 |
| | 1215 | 265 | 656 | 1944 |
| | 1764 | 175 | 731 | 1492 |
| | 2396 | 36 | 723 | 1086 |
| | 0 | 95 | 140 | |
| | 517 | 59 | 166 | 1153 |
| | 822 | 31 | 176 | 772 |
| | 980 | 13 | 178 | 655 |



Prøvning:

Temperaturvirkningsgrad

Dato:

2009.09.25

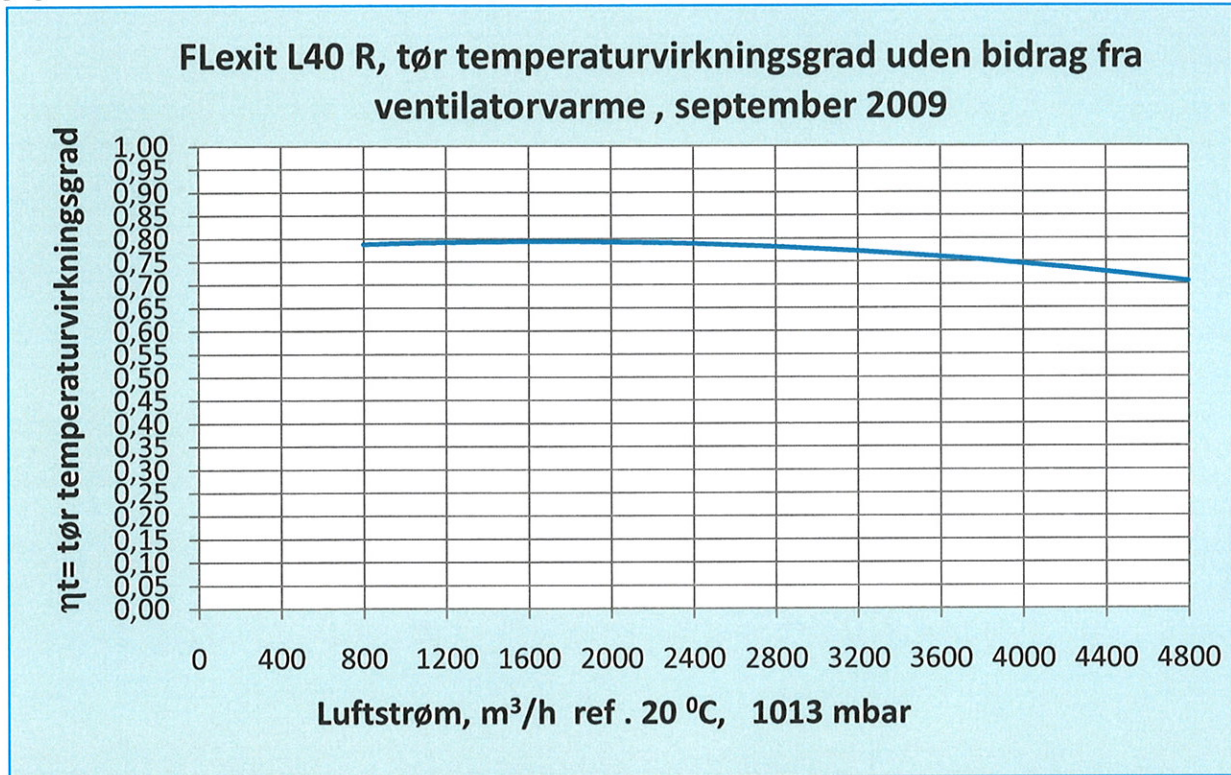
Rapport nr:

Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

Side 6 af 7

Aggregatnavn:

Flexit L40 R



| Luftstrøm q [m ³ /h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|--|---|
| q | nt |
| 800 | 0,787 |
| 1200 | 0,792 |
| 1600 | 0,793 |
| 2000 | 0,792 |
| 2400 | 0,788 |
| 2800 | 0,782 |
| 3200 | 0,772 |
| 3600 | 0,760 |
| 4000 | 0,744 |
| 4400 | 0,726 |
| 4800 | 0,706 |

Beregningsudtryk:
Tør virknings-grad η (eta) excl.
motorvarme, q i m³/h ved 20 °C

$$\text{eta} = 0,77 - 0.0000287 * q - 0.00000000877 * q^2$$

q[m³/h]



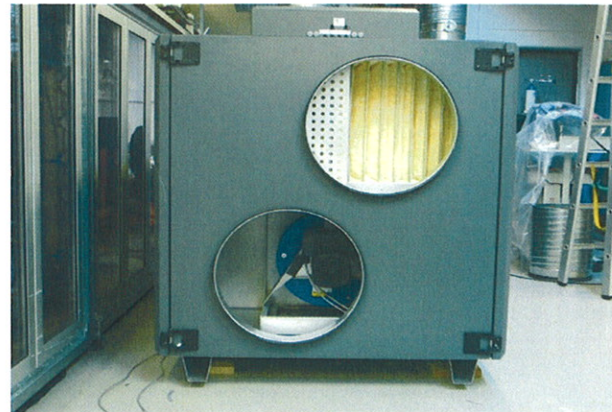
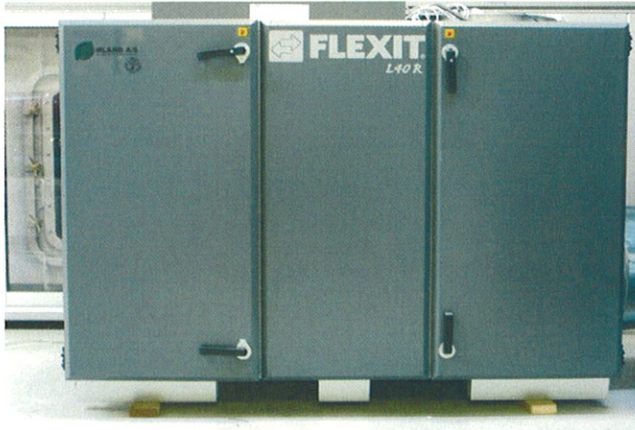
Prøvning: Foto

Dato: 2009.09.25

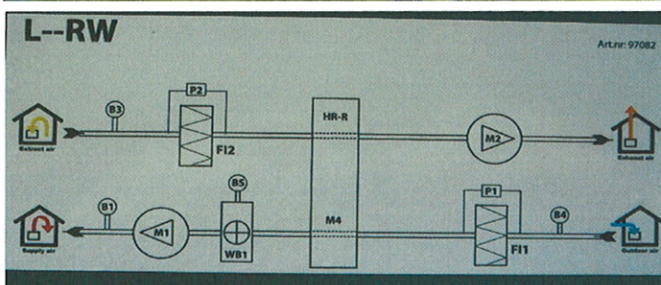
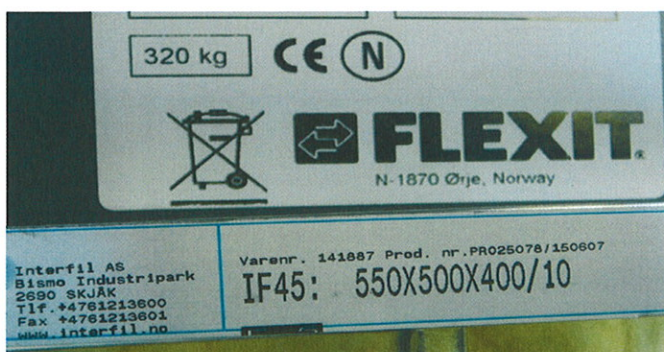
Rapport nr: Pos_2009_07_Flexit_L40R_rot

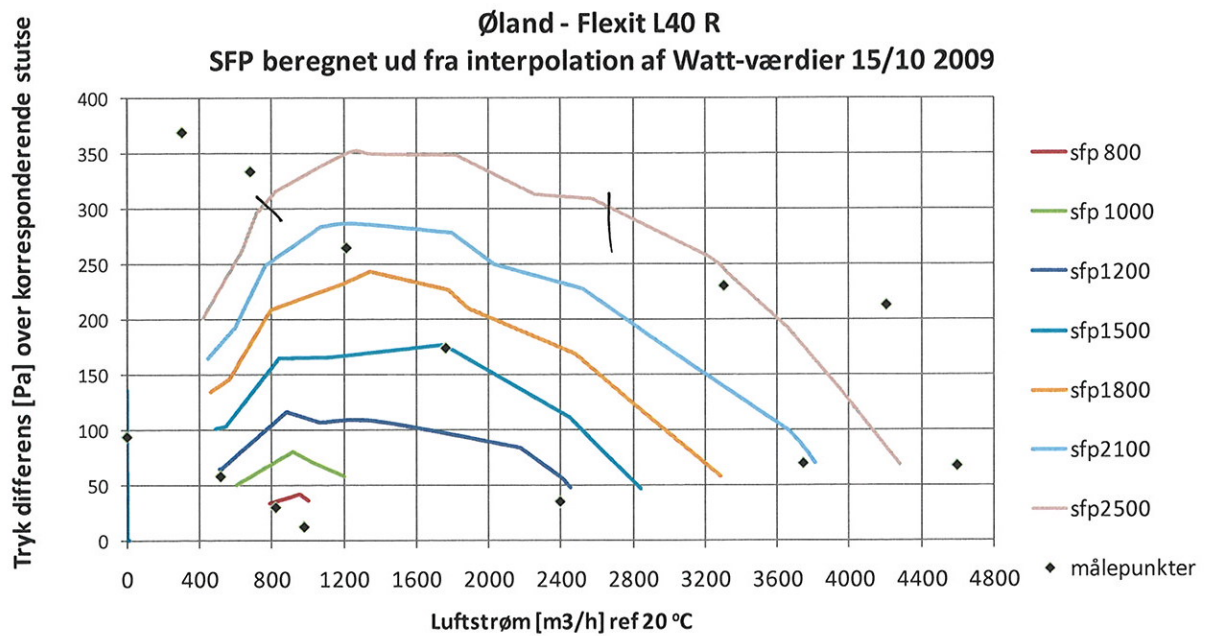
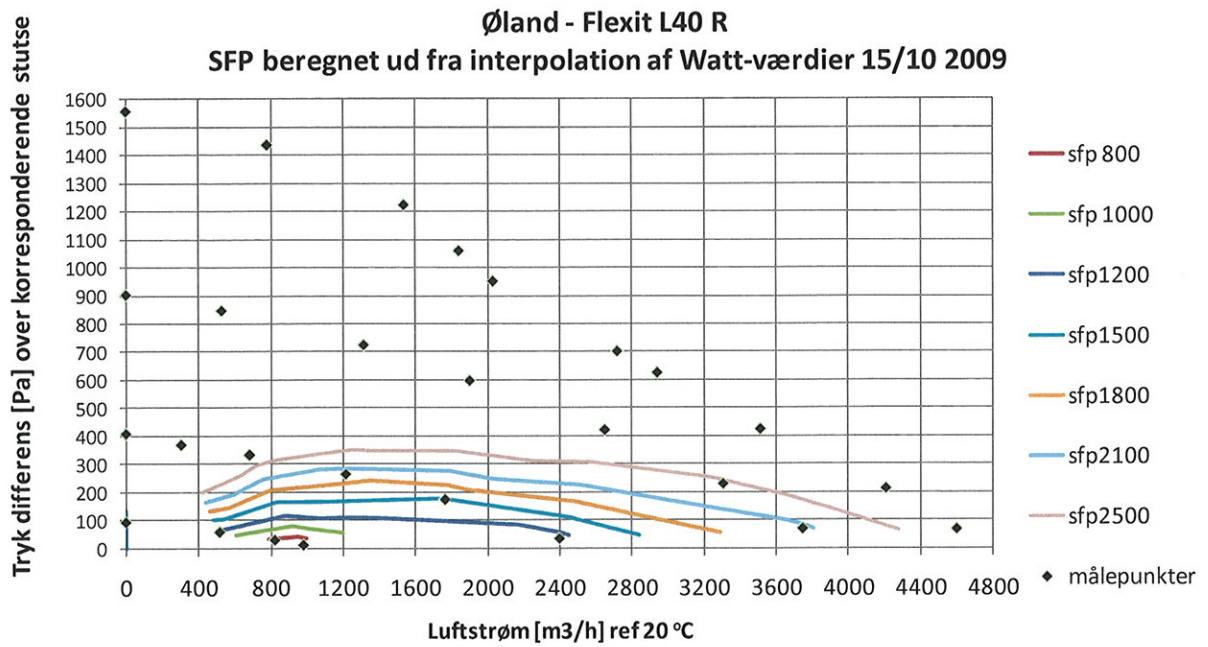
Side 7 af 7

Aggregatnavn: Flexit L40 R



Typeskilt: Foto, fabrikat, serienr., CE-mærke





24-09-2009

Ekstern lokaletest af Øland LØR
EHN; MPRH

Instrumenter: TS146; DP measurement
200-P-20322

Undertryk

$$p_{\text{stat}} = -416 \text{ pa (uk)}$$

$$v_c = 1,07 \text{ m/s}$$

$$q_{\text{stat}} = 0,95 \times v_c \times 0,125^2 \times 3600 = 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\alpha = \frac{q_{\text{stat}}}{q_{\text{nom}}} = \frac{45}{3250} = 1,4\%$$

