



Boligventilationspakke til bygningsklasse 2020 – Energirenovering og nybyggeri

Dansk Energi, Elforsk PSO 347-008

Bilagsrapport

2022

Boligventilationspakke til bygningsklasse 2020 – Energirenovering og nybyggeri

Dansk Energi, Elforsk PSO 347 - 008

Bilagsrapport

Udarbejdet af:

Lindab A/S

LS Control A/S

Lind & Risør A/S

Teknologisk Institut

Marts 2022

Forord

Dette projekt er gennemført med støtte fra Dansk Energi (Elforsk PSO-puljen).

Projektet har journalnummer: 347 – 008 (Emne: Energieffektiv boligventilation)

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem:

- Lindab A/S (projektdeltager)
- LS Control A/S (projektdeltager)
- Lind & Risør A/S (projektdeltager)
- EcoVent ApS (underleverandør)
- Teknologisk Institut (projektdeltager og projektleder)

Rapporteringen består af denne hovedrapport, som kort beskriver de opnåede resultater samt en bilagsrapport med uddybende test, målinger m.m.

Teknologisk Institut vil gerne takke projektholdet for en god indsats gennem hele projektperioden. Det skal specielt ses i lyset af en mindre teknisk forsinkelse med udvikling af delkomponenter til selve ventilationsaggregatet og en markant uforudsigelig forsinkelse på grund af Corona pandemien. Den allersidste del i projektet, slutmålinger i parcelhus med beboere i huset er derfor desværre på grund af Corona pandemien udskudt og hermed ikke medtaget i projektet.

Produktchef Werner Andresen, Lindab

Direktør Stig Petersen, LS Control

Adm. Direktør Jan S. Hansen, Lind & Risør

Adm. Direktør John Steen Jensen, EcoVent

Seniorspecialist Christian Drivsholm, Teknologisk Institut (TI) med assistance fra følgende TI medarbejdere:

Xu Guan, Konsulent

Amalie Gunner, Konsulent, Ph.D.

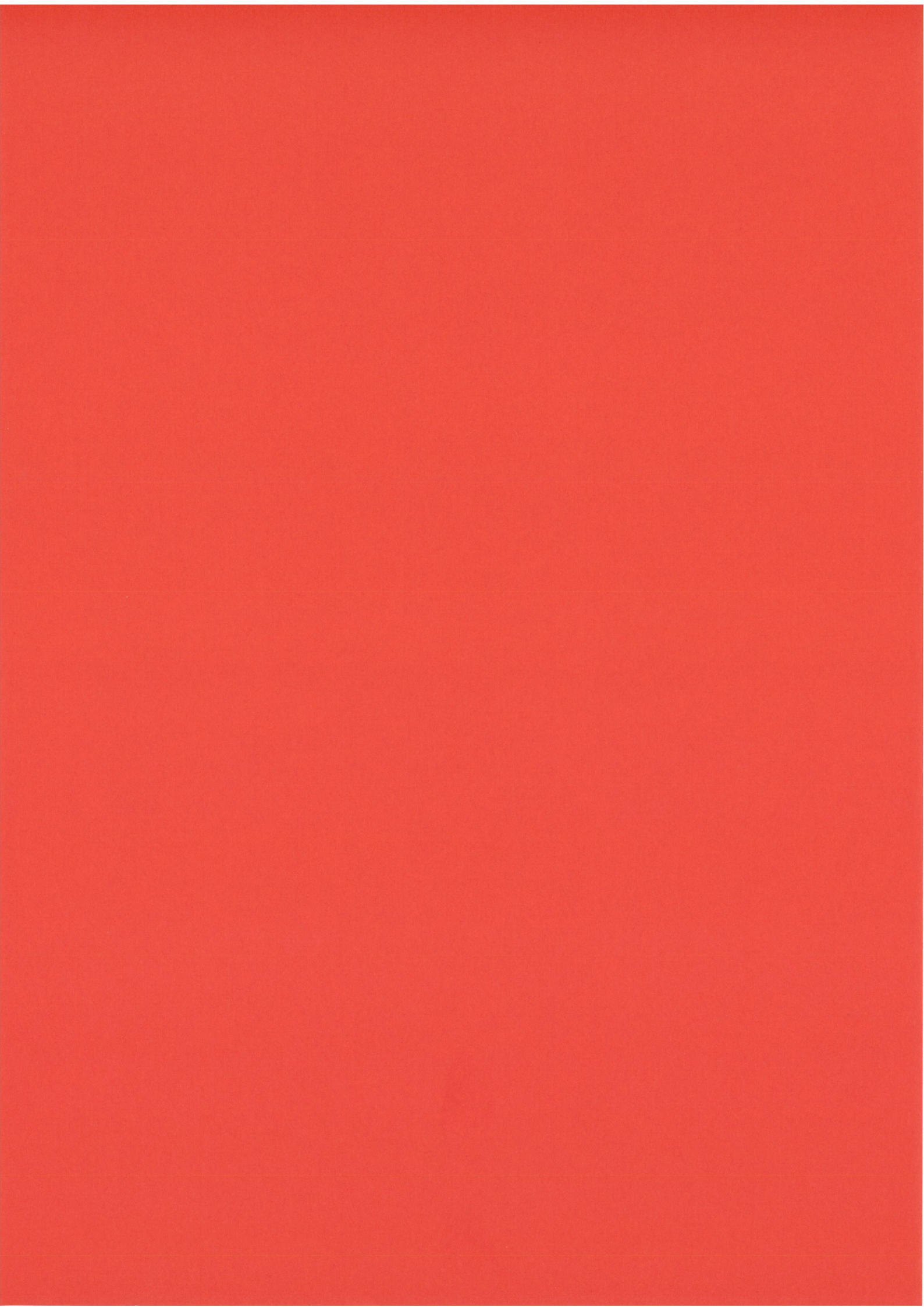
Mads Peter Rudolph Hansen, Forretningsleder

Hans P Olsen, Seniorspecialist (t)



BILAGS RAPPORT

- 1. Oplæg til overordnet behovsstyringsstrategi for bolig**
- 2. Udvikling af manifold med lavt tryktab og god luftfordeling**
- 3. Udvikling af dynamisk filtersystem med ekstra lang levetid**
- 4. Udvikling af prototype ventilationsaggregat tilpasset dynamisk filtersystem**
- 5. Akkrediteret test af prototype ventilationsaggregat i AHU-laboratoriet**
- 6. Diverse målfaste bygningstegninger af demonstrationsbolig og placering af ventilationsarmaturer**
- 7. "Gearing" af lufttilførsel til soveværelse ved "lån" af luft fra stue**
- 8. Lindab komponent oversigt til brug i demonstrationsbolig**
- 9. Opstilling af komplet ventilationssystem i laboratorium – design og justering**
- 10. Montage af ventilationssystem i demonstrationsbolig, funktionstest og test**
- 11. Informations- og undervisningsmateriale til *Den Lille Blå om Ventilation***
- 12. Artikel publiceret i fagbladet: "HVAC Magasinet", 01**
- 13. Artikel publiceret i fagbladet: "HVAC Magasinet", 02**



1. Oplæg til overordnet behovsstyringsstrategi for bolig

Oplæg til overordnet styringsstrategi for enfamiliebolig ventilation

Dette oplæg bygger videre på LS Control eksisterende soft- og hardwareløsninger til ventilationsaggregater, idet en opbygning helt fra bunden ikke kan udvikles for de i projektet allokerede midler.

Oplægget tilføjer den eksisterende basisstyring nye energibesparende faciliteter og tager fokus på den problemstilling, der er omkring underventilering i soveværelset ved personbelastning på fx 2 voksne og 1-2 mindre børn.

Endvidere bliver det svært at opnå en høj energiklasse deklareret i henhold til EU 1254/2014 for et boligventilationsanlæg uden behovsstyring.

BR 2018/BR2020

Grundluftskiftet skal mindst være lig $0,30 \text{ liter}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ opvarmet etageareal. Indblæsning i opholdsrum og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.

Ventilationen skal kunne forceres op til følgende værdier:

Køkken op til 20 liter/s.

Bad op til 15 liter/s.

Wc rum op til 10 liter/s.

Bryggers op til 10 liter/s.

SBi har i flere projekter undersøgt muligheden for behovsstyring af ventilationen i etagebyggeri ved hjælp af fugtsensorer. Resultaterne indikerer energisparepotentiale helt op til 25 - 30% af ventilationstab^(4, 5)

Boligventilationsanlæg kan i dag være forsynet med et display med flere valgmuligheder, men der er typisk tale om valg af forskellige konstante ventilationsrater uden feedback fra sensorer.

Der er i dette projekt foreslået en menu i displayet med 5 forskellige options:

TRIN	Teknisk option	Sensorer	Bad/WC/Køkken/Bryggers	Liter/(s·m ²)	Luftmængde
0	OFF		0/0/0/0	0	Konstant
I	Fravær [Fugtsikring]	$\Delta X_{\text{inde} - \text{ude}}$, ⁽³⁾	5/3,3/6,7/3,3	$0,10$ ^(1, 2)	Konstant/(Variabel)
II	DCV [Fugtsikring] [Luftkvalitet]	$\Delta X_{\text{inde} - \text{ude}}$, ⁽³⁾ $\Delta \text{CO}_2_{\text{inde} - \text{ude}}$, CO_2 (soveværelse)	Variabel	$0,10 - 0,30$ ⁽⁶⁾	Variabel
III	BR2020	CO_2 (soveværelse)	15/10/20/10	0,30	Konstant/(Variabel) ⁽⁷⁾
IV	Forcering		22,5/15/30/15	0,45	Konstant
V	Natkøling	$T_{\text{udsug}} > 24^\circ\text{C}$		(0,3)	Kun udsug kører

⁽¹⁾ Boverkets byggregler BBR, 2013, Sverige

⁽²⁾ DS/EN 15251, 2007

⁽³⁾ FoHMFS 2014:18, Sverige (bør ikke overstige 3 gram/m³ luft)

⁽⁴⁾ Bergsøe N C: "Vurdering af ventilationsbehov", SBi-meddelelse 130, 2000

⁽⁵⁾ Bergsøe N C og Afshari A: "Fugtstyret boligventilation – Målinger og evaluering", Sbi 2008:08

⁽⁶⁾ Den højeste værdi er: $[0,30 \text{ liter}/(\text{s} \cdot \text{m}^2), \text{funktionsbestemte}]_{\text{MAX}}$

⁽⁷⁾ Forskellen mellem det 'arealbestemte' og 'funktionsbestemte' ventilationsbehov kan i nogle

tilfælde være så lille, at det ikke giver mening at skelne fx en bolig på 200 m², 2 bad/wc, 1 køkken og 1 bryggers. Her er behovet i begge tilfælde 60 liter/s.

0-OFF

Denne option kan bruges, hvis der opstår behov for fx at stoppe ventilatorerne. Dog skal der samtidig tændes en rød advarselampe, som viser at ventilationsanlægget er stoppet.

I-Fravær

Denne option anvendes, hvis boligen forlades i længere tid (boligen er tom). Ventilationsanlægget kører ned på minimum ventilationsrate. Dog er trin II ikke frakoblet for at kunne tage hensyn til en eventuel given fugtlast i boligen. Trin II kan være aktiv i en mindre periode. Herefter går styringen automatisk ned på trin I.

II-DCV

Luftudskiftningen varierer ensartet for alle rum svarende til et gennemsnitlig luftskifte for hele boligen på enten 0,10 liter/(s · m²) eller 0,30 liter/(s · m²) eller funktionsbestemte. Variationen i luftskifte styres af centrale ventilationsaggregatsensorer (relativ luftfugtighed og CO₂) placeret i udsugningsluften og udeluften. Der spares dog én CO₂ sensor i udeluften, idet der beregningsmæssigt indregnes en fast værdi på 400 ppm. Reguleringen foretages på baggrund af CO₂ koncentration og absolut fugtighed i både indblæsnings- og udsugningsluft. Registrering af en fast forskel i CO₂ koncentration mellem indblæsnings- og udsugningsluft aktiverer det høje trin. Når forskellen i CO₂ koncentrationen igen er under grænseværdien køres ned på det lave trin. Som supplement til CO₂ styringen måles forskellen i absolut fugtighed mellem indblæsnings- og udsugningsluft, for at sikre at ventilationen forbliver på det høje trin, såfremt der er en fugtproduktion når ingen er hjemme (eventuelt på grund af tørring af tøj).

Det foreslås følgende set-punkter for ΔX og ΔCO_2 :

- $X_{inde} - X_{ude} = 2$ gram pr. kg tør luft⁽⁸⁾
- $CO_{2_inde} - CO_{2_ude} = 150$ ppm

⁽⁸⁾ Svarer fx til: 23°C, 40%, 7 gram/kg og 5°C, 90%, 5 gram/kg, dvs. $\Delta X = 2$ gram/kg.

Der skal dog være mulighed for at kunne ændre disse i en undermenu.

Det er vigtigt, at styringen reagerer hurtigt, hvis fugtproduktionen stiger brat på grund af bad eller lignende.

III-BR2018/BR2020

Luftudskiftningen køres fuldstændigt efter bygningsreglementets krav. Der kan være en besparelse, hvis der er relativ stor forskel mellem det 'arealbestemte' og 'funktionsbestemte' krav, men ofte vil luftudskiftningen køre med en konstant værdi.

IV-Forcering

Denne option kan fx anvendes, hvis der skal luftes ekstra ud, hvis der er mange mennesker i boligen, hvis der vaskes gulve etc. Forceringen er tidsbestemt til 3 timer. Herefter går styringen automatisk ned på trin III igen.

V – Natkøling

Denne option kan anvendes i de perioder om sommeren hvor der er et behov for at køle boligen ned om natten. Ved aktivering af knappen, er det kun udsugningsventilatoren som kører. Udeluften trækkes ind gennem vinduer, der står åbent eller i låseposition.

Filter

Der er tale om et dynamisk filtersystem i modsætning til et statisk plan filter eller filterpose. En motor med gear trækker en rulle, hvor på filtermateriale er fastgjort til. Filtermaterialet hentes fra en fuld rulle med rent filtermateriale. Filtermaterialet kører igennem et rullesystem, som forøger filterets gennemstrømningsareal og reducerer tryktabet over filteret. Forskellige styringsalgoritmer for fremdrift af filtermateriale kan tænkes; men i projektet er foreslået følgende algoritme:

- En tryksensor registrerer løbende det statiske tryktab over filteret. Hvis tryktabet bliver højere end 20 Pa, køres der filtermateriale frem indtil tryktabet igen er lavere end 20 Pa. Denne registrering foretages automatisk kortvarig altid ved trin III fx 1 gang om ugen.
- Rullen med motor og snavset filtermateriale forsynes med en meldekontakt, som aktiveres når tykkelsen på rullen når en vis værdi (når det rene filtermateriale er ved at slippe op).

Flow registrering

Den totale luftrate_{ind} og den totale luftrate_{ud} måles kontinuerligt direkte over de to ventilatorer som: $q_{\text{flow}} = K \cdot (\Delta p_{\text{statisk}})^{0,5}$. Yderligere anvendes her i projektet to Lindab Ultralyds flow målere, som en ekstra sikkerhed for registrering af korrekt luftrate.

Soveværelse

Ventilationsraten i soveværelset reguleres efter en trådløs CO₂ sensor placeret i selve soveværelset. Set-punkt for CO₂ koncentration vælges til 900 ppm, som svarer til klasse II i EN15251:2007. Der anvendes ø75 mm slanger til distribution af luft til de enkelte opholdsrum. For soveværelset lægges to slanger. Om dagen uden personbelastning i soveværelset er kun den ene slange aktiv. Om natten ved behov for ekstra luft kan den anden indblæsningslange tilkobles og slangen til stuen frakobles. Der "lånes" med andre ord luft fra stuen til soveværelset. Dette arrangement styres af et Lindab T-spjæld og motor. I praksis bliver der tale om en on/off styring af T-spjældet med et efterløb på fx 2 timer så pendling undgås.

LSCONTROL

Fremtidens varmforsyning af / i bygninger bliver minder og mere effektive. Dette er et behov der kommer, og opstår på grund af ændringer i energiforsyning og priser. Ændrede bygge metoder samt energireoverings metoder. Lige nu er det drevet af skærpselser af normer for ventilationsanlæg AHU og forøget krav for isolering af bygninger. Man ser at bygninger skal have monteret aktiv ventilation. Vi ser en tendens mod at man kombinerer varmepumper med AHU så man har varmeforsyning og luftudskiftning i et anlæg. For at bringe de eksisterende fabrikanter af ventilationsudstyr på højde med de nye krav er der brug for nytænkning. Anlæg findes i dag og anvendes i 0-energi huse Passiv Haus

Fremtidens bolig varme - luftudskiftning



Comfort



Typiske løsninger i nuværende anlæg.

SMART Combi AHU 2020

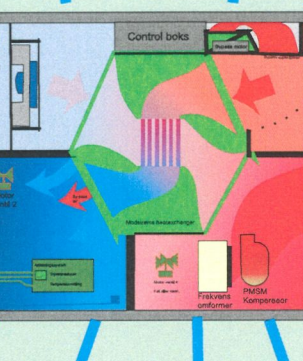
LS Control A/S

Ventilatoren
Et af de første krav om virkningsgrad var til ventilatorens performance, derfor anvender alle i dag EC-Ventilatorer. EC Ventilatorer er PM-motorer med indbygget styrkeelektronik der fra fabrikanten er sikret bedste ydelse. Reguleringsstrøm reguleres efter at anlæg hele tiden giver den angivne ydelse i forhold til bygningens ind- og udluft.
For-varme
Trinløst reguleret med motorventil. Trinløs regulering af forvarmen betyder at man får regulat tilføjet varmt vand og dermed kun får den helt nødvendige ydelse.
Filter
For den målte COP værdi giver dette en forbedring på mellem 7 - 10%.
For Comforten betyder reguleringsformen at der opretholdes en behageligt konstant temperatur.
Fremtidens filter teknologi:
Større og nye materialer overfladeareal = mindre energitab.
Strømtilførelse af EL-forbrug i forhold til ydelse giver anlægget mulighed for selv at afgøre når der er behov for nye filtre. Det bliver således sendt automatisk til kunden. Bestilling sker gennem WEB.
Filtre
Det typiske filter i ventilationsanlæg i boliger bliver typisk udskiftet for sent. Beskudte filtre betyder for høj energiforbrug. Overvågning er typisk en driftmetode, eller en trykkontakt der tænder en indikationslampe på anlægget.

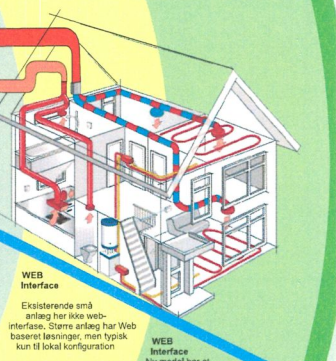
Bypass
Trinløst reguleret bypass spjæld, eller minimum 10 trin.
For Comforten betyder reguleringsformen at der opretholdes en behageligt konstant temperatur.
COP Værdi
Værdien er en angivelse af ydelse i forhold til energiforbrug. Der er regler på vej hvor man skal rapportere, for at kunne lade el til god pris. Tydning her kaldes reglen dog JAZ.
Måling af optaget effekt forbrug i forhold til luftmængde ydelse og performance.
SCOP er en gennemsnit beregning for et væglet driftforbrug kan selvfølgelig også beregnes.
Findest ikke på markedet med Live målinger i dag.
Bypass
Spjæld funktion der sender luften foto kredsveksleren i perioder hvor varmen i luften ikke skal gennemsiges, typisk om sommeren.
I mindre anlæg har funktionen været en on-off funktion.
COP værdi
Findest ikke på markedet med Live målinger i dag.

Kabinet
LS Control forholder sig ikke til anlæggets kabinet. Men vi kan anbefale eftertanke omkring konstruktionen.
Brug af EPP skum kabinet byggekoder med luftveje. Lav montagetid men høj startomkostning.
Nye isolerings materialer, og gennemtænk luftveje. Byg anlæggen tæt.
Kabinet
Metal kabinet med dårlige luftveje i for meget modstand. Men for lidt eller for tynd isolering og ulatte samlinger.

For-varme
Forvarme er i mange tilfælde et selvoms logiske, eller en vand kredsløb med energi fra husets varme. I sjældne tilfælde er det en on-off varme kredsløb der er en del af varmepumpen.
Filtere
Filtre
Det typiske filter i ventilationsanlæg i boliger bliver typisk udskiftet for sent. Beskudte filtre betyder for høj energiforbrug. Overvågning er typisk en driftmetode, eller en trykkontakt der tænder en indikationslampe på anlægget.



Web interface
Eksisterende små anlæg har ikke web interface. Større anlæg har Web baseret løsninger, men typisk kun til lokal konfiguration.
Web interface
Ny model har et interface der følger en eksisterende server. Dette gør det muligt at driftvælge så der kan udføres service hvis anlægget ikke leverer optimal ydelse. Der er mange muligheder med Web overvågning, man kan for eksempel sende nye filtre til kunden så de kan skiftes i god tid. Man kan opdatere til nye funktioner kunden kan tilkøbe.



Kondensator
Konden - sator
Hovedfunktion fjerner varme fra ud - sughningen fra restvarmen i luften der suges ud af bygningen. Samme funktion som udsenders erhed i en splitunit varme-pumpe. Men med denne placering har man rest energi ved lavere udsenders temperatur.
Konden - sator
Behovstyes med motor-ventil. Reguleringen udføres med en trykmåling på væskesiden. Denne regulering betyder man med en optimeret reguleringsalgoritme altid rammer det optimale og præcise behov.
For den målte COP værdi giver dette en forbedring på mellem 7 - 8%.

Afrimning
Afrimning
Traditionel afrimning er baseret på en temperaturmå - ling. Baseret på denne måling kobles afrimningen så til og fra med en fastsat hysteresis.
4-Vejsventil
4-Vejsventil
Monteres på to reversere kølekredsløb så man kan conditionere bygningen.
Nogle lande har regler hvor et ikke er tilladt at montere denne.
Monteres typisk så det er kundens valg om de har denne funktion.
Bemærk der er en driftomkostning der går imod 0 / Lav energitanken
4-Vejsventil
Det aktive valg.
I fremtidens anlæg er der WEB interface. Her tilbringes funktionen at kunne vælge som et aktivt valg. Her kunne eksempelvis være tale om et kloppokert hvor kunden betaler for en periode for ikke at blive overrasket i energiregnskabet.
Det kunne også tænkes ind i et Grid ordning, hvor bygningen køles ned når det er billigst.
I princippet bytter man rundt på kondensator og fordampere. Styrtingen vil stadig søge komfort og billigst mulig drift. Kun for anlæg med WEB interface.

For-dampere
For-dampere
Hovedfunktion
Giver varme til bygning der er produceret ud fra restvarmen i luften der suges ud af bygningen. Kan reverseres og bruges til Aircon.
I eksisterende anlæg reguleres for-dampere on / off med ventil.
For-dampere
Behovstyes med motor-ventil. Reguleringen udføres med en trykmåling på gassiden og en temperaturmåling på væskesiden.
Denne regulering betyder man med en optimeret reguleringsalgoritme altid rammer det optimale og præcise behov.
For den målte COP værdi giver dette en forbedring på mellem 7 - 8%.

Kompressor
Kompressor
I kendte konstruktioner anvendes en almindelig kompressor i køleskab der tændes og slukkes efter behov.
I det største anlæg anvendes scroll kompressor der også tændes og slukkes efter behov.
Kompressor
Nye PMSM kompressor er på / på vej på markedet, disse har samme fordele som er kendt fra EC-Ventilatorer. Mulighed for 100% trinløs regulering. Mulighed for meget stor dynamik i et tæle område typisk fra 1000 til 7200 omr./min. Kræver samspil med drive. Stor fordel i lære start stop og rammer altid det optimale driftpunkt.
For den målte COP værdi giver dette en forbedring på mellem 10 - 20% → i samarbejde mellem kompressor og drive.

Hele vejen rundt om AHU
Air Handlign Units med integreret varmepumpe som fremtidens varme og luft forsyning til boliger

4-Vejsventil
4-Vejsventil
Monteres på to reversere kølekredsløb så man kan conditionere bygningen.
Nogle lande har regler hvor et ikke er tilladt at montere denne.
Monteres typisk så det er kundens valg om de har denne funktion.
Bemærk der er en driftomkostning der går imod 0 / Lav energitanken
4-Vejsventil
Det aktive valg.
I fremtidens anlæg er der WEB interface. Her tilbringes funktionen at kunne vælge som et aktivt valg. Her kunne eksempelvis være tale om et kloppokert hvor kunden betaler for en periode for ikke at blive overrasket i energiregnskabet.
Det kunne også tænkes ind i et Grid ordning, hvor bygningen køles ned når det er billigst.
I princippet bytter man rundt på kondensator og fordampere. Styrtingen vil stadig søge komfort og billigst mulig drift. Kun for anlæg med WEB interface.

Frekvens omformer
Frekvensomformer
Historisk er der ikke frekvens- omformer i små, anlæg typisk under 500 m³ i ydelse. Her har der været en on-off og dermed ikke monteret drive.
Frekvensomformer
PMSM kompressor og frekvens- omformer skal passe sammen. Det bedste resultat fås med en kodeprogrameret et tilpasset præcist til anlæggets kompressor. Drivet sørger for at alle energiforbrug gennemføres altid er på plads for det bedste mulige driftresultat. Det integrerede drive har ikke overfløede funktioner og kan kun anvendes til en enkelt kompressortype. Drive og kompressor sammen opstår typisk en COP værdi forbedring på mellem 10 - 20%. Drive og kompressor monteres i luftstrømmen, så varmen fra dem bliver en del af varmeforsyningen.

Web interface
Eksisterende små anlæg har ikke web interface. Større anlæg har Web baseret løsninger, men typisk kun til lokal konfiguration.
Web interface
Ny model har et interface der følger en eksisterende server. Dette gør det muligt at driftvælge så der kan udføres service hvis anlægget ikke leverer optimal ydelse. Der er mange muligheder med Web overvågning, man kan for eksempel sende nye filtre til kunden så de kan skiftes i god tid. Man kan opdatere til nye funktioner kunden kan tilkøbe.

Samler alle fremtidens forbedringer til en samlet gennemsnitlig forbedring mellem 25 og 35% af COP

4-Vejsventil
4-Vejsventil
Monteres på to reversere kølekredsløb så man kan conditionere bygningen.
Nogle lande har regler hvor et ikke er tilladt at montere denne.
Monteres typisk så det er kundens valg om de har denne funktion.
Bemærk der er en driftomkostning der går imod 0 / Lav energitanken
4-Vejsventil
Det aktive valg.
I fremtidens anlæg er der WEB interface. Her tilbringes funktionen at kunne vælge som et aktivt valg. Her kunne eksempelvis være tale om et kloppokert hvor kunden betaler for en periode for ikke at blive overrasket i energiregnskabet.
Det kunne også tænkes ind i et Grid ordning, hvor bygningen køles ned når det er billigst.
I princippet bytter man rundt på kondensator og fordampere. Styrtingen vil stadig søge komfort og billigst mulig drift. Kun for anlæg med WEB interface.

Frekvens omformer
Frekvensomformer
Historisk er der ikke frekvens- omformer i små, anlæg typisk under 500 m³ i ydelse. Her har der været en on-off og dermed ikke monteret drive.
Frekvensomformer
PMSM kompressor og frekvens- omformer skal passe sammen. Det bedste resultat fås med en kodeprogrameret et tilpasset præcist til anlæggets kompressor. Drivet sørger for at alle energiforbrug gennemføres altid er på plads for det bedste mulige driftresultat. Det integrerede drive har ikke overfløede funktioner og kan kun anvendes til en enkelt kompressortype. Drive og kompressor sammen opstår typisk en COP værdi forbedring på mellem 10 - 20%. Drive og kompressor monteres i luftstrømmen, så varmen fra dem bliver en del af varmeforsyningen.

Web interface
Eksisterende små anlæg har ikke web interface. Større anlæg har Web baseret løsninger, men typisk kun til lokal konfiguration.
Web interface
Ny model har et interface der følger en eksisterende server. Dette gør det muligt at driftvælge så der kan udføres service hvis anlægget ikke leverer optimal ydelse. Der er mange muligheder med Web overvågning, man kan for eksempel sende nye filtre til kunden så de kan skiftes i god tid. Man kan opdatere til nye funktioner kunden kan tilkøbe.

Knowledge - Electronics - Production - Technology for the future
LS Control A/S Industrivej 12, Gelsted DK-4160 Herlufmagle +45 5550 5550 lsc@lscontrol.dk www.lscontrol.com

Smart Combi / AHU2020 ver 3, 2015

Your Toolbox with Electronic Accessories for for air-to-air Heat Exchangers - AHU Control 500



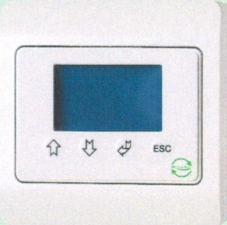
Control board with full configuration. Customized configurations for the most cost efficient solutions are available on request.

Relay switch		2 x 0-10V outputs
Relay switch		EC fan 1 0-10V / tacho
Relay switch		EC fan 2 0-10V / tacho
230V EC fan 1		24V output special bypass
230V EC fan 2		5 x 10K NTC sensor -30 +70
230V condensate pump		ModBus 2 for rotary exchanger
230V rotary exchanger drive		ModBus 1 slave for BMS
Earth terminals x 3		2 x voltage free input
230V power supply		10K NTC sensor V.6
		10K NTC sensor V.7
	Operating interface RS485	
	SD card for data logging	

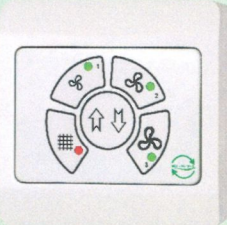
A variety of Operating panels:
Customized to your specific requirements. Hardware available in a range of models: from push button to colour touch screen.



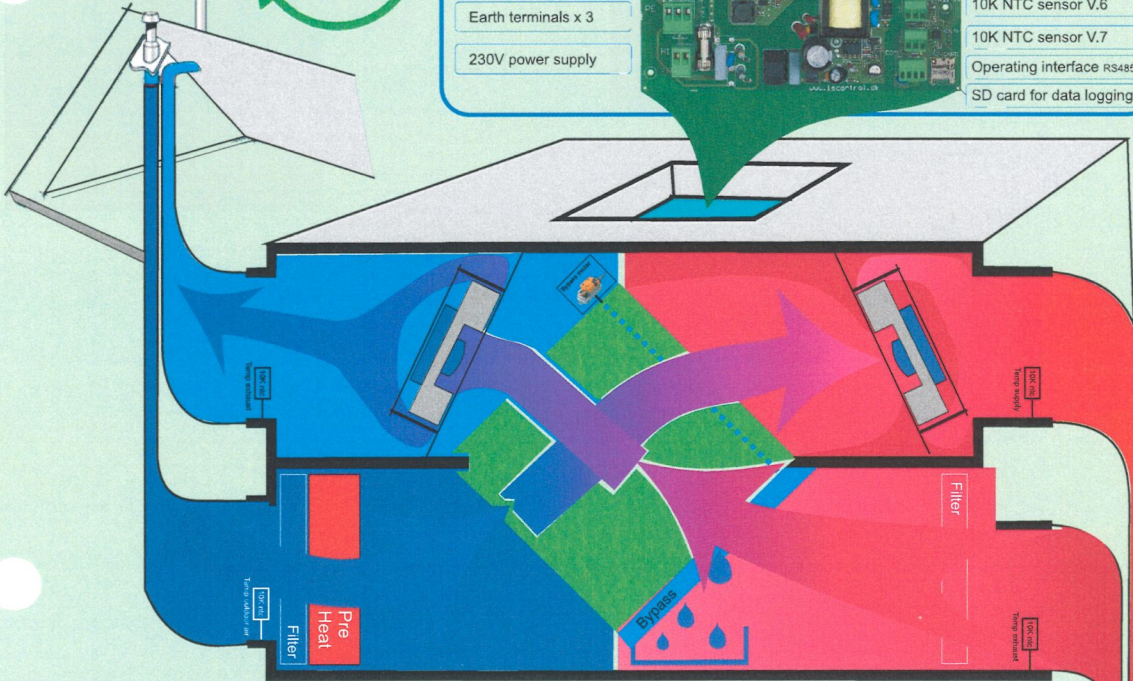
Operating panel w/touch screen:
Full colour 480 x 272 pixel display with capacitive touch, external SD card and USB connection.



Operating panel w/graphic display:
Graphic blue / white display with soft touch buttons. 128 x 64 pixels. With internal SD card connection.

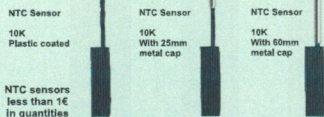


Operating panel w/push buttons:
Conventional push button operation with LED indicators for operating status and alarm.



Accessories

Temperature sensors



NTC sensors less than 1€ in quantities

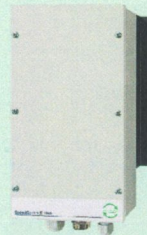
Pressure switch



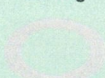
Pressure transducer



PM Inverter for Compressor



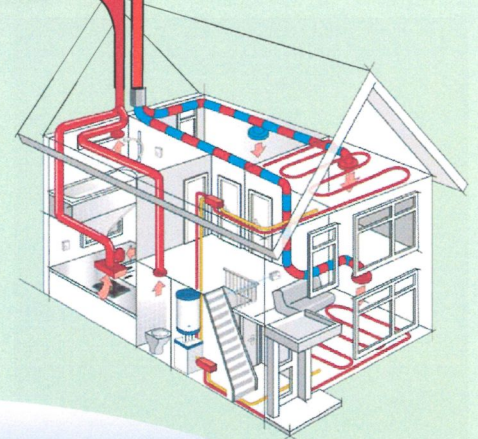
Tubing



Pressure port



Visit LS Control



Production - Knowledge - Electronics - Technology for the future

ABOUT AHU-CONTROL 500:

- > Flexible and expandable basic platform.
- > Designed for easy mounting.
- > Improved overview facilitates installation and subsequent service.
- > Option for different operating panels.
- > Cost efficient future safe solution.

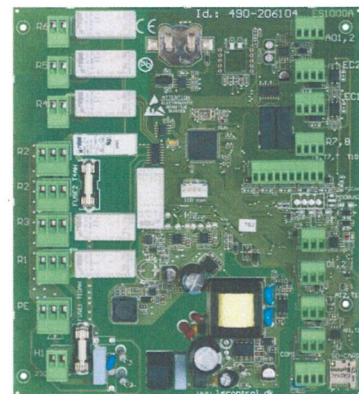
AHU-CONTROL 500

- A flexible basic platform for manufacturers of air handling units

AHU-Control 500 ...

The AHU-Control 500 is a basic platform designed for manufacturers of air handling units. The AHU-Control 500 is a cost efficient and fast way to reach the market with a truly twenty-first century solution.

The platform is designed for easy mounting in the air handling unit e.g. all electrical connections come with sockets.



For improved overview the electrical connections are grouped by function. These are just examples which facilitates installation and subsequent service. Furthermore the electrical socket connections allow for prefabricated cable sets for reduced assembly costs.

The AHU-Control 500 is simple in its construction and allows for connection of a number of different operating panels which can be customized to your specific requirements.

Hence it is possible to choose between a variety of different user interfaces from low priced, simple push button operating panels to full graphical and highly informative user interfaces with touch screen. Making the user interface an essential sales parameter.

The AHU-Control 500 requires specific software programming which is designed in cooperation with you as manufacturer and in accordance with the solution and user interface chosen by you. To make it fast and easy to get started, a number of basic design interfaces are available for you as manufacturer.

The AHU-Control 500 comes with all the connections required for a conventional air handling unit. However, it is also a very versatile controller providing you with a future safe and expandable solution.

AHU-CONTROL 500 BASIC MODEL:

- > 2 connections for 0-10V controlled fans
- > 2 open switches for control of damper or similar
- > 5 NTC temperature connections
- > 1 MOD-bus slave interface
- > 1 MOD-bus master interface
- > Possibility to turn-off all supply to reduce energy consumption
- > Customized design of user interface on request
- > SD card slot for data logging and software updating
- > 0-10V output signal for variable compressor operation
- > Input connection for alarm signal from frequency converter

AHU-CONTROL 500

Basic Model

The following features and connections are available in the basic model:

- ◆ 2 x 0-10V controlled fans, e.g. energy efficient EC motors or frequency converters with tacho feedback signal from the EC motors for safe monitoring of the fan function.
- ◆ 2 open switches for control of bypass damper or similar.
- ◆ 5 x NTC temperature sensors for supplying important information on the operation of the unit e.g. activates heating if ambient temperature falls below set point (icing protection).
- ◆ MOD-bus slave interface with operation parameters for central monitoring or other automation.
- ◆ MOD-bus master interface, e.g. for connection of additional sensors like CO₂, RH % or other sensors.
- ◆ Possibility to turn off all supply to reduce energy consumption in the lowest operation status.
- ◆ RS-485 interface for operating panels. Customized design of user interface on request. All operating panels can be connected to PC via USB for easy updating of software.
- ◆ SD card slot for data logging and software updating.

Options

Not two solutions are exactly the same! As a manufacturer you are probably looking for your own solution. Therefore the platform is equipped with a number of extra optional connections in addition to the MODbus interface, which also provides you with a number of options.

It is possible to add the following input and output connections which allow you to customize your solution.

- ◆ 1 x 0-10V output e.g. for modulating damper.
- ◆ 1 x digital input e.g. for overriding via external operating panel or operating status signals from other equipment.
- ◆ Additional 2 NTC temperature sensors or 0-10V signals from other sensors at your choice.
- ◆ 3 x additional open relay switches e.g. for connection of decentral heating panels or control of other equipment.

Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

AHU-CONTROL 500

Options:

Continued ...

- ◆ Use of internal Real Time Clock (RTC) for calendar functions. Supplied with battery back-up. Mainly useful together with a high informative user interface which allows the user or engineer to customize the unit to individual requirements and operation patterns.

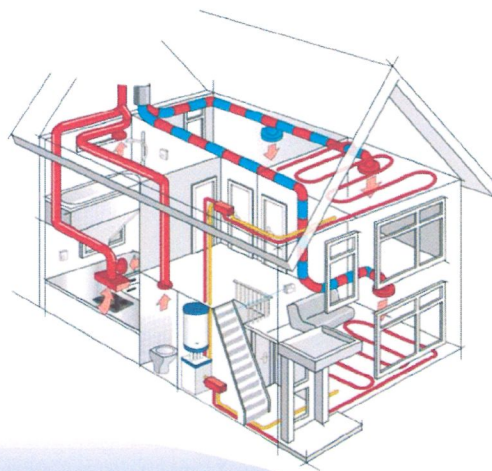
Product Development Assistance:

At LS Control we are a team of skilled engineers and experts with extensive experience with control and regulation of air handling units. We welcome any opportunity to offer advice to our customers in this field.

Hence we offer to customize the final software ensuring that the final solution meets the exact requirements - no more and no less than required.

As part of the software design we also offer to customize the operating panel with your logo on the front and with functionalities tailored to your requirements. Making it easier for you to differentiate your product on the market.

To assess the functionalities and performance of the product in the development phase, we place our PC based analyzing tool at your disposal as manufacturer. Through data logging and monitoring this allows you to test specific parameters to ensure a cost efficient, documented and high performing solution which meets current legislation.



Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

TECHNICAL SPECIFICATIONS

During operation the ambient temperature of the controller must be from 0°C to +50°C non-condensing.

Must be installed on a non-vibrating surface and in a neutral and non aggressive environment.

During transport the ambient temperature of the controller may be from -20°C to +60°C non-condensing.

Basic platform

Terminal	Function	Specification
Supply		L, N 230V ±10% 50/60Hz 13A
R2 + R2	Supply to ventilators.	Joint T4A internal fuse. Isolation voltage for the control electronics is 2.500V. For internal use in the unit.
EAO3 and AO4	Control of and feedback from ventilators.	0-10V 5mA control signal. PWM tacho feedback from ventilators. For internal use in the unit.
R7, R8	Control of bypass damper or similar.	Normally closed contact (NO). Max load at 24V AC 1A. Isolation voltage for the control electronics is > 50V. Max cable length 5m.
T1, T2, T3, T4, T5	Temperature sensors NTC 10K sensors.	Measuring range -30 to +110°C. Resolution in range 0-40°C is better than 0,1°C. Max cable length 20m.
MODBUS1	MODbus slave interface.	RS-485, 9600/19200 Baud rate.
COM1	Connection to operating panel.	Max cable length 50m.
SD Card	For data logging and updating of software.	Max 2GByte. SD Card is not included.
24V DC	Internal joint power supply for supply of the controller and external sensors.	24V DC ±5% 100mA - short circuit protected. Max cable length 20m.

Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Options

Terminal	Function	Specification
R1	Interconnecting wire via relay switch.	T10A internal fuse which also supplies R2 and R3. Isolation voltage for the control electronics is 2.500V.
R3	Interconnecting wire via relay switch.	T10A internal fuse which also supplies R1 and R2. Isolation voltage for the control electronics is 2.500V.
R4, R5, R6	Open switches, NO.	Without fuse. Max load 250V AC and 16A on each relay. Isolation voltage for the control electronics is 2.500V.
AO 01, AO 02	For control of valves, modulating damper and similar.	0-10V (5mA) control signal.
MODBUS2	MODbus master interface.	RS-485, 9600/19200 Baud rate.
AI2 / T6	Optional digital or temperature sensor input.	As T1 or D1.
AI1 / T7	Optional digital or temperature sensor input.	As T1 or D1.
RTU	Clock and calendar function.	With battery backup in case of power failure. Up to 2 years battery operation.
Pressure transducer	For pressure measurement in CAV, VAV or for monitoring of pressure.	Available in 50 Pa or 500 Pa measuring range with high accuracy. Contact LS Control for further information.

Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

TECHNICAL SPECIFICATIONS

CE marking

The basis platform and the options comply with below product standards:

LVD: EN60335-1:2012+AC:2014

EMC: EN61000-6-1:2007 and EN61000-6-3:2007+A1:2011+ A1/AC:2011

Compliance is subject to correct and adequate installation which provides protection against dust and humidity corresponding to a pollution degree 2. Only the controller is included other connected parts are not included.

As a service LS Control offer to carry out pre-qualification measurements on the finished product to ensure a smooth and problem free certification process by an accredited test house like e.g. TÜV or UL/Demko.



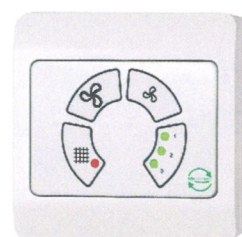
Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

OPERATING PANELS

- Broad range of operating panels are available...

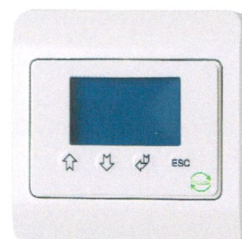
Operating Panel with Push Buttons

Conventional push button operation with LED indicators for operating status and alarm.



Operating panel with graphic display

Graphic blue / white display with soft touch buttons 128 x 64 pixels. With internal SD card connection.



Operating panel with touch screen

Full color 480 x 272 pixel display with capacitive touch, external SD card and USB connection.



Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

ABOUT LS CONTROL:

- > LS Control is a Danish company founded in 1969. Right from the start LS Control has delivered electronics for controllers and regulators to quality conscious companies.
- > Initially our strong point was electronic components for ventilation plants, and even though this is still an important business area, many other areas and products have been included since.
- > Our comprehensive experience and on-going training programs result in employees who are ready to be challenged by our customers.
- > Furthermore we work according to ISO 9001 standards, resulting in tight and structured project management leading to uniform and high quality products.

ACCESSORIES

- Sensors, switches, transducers, Inverters and other necessities...

Temperature Sensors

10 KOhm NTC sensor, available as plastic coated, short 25mm or long 60 mm metal cap.
Sensor operating range: $-30^{\circ}\text{C} / +130^{\circ}\text{C}$
Wire temperature range: $-30^{\circ}\text{C} / +90^{\circ}\text{C}$



Pressure Switch

Pressure switch with integrated change over switch, low hysteresis and positive / negative pressure connection. Available in multiple pressure ranges, measured in Pa.



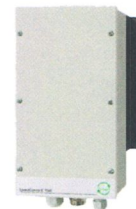
Pressure Transducer

Sensor for measuring of negative, positive and differential pressures. The output voltage is standard 0-10V and it is proportional to the surrounding pressure. Available in multiple pressure ranges, measured in Pa.



PM Inverter for Compressor

Frequency converter especially designed for use with compressors. The inverter is to be hard wired by LS Control with the specific compressor and manufacturer data.



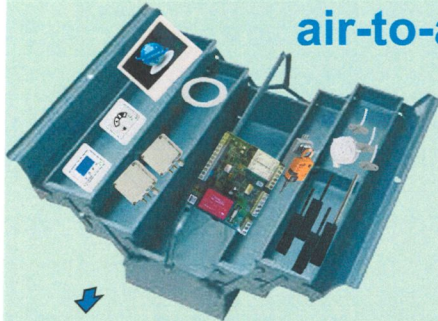
Tubing and Pressure Port

Various accessories such as hose pipe, PVC and silicone tubing are also available.



Contact us for further information and discussion on how to integrate the AHU-CONTROL 500 into your solution

Your Toolbox for Electronic Accessories for air-to-air Heat Exchangers - AHU Control 100



Control board with full configuration. Customized configurations for the most cost efficient solutions are available on request.

2 x 0-10V output

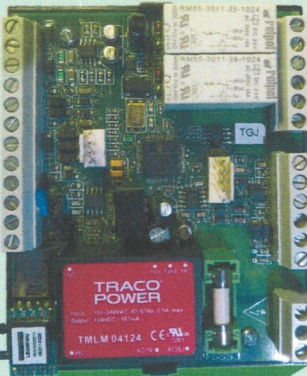
10K NTC sensor -30 +70°C

1 x 0-10V input

RS 485 connection +24V 100 mA For operating panel connection

SD Card for data logging

Pressure transducer Filter or CAV



Relay 1 230V 16A Switch

Relay 2 230V 16A Switch

1 x 0-10V input

2 x 10K NTC sensor -30 +70°C

230V supply 100-240V

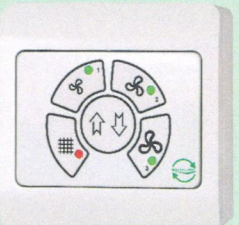
A variety of Operating panels: Customized to your specific requirements. Hardware available in a range of models: from push button to colour touch screen.



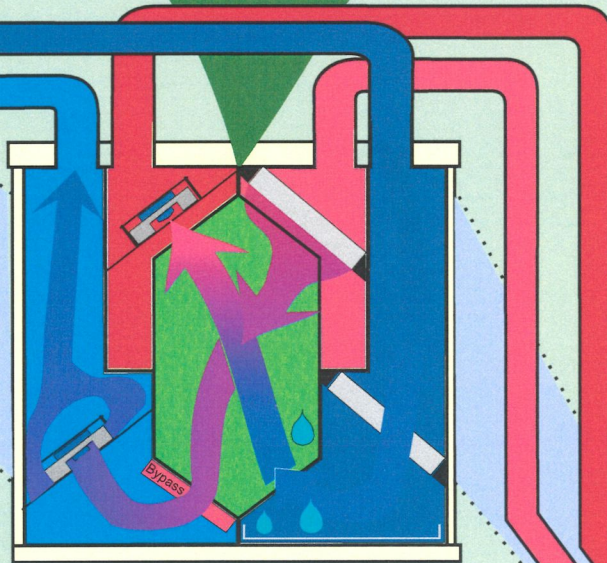
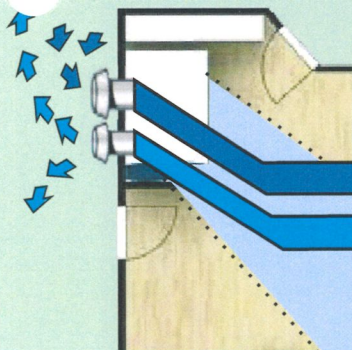
Operating panel w/touch screen: Full color 480 x 272 pixel display with capacitive touch, external SD card and USB connection.



Operating panel w/graphic display: Graphic blue / white display with soft touch buttons. 128 x 64 pixels. With internal SD card connection.



Operating panel w/push buttons: Conventional push button operation with LED indicators for operating status and alarm.



Accessories

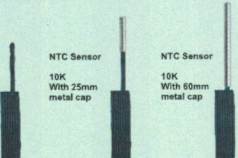
Temperature sensors

NTC Sensor 10K Plastic coated

NTC Sensor 10K With 25mm metal cap

NTC Sensor 10K With 80mm metal cap

NTC sensors less than 1€ in quantities



Pressure switch



Pressure transducer



Pressure port



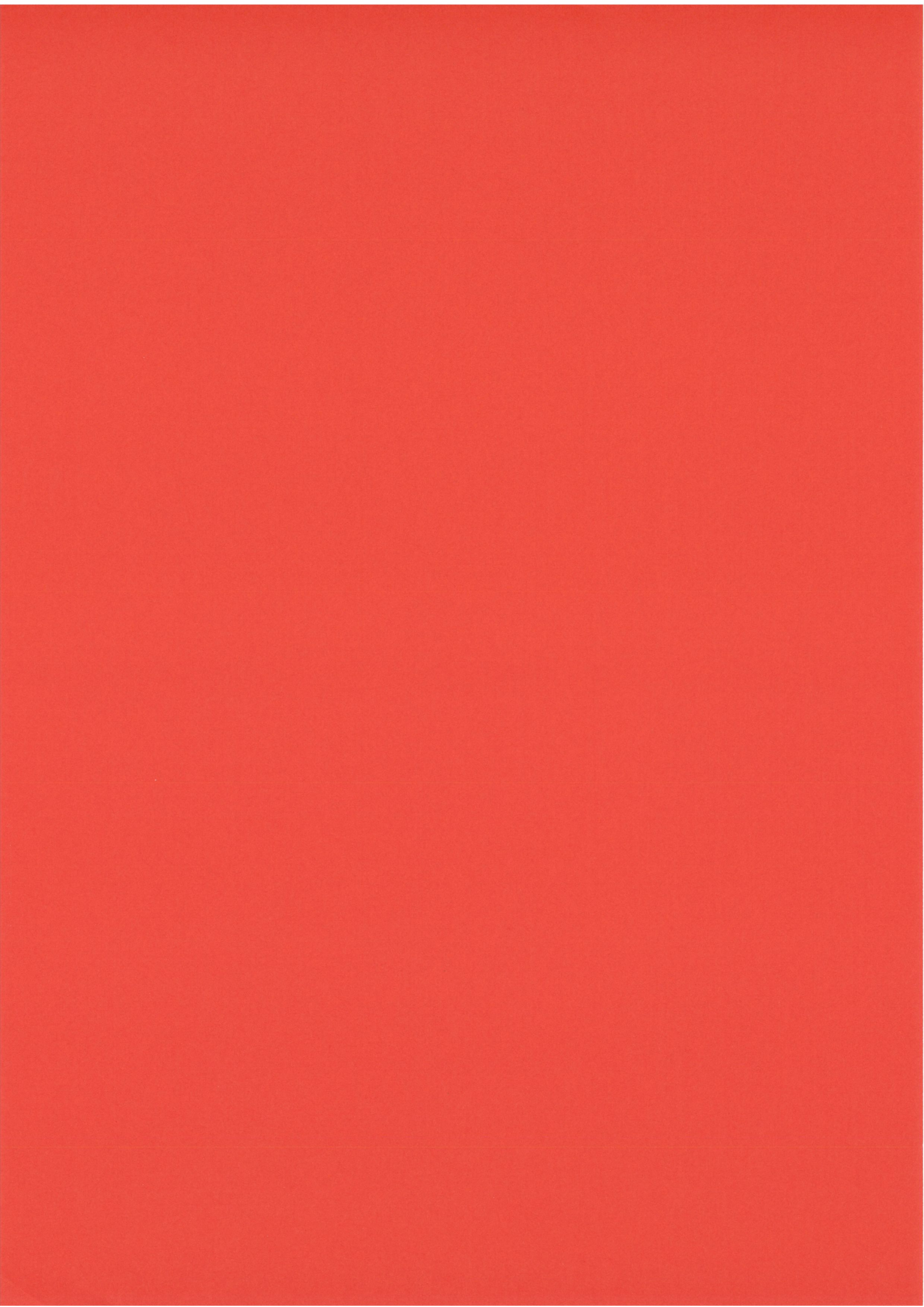
Tubing



Visit LS Control



Production - Knowledge - Electronics - Technology for the future



2. Udvikling af manifold med lavt tryktab og god luftfordeling



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Udvikling af manifold
med behovsstyring til
enfamiliehuse i forhold til
Lavenergiklasse BR2020

Teknologisk Institut

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Energieffektivisering & Ventilation

Forfattere: Amalie Gunner, Christian Drivsholm, Hans Olsen og Xu Guan

Indholdsfortegnelse

1. Projektbeskrivelse.....	5
2. Bestemmelser i henhold til BR2020	7
2.1. Lav relativ fugtighed i indeluften	7
3. Dimensionering af manifold.....	9
3.1. Indblæsning	9
3.2. Udsugning.....	9
3.3. Emhætte.....	9
3.4. Behovsstyring.....	10
3.4.1. Lind & Risør typehus	11
3.4.2. CO ₂ i soveværelse	12
3.4.2.1. To voksne i soveværelset	12
3.4.2.2. Alle husets beboere sover i forældrenes soveværelse.....	13
3.4.3. Ventilation i forhold til fugt	14
3.4.4. Ventilation uden for brugstid.....	16
3.4.5. Valg af kanalstørrelse	17
3.5. Tryktab.....	17
3.6. Valg af armatur	18
4. Simple behovsstyring	21
4.1. Normal	21
4.2. Nat	22
4.3. Ingen hjemme.....	23
5. Tryktabsberegning	25
6. Test af manifold.....	27
6.1. Forsøgsopstilling	27
6.1.1. Tryk -og luftfordeling i manifold uden spjæld.....	27
6.1.2. Tryktab over manifold med jævn fordeling af luftstrømmen	29
6.1.3. Tryktab over manifold med 15 m lang flexslange.....	30
6.1.4. Spærrer de to midterste kanaler i manifolden	32
6.1.5. Manifold med kanaler på begge sider	33
6.1.6. Udsugning med manifold	35
7. Sammenfatning	37
8. Referencer	38
9. Bilag	40
9.1. iX diagram	40

1. Projektbeskrivelse

Notatet er en intern afrapportering. Aktiviteten indeholder udvikling af en manifold til boligventilation.