Overtryk

$$p_{\text{stat}} = 418 \text{ pa (uk)}$$

$$v_c = 0,95 \text{ m/s}$$

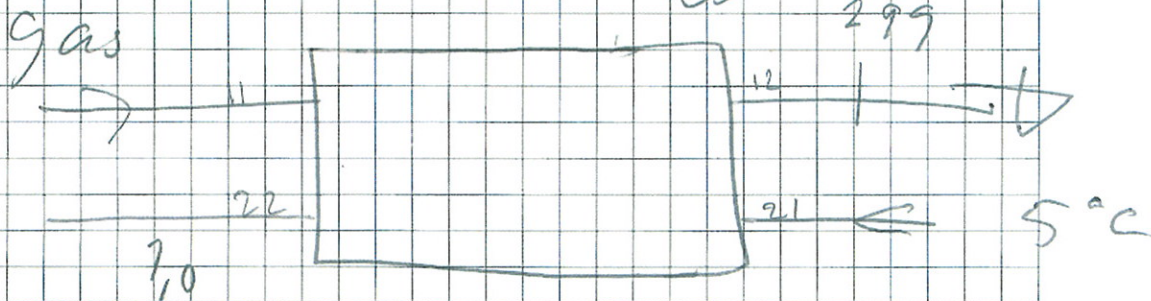
$$q_{\text{stat}} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\alpha = \frac{q_{\text{stat}}}{q_{\text{nom}}} = \frac{40}{3250} = 1,27\%$$

EHH
MPRH

ventilok. : $v_{in} = 100\%$; $v_{ed} = 88\%$

Filbert i 11 (0,300)



Lock-up måling ①

massflow spizelu = 14%

$$\Delta P_{in} = 236 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{22-11} = -57 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{uds} = 253 \text{ Pa}$$

$$q_{in} = 4243 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\alpha_{12} = 300 \text{ ppm}$$

$$q_{uds} = 4078 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\alpha_{22} = 1 \text{ ppm}$$

(ukalibreret)

$$P_{ass} = 3540 \text{ W}$$

$$P_{rotor} = 30 \text{ W}$$

②

$$q_{gas} = q_1$$

$$\Delta P_{22-11} = -55 \text{ Pa}$$

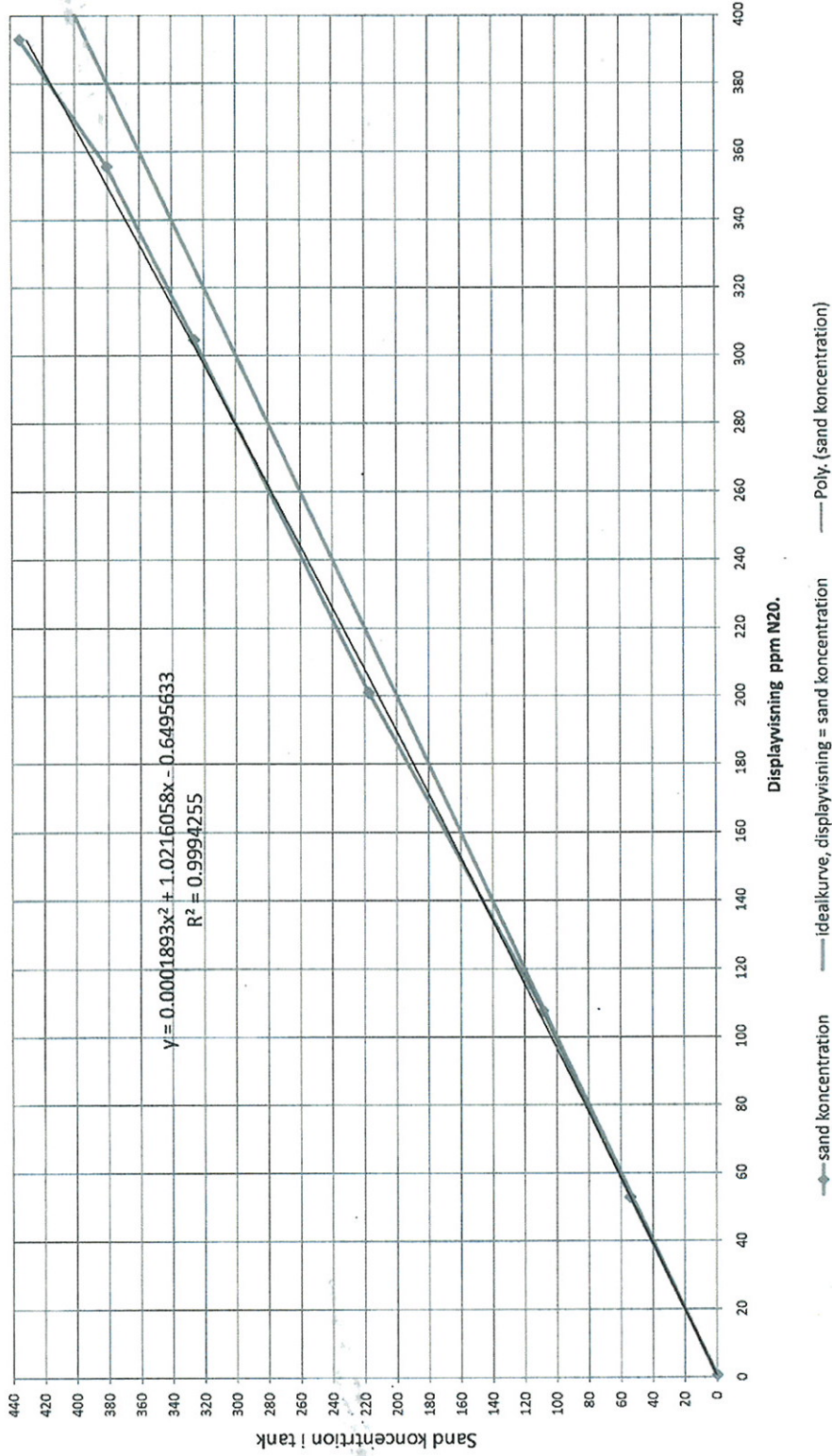
$$307$$

$$\alpha_{12} = 307 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{22} = 0$$

(ukalibreret)

Kalibrering af Rosemount N₂O analysator, 28/4 2009, kalibreret med 45.2 ppm N₂O



**Prøvning** **Ventilationsaggregat med luft-luft rotorveksler****Formål:** Referencetest Side 1 af 7**Dato:** 2009.10.26**Aggregatnavn:** NB-ventilation AV 050R-VO-4-HNG**Rapport nr:** Pos_2009_08_nb_rot**Kunde:** Organisation: Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C
Kontakt: Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator
E-mail: jbj@danskenergi.dk**Laboratorium** Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56**Aggregat data:** Fabrikat, type: AV 050R-VO-4-HNG Spænding: 3*400 V
Kontakt: NB-ventilation A/S, Svanningevej 2, DK 9220 Aalborg Ø
att. Carsten Gerhardt, adm direktør. tel: +45 98 31 52 44
Nominel luftstrøm q_{mn} 5000 m³/h max.tilladt luftstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikant
Nominel luftstrøm: 5300 m³/h luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=250$ Pa og $sfp=2500$
Id. nr.: Se foto af skilt Artikel nr.: 141827 år: 2009
Dimension, l,b,h, [mm] 2340X1300x1550 incl konsol Hoved kanal dim. rekt [mm]: 1050x(500 til 540)
hovedkanalplacering: horisontal Hoved kanal dim. Ø [mm]:
Filter klasse: ind/ud: F7/F7
Reguleringssystem -
Indstillingsmuligheder 4-trins styrke for bruger, nær trinløs for tekniker. Trin 4 = maks for begge ventilatorer
Omdrejningstal: 1 omdrejning per 12,8 sekund
Hjælpeenergiforbrug: Rotor i drift: 42.2 [W] Rotor slukket: 5.6[W]
Kommentarer: Ingen kommentarer
Varvekslertype: EN 308 category III, recuperator**Datoer:** Aggregat modtaget: 01-03-2009 Test: 16-09-2009 (slut fil-dato)**Procedure:** EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles**Resultater** **Se bilag.** **q_{mep}/q_{mn} [%] Maks tilladt**
Ekstern lækage ved undertryk $dp=400$ Pa: 1,80% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=400$ Pa: 1,90% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage, $dp=250$ Pa q_{mil}/q_{mn} : <0.3% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %**Note:** (Trykkene 250 og 100 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)
(Trykkene 400 og 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på over 250 Pa)
VGV-målingerne er behæftet med usikkerhed pga. at alle interne lækager ikke skal måles iht EN308
De interne trykforhold kan ændre lækagen og forbedre VGV, og give forskelle mellem forskellige labs. målinger**Lækage, sammendrag:** Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308 Den interne lækage opfylder kravene i EN 308
Tryktabs-test: (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpeudstyr.**Betingelser:** Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet. Prøven er udført i henhold til Teknologisk Instituts alm. betingelser for rekvirerede opgaver**Målt af:** Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilations Laboratorium, - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup
MPRH Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør
CGL Christian Grønborg Nicolaisen, Laboratorieingeniør**Underskrift:** Erik Hvirgel Hansen / Mads Peter Rudolph Hansen / Peter Svendsen**Rapportfil nr.:** C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\[nbvent.xlsm]Rapport



Prøvning: Ventilatorkurver ind og ud

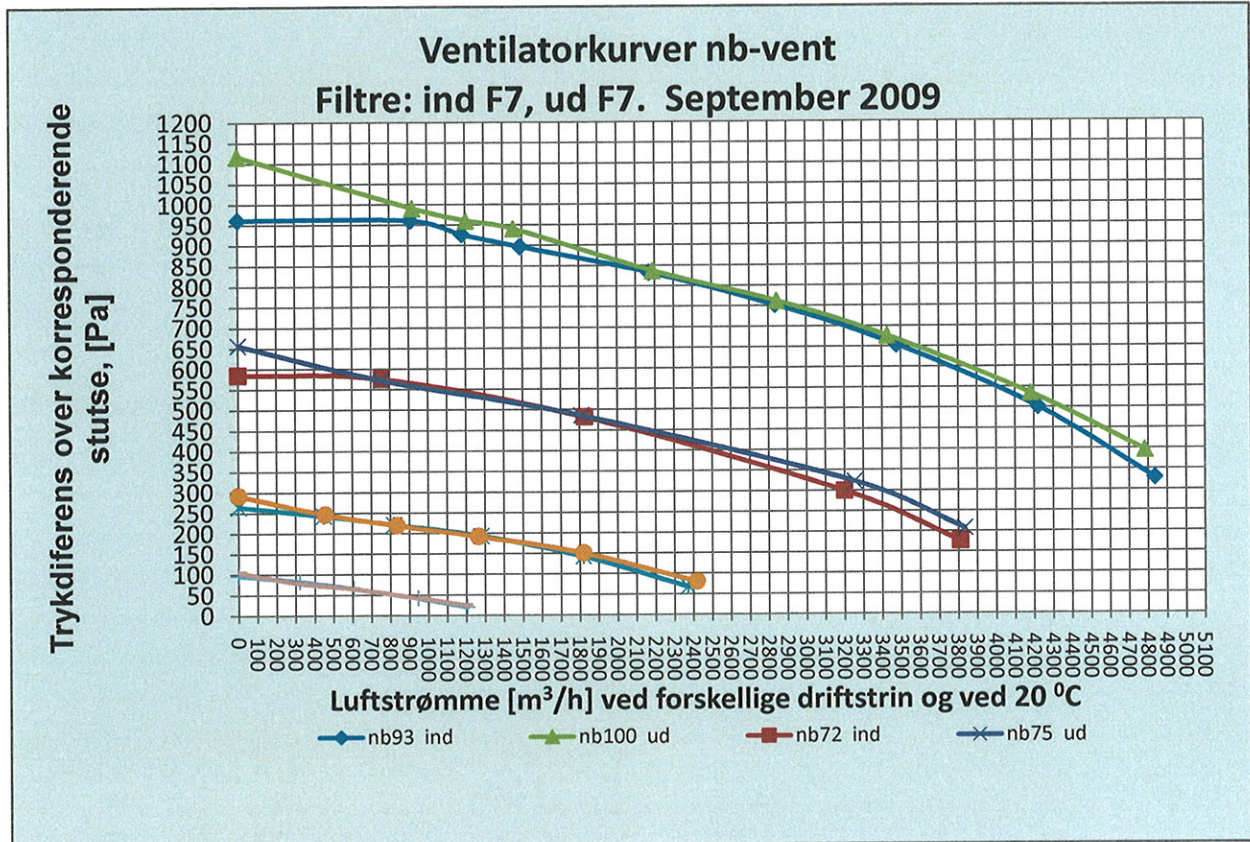
Dato: 2009.10.26

Rapport nr:

Pos_2009_08_nb_rot

Side 2 af 7

Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG





Prøvning:

Måleresultater, ind/ud

Dato: 2009.10.26

Rapport nr: Pos_2009_08_nb_rot

Side 3 af 7

Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæsningsluftstrøm, m ³ /h ref 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for kold indblæsning [Pa] | Varm udsugning (fraluft) m ³ /h ref. 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for varm udsugningsluft [Pa] | Totalt EL-energiforbrug [W] | SFP |
|-----------------------------|---|---|--|--|--------------------------------|---|
| | | | | | | Specific el-effekt ud fra middel luftstrøm [W/(m ³ /s)] |
| NB_V_kap100_ind93_uds100_q0 | 0 | 961 | 0 | 1116 | 1430 | |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 913 | 960 | 922 | 990 | 2088 | 8155 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 1182 | 926 | 1205 | 960 | 2288 | 6838 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 1489 | 896 | 1455 | 940 | 2476 | 5986 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 2170 | 832 | 2190 | 836 | 2899 | 4766 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 2836 | 752 | 2845 | 761 | 3232 | 4091 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 3477 | 653 | 3428 | 676 | 3468 | 3591 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 4220 | 501 | 4183 | 535 | 3616 | 3084 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 4835 | 329 | 4783 | 396 | 3589 | 2672 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75_q0 | 0 | 584 | 0 | 656 | 845 | |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 757 | 575 | 756 | 572 | 1094 | 5203 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 1828 | 481 | 1812 | 485 | 1483 | 2922 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 3201 | 298 | 3255 | 322 | 1771 | 1959 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 3812 | 176 | 3835 | 207 | 1769 | 1660 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50_q0 | 0 | 264 | 0 | 291 | 363 | |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 448 | 242 | 455 | 245 | 441 | 3485 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 819 | 221 | 835 | 219 | 499 | 2151 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 1280 | 193 | 1266 | 191 | 550 | 1548 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 1818 | 142 | 1819 | 150 | 611 | 1210 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 2371 | 67 | 2419 | 80 | 633 | 942 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30_q0 | 0 | 97 | 0 | 104 | 176 | |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 323 | 82 | 324 | 78 | 195 | 2166 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 606 | 64 | 594 | 65 | 214 | 1270 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 947 | 41 | 970 | 41 | 226 | 838 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 1206 | 20 | 1192 | 24 | 232 | 691 |