Notatet er en del af et projekt til udvikling af en samlet ventilationsløsning til énfamiliehuse med fokus på et nyt princip og et enkelt system, som er let at montere.

Denne del af projektet fokuserer på design og udvikling af en luftfordelings manifold, som kan håndtere alle typer indbygninger i loftet. Manifolden skal kunne produceres billigt og effektivt. Montagearbejdet skal være nemt og sikkert. Udviklingen af teknologien skal anvendes til energirenovering og nybyggeriet af énfamiliehuse, med udgangspunkt i de forventede krav til ventilationsanlæg i nybyggeriet efter Lavenergiklasse BR2020.

Boliger opført som bygningsklasse 2020 stiller skrappe krav til ventilationsanlægget. Anlægget skal forsynes med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på mindst 85% og en SEL grænse på 900 J/m³. Herforuden må brug af eventuel luftvarme ikke udgøre boligens eneste opvarmningskilde, idet løsninger med luftvarme, hvor alle boligens rum udgør én fælles temperaturzone, giver komfortproblemer og ikke opfylder bestemmelsen. Klimaskærmen bliver markant tættere, og 26°C må ikke overskrides med mere end 100 timer pr. år og 27°C må ikke overskrides med mere end 25 timer pr. år.

Der eksisterer p.t. ikke energieffektive ventilationsløsninger, som dels reducerer skæve CO₂- og fugtniveauer i værelser og problemer med overophedning. Der skal tænkes i nye baner, hvis energiramme- og indeklimakrav ikke skal overskrides.

2. Bestemmelser i henhold til Lavenergiklasse BR2020

I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal.

For at undgå træk bør lufthastigheden i opholdszonen i lokaler med stillesiddende aktivitet ikke overstige 0,15 m/s.

Udsugningen skal i køkken, baderum, wc-rum, bryggers og lignende rum kunne forøges mindst til følgende: I køkken skal der kunne udsuges en volumenstrøm på 20 l/s og fra baderum og wc-rum skal der kunne udsuges mindst 15 l/s. I særskilt wc-rum, bryggers og kælderrum skal der kunne udsuges en volumenstrøm på 10 l/s.

Der kan benyttes behovsstyret ventilation under forudsætning af at udelufttilførslen herved ikke bliver lavere end 0,3 l/s pr. m².

Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad svarende til mindst trin to i EU-forordning 1253/2014/EU. Anlæg, der forsyner én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på mindst 85 pct.

For ventilationsanlæg der forsyner en bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport (SEL) ikke overstige 900 J/m³ udeluft.

For at undgå gener i forhold til støj samt højt tryktab anbefales det at luftstrømmen i kanaler har middelhastigheden:

Tilslutningskanaler:	2 – 3 m/s
Fordelingskanaler:	
Til rum	2 – 4 m/s
Mellem rum	4 – 6 m/s
Hovedkanaler:	6 – 8 m/s

I henhold til Bygningsreglementet 2015, må luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen ikke overstige 1,0 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved en trykforskel på 50 Pa. I klasse 2020 er kravet til tæthed fastsat til at være 0,5 l/s pr. m² ved trykprøvning med 50 Pa.

2.1. Lav relativ fugtighed i indeluften

Med en ventilation på 0,3 l/s pr opvarmet etageareal vil der i et almindeligt parcelhus på 150 m² være et konstant luftskifte på 0,45 gange i timen. Denne værdi er primært fremkommet ud fra en fugtteknisk betragtning.

Når kold udeluft med en lav absolut fugtighed varmes op, falder den relative fugtighed i indblæsningsluften og indeluften bliver tør. Om vinteren kan høj temperatur samt højt luftskifte indendørs forårsage lav relativ fugtighed, hvilket kan give gener i forhold til tørre øjne og slimhinder [1, 2, 3]. Erfaringer fra håndværkere giver derudover information om, at kombinationen af gulvvarme og lav luftfugtighed kan give problemer med flækkede trægulve.

Hvis den relative luftfugtighed er under 25-30 %, så skal luftfugtigheden øges. Dette gøres nemmest ved at sikre sig, at temperaturen ikke er høj. En indetemperatur på 20-22°C er normalt optimalt. Den relative luftfugtighed stiger næsten 10% bare temperaturen sænkes fra 25 til 21°C.

Det Svenske Bygningsreglement [4], tillader at boliger ventileres med 0,1 l/s pr m² opvarmet etageareal, når der ikke er personer til stede i bygningen. Ifølge DS/EN 15251 kan ventilationen reduceres til 0,05 – 0,01 l/s pr areal når der ikke er nogle personer til stede i huset.

Ved at indføre lignende regler i det danske bygningsreglement, vil tør luft i fyringssæsonen kunne reduceres.

3. Dimensionering af manifold

Ved valg af manifold skal der først og fremmest laves en beregning på hvad den største indblæsnings- og udsugningsluftstrøm er. Ud fra en støj og tryktabsmæssig vurdering bør lufthastigheden i kanalerne til og fra rum ikke være større end 3 m/s.

Derefter skal manifolden vælges ud fra hvor meget plads der er over spærerne til at placere manifolden i. Lind og Risør typehuse har typisk 450 mm isolering over spær.

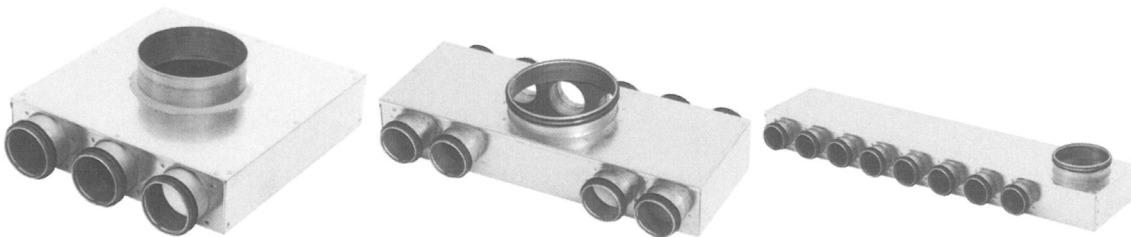
Manifolden skal placeres så den ikke giver anledning til at virke som en kuldebro. Dette undgås ved ikke at placere den langs ydervægge. Da den tilførte og udsugede luft er varmere end udeluften i opvarmningssæsonen vil manifolden ikke fungere som kuldebro.

3.1. Indblæsning

Manifolden fås i forskellige former. I dette projekt er det valgt at placere manifolden over loft og tilføre/suge luften fra bunden af manifolden. I loftet er der isoleret med 450 mm mineraluld. Manifolden placeres i isoleringen.

3.2. Udsugning

Manifolden til udsugning er også valgt placeret i isoleringen over loft. Udformningen af denne vælges også på baggrund af den maksimale luftstrøm, hvor lufthastigheden i de tilhørende kanaler ikke må overstige 3 m/s.



Figur 1: Udformning af forskellige manifolds fra Lindabs InDomo sortiment

3.3. Emhætte

I dette projekt er det valgt at installere emhætten decentralt. På grund af den høje tæthed samt at recirkulation ikke er tilladt, kan det være svært at få emhætten til at fungere optimalt, når emhætten aktiveres uden at indblæsningen øges.

I Lind og Risør typehusene er emhætterne typisk så store, at det ventilationsanlæg der anvendes ikke har kapacitet til at håndtere at emhætten tilføres på anlægget. For at have et stort sortiment i emhætter vælges det at installere emhætterne decentralt.

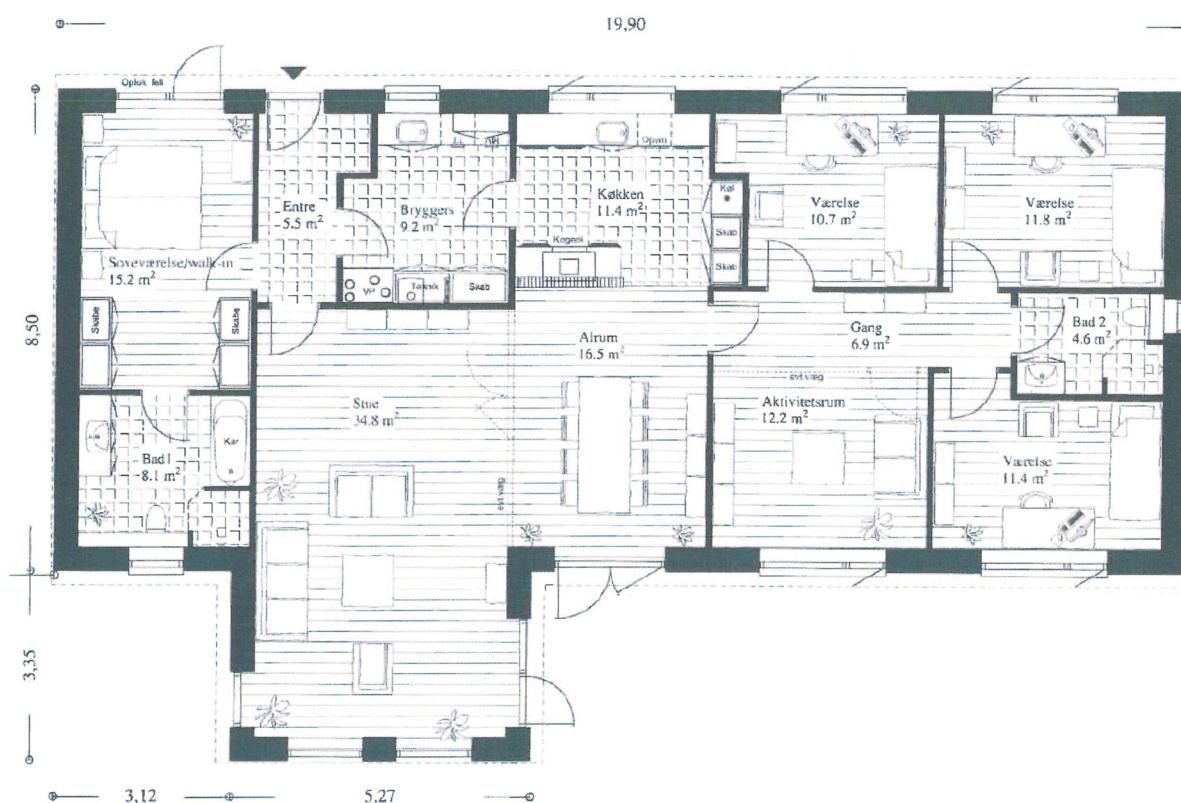
Det oplyses i hver sag til bygherre, at i forbindelse med emhætte med afkast over tag, medfører husets tæthed ugunstige aftræksforhold for emhætten. For at opnå maksimal

sugeevne, kan det derfor være nødvendigt, at tilføre rummet ekstra luft ved f.eks. at åbne et vindue når emhætten er aktiv.

Lind og Risør har prøvet at anvende friskluftventiler i køkkenvinduet, men det betød at brugere følte trækgener fra ventilen – især om vinteren.

3.4. Behovsstyring

I figur 2 vises en plantegning af et typehus fra Lind og Risør. Typehuset er på ca. 200 m² og beregnet til en familie med to voksne og to børn.



Figur 2: Plantegning over et typehus fra Lind & Risør

Ifølge Bygningsreglementet skal der ventileres med 0,3 l/s pr opvarmet areal. I dette tilfælde vil det svare til at ventilationen skal køre med en konstant luftstrøm på 60 l/s. Dette skal kunne øges til 60 l/s, svarende til udsugning på 20 l/s for køkken, 2 x 15 l/s for bad samt 10 l/s for bryggers.

Ifølge Bygningsreglementet skal luften tilføres i opholdsrum og udsuges fra forurenede rum. Dette betyder at luften bevæger sig fra mindre forurenede rum til forurenede rum. Almindeligt vis vil indblæsningsluften tilføres i stue, alrum, soveværelse og børneværelser/aktivitetsrum og udsuges fra bad, toilet, køkken og bryggers. Bygningsreglementet siger ikke noget om hvordan indblæsningsluften skal fordeles. Oftest fordeles indblæsningsluften arealmæssigt til de respektive rum.

Den af Bygningsreglementet nødvendige luftstrøm på 60 l/s, sørger nødvendigvis ikke for at indeklimaet er tilfredsstillende. Ved at flytte luftmængderne i forhold til behovet, kan indeklimaet forbedres [5].

Eksempel:

Hvis indblæsningsluften på 0,3 l/s pr opvarmet etageareal fordeles til opholdsrum (alle rum foruden bad, køkken og bryggers) vil der om natten i forhold til BR blive ventileret med 7,5 l/s (0,5 l/s x 15 m²) i forældrenes soveværelse. Med to sovende voksne, skal der i forhold til at holde CO₂ niveauet under 1000 ppm, ventileres med 13 l/s. Samtidig med at soveværelset bliver underventileret, bliver resten af boligen ventileret med om trent 38 l/s, hvor der ikke er et behov for så stort et luftskifte.

I børneværelserne er der behov for at blive ventileret med 3,5 l/s i forhold til at holde CO₂ niveauet under 1000 ppm. Bygningsreglementets krav giver en luftstrøm på 5,5 l/s (0,5 l/s x 11 m²).

Hvis luftstrømmen bliver behovsstyret efter CO₂ niveauet, vil søvnkvaliteten øges [6]. Når huset er uden for brug vil der kunne bespares betydeligt på ventilationen hvis luftskiftet ændres fra 0,3 l/s pr opvarmet areal til 0,1 l/s pr opvarmet areal.

I alle beregningseksempler er der taget udgangspunkt i at en voksen udånder 17 l CO₂ i timen og børn udånder 60 % CO₂ i forhold til en voksen alle ved en met-værdi på 1,2. Eksempler på CO₂ koncentrationer om natten har udgangspunkt i en met-værdi på 0,8. Udeluftkoncentrationen af CO₂ er sat til 400 ppm.

3.4.1. Lind & Risør typehus

Til indblæsning skal der bruges minimum en kanal pr. opholdsrum. I dette tilfælde er det valgt at føre to kanaler til forældrenes soveværelse, da dette rum har den største CO₂ belastning om natten. Dette giver samlet otte kanaler til indblæsning. Til udsugning skal der bruges 6 kanaler med to i hvert bad, en kanal til køkken og en kanal til bryggers.

I figur 3 ses arealfordelingen i forhold til Bygningsreglementet af indblæsnings –og udsugningsluften i et Lind & Risør typehus.



Figur 3: Eksempel på arealfordeling af ventilationen i forhold til Bygningsreglementet. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

3.4.2. CO₂ i soveværelse

Studier viser at luftkvaliteten i forældrenes soveværelse er kritisk dårlig om natten på grund af den store CO₂ belastning.

3.4.2.1. To voksne i soveværelset

I soveværelset på 15 m² (lofthøjde 2,4 m), hvor 2 voksne sover, skal der ventileres med 13 l/s for at opretholde et tilfredsstillende indeklima med en maksimal CO₂ belastning på 1000 ppm (aktivitetsniveau 0,8 met). Ifølge Bygningsreglementet vi der kun blive ventileret med 7,6 l/s. Der bliver derfor underventileret markant i forældrenes soveværelse, hvilket forringer søvnen.

Ved at behovsstyre luftstrømmen efter CO₂ niveauet, vil søvnkvaliteten forbedres. I figur 4 er vist et eksempel på fordeling af luftstrømmen i forhold til at holde et CO₂ niveau under 1000 ppm i forældrenes soveværelse. Den samlede luftstrøm holdes på 60 l/s, som Bygningsreglementet foreskriver.



Figur 4: Eksempel på behovsstyret ventilation i forhold til CO₂ i soveværelse med en belastning på 2 voksne. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

3.4.2.2. Alle husets beboere sover i forældrenes soveværelse

CO₂ belastningen øges yderligere når børnene også sover i forældrenes soveværelse. For at bestemme den største belastning og derved den maksimale luftstrøm, er der opsat et scenarie med spidsbelastning fra to voksne og to børn

I soveværelset, hvor alle fire sover sammen, skal der ventileres med 20 l/s for at opretholde et tilfredsstillende indeklima med en maksimal CO₂ belastning på 1000 ppm.

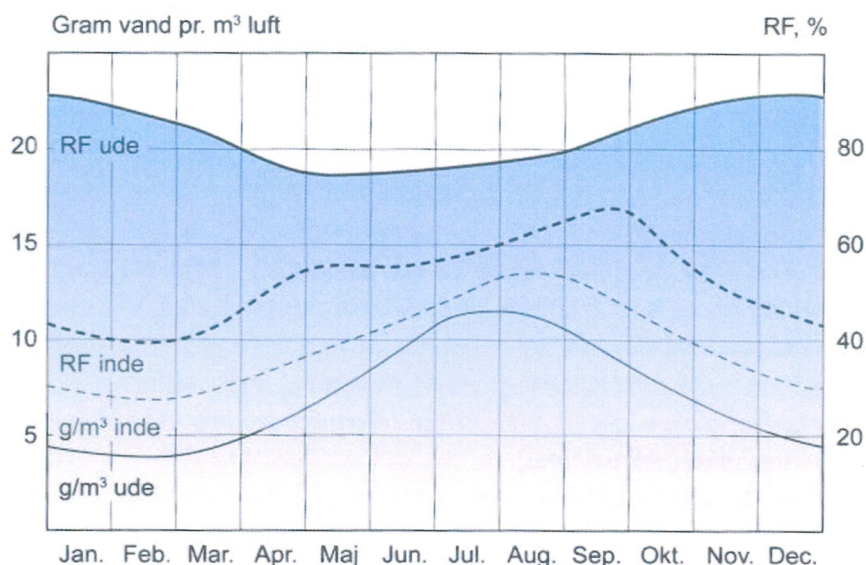
Ved at behovsstyre luftstrømmen efter CO₂ niveauet, vil søvnkvaliteten forbedres. I figur 5 er vist et eksempel på fordeling af luftstrømmen i forhold til at holde et CO₂ niveau under 1000 ppm i forældrenes soveværelse. Den samlede luftstrøm holdes på 60 l/s, som Bygningsreglementet foreskriver.



Figur 5: Eksempel på behovsstyret ventilation i forhold til CO₂ i soveværelse med en belastning på 2 voksne og 2 børn. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

3.4.3. Ventilation i forhold til fugt

Af figur 6 ses det at, den relative luftfugtighed inde er højest fra august til oktober og lavest fra december til marts. Det er forudsat, at fugttilførslen indendørs medfører et vanddampindhold, som om vinteren er 3 g pr m³ højere inde end ude. I sommermånederne er der ikke regnet med fugttilskud, fordi der luftes mere ud end i resten af året. Indetemperaturer er regnet til 23°C i juli og august, 22°C i juni og september og 20°C resten af året.



Figur 6: Typisk variation af den relative luftfugtighed ude og inde gennem året (SBI anvistning 224)

Ved en maksimal relativ fugtighed på 50% og indetemperatur på 20°C kan indeluften indeholde 7 g vand pr m³ luft. Udeluften kan ved 0°C og relativ fugtighed på 90% indeholde 3,5 g vand pr m³ luft, se bilag 10.1. Udeluften kan fjerne 3,5 g vand for hver m³ indeluft, der udskiftes med udeluft.

I en typisk bolig med 2 voksne og 2 børn, er der en fugttilførsel på 10 liter vand i døgnet. For at fjerne dette, skal der ventileres 0,3 gange i timen med ovenstående parametre. Ifølge Bygningsreglementet, skal der ventileres med 60 l/s hvilket svarer til 0,5 gange i timen for dette hus.

Det antages at 4 sovende personer i soveværelset har en fugtafgivelse på 4 g/h. Det ønskes at holde en maksimal relativ fugtighed på 50% ved en indetemperatur på 18°C. Indeluften kan ved disse parametre indeholde 6,5 g vand pr m³ luft. Ved samme udeluftparametre som forrige eksempel giver dette et luftskifte på 0,5 h⁻¹. I forhold til CO₂ afgivelse fra 4 sovende personer (2 voksne og 2 børn) skal der ventilres med 20 l/s. Dette svarer til 2 gange i timen for soveværelset i dette hus.

3.4.4. Ventilation uden for brugstid

Ved at drosle ventilationen ned til 0,1 l/s pr. opvarmet etageareal uden for brugstiden kan der spares betydeligt på luftstrømmen. Uden for brugstiden er fugtproduktionen i huset minimal og luftstrømmen kan derfor reduceres fra 0,3 l/s til 0,1 l/s pr. opvarmet etageareal [7].

Luftstrømmen vil i dette tilfælde reduceres fra 60 l/s til 20 l/s. Da der ingen aktivitet er i huset fordeles luftstrømmen arealmæssigt som vist i Figur 7.



Figur 7: Eksempel på arealfordelt ventilation med 0,1 l/s pr. opvarmet etageareal. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

3.4.5. Valg af kanalstørrelse

Af de eksemplerne kan det ses at den største luftstrøm i en kanal er 12 l/s. Lufthastigheden i kanalen er afhængig af diameteren. Lufthastigheden i en semifleksibel kanal (LFPE fra Lindab) med enten 12 eller 10 l/s samt tre forskellige diametre er vist i tabel 1.

Tabel 1: Lufthastighed i tre kanaler med Ø 63, 76, og 100 mm og en luftstrøm på 12 l/s eller 10 l/s

	q_v [l/s]	v [m/s]	q_v [l/s]	v [m/s]
Ø63	12	3,8	10	3,2
Ø76	12	2,6	10	2,2
Ø100	12	1,5	10	1,3

Ved at føre Ø76 flex-kanaler i huset vil lufthastigheden i kanalerne under spidsbelastningen være under 3,0 m/s og der vil ikke opstå støjgener i forhold til for høje lufthastigheder.

3.5. Tryktab

For ventilationsanlæg der forsyner en bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport (SEL) ikke overstige 900 J/m³ udeluft.

SEL beregnes som:

$$SEL = \frac{(P_i + P_u)}{q_v}$$

Hvor:

- SEL er det specifikke elforbrug til lufttransport [J/m³]
- P_i er den målte effekt på indblæsningssiden [W]
- P_u er den målte effekt på udsugningssiden [W]
- q_v er den maksimale luftstrøm af indblæsning og udsugningsstrømmen [m³/s]

Den målte effekt er blandt andet afhængig af aggregatets virkningsgrad og det samlede tryktab.

$$P = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot \tau}{\eta_t}$$

Hvor:

- P er den beregnede effekt [Wh]
- q_v er luftstrømmen [m³/s]
- Δp den totale trykstigning [Pa]
- T er driftstid [timer]
- η_t er den totale virkningsgrad af aggregatet [-]

Det er derfor vigtigt at holde tryktabet for aggregat, manifold, kanalføring og armaturer så lavt som muligt.

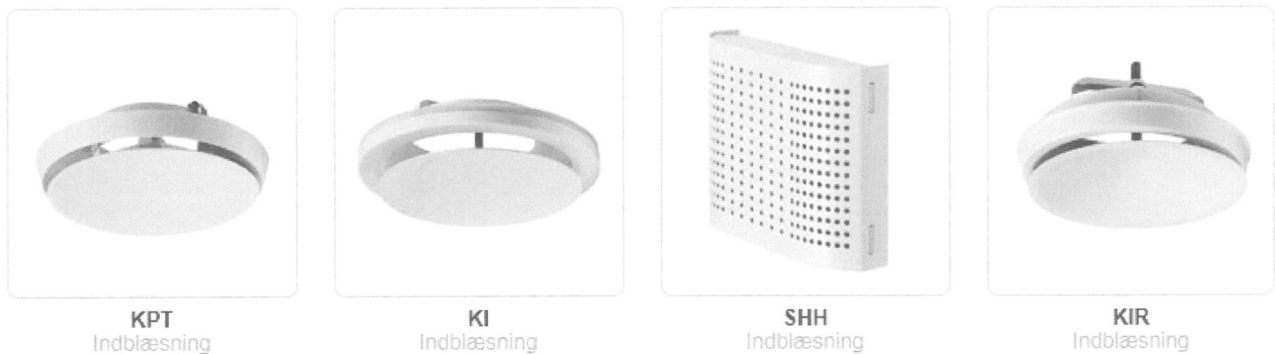
Virkningsgraden for varmeveksleren i aggregatet øges når arealet øges. Dette øger dog tryktabet. Ifølge Bygningsreglementet skal anlæg der forsyner en bolig, udføres med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på 85%.

I dette projekt er det en udfordring, at finde et samlet aggregat med et lavt tryktab således at SEL faktoren for hele ventilationssystemet overholdes samtidig med at virkningsgraden for varmeveksleren er tilstrækkelig.

3.6. Valg af armatur

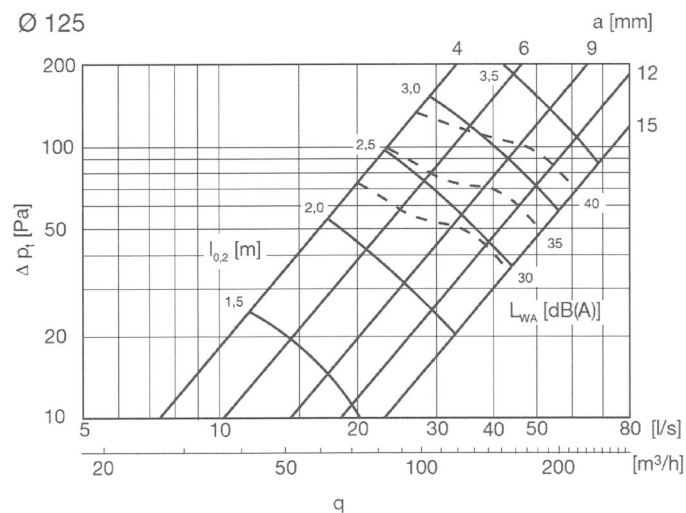
Ved valg af armatur er det også her vigtigt at tage tryktabet i betragtning. Armaturet skal vælges med en udformning således at, luften ikke dumper ned i opholdszonen, når kølig luft indblæses. Derudover skal der tages hensyn til at kastelængden er hensigtsmæssig i forhold til træk i opholdszonen.

I Lindabs sortiment findes forskellige typer af indblæsningsarmaturer.



Figur 8: Armaturer til indblæsning fra Lindab

Tryktabet er blandt andet afhængigt af a-målets åbning eller perforeringsarealet og aggregatet til den dimensionerende kanalstrækning bør have det største åbnings- eller perforeringsareal.



Figur 9: Eksempel på diagram over tryktab, kastelængde og lydniveau i forhold til luftstrøm og a-mål for et KIR indblæsningsarmatur Ø125

Den dimensionerende luftstrøm er 12 l/s. I dette tilfælde vil det give et tryktab på under 10 Pa, så længe a-målet er større end omtrent 9 mm.

4. Simpel behovsstyring

4.1. Normal

Ved normalt brug er luftbehovet ligeligt fordelt over hele huset. Den ene kanal til soveværelset lukkes med et spjæld.

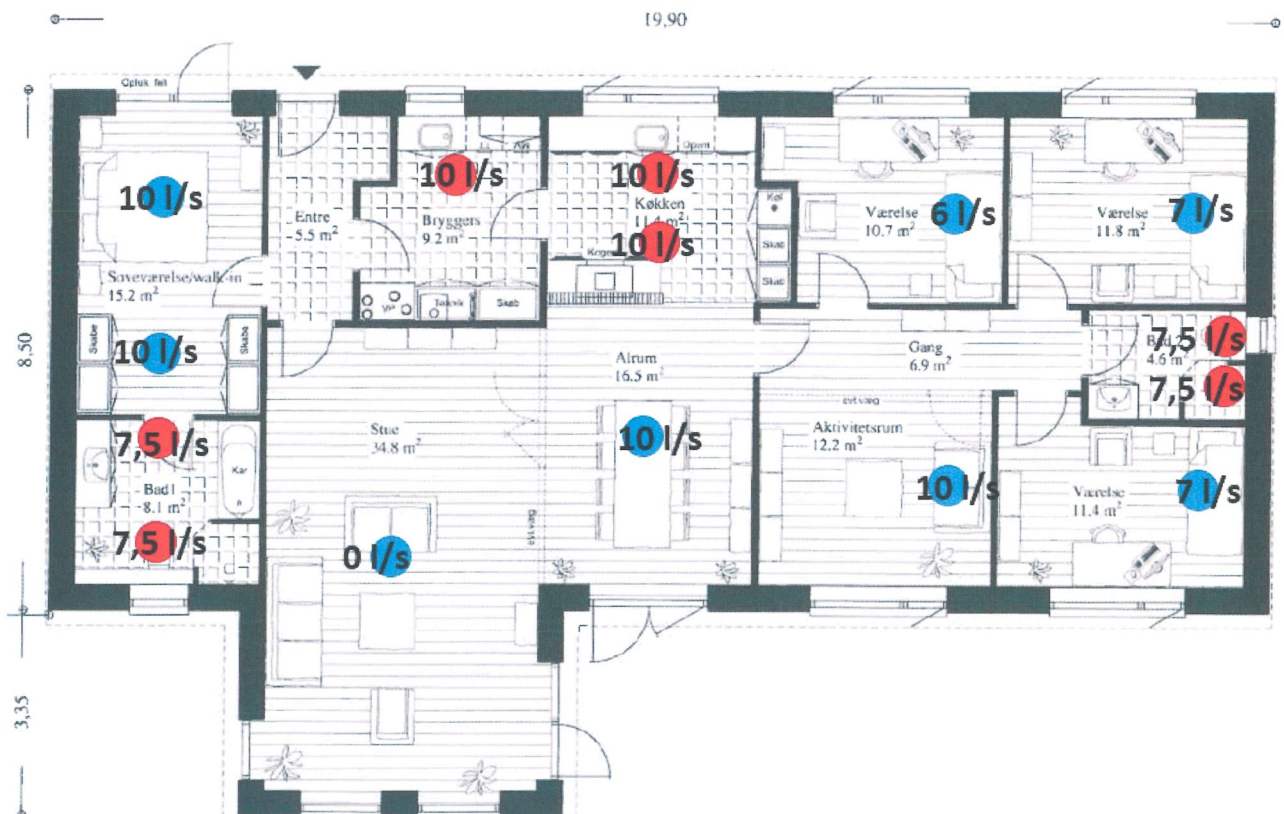
Den normale styring er valgt til at følge Bygningsreglementet krav på $0,3 \text{ l/s}$ pr m^2 med en arealfordeling i opholdsrummene uden udsugning. Dog balanceres indblæsningsluften til stue/alrum med 12 l/s i hvert indblæsningsaggregat for at undgå høje lufthastigheder i kanalerne, jævnfør eventuelt med figur 3.



Figur 10: Arealfordelt ventilation med $0,3 \text{ l/s}$ pr. opvarmet etageareal i forhold til styringen 'Normal'. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

4.2. Nat

Det er valgt at behovsstyre efter CO₂ niveauet i soveværelset. Om natten er der ikke behov for en stor luftmængde til stuen og kanalen til stuen spærres samtidig med at begge kanaler til soveværelset åbnes.



Figur 11: Ventilation i forhold til CO₂ i forældrenes soveværelse hvor kanalen til stuen spærres. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markerin-gerne er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

Ved denne styring kan der opretholdes et tilfredsstillende indeklima, hvor den maksimale CO₂ koncentration ikke overstiger 1000 ppm i soveværelserne. Selv hvis 2 forældre og 2 børn sover sammen i forældrenes soveværelse, vil CO₂ koncentrationen være under 1000 ppm.

4.3. Ingen hjemme

Styringen 'Normal' drosles ned til et minimum svarende til 0,1 l/s pr opvarmet areal. Dette svarer til en ventilation på 19 l/s.



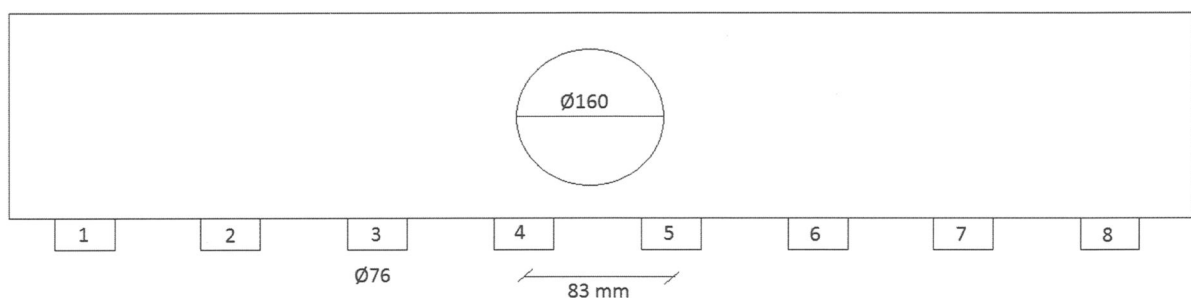
Figur 12: Arealfordelt ventilation med 0,1 l/s pr. opvarmet etageareal i forhold til styringen 'Normal'. Indblæsning er markeret med blå. Udsugning er markeret med rød. Markeringsene er ikke placeret hvor armaturerne skal sidde

Når der ikke er nogen til stede i huset, vil produktionen af fugt og andre kilder til forurening af indeklimaet være minimal. Med et henblik på energien, vil det være en fordel at kunne drosle ventilationen ned til et minimum.

5. Tryktabsberegning

Inden test af manifold er der lavet nogle simplificerede tryktabsberegninger af manifolden. Manifolden er bygget op med 8 kanaler til indblæsning en side samt indblæsning fra aggregat i midten af bunden.

Kanalerne til indblæsning har dimensionen 76 mm og kanalen fra aggregat til midten af bunden har dimensionen 160 mm. Fra centrum til centrum af Ø76 kanalerne er der en afstand på 83 mm.



Figur 13: Illustration af manifold med udgang til 8 kanaler

- Kanal 1 + 2 fordeler luft til soveværelse
- Kanal 3 fordeler luft til stue
- Kanal 4 fordeler luft til alrum/gang
- Kanal 5 fordeler luft til aktivitetsrum
- Kanal 6 fordeler luft til værelse
- Kanal 7 fordeler luft til værelse
- Kanal 8 fordeler luft til værelse

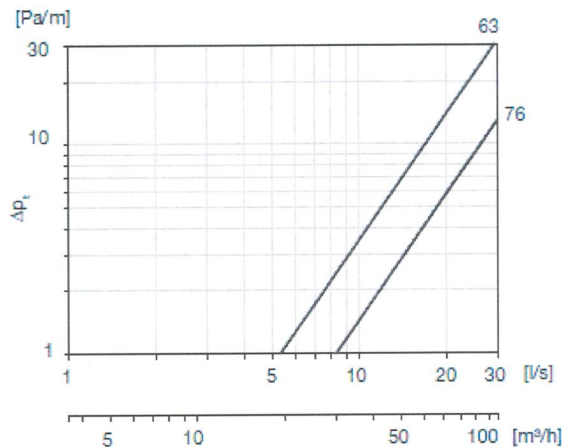
Tabel 2: Fordeling af luft til rum med de tre forskellige styringsstrategier

Kanal	[no.]	1	2	3	4	5	6	7	8
Længde	[m]	6	5	2	3	6	9	9	7
Ingen styring Fordeling af luft uden spjæld	[l/s]	7	7	11	9	7	6	6	7
'Nat styringsstrategi' Lukker kanal 3 af til stuen	[l/s]	9	9	0	12	8	7	7	8
'Normal styringsstrategi' Lukker kanal 2 af til soveværelse	[l/s]	8	0	13	10	8	7	7	8

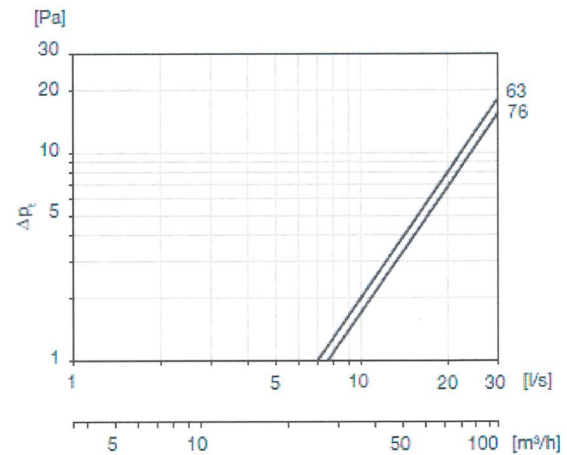
Ved denne styring er lufthastigheden i kanalerne maksimal 2,9 m/s. Dette overholder kravet til lufthastighed i tilslutningskanaler.

Det maksimale dimensionerende tryktab for indblæsningsmanifolden er 11 Pa. Dette er dog med lige kanaler. Det må forventes at tryktabet stiger, når manifolden opføres i huset. For at holde tryktabet så lavt som muligt, skal kanalerne føres med bløde bøjninger.

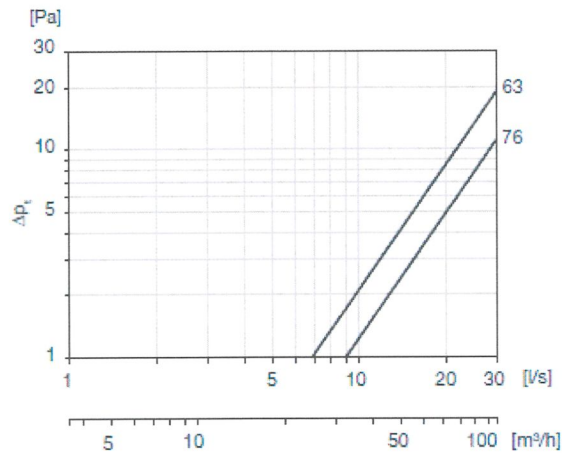
Straight



Bend 45° (length 0,5 m)



Bend 90° (length 0,5 m)



Figur 14: Tryktab i forhold til luftstrøm i LFPE kanal fra Lindab

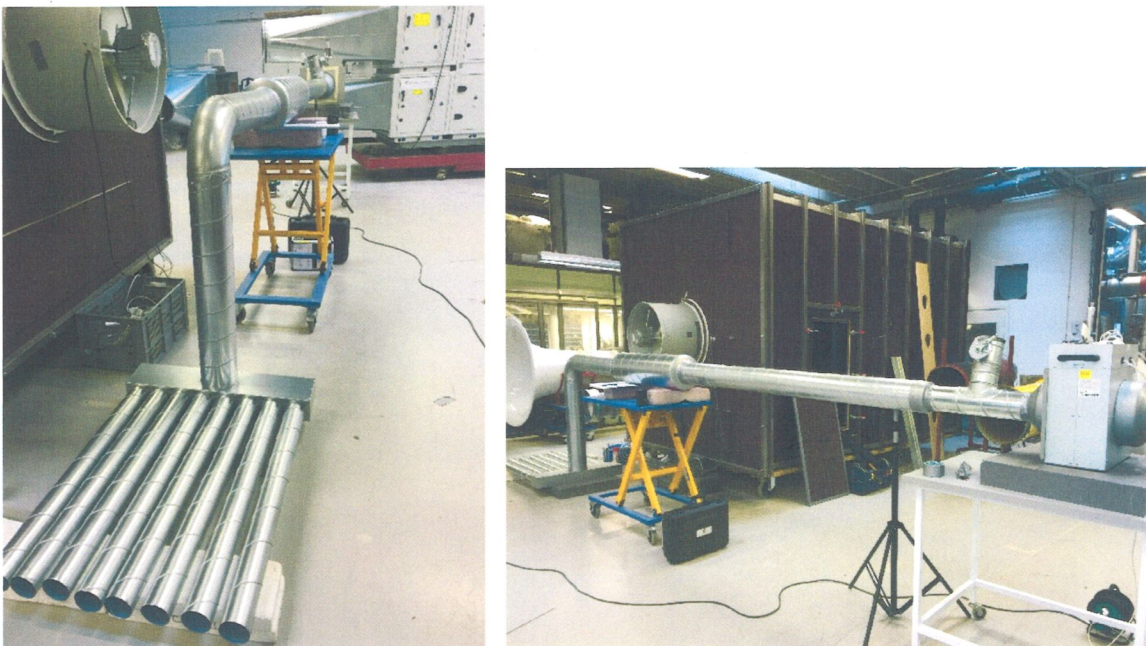
Af figur 14, kan det ses at tryktabet i de semifleksible LFPE kanaler er afhængigt af bøjningen. Så længe at den maksimale luftstrøm i kanalerne er 13 l/s eller mindre, er tryktabet forholdsvis lavt.

6. Test af manifold

6.1. Forsøgsopstilling

Af figur 15 kan forsøgsopstillingen ses. Manifolden er tilsluttet 1m Ø160 kanal, derefter en Ø160 90 grader bøjning, 0,85m Ø160 kanal, derefter en SLU 50 Ø160/900mm lyd-dæmper, 2m Ø160 kanal og til sidst en ventilator.

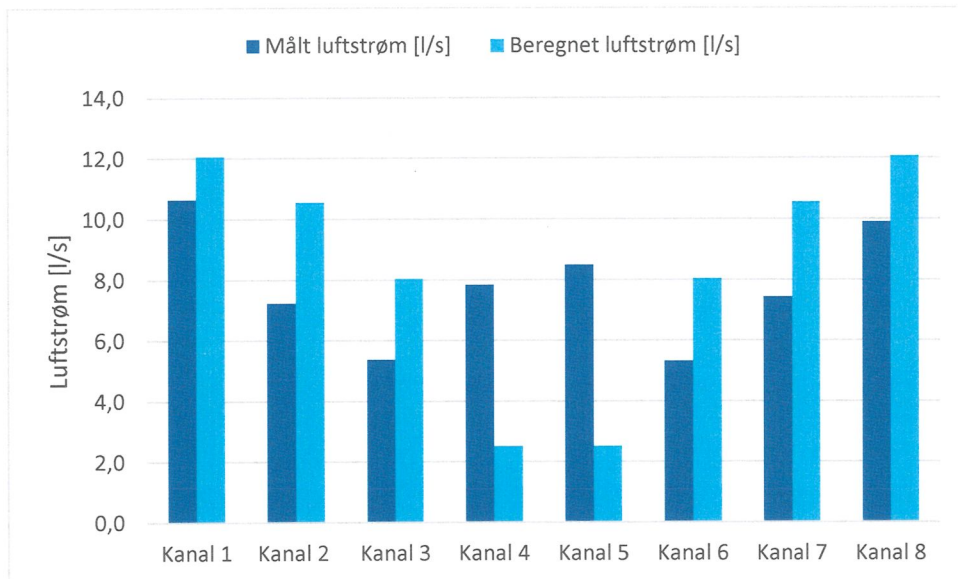
På hver af de 8 stutse er der tilsluttet en 1 meter lang Ø80 spiralvalset standardkanal. Der måles tryk og flow i midten af hver af de 8 kanaler.



Figur 15: Manifold med tilsluttet ventilator samt 8 kanaler Ø80

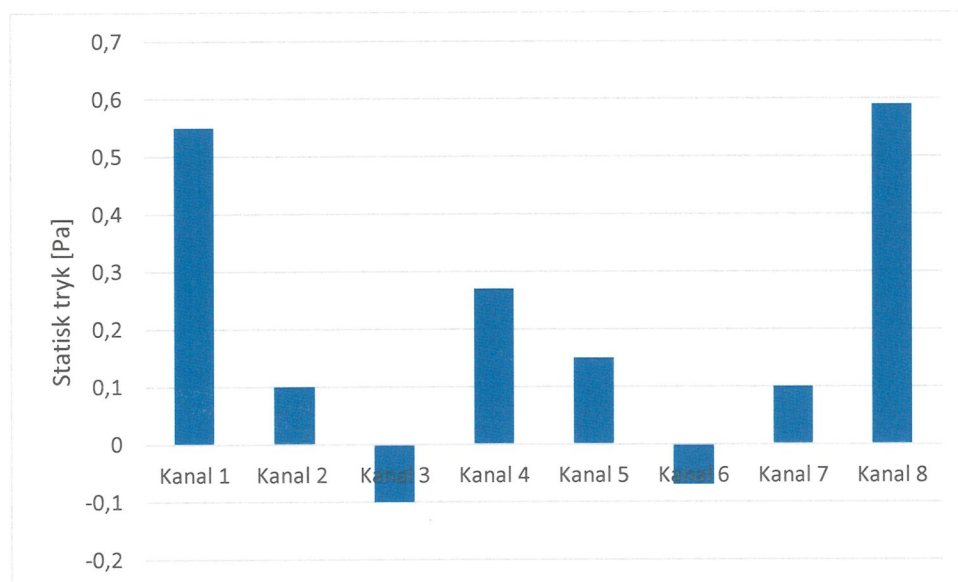
6.1.1. Tryk –og luftfordeling i manifold uden spjæld

Manifolden opstilles i TI laboratorie for at undersøge fordelingen af luften samt trykket i de 8 indblæsningskanaler. Der indblæses en luftstrøm svarende til 60l/s.



Figur 16: Luftstrømsfordeling i de 8 kanaler med en total luftstrøm på 60 l/s

Den målte fordeling og den beregnede fordeling af luftstrømmen er ikke helt ens, se figur 16. Ifølge målingerne kommer der mindst luft ud ad kanal 3 og kanal 6 (mørkeblå søjler) hvorimod der ifølge beregninger kommer mindst luft ud ad kanal 4 og kanal 5 (lyseblå søjler).

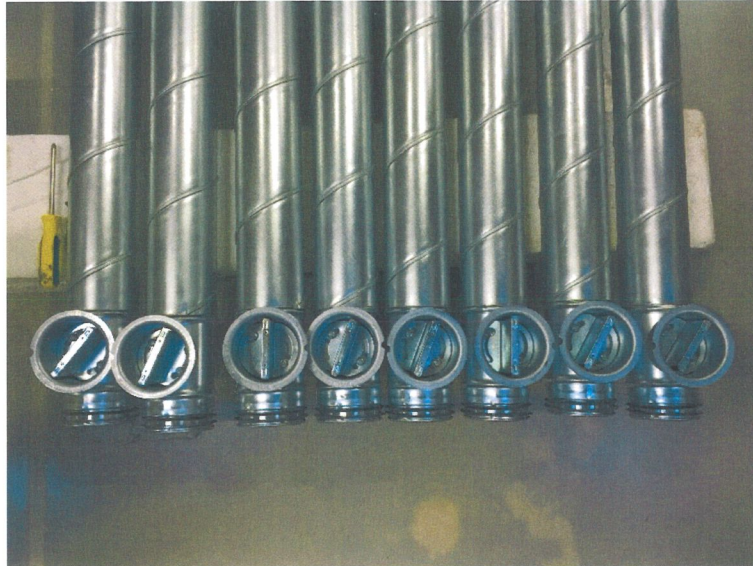


Figur 17: Statisk tryk i de 8 kanaler

Af figur 17 kan det statiske tryk i de 8 indblæsningskanaler ses. I kanal 3 og kanal 6 opstår der et negativt statisk tryk. Dette skyldes at trykket i kanal 1 og kanal 8 er så relativt stort i forhold til trykket i kanal 3 og kanal 4, at der bliver suget luft fra de to kanaler. Dog er det dynamiske tryk, så stort at der ikke er modsatrettet luftstrømning – dette blev tjekket med røgpinde.

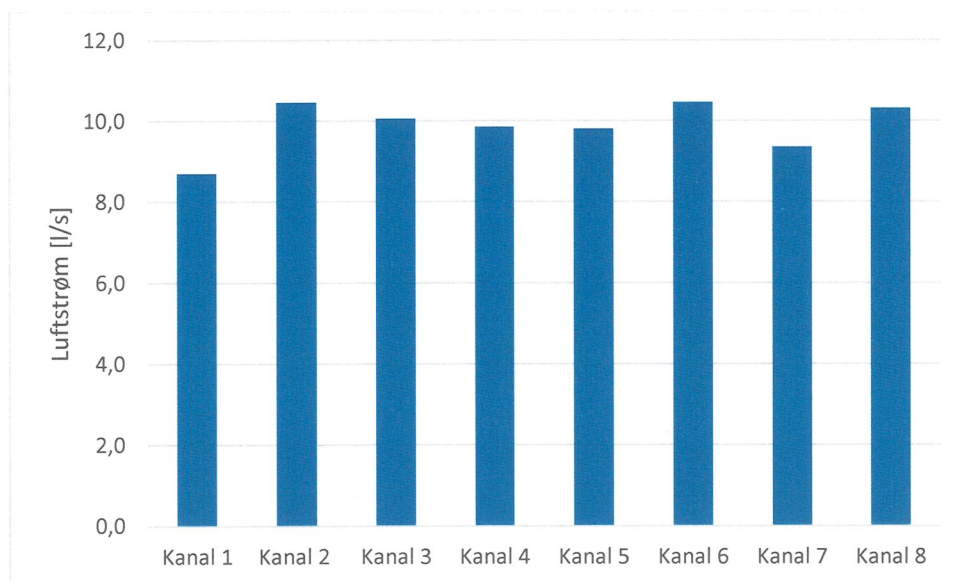
6.1.2. Tryktab over manifold med jævn fordeling af luftstrømmen

Det søges at ramme den samme luftstrøm i hver af indblæsningskanalerne. I dette tilfælde er det 2 m/s (10 l/s i hver af kanalerne).



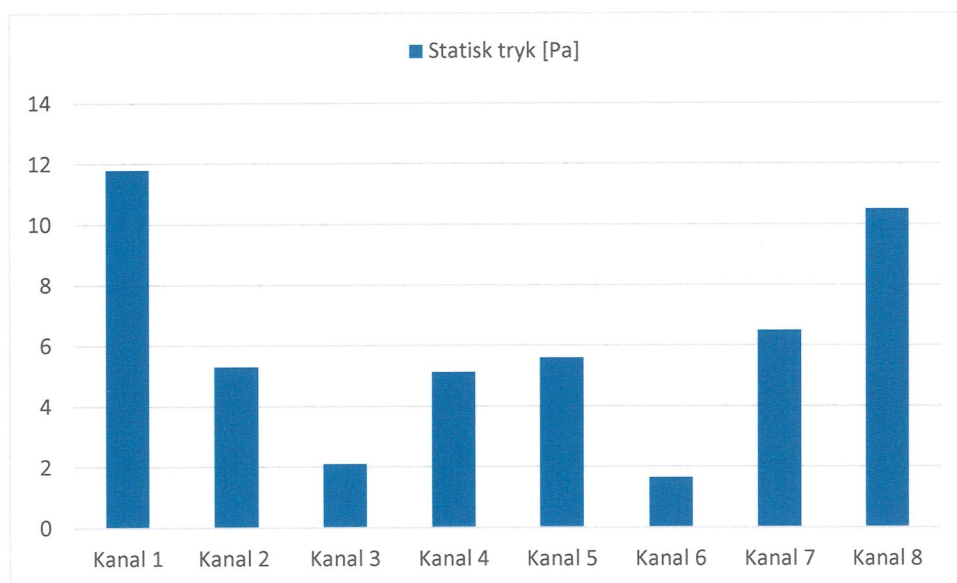
Figur 18: Spjældindstilling for opstilling med 2 m/s i hver af kanalerne

Af det første forsøg blev det fundet at det statiske tryk i kanal 3 og kanal 6 var negativt. Ved jævn fordeling af luftstrømmen er spjældene i disse to kanaler holdt helt åbne, se figur 18. Dette er de to stutse der er 'svagest' og det anbefales at de korteste kanaler tilsluttes disse.



Figur 19: Luftfordeling i de 8 kanaler

Luftstrømmene i de 8 kanaler varierer fra ca. 9 l/s til 10,5 l/s, hvilket er acceptabelt for disse målinger.