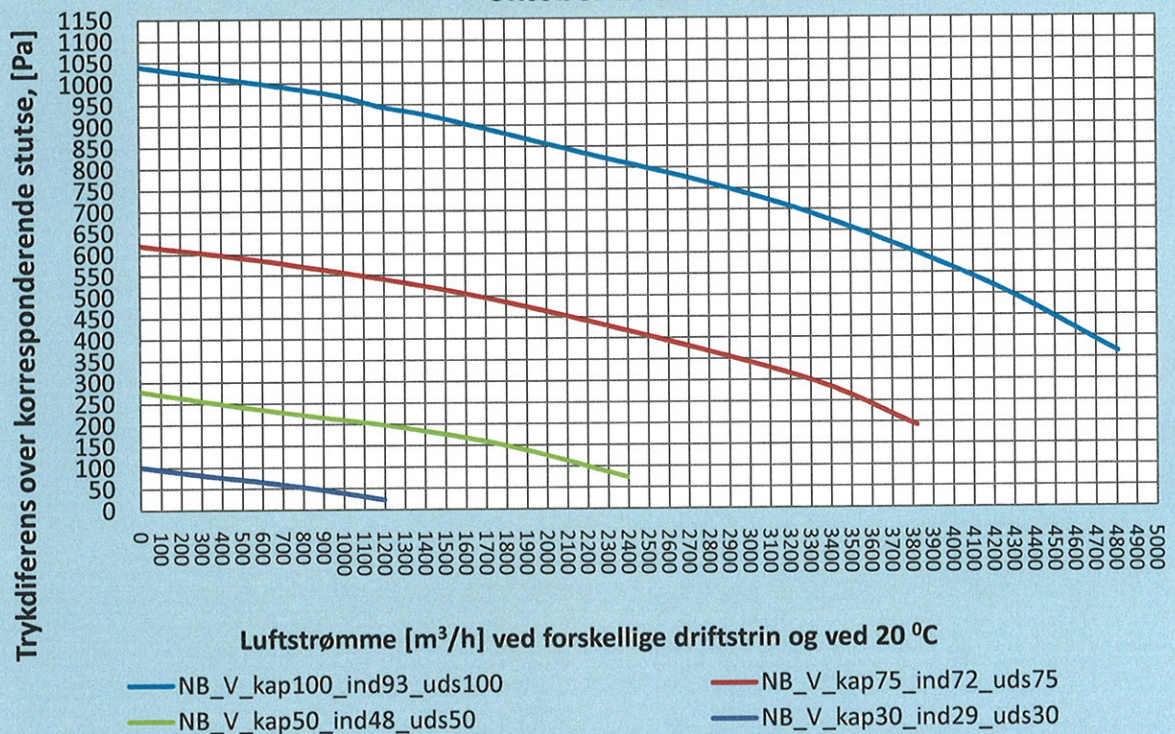
Prøvning: Ventilatorkurver middel

Dato: 2009.10.26 Rapport nr: Pos_2009_08_nb_rot

Side 4 af 7

Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG

Middelventilatorkurver, NB vent- AV 050 R-VO-4-HNG,
middel af ind og ud ved de angivne driftstrin, ind F7, ud F7,
oktober 2009





Prøvning:

Middelværdikurver, data

Dato: 2009.10.26 Rapport nr: Pos_2009_08_nb_rot Side 5 af 7

Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG

Trykdiffe-
rens over
korrespon-
derende
stutse for
kold ind-
blæsning

qmiddel, af ind
og ud 20 °C
Middelkurve
m3/h

Totalt EL-
energi-
forbrug incl.
evt hjælpe-
energi
(rotor-
motor)

Specifik
eleffekt incl
evt. hjælpe-
energi
SFP

Omdrejningstal

Trin:

| | m3/h | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] |
|-----------------------------|------|------|------|-------------------------|
| NB_V_kap100_ind93_uds100_q0 | 0 | 1039 | 1430 | |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 917 | 975 | 2088 | 8195 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 1193 | 943 | 2288 | 6902 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 1472 | 918 | 2476 | 6056 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 2180 | 834 | 2899 | 4787 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 2840 | 757 | 3232 | 4097 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 3453 | 665 | 3468 | 3616 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 4202 | 518 | 3616 | 3098 |
| NB_V_kap100_ind93_uds100 | 4809 | 362 | 3589 | 2687 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75_q0 | 0 | 620 | 845 | |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 757 | 573 | 1094 | 5206 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 1820 | 483 | 1483 | 2934 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 3228 | 310 | 1771 | 1975 |
| NB_V_kap75_ind72_uds75 | 3824 | 191 | 1769 | 1665 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50_q0 | 0 | 278 | 363 | |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 452 | 244 | 441 | 3512 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 827 | 220 | 499 | 2172 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 1273 | 192 | 550 | 1556 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 1818 | 146 | 611 | 1210 |
| NB_V_kap50_ind48_uds50 | 2395 | 73 | 633 | 951 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30_q0 | 0 | 100 | 176 | |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 323 | 80 | 195 | 2170 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 600 | 65 | 214 | 1282 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 959 | 41 | 226 | 848 |
| NB_V_kap30_ind29_uds30 | 1199 | 22 | 232 | 695 |



Prøvning:

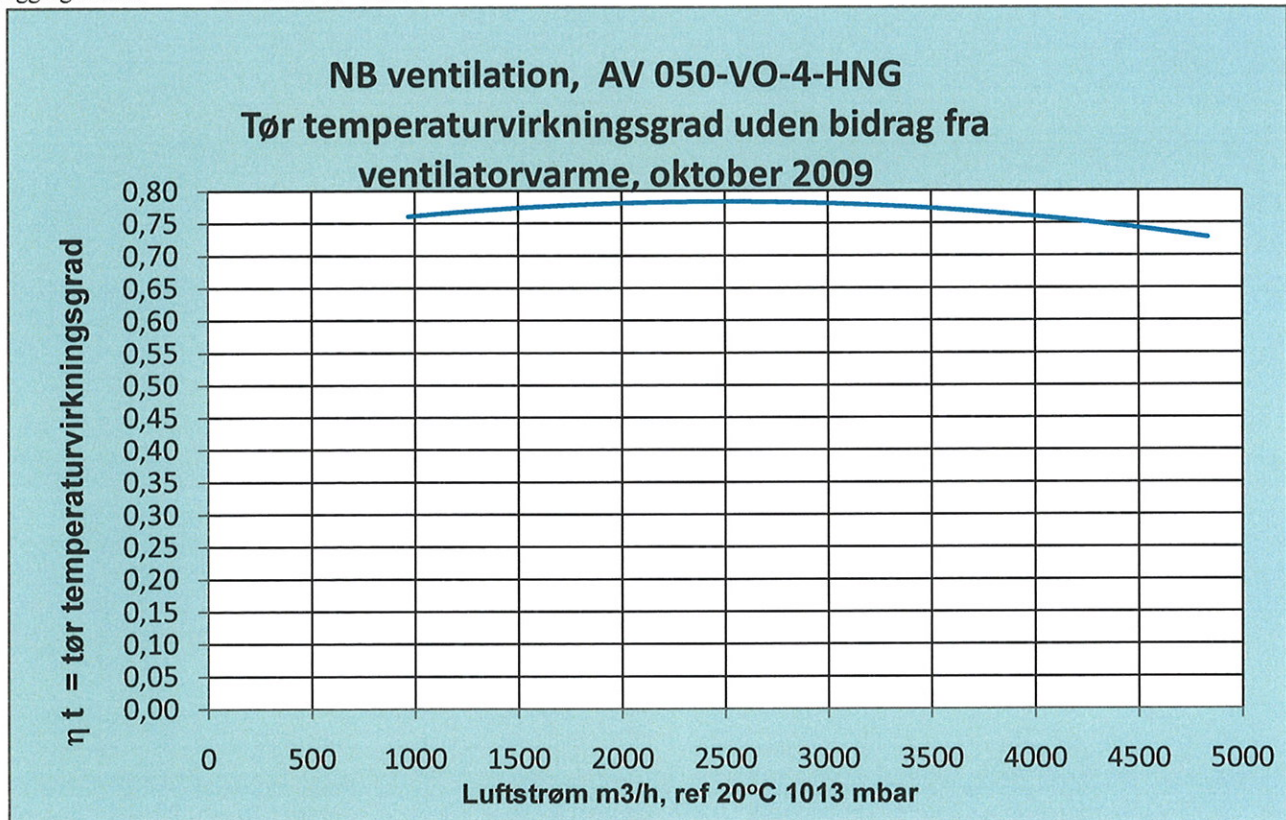
Temperaturvirkningsgrad

Dato: 2009.10.26

Rapport nr: Pos_2009_08_nb_rot

Side 6 af 7

Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG



| Luftstrøm q [m3/h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|---------------------------------|---|
| q | nt |
| 1000 | 0,761 |
| 1200 | 0,767 |
| 1600 | 0,775 |
| 2000 | 0,781 |
| 2400 | 0,783 |
| 2800 | 0,782 |
| 3200 | 0,777 |
| 3600 | 0,770 |
| 4000 | 0,759 |
| 4400 | 0,745 |
| 4800 | 0,728 |

Beregningsudtryk:
Tør virknings-grad η (eta) excl.
motorvarme, q i m3/h ved 20 °C

$$\text{eta} = 0,7214 - 0.0000497 * q - 0.0000001005 * q^2$$

q[m3/h]



Prøvning: Foto

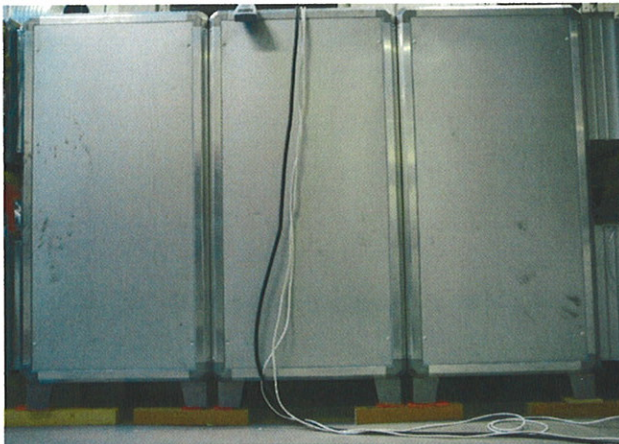
Dato: 2009.10.26

Rapport nr:

Pos_2009_08_nb_rot

Side 7 af 7

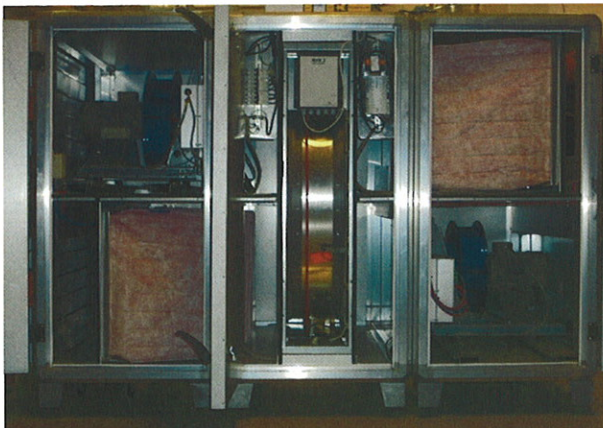
Aggregatnavn: AV 050R-VO-4-HNG



Bagside



Forside



forside med åbne luger

Typeskilt :
Intet synligt typeskilt
er observeret.