Figur 20: Statisk tryk i de 8 kanaler

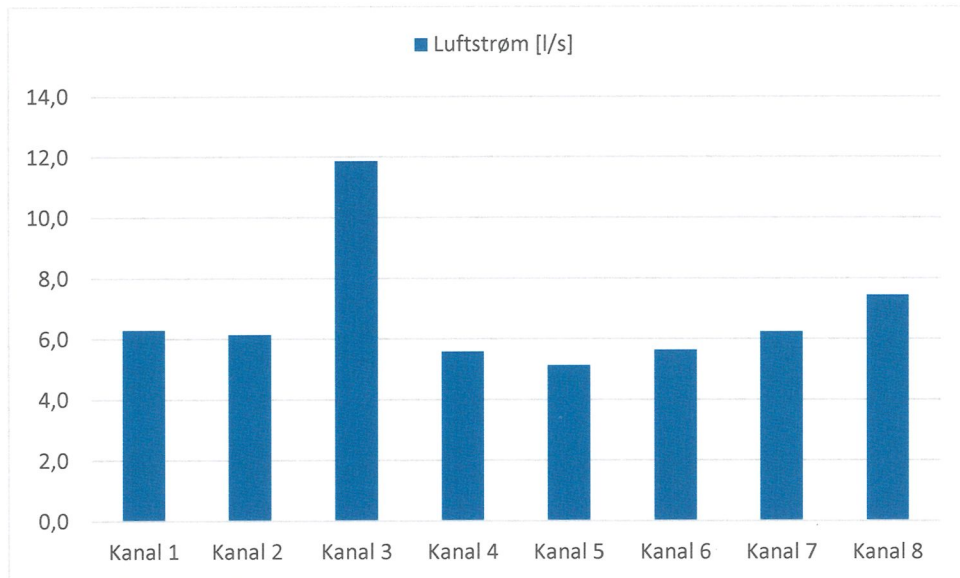
Det statiske tryk i de 8 indblæsningskanaler kan ses i figur 20. Trykfordelingen har samme tendens som ved forsøget uden spjæld, jf. figur 17.

I Ø160 indblæsningskanalen blev det statiske tryk målt til 10 Pa.

6.1.3. Tryktab over manifold med 15 m lang flexslange

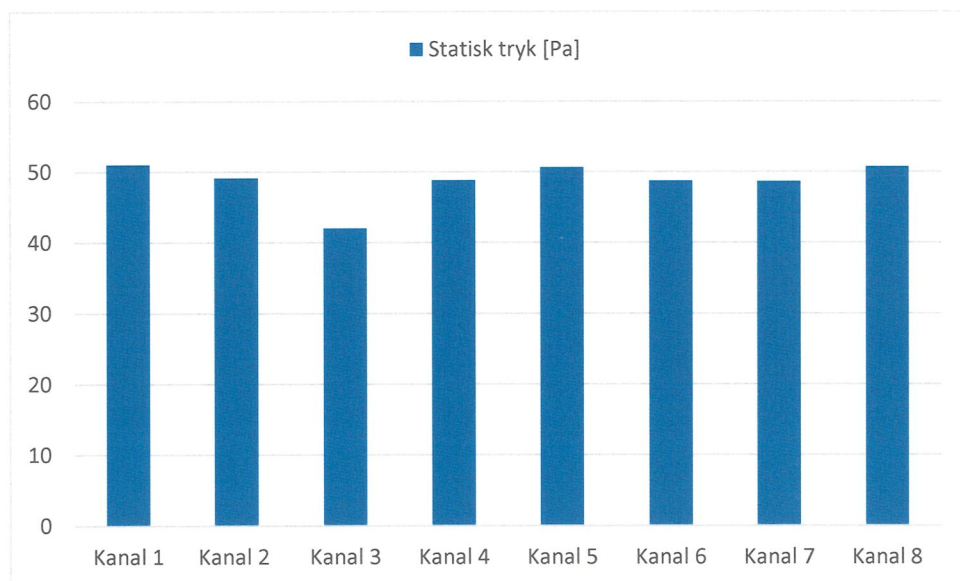
Af det første forsøg blev det fundet, at der kommer mindst luft ud ad kanal 3 og 6. Der tilsluttes 15 m lang flexslange på kanal 3, for at undersøge det absolut største tryktab der kan være over manifold, lyddæmper og kanal til det fjerneste værelse i typehuset fra Lind & Risør.

I de øvrige kanaler tilsluttes der spjæld. Spjældene indstilles således at luftstrømmen i kanal 3 svarer til 12 l/s.



Figur 21: Luftstrøm i kanalerne

Af figur 22 kan det ses at luftstrømmen i kanal 3 er justeret til 12 l/s. I de resterende kanaler er luftstrømmen i omegnen af 6-7 l/s.



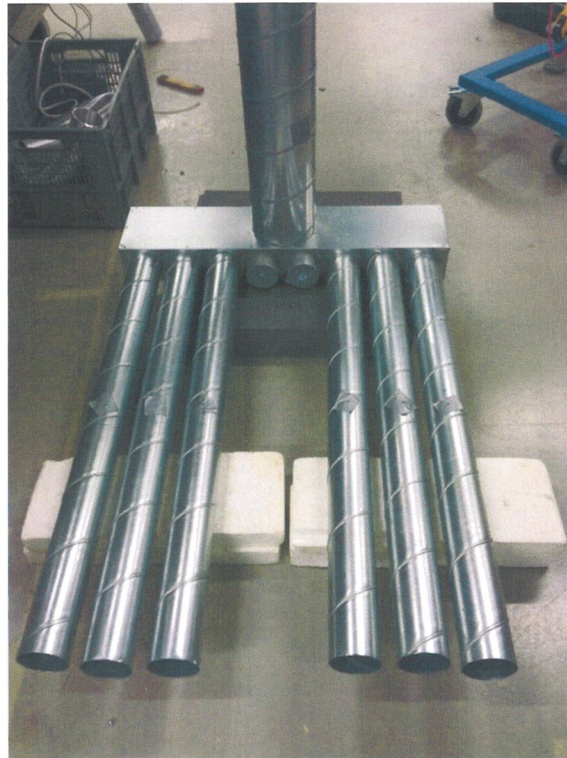
Figur 22: Tryktab i kanalerne

Det projekterende statiske tryktab for manifold, lyddæmper og kanal på 15 meter med luftstrøm på 12 l/s er ca. 50 Pa.

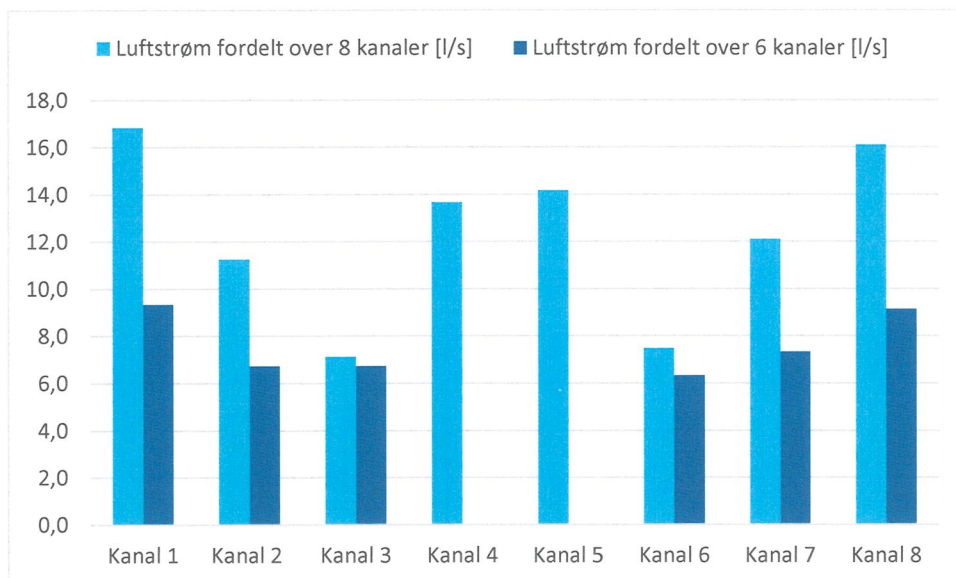
OBS: Det anbefales dog at de længste kanaler tilsluttes stutsene 1 og 8, da disse har det største flow og dermed skal der bruges mindre tryk til at opretholde nominelle luftstrømme.

6.1.4. Spærres de to midterste kanaler i manifolden

Det undersøges om luftfordelingen vil være bedre hvis de to midterste kanaler i manifolden spærres af. Luftstrømmen reduceres fra 60 l/s til 45 l/s.

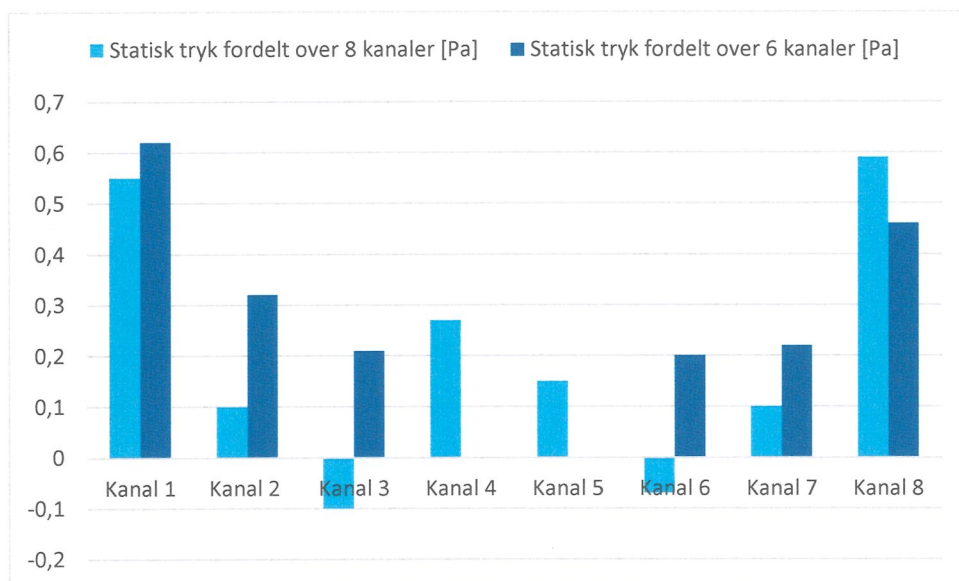


Figur 23: Manifold med de to midterste kanaler spærret



Figur 24: Fordeling af luftstrøm. De lyseblå søjler er for 8 kanaler. De mørkeblå søjler er for 6 kanaler

Af figur 24 kan det ses at luftfordelingen for manifolden med de to midterste kanaler spærret er mere jævn end luftfordelingen i manifolden med 8 kanaler.



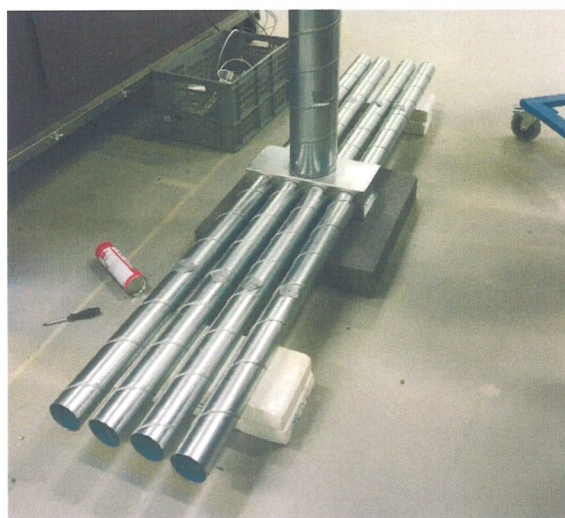
Figur 25: Fordeling af statisk tryk. De lyseblå søjler er for 8 kanaler. De mørkeblå søjler er for 6 kanaler

Forskellen mellem det mindste og det største tryk i kanalerne reduceres ved at fjerne de to midterste kanaler.

Hvis manifolden skal anvendes i Lind og Risør typehuset, skal den øges i længden, så der kan tilføjes en kanal i hver ende. Udover at gøre manifolden længere, vil tryktabet over manifolden reduceres yderligere hvis dybden øges.

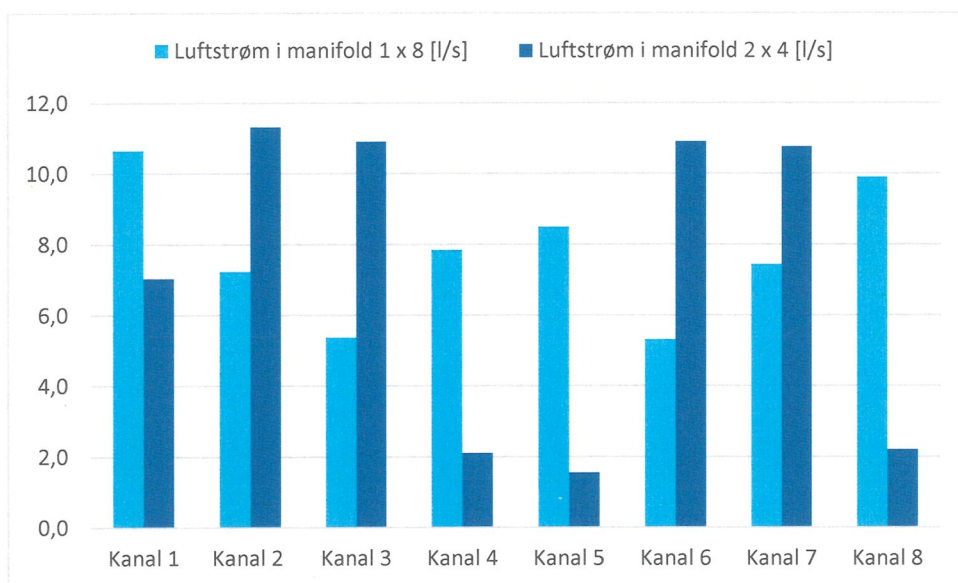
6.1.5. Manifold med kanaler på begge sider

Fordelingen af luftstrømmen og det statiske tryk undersøges for en manifold med 4 kanaler på hver langside (2 x 4).



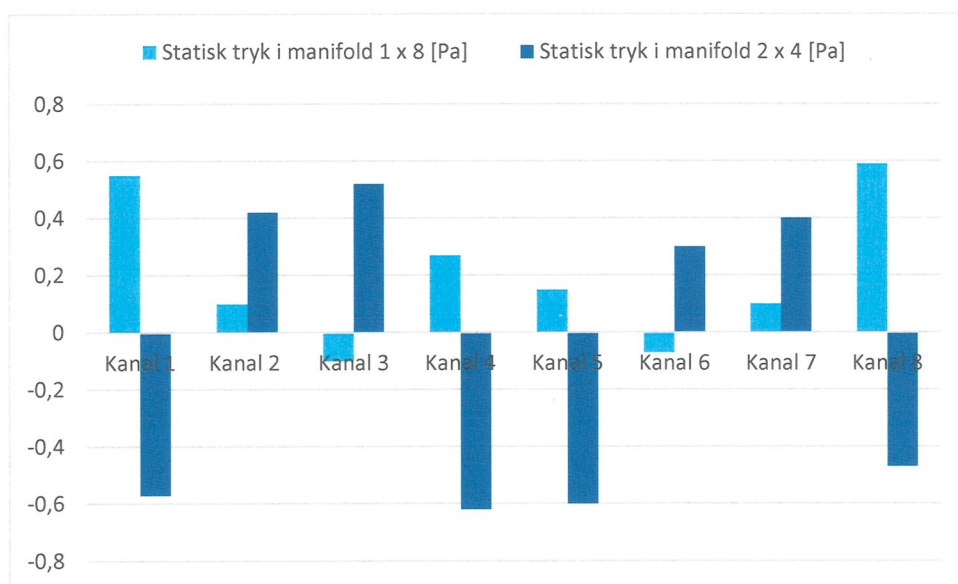
Figur 26: Manifold med kanaler på begge sider

Luftfordelingen for manifolden 2 x 4 (mørkeblå søjler) samt luftfordelingen for manifolden 1 x 8 (lyseblå søjler) kan ses i figur 27.



Figur 27: Fordeling af luftstrøm i manifold 1 x 8 (lyseblå) og 2 x 4 (mørkeblå)

Luftfordelingen for 1 x 8 manifolden er mere jævn end luftfordelingen for 2 x 4 manifolden.



Figur 28: Fordeling af statisk tryk i manifold 1 x 8 (lyseblå) og 2 x 4 (mørkeblå)

Det statiske tryk i manifolden 2 x 4 har en større variation mellem det mindste og det største tryk i forhold til manifolden 1 x 8. Det dimensionerende tryk for 2 x 4 manifolden er større end det dimensionerende tryk for 1 x 8 manifolden.

Ud fra valget mellem 2 x 4 eller 1 x 8 manifolden anbefales det at vælge 1 x 8 manifolden til indblæsning. Det vil være en fordel at øge manifolden i længden og placere de to midterste stutse i hver sin ende af manifolden.

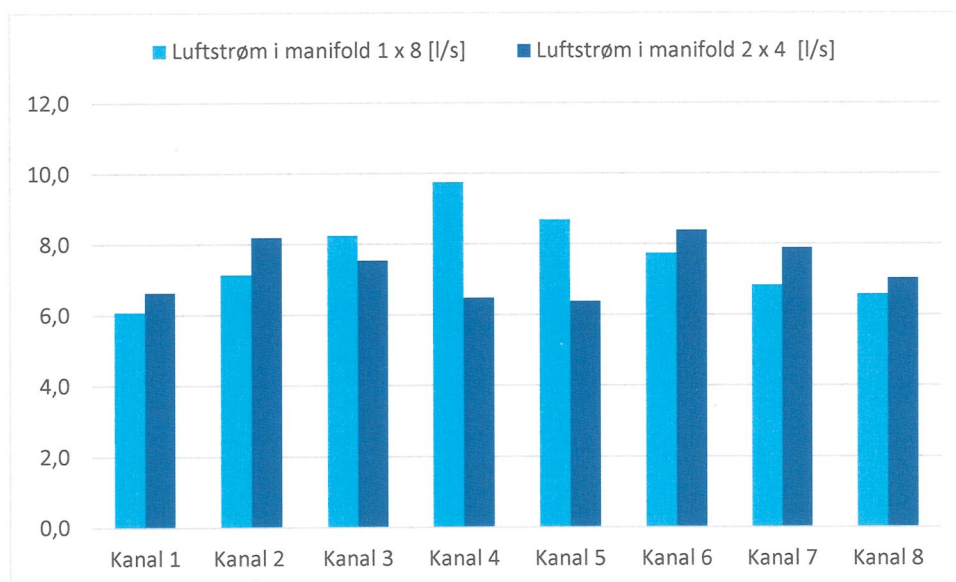
6.1.6. Udsugning med manifold

Udsugningen i Lind og Risør typehuset går også gennem en slanger tilsluttet en manifold. Manifold 1 x 8 og 2 x 4 undersøges for luft- og trykfordeling, for at se hvilken der er mest fordelagtig til udsugning.



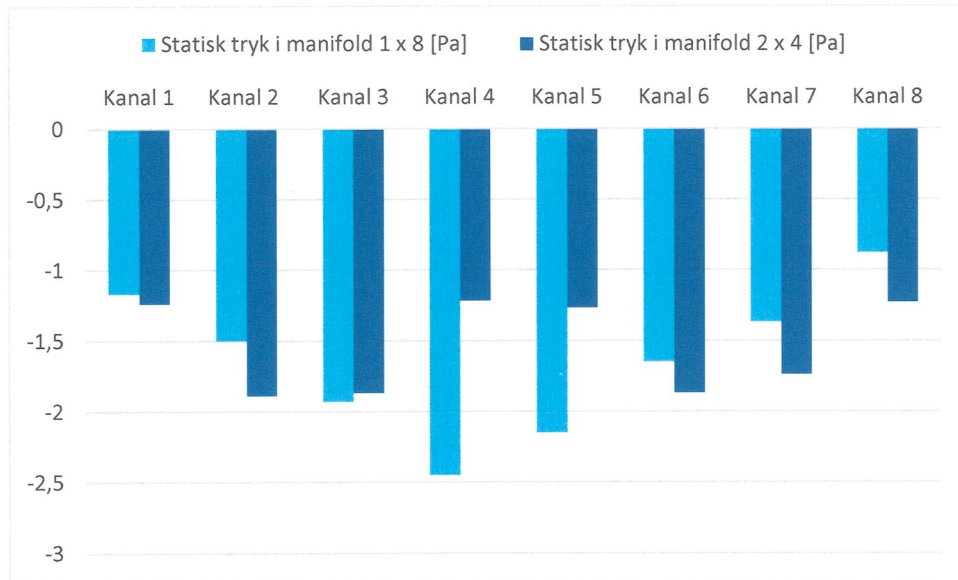
Figur 29: Manifold til udsugning. Til venstre manifold 1 x 8. Til højre manifold 2 x 4

Af figur 30 kan fordelingen af luftstrømmen i de to manifold ses. For udsugning er luftfordelingen mere jævn i 2 x 4 manifolden (mørkeblå søjler) end 1 x 8 manifolden (lyseblå søjler).



Figur 30: Fordeling af luftstrøm i manifold 1 x 8 (lyseblå) og 2 x 4 (mørkeblå)

For udsugningen har det statiske tryk i manifolden 2 x 4 har en mindre variation mellem det mindste og det største tryk i forhold til manifolden 1 x 8. Det dimensionerende tryk for 2 x 4 manifolden er mindre end det dimensionerende tryk for 1 x 8 manifolden.



Figur 31: Fordeling af statisk tryk i manifold 1 x 8 (lyseblå) og 2 x 4 (mørkeblå)

Til udsugning er 2 x 4 manifolden fordelagtig da luftfordelingen er mere jævn samt at det dimensionerende tryk er lavere end manifolden 1 x 8.

7. Sammenfatning

I denne projektdel er det blevet undersøgt hvordan en manifold til indblæsning og til udsugning skal dimensioneres i forhold til et Lind & Risør typehus.

Indeklimakravene er specificeret ud fra BR2020. Der lavet simpel behovsstyring i forhold til CO₂ i soveværelset, da dette bliver hårdt belastet i nattetimerne når hele familien sover sammen.

Fokus i denne del af projektet er på manifolden til indblæsning og udsugning. Ud fra forsøgene kan det konstateres at manifolden til indblæsning skal vælges som en 1 x 8, hvorimod manifolden til udsugning skal vælges som en 2 x 4. Dette er valgt ud fra et tryk -og luftstrømningsperspektiv.

Ved at vælge de to forskellige typer manifold til hhv. indblæsning og udsugning er luftstrømmen fra stutsene relativt jævne. Indreguleringen bliver på denne måde simple i forhold til hvis der er en stor variation i luftstrømmen.

Det dimensionerende tryktab for manifolden 1 x 8 til indblæsning blev fundet til at være omtrent 50 Pa. For ventilationsanlæg der forsyner en bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport (SEL) ikke overstige 900 J/m³ udeluft. Dette sætter krav til at aggregatet til luftforsyning og varmegenvinding har et lavt tryktab og en høj virkningsgrad.

8. Test af manifold med forbedring

Med erfaring fra tidligere forsøger, er der lavet et forbedret version af både 2x4 og 1x8 manifold, og der foretages forsøger af dette. Formålet ved forsøger er, at finde den bedst tilpas manifold både ved luftfordeling og tryk tabe.

9. Referencer

[1] <http://www.detgodeindeklima.dk/?p=429>

[2] http://www.indeklimaportalen.dk/Indeklima/Luftkvalitet/Toer_luft.aspx

[3] <http://www.biokemi.org/biozoom/issues/512/articles/2262>

[4] <http://www.boverket.se/sv/>

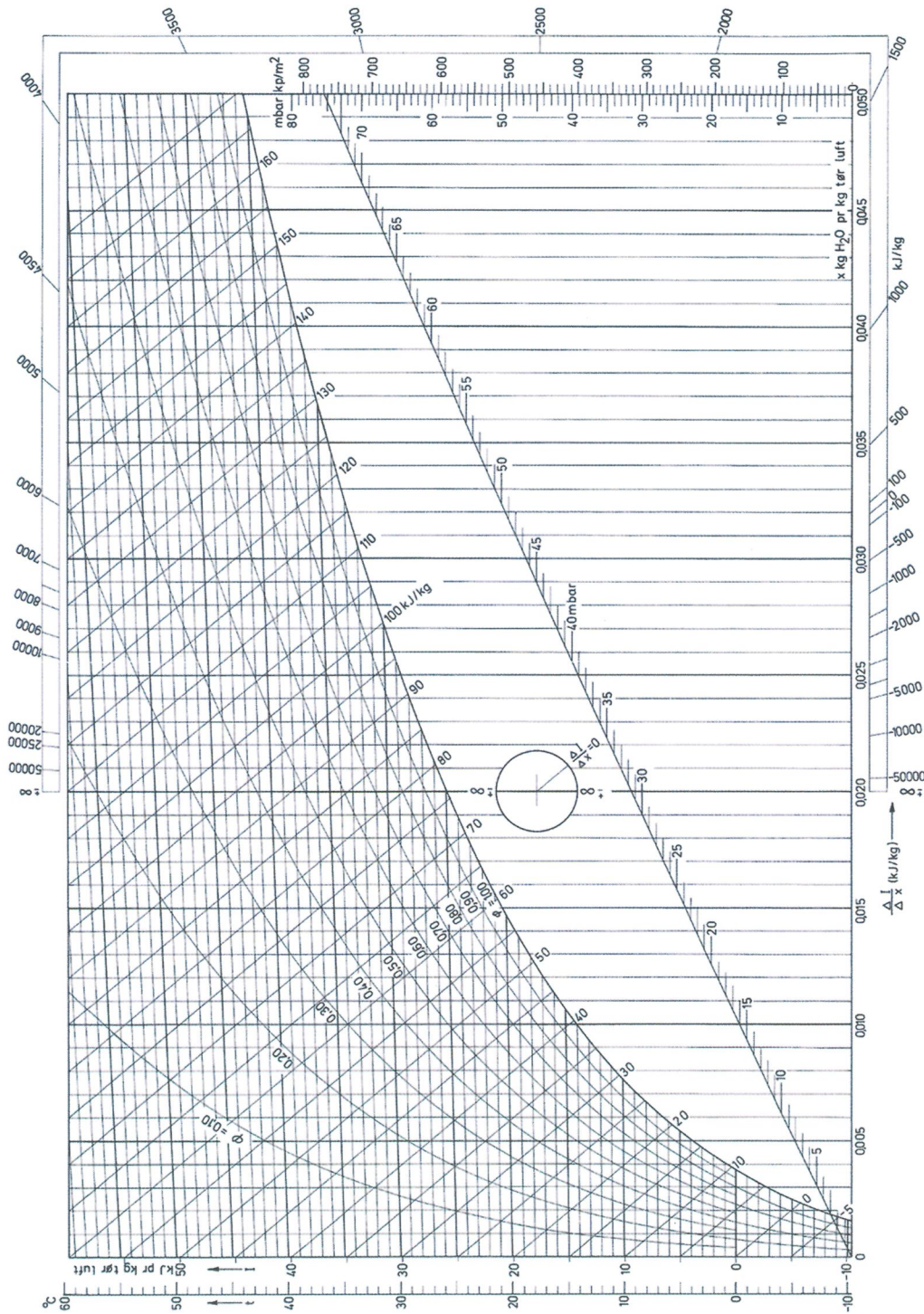
[5] HVAC magasinet 10, 2014. Bryd reglerne og få bedre ventilation. Søren Pedersen, Passivhus.dk

[6] HVAC magasinet 10, 2014. Luftkvalitet og søvn. Peter Strøm Tejsen, Center for Indeklima og Energi, DTU

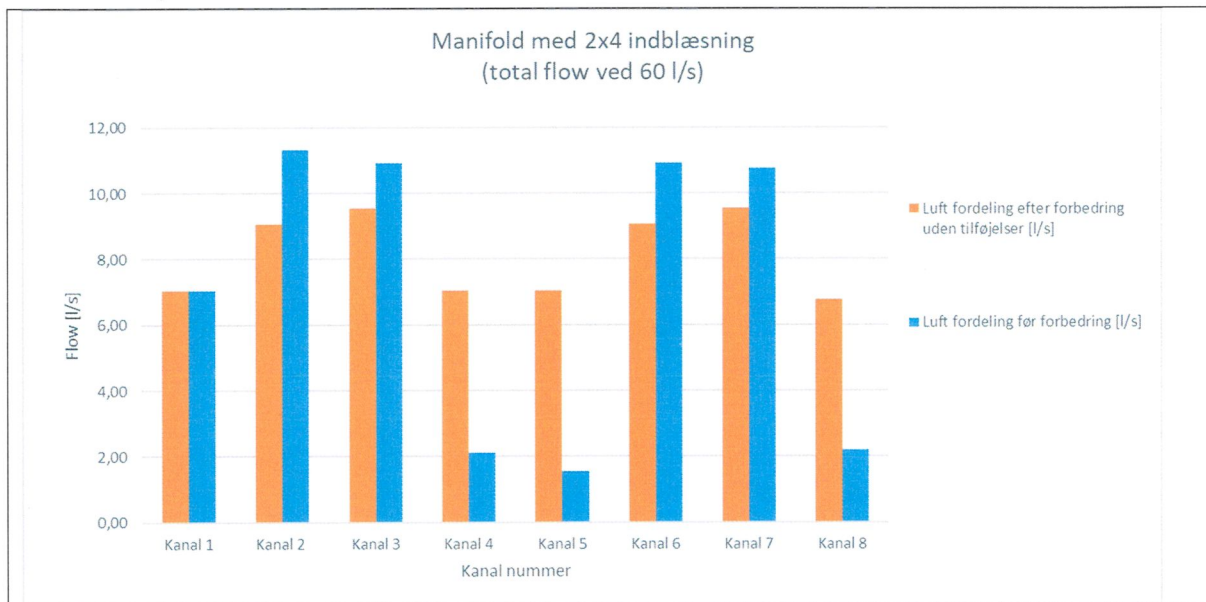
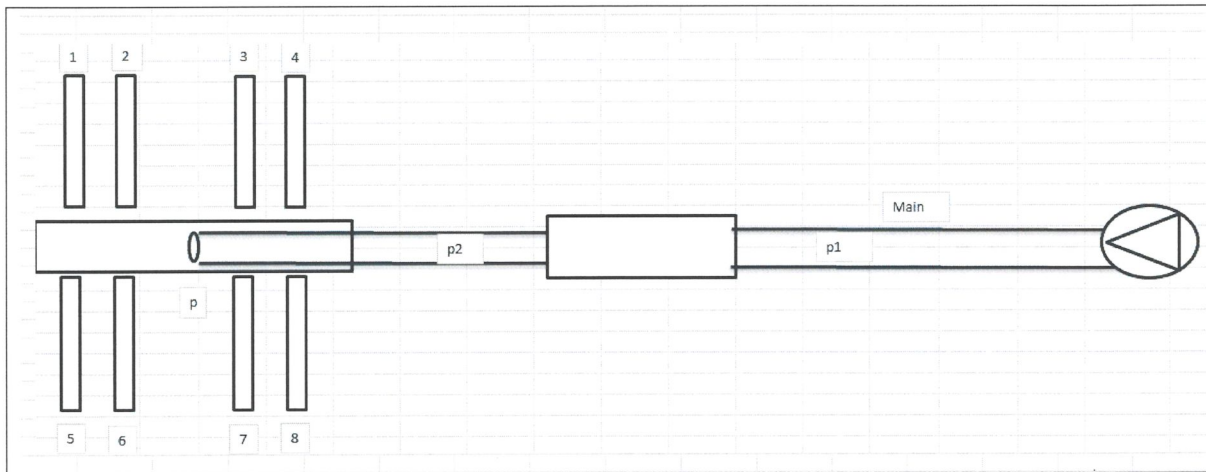
[7] Behovsstyret ventilation til enfamiliehuse, Toke Rammer Nielsen et al., Institut for Byggeri og Anlæg, Rapport 2009

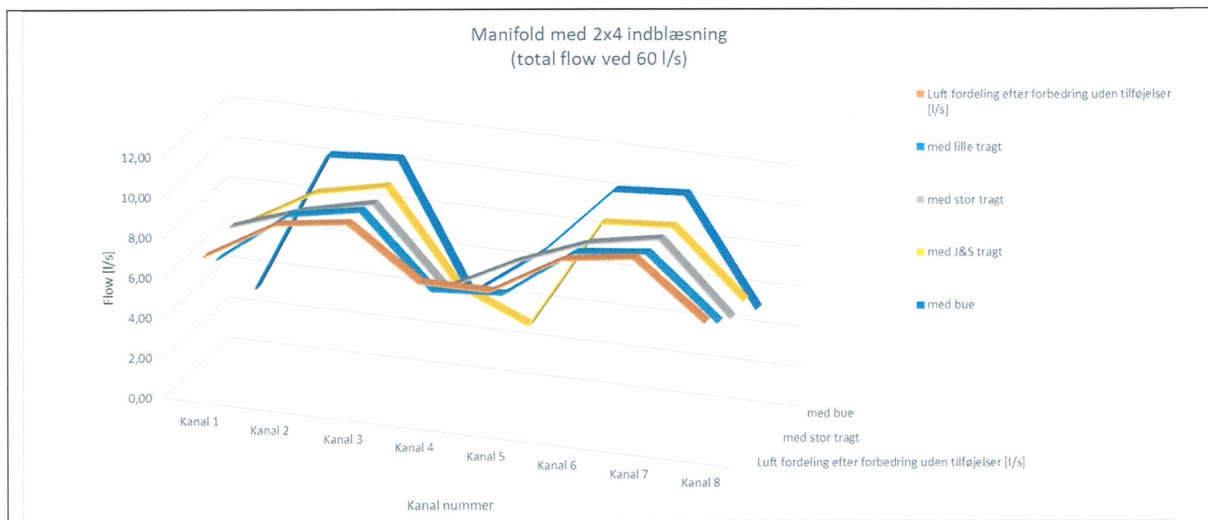
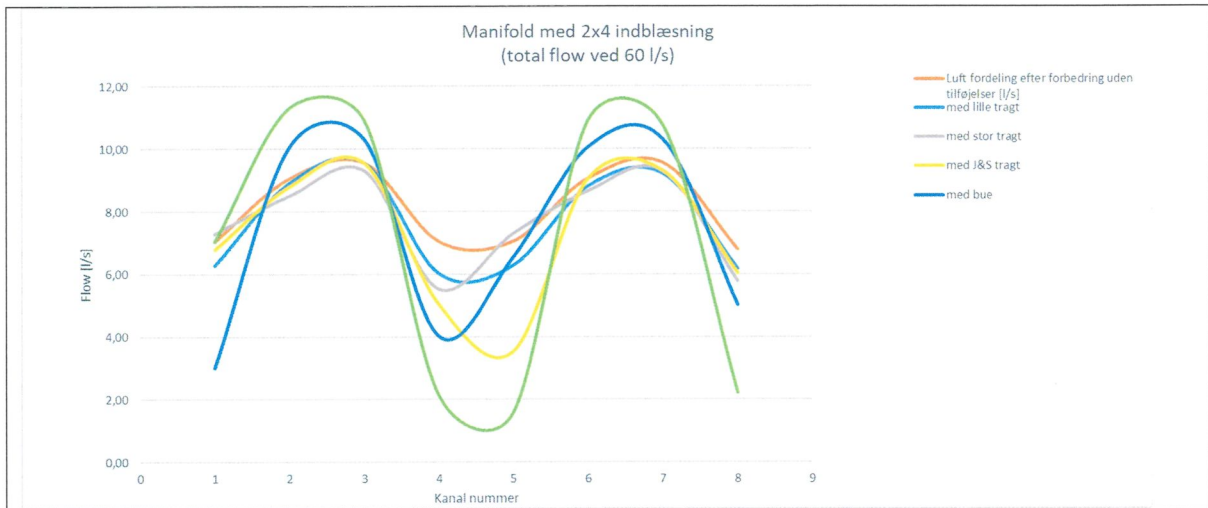
10. Bilag

10.1. iX diagram

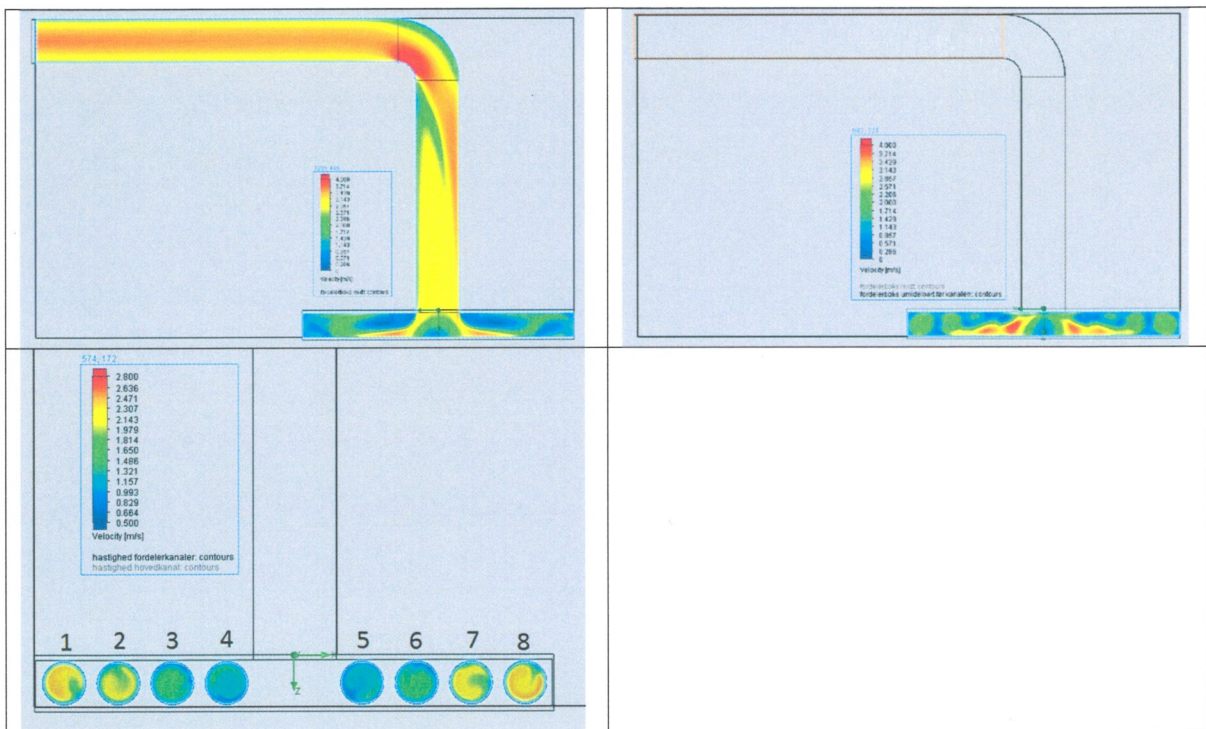
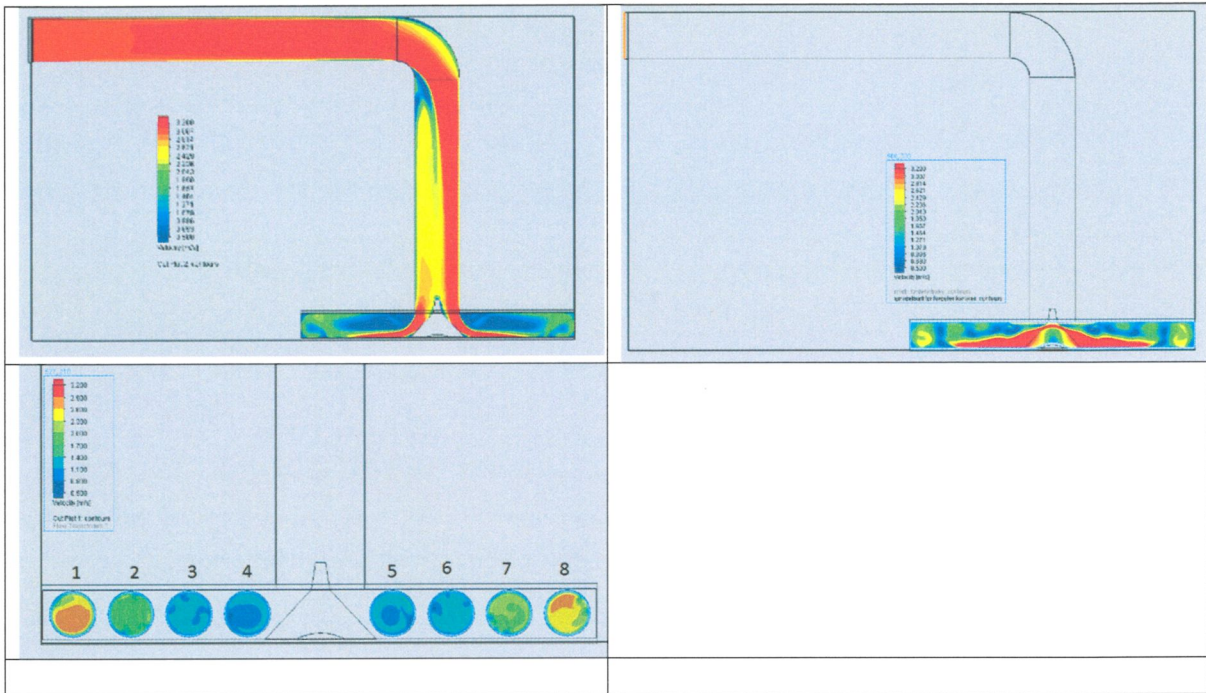


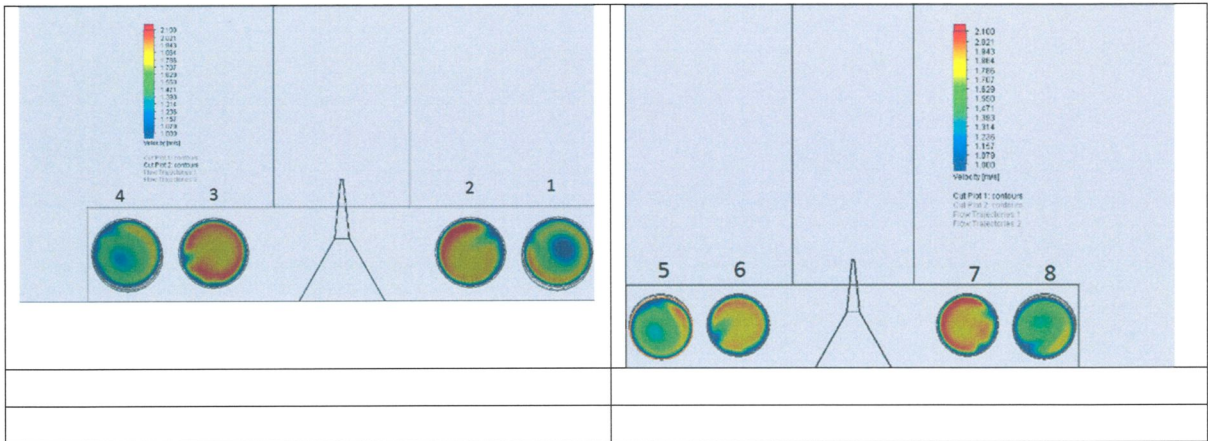
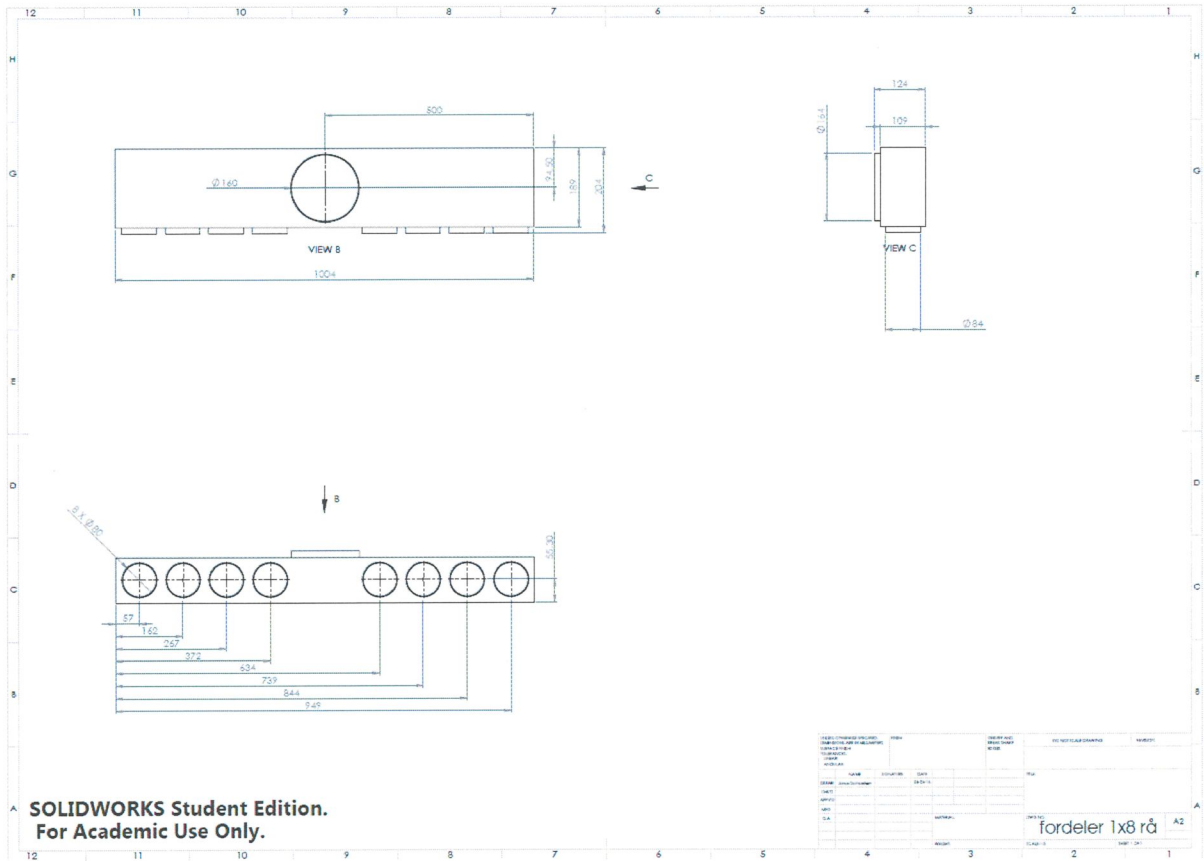
Manifold – Udjævning af luftfordelingsprofiler

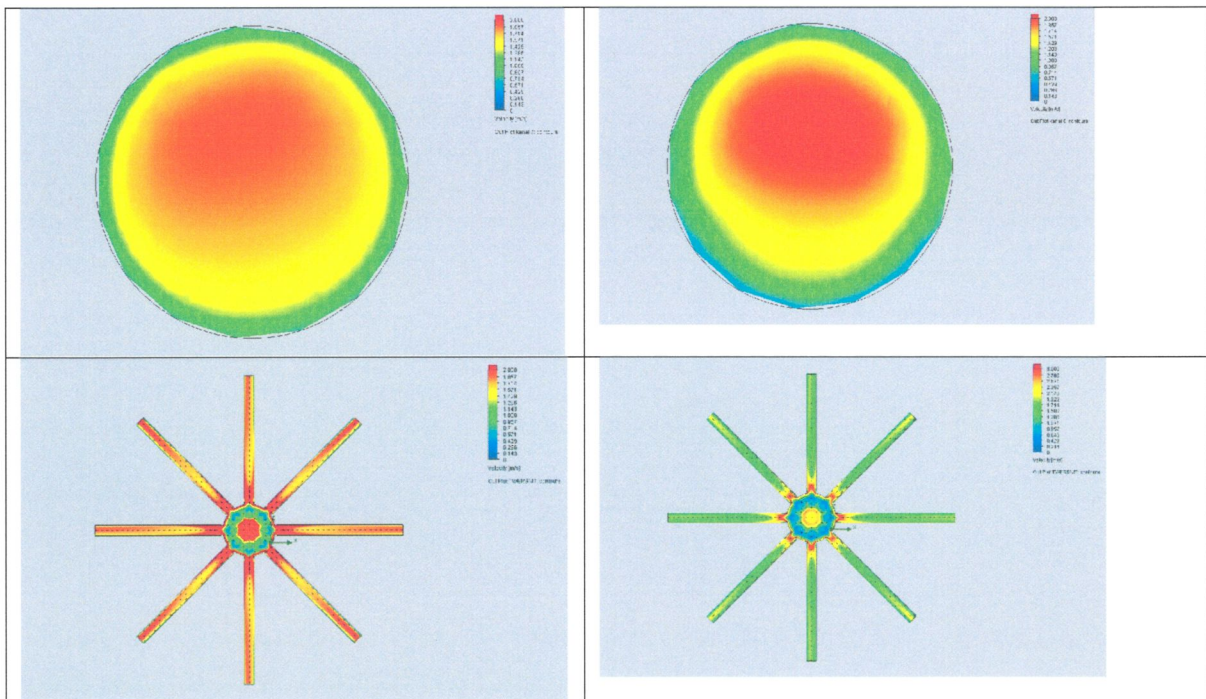
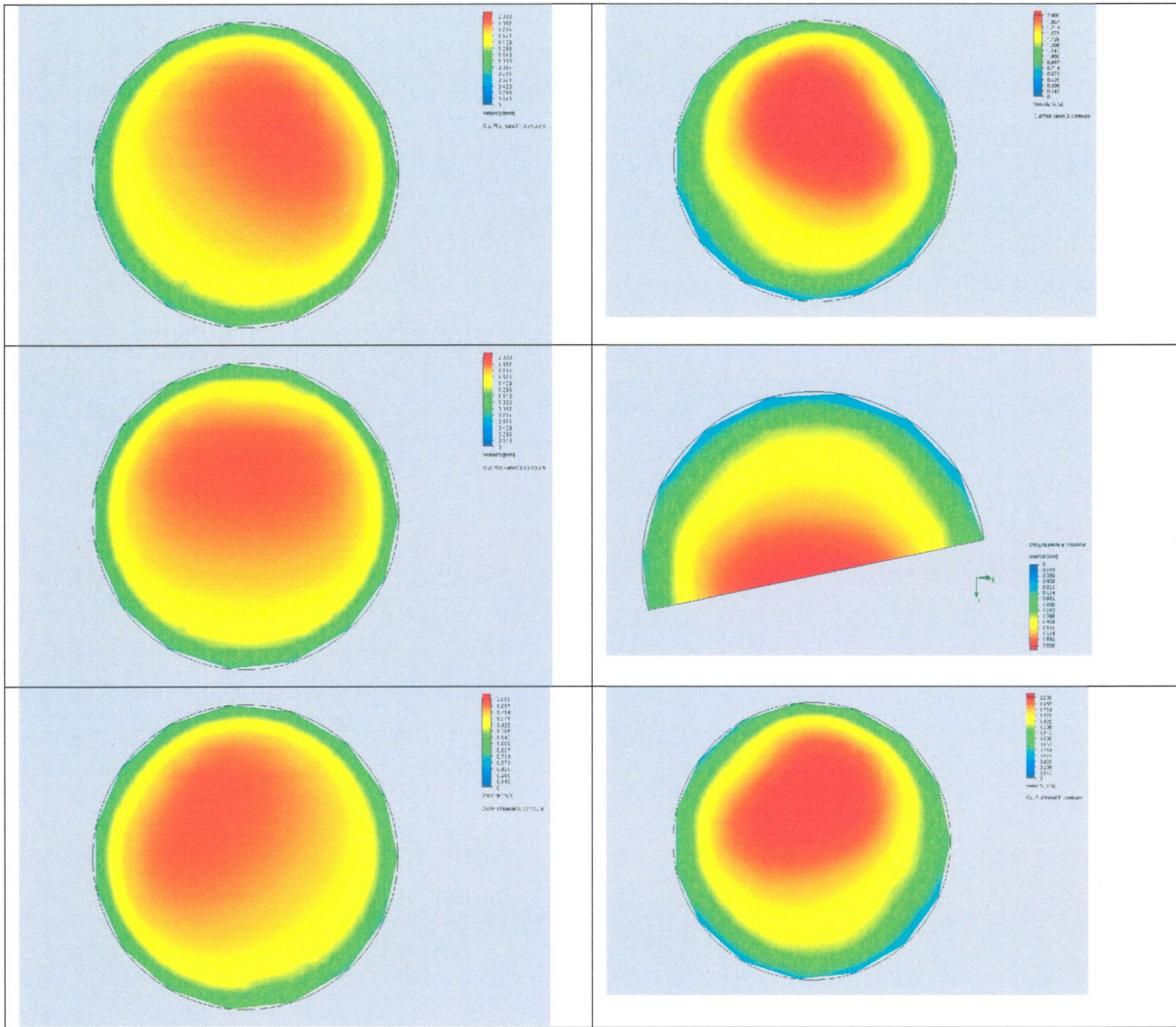