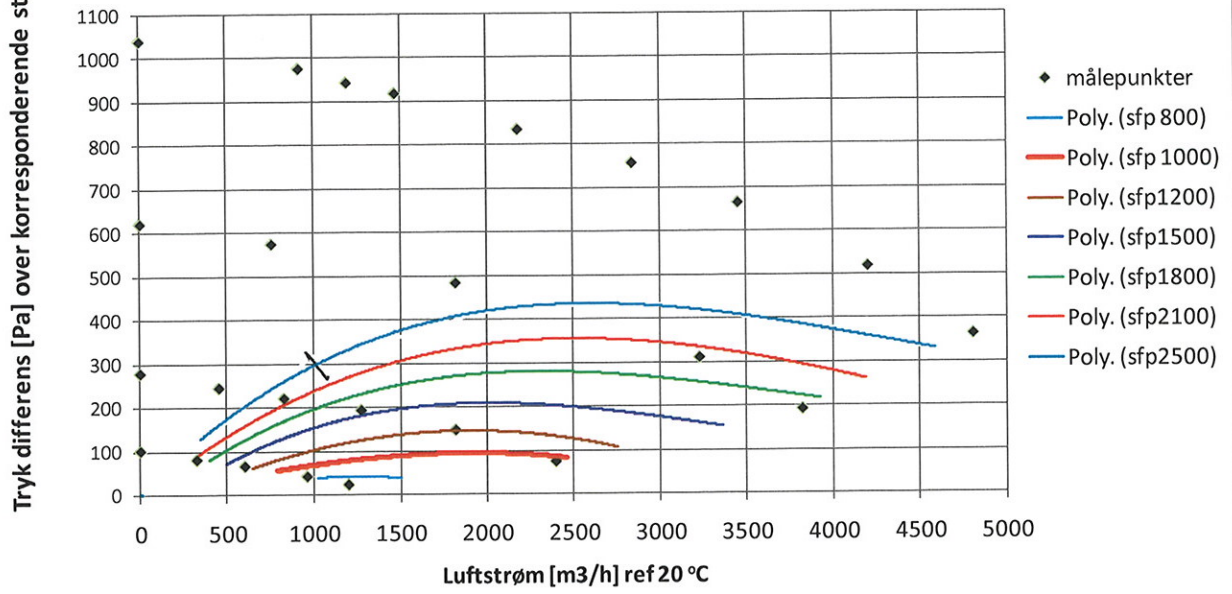
Indtagsfilter



Udsugningsfilter

NB-AV-050R-VO-4HNG

SFP beregnet ud fra interpolation af Watt-værdier 15/10 2009



| | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Udført af: MPRH | Dato: 16-17-18-06-09 | Emne modtaget (dato): 13-05-2009 |
| Projekt nr: | Rapport nr: | |
| Fabrikant: Dantherm | | |
| Adresse: | | |
| Typenr: HCH5 | Serienr: 352423 | |
| Fabrikationsår: 2009 | I x b x h: 1180 x 580 x 600 | |
| Filter udsug: G4 | Filter friskluft: F7 | |

| Lækagetest | |
|---|-----------------------------|
| Ekstern | |
| Temperatur [C]: | 22 |
| Barometerstand [hPa]: | 1018,1 = 17/6 999 = 16/6 |
| 17 | Undertryk |
| V _{start} [m ³]: | 629,15 |
| V _{slut} [m ³]: | 631,76 |
| ΔV [m ³]: | 2,61 |
| Tryk [Pa]: | 245 245 |
| Tid [h:m:s]: | 0:45:01 |
| Luftstrøm [m ³ /h]: | 3,48 |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): | 300 |
| Lækage[%]: | 1,16 |
| Intern | |
| Temperatur [C]: | 22 |
| Barometerstand [hPa]: | 1018 |
| V _{start} [m ³]: | 671,32 |
| V _{slut} [m ³]: | 672,69 |
| ΔV [m ³]: | 1,37 |
| Tryk udsugn./fraluft [Pa]: | 100 |
| Tryk friskluft/indblæsn. [Pa]: | 0 |
| Tid [h:m:s]: | 00:51:36 |
| Luftstrøm [m ³ /h]: | 1,59 |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): | 300 |
| Lækage[%]: | 0,53 |

Prøvning Ventilationsaggregat med luft-luft modstrømsveksler

Formål: Referencetest

Dato: 2009.08.25

Side 1 af 5

Aggregatnavn: Dantherm_hch5_modstrøm

Rapport nr.: Pos\2009_02_dantherm_hch5/mod

Kunde: Organisation: Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C
Kontakt: Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator
E-mail: bj@danseenergi.dk

Laboratorium Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56

Aggregat data: Fabrikat, type: **Dantherm_hch5_modstrøm**
Kontakt: Dantherm air Handling A/S, Marienlystvej 65, dk-7800 Skive
Henrik Friis Boersting, tlf 96143730
Nominel luftstrøm q_{mn} 300 m³/h max.tilladt lufstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikanten
Nominel luftstrøm: 400 m³/h luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=100$ Pa
Id. nr.: 352423 Artikel nr.: år: 2009
Dimension, l,b,h, [mm] 1180 x 580 x 600 Hoved kanal dim. Ø [mm]: 160
hovedkanalplacering: horisontal
Filter klasse: ind/ud: F7/G4
Reguleringssystem -
Indstillingsmuligheder 4-trins styrke Trinløs justeringsmulighed for omdr. for hver ventilator
Varmevekslertype: EN 308 category 1, recuperator, partly counterflow

Datoer: Aggregat modtaget: 13-05-2009 Test: 08-07-2009 (slut fil-dato)

Procedure: EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles

Resultater **Se bilag.** q_{mep}/q_{mn} [%] **Maks tilladt**
Ekstern lækage ved undertryk $dp=250$ Pa: 1,16% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=250$ Pa: 1,22% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage, $dp=100$ Pa q_{mil}/q_{mn} : 0,53% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %

Note: (Trykkene 100- and 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)

Lækage, sammendrag: Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308

Den interne lækage opfylder kravene i EN 308

Tryktabs-test: (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpeudstyr.

Betingelser: Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet. Prøven er udført i henhold til Teknologisk Instituts alm. betingelser for rekvirerede opgaver

Målt af: Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilation Laboratory - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup
MPRH Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør

Underskrift:

Erik Hvirgel Hansen/

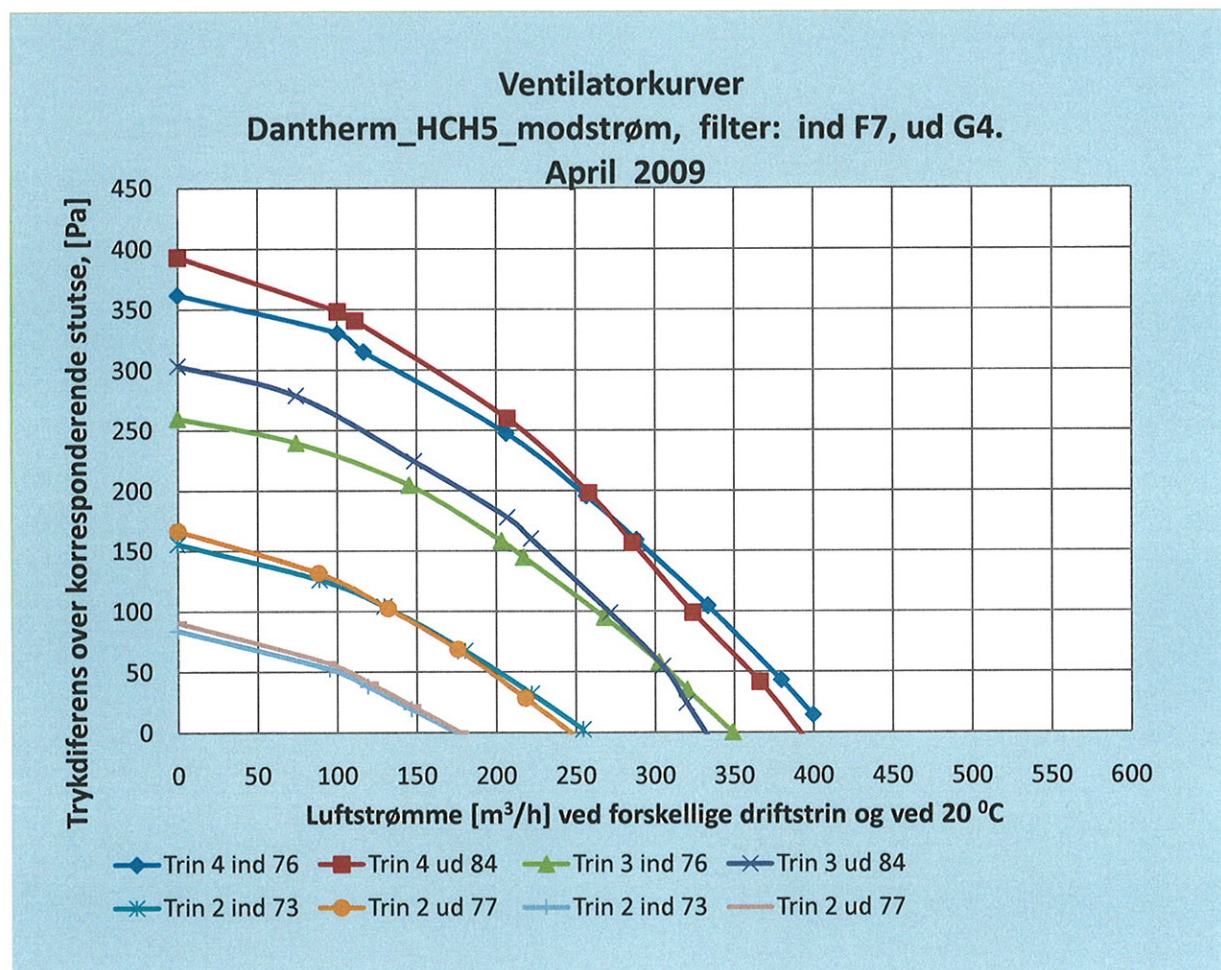
Mads Peter Rudolph Hansen /

Peter Svendsen

Rapportfil nr.: R:\EnergimærkningVentaggregater\Datablade\Dantherm\[dantherm_hch5.xlsm]Rapport

Ventilatorkurver

Aggregatnavn: Dantherm_hch5_modstrøm



Prøvning:

Måleresultater

Dato: 2009.08.25

Rapport nr:

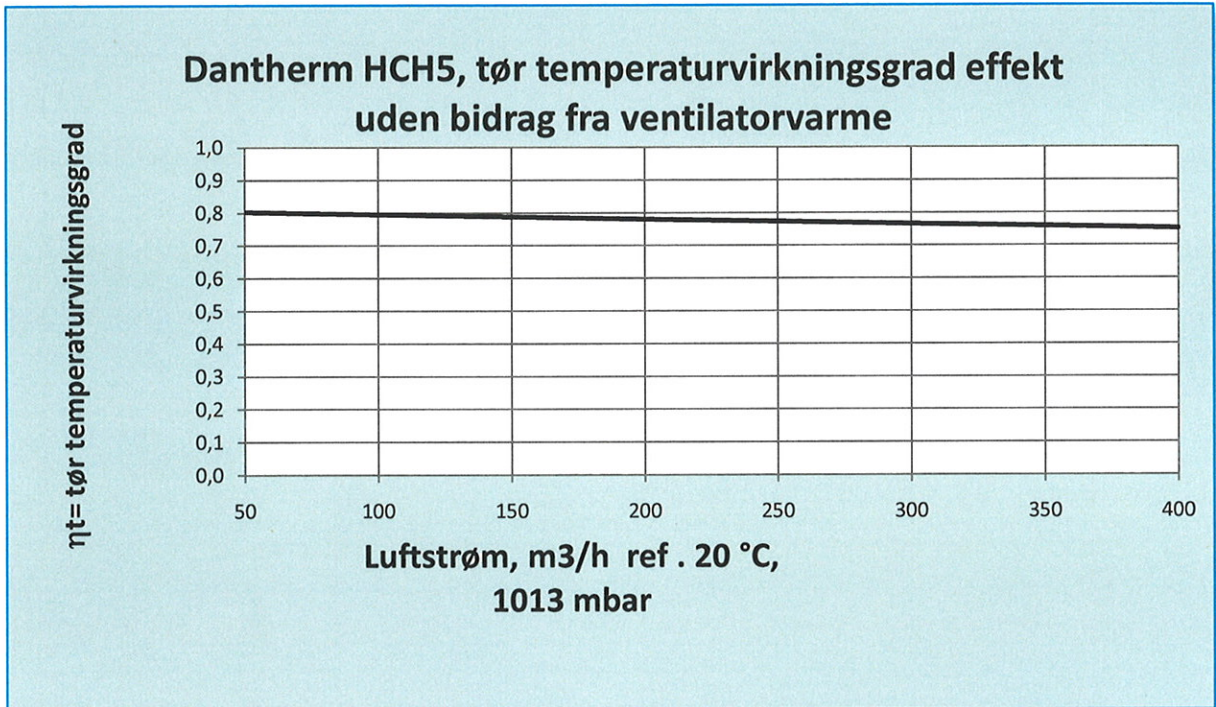
Pos\ 2009_02_dantherm_hch5/mod

Side 3 af 5

Aggregatnavn: Dantherm_hch5_modstrøm

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæs- | Trykdiffe- | Varm | Trykdiffe- | Totalt EL- | SFP |
|--------------------------|---------------------|------------|---------------------|-------------|------------|-------------------------|
| | ningsluftstrøm, | rens over | udsug- | rens over | | |
| | m3/h ref 20 °C | korrespon- | ning | korrespon- | energi- | Specific |
| | [m ³ /h] | derende | (fraluft) | derende | forbrug | el-effekt |
| | | stutse for | m3/h ref. | stutse for | | ud fra |
| | | kold ind- | 20 °C | varm udsug- | | middel |
| | | blæsning | | ningsluft | | luftstrøm |
| | | [Pa] | [m ³ /h] | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 0 | 362 | 0 | 393 | 65 | |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 101 | 330 | 100 | 348 | 88 | 3140 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 117 | 315 | 112 | 340 | 86 | 2707 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 207 | 247 | 207 | 259 | 107 | 1869 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 257 | 196 | 258 | 198 | 115 | 1605 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 288 | 159 | 286 | 157 | 118 | 1484 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 333 | 105 | 324 | 99 | 121 | 1322 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 380 | 43 | 366 | 42 | 121 | 1167 |
| HCH5 trin 4 ind 76 ud_84 | 400 | 14 | 398 | -10 | 120 | 1087 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 0 | 260 | 0 | 303 | 46 | |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 74 | 239 | 74 | 278 | 57 | 2780 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 146 | 204 | 149 | 224 | 71 | 1730 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 203 | 158 | 207 | 178 | 77 | 1355 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 218 | 145 | 222 | 160 | 78 | 1282 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 268 | 95 | 272 | 99 | 83 | 1102 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 303 | 58 | 305 | 55 | 83 | 985 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 320 | 35 | 320 | 25 | 80 | 898 |
| HCH5 trin 3 ind 76 ud_84 | 349 | 0 | 334 | -4 | 79 | 837 |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 0 | 156 | 0 | 167 | 25 | |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 89 | 126 | 88 | 132 | 34 | 1362 |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 130 | 104 | 132 | 102 | 37 | 1021 |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 181 | 68 | 176 | 69 | 40 | 809 |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 222 | 32 | 218 | 28 | 42 | 681 |
| HCH5 trin 2 ind 73 ud_77 | 255 | 3 | 248 | 0 | 41 | 595 |
| HCH5 trin 1 ind 73 ud_77 | 0 | 84 | 0 | 91 | 16 | |
| HCH5 trin 1 ind 73 ud_77 | 95 | 52 | 94 | 58 | 21 | 782 |
| HCH5 trin 1 ind 73 ud_77 | 119 | 38 | 121 | 41 | 21 | 641 |
| HCH5 trin 1 ind 73 ud_77 | 147 | 20 | 147 | 22 | 22 | 538 |
| HCH5 trin 1 ind 73 ud_77 | 178 | -2 | 177 | 0 | 22 | 452 |