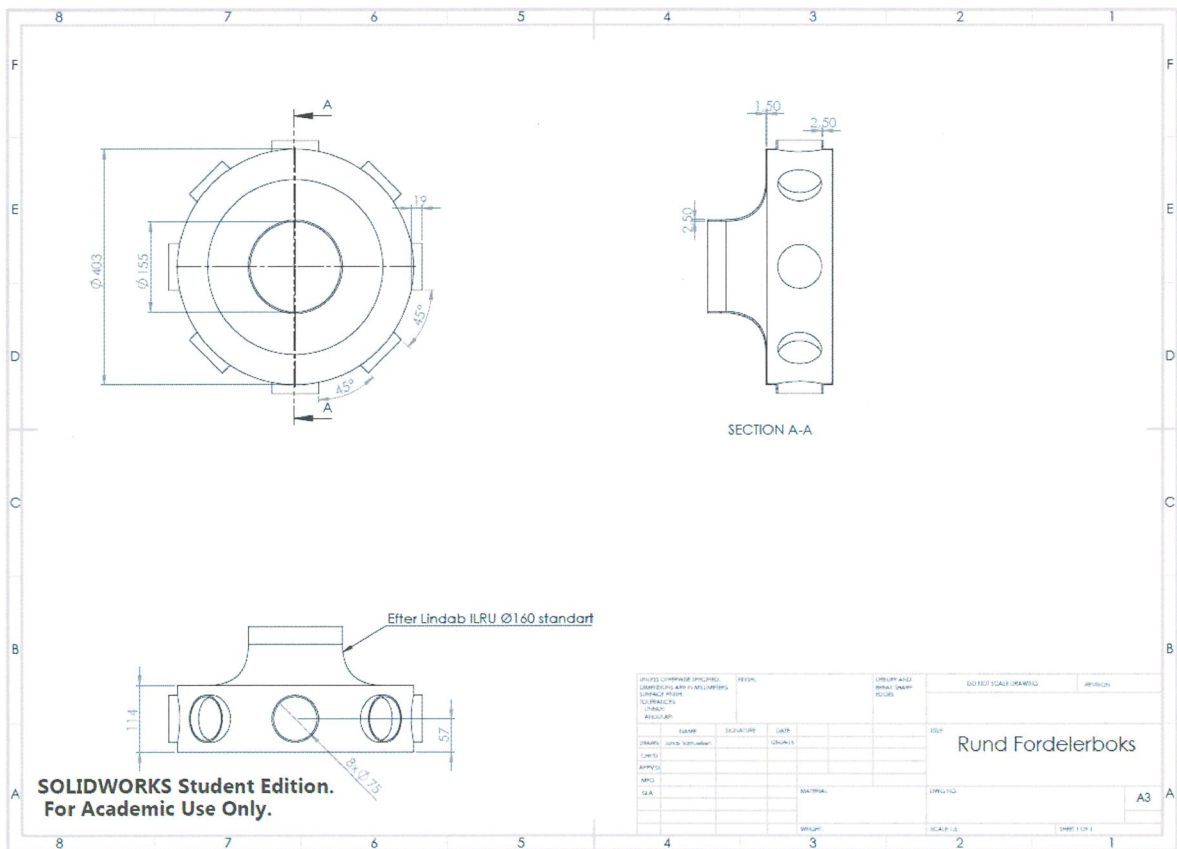
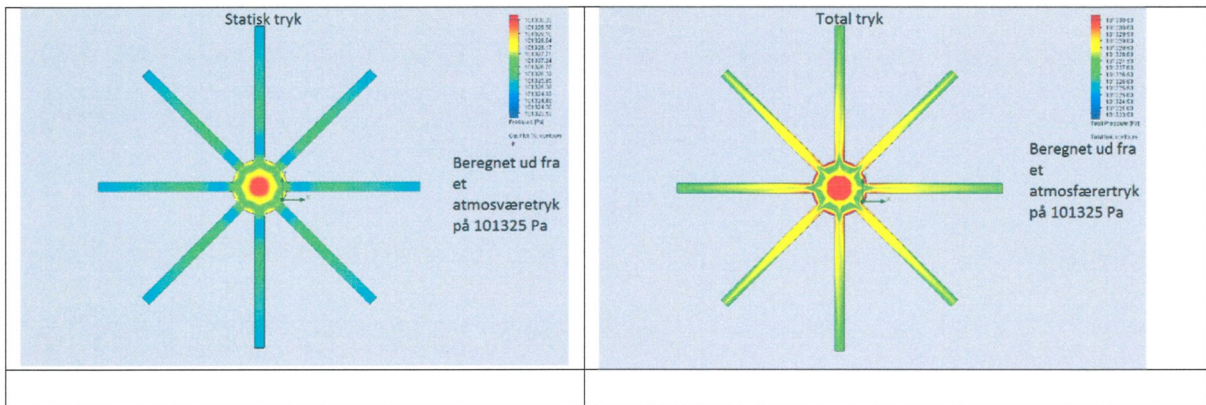
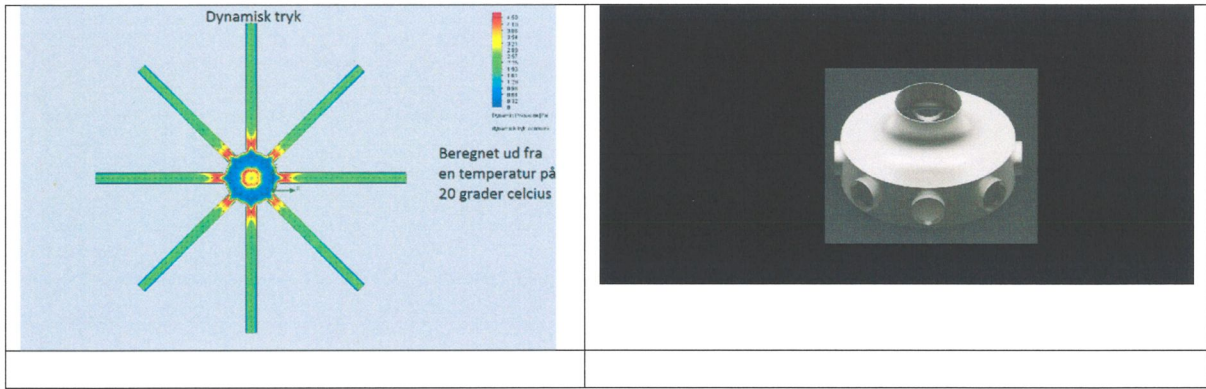


CFD-flow simuleringer af manifold prototyper

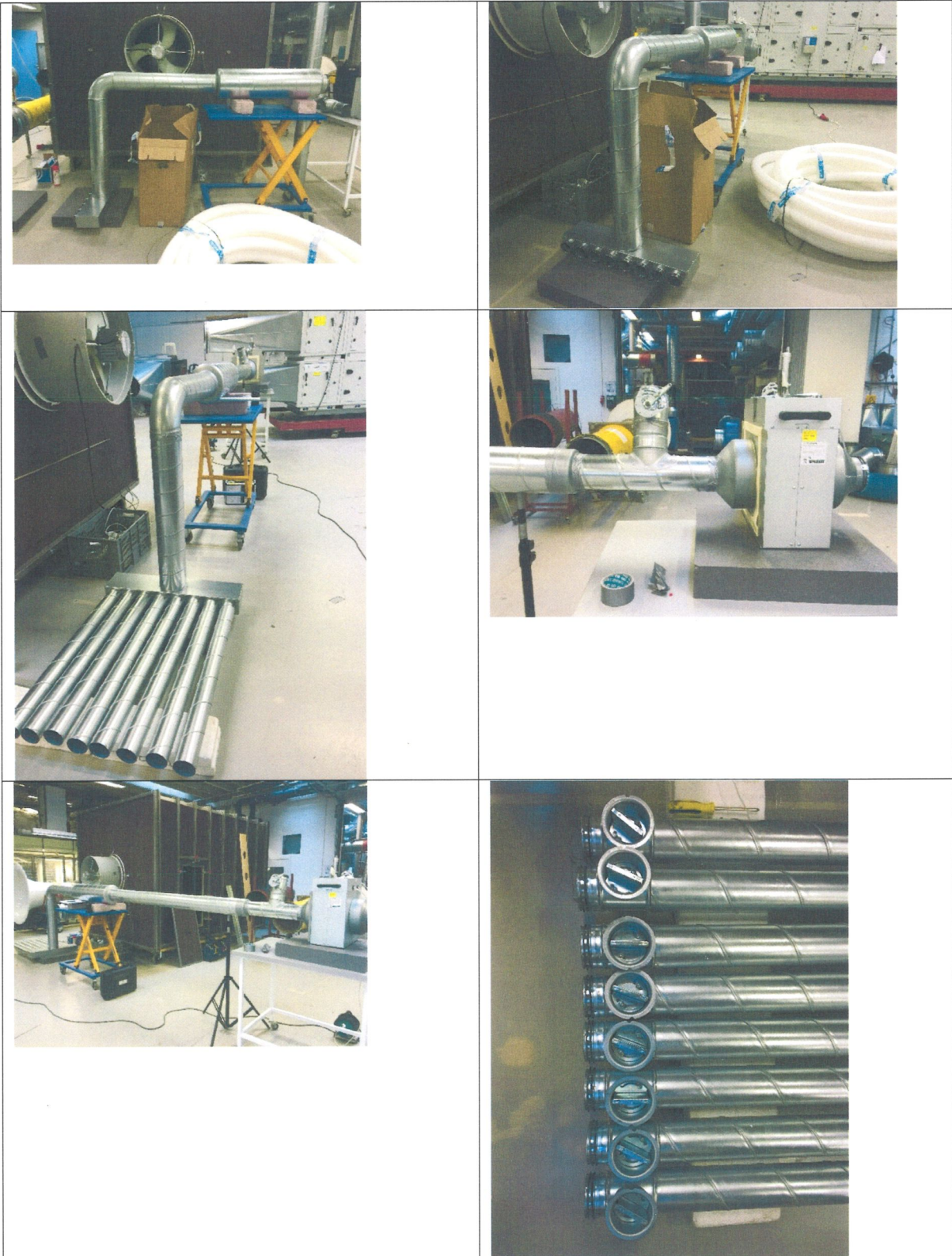


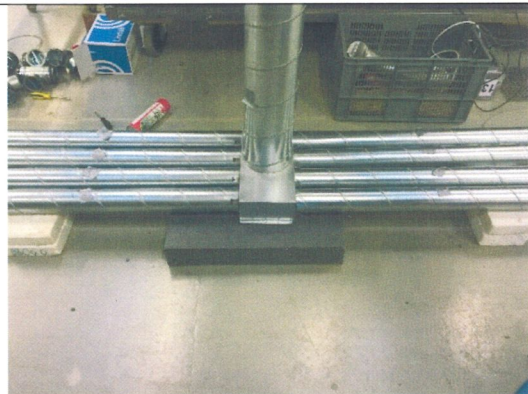
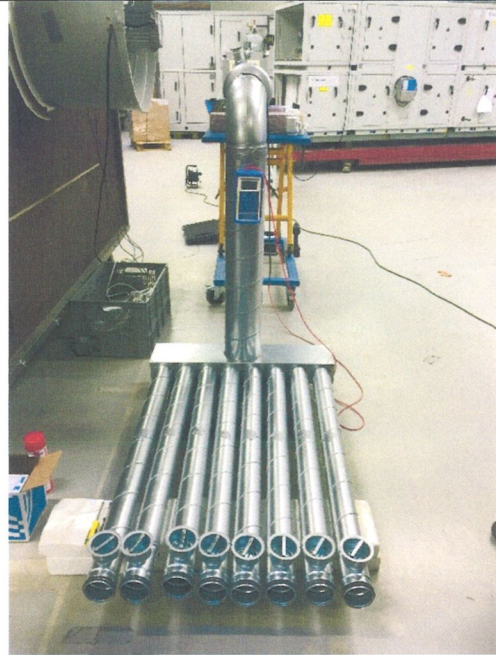


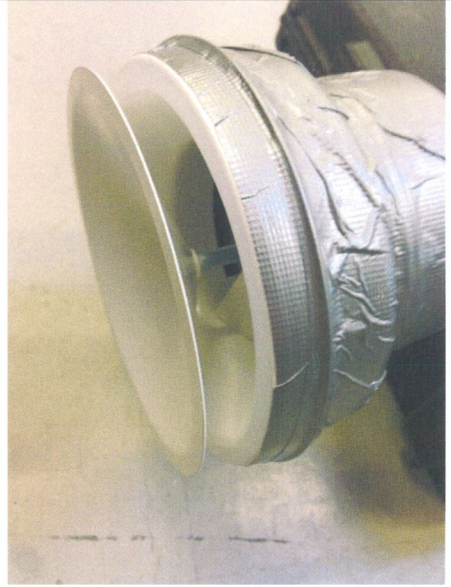
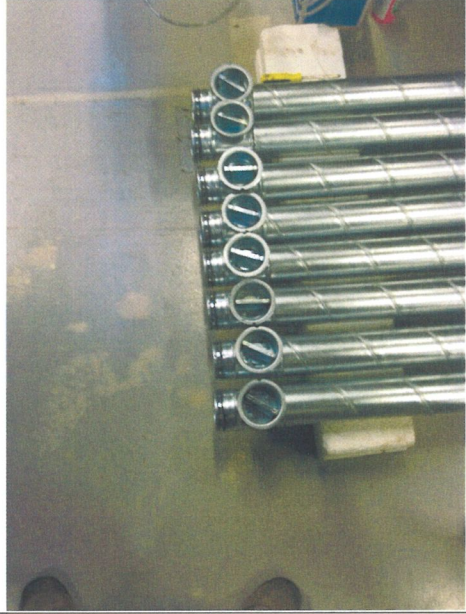


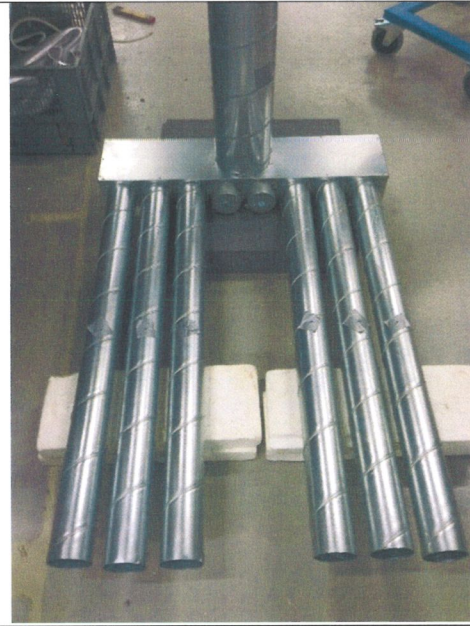
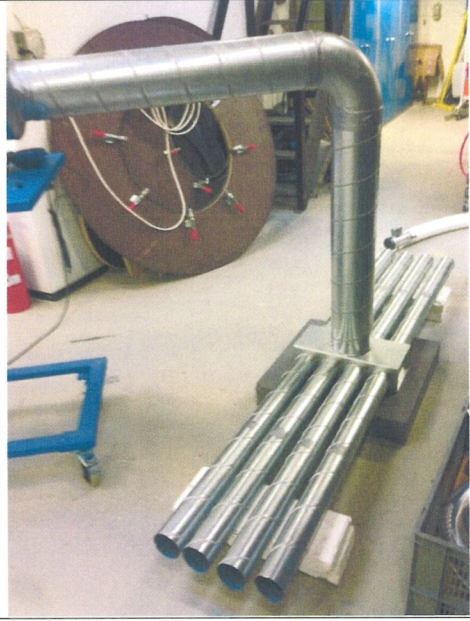


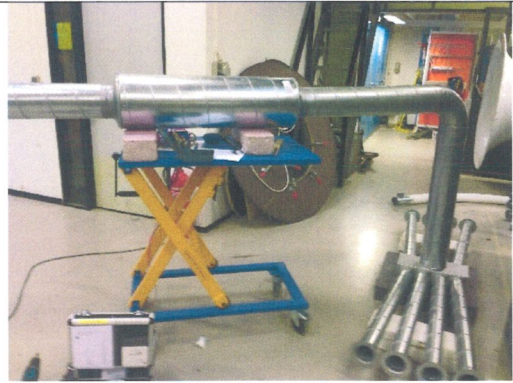
Manifold - Diverse laboratorie billeder af opstillinger og forsøg

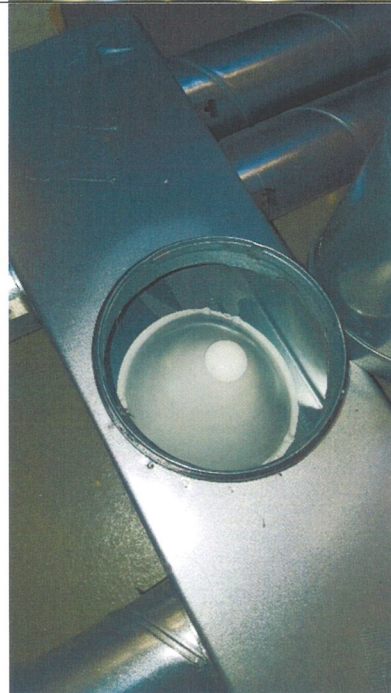


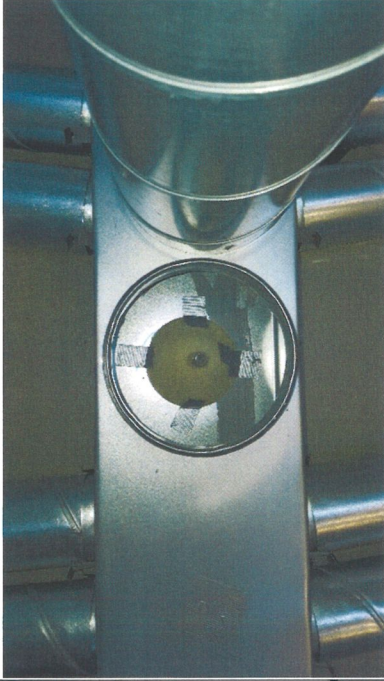


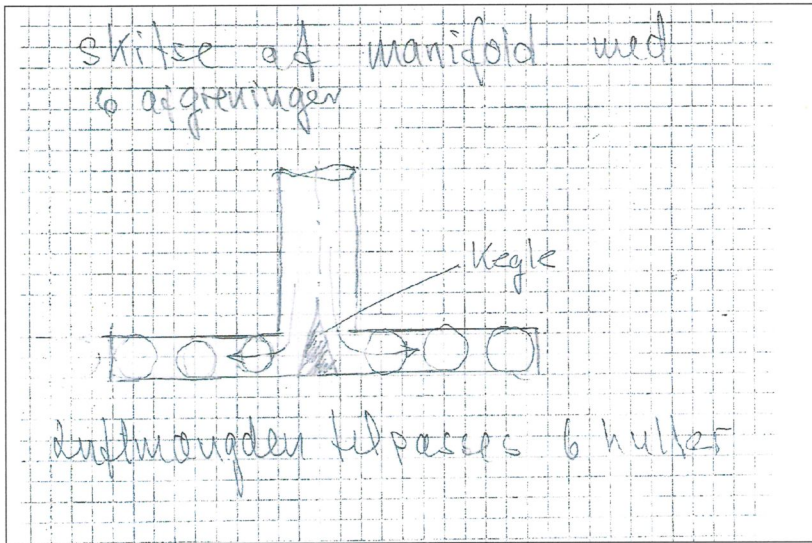
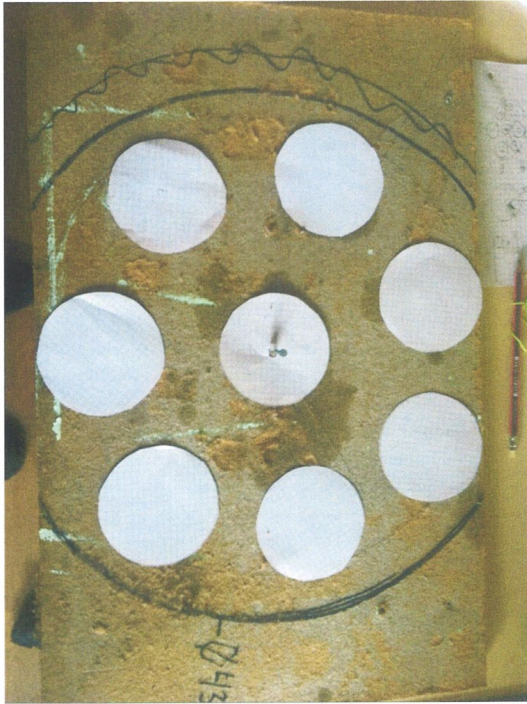


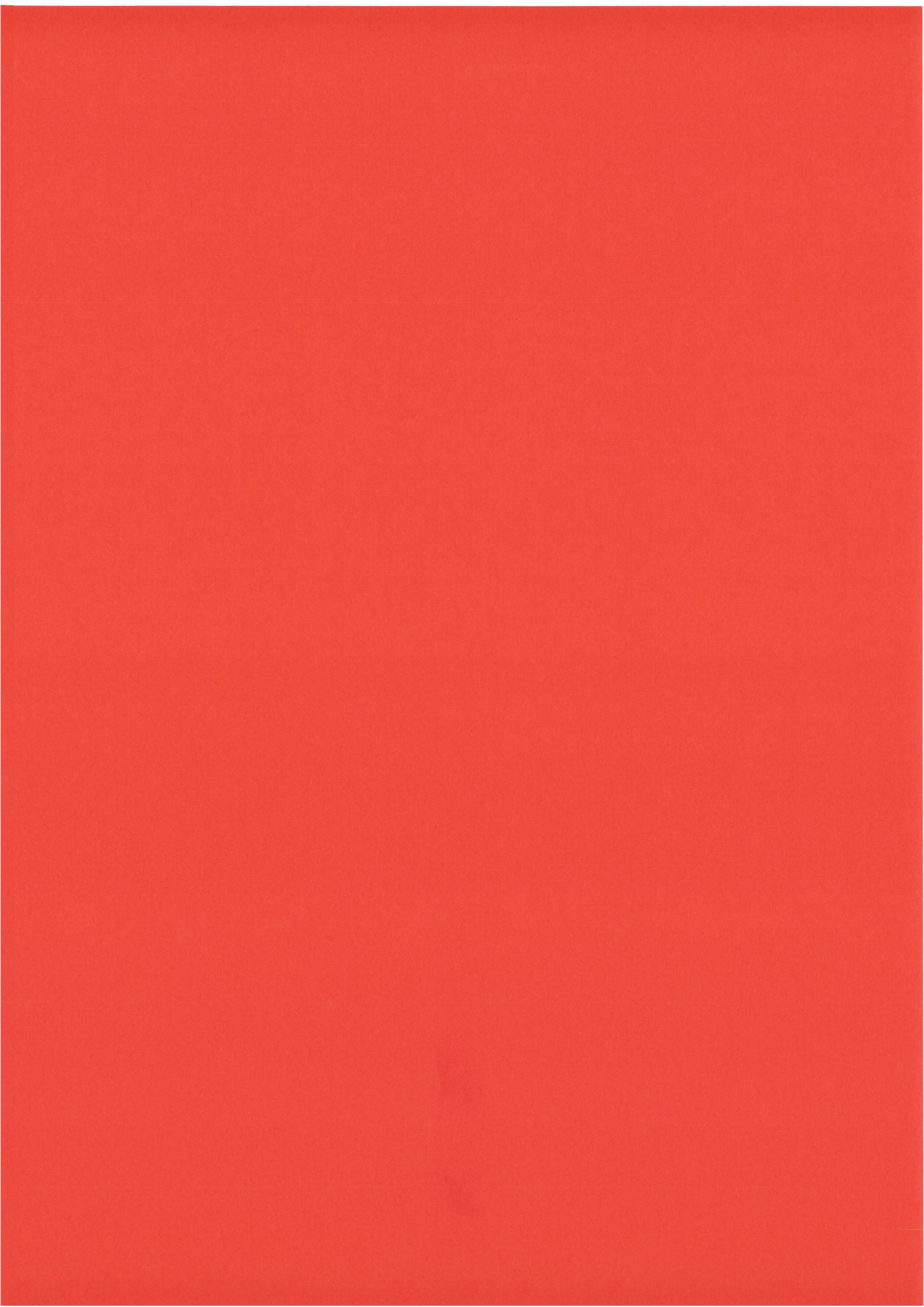






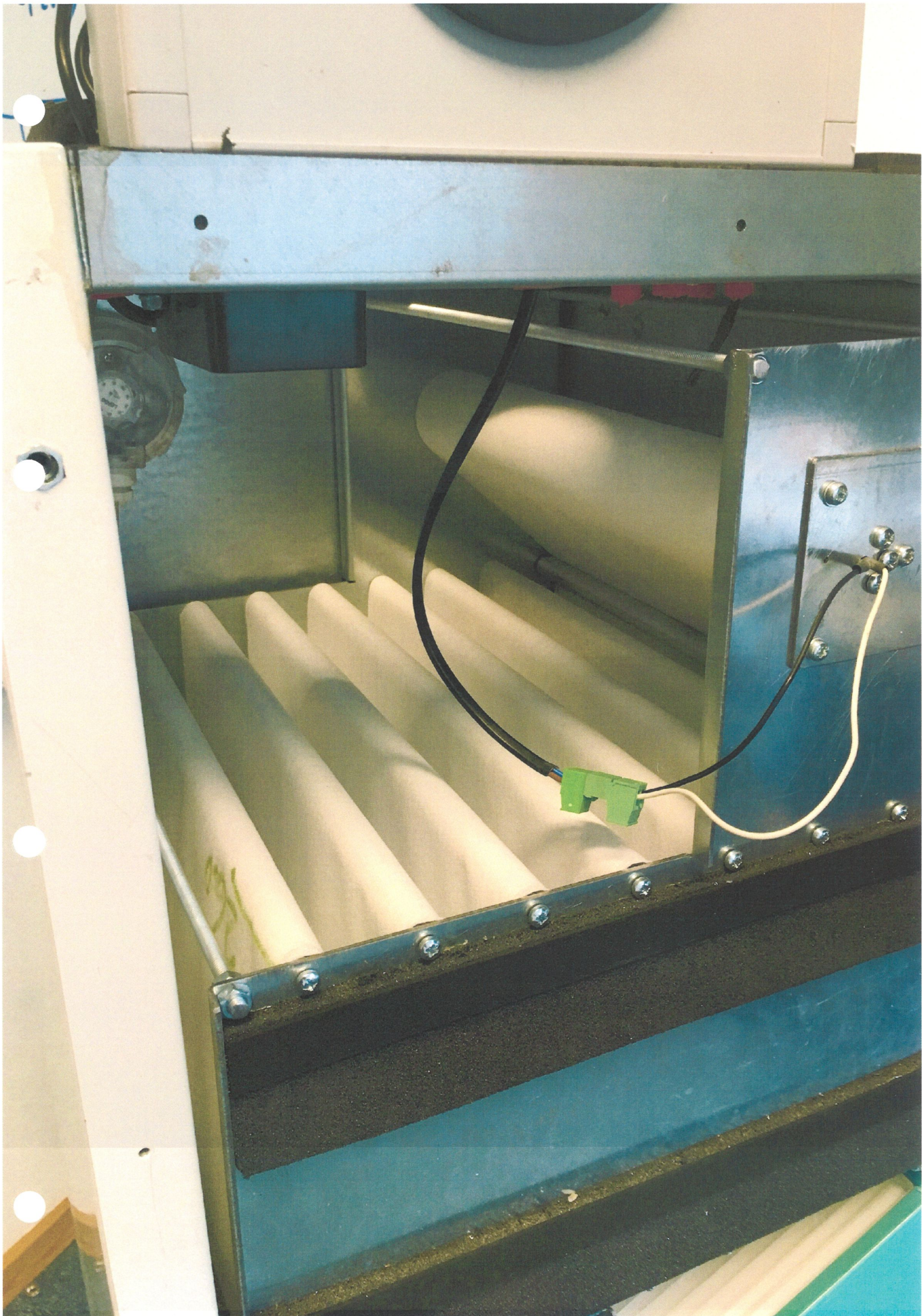






3. Udvikling af dynamisk filtersystem med ekstra lang levetid

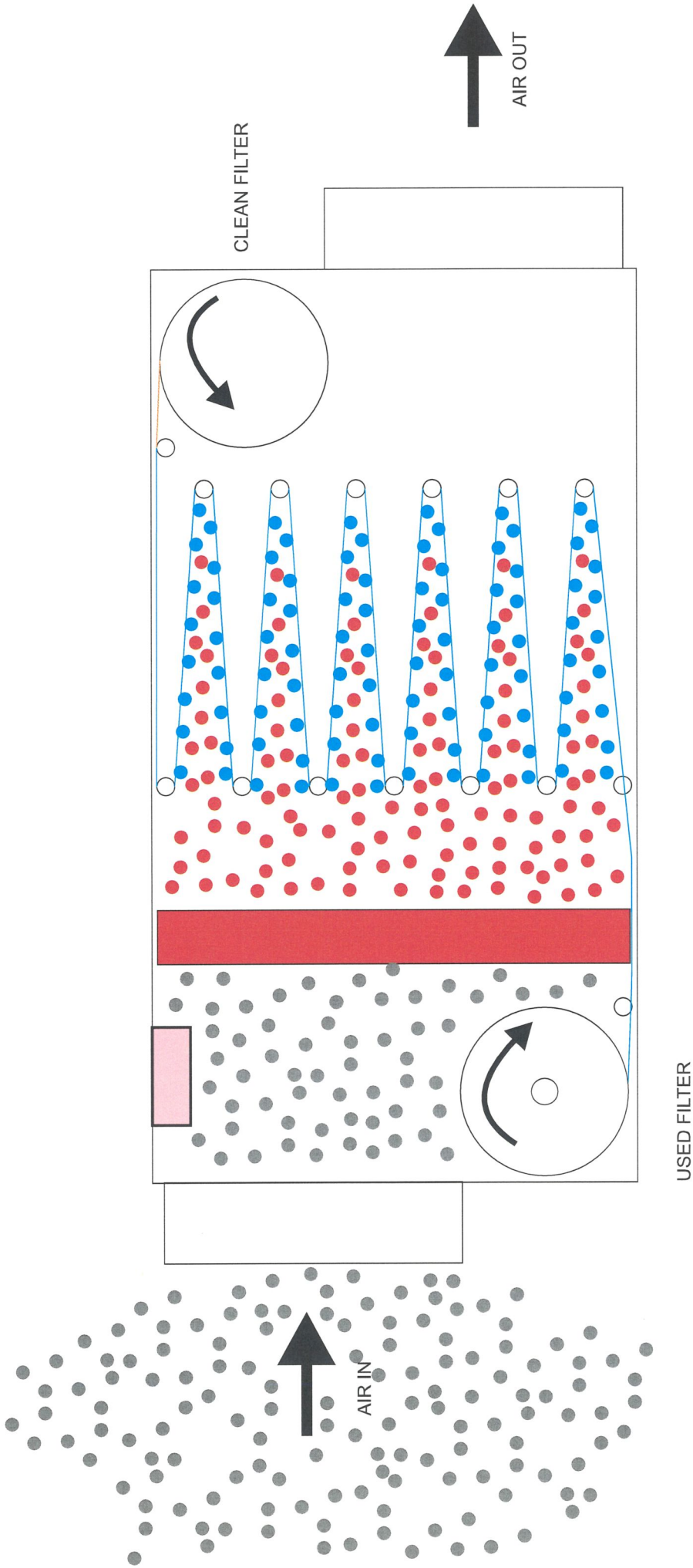






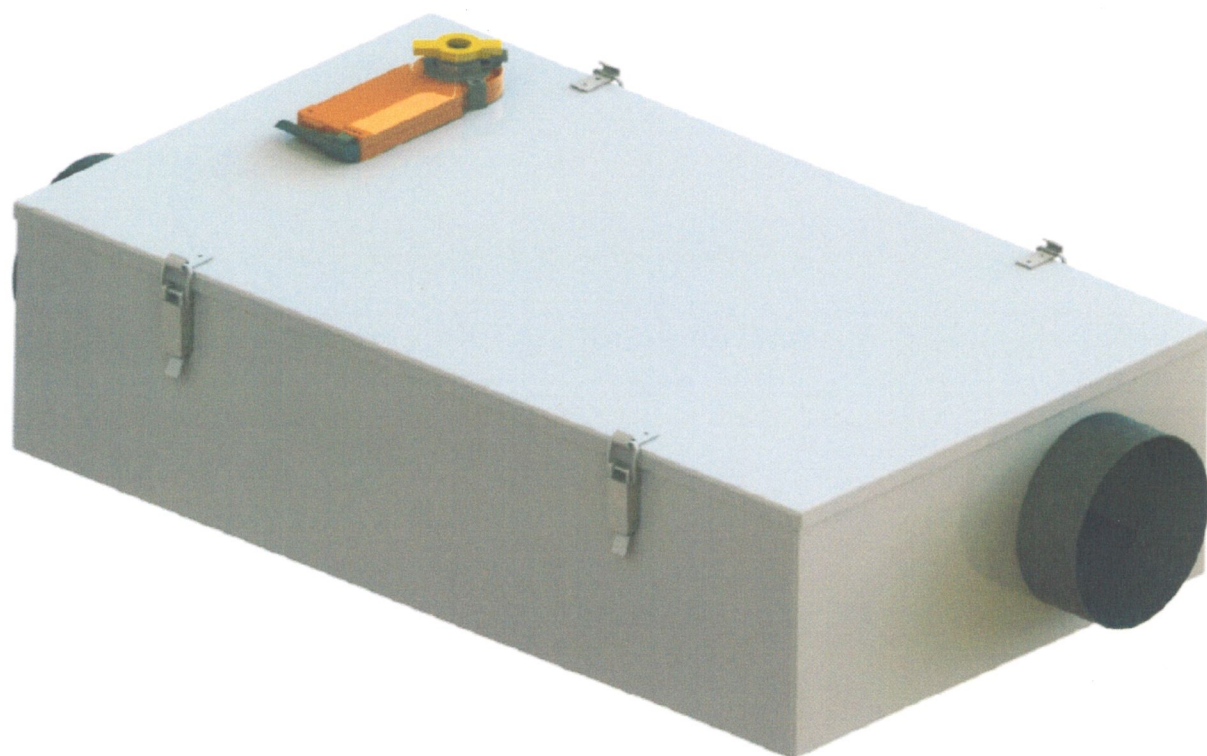






PRODUKTDATA

ECOVENT UNIFILTER



ECOVENT UNIFILTER

Produktbeskrivelse

Unifilter modulet er populært sagt et selvskiftende posefilter. Modulet består af to cylindere hvor den ene indeholder en filterrulle med rent filter og den anden cylinder indeholder det brugte filter. Imellem de to cylindere er der placeret et stort antal ruller som når filteret føres her igennem danner et posefilter. Rullerne er monteret på kuglelejer så der sikres en friktionsfri fremføring af filtermediet.

Filtersystemet sikre ligeledes at trykfaldet over filteret er det samme i hele dets levetid.

Det patenterede filtersystem findes i versioner for indsætning på kanalsystem i eksisterende anlæg og som et integreret modul i Ecovent ventilations-aggregater.

UFB 2 er beregnet for indbygning på ventilationskanalen.

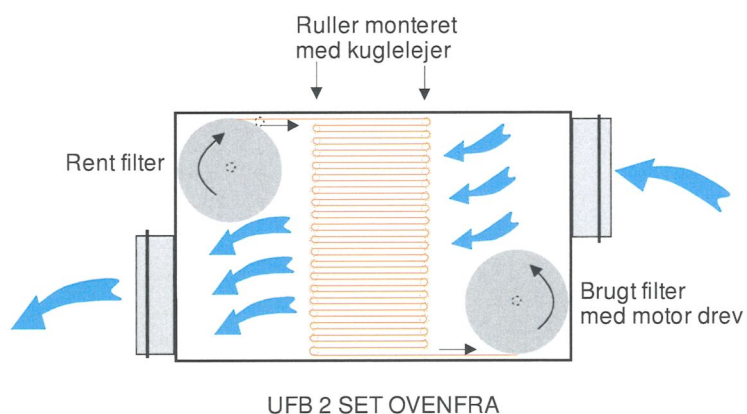
Med ECOLINK 2020 gives der også mulighed for overvågning og fjernbetjening fra centralt sted via Computer/CTS/Tablet eller smart Phone.

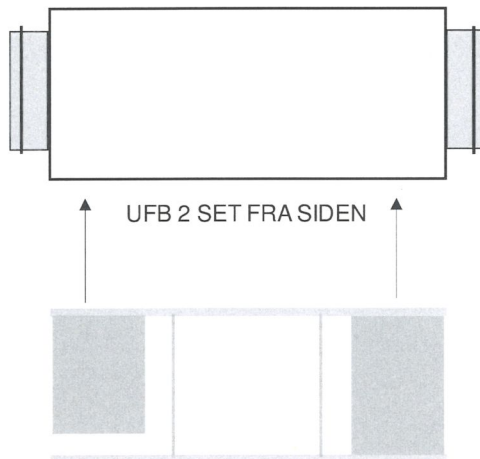
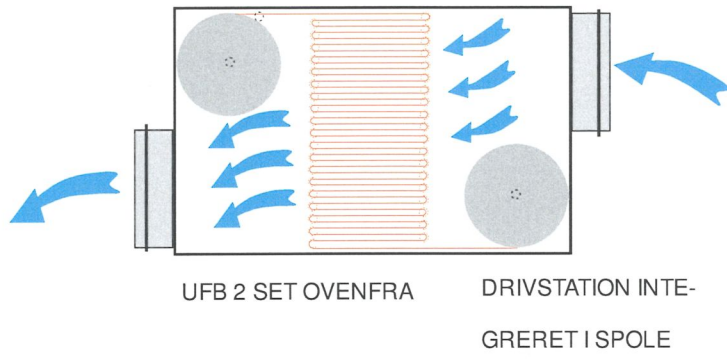
Anvendelsesområder:	Alle typer ventilationsanlæg hvor der ønskes servicefrie filtereskift	Levetid	10-20 års levetid afhængig af drift forhold
Placering:	Indsættes på kanal systemet	Filter typer	Posefilter med 13 poser. Standard filtermedie er M5. Som option kan andre filterklasse vælges
Kapacitet	Se skema	Aktivt filterareal	1 m ² posefilter
Kanaltilslutning	Se skema	Kanaldimensioner	Ø160 eller Ø250 mm
Energiforbrug	Standby: 0 W Drift: 2W	Drift omkostninger	Samlet årligt el forbrug er ca. 0,006 kW/h

Tekniske specifikationer

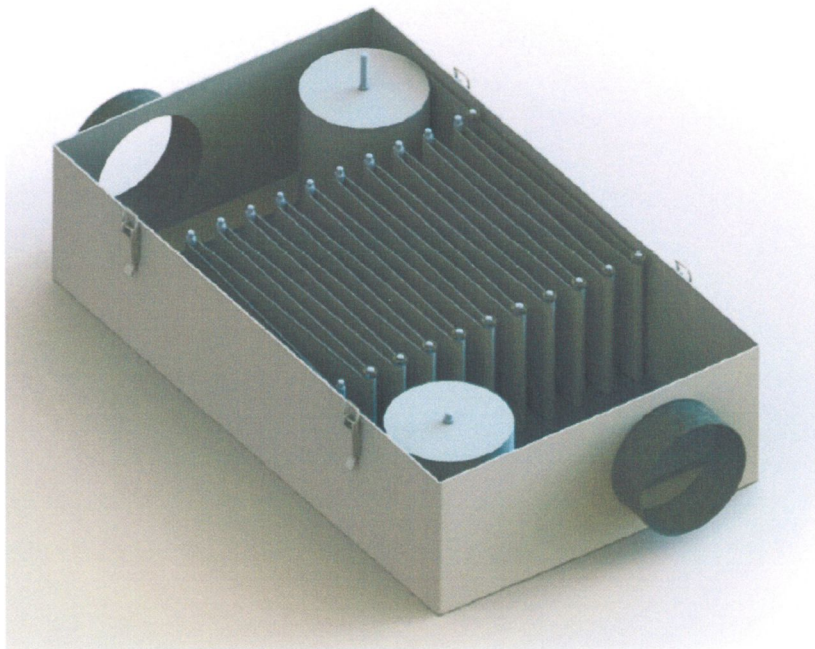
Dimensioner (LxBxH)	Se skema
Vægt	6/8 kg
Pladetype kabinet	Galv. stålplade
Drivmotor	24V DC
Filtermængde L/m ²	Se skema
Filterklasse	Standard M5
Filtertype	Posefilter
UNIFILTER	Filterdepot med automatisk filterfremføring
PM 2.5 filter	Dobbelt ION filter
Service	Plug and Play modul
Omgivelsestemperatur	-20/+40 °C
Kommunikation	Option: MODBUS

Automatik	Trykstyret
Tæthedsklasse	IP31
Forsyningsspænding	24V DC (Option:1x 230V)
Max. optagen effekt (*2)	2 W
Max. luftmængde	Se skema
Standby effektforbrug	0 W
Elforbrug (*3)	0,006 kWh/år



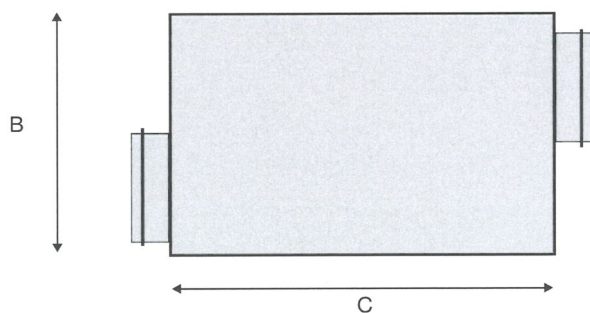
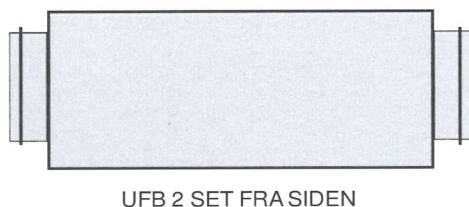
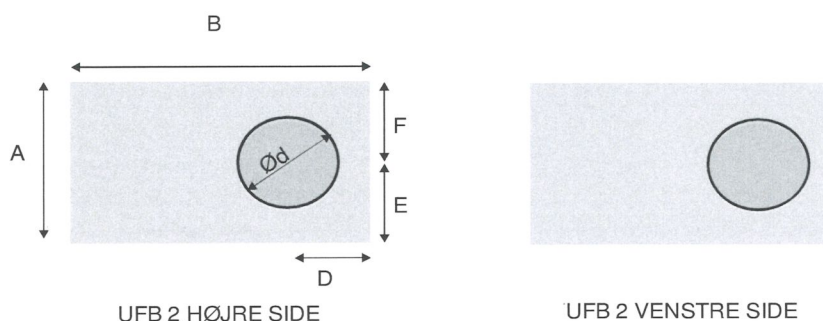


UFB 2 PLUG AND PLAY MODUL



FILTERBOKS UFB2 Målskema

Alle mål er i mm.



Varebetegnelse	Ød Tilslutn.	A	B	C	D	E	F	Filter areal	Filter længde	Anslået levetid	Maks. m3/h
UFB2-160	160	260	300	640	140	130	130	0,65 m ²	30 m	15 år	400
UFB2-250	250	340	450	640	180	170	170	1 m ²	30 m	15 år	750

AUTOMATIK

ECOLINK 2020 styring



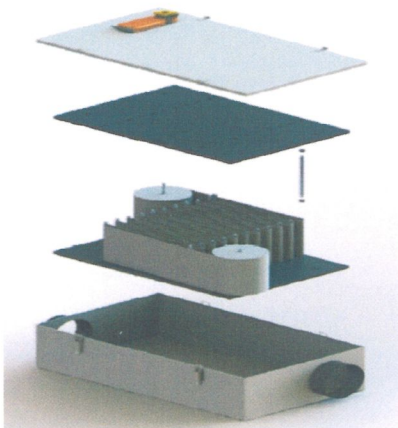
Som standard er UNIFILTER udstyret med styring som automatik fremfører filter når trykfaldet over posefilteret overstiger grænseværdien.

Enhederne kan tilsluttes Ecovent styring ES 20 og konverter HSB 20. Dermed kan enhederne tilgås fra centralt sted, hvor fjernbetjening og overvågning er mulig fra CTS anlæg, computer eller smartphone. Se nærmere herom under "kommunikation"

Eco

Vent

LUFTRENSNING



UNIFILTER

Unifilter er et plug & play modul.

Standard er filterklassen M5, men andre filterklasser kan leveres efter ønske.

UNIFILTER består af to spoler hvor imellem filtermediet passerer hen over letløbende ruller der danner et posefilter med 22 poser. Den ene spole indeholder nyt filtermedie mens den anden spole benyttes til at oprulle det brugte filter på – nok til 10 – 20 års drift.

Spolerne er placeres i lukkede cylindere som sørger for at adskille det rene og det brugte filter fra luftstrømmen.

Når automatikken giver besked til spolemotoren fremføres der nyt filter. Standard indstillingen spoler et mindre stykke frem som resulterer i at trykfaldet over filteret stort set er det samme.

Som option kan automatikken fortælle om forventet resterende levetid for filteret.

UNIFILTER PM 2.5

I områder hvor luften er forurenset med de sundhedsskadelige PM 2.5 partikler fra motorkøretøjer, er der mulighed for at forsyne UNIFILTER med et PM 2.5 ION filter.

Grundet filtermodulets opbygning betyder det at hele posefilteret konstant kan holdes negativt ladet, mens luftens partikler forinden bliver positivt opladet. Dermed kan frafiltrering af PM 2.5 partiklerne ske med et almindeligt F6 filter, i modsætning til andre typer PM 2.5 filtre, som benytter en meget høj filterklasse med deraf følgende stort tryktab, kort levetid og høje driftomkostninger.

Eco

Vent

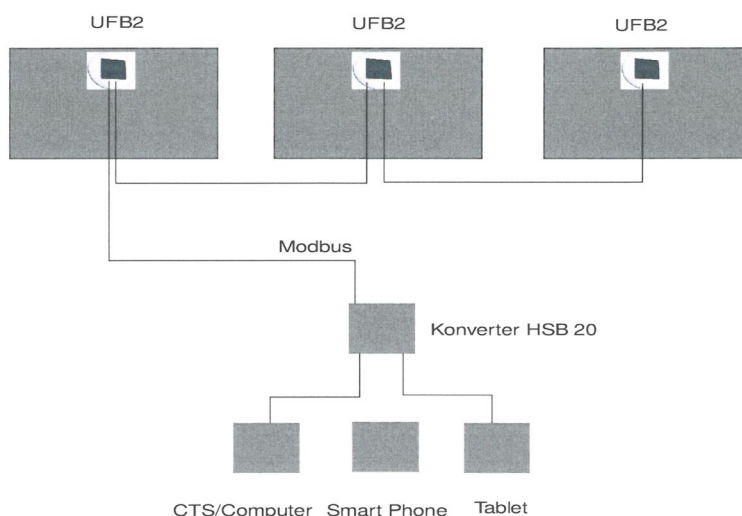
FUNKTIONSOVERSIGT		+ Standard - Tilbehør
AUTOMATIK		
Grænseflader	Styringen er opdelt i 3 grænseflader: Fabrik/Service/bruger	+
Bruger lås	Ønskes der ikke mulighed for brugerstyring kan betjeningspanelets tastefunktioner låses. Der skal indtastes en kode for at låse op for brugerstyring.	+
Sommer/vinter drift	Mulighed for indstilling af sommer og vinterdrift	-
Ferieperiode	Mulighed for indstilling af driftsform i ferieperioder fra centralt sted	-
Emhætte	Annulerer filtervagtssignal ved aktiv emhætte	-
Luftkvalitet	Tilvalg af luftkvalitet enhed (PM 2.5)	-
UNIFILTER	Mulighed for indstilling af max trykfald over udeluftfilter og fraluftfilter. Når trykfaldet overstiger den indstillede værdi spoles der automatisk et nyt stykke posefilter frem. Mulighed for indstilling af spoletid. Visning af aktuelt trykfald for begge filtre. Visning af forventet resterende tid inden moduler skal skiftes Alarm ved tom filterspole	-
PM 2.5 partikelfilter	Med UNIFILTER er der som en option, mulighed for fra filtrering af de små PM 2.5 partikler i udeluften, så den luft som tilføres lokalet ikke indeholder de sundhedsskadelige partikler fra diesel køretøjer.	-
Nulstilling	Mulighed for at vende tilbage til fabriksindstillinger	
Manuel test	Giver mulighed for manuel test af enhedens funktioner i servicemode	
Alarm	Mulighed for videregivelse af alarmer til centralt sted	-
Kommunikation	ECOLINK 2020 kommunikerer som standard med Modbus CTS-anlæg som benytter denne kommunikationsform, kan let tilsluttes til styringen. Ecovents styringer har åben Modbus kommunikation hvilket betyder at det både er muligt at overvåge enhederne via centralt placeret system/computer, og også muligt at indstille driften på samme vis som via betjeningspanelet.	+
Datalogning	Med Ecovent HSB 20 central tilsluttet er det muligt at lagre historikken fra op til 247 enheder på centralt sted.	

ECOLINK 2020 KOMMUNIKATION

Ekstern kommunikation

Samtlige enheder kan overvåges fra centralt sted via CTS/computer eller smart phone. For eksempel kan trykfaldet over filter registreres og forventet resterende levetid for filteret kan vises.

Da enhedernes styring er udstyret med åben Modbus kan der ske samkøring med andre tekniske installationer.



Kontakt til EcoVent Int.

Ecovent Int. Aps

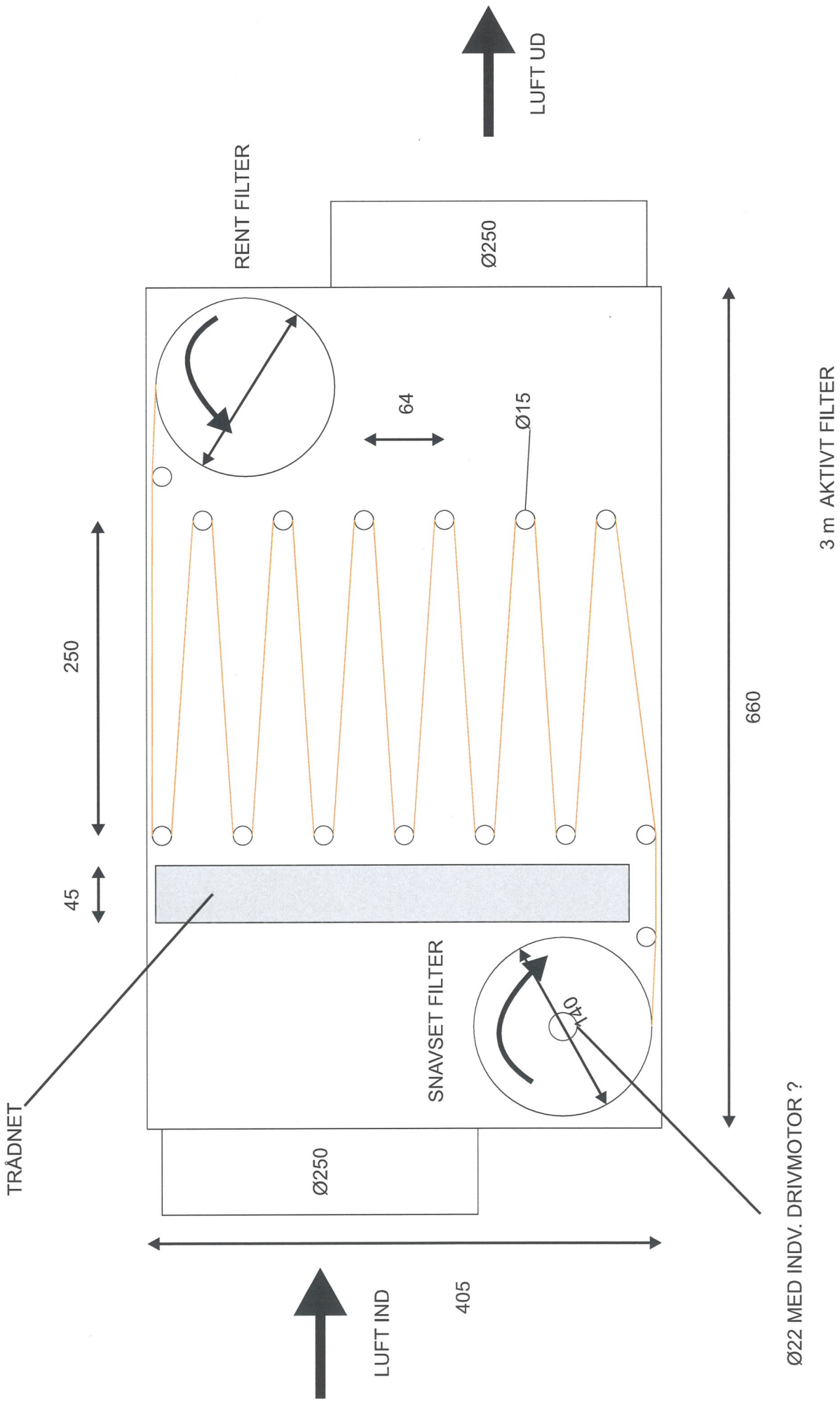
Samsøvej 18-22

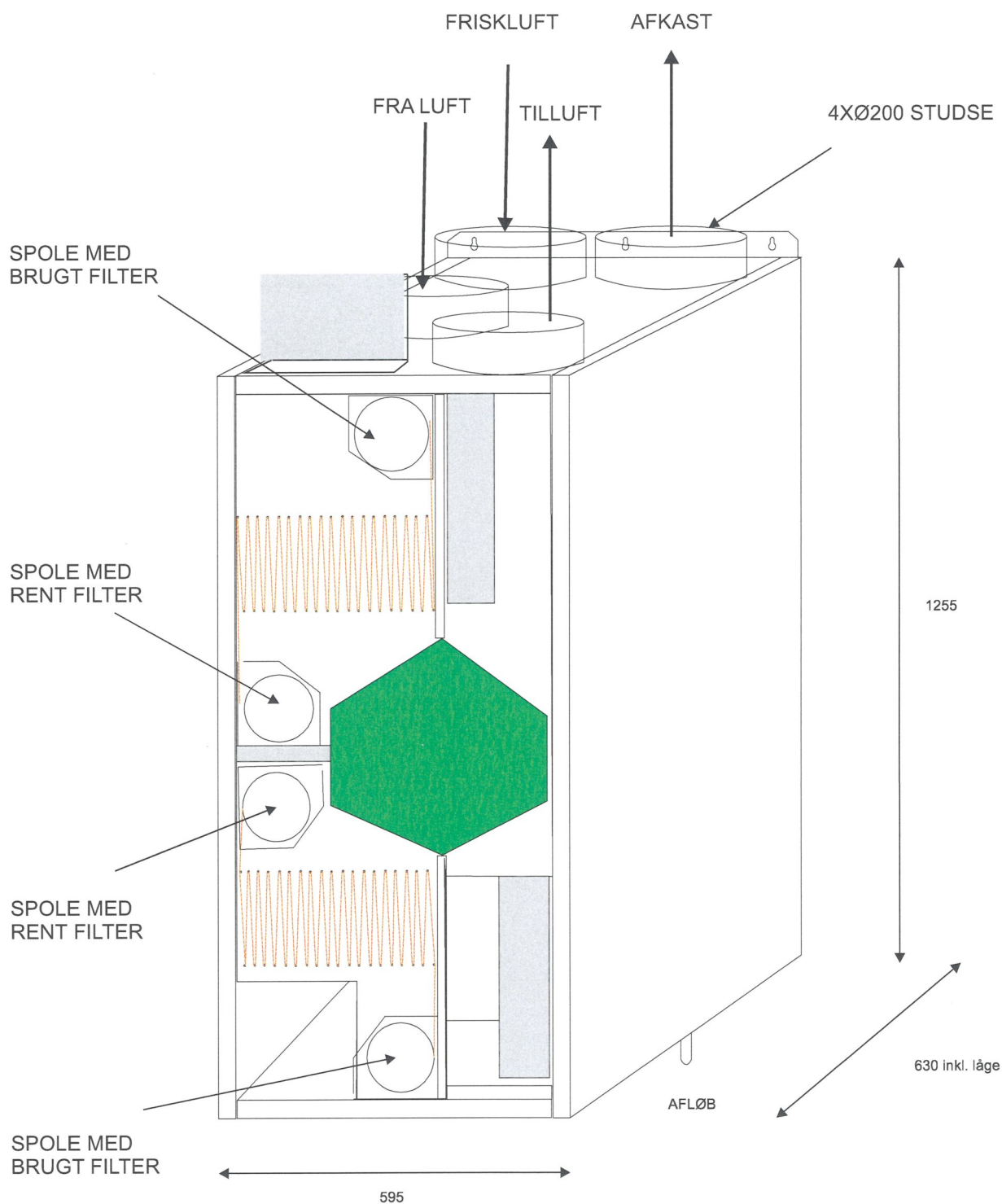
8382 Hinnerup

Tel. +4540158802

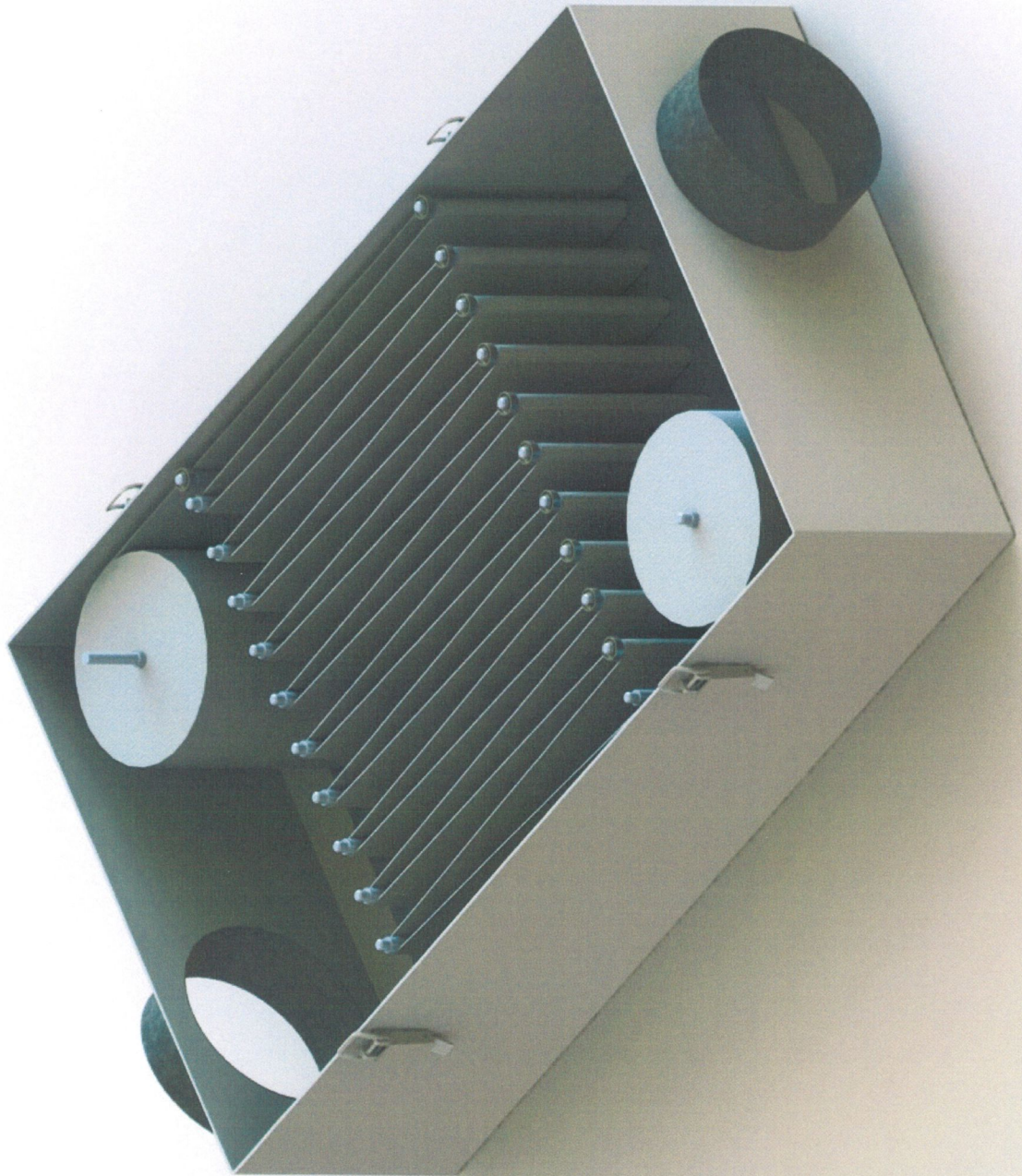
Mail info@ecovent.dk

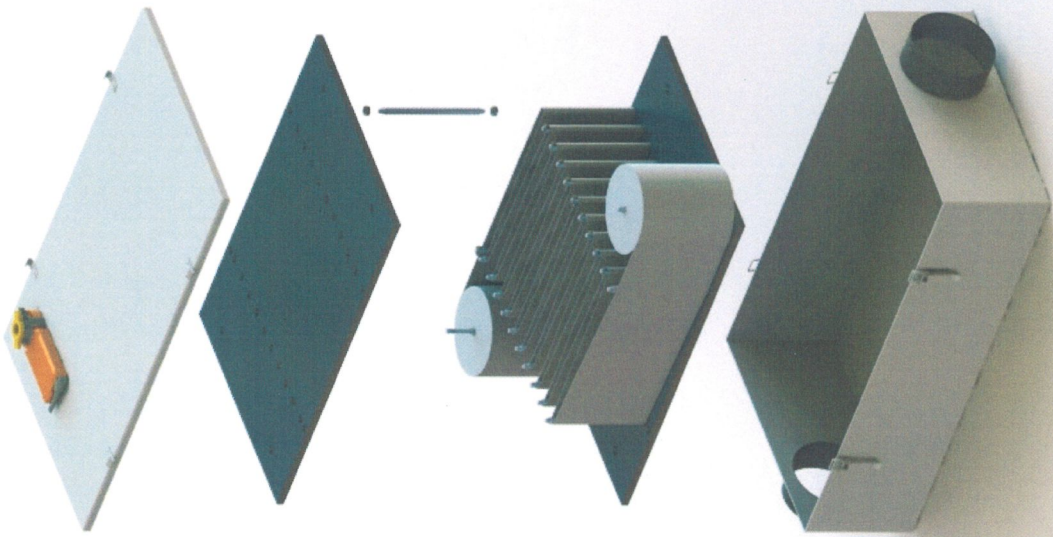
Web www.ecovent.dk



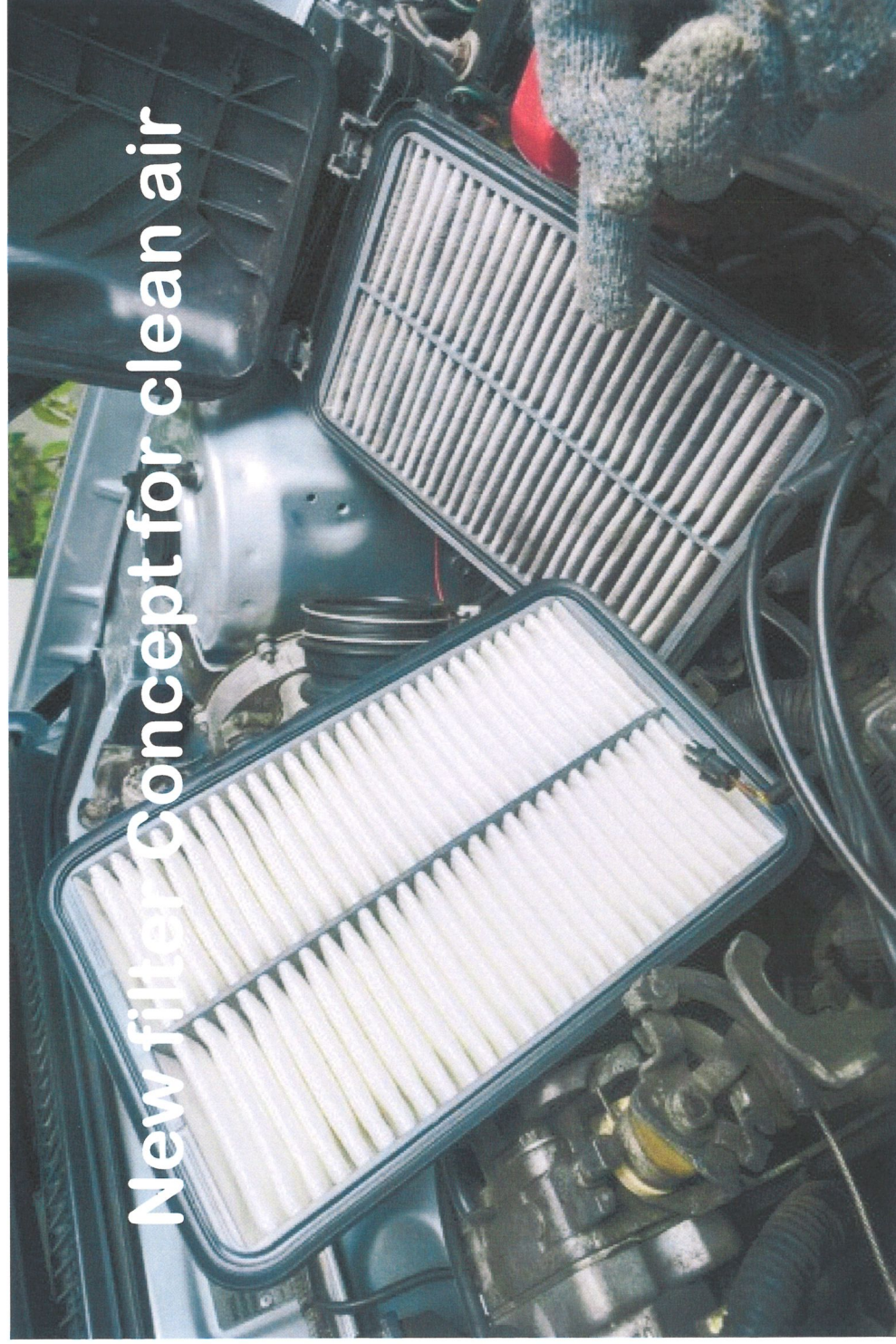


Ecovent int.	Oprettet	22-12-2016	Init
	Ændret		Rev
Titel	Materiale/farve		
	Tykkelse	1,0	
	Tegningsnr.	ECO50030	





Airfilter4ever®



Få ren luft hele livet med Airfilter4ever

Airfilter4ever®

Patent PR 178543



INTRODUKTION

I ventilationssystemer med kontrolleret luftskifte indgår filtre, der skal sikre fjernelse af partikler fra luften.

For at sikre god luftkvalitet er det vigtigt filterne skiftes regelmæssigt. Med **Airfilter4ever** installeret skiftes det snævsede filter automatisk ud med nyt rent filter.

Fremspoling af nyt rent filter sker når det valgte trykfald overskrides.

Virkemåde:

- Filtermodulet har en spole med mange meter rent filter. (10 – 20 års drift)
- Filtermodulet har ligeledes en spole med drivsystem, hvorpå det brugte filter automatisk spoles op på.
- I luftpassagen imellem de to spoler er der placeret et større antal ruller, hvorpå filteret kører op ad.
- Når sensoren registrerer, at der er behov for filterskifte, spoles der automatisk nyt filter frem i det område, hvor luften passerer igennem filtermediet.



Airfilter4ever

PM 2.5 Filter

- UNIKT PARTIKEL FILTER

- **Aitfilter4ever** er specielt udviklet til at kunne fjerne de sundhedsskadelige NoX partikler fra luften.
- Den patenterede filtersystem har en helt unik funktion integreret, der sikrer at partikler i luften ned til PM 2.5 størrelse filtreres væk.
- Almindelig kendte luftrensere benytter sig af et HEPA filter. HEPA filter er et forholdsvis dyrt filter med meget stort trykfald. Stort trykfald resulterer i øges energiforbrug og støj. Levetiden for et HEPA er ligeledes meget kort.
- **Airfilter4ever** benytter et almindeligt filter i klasse F7, som har et lavt trykfald. Modulets konstruktion gør det muligt elektrisk at lade kontinuerligt med en negativ spænding på filtermediet. Da partiklerne forinden er blevet ladet positivt opnås der en unik filtrering med lang levetid og lave omkostninger.



Nox Filter

Levetid

- **Airfilter4ever** modulet kan dimensioneres så der opnås en levetid, der f.eks. er 10 eller 20 gange længere end et traditionelt filter.
- Hvis man erstatter et standard filter, der har en levetid på f.eks. 1 år med **Airfilter4ever** får man i stedet en levetid på 20 år.

Fysisk størrelse

- Filtersystemet kan skaleres alt efter opgave lige fra kabinefilter i biler til industrifiltre.

Eksempler på fordele

- Der opnås en pålidelig luftrensning
- Udelukker forglemmelse af filter udskiftning
- Valgfri filter klasse fra M5 til PM 2.5 (HEPA)
- Selvvalg af maksimalt trykfald
- Automatisk filterskifte
- Filtermediet kan ikke falde sammen som i et traditionelt posefilter
- Alarm når modul skal ombyttes

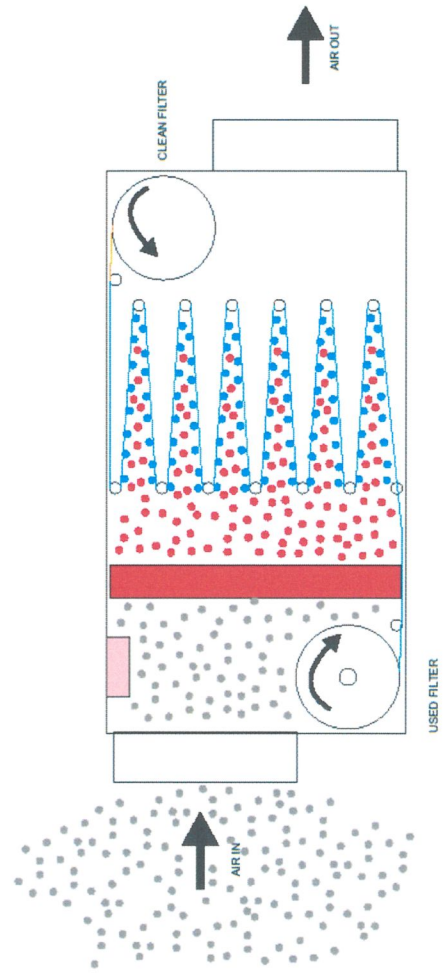
Anvendelsesområder, eksempler

Det innovative filtersystem kan erstatte traditionelle kendte luftfiltre i:

- Air con anlæg kan udstyres med **airfilter4ever** , og dermed fungerer som luftrensere
- Luftrensere placeret i lokalet
- Børnehaver
- Klasselokaler på skoler
- Dyre servicebesøg i vindmølleårne minimeres
- Ventilation på krydstogtskibe
- Hospitaler
- Laboratorier
- Ventilationsanlæg
- Filterboks indsat på ventilationskanal
- Kabinefilter i biler, busser og tog
- Kontorer
- Hoteller

NoX Filter

EFFEKTIV FILTRERING



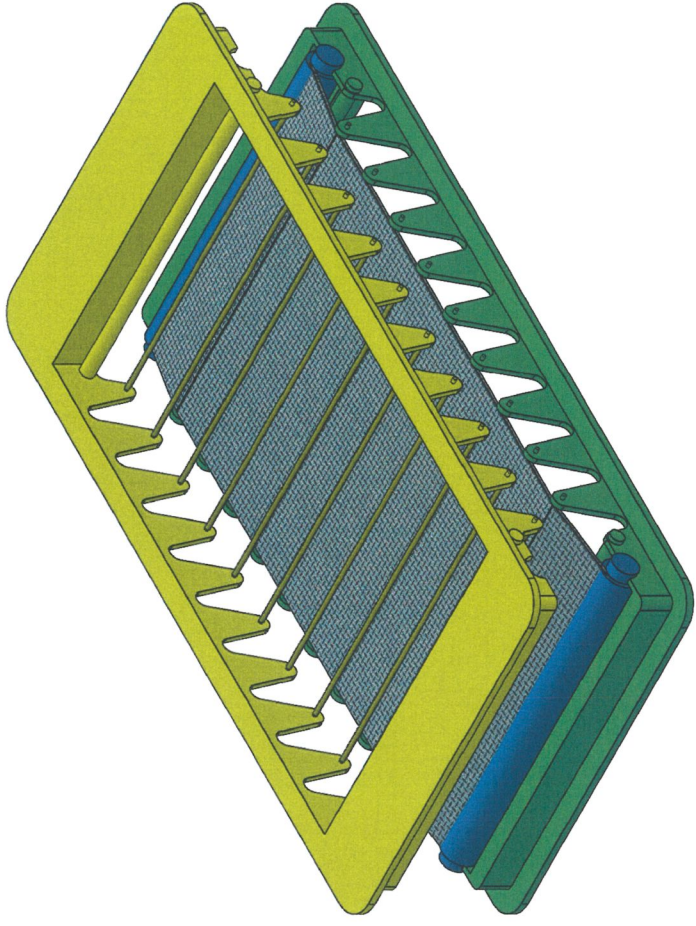
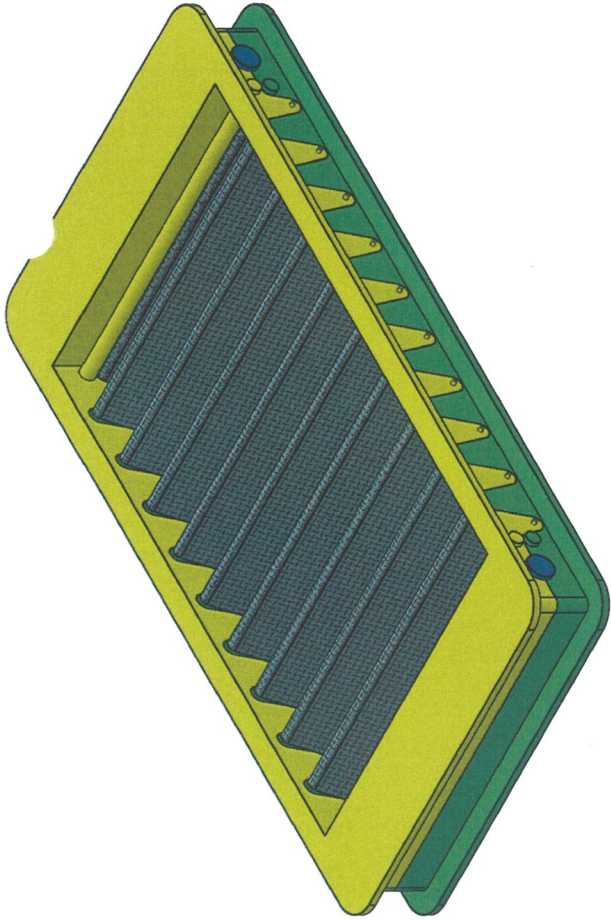
AIRFILTER4EVER

Ecovent Int.

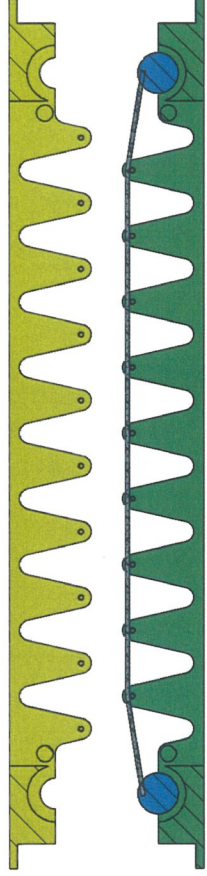
Samsøvej 18-22
DK-8382 Hinnerup
Denmark

Phone: (+45) 40 15 88 02

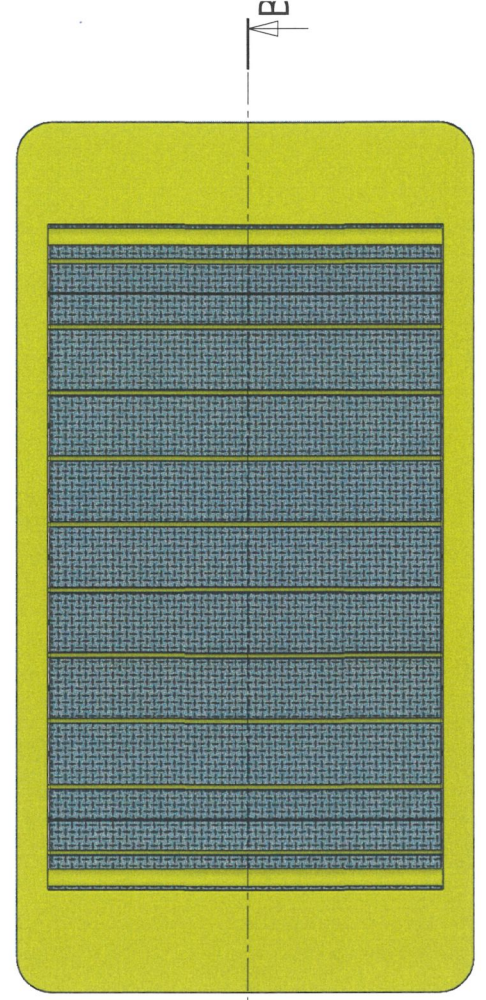
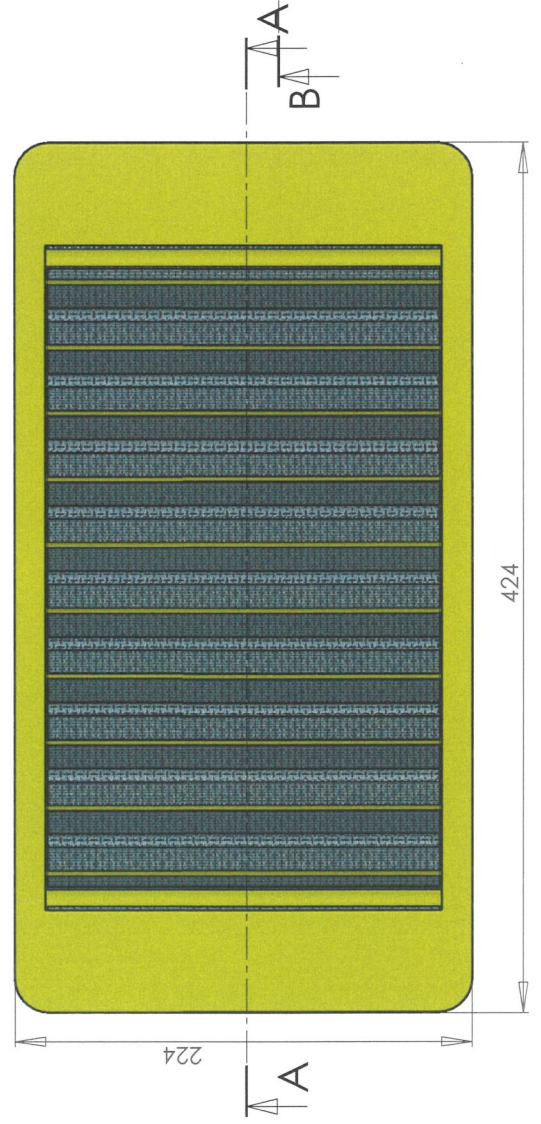
CVR nr. 32783236



SECTION A-A

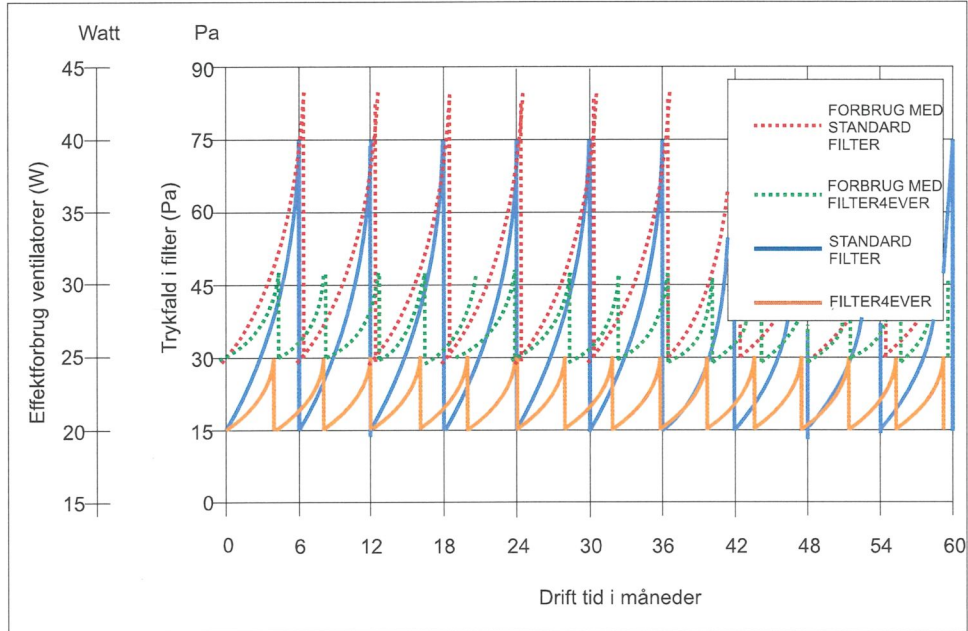


SECTION B-B

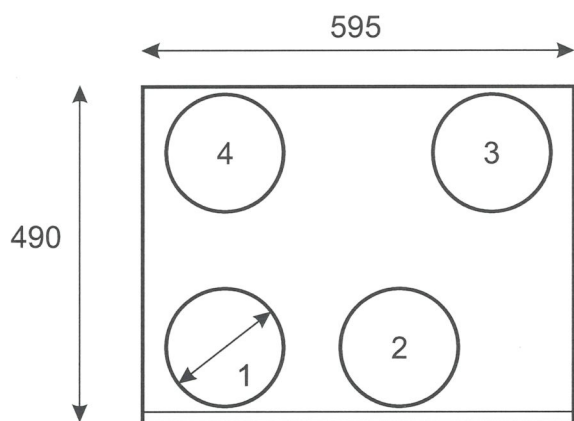


Trykfald i filter

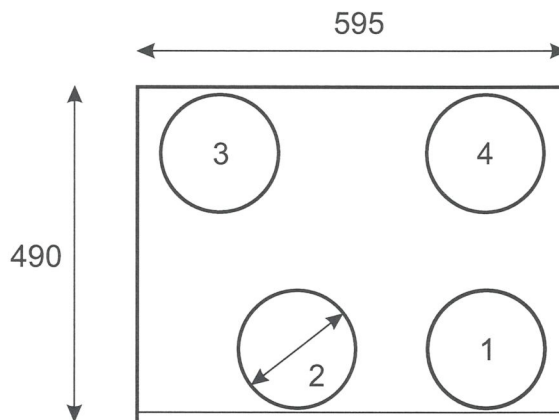
Diagrammet viser tryktabet i henholdsvis et standard filter med service interval halv årligt, og for airfilter4ever med automatisk filter frem spoling.
Energi forbruget til ventilator drift er baseret på konstant flow på 126 m³/h.



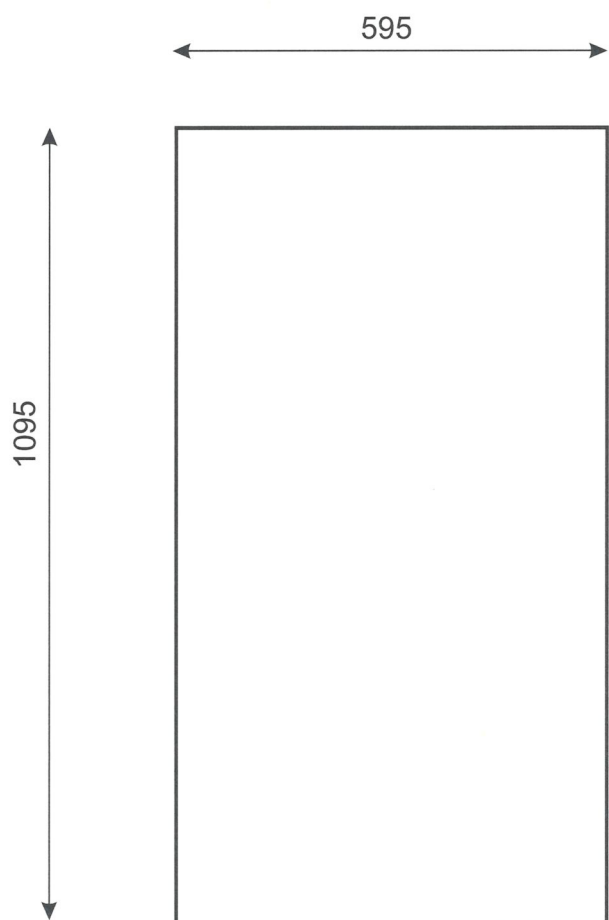
4. Udvikling af prototype ventilationsaggregat tilpasset dynamisk filtersystem



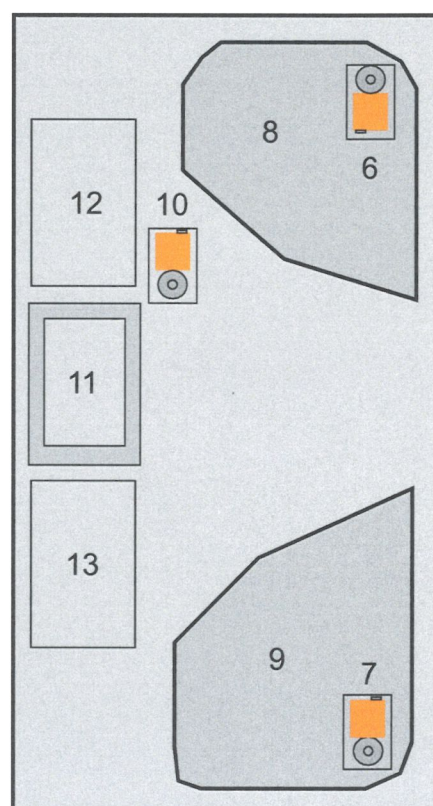
SET OVENFRA, HØJRE VERSION



SET OVENFRA, VENSTRE VERSION

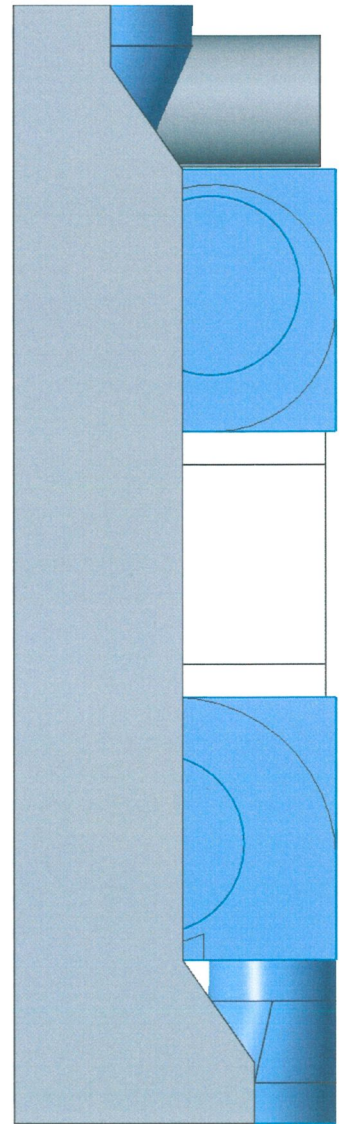
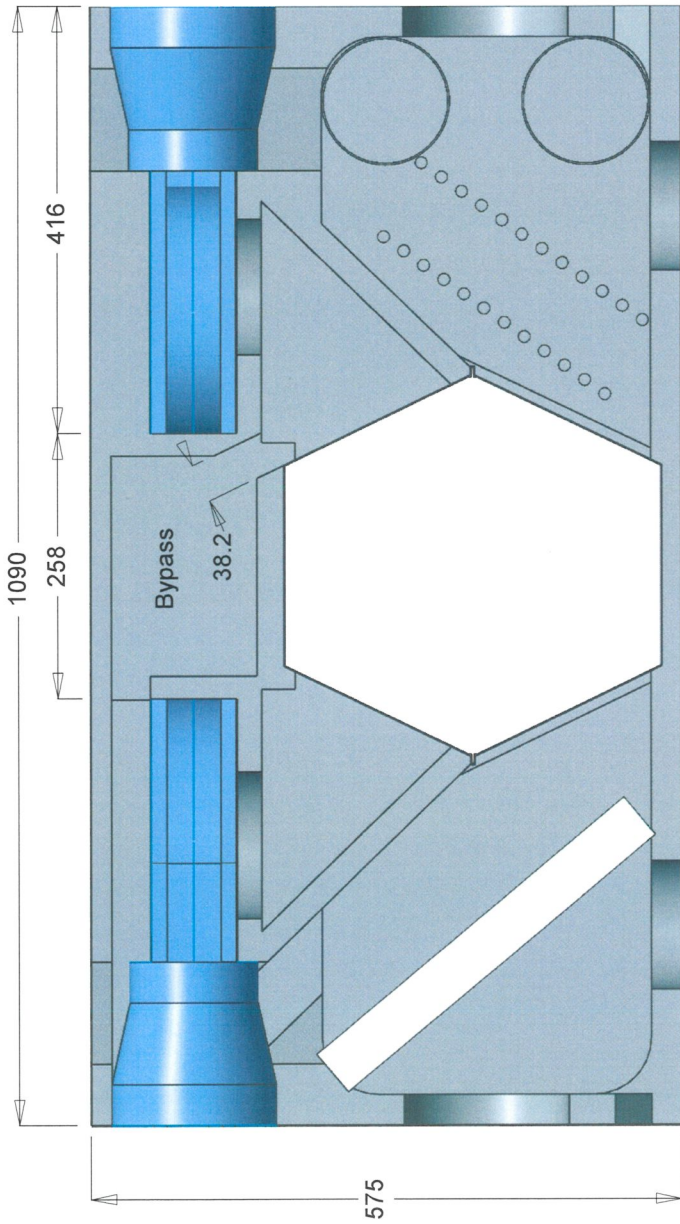
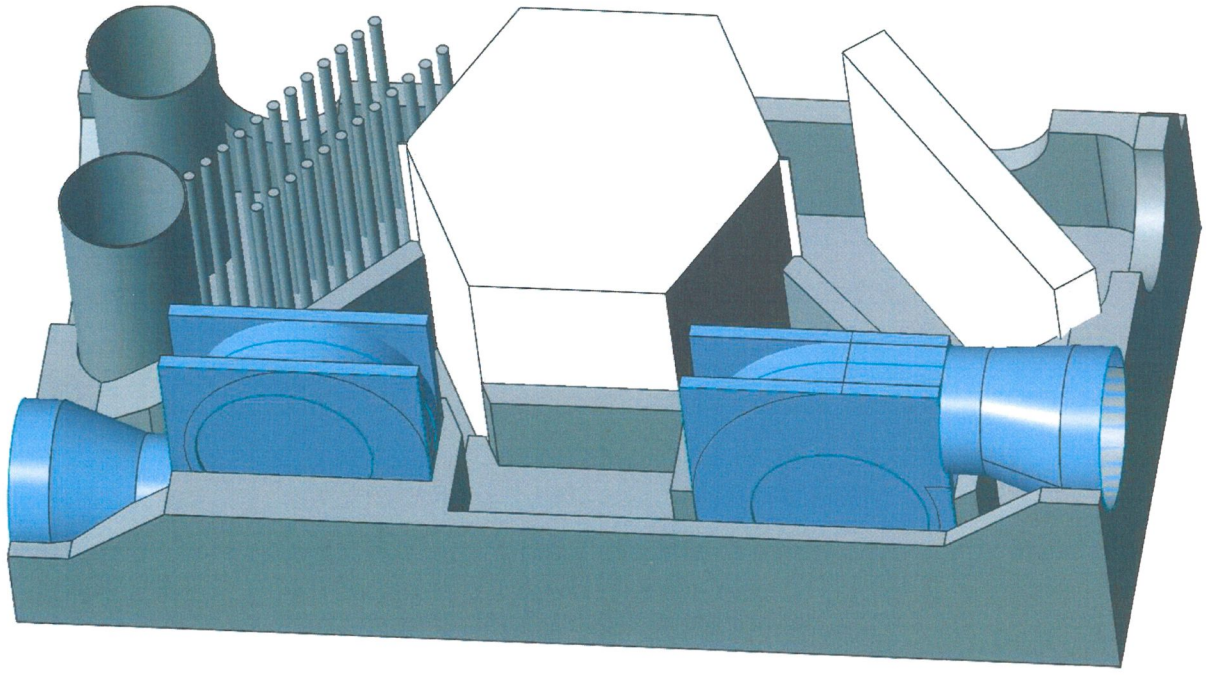


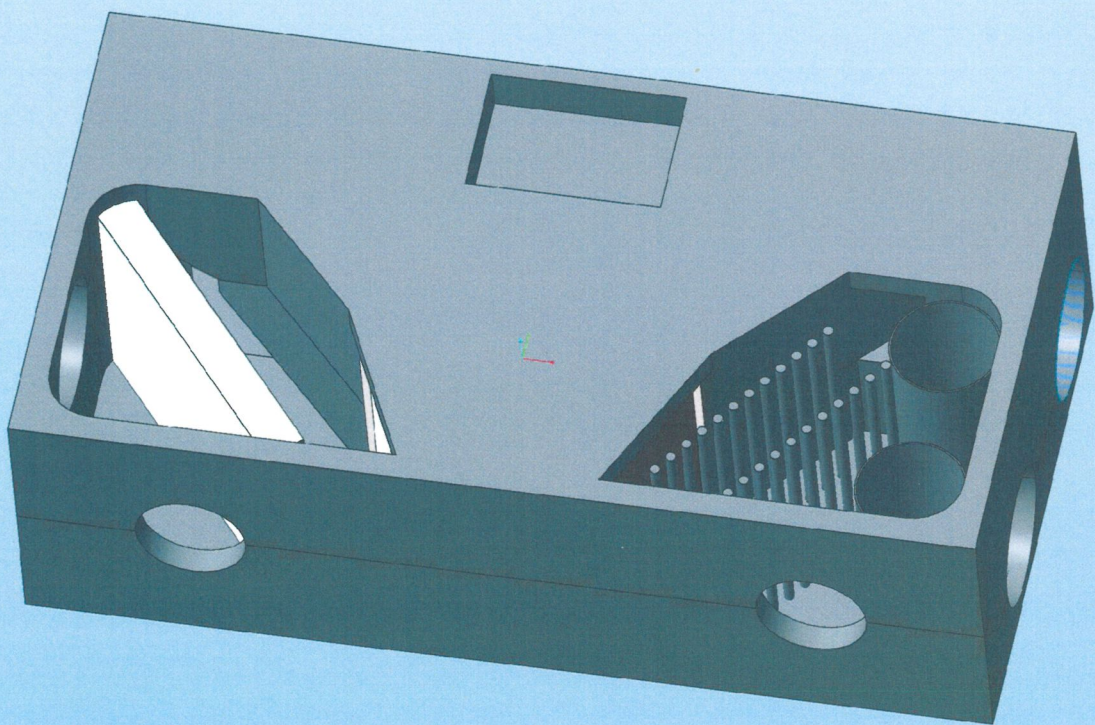
FRONT



FRONT UDEN LÅGE

- 1 Indbl. Ø160
- 2 Udsugn. Ø160
- 3 Udeluft Ø160
- 4 Afkast Ø160
- 5
- 6 Spolemotor filter udsugn.
- 7 Spolemotor filter udeluft
- 8 Servicedæksel filter udsugn.
- 9 Servicedæksel filter udeluft
- 10 Modulerende by-pass
- 11 EI boks
- 12 Servicedæksel ventilator indbl.
- 13 Servicedæksel ventilator afkast





Det var tanken at benytte en varmegenvinder, som er udviklet i et tidligere projekt i samarbejde med ventilationsfirmaet EcoVent ApS.

Varmegenvinderen er fremstillet i to forskellige længder: $L = 700$ mm og $L = 1000$ mm.

Med en ønsket genvindingsgrad på mindst 85% var den mindste varmegenvinder ikke god nok.

Desværre kunne der ikke udvikles et ventilationsaggregat med plads til både genvinderen og det dynamiske filter.

Derfor blev det besluttet, at benytte sig af en varmegenvinder fra Holland.



VEKSLER TEST 4, modstrøm, 700mm lang

Prøvning Luft-luft modstrømsveksler til boliger

Formål: Referencetest Side 1 af 7Dato: 2012.02.24
Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype (Folie lag monteret)
Rapport nr.: 2012_11_Øland_veksler L=700mmKunde: Organisation: Øland A/S
Kontakt: Niels Schondel (Projectmanager)
E-mail: nls@oeland.dk Telefon: 21711542 72 20 19 11Laboratorium Adresse: Teknologisk Institut, Energieeffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Erik Iivirgel Hansen, eh@teknologisk.dk mobil tlf 0045 72202524Aggregat data: Fabrikat, type: Øland veksler prototype lille, L=700 mm Spænding: x
Kontakt: Fabrikantoplysning
Nominel luftstrøm q_{mn} : 250m³/h
Nominel luftstrøm 1: 250m³/h
Nominel luftstrøm 2: 250m³/h
Id. nr.: intet skilt Artikel nr.: ... år: 2012
Dimension, l,b,h,[mm]: 700x425x230 Hoved kanal dim. [mm] x [mm]: 210x200
hovedkanalplacering:
Filter klasse: ind/ud: ingen filter
Reguleringssystem: -
Indstillingsmuligheder: Ingen

Kommentarer: Målet 700 mm er mellem yderspidsen, dvs længste mål

Varmevekslertype: EN 308 category 1, recuperator, partly counterflow

Datoer: Aggregat modtaget: feb 2012.

Procedure: EN 308 (1997): clause 5: leakage, clause 6: temperature ratios
ISO 5801: (1997): clause 23, determination of flowrate using Venturi NozzlesResultater: Se bilag. q_{nep}/q_{mn} [%] Maks tilladt
Ekstern lækage ved undertryk $dp=250$ Pa: 0.17% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=250$ Pa: 0.24% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage. $dp=100$ Pa q_{mil}/q_{mn} : 1.46% Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %Note: (Trykkene 100- and 250 Pa bruges for aggregatet beregnet til brug i anlæg med statisk tryk på 250 Pa eller lavere)
Lækageprocenten er beregnet ud fra en nominel luftstrøm på 250 m³/h

Lækage, sammen- Den eksterne lækage opfylder kravene i EN 308

drag: Den interne lækage opfylder kravene i EN 308

Tryktabs-test: (EN308 chap 5.6 and 6.5) Er gennemført da der er tale om 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
ANHC Anders Høj Christensen, Laboratorieingeniør

Underskrift:

Erik Iivirgel Hansen/ Anders Høj Christensen /

Rapportfil nr.: Y:\Workspace\EHH_AGG_lab\Testmapper_2012\2012_11_Øland_vekslertest
4_700mm_2012_02_24\03_målinger\Øland Veksler test 4_700 mm_da_brune



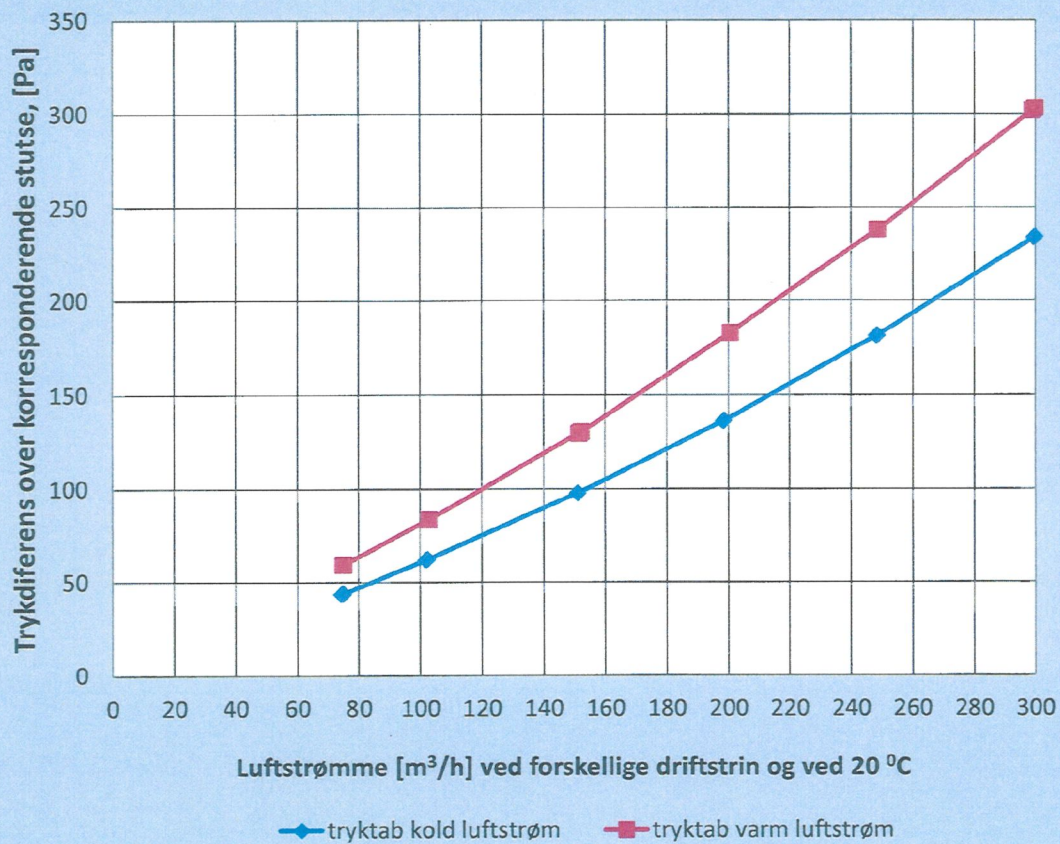
Prøvning: Kapacitets måling, Kurver

Dato: 2012.02.24 Rapport nr: 2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side 2 af 7

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype

Tryktab for Øland modstrømsveksler 4, prototype, L= 700, TI 2012_02_24



**Prøvning: Tryktab begge luftstrømme**

Dato:

2012.02.24

Rapport nr:

2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side 3 af 7

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype

Målefil	Filnavn	L=700	Kold indblæsningsluftstrøm, ref 20 °C [m ³ /h]	Trykdifferens over korrespondierende stutse for kold indblæsning		Trykdifferens over korrespondierende stutse for varm udsugning (fraluft)	
				[Pa]	[m ³ /h]	[Pa]	[m ³ /h]
	75m3h		74	44	75	59	
	75m3h		75	44	75	59	
	75m3h		75	44	75	59	
	75m3h		75	44	75	59	
	75m3h		75	44	75	59	
	75m3h		75	44	75	59	
	100m3h		102	62	103	84	
	100m3h		102	62	103	83	
	100m3h		102	62	103	83	
	100m3h		103	62	103	83	
	150m3h		151	98	152	130	
	150m3h		151	98	152	129	
	150m3h		151	98	152	129	
	150m3h		151	98	151	129	
	200m3h		198	136	201	183	
	200m3h		198	136	201	182	
	200m3h		199	136	201	182	
	200m3h		199	136	201	183	
	250m3h		248	181	249	238	
	250m3h		248	181	248	238	
	250m3h		249	181	249	238	
	250m3h		249	181	249	238	
	300m3h		299	233	299	302	
	300m3h		300	234	299	303	
	300m3h		300	234	300	303	
	300m3h		300	234	300	304	



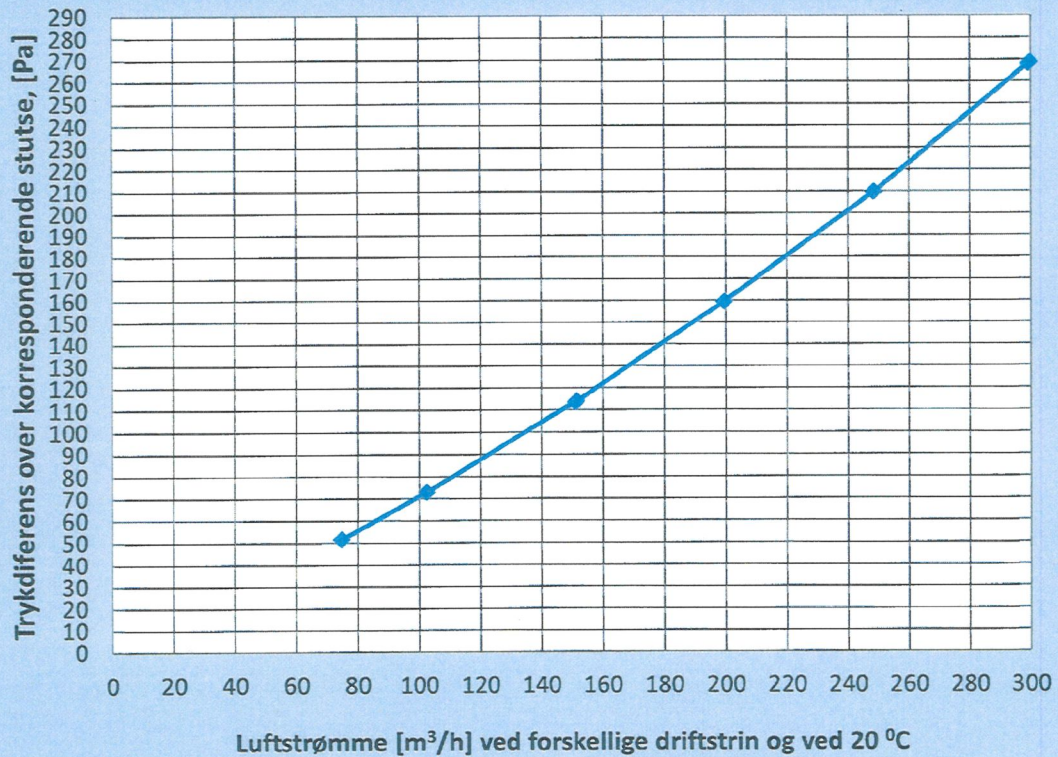
Prøvning: Tryktab, middelværdi af de to luftstrømme

Dato: 2012.02.24 Rapport nr: 2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side 4 af 7

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype

Middelværdi-tryktab for Øland modstrømsveksler 4, prototype, L= 700 mm, TI 2012_02_24



**Prøvning: Kapacitets måling, Middelværdi data**

Dato: 2012.02.24 Rapport nr: 2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side 5 af 7

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype

Omdrejningstal Trin:	Antal punkter: 25 qmiddel, af ind og ud 20 °C Middelkurve	Middelværdi
		af tryk- differens over korre- sponde- rende stutse [Pa]
75m3h	74.8	51.5
75m3h	74.8	51.5
75m3h	74.9	51.5
75m3h	74.9	51.6
75m3h	74.9	51.6
75m3h	75.1	51.5
100m3h	102.5	72.8
100m3h	102.5	72.8
100m3h	102.7	72.8
100m3h	102.7	72.9
150m3h	151.7	114.1
150m3h	151.3	113.5
150m3h	151.5	113.6
150m3h	151.3	113.4
200m3h	199.6	159.2
200m3h	199.6	159.2
200m3h	199.6	159.2
200m3h	199.7	159.4
250m3h	248.4	209.4
250m3h	248.5	209.5
250m3h	248.6	209.6
250m3h	248.7	209.5
300m3h	299.0	267.7
300m3h	299.5	268.2
300m3h	299.8	268.4
300m3h	300.1	268.7



Prøvning: Temperaturvirkningsgrad

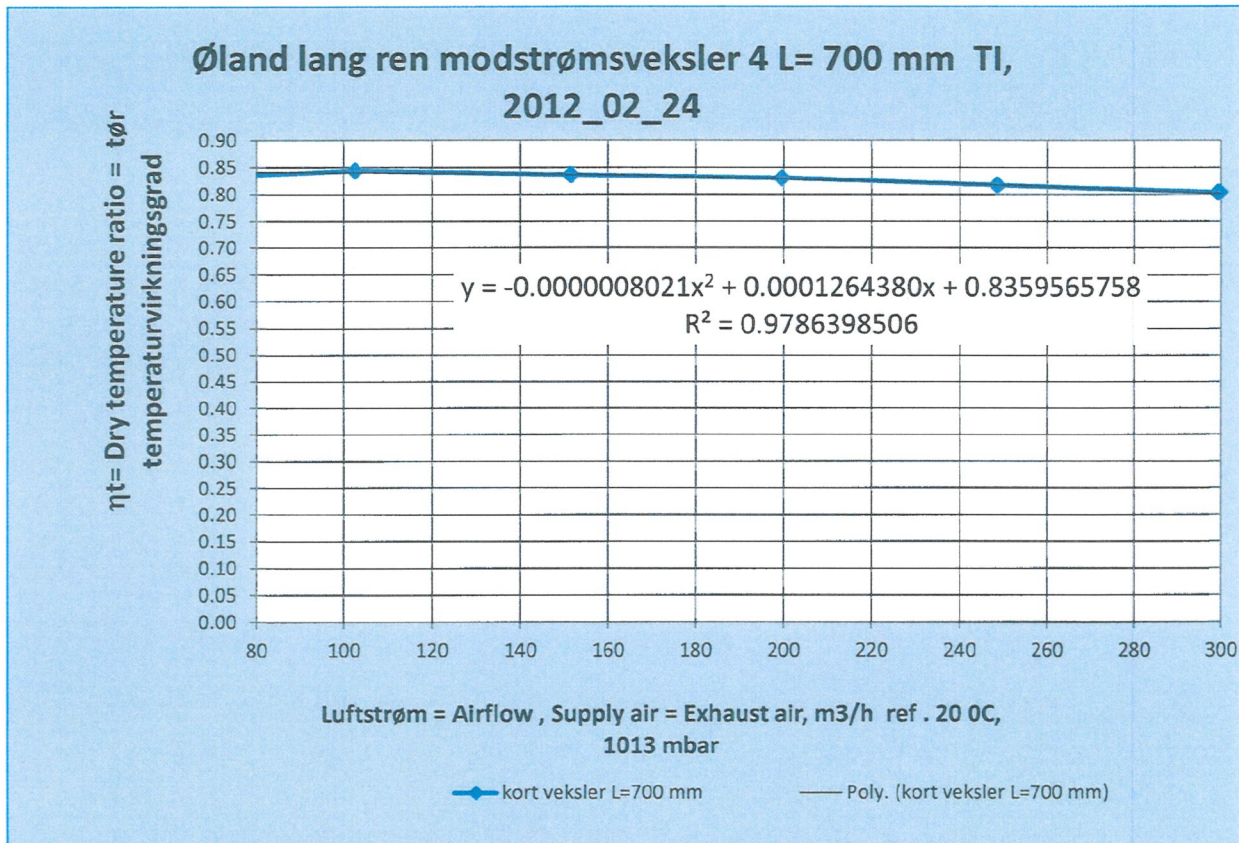
Dato: 2012.02.24

Rapport nr: 2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side 6 af 7

Udformet ud fra talsæt, der opfylder EN 308 mht energibalance mv.