Aggregatnavn: Dantherm_hch5_modstrøm



| Luftstrøm q [m3/h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|---------------------------------|---|
| 0 | 0,809 |
| 50 | 0,802 |
| 100 | 0,794 |
| 150 | 0,787 |
| 200 | 0,780 |
| 250 | 0,773 |
| 300 | 0,765 |
| 350 | 0,758 |
| 400 | 0,751 |

Beregningsudtryk:
Tør virknings-grad η (eta) excl.
motorvarme, q i m3/h ved 20 °C

$$\text{eta} = 0,809 - 0.000146 * q$$

q[m3/h]

Foto

Dato:

2009.08.25

Rapport nr:

Pos\ 2009_02_dantherm_hch5/mod

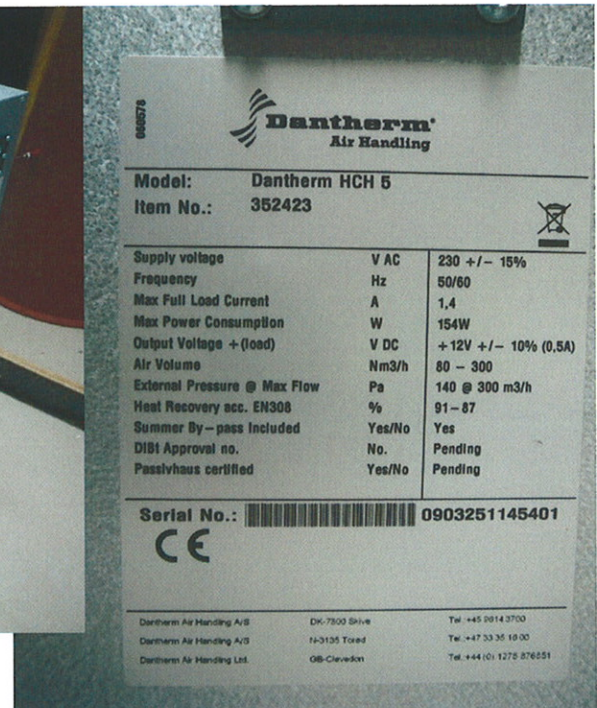
Side 5 af 5

Aggregatnavn:

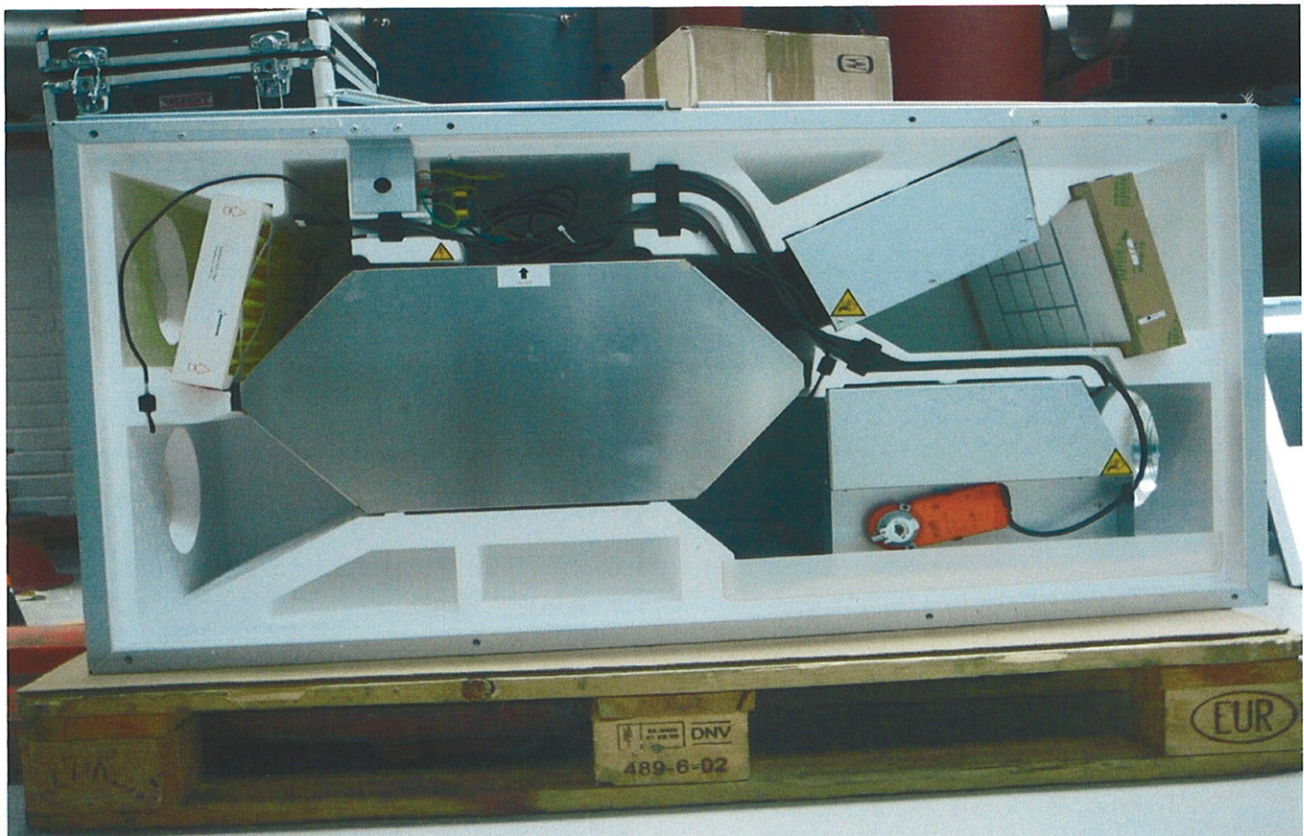
Dantherm_hch5_modstrøm

Anlæg set udefra

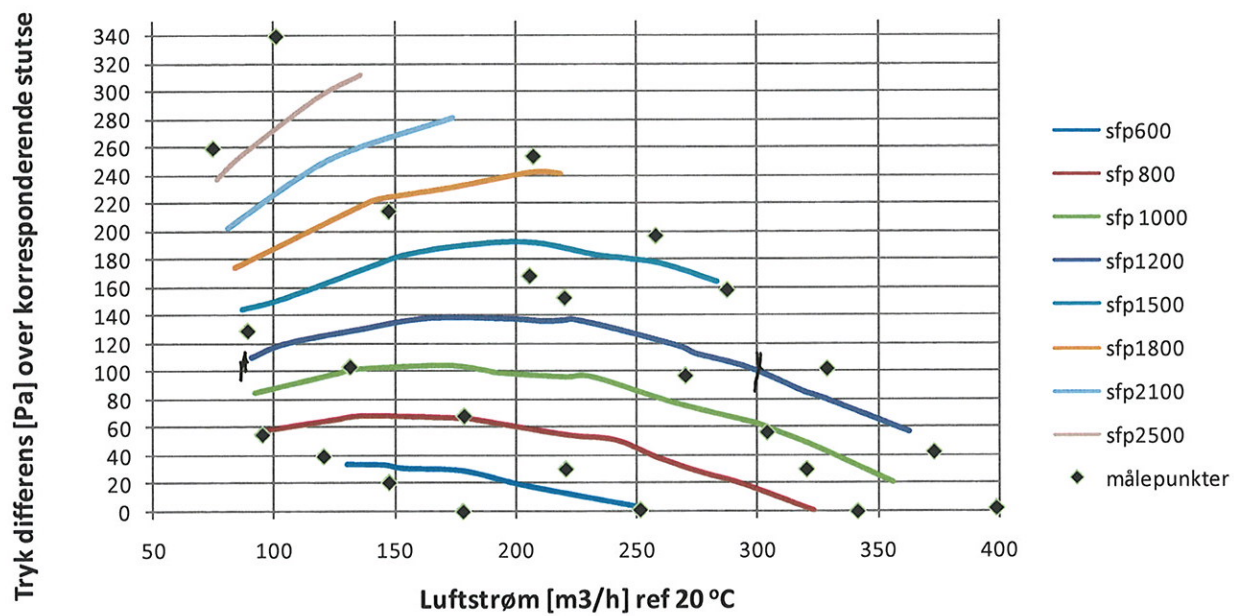
Typeskilt: Foto, fabrikat, serienr., CE-mærke



Anlæg med åben front



Dantherm HCH5. SFP beregnet ud fra interpolation af Watt-værdier



| | | |
|---|--|---|
| Udført af: MPRH | Dato: 11-03-2009 | Emne modtaget (dato): 11-03-2009 |
| Projekt nr: | | Rapport nr: |
| Fabrikant: Nilan | | |
| Adresse: | | |
| Typenr: Comfort 450 | | Serienr: 35030601 (fabrikantnr) 7114A(varenr) |
| Fabrikationsår: 2009 | | I x b x h: 1100*640*650 |
| Lækagetest | | |
| Ekstern | | |
| Temperatur [C]: 21 | | |
| Barometerstand [hPa]: 1008,8 | | |
| Undertryk | | Overtryk |
| V _{start} [m ³]: 580,17 | V _{start} [m ³]: 580,67 | |
| V _{slut} [m ³]: 580,55 | V _{slut} [m ³]: 580,91 | |
| ΔV [m ³]: 0,38 | ΔV [m ³]: 0,24 | |
| Tryk [Pa]: 247,5 | Tryk [Pa]: 247 | |
| Tid: 24 min 57 sek | Tid: 15 min 16 sek | |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 0,91 | Luftstrøm [m ³ /h]: 0,94 | |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 450 (maximum) | | |
| Lækage[%]: 0,2 | Lækage[%]: 0,2 | |
| Intern | | |
| Temperatur: | | |
| Barometerstand: | | |
| V _{start} [m ³]: | | |
| V _{slut} [m ³]: 587 | | |
| ΔV [m ³]: 597,4 | | |
| Tryk udsugn./fraluft [Pa] : 55 | Tryk friskluft/indblæsn. [Pa]: -44 | |
| Tid: 52 min 37 sek | | |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 11,86 | | |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 450 (maximum) | | |
| Lækage[%]: 2,6 | | |

Prøvning Ventilationsaggregat med luft-luft modstrømsveksler

| | | | |
|----------------------------|---|--|---|
| Formål: | Referencetest | | |
| Dato: | 2009.08.12 | Side | 1 af 5 |
| Aggregatnavn: | Nilan, Comfort 450 | | |
| Test nr: | Pos_2009_03_nilan_comfort/mod | | |
| Rapportfil nr.: | C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\NILAN_comfort_450.xlsm | | |
| Målt af: | Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilation Laboratory - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup | | |
| | MPRH | Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør | |
| Kunde: | Organisation: | Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C | |
| | Kontakt: | Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator | |
| | E-mail: | jbj@danskenergi.dk | |
| Laboratorium | Adresse: | Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup. | |
| | DTI-kontakt: | Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56 | |
| Aggregat data: | Fabrikat, type: | Nilan, Comfort 450 | |
| | Nominel luftstrøm q_{mn} | 450 m ³ /h | max.tilladt lufstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikanten |
| | Nominel luftstrøm: | 400 m ³ /h | luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=100$ Pa |
| | Id. nr.: | 35030601 | Artikel nr.: 7114a år: 2009 |
| | Dimension, l,b,h, [mm] | 1100x640x650 | Hoved kanal dim. Ø [mm]: 200 |
| | hovedkanalplacering: | Horisontal | |
| | Filter klasse: | ind/ud: | F7/G4 |
| | Reguleringssystem | - | |
| | Indstillingsmuligheder | 4-trins styrke Trinløs justeringsmulighed for omdr. for hver ventilator | |
| | Varvekslertype: | EN 308 category 1, recuperator, partly counterflow | |
| Datoer: | Aggregat modtaget: | 11-03-2009 | Test: 02-04-2009 (slut fil-dato) |
| Procedure: | EN 308 (1997): | clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios | |
| | ISO 5801: (1997): | clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles | |
| Resultater | Se bilag. | q_{mep}/q_{mn} [%] | Maks tilladt |
| | Intern relativ lækage, $dp=100$ Pa q_{mil}/q_{mn} : | 2,60% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3% |
| | Ekstern lækage ved overtryk $dp=250$ Pa: | 0,20% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3% |
| | Ekstern lækage ved undertryk $dp=250$ Pa: | 0,20% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3% |
| Note: | (Trykkene 100- and 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere) | | |
| Lækage, sammendrag: | Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308 Den interne lækage opfylder kravene i EN 308 | | |
| Tryktabs-test: | (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpudstyr. | | |
| Betingelser: | Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet | | |

Underskrift:

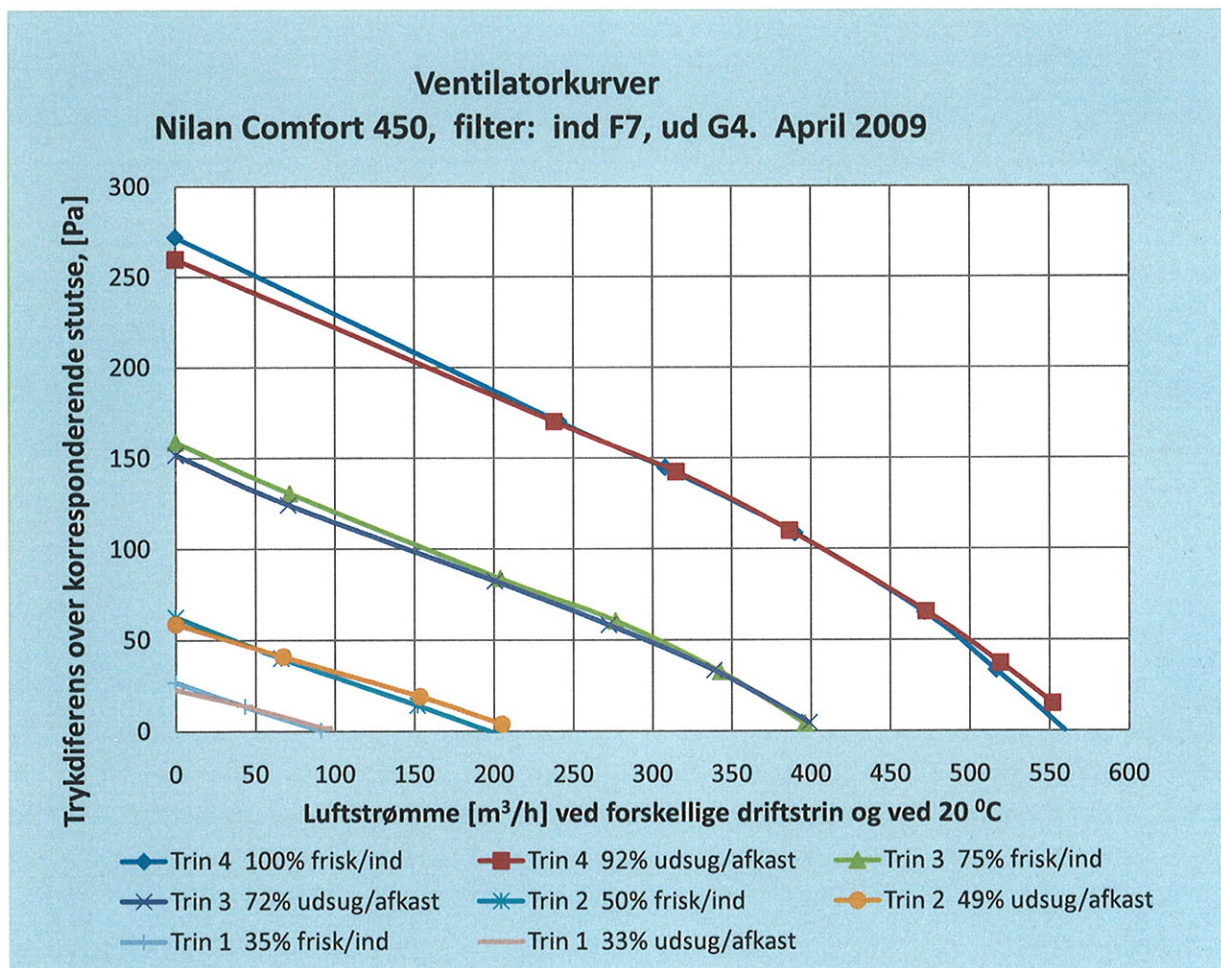
Erik Hvirgel Hansen/

Mads Peter Rudolph Hansen /

Peter Svendsen

C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\NILAN_comfort_450.xlsm]Rapport

Aggregatnavn: Nilan, Comfort 450



Prøvning:

Måleresultater

Dato: 2009.08.12

Rapport nr:

Pos\ 2009_03_nilan_comfort/mod

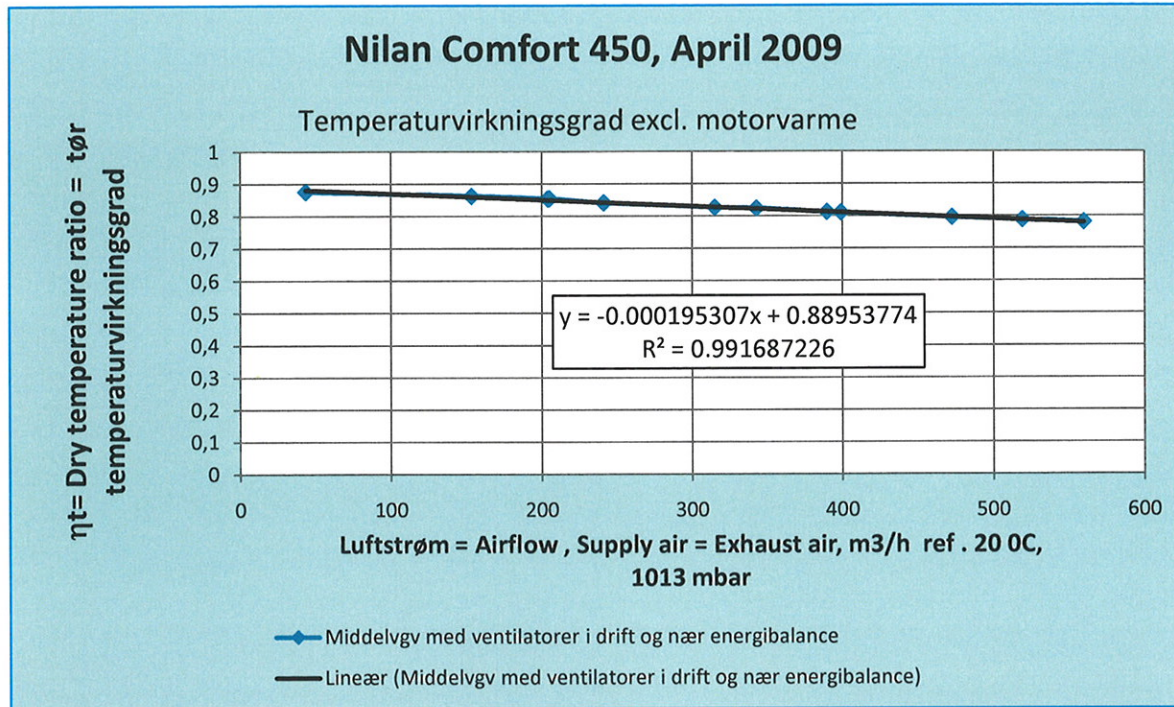
Side 3 af 5

Aggregatnavn: Nilan, Comfort 450

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæsnings- luftstrøm, m3/h ref 20 °C [m3/h] | Trykdiffe- rens over korrespon- derende stutse for kold ind- blæsning [Pa] | Varm udsug- ning (fraluft) m3/h ref. 20 °C [m3/h] | Trykdiffe- rens over korrespon- derende stutse for varm udsug- ningsluft [Pa] | Totalt EL- energi- forbrug [W] | SFP Specific el-effekt [W/(m3/s)] |
|---|---|---|---|--|---|--|
| | Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 0 | 272 | 0 | 260 | 81 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 241 | 170 | 238 | 170 | 115 | 1722 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 308 | 145 | 315 | 142 | 131 | 1499 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 390 | 109 | 387 | 110 | 149 | 1374 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 472 | 65 | 473 | 65 | 170 | 1294 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 516 | 33 | 519 | 37 | 181 | 1255 |
| Nilan comfort 450 trin 4 ind_100 uds_92 | 560 | 0 | 552 | 15 | 190 | 1222 |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 0 | 159 | 0 | 152 | 47 | |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 72 | 130 | 71 | 124 | 49 | 2457 |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 204 | 84 | 201 | 82 | 65 | 1143 |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 277 | 60 | 272 | 58 | 75 | 978 |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 343 | 32 | 339 | 33 | 86 | 899 |
| Nilan comfort 450 trin 3 ind_75 uds_72 | 396 | 4 | 399 | 4 | 94 | 850 |
| Nilan comfort 450 trin 2 ind_50 uds_49 | 0 | 63 | 0 | 59 | 24 | |
| Nilan comfort 450 trin ind_50 uds_49 | 66 | 40 | 67 | 41 | 25 | 1333 |
| Nilan comfort 450 trin ind_50 uds_49 | 152 | 14 | 154 | 19 | 29 | 684 |
| Nilan comfort 450 trin ind_50 uds_49 | 203 | -2 | 205 | 4 | 32 | 565 |
| Nilan comfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 0 | 27 | 0 | 22 | 16 | |
| Nilan comfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 44 | 13 | 43 | 14 | 16 | 1306 |
| Nilan comfort 450 trin 1 ind_35 uds_33 | 91 | 0 | 93 | 2 | 17 | 652 |

Aggregatnavn:

Nilan, Comfort 450



| Luftstrøm q [m3/h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|---------------------------------|--|
| 50 | 0,88 |
| 100 | 0,87 |
| 150 | 0,86 |
| 200 | 0,85 |
| 250 | 0,84 |
| 300 | 0,83 |
| 350 | 0,82 |
| 400 | 0,81 |
| 450 | 0,80 |
| 500 | 0,79 |
| 550 | 0,78 |

| Beregningsudtryk: Tør virknings-grad η (eta) excl. motorvarme, q i m3/h ved 20 °C | |
|--|--|
| eta = | $-0.000195 \cdot q + 0,889$ q[m3/h] |

Aggregatnavn: Nilan, Comfort 450

Anlæg set udefra



Typeskilt: Foto

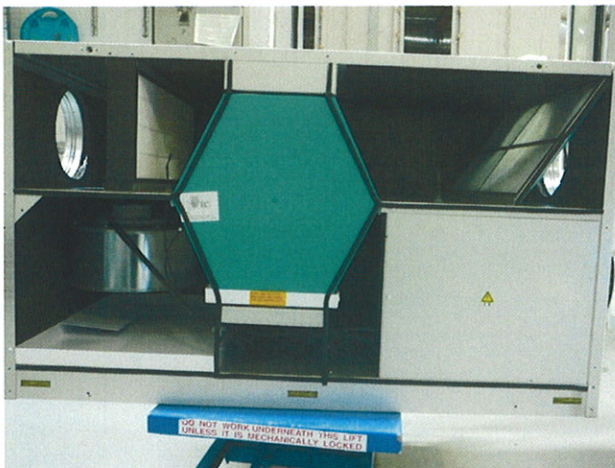
Fabrikat:

Serienummer:

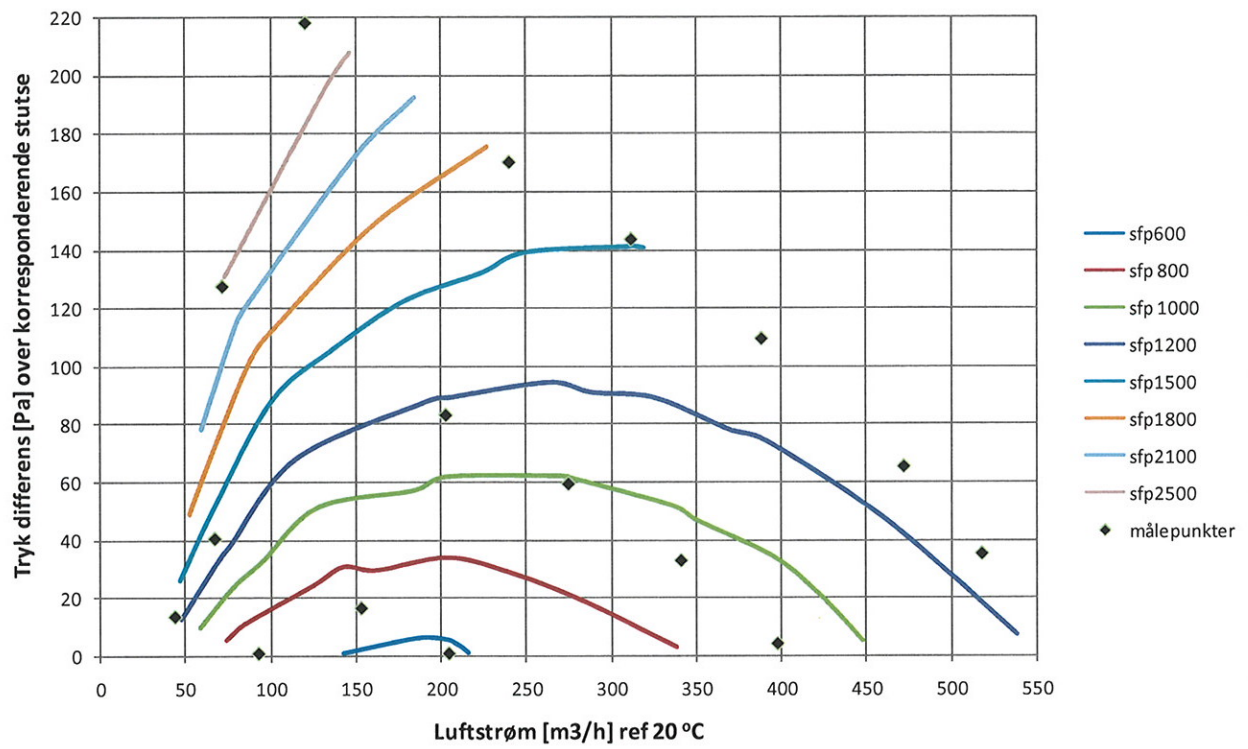
CE-mærket:



Anlæg med åben front



Nilan comfort 450. SFP beregnet ud fra interpolation af Watt-værdier



| | | |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Udført af: MPRH | Dato: 16-17-0609 | Emne modtaget (dato): 18-05-2009 |
| Projekt nr: | Rapport nr: | |
| Fabrikant: Danloss Air | | |
| Adresse: | | |
| Typenr: a2 | Serienr: 089F0231 | |
| Fabrikationsår: 2009 | I x b x h: 1180 x 580 x 600 | |
| Filter udsug: G4 | Filter friskluft: F7 | |

| Lækagetest | |
|--|---|
| Ekstern | |
| Temperatur [C]: 22 | |
| Barometerstand [hPa]: 16/6 = 999 17/6 = 1018 | |
| Undertryk | Overtryk |
| V _{start} [m ³]: 660,88 | V _{start} [m ³]: 666,75 |
| V _{slut} [m ³]: 662,6 | V _{slut} [m ³]: 668,15 |
| ΔV [m ³]: 1,72 | ΔV [m ³]: 1,4 |
| Tryk [Pa]: 245 | Tryk [Pa]: 245 |
| Tid [h:m:s]: 00:48:05 | Tid: 00:32:44 |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 2,29 | Luftstrøm [m ³ /h]: 2,57 |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 500 | |
| Lækage[%]: 0,76 | Lækage[%]: 0,86 |
| Intern | |
| Temperatur [C]: 22 | |
| Barometerstand [hPa]: 1018 | |
| V _{start} [m ³]: 668,6 | |
| V _{slut} [m ³]: 670,95 | |
| ΔV [m ³]: 2,35 | |
| Tryk udsugn./fraluft [Pa]: 100 | Tryk friskluft/indblæsn. [Pa]: 0 |
| Tid [h:m:s]: 00:50:15 | |
| Luftstrøm [m ³ /h]: 2,81 | |
| Nominel luftstrøm [m ³ /h] (opgivet af fabrikant): 300 | |
| Lækage[%]: 0,94 | |

Prøvning Ventilationsaggregat med luft-luft modstrømsveksler

Formål: Referencetest Side 1 af 7

Dato: 2009.09.03

Aggregatnavn: Danfoss Air a²

Rapport nr: Pos\2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

Kunde: Organisation: Dansk Energi, Rosenørns Allé 9, 1970 Frederiksberg C
Kontakt: Jørn Borup Jensen, forskningskoordinator
E-mail: jbj@danskenergi.dk

Laboratorium Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Peter Svendsen, peter.svendsen@teknologisk.dk, mobil 0045 72 20 25 56

Aggregat data: Fabrikat, type: **Danfoss Air a2 modstrøm**
Kontakt: Mads Rasmussen, Product Solution Manager Denmark
Jegstrupvej 3, 8361 Hasselager tel: +45 89 48 91 11
Nominel luftstrøm q_{mn} 300 m³/h max.tilladt lufstrøm (flow) for vent.-anlægget angivet af fabrikanten
Nominel luftstrøm: 400 m³/h luftstrøm målt af laboratoriet ved $dp=100$ Pa
Id. nr.: Se foto af skilt Artikel nr.: 089F0231 år: 2009
Dimension, l,b,h, [mm] 1180 x 580 x 600 Hoved kanal dim. Ø [mm]: 160
hovedkanalplacering: horisontal
Filter klasse: ind/ud: F7/G4
Reguleringssystem -
Indstillingsmuligheder 4-trins styrke Trinløs justeringsmulighed for omdr. for hver ventilator
Varmevexslertype: EN 308 category 1, recuperator, partly counterflow

Datoer: Aggregat modtaget: 18-05-2009 Test: 08-07-2009 (slut fil-dato)

Procedure: EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi Nozzles

| Resultater | Se bilag. | q_{mep}/q_{mn} [%] | Maks tilladt |
|------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| | Ekstern lækage ved undertryk $dp=250$ Pa: | 0,76% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 % |
| | Ekstern lækage ved overtryk $dp=250$ Pa: | 0,86% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 % |
| | Intern relativ lækage, $dp=100$ Pa q_{mil}/q_{mn} : | 0,94% | Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 % |

Note: (Trykkene 100- and 250 Pa bruges for aggregater beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)

Lækage, sammendrag: Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308

Den interne lækage opfylder kravene i EN 308

Tryktabs-test: (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er ikke gennemført. En tryktabstest kan ikke udføres for en varme-veksler placeret i en sammenbygget ventilator/varmegenvindingsboks og kan kun udføres for en fri veksler uden hjælpudstyr.

Betingelser: Resultaterne er kun gældende for det afprøvede eksemplar. Uddrag fra denne rapport må kun gengives med skriftlig tilladelse af laboratoriet. Prøven er udført i henhold til Teknologisk Instituts alm. betingelser for rekvirerede opgaver

Målt af: Dansk Teknologisk Institut / VELA-ventilations Laboratorium, - Gregersensvej, DK 2600 Taastrup
MPRH Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratorieingeniør

Underskrift:

Erik Hvirgel Hansen/

Mads Peter Rudolph Hansen /

Peter Svendsen

Rapportfil nr.: C:\Documents and Settings\cd\Lokale indstillinger\Temporary Internet Files\Content.Outlook\7L699PTL\[danfos air a2.xlsm]Rapport

Prøvning: Ventilatorkurver ind og ud

Dato:

2009.09.03

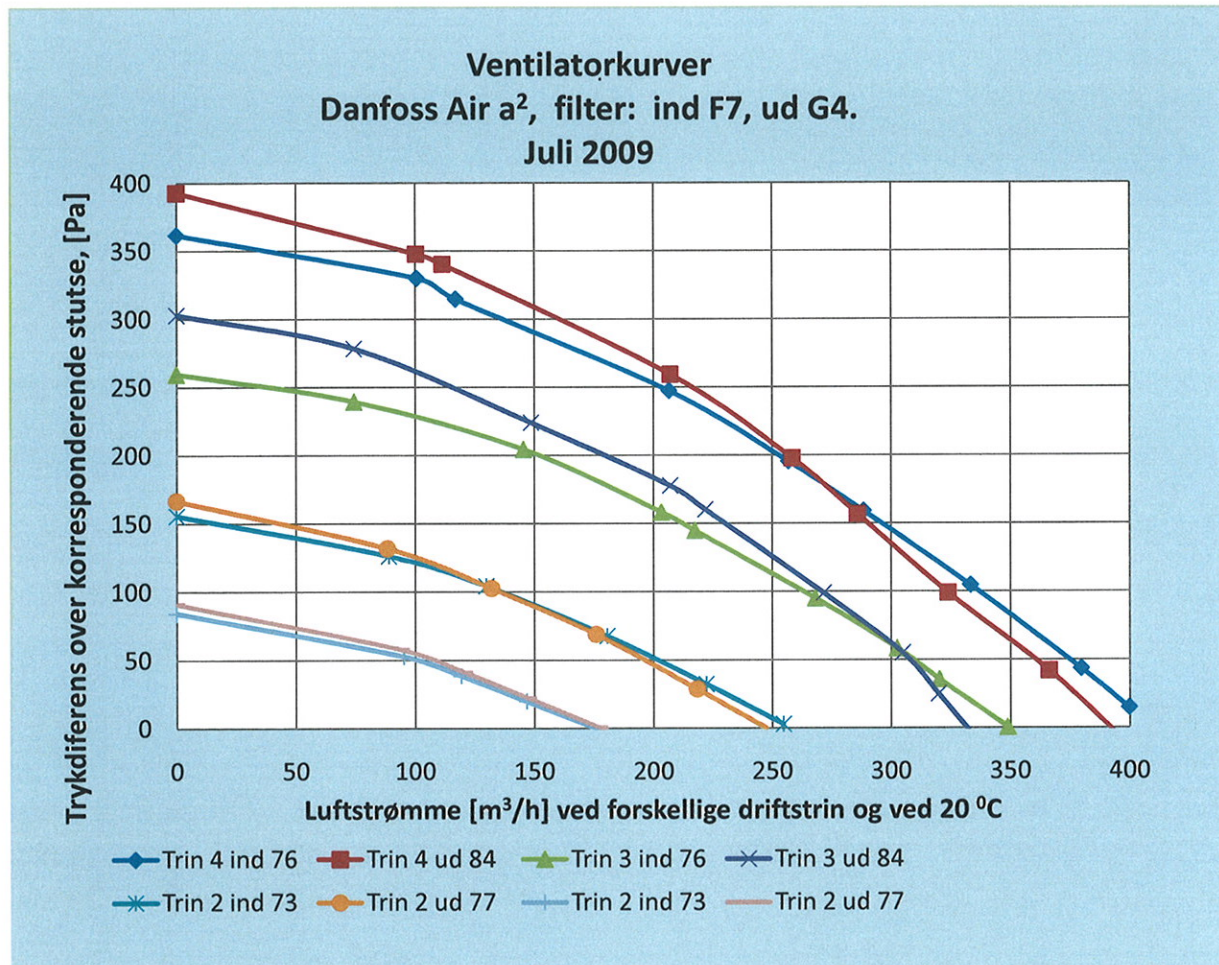
Rapport nr:

Pos\ 2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

Side 2 af 7

Aggregatnavn:

Danfoss_Air_a2_modstrøm



Prøvning:

Måleresultater, ind/ud

Dato: 2009.09.03

Rapport nr:

Pos\ 2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

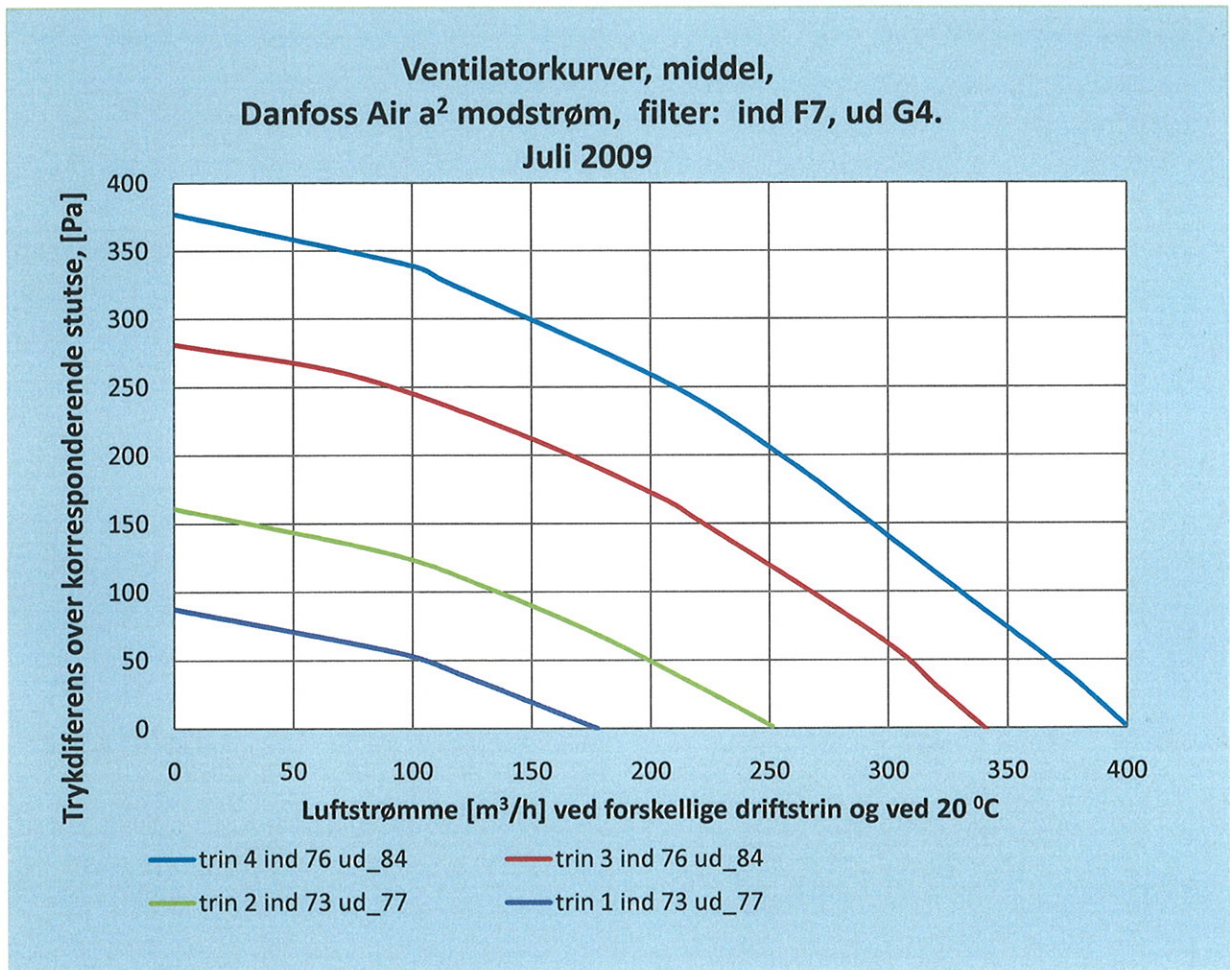
Side 3 af 7

Aggregatnavn: Danfoss_Air_a2_modstrøm

| Omdrejningstal Trin: | Kold indblæsningsluftstrøm, m ³ /h ref 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for kold indblæsning [Pa] | Varm udsugning (fraluft) m ³ /h ref. 20 °C [m ³ /h] | Trykdifferens over korresponderende stutse for varm udsugningsluft [Pa] | Totalt EL-energiforbrug [W] | SFP Specific el-effekt ud fra middel luftstrøm [W/(m ³ /s)] |
|-------------------------|---|---|---|--|--------------------------------|--|
| trin 4 ind 76 ud_84 | 0 | 362 | 0 | 393 | 65 | |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 101 | 330 | 100 | 348 | 88 | 3140 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 117 | 315 | 112 | 340 | 86 | 2707 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 207 | 247 | 207 | 259 | 107 | 1869 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 257 | 196 | 258 | 198 | 115 | 1605 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 288 | 159 | 286 | 157 | 118 | 1484 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 333 | 105 | 324 | 99 | 121 | 1322 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 380 | 43 | 366 | 42 | 121 | 1167 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 400 | 14 | 398 | -10 | 120 | 1087 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 0 | 260 | 0 | 303 | 46 | |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 74 | 239 | 74 | 278 | 57 | 2780 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 146 | 204 | 149 | 224 | 71 | 1730 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 203 | 158 | 207 | 178 | 77 | 1355 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 218 | 145 | 222 | 160 | 78 | 1282 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 268 | 95 | 272 | 99 | 83 | 1102 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 303 | 58 | 305 | 55 | 83 | 985 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 320 | 35 | 320 | 25 | 80 | 898 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 349 | 0 | 334 | -4 | 79 | 837 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 0 | 156 | 0 | 167 | 25 | |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 89 | 126 | 88 | 132 | 34 | 1362 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 130 | 104 | 132 | 102 | 37 | 1021 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 181 | 68 | 176 | 69 | 40 | 809 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 222 | 32 | 218 | 28 | 42 | 681 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 255 | 3 | 248 | 0 | 41 | 595 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 0 | 84 | 0 | 91 | 16 | |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 95 | 52 | 94 | 58 | 21 | 782 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 119 | 38 | 121 | 41 | 21 | 641 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 147 | 20 | 147 | 22 | 22 | 538 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 178 | -2 | 177 | 0 | 22 | 452 |