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype



Luftstrøm q [m3/h] ref 20 °C	Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme
Veksler 4, 700 mm længste mål	
100	0.841
126	0.839
150	0.837
175	0.834
200	0.829
225	0.824
250	0.817
275	0.810
300	0.802

Beregningsudtryk: Tør virkningsgrad η (eta), q i [m3/h] ved 20 °C
$\text{eta} = -0.0000008021 \cdot q^2 + 0.000126438 \cdot q + 0.8359565758$
$q[\text{m3/h}]$



Foto

Dato:

2012.02.24

Rapport nr:

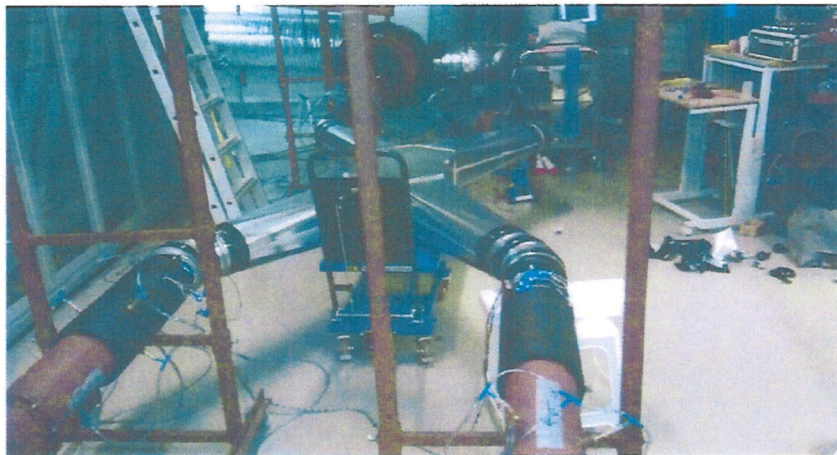
2012_11_Øland_veksler L=700mm

Side

7 af 7

Aggregatnavn:

Øland ren modstrømsveksler4, L=700 mm Prototype



Fotos viser dog L= 700 veksler fra rapport 2012_03 der bortset fra længden af midterstykket er identiske

**VEKSLER TEST 5, modstrøm, 1000mm lang****Prøvning Luft-luft modstrømsveksler til boliger****Formål:** Referencetest Side 1 af 8**Dato:** 2012.02.27**Aggregatnavn:** Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype (Folie lag monteret)**Rapport nr.:** 2012_13_Øland_veksler L=1000mm**Kunde:**
Organisation: Øland A/S
Kontakt: Niels Schondel (Projectmanager)
E-mail: nls@oeland.dk Telefon: 21711542 72 20 19 11**Laboratorium**
Adresse: Teknologisk Institut, Energieffektivisering og Ventilation, Gregersensvej, DK 2630 Taastrup.
DTI-kontakt: Erik Hvirgel Hansen, eh@teknologisk.dk mobil tlf 0045 72202524**Aggregat data:**
Fabrikat, type: Øland veksler prototype lille, L=1000 mm Spænding: x
Kontakt:
Nominel luftstrøm q_{mn} : 250m³/h Fabrikantoplysning
Nominel luftstrøm 1: 250m³/h
Nominel luftstrøm 2: 250m³/h
Id. nr.: intet skilt Artikel nr.: ... år: 2012
Dimension, l,b,h,[mm]: 1000x425x230 Hoved kanal dim. [mm] x [mm]: 210x200
hovedkanalplacering:
Filter klasse: ind/ud: ingen filter
Reguleringssystem: -
Indstillingsmuligheder: Ingen**Kommentarer:** Målet 1000 mm er mellem yderspidser, dvs længste mål
Varmevekslertype: EN 308 category 1, recuperator, partly counterflow**Datoer:** Aggregat modtaget: feb 2012.**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:	0.54%	Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Ekstern lækage ved overtryk $dp=250$ Pa:	0.70%	Maks tilladt, EN 308, kap. 5.5: 3 %
Intern relativ lækage, $dp=100$ Pa q_{mil}/q_{mn} :	1.71%	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)
Lækageprocenten er beregnet ud fra en nominel luftstrøm på 250 m³/h**Lækage, sammen- drag:** 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 gennemført da der er tale om 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
ANHCH Anders Høj Christensen, Laboratorieingeniør**Underskrift:** **Rapportfil nr.:** Erik Hvirgel Hansen/ Anders Høj Christensen /
Y:\Workspace\EHH_AGG_lab\Testmapper_2012\2012_13_Øland_vekslertest
5_1000mm_2012_02_27\03_målinger\Øland Veksler test 5_1000 mm_da_brune



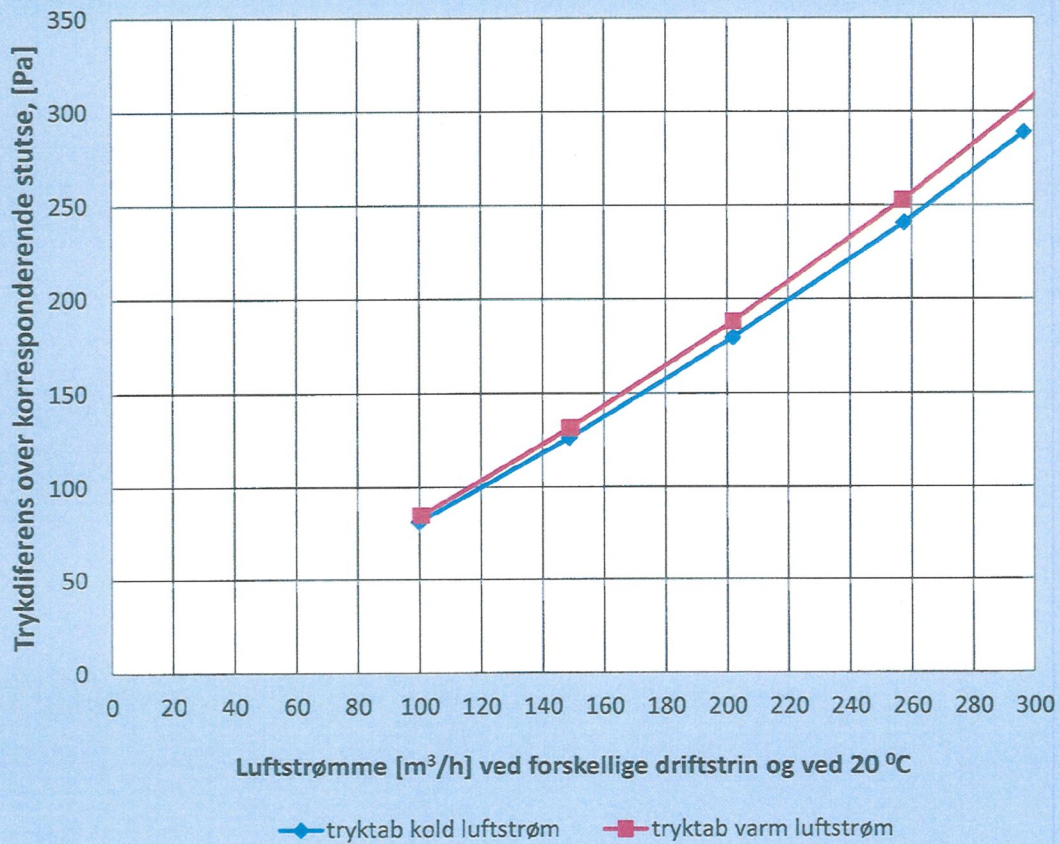
Prøvning: Kapacitets måling, Kurver

Dato: 2012.02.27 Rapport nr: 2012_13 Øland veksler L=1000mm

Side 2 af 8

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype

Tryktab for Øland modstrømsveksler, prototype 5 L= 1000, TI 2012_02_27



**Prøvning: Tryktab begge luftstrømme**

Dato: 2012.02.27

Rapport nr:

2012_13_Øland_veksler L=1000mm

Side 3 af 8

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype

Målefil	L=700	Kold indblæsningsluftstrøm, ref 20 °C [m ³ /h]	Trykdiffe-	Varm	Trykdiffe-
			rens over	udsug-	rens over
Filnavn			korrespond	ning	korrespon-
			erende	(fraluft)	derende
			stutse for		stutse for
			kold ind-	ref. 20 °C	varm udsug-
			blæsning		ning
			[Pa]	[m ³ /h]	[Pa]
100m3h		100	81	101	85
100m3h		100	81	101	85
100m3h		100	81	101	85
100m3h		100	81	101	85
150m3h		149	126	149	132
150m3h		149	126	149	132
150m3h		149	126	149	132
150m3h		149	126	149	131
200m3h		202	180	202	188
200m3h		202	180	202	188
250m3h		258	240	257	252
250m3h		258	241	257	252
300m3h		297	289	302	312
300m3h		297	289	302	312



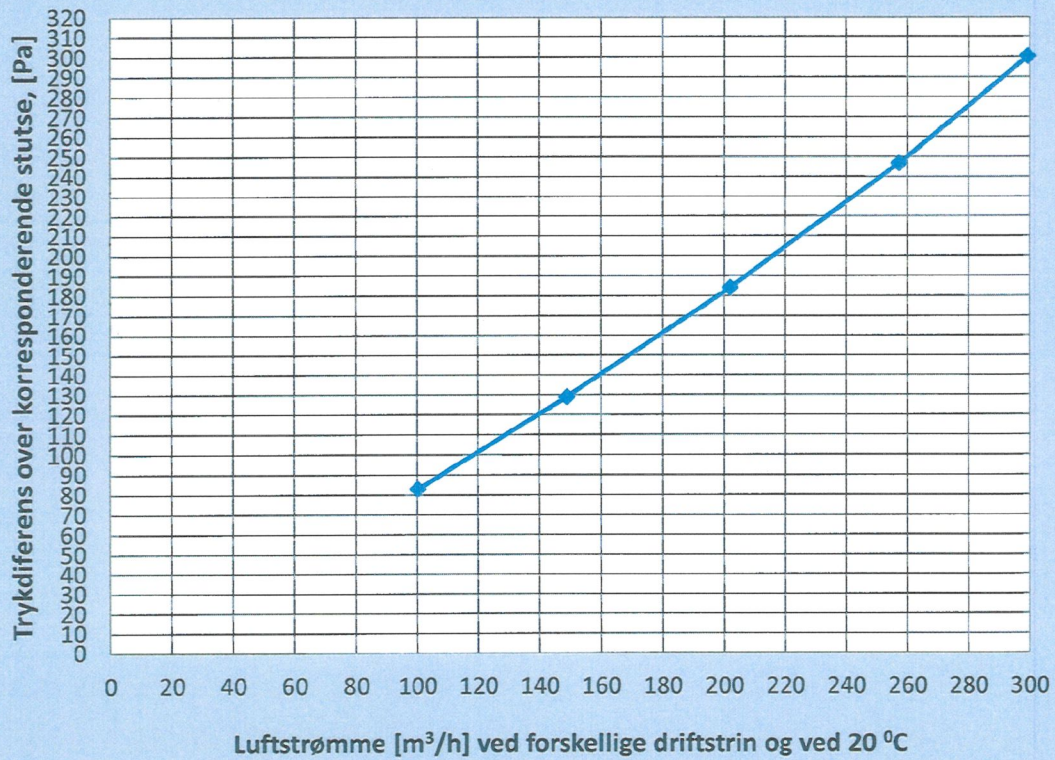
Prøvning: Tryktab, middelværdi af de to luftstrømme

Dato: 2012.02.27 Rapport nr: 2012_13_Øland_veksler L=1000mm

Side 4 af 8

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype

Middelværdi-tryktab for Øland modstrømsveksler 5, prototype, L= 1000 mm, TI 2012_02_27





Prøvning: Kapacitets måling, Middelværdi data

Dato: 2012.02.27 Rapport nr: 2012_13_Øland_veksler L=1000mm

Side 5 af 8

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype

Antal punkter: 13 Middelværdi af tryk-differens over korre-sponde-rende stutse

Omdrejningstal og ud 20 °C qmiddel, af ind

Trin: Middelveksturve

	m ³ /h	[Pa]
100m ³ h	100.3	83.0
100m ³ h	100.4	82.9
100m ³ h	100.4	83.0
100m ³ h	100.4	82.9
150m ³ h	149.1	129.0
150m ³ h	149.1	129.0
150m ³ h	149.0	129.0
150m ³ h	148.9	128.9
200m ³ h	202.1	183.8
200m ³ h	202.1	183.9
250m ³ h	257.3	246.5
250m ³ h	257.4	246.4
300m ³ h	299.4	300.0
300m ³ h	299.3	300.2



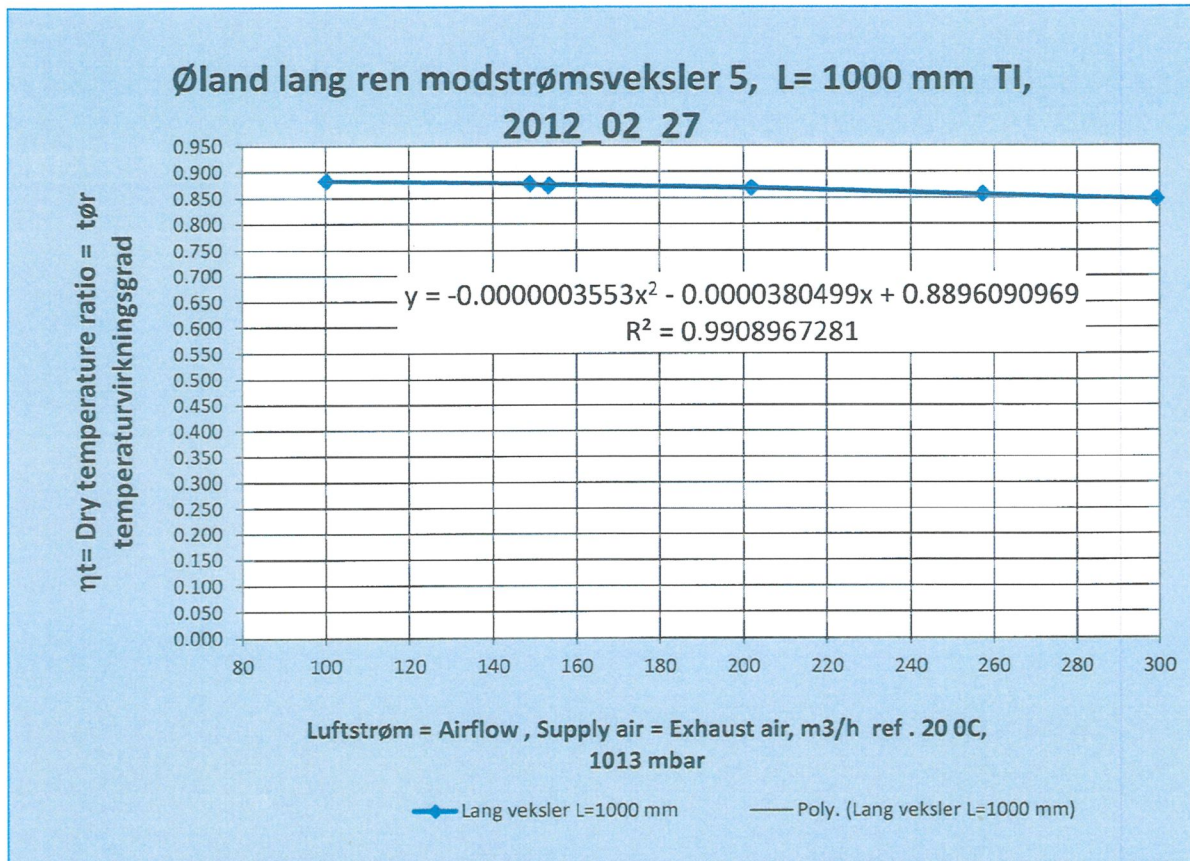
Prøvning: Temperaturvirkningsgrad

Dato: 2012.02.27 Rapport nr: 2012_13_Øland_veksler L=1000mm

Side 6 af 8

Udformet ud fra talsæt, der opfylder EN 308 mht energibalance mv.

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype



Luftstrøm q [m3/h] ref 20 °C	Tør virknings- grad η (eta) excl. motorvarme
Veksler 5, 1000mm længste mål	
100	0.882
126	0.879
150	0.876
175	0.872
200	0.868
225	0.863
250	0.858
275	0.852
300	0.846

Beregningsudtryk: Tør virkningsgrad η (eta), q i [m3/h] ved 20 °C
$\text{eta} = -0.0000003553 \cdot q^2 - 0.0000380499 \cdot q + 0.890$
$q[\text{m3/h}]$



Prøvning: VGV-sammenligning

Dato:

2012.02.27

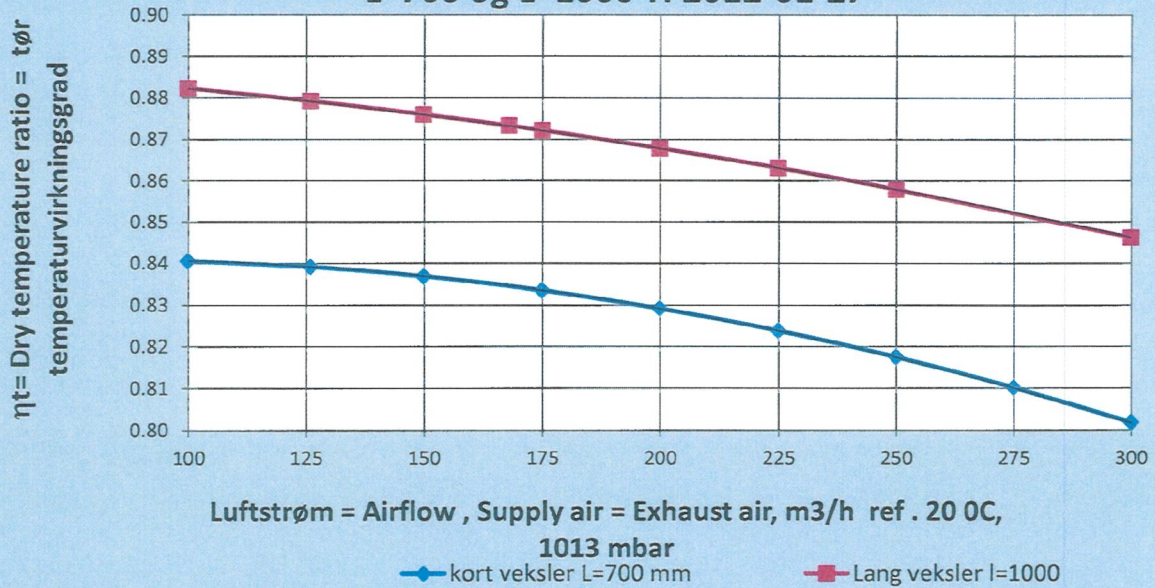
Rapport nr:

2012_13 Øland veksler L=1000mm

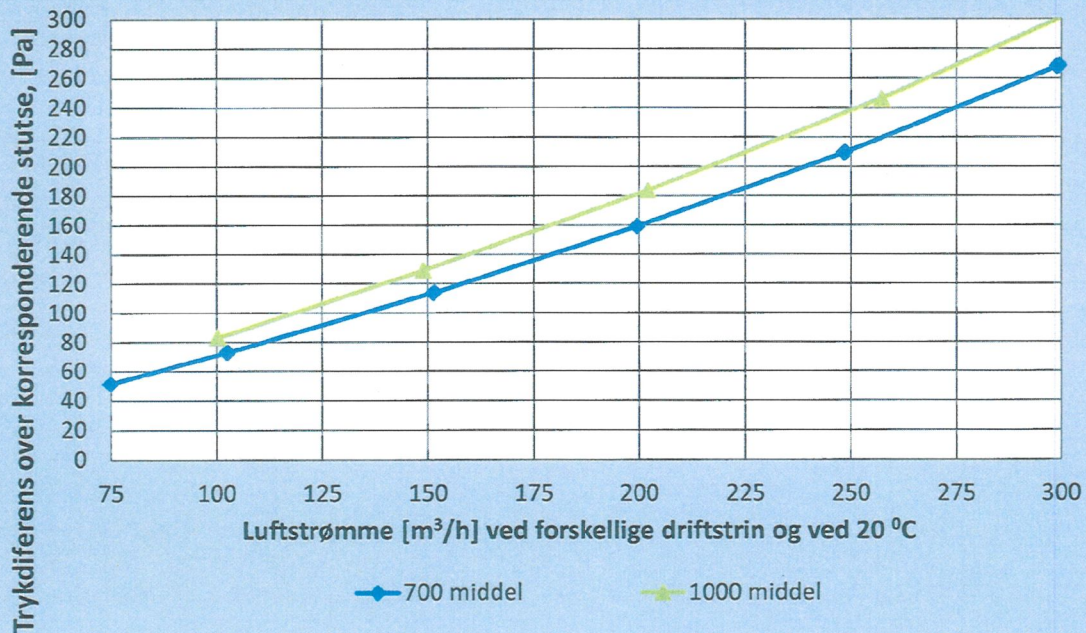
Side

7 af 8

Øland VGV- sammenligning for modstrømsveksler 4 og 5 L=700 og L=1000 TI 2012-01-27



Øland Tryktabs-sammenligning for modstrømsveksler 4 og 5, prototype, L= 700 og L=1000, TI 2012_01_27





Foto

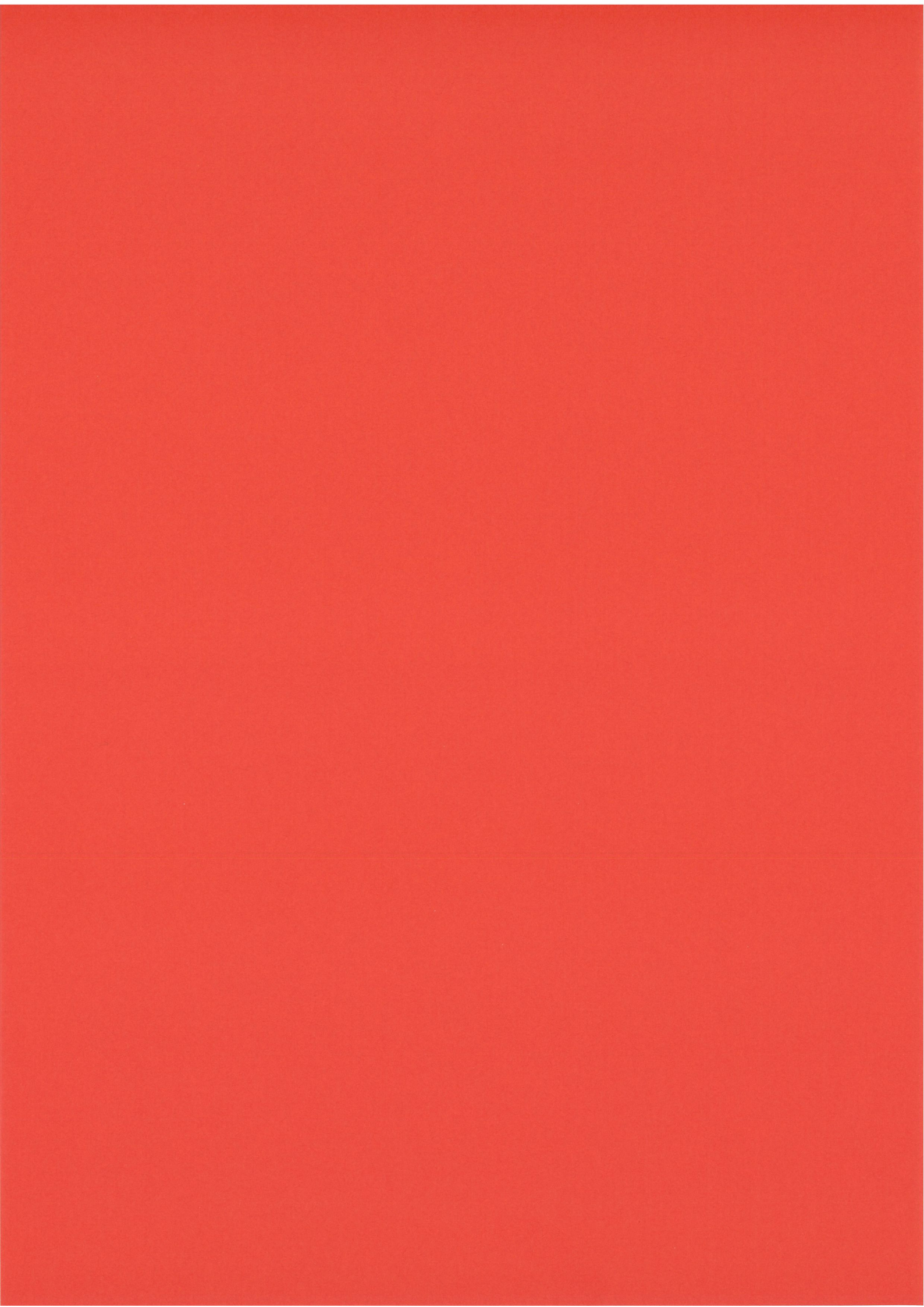
Dato: 2012.02.27 Rapport nr: 2012_13_Øland_veksler L=1000mm

Side 8 af 8

Aggregatnavn: Øland ren modstrømsveksler5, L=1000 mm Prototype



Fotos viser dog L= 700 veksler fra rapport 2012_03 der bortset fra længden af midterstykket er identiske



5. Akkrediteret test af prototype ventilationsaggregat i AHU laboratoriet



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

The Energy Test Center of DTI - AHU-Lab

Report no.:

300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891

DTI - AHU-Lab case.no:

300-AHU-Lab-17-11 Ecovent

Product:

RVU - Ecovent

Customer:

Danish Technological Institute

Date:

04 September 2017

Consultant:

Mads Peter Rudolph Hansen

**Energy and Climate
Centre for Energy Efficiency & Ventilation**



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
 Model: ECO400S Comfort Purchase order No: 2003891
 Software: 0 Date: 04 September 2017
 Serial No: ---

Page no. 1 of 26

1. Information

Client:

Client: Danish Technological Institute
 Contact: Christian Drivsholm (DTI)
 Email: cd@teknologisk.dk

Laboratory:

Laboratory-address: Danish Technological Institute, Energy and Ventilation, Gregersensvej, 2L
 DK 2630 Taastrup.
 DTI-Contact: Mads Peter Rudolph Hansen, mprh@teknologisk.dk, phone: +45 72202341
 Erik Hvirgel Hansen, ehh@teknologisk.dk, phone: +45 72202524

Subject data:

Manufacturer: Ecovent
 Test object: ECO400S Comfort
 Contact: John Jensen, 40158802, jsj@ecovent.dk
 Serial No.: ---

These results are only valid for the tested subject. Excerpts of this report may only be reproduced with written permission from the laboratory. The test has been performed according to DTI's conditions for commissioned work

Content of order:

Mechanical characteristics

External and internal leakage

Performance

Air flow, Pressure, Power input, SFP
Heat recovery

Standards:

ISO 5801	EN 308	EN13141-7
	EN 17025	

Following tests has been carried out on the unit:

Internal and external leakage test in accordance to EN308 / EN13141-7
 Heat Recovery test in accordance to EN308
 Performance test: Air flow / pressure curves and Power input

Dates:

Arrival of testobject: 07 August 2017
 Test period: 08/12/2017 - 21/12/2017

Tested by:

Danish Technological Institute (DTI)/VELA-AHU Laboratory - Gregersensvej, DK 2630 Taastrup
 Mads Peter Rudolph Hansen, Laboratory Engineer
 Birger Bech Jessen, Laboratory Engineer
 Kurt F. Johansen, Laboratory Technician

Signature:


 Mads Peter Rudolph Hansen/


 Erik Hvirgel Hansen/ signature of co reader



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 2 of 26

2. Testing Object

Pictures:



Figure 1: Picture of the tested AHU

No name plate was found on unit

Figure 2: Name plate on unit



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 3 of 26

3. Measuring Equipment

3.1 List of Measuring devices used by Danish Technological Institute

Table 1: Measuring devices used if relevant

Measurements	Measuring device	Calibration date:
Temperatures		
Air	Cu-CrNi, Type T	26-03-2012
Water	PT100	22-03-2016
Dew point temperature	MBW Elektronik AG 473	31-03-2017
Relative humidity	Novasina Hygrodat 100	10-02-2017
Barometric pressure	Vaisala PTA 427	04-04-2013
Air pressure difference	ABB 265 DS	13-08-2015
Liquid pressure difference	Siemens Sitrans P	30-10-2015
Refrigerant pressure	Not used	---
Power, voltage, current	Zimmer LMG 450	03-04-2017
Fan revolutions	Pepperl+Fuchs MLT100-8-H-RT/98/103	04-08-2012
Air flow rate	Standardized ISO 5801 elliptical nozzle	23-03-2017
Water flow rate	Siemens Sitrans Mag3100/Mag5000	27-01-2015
Mass	Mettler ID1 Multirange	27-09-2012
Duration	Hanhart Profil 1	04-08-2012
Leakage flow rate	Gas Meter Elster Handel G65 GmbH Mainz	15-12-2015
	Gas Meter Elster Handel BK-G25T GmbH Mainz	17-03-2016
	DPM Micromanometer	20-02-2017
	DPM RS232 Micromanometer	20-02-2017
Deflection	Diesella	25-08-2015
Sound intensity	Brüel & Kjær 2270 G	06-02-2015
Sound intensity probe	Brüel & Kjær 2683	27-03-2015
Frequency analysis	Brüel & Kjær 2270 G	06-02-2015
Reference sound source	Brüel & Kjær 4204	22-07-2015
Calibrator - Intensity	Brüel & Kjær 4297	27-03-2015

Table 2: Recording of measurements and calculation programs

Data Logger	LabView
	Compact Fieldpoint
Calculation and evaluation of capacity tests	Excel_Eurolab_01
Acoustical calculation	Sound power measured on site + additional quality control and summations using spreadsheet



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Manufacturer: Ecovent
 Model: ECO400S Comfort
 Software:
 Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
 Purchase order No: 2003891
 Date: 04 September 2017

Measuring Equipment

3.2 Uncertainties of measuring devices

Table 3: Uncertainties of measuring devices used by DTI

Measurement	Uncertainty
Temperature water	0.1 °C
Temperature Air	0.14%
Dew point temperature	0.1 °C
Relative humidity	0.50%
Air flow rate	±2%
Water flow rate	0.55%
Leakage air flow rate	2.00%
Leakage air pressure	0.50%
Barometric pressure	±0.8hPa
Air pressure	0.50%
Water pressure	0.59%
Voltage, current, power	0.1%; 0.15%; 0.15%
Duration	0.1s
Mass	-
Deflection	0.01mm
Number of revolutions	0.01%
Sound intensity	1.5 dB (worst case)
Sound pressure level	1.5 dB (worst case)
Frequency analysis	3 dB (worst case)



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Manufacturer: Ecovent
 Model: ECO400S Comfort
 Software:
 Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
 Purchase order No: 2003891
 Date: 04 September 2017

4. Test Results - Summary

4.1 Leakage test in accordance to EN308 and EN13141-7

Table 4: Results of the external leakage test on the real unit

Over pressure

Nominal applied value q_{vn}	400	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3 (EN308, <3%)	Meas. 4		Table of leakage classification in acc. to EN 13141-7			
Over pressure		100	150	250	---	Pa	Class	Pressurization test		
Leakage flow		1.5	2.3	2.9	---	m ³ /h		Internal leakage	External leakage	
Leakage		0.38	0.56	0.71	---	%		at 100 Pa	at 250 Pa	
Leakage classification in acc. to EN13141-7		A1	A1	A1	---			A1	≤ 2 %	≤ 2 %
Under pressure								A2	≤ 5 %	≤ 5 %
Nominal applied value q_{vn}	400	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3 (EN308, <3%)	Meas. 4		A3	≤ 10 %	≤ 10 %	
Under pressure		100	150	250	---	Pa	Not classified	> 10 %	> 10 %	
Leakage flow		1.6	2.3	2.8	---	m ³ /h				
Leakage		0.40	0.56	0.71	---	%				
Leakage classification in acc. to EN13141-7		A1	A1	A1	---					



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

4. Test Results - Summary

4.1 Leakage test in accordance to EN308 and EN13141-7

Table 5: Results of the internal leakage test on the real unit

Nominal applied value q_{vn}	400	Meas. 1	Meas. 2 (EN308, <3%)	Meas. 3	Meas. 4		Table of leakage classification in acc. to EN 13141-7		
							Class	Pressurization test	
Pressure difference	50	100	200	---	Pa			Internal leakage	External leakage
Leakage flow	1.7	2.5	3.9	---	m^3/h			at 100 Pa	at 250 Pa
Leakage	0.41	0.63	0.98	---	%	A1		≤ 2 %	≤ 2 %
Leakage classification in acc. to EN13141-7	A1	A1	A1	---		A2		≤ 5 %	≤ 5 %
						A3		≤ 10 %	≤ 10 %
						Not classified		> 10 %	> 10 %



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

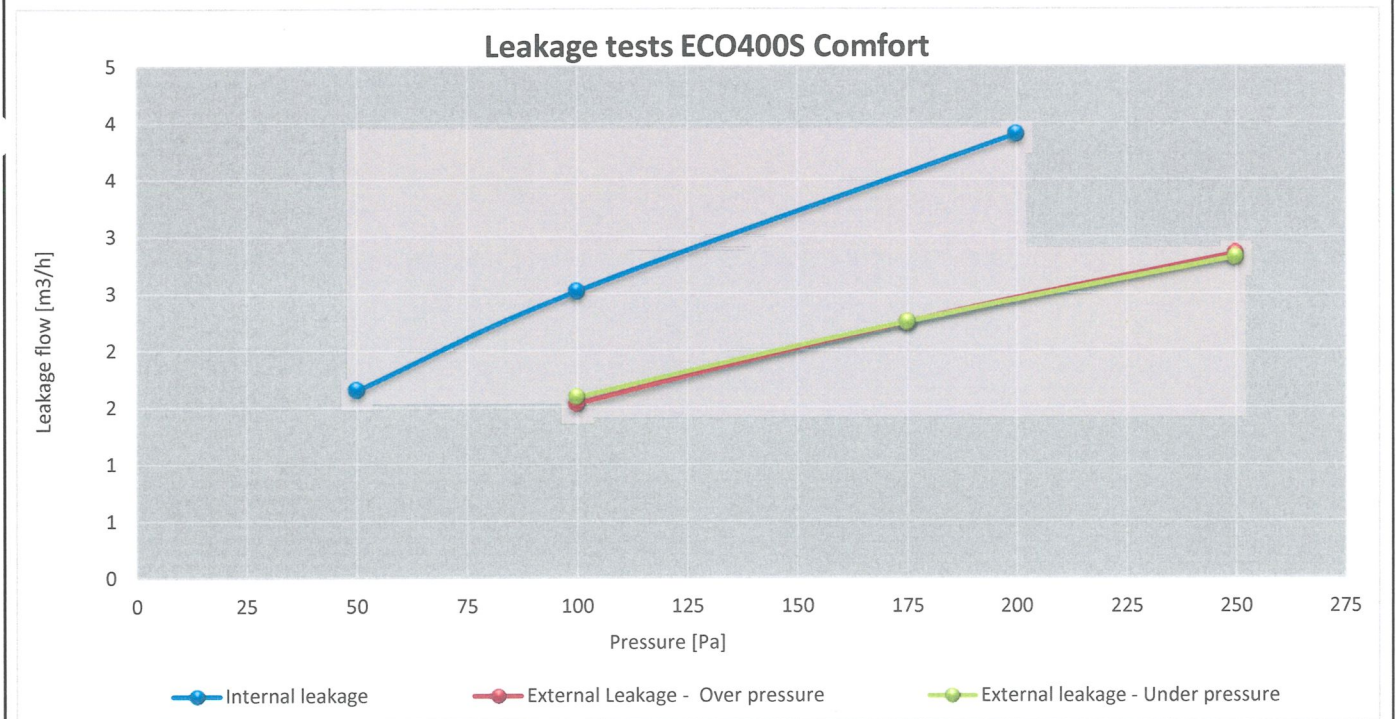
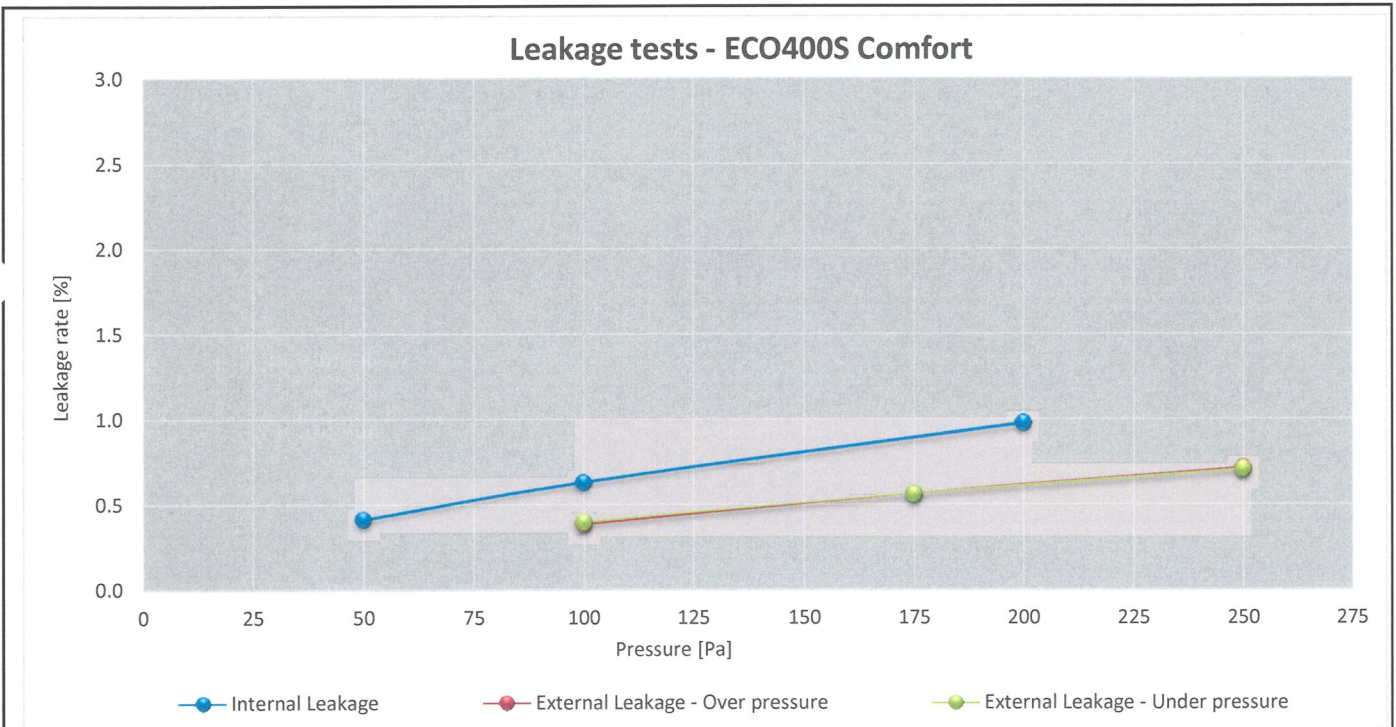
Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 7 of 26

4. Test Results - Summary

4.1 Leakage test in accordance to EN308 and EN13141-7





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 8 of 26

4 Test Results - Summary Heat Recovery

4.6 Heat Recovery test

Table 6: Results of the Heat recovery test

EN308		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN308
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.248	0.117	0.004	---	---	%	
Average calculated air flow ²⁾	V_a	417	291	184	---	---	m ³ /h	
Dry bulb temperature 22	T_{22hr}	18.4	18.5	19.0	---	---	°C	
Dry bulb temperature 22 corrected	T_{22hrc}	18.1	18.2	18.6	---	---	°C	
Dry bulb temperature 21	T_{21hr}	6.9	7.1	7.0	---	---	°C	$5 \pm 0.5 \text{ °C}$
Dry bulb temperature 11	T_{11hr}	20.3	19.9	20.0	---	---	°C	$25 \pm 0.5 \text{ °C}$
Heat recovery ratio ³⁾	η_{tc}	85.9	88.8	92.5	---	---	%	
Heat recovery ratio corrected ^{4) 6) 7)}	$\eta_{t,corr}$	84.1	86.6	89.3	---	---	%	
Heat recovery ratio qm corrected ⁵⁾	$\eta_{t,qm}$	87.0	88.9	92.5	---	---	%	

2) $V_a = (V_{11} + V_{22}) / 2$

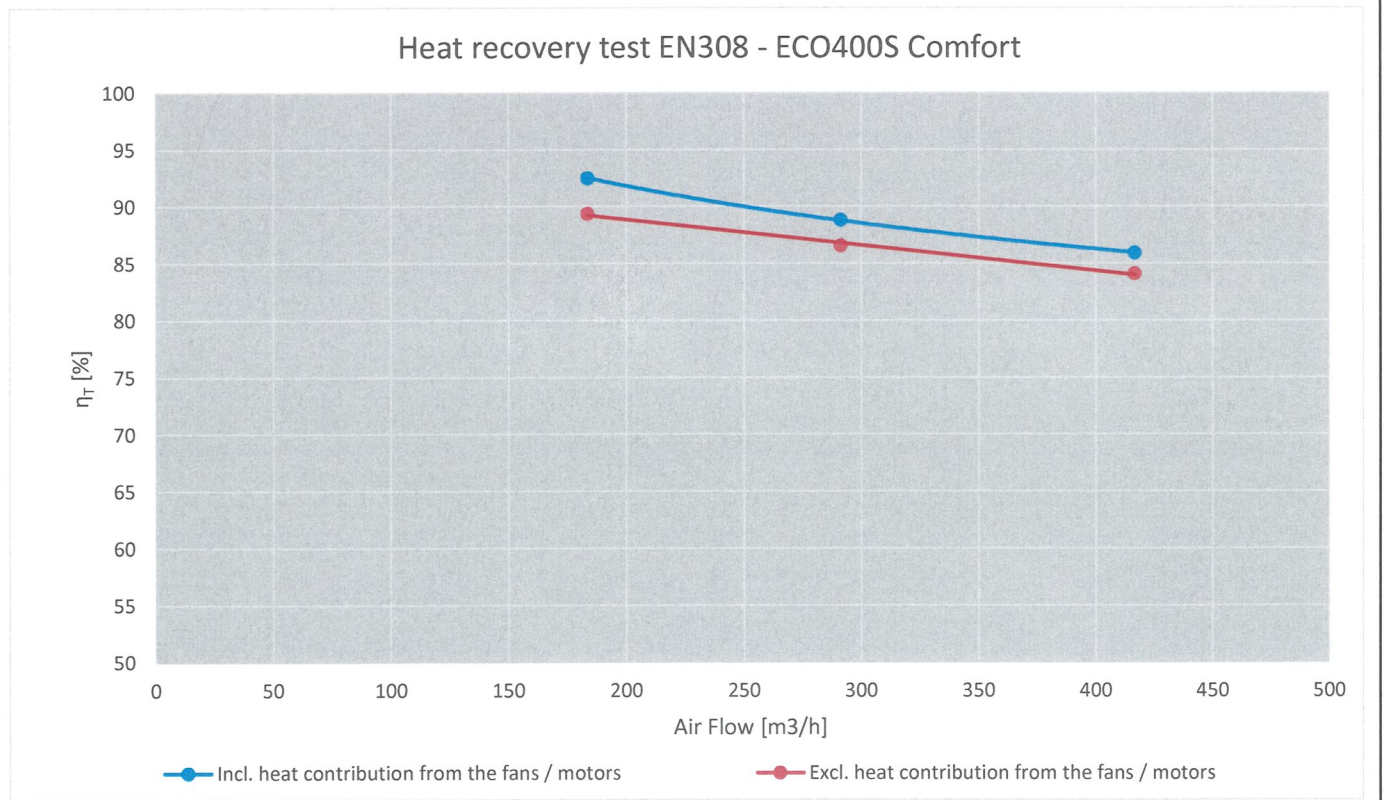
3) $\eta_{tc} = (T_{22hr} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr})$

4) $\eta_{t,corr} = (T_{22hrc} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr})$; $T_{22hrc} = T_{22hr} - \Delta T_{fan, supply}$

5) $\eta_{t,qm} = (T_{22hr} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr}) \times (q_{m22} / q_{m11})$

6) The formulas of the temperature corrections is described on page 20 in this report

7) $\eta_{hyd} = 0.3$; the hydraulic efficiency is set by DTI and is an estimated value





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

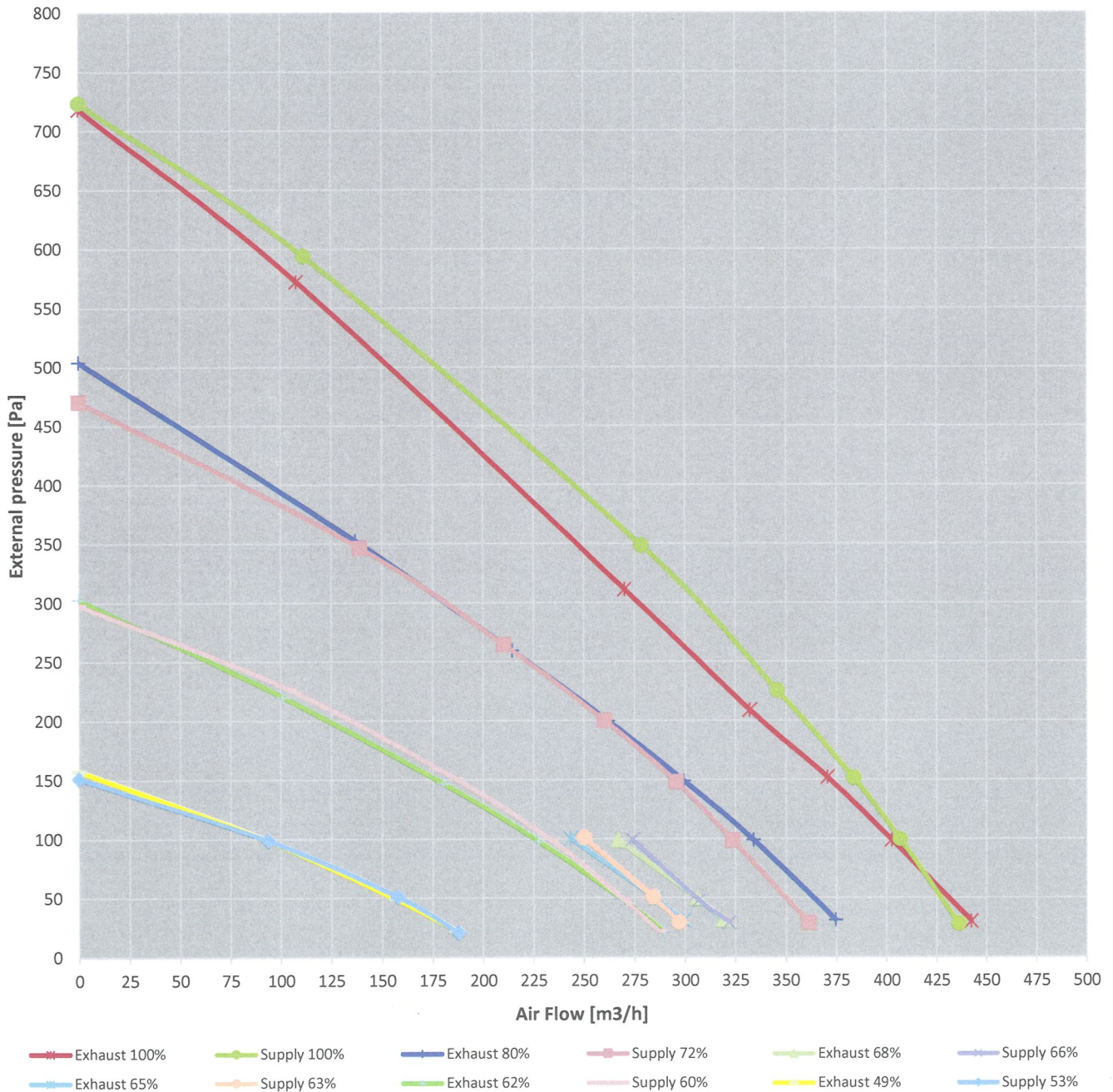
Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

4. Test Results - Summary

4.7 Performance test

Air flow / Pressure curves - ECO400S Comfort





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 10 of 26

Appendix

A. Test Results - Heat recovery

Table 7: Results of the heat recovery test, data of extract / exhaust air

EN308		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Barometric pressure	p_{atm}	1002.94	1002.96	1002.81	---	---	hPa	
Ambient temperature	T_{amb}	20.3	20.1	20.2	---	---	°C	$T_{amb} = T_{11} \pm 1 \text{ °C}$
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.248	0.117	0.004	---	---	%	3% ³⁾
Average calculated air flow ²⁾	V_a	417	291	184	---	---	m ³ /h	
Extract Air in chamber before heat exchanger								
Pressure	p_{11hr}	-63.5	-33.0	-50.6	---	---	Pa	
Dry bulb temperature	T_{11hr}	20.3	19.9	20.0	---	---	°C	$20 \pm 0.3 \text{ °C}$
Wet bulb temperature	T_{w11hr}	13.97	17.95	16.97	---	---	°C	$< 12 \text{ °C}$
Dew point temperature	T_{D11hr}	-2.8	-2.7	-2.7	---	---	°C	
Relative humidity	RH_{11rh}	20.8	21.5	21.3	---	---	r.h.%	
Density	ρ_{11rh}	1.19	1.19	1.19	---	---	kg/m ³	
Specific humidity	RH_{m11rh}	3.1	3.1	3.1	---	---	g/kg	
Specific enthalpy	H_{11rh}	28.20	27.94	28.00	---	---	kJ/kg	
Measured Mass flow	q_{m11}	0.1380	0.0971	0.0612	---	---	kg/s	
Calculated volume flow	V_{11}	414	291	184	---	---	m ³ /h	
Exhaust Air in chamber after heat exchanger								
Pressure	p_{12hr}	35.5	16.1	26.8	---	---	Pa	
Dry bulb temperature	T_{12hr}	10.5	10.1	9.9	---	---	°C	
Dew point temperature	T_{D12hr}	-2.8	-2.7	-2.7	---	---	°C	
Relative humidity	RH_{12rh}	38.9	40.3	40.8	---	---	r.h.%	
Density	ρ_{12rh}	1.2	1.2	1.2	---	---	kg/m ³	
Specific humidity	RH_{m12rh}	3.1	3.1	3.1	---	---	g/kg	
Specific enthalpy	H_{12rh}	18.35	18.01	17.80	---	---	kJ/kg	

1) $q_{mr} = 100 \times (q_{m22} - q_{m11}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_{11} + V_{22}) / 2$

3) Over 3 %, the unit is declared unbalanced and the imbalance shall be reported (EN13141-7 6.3.2.1)



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 11 of 26

Appendix

A. Test Results - Heat recovery

Table 8: Results of the heat recovery test, data of outdoor/supply air

EN308		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Barometric pressure	p_{atm}	1002.94	1002.96	1002.81	---	---	hPa	
Ambient temperature	T_{amb}	20.3	20.1	20.2	---	---	°C	$T_{amb} = T_{11} \pm 1 \text{ °C}$
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.248	0.117	0.004	---	---	%	3% ³⁾
Average calculated air flow ²⁾	V_a	417	291	184	---	---	m ³ /h	
Outdoor Air in chamber before heat exchanger								
Pressure	p_{21hr}	-33.5	-13.8	-25.8	---	---	Pa	
Dry bulb temperature	T_{21hr}	6.9	7.1	7.0	---	---	°C	$7 \pm 0.3 \text{ °C}$
Dew point temperature	T_{D21hr}	-1.3	-0.4	0.3	---	---	°C	
Relative humidity	RH_{21rh}	56.0	59.2	62.6	---	---	r.h.%	
Density	ρ_{21rh}	1.25	1.24	1.24	---	---	kg/m ³	
Specific humidity	RH_{m21rh}	3.5	3.7	3.9	---	---	g/kg	
Specific enthalpy	H_{21rh}	15.59	16.40	16.86	---	---	kJ/kg	
Supply Air in chamber after heat exchanger								
Pressure	p_{22hr}	67.2	35.6	50.1	---	---	Pa	
Dry bulb temperature	T_{22hr}	18.4	18.5	19.0	---	---	°C	
Dew point temperature	T_{D22hr}	-1.30	-0.39	0.32	---	---	°C	
Relative humidity	RH_{22rh}	26.3	27.9	28.5	---	---	r.h.%	
Density	ρ_{22rh}	1.20	1.20	1.19	---	---	kg/m ³	
Specific humidity	RH_{m22rh}	3.5	3.7	3.9	---	---	g/kg	
Specific enthalpy	H_{22rh}	27.25	27.99	29.04	---	---	kJ/kg	
Measured Mass flow	q_{m22}	0.1397	0.0972	0.0612	---	---	kg/s	
Calculated volume flow	V_{22}	419	292	184	---	---	m ³ /h	

1) $q_{mr} = 100 \times (q_{m22} - q_{m11}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_{11} + V_{22}) / 2$

3) Over 3 %, the unit is declared unbalanced and the imbalance shall be reported (EN13141-7 6.3.2.1)



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 12 of 26

Appendix

A. Test Results - Heat recovery

Table 9: Heat balance and temperature ratio incl. heat contribution from the fans / motors

EN13141-7		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Barometric pressure	P_{atm}	1002.94	1002.96	1002.81	---	---	hPa	
Ambient temperature	T_{amb}	20.3	20.1	20.2	---	---	°C	$T_{amb} = T_{11} \pm 1 \text{ °C}$
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.248	0.117	0.004	---	---	%	3% ⁷⁾
Average calculated air flow ²⁾	V_a	417	291	184	---	---	m ³ /h	
Incl. heat contribution from the fans / motors								
EN13141-7		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Electric input power Total	PE_{Con}	129.4	68.7	45.6	---	---	W	
Electric input power Control	PE_{Con}	4.4	4.4	4.4	---	---	W	
Total capacity Exhaust	P_1	1.36	0.96	0.62	---	---	kW	
Total capacity supply	P_2	1.63	1.13	0.75	---	---	kW	
Difference of the capacities	$(P_1 - P_2)$	-0.27	-0.16	-0.12	---	---	g/kg	
Ratio of the capacities	(P_1 / P_2)	0.835	0.856	0.837	---	---	---	
Relative heat balance	$(\Delta P / P_2)$	16.5	14.4	16.3	---	---	%	
Incl. heat contribution from the fans / motors								
Dry bulb temperature 22	T_{22hr}	18.4	18.5	19.0	---	---	°C	
Dry bulb temperature 21	T_{21hr}	6.9	7.1	7.0	---	---	°C	$7 \pm 0.3 \text{ °C}$
Dry bulb temperature 11	T_{11hr}	20.3	19.9	20.0	---	---	°C	$20 \pm 0.3 \text{ °C}$
Heat recovery ratio ³⁾	η_t	85.9	88.8	92.5	---	---	%	
Heat recovery ratio q_m corrected ⁴⁾	$\eta_{t,qm}$	87.0	88.9	92.5	---	---	%	

1) $q_{mr} = 100 \times (q_{m22} - q_{m11}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_{11} + V_{22}) / 2$

3) $\eta_{t,qm} = (T_{22hr} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr})$

4) $\eta_t = (T_{22hr} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr}) \times (q_{m22} / q_{m11})$

5) The formulas of the temperature corrections is described on the last page in this report

6) $\eta_{hyd} = 0.3$; the hydraulic efficiency is set by DTI and is an estimated value

7) Over 3 %, the unit is declared unbalanced and the imbalance shall be reported (EN13141-7 6.3.2.1)



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 13 of 26

Appendix

A. Test Results - Heat recovery

Table 10: Heat balance and temperature ratio excl. heat contribution from the fans / motors								
EN13141-7		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Barometric pressure	P_{atm}	1002.94	1002.96	1002.81	---	---	hPa	
Ambient temperature	T_{amb}	20.3	20.1	20.2	---	---	°C	$T_{amb} = T_{11} \pm 1 \text{ °C}$
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.25	0.12	0.00	---	---	%	3% ⁸⁾
Average calculated air flow ²⁾	V_a	417	291	184	---	---	m ³ /h	
External pressure Exhaust air side ⁶⁾	Δp_1	99	49	77	---	---	Pa	
External pressure Supply air side ⁶⁾	Δp_2	101	49	76	---	---	Pa	
Excl. heat contribution from the fans / motors								
EN13141-7		Meas 1	Meas 2	Meas 3	Meas 4	Meas 5		In accordance to EN13141-7
Total electric input power ⁵⁾	PE	129	69	46	---	---	W	
Electric input power Control	PE_{Con}	4	4	4	---	---	W	
Total capacity Exhaust- fan heat corrected	P_{1c}	1.42	0.99	0.64	---	---	kW	
Total capacity supply - fan heat corrected	P_{2c}	1.57	1.10	0.73	---	---	kW	
Difference of the capacities	$(P_1 - P_2)$	-0.16	-0.12	-0.10	---	---	g/kg	
Ratio of the capacities	(P_1 / P_2)	0.901	0.894	0.867	---	---	---	
Relative heat balance	$(\Delta P / P_1)$	11.0	11.9	15.4	---	---	%	
Excl. heat contribution from the fans / motors								
Dry bulb temperature	$\Delta T_{fan, supply}$	0.24	0.29	0.41	---	---	°C	
Dry bulb temperature	$\Delta T_{fan, exhaus}$	0.25	0.28	0.40	---	---	°C	
Dry bulb temperature 22 corrected	T_{22hrc}	18.1	18.2	18.6	---	---	°C	
Dry bulb temperature 21	T_{21hr}	6.9	7.1	7.0	---	---	°C	$7 \pm 0.3 \text{ °C}$
Dry bulb temperature 11	T_{11hr}	20.3	19.9	20.0	---	---	°C	$20 \pm 0.3 \text{ °C}$
Heat recovery ratio corrected ³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾	$\eta_{t, corr}$	84.1	86.6	89.3	---	---	%	
Heat recovery ratio q_m corrected ⁴⁾	$\eta_{t, corr, qm}$	85.1	86.7	89.3	---	---	%	

1) $q_{mr} = 100 \times (q_{m22} - q_{m11}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_{11} + V_{22}) / 2$

3) $\eta_{t, corr} = (T_{22hrc} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr})$; $T_{22hrc} = T_{22hr} - \Delta T_{fan, supply}$

4) $\eta_{t, corr, qm} = (T_{22hrc} - T_{21hr}) / (T_{11hr} - T_{21hr}) \times (q_{m22} / q_{m11})$; $T_{22hrc} = T_{22hr} - \Delta T_{fan, supply}$

5) The formulas of the temperature corrections is described on page 20 in this report

6) $\eta_{hyd} = 0.3$; the hydraulic efficiency is set by DTI and is an estimated value

7) $\Delta P_x = p_{x2} - p_{x1}$

8) Over 3 %, the unit is declared unbalanced and the imbalance shall be reported (EN13141-7 6.3.2.1)



Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 11: Test Data

Fan set points(0-100%):		Exhaust fan: 100%							Supply fan: 100%					
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1015.6	1015.6	1015.5	1015.4	1015.4	1015.3	1015.4	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	22.5	23.2	22.6	22.8	23.0	23.2	23.2	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	1.4	1.0	3.5	4.1	3.1	3.1	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	439	405	377	339	274	110	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.1475	0.1342	0.1235	0.1107	0.0901	0.036	0	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	442	403	371	332	270	108	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	33.0	33.7	33.0	33.3	33.4	33.2	24.5	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-21.4	-66.8	-102.3	-148.2	-228.2	-376.7	-642.0	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	24.6	23.9	24.9	24.7	24.5	25.1	41.2	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	17.6	19.5	17.8	18.5	19.2	20.6	21.9	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	8.9	32.1	49.9	60.8	82.7	195.6	76.2	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	61.5	55.1	61.1	59.2	56.4	52.1	48.0	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	30.4	98.9	152.2	209.0	311.0	572.4	718.2	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.1454	0.1356	0.1278	0.1152	0.0929	0.0371	0	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	436	407	384	346	279	111	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	17.5	20.1	18.3	19.1	20.1	21.3	21.8	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-10.0	-32.4	-48.8	-74.5	-113.3	-197.9	-198.2	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	64.6	51.9	63.1	59.1	55.6	51.9	49.7	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	23.9	24.8	24.0	24.4	25.0	26.5	28.0	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	18.5	67.5	103.0	151.1	235.0	396.4	525.3	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	43.6	38.9	44.4	42.8	41.3	37.7	34.1	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	28.5	99.9	151.8	225.6	348.4	594.2	723.4	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Total Electric input power ⁵⁾	PE_1	167	167	167	167	167	156	136	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	1408	1527	1633	1823	2255	5275	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 15 of 26

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 12: Test Data

Fan set points(0-100%):		Exhaust fan: 80%							Supply fan: 72%					
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1015.1	1015.2	1015.2	1015.3	1015.0	1015.0	1014.7	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	22.3	22.3	22.4	22.6	22.8	22.7	23.0	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	3.6	3.1	1.3	0.7	1.8	1.8	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	368	329	298	261	212	138	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.1249	0.1113	0.0998	0.0873	0.0715	0.0456	0	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	375	334	300	262	214	137	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	24.3	24.2	24.2	24.4	24.4	24.3	24.5	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-19.5	-64.3	-97.7	-132.5	-173.8	-232.5	-458.5	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	42.2	42.1	38.8	37.4	42.5	42.8	42.4	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	17.2	16.9	17.1	18.1	18.7	18.6	20.3	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	12.3	35.0	51.5	67.3	85.6	120.0	45.6	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	65.4	65.9	60.1	54.9	60.1	60.5	54.5	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	31.7	99.4	149.2	199.7	259.4	352.5	504.1	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.1204	0.1078	0.0985	0.0867	0.0701	0.0464	0	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	361	324	296	260	210	139	0	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	17.3	16.8	16.8	17.8	19.5	19.1	20.6	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-9.3	-31.9	-49.9	-67.2	-84.8	-114.4	-141.7	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	69.4	82.5	70.4	53.6	59.0	61.6	54.7	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	23.5	23.6	23.7	24.2	24.4	24.8	25.2	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	20.0	66.8	98.3	133.0	179.3	232.0	328.7	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	47.3	54.2	45.7	36.2	43.5	43.5	41.2	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	29.3	98.7	148.3	200.3	264.1	346.3	470.4	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Total Electric input power ⁵⁾	PE_1	109	110	110	109	106	99	80	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	1063	1200	1326	1497	1794	2590	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 16 of 26

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 13: Test Data

Fan set points(0-100%):		Exhaust fan: 68%					Supply fan: 66%							
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1013.7	1013.7	1013.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	22.6	22.5	22.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	0.0	0.3	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	320	306	270	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.1063	0.1019	0.0889	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	319	306	267	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	24.1	24.0	24.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-18.0	-32.7	-66.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	36.5	37.9	35.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	18.5	18.0	18.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	13.6	17.3	32.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	51.4	54.7	49.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	31.7	49.9	99.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.1073	0.1022	0.0914	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	322	307	274	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	19.7	19.0	20.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-10.3	-15.3	-35.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	50.0	54.4	46.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	24.4	24.4	24.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	19.2	33.2	64.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	37.5	39.1	35.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	29.5	48.4	99.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Total Electric input power ⁵⁾	PE_1	77	78	78	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	869	914	1037	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 17 of 26

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 14: Test Data

Fan set points(0-100%):		Exhaust fan: 65%							Supply fan: 63%					
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1013.7	1013.7	1013.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	22.7	22.6	22.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	0.0	0.4	2.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	298	285	247	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.0997	0.0951	0.0811	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	299	285	243	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	24.2	24.1	24.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-20.8	-32.6	-67.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	33.3	34.0	33.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	19.6	19.4	19.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	10.6	17.3	33.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	43.9	45.3	43.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	31.4	49.9	100.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.099	0.0947	0.0834	---	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	297	284	250	---	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	21.3	21.0	21.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-10.3	-16.2	-35.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	41.4	42.6	40.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	25.4	25.3	25.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	19.3	34.8	65.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	32.2	32.7	31.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	29.6	51.0	101.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Total Electric input power ⁵⁾	PE_1	69	69	69	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	831	871	1006	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 18 of 26

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 15: Test Data

Fan set points(0-100%):		Exhaust fan: 62%							Supply fan: 60%					
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1014.2	1014.3	1014.2	1014.1	1014.0	1013.9	---	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	22.9	22.9	23.0	23.0	22.8	22.8	---	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	0.0	0.4	2.7	3.3	2.9	---	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	288	269	230	183	102	0	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.0965	0.0895	0.0758	0.06	0.0336	0	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	289	268	227	180	101	0	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	24.6	24.6	24.6	24.5	24.3	24.2	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-15.8	-32.7	-65.1	-97.2	-149.5	-279.1	---	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	41.7	42.4	41.3	40.8	40.2	39.5	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	18.6	18.1	18.9	19.3	20.0	20.6	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	6.1	17.3	33.1	49.9	70.7	23.6	---	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	60.3	63.0	58.5	56.0	52.3	48.9	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	21.9	50.0	98.2	147.1	220.2	302.7	---	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.0956	0.0899	0.0778	0.062	0.0346	0	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	287	270	233	186	104	0	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	19.8	19.1	20.2	20.8	21.7	22.1	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-7.6	-16.2	-33.9	-50.1	-76.2	-94.5	---	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	58.2	61.9	55.4	52.8	48.4	45.4	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	25.2	25.1	25.5	25.8	25.9	25.5	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	14.6	32.8	64.9	100.7	150.6	203.4	---	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	41.9	42.9	40.3	39.2	37.7	36.9	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	22.2	49.1	98.8	150.8	226.8	297.9	---	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Exhaust air fan input power ⁵⁾	PE_1	62	62	62	60	56	51	---	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	773	830	964	1187	1957	---	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 19 of 26

Appendix

A. Test Results - Performance test

Table 16: Test Data

Set point control panel (0-10V):		Exhaust fan: 49%							Supply fan: 53%					
	Symbol	Meas. 1	Meas. 2	Meas. 3	Meas. 4	Meas. 5	Meas. 6	Meas. 7	Meas. 8	Meas. 9	Meas. 10	Meas. 11	Meas. 12	
Barometric pressure	p_{atm}	1013.8	1013.8	1013.8	1013.8	---	---	---	---	---	---	---	---	hPa
Ambient temperature	T_{amb}	21.8	22.4	21.9	21.9	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Mass flow ratio ¹⁾	q_{mr}	0.0	0.4	3.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	%
Average calculated air flow ²⁾	V_a	187	157	92	0	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Extract, 11 / Exhaust, 12														
Measured mass air flow	q_{m11}	0.0622	0.0523	0.0301	0	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{11}	187	157	90	0	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature extract duct	T_{11}	23.8	24.1	23.6	23.4	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure extract duct	p_{11}	-15.7	-33.3	-66.6	-148.4	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH extract duct	RH_{11}	37.0	36.4	40.5	42.7	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature exhaust duct	T_{12}	17.6	19.8	17.2	18.3	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure exhaust duct	p_{12}	6.7	16.0	34.4	9.3	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH exhaust duct	RH_{12}	54.2	47.3	60.0	58.4	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_1	22.3	49.3	101.0	157.7	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Outdoor, 21 / Supply, 22														
Measured mass air flow	q_{m21}	0.0626	0.0526	0.0312	0	---	---	---	---	---	---	---	---	kg/s
Calculated air flow ³⁾	V_{21}	188	158	94	0	---	---	---	---	---	---	---	---	m ³ /h
Air temperature outdoor duct	T_{21}	17.7	20.2	17.8	19.1	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure outdoor duct	p_{21}	-4.9	-17.2	-33.1	-51.6	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH outdoor duct	RH_{21}	57.0	39.7	72.9	65.6	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
Air temperature supply duct	T_{22}	24.4	25.3	24.4	24.0	---	---	---	---	---	---	---	---	°C
Pressure supply duct	p_{22}	16.0	34.1	65.9	99.7	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
RH supply duct	RH_{22}	37.9	29.1	48.5	48.4	---	---	---	---	---	---	---	---	r.h. %
External pressure ⁴⁾	Δp_2	21.0	51.3	98.9	151.3	---	---	---	---	---	---	---	---	Pa
Power input														
Exhaust air fan input power ⁵⁾	PE_1	31	31	30	25	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Control	PE_c	4.4	4.4	4.4	4.4	---	---	---	---	---	---	---	---	W
Specific fan power														
Specific fan Power - total ⁶⁾	SFP_t	594	704	1164	---	---	---	---	---	---	---	---	---	W/m ³ /s

1) $q_{mr} = (q_{m2} - q_{m1}) / q_{m1}$

2) $V_a = (V_1 + V_2) / 2$

3) Values transposed to 20° C; 101325 Pa; 1.2 kg/m³

4) $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$

5) Electric input measured at the unit power supply terminal

6) $SFP_t = (P_1 + P_2 + P_c) / (V_a / 3600)$



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

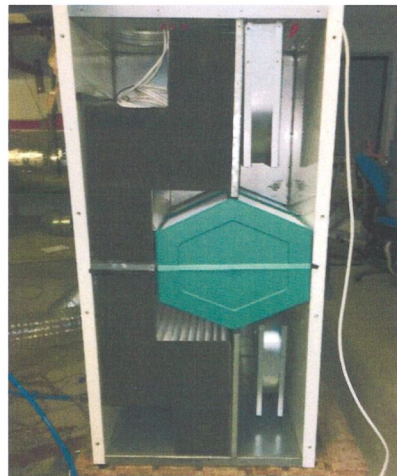
Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Appendix

D. Testing Object

Ventilation unit ECO400S Comfort



Fan supply air 22



Fan exhaust air 12



Software / control system

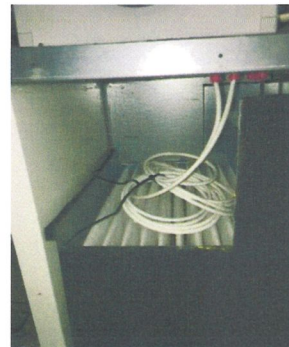
The unit and the fans was controlled by the belonging control panel.



Filter in outdoor air 21



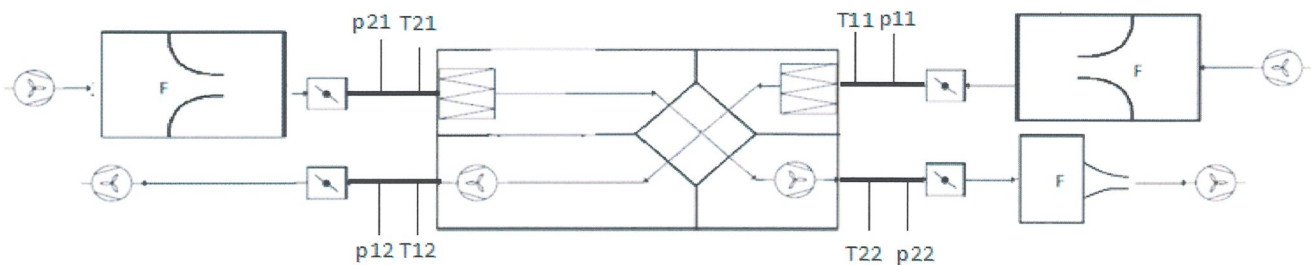
Filter in extract air 11



Appendix

E. Test setup

Simplified sketch of the test setup



Pictures of the test setup intalled in the AHU laboratory

Measurement duct was directly mounted on each inlet/outlet on the unit. Each measurement duct contains a temperature grid (9 point measurement),the static pressure measurement (4 ring) and air straightner

Performance test (air flow / pressure / electric input power)

Each measurement point has a continuous measurement time of 2 min.

The external pressure is approximately divided as followed: $p_{11} = 2/3 \Delta p_{ext}$, $p_{12} = 1/3 \Delta p_{ext}$; $p_{21} = 1/3 \Delta p_{ext}$, $p_{22} = 2/3 \Delta p_{ext}$

Heat recovery test in accordance to EN308

The temperature sencors are placed in the mounted measurement ducts. This means that the maesured temperatire in the supply and exhaust air is including heat contribution from the fans / motors



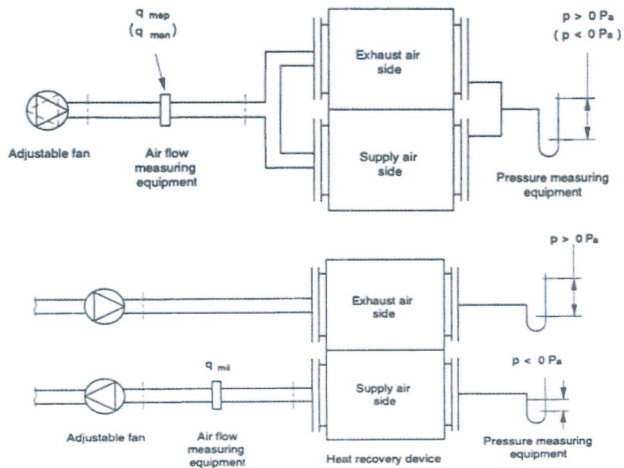
Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Appendix

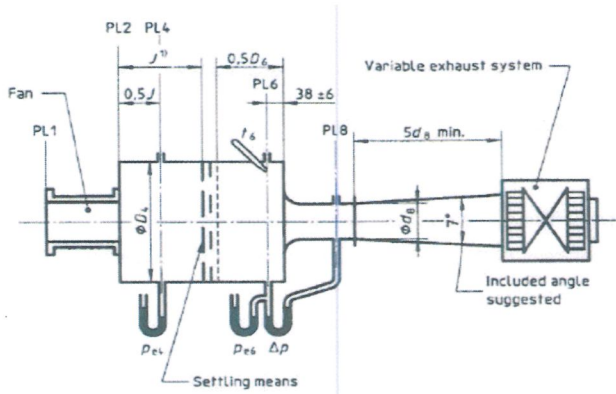
E. Test setup

Internal and external leakage test in acc. To EN308 / EN13141-7

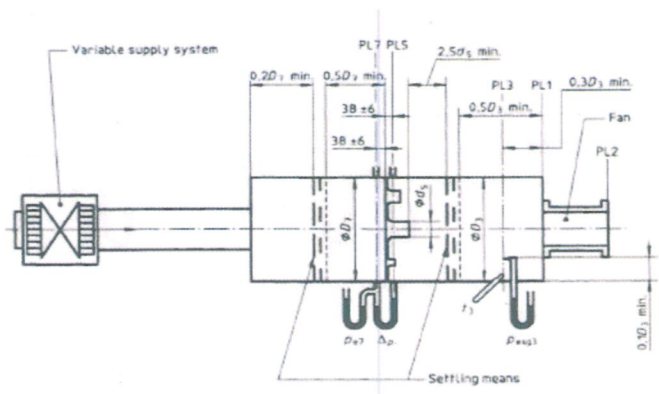


Picture test setup for external leakage test in accordance to EN308 / EN13141-7. The drain was sealed during the test

Air flow measurement in accordance to ISO5801



Flow measurement on outlet side - Venturi Nozzle on end of chamber



Flow measurement on Inlet side - Multiple Nozzles in chamber



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Manufacturer: Ecovent
Model: ECO400S Comfort
Software:
Serial No: ---

Report no: 300-AHU-Lab-17-11 Ecovent - Project no 2003891
Purchase order No: 2003891
Date: 04 September 2017

Page no. 26 of 26

Appendix

F. Test of heat recovery - temperature corrections

If the temperatures t_{22c} and t_{12c} have been corrected by the temperature increase due to the work of the fans, it has been done like described below in the formula

$$t_c = t_{measured} - \Delta t_{fan}$$

$$\Delta t_{fan} = \frac{P_{fan} \cdot (1 - \eta_{hyd})}{\dot{m} \cdot c_p}$$

t_c = Corrected mean temperature in HRU outlet

$t_{measured}$ = measured temperature

Δt_{fan} = Increase in air temperature due to ventilator and motor

P_{fan} = Fan motor power input

η_{hyd} = Hydraulic efficiency supplied by fan manufacturer for the actual working point

\dot{m} = Mass flow

$$c_p = \text{specific heat capacity} = 1006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Heat recovery ratio has been calculated as described below

$$\eta_{supply} = \frac{t_{22c} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \cdot 100\%$$

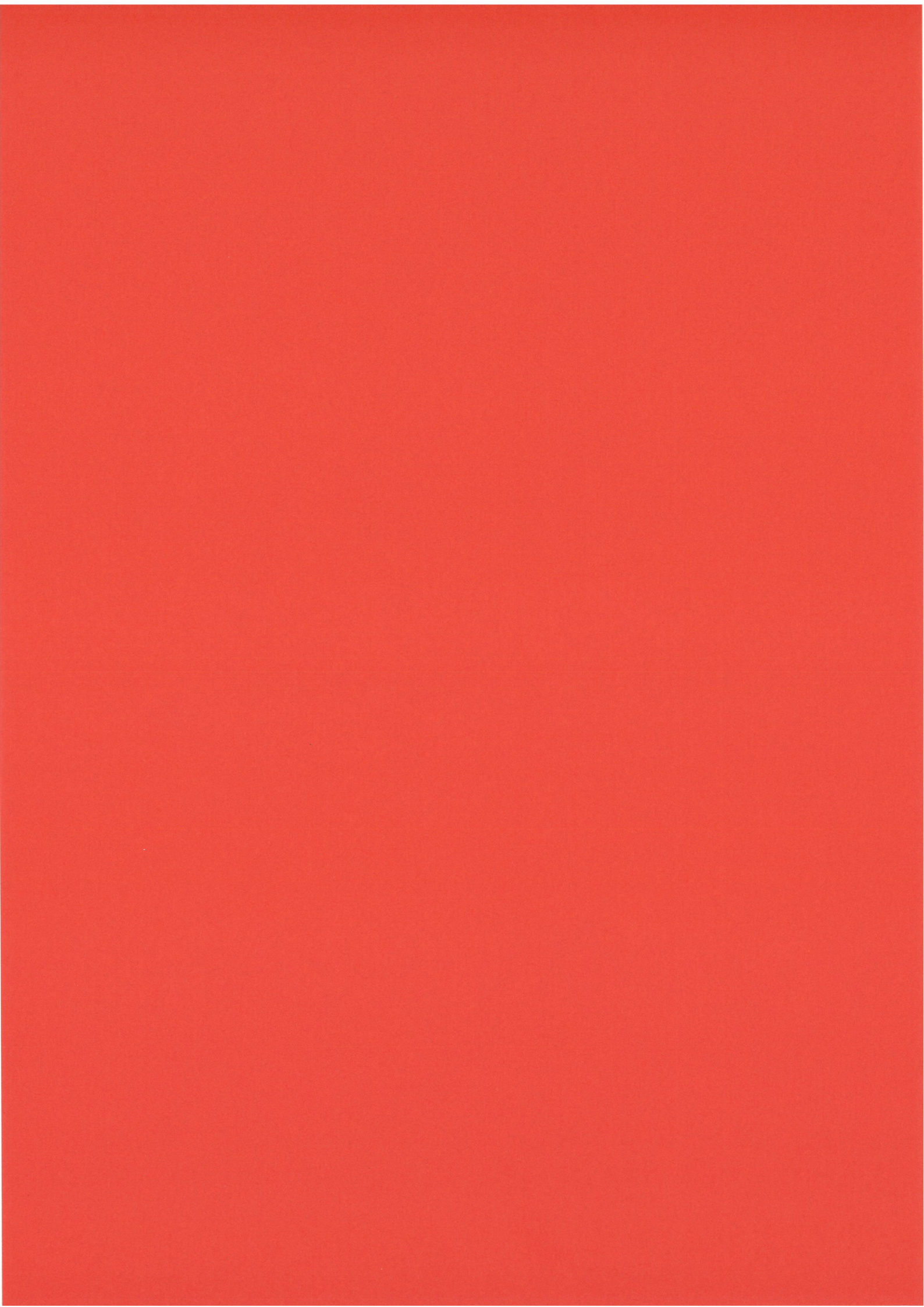
$$\eta_{exhaust} = \frac{t_{11} - t_{12c}}{t_{11} - t_{21}} \cdot 100\%$$

t_{22c} = Corrected supply air outlet

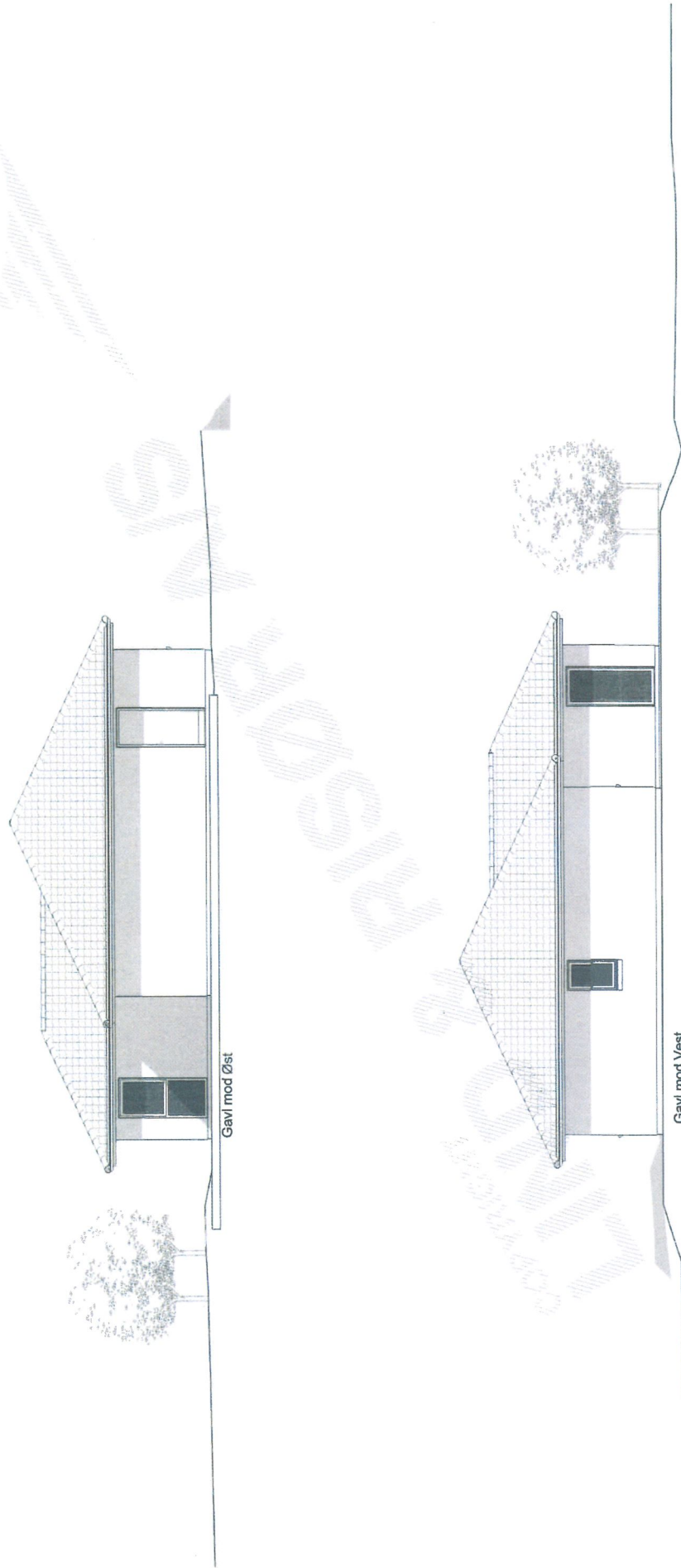
t_{21} = Supply air inlet

t_{11} = Exhaust air inlet

t_{12c} = Corrected exhaust air outlet



6. Diverse målfaste bygningstegninger af demonstrationsbolig og placering af ventilationsarmaturer



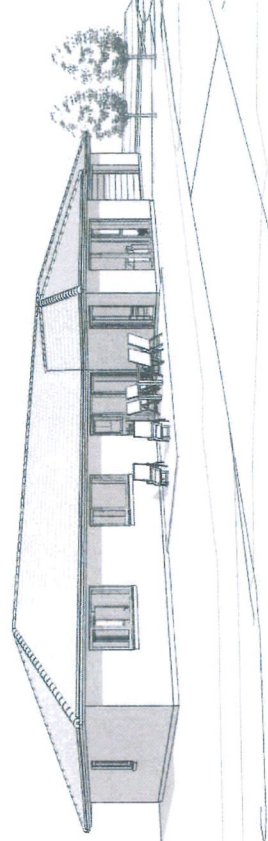
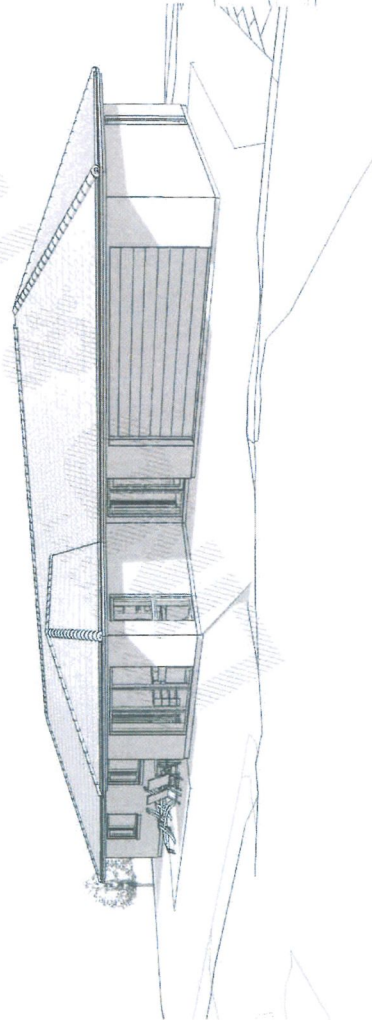
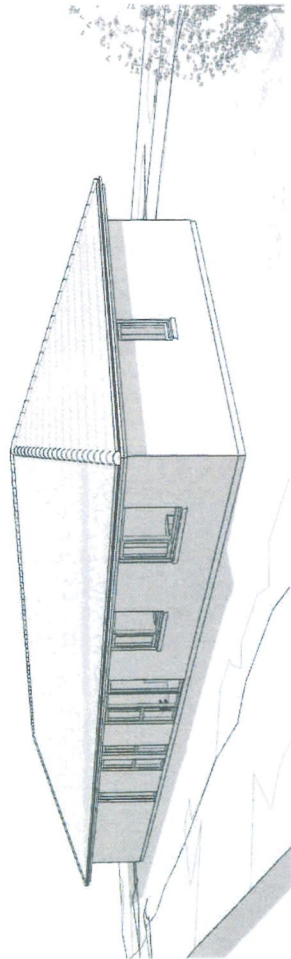
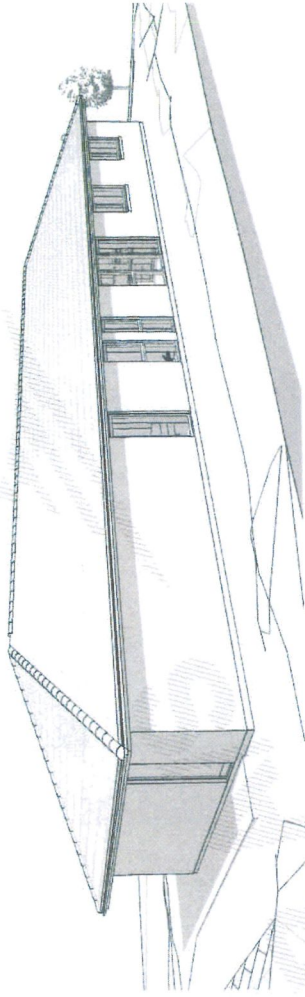
Udvænet færdigvald:
 Tag:
 Murværk:
 Døre/vinduer: Fabrikmalet
 Farve som Gori
 Gavlbeklædning:
 Stær:
 Vindskeder:
 Udhængsbrædder:
 Remme:
 Tagrender:

Godkendt den: _____
 Bygherre: _____
Terrænsituation:
 Eksisterende terræn _____
 Fremtidigt terræn _____

Noter:

Skitseforslag: Vinkel Vainhus med garage. Udføres med Basis udhæng
 Gavlpostaler L&R
 Bygherre: Tofebuen 33, 4000 Vindinge
 Byggeadr.:
 Denne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør A/S. Eftertryk forbudt.
 Tegningen må kun anvendes i forbindelse med opførelse af et Lind & Risør hus.
 Lind og Risør - Erik Husfælts vej 9 - 2630 Tåstrup - 43 32 20 00 - CVR nr.: 32277802.
 Filnavn: V\Skisse\2018\Christian\Tofebuen 33\1\Tofebuen 33 2018-06-21.rvt

Mål: 1 : 100
 cs/mb
 Dato: 17.05.2018
 Rev. dato: 21.06.2018



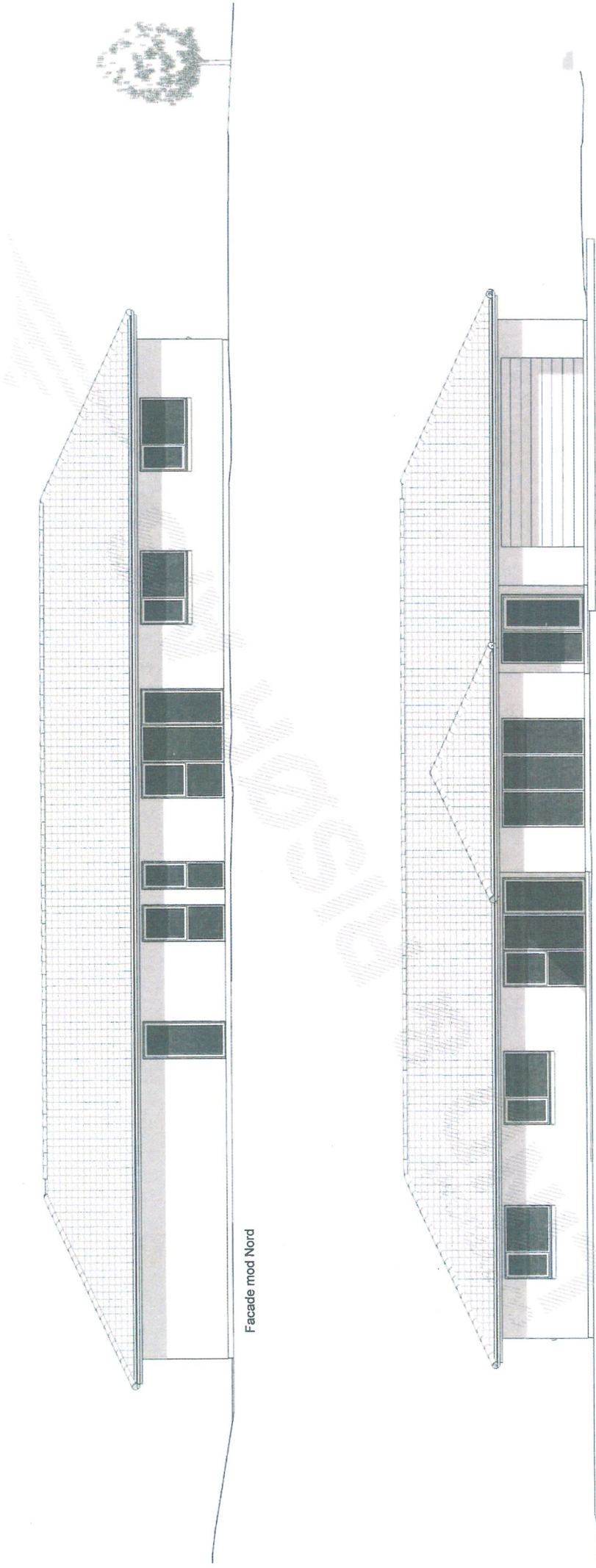
Noter:

Godkendt/den: _____
Bygherre: _____

Skitseforslag: Vinkel Valmhus med garage, Udføres med Basis udhæng
Vejledende perspektivtegninger
Bygherre: L&R
Byggeaddr.: Tollebuen 33, 4000 Vrindinge

Mål: _____
cs/mb _____
Dato: 17.05.2018
Rev. dato: 21.06.2018

Denne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør A/S. Elektrisk forbudt.
Tegningen må kun anvendes i forbindelse med oplysningerne af Lind & Risør A/S.
Lind og Risør - Erik Hustedts Vej 9 - 2650 Tårup - +45 32 20 00 - CVR nr.: 32277802.
Filnavn: V.18062018\Chissaa\Præsentation\Tollebuen 33\Tollebuen 33_2018_06_21.rvt



Facade mod Nord

Facade mod Syd

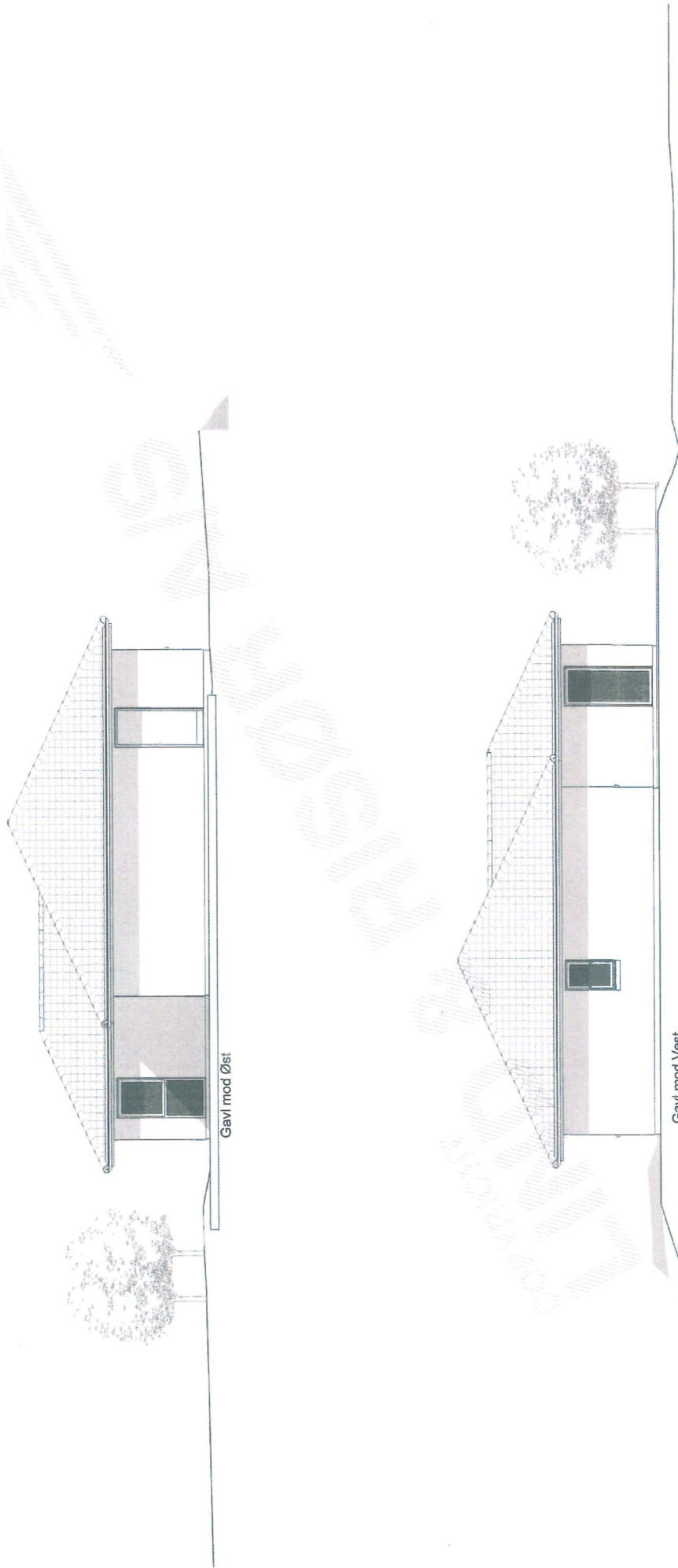
Udvendig farvevalg:
 Tag:
 Murværk:
 Døre/vinduer: Fabrikmalet
 Farve som Gort
 Gavlbeklædning:
 Stjern:
 Vindskeder:
 Udhaengstrædder:
 Remme:
 Tagrender:

Godkendt den: _____
 Bygherre: _____
Terrænsignatur:
 _____ Eksisterende terræn
 _____ Fremtidigt terræn

Noter:

Mål: 1 : 100
 cs/mb
 Dato: 17.05.2018
 Rev. dato: 21.06.2018

Skitseforslag: Vinkel Valmhus med garage. Udføres med Basis udhæng
 Facadeopstaller:
 Bygherre: L&R
 Byggeadr.: Toftebuen 33, 4000 Vindinge
 Denne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør A/S. Eftertryk forbudt.
 Tegningen må kun anvendes i forbindelse med opførelse af Lind & Risør hus.
 Lind og Risør - Erik Husted's vej 9 - 2630 Tåstrup - 43 32 20 00 - CVR nr.: 32277602
 Filnavn: VSKSlaer.2018\ChristianPavehuset_Toftebuen\Toftebuen 33\2018-06-21.rvt



Mål: 1 : 100
 cs/mb
 Dato: 17.05.2018
 Rev. dato: 21.06.2018

Skitseforslag: Vinkel Valmthus med garage. Udføres med Basis udhæng
 Gavlpostalter
 Bygherre: L&R
 Byggeaddr.: Toftebuen 33, 4000 Vindinge

Derne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør A/S. Eftertryk forbudt.
 Tegningen må kun anvendes i forbindelse med opførelse af et Lind & Risør hus.
 Lind og Risør - Erik Hustedts vej 9 - 2630 Tåstrup - 45 32 00 00 - CVR nr.: 32277802.
 Filnavn: V:\Sikker 2018\Christian\Pavehuset Toftebuen 33\17.05.2018.rvt

Noter:

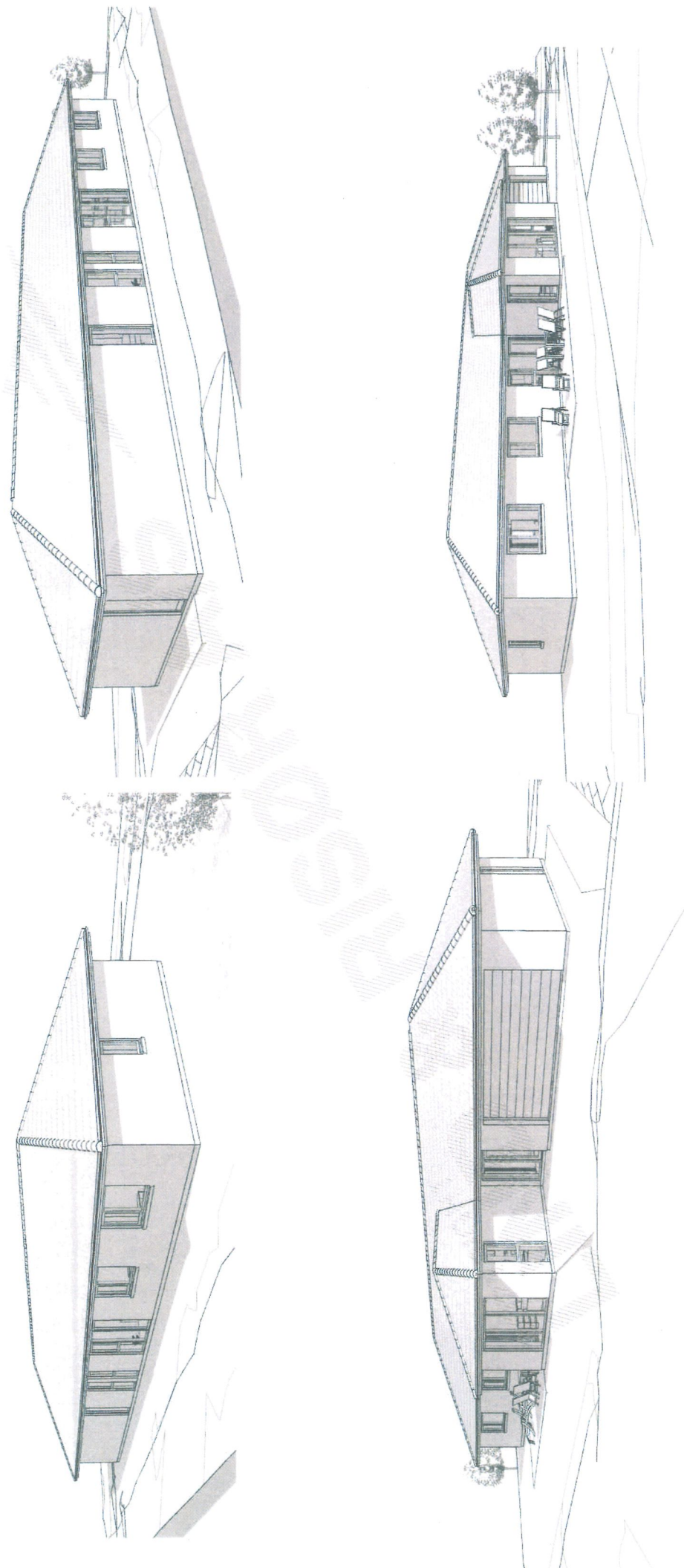
Godkendt den: _____

Bygherre: _____

Terrænsignatur:

_____ Eksisterende terræn
 _____ Fremtidigt terræn

Udvendigt farvevalg:
 Tag:
 Murværk:
 Døre/vinduer: Fabrikamalet
 Farve som Gori
 Gavlbeklædning:
 Slem:
 Vindskeder:
 Udnaagsbrædder:
 Remme:
 Tagrender:



Noter:

Godkendt den: _____

Bygherre: _____

Skitseforslag: Vinkel Valmhus med garage. Udføres med Basis udhæng

Vejledende perspektivtegninger

Bygherre: L&R

Byggeadr.: Toftebuen 33, 4000 Vrdringe

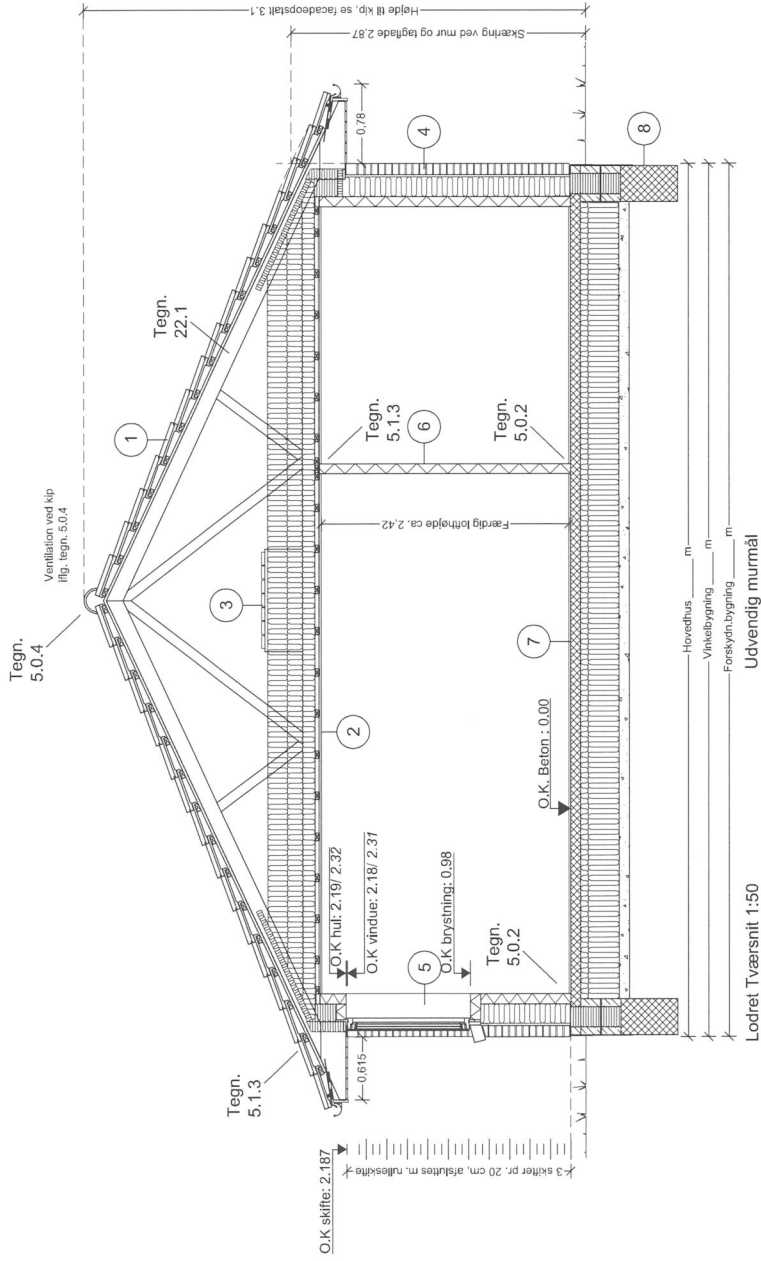
Denne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør A/S. Elektrik forbeholdt.
Tegningen må kun anvendes i forbindelse med opførelsen af Lind & Risør hus
Lind og Risør - Erik Husleils vej 9 - 2650 Tårnup - 43 32 20 00 - CVR nr.: 32277802.
Filnavn: V:\Skitter\2018\Christian\Prøvehus\Toftebuen\Toftebuen 33\2018-06-21.rvt

Mål:
cs/mb
Dato: 17.05.2018
Rev. dato: 21.06.2018

Placering af 1. & 2. lægte. Se tagfodsdetalje.
Placering af øverste lægte. Se snit i rygning.