Prøvning: Ventilatorcurver middel

Aggregatnavn: Danfoss_Air_a2_modstrøm



Prøvning:**Middelværdikurver, data**

Dato: 2009.09.03

Rapport nr:

Pos\ 2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

Side 5 af 7

Aggregatnavn: Danfoss_Air_a2_modstrøm

Trykdifferens over korresponderende stutse for kold indblæsning

Totalt EL-energi-forbrug incl. evt hjælpeenergi (rotor-motor)

Specifik eleffekt incl evt. hjælpeenergi SFP

Omdrejningstal**Trin:**

| | m3/h | [Pa] | [W] | [W/(m ³ /s)] |
|---------------------|------|------|-----|-------------------------|
| trin 4 ind 76 ud_84 | 0 | 377 | 65 | |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 101 | 339 | 88 | 3140 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 114 | 327 | 86 | 2707 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 207 | 253 | 107 | 1869 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 258 | 197 | 115 | 1605 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 287 | 158 | 118 | 1484 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 329 | 102 | 121 | 1322 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 373 | 42 | 121 | 1167 |
| trin 4 ind 76 ud_84 | 399 | 2 | 120 | 1087 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 0 | 281 | 46 | |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 74 | 259 | 57 | 2780 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 147 | 214 | 71 | 1730 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 205 | 168 | 77 | 1355 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 220 | 152 | 78 | 1282 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 270 | 97 | 83 | 1102 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 304 | 57 | 83 | 985 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 320 | 30 | 80 | 898 |
| trin 3 ind 76 ud_84 | 341 | -2 | 79 | 837 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 0 | 161 | 25 | |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 89 | 129 | 34 | 1362 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 131 | 103 | 37 | 1021 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 178 | 68 | 40 | 809 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 220 | 30 | 42 | 681 |
| trin 2 ind 73 ud_77 | 251 | 1 | 41 | 595 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 0 | 88 | 16 | |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 95 | 55 | 21 | 782 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 120 | 39 | 21 | 641 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 147 | 21 | 22 | 538 |
| trin 1 ind 73 ud_77 | 178 | -1 | 22 | 452 |

Prøvning:**Temperaturvirkningsgrad**

Dato:

2009.09.03

Rapport nr:

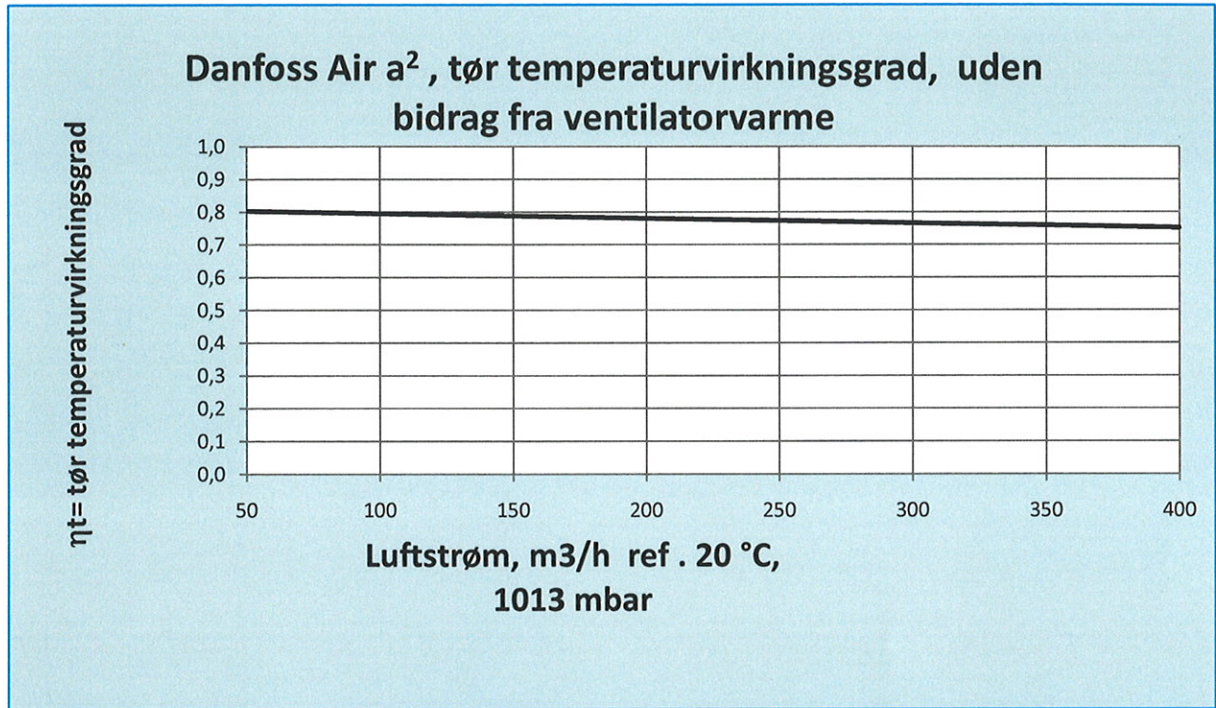
Pos\ 2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

Side

6 af 7

Aggregatnavn:

Danfoss_Air_a2_modstrøm



| Luftstrøm q [m ³ /h] ref 20 °C | Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme |
|--|---|
| 0 | 0,809 |
| 50 | 0,802 |
| 100 | 0,794 |
| 150 | 0,787 |
| 200 | 0,780 |
| 250 | 0,773 |
| 300 | 0,765 |
| 350 | 0,758 |
| 400 | 0,751 |

| Beregningsudtryk: | |
|--|---------------------------|
| Tør virknings-grad η (eta) excl. motorvarme, q i m ³ /h ved 20 °C | |
| eta = | 0,809 - 0.000146*q |
| | q[m³/h] |

Prøvning: Foto

Dato: 2009.09.03

Rapport nr:

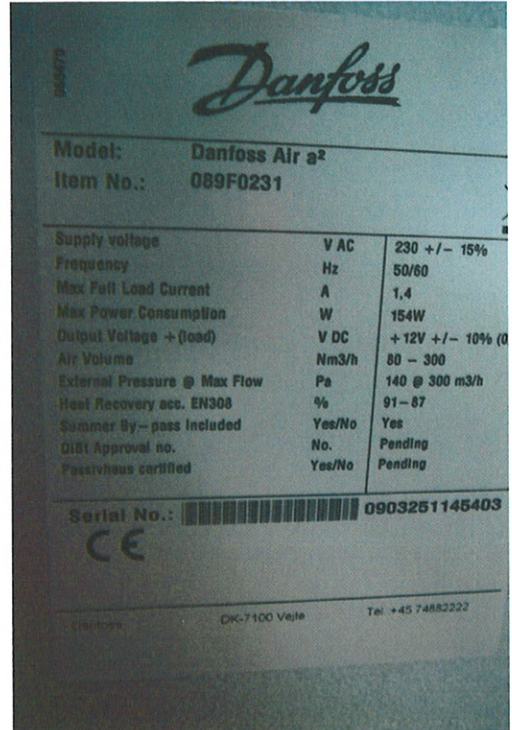
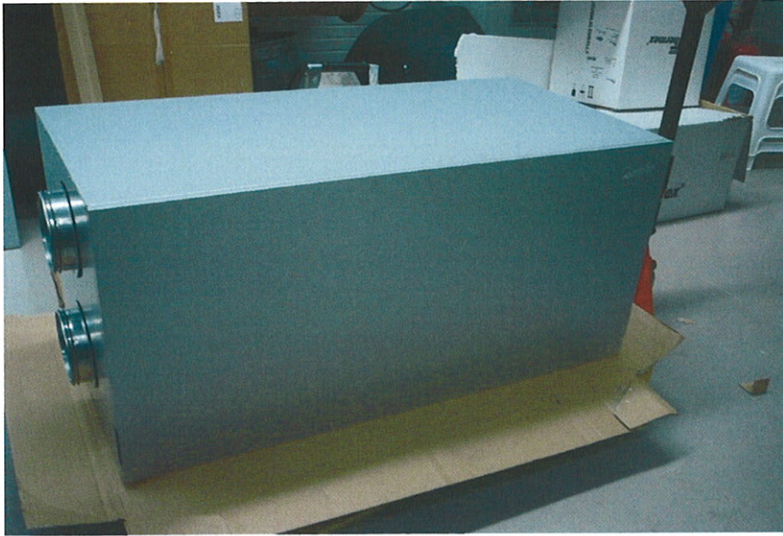
Pos\ 2009_01_Danfoss_Air_a2/mod

Side 7 af 7

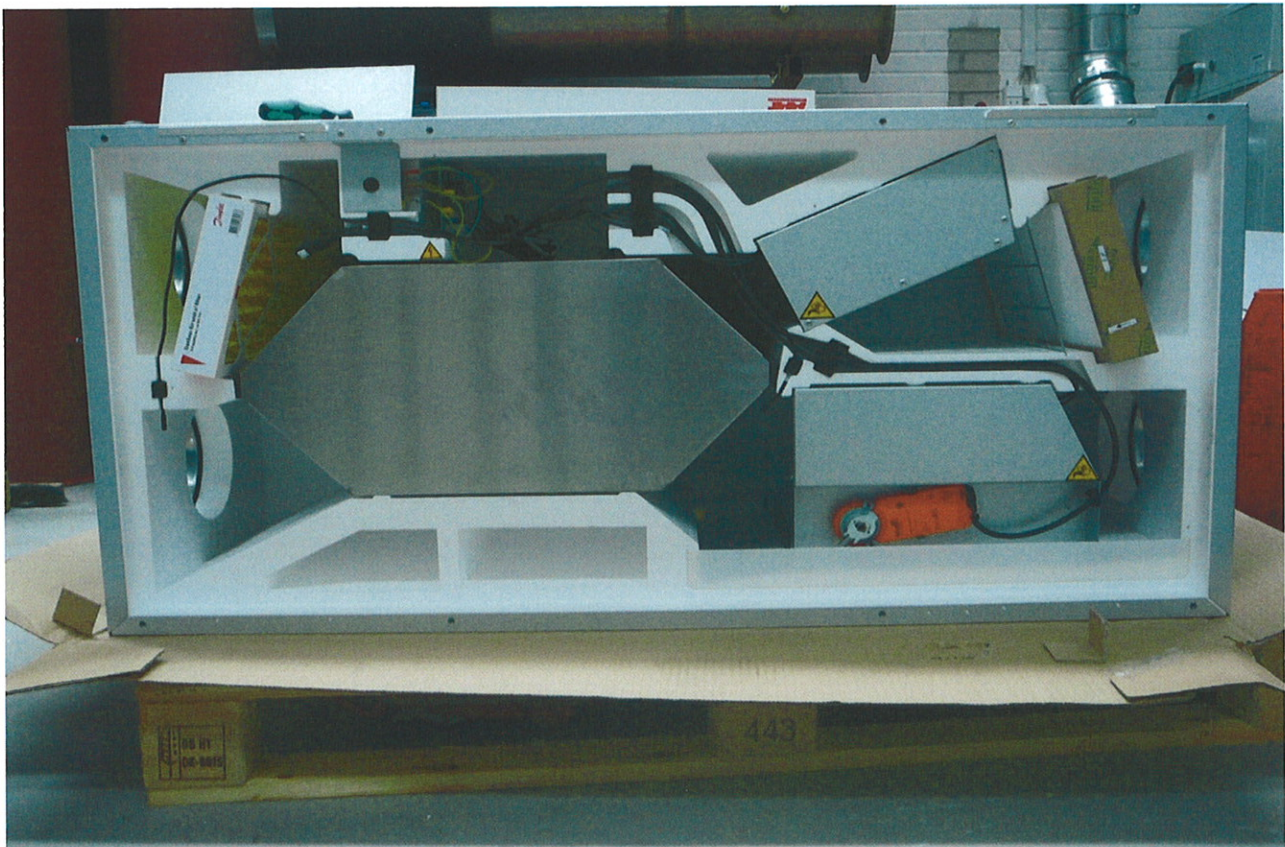
Aggregatnavn: Danfoss_Air_a2_modstrøm

Anlæg set udefra

Typeskilt: Foto, fabrikat, serienr., CE-mærke



Anlæg med åben front



Danfoss Air a², SFP beregnet ud fra interpolation af Watt-værdier