Konstruktionsbeskrivelse:

1. **Tagkonstruktion 25 grader**
 Tagsten iflg. facadeopstalter, tegning 3.1
 Lægter 38x73 mm
 Afslændsliste 25x50 mm
 Underlag, Monier Divoroll Top
 Gitterspær, fabriksfremstillede 25 grader pr. 1000 mm
2. **Lofkonstruktion**
 Mineraluld 340 mm, Lambda 37
 Mineraluld 120 mm, Lambda 37
 Forskalling 38x73 mm pr. 400 mm
 Plastfolie 0.20 mm
 Lofbekædning gips 2x13 mm
3. **Gangbro**
 Hovedhus: Forskalling 32x125 mm, 7 stk.
 Vinkelbygning: Forskalling 32x125 mm, 3 stk.
 Forskalling udføres med ca. 10 mm luft imellem
4. **Ydervægskonstruktion (420 mm)**
 Skalmur 108 mm
 Mineraluld 190 mm, Lambda 37
 Gasbetonelementer tyk. 100 mm
 Murbåndere l.h.t. mumorm
5. **Vinduer og udv. døre**
 Type: RATIONEL
6. **Indvendig vægge**
 Gasbetonelementer tyk. 100 mm
7. **Gulvkonstruktion**
 Gulvbelægning (tæppe, klinker, vinyl, parket o.lign.)
 Armeret beton 100 mm arretet
 Polystyren 75 mm, Lambda 31
 Polystyren 300 mm, Lambda 31
 Nøddesten 100 mm
8. **Fundamenter**
 Randfundamenter i beton ført til fast bæredygtig bund, min. 900 mm under terræn.
 Øverst afsluttet med 1 skifte termblok (75/200) 275x100 mm.
 2 skifter termblokke (75/200/75) 350x190 mm.
 Overgang mellem fundament og betondele (gulv) udføres lufttræt (RADONSIKRING)



Evt. lydloft iflg. tillægskontrakt
 Forskalling 38x73 mm.
 Plastfolie 0.20 mm.
 Gipsplade 13 mm.
 Krydsorskalling 21x95 mm pr. 300 mm.
 Lydplader 13 mm, Type: Micro hvor i det er muligt at monterer spot, ændres plade type skal det vurderes om indbygning er muligt.

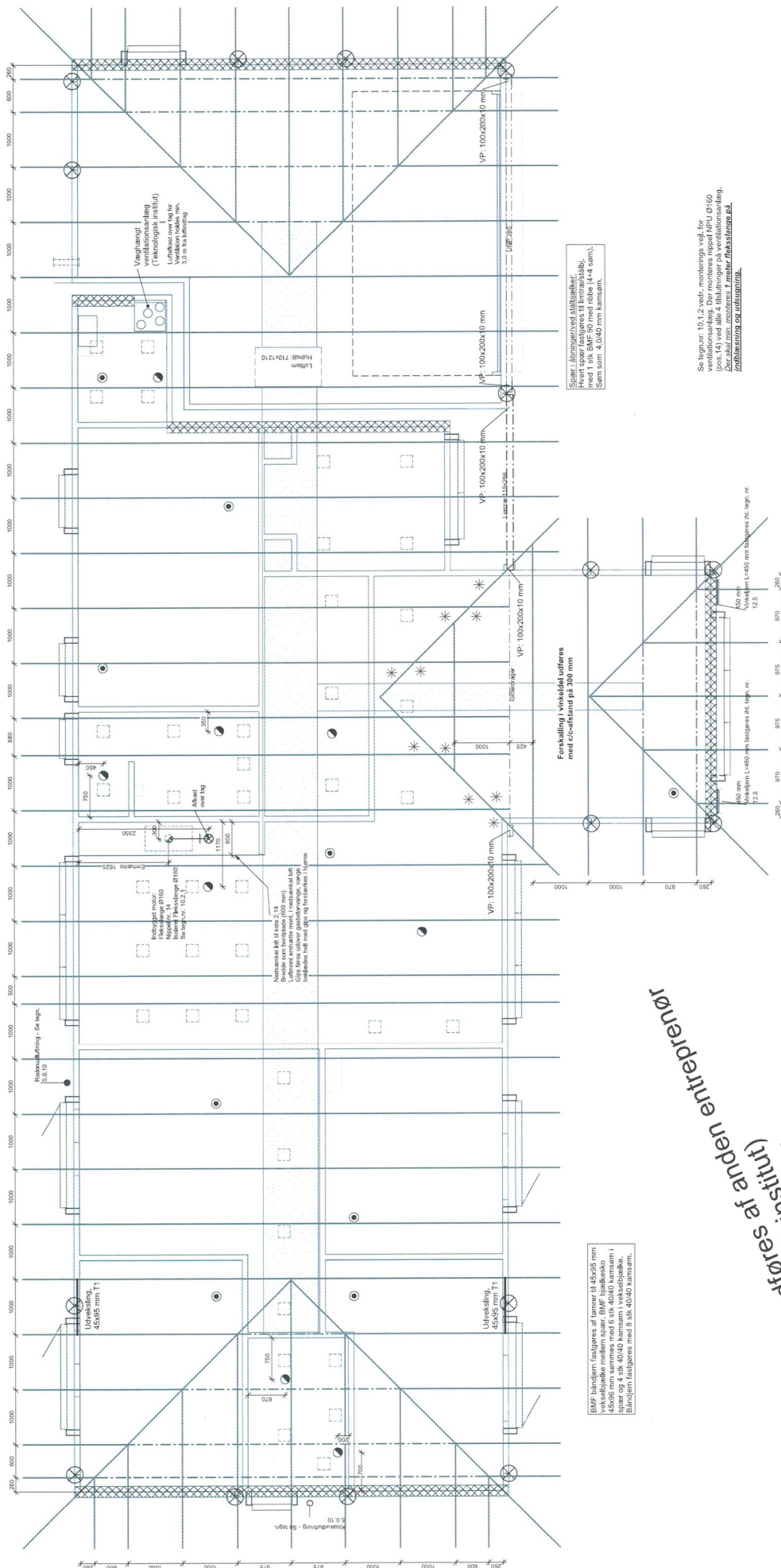
OBS! Koter med kursivskrift, højde øget 2 skifter

EMNE:	Hovedsnit 25 gr. gitterspær - Basis udhæng	HUSTYPE	
BYGHERRE:		SAG NR.	MÅL 1:50
BYGGEADR.:		DATO 24.09.2018	INIT.:jm
MATR. NR.:		REV.DATO :	NR.
			N. NR.

Huslype: Byhus Basis 42 cm



LIND & RISK
 Erik Husfeldts Vej 9
 2630 Tastrup
 Tlf. 43 32 20 00



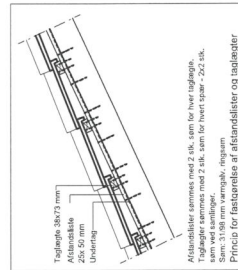
2.1.3

BMF-blådfjern fastgøres af kramme til 45x45 mm kramme. Blådfjern fastgøres af kramme til BMF-blådfjern. 45x58 mm sammes med 6 stk 40x40 kramme i især og 4 stk 40x40 kramme i vinkelstribløkke. Blådfjern fastgøres med 3 stk 40x40 kramme.

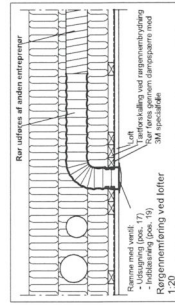
Spær i åbninger/ved stålbeanker. Hvert spær fastgøres til bjælke (4 x 4 spær). Spær som 4,0x40 mm kramme.

Se tegning 10.1.2 vedr. monterings vej. for ventilationsanlæg. Der monteres nippel NPU Ø160 til ventilationsanlæg. Der monteres nippel NPU Ø160 til ventilationsanlæg. Der monteres nippel NPU Ø160 til ventilationsanlæg. Der monteres nippel NPU Ø160 til ventilationsanlæg.

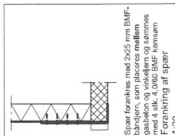
OBS !!
 Ventilation/rørføring udføres af anden entreprenør (Anlæg lev. af Teknologisk Institut) Udførelse af anlæg med Jan Hansen Ventiler i loft som standard (Ø125) Entafte føres som standard



Aftandskiler sammes med 2 stk. som for hver tagflange. Tagflange sammes med 2 stk. som for hver spær - 2x2 stk. Sam: 31,98 mm vægtykkelse, højden



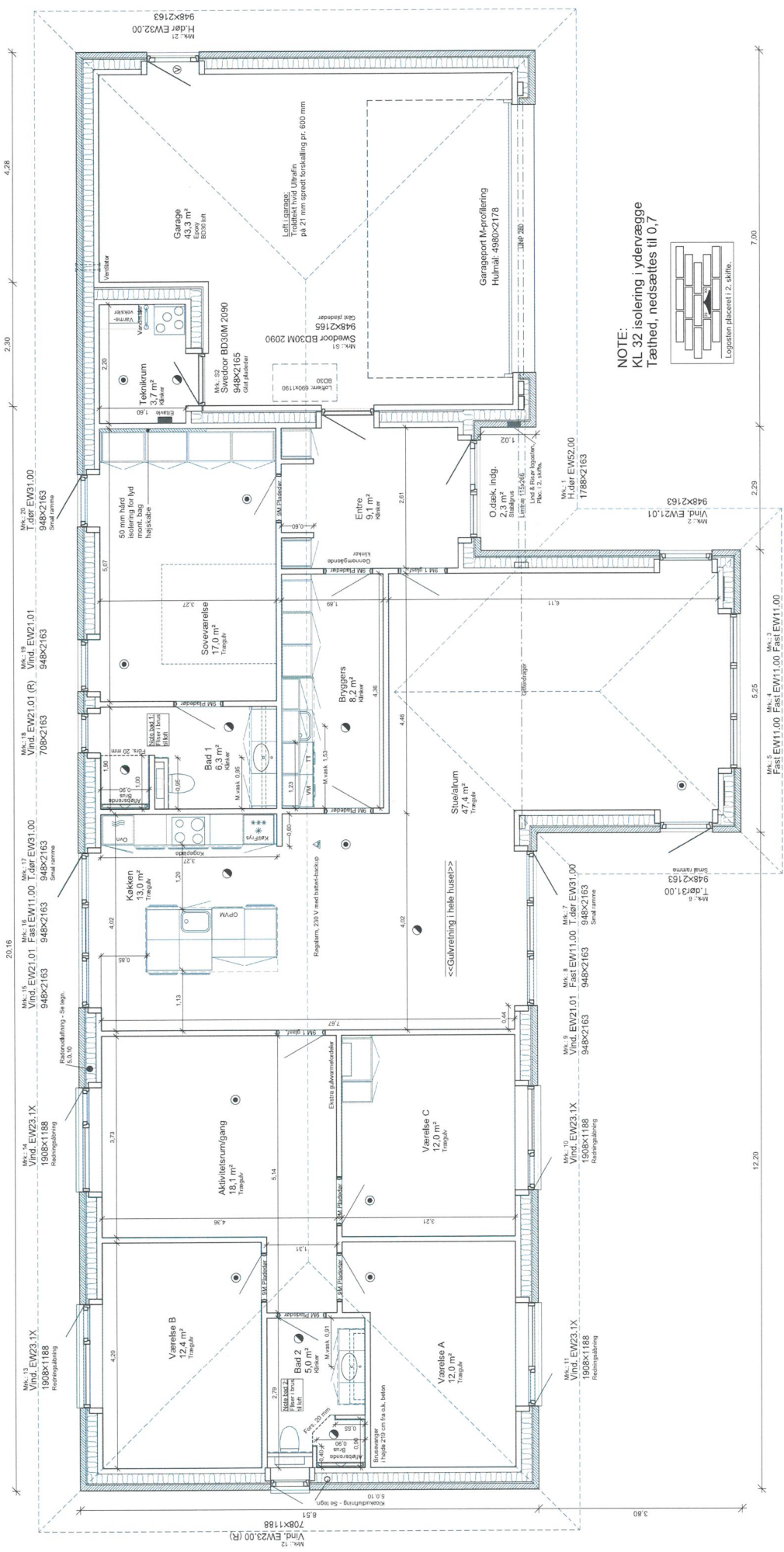
1.20



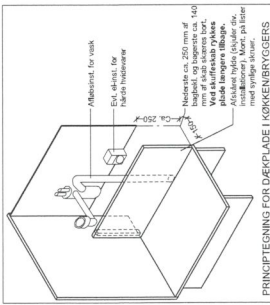
1.20

- Signaturforklaring:**
- Ventilation - Udsugning
 - Ventilation - Indblæsning
 - ⊗ Forskalling af spær: 2x25 mm BMF vindkølebånd. Fastgøres til vinkeljern i bund, bukket omkring spær og fastgøres med 7 stk. 4,0x40 mm kramme.
 - ⊠ Kystsifner i vindgavle
 - ✱ Ventil i undertag

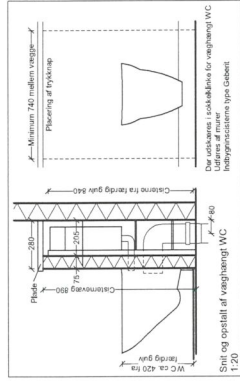
Efter: Spær- og ventilationsplan		Dato: 04.02.2019	Skitse: 3,8875
Byggeplads: Toftebuen 33, Vindinge 4000 Roskilde		Rev. nr.:	Rev. dato:
Mærk nr.: 17 bn, Vindinge By, Vindinge		Mål: 1:50	hac: bf
Lind & Risør		Tegn. nr.:	2.1.3
Dorthevej 11, 4000 Roskilde		Erik Hvidts Væ 9 Mail: l@lind-risør.dk Tel: 43 32 20 00	



NOTE:
 KL 32 isolering i ydervægge
 Tæthed, ned sættes til 0,7



PRINCIPTEGNING FOR DÆKPLADE I KØKKENBYGGERIS



- Sinaturordkrav:**
- (V) Friskluftventil i dør/vindue
 - (R) Røgsluk
 - (R) Røgalarmer (myndighedskrav)
 - (V) Ventilation - Udsugning
 - (V) Ventilation - Indsugning

Sammensatte døre/vinduer udføres med 2 mm fugt mellem elementerne

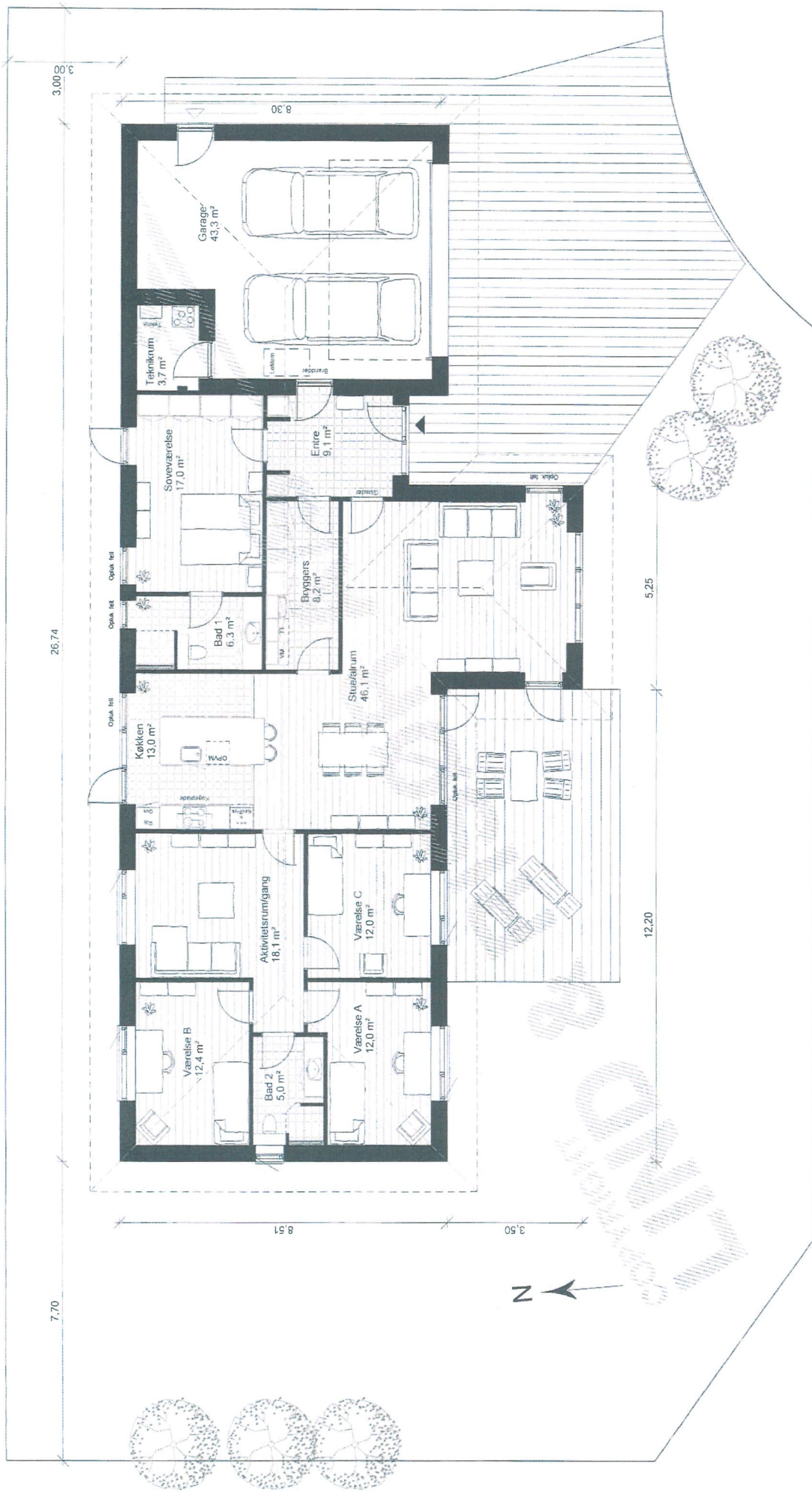
Termostatsyret gulvvarme i alle rum (24 V).
 Fjernvarmeveksler: Wavin.
 Med væjtkompenseringstilæg
 Ventilationsanlæg: Wavin
 Ventilations: iht. Tecehøjgåsk Institut

Bruddet: 194,4 m² Lufthule: 83,3 m³ Garage: 50,8 m³

Elevens Stueplan		Dato: 04.02.2019	Side: 3/8875
Bygning: Toftebu 33, Vindinge 4000 Roskilde		Rev. nr.: Rev. dato:	Mål: 1:50
Mål nr.: 17 bn, Vindinge By, Vindinge		Rev. nr.:	Mål: bf
Elev: Huset 1, Vg 9		Rev. nr.:	Tegn. nr.:
Mål: 17 bn, Vindinge By, Vindinge		Rev. nr.:	2.1
Elev: Huset 1, Vg 9		Rev. nr.:	
Mål: 17 bn, Vindinge By, Vindinge		Rev. nr.:	



Lind & Risør
 Erik Huset 1, Vg 9
 Mål: 17 bn, Vindinge By, Vindinge
 Tlf.: 43 32 20 00



Grundareal

Matrikelareal	751,0 m ²
Netto grundareal	751,0 m ²

W192+GA

	Areal	Frdrag	BR-areal	Bebyg.-%
Sueplan (BR-mål)	191,9 m ²	0,0 m ²	191,9 m ²	25,6
Garage (BR-mål)	51,0 m ²	35,0 m ²	16,0 m ²	2,1
O.Dækk.indgang (BR-mål)	4,8 m ²	0,0 m ²	4,8 m ²	0,6
I alt:	35,0 m ²	35,0 m ²	212,7 m ²	28,3

Maaks bebyggelses-%: 30%

Noter:

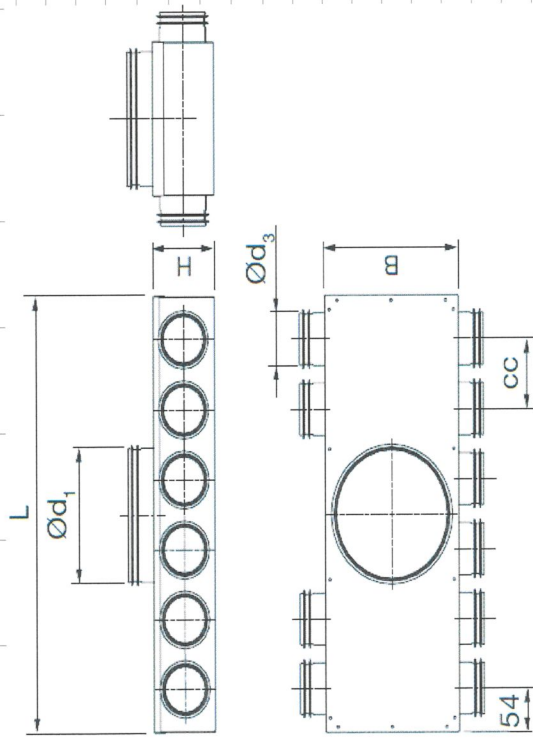
Godkendt den: _____
 Bygherre: _____

Mål: 1 : 100
 cs/mb
 Dato: 17.05.2018
 Rev dato: 21.06.2018

Skitseforslag: Vinkel Valmhus med garage. Udføres med Basis udhæng
 Sueplan
 Bygherre: L&R
 Byggeaddr.: Toftebuens 33, 4000 Vindinge
 Denne tegning og alle rettigheder dertil tilhører Lind & Risør AS. El-entværk forbudt.
 Tegningen må kun anvendes i forbindelse med opførelse af et Lind & Risør hus.
 Lind og Risør - Erik Husfælts vej 9 - 2630 Tåstrup - 43 32 20 00 - CVR nr.: 32277802
 Filnavn: V:\Sulzer\2018\ChristianForsenhuse\Toftebuens 33\Toftebuens 33 2018-06-21.rvt

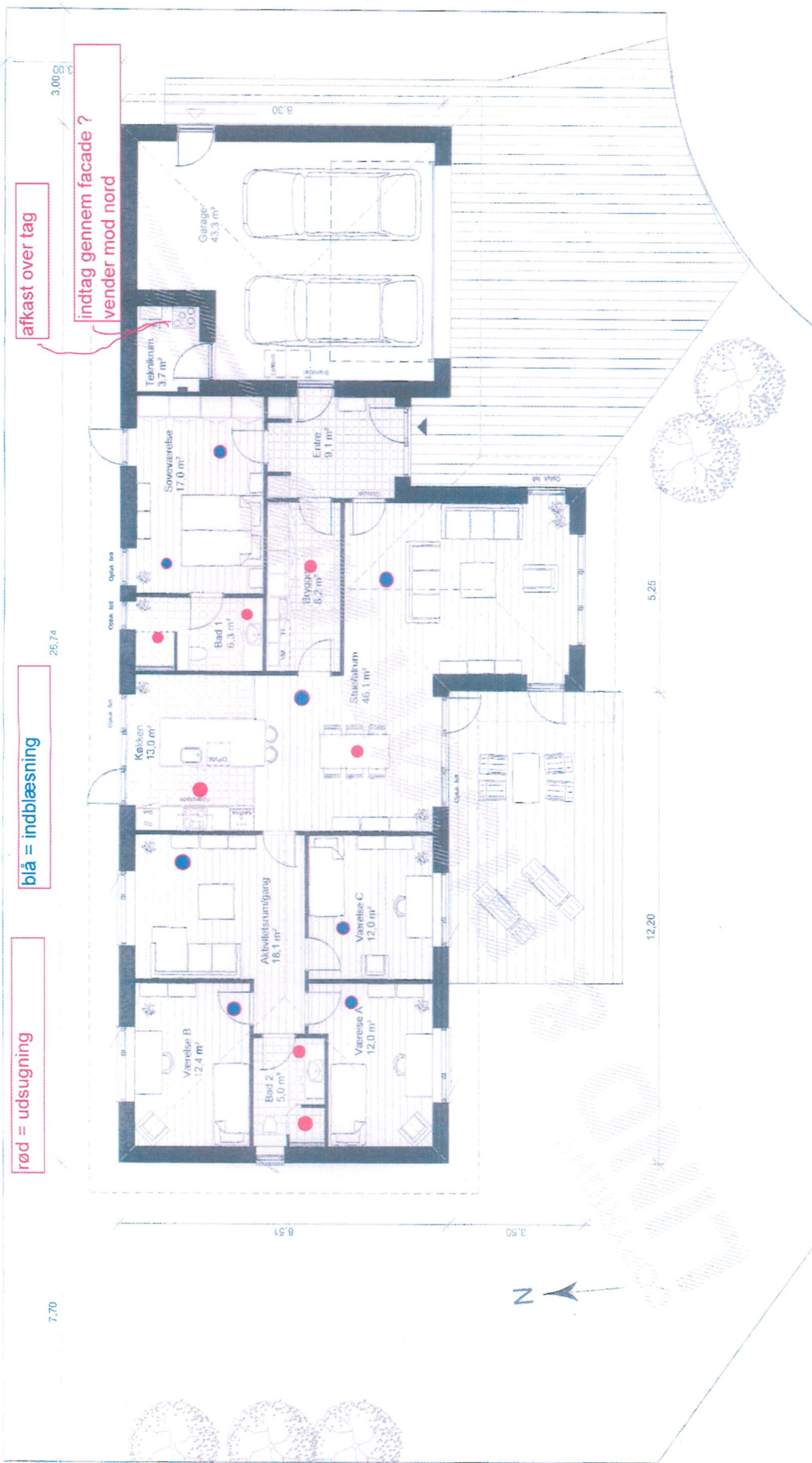
140219/WJA

MCU



d3	cc	H
63	83	88
76	100	108
80	100	108

Ød1	Ød3	B	H	cc	n1	n2	L	anvendelse
200	76	221	108	100	10	0	1008	indblæsning udsugning
200	76	221	108	100	6	4	608	



rød = udsugning

blå = indblæsning

afkast over tag

indtag gennem facade?
vender mod nord

Grundareal

Matrikelareal 751,0 m²
Netto grundareal 751,0 m²

V192+GA

	Areal	Fradrag	BR-areal	Bebyg-%
Sleepplan (BR-mål)	191,9 m ²	0,0 m ²	191,9 m ²	25,6
Garage (BR-mål)	51,0 m ²	35,0 m ²	16,0 m ²	2,1
Dækk indgang (BR-mål)	4,8 m ²	0,0 m ²	4,8 m ²	0,6
I alt	251,7 m ²	35,0 m ²	216,7 m ²	28,3

Maks. bebyggelses-%: 30%

Noter:

Godkendt den _____
Bygherre: _____

Skitseforslag: Vinkel Valmhus med garage. Udføres med Basis udhæng

Sleepplan: L&R

Byggeår: Tårnbuuen 33, 4000 Vindinge

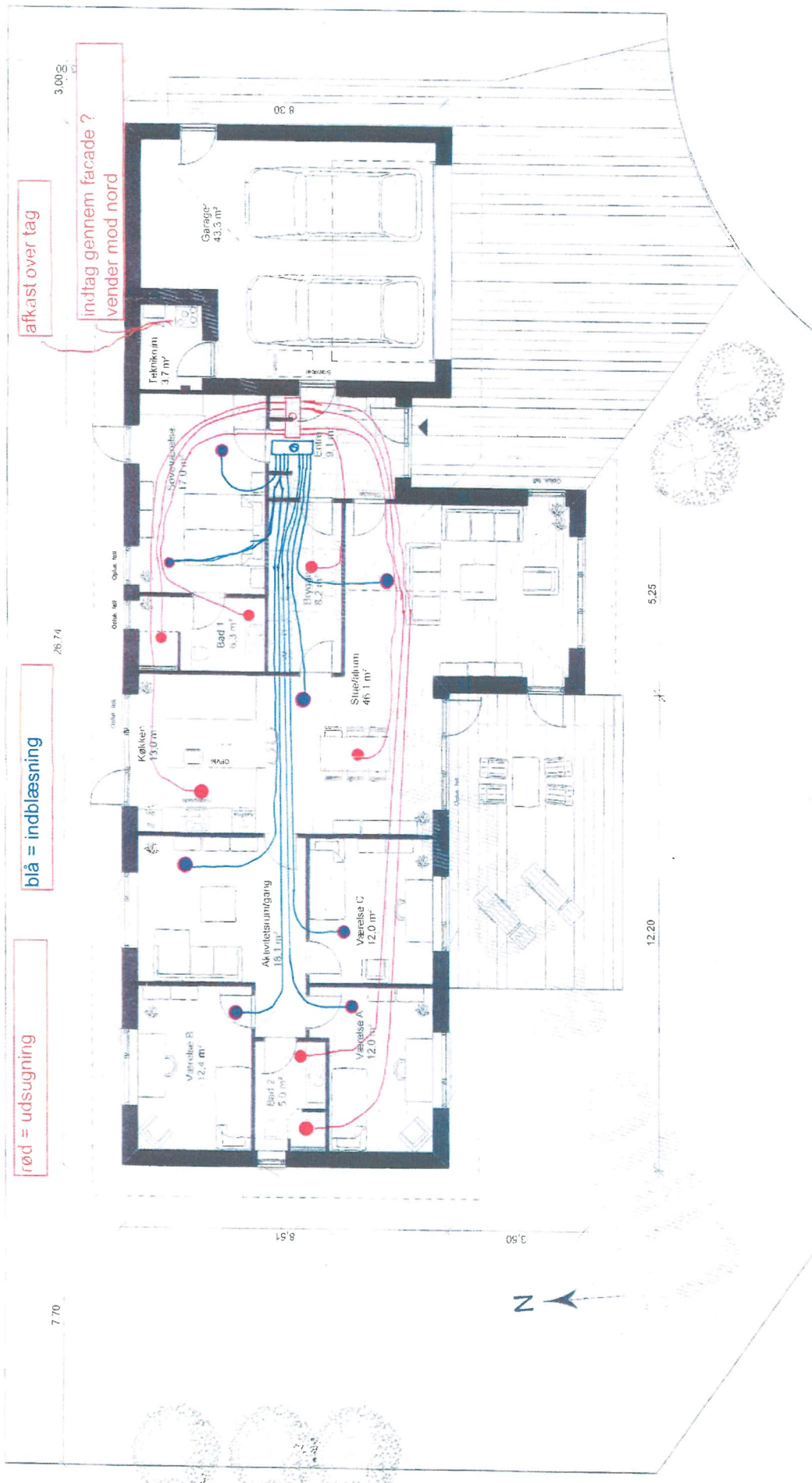
Design tegning og alle retigheder dertil tilhører Lind & Risør AS. Flertykt forbehold
Tegningens indhold må kun anvendes med oplysning af Lind & Risør AS
Lind og Risør - Erik Hubbelevs vej 9 - 2650 Tåstrup - 43 32 20 00 - CVR nr. 32277802
Firma: Vindhus 2017 Clausen Pavekvejse Tårnbuuen 33 2018 05 21 v1

Mål: 1 : 100

cs/mb

Dato: 17.05.2018

Rev dato: 21.05.2018



rød = udsugning

blå = indblæsning

afkast over tag
indtag gennem facade?
vender mod nord

Grundareal

Matrikelareal 751,0 m²
Netto grundareal 751,0 m²

W192+GA

Areal	Fradrug	BR-areal	Bebyg. %
Stueplan (BR-mål)	0,0 m ²	191,9 m ²	25,6
Garage (BR-mål)	35,0 m ²	16,0 m ²	2,1
O Dækk inddgang (BR-mål)	0,0 m ²	4,8 m ²	0,6
I alt:	35,0 m ²	212,7 m ²	28,3

Maks. bebyggelses-% 30%

Noter:

Godkendt den _____

Bygherre: _____

Mål 1 : 100
cs/mb
Dato 17.05.2018
Rev dato 21.05.2018

Skitseforslag Vinkel Valmuss med garage Udløser med Basis udhæng
Stueplan
Bygherre: L&R
Byggesadr. Tofteboen 33, 4000 Vindinge
Denne tegning og alle retsigheder dertil tilhører L&R & Risør-AS. Efferttryk forbudt.
Tegningen må kun anvendes i forbindelse med optørelse af et L&R & Risør-hus
Lind og Risør - Erik Hustedts vej 9 - 2850 Tålstrup - 43 32 20 00 - CVR nr. 32277802
Filsai v/Skalar 2018/Christian Pavehusen Tølmesterteknikeren 331 Østboven 33 2018/06/21 r

BR2018

§ 443

I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation.

Stk. 2. Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Uden for opvarmningssæsonen kan indblæsning erstattes af udelufttilførsel gennem vinduer, udeluftventiler og lignende.

Stk. 3. Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s.

Stk. 4. Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s.

VEJLEDNING

I køkkener er der krav om, at der skal være emhætte med udsugning over kogepladerne og afkast til det fri. Dette krav vil altid være gældende, når der etableres kogeplader i en bolig. Emhætter med recirkulation vil normalt ikke opfylde dette krav, herunder også recirkulationsemhætter med kulfilter. Udsugningen i emhætten skal kunne forøges til mindst 20 l/s. De 20 l/s er mindste luftmængde, der kan benyttes under forudsætning af at emhætten er effektiv til at opfange em og er placeret hensigtsmæssigt. Hvis emhætten har en emopfangsevne på 75 pct. eller højere iht. DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3 vil det normalt opfylde kravet. Kogeplader kan være f.eks. el- eller gasopvarmede og indbygget i et komfur. Der skal altid sikres erstatningsluft når emhætten er i drift.

Den forøgede volumenstrøm når der er behov for forøgede luftmængder vil ofte medføre et større samlet luftskifte i boligen end det krævede grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m².

6.1.4 Mekanisk ventilation om vinteren i brugstiden [$l/s\ m^2$]

I mekaniske ventilationsanlæg er den mekaniske luftstrøm, q_m , udeluftstrømmen i indblæsningsanlægget divideret med etagearealet af det betjente område i brugstiden om vinteren. For anlæg med variabel volumenstrøm styret af luftkvaliteten angives den gennemsnitlige luftstrøm om vinteren. I boliger regnes med forcering i 5 pct. af tiden i både badeværelser og køkkener. Forceringen skal have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger. For emhætter skal angives en luftstrøm som mindst medfører en emopfangsevne på 75 pct. eller højere iht. DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3 for den anvendte emhætte.

I mekaniske udsugningsanlæg er q_m tilsvarende luftstrømmen i udsugningsanlægget divideret med etagearealet af det betjente område. Eventuel forcering angives som beskrevet ovenfor.

Små udsugningsventilatorer og emhætter, som supplerer basisventilationen i naturligt ventilerede boliger, angives som for forcering af mekanisk ventilation eller udsugning.

EKSEMPEL HVIS "75% VÆRFDIEN" IKKE HAVES

SIEMENS

Produktdatablad i henhold til "KOMMISSIONENS DELEGEREDE FORORDNING (EU) Nr. 65/2014"

Varemærke: Siemens
Modelidentifikation: LF959RB51
Årligt energiforbrug: 58,2 kWh/årlig
Energiklasse: A
Hydraulisk effektivitet: 29,5
Hydraulisk effektivitetsklasse: A
Belysningseffektivitet: 69 lux/Watt
Belysningseffektivitetsklasse: A
Fedtfiltreringseffektivitet: 60,2 %
Fedtfiltreringseffektivitetsklasse: E
Luftstrøm ved minimums- og maksimumshastighed under normal brug: 310,0 m ³ /h / 570,0 m ³ /h
Luftstrøm ved intensiv hastighed eller turboindstilling: 780 m ³ /h
Luftbåren, akustisk, A-vægtet lydeffektemission ved minimums- og maksimumshastighed under normal brug: 49 dB / 64 dB
Luftbåren, akustisk, A-vægtet lydeffektemission ved intensiv hastighed eller turboindstilling: 71 dB
Energiforbrug i slukket tilstand: 0,46 W
Energiforbrug i standbytilstand: 0,46 W



Oplysninger for emhætter til husholdningsbrug (EU) No. 66/2014 (EU)

Modelidentifikation: LF959RB51
Årligt energiforbrug : 58,2 kWh/årlig
Tidsforøgelsesfaktor : 0,9
Hydraulisk effektivitet : 29,5
Energieffektivitetsindeks : 54,9
Målt luftstrøm i det optimale driftspunkt (BEP) : 380,4 m ³ /h
Målt lufttryk i det optimale driftspunkt : 433 Pa
Maksimal luftstrøm : 570 m ³ /h
Målt elektrisk effektoptag i det optimale driftspunkt : 155 W
Belysningssystemets nominelle effekt : 10,0 W
Belysningssystemets gennemsnitlige lysstyrke på kogepladen : 673 lux
Målt energiforbrug i standbytilstand : 0,46 W
Målt energiforbrug i slukket tilstand : 0,46 W
Lydeffektniveau : 64 dB
Kort titel eller henvisning til de måle- eller beregningsmetoder, der anvendes til at fastslå, om produktet overholder ovenstående krav: EN 61591, EN 60704-2-13, EN 50564

Indtastning i BE18 programmet:

Proceduren er nu følgende med reference til Siemens datablad og SBI svar:

$$570 \text{ m}^3/\text{h} / 3,6 = 158,3 \text{ liter/s}$$

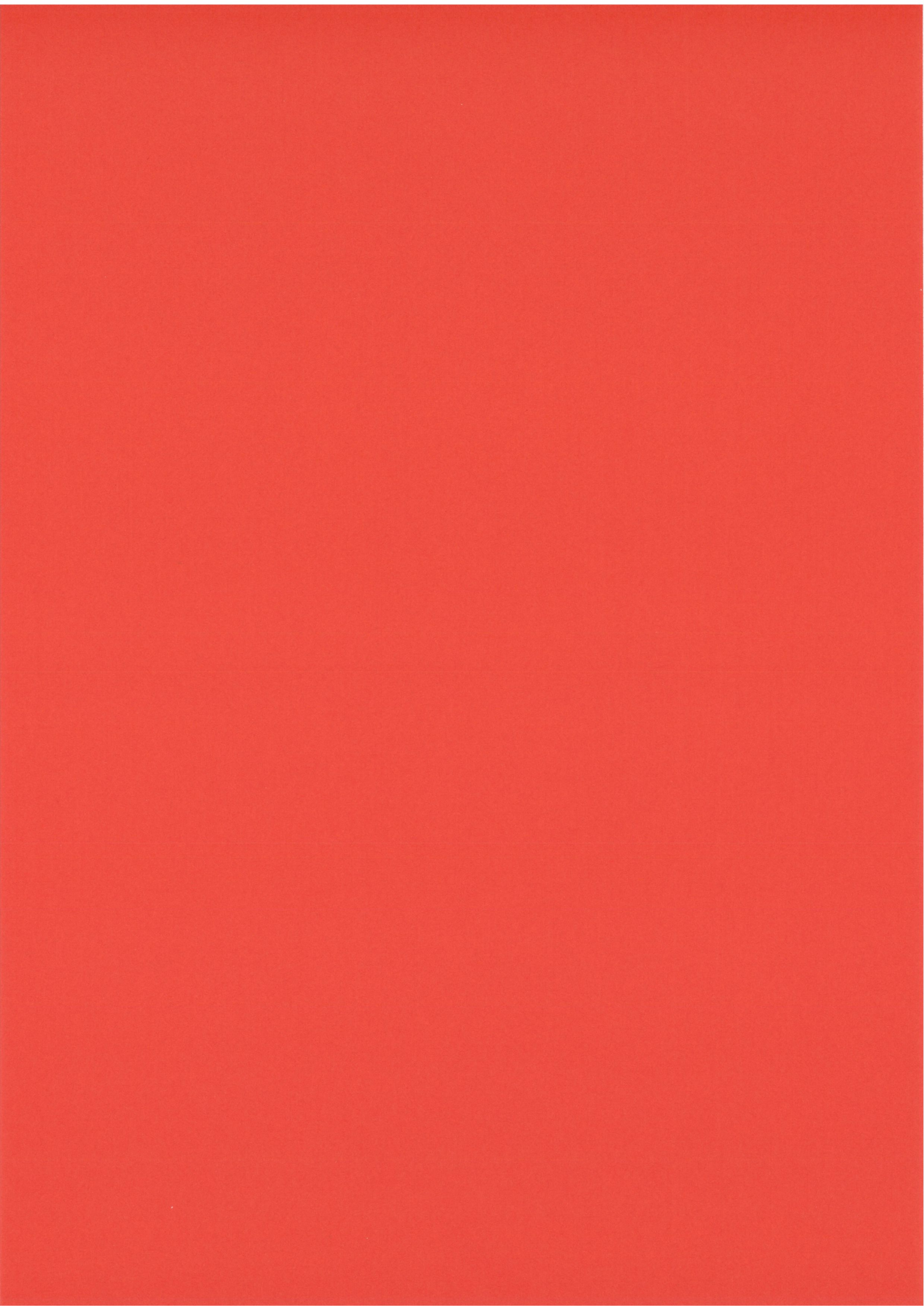
$$58,2 \text{ kWh/år} / 365 \text{ timer} = 0,159 \text{ kWh/dag}$$

$$\text{SEL} = 0,159 / 158,3 \times 1000 = 1,0 \text{ kJ/m}^3$$

$$F_0 = 0,05$$

$$\text{Genvinding} = 0$$

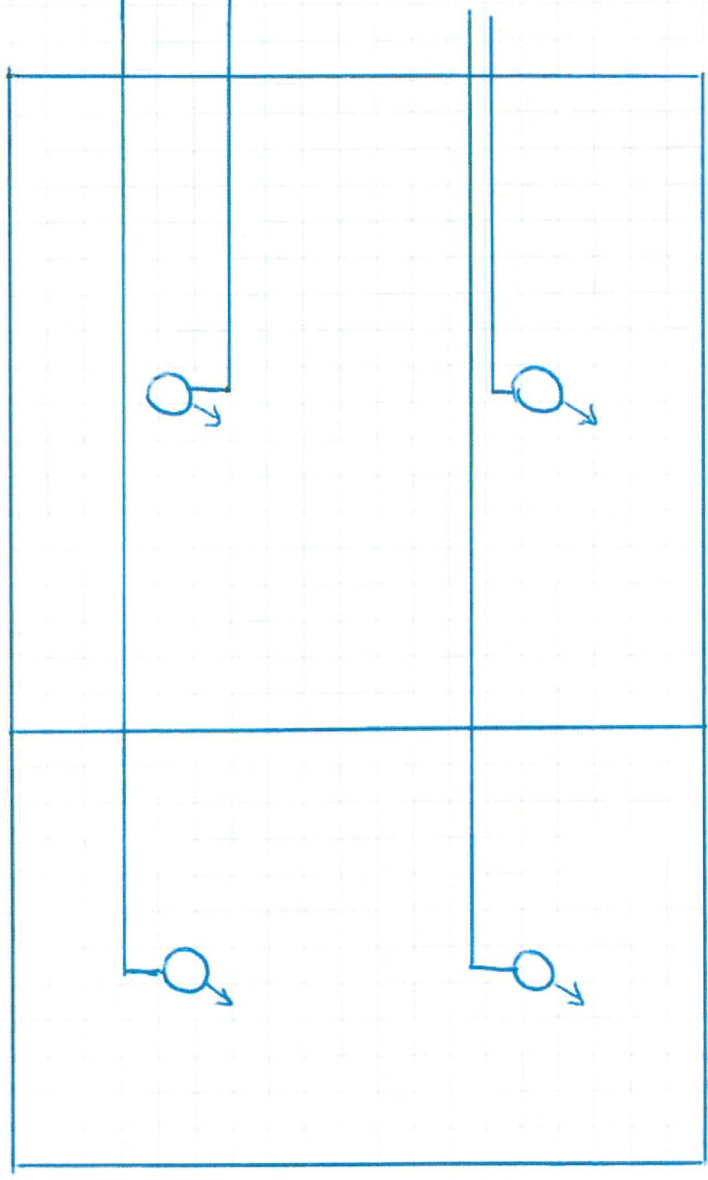
Denne indtastning vil påvirke energirammen væsentlig, måske med helt op til 10%!



7. "Gearing" af lufttilførsel til soveværelse ved "lån" af luft fra stue

Soverørrelse

stue



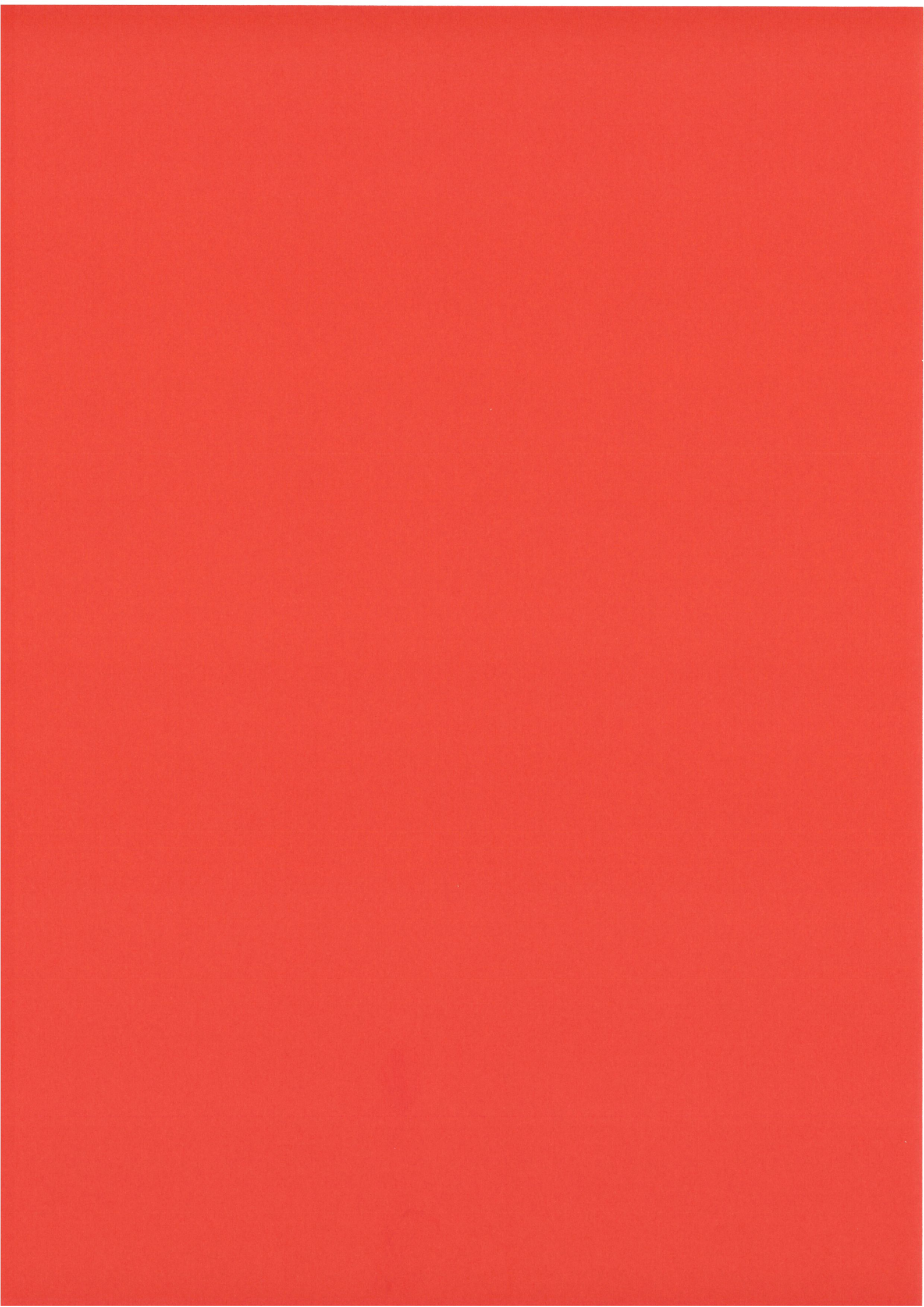
Fra manifold

motorspjæld i T-stykke
så luft kan skiftes
fra stue til soverørrelse

Fra manifold

Lindab projekt!

4-12-15
W/A



8. Lindab komponent oversigt til brug i demonstrationsbolig

Ordrebekræftelse

Side: 1 (3)

Nummer SO-E1367658-4

Faktura adresse

Vareprøve ordrer
Langkær 20
6100 Haderslev

Kund. nr 700000
Dato 02-04-2019

Leveringsadresse

Teknologisk Institut
Gregersensvej 2 - Område 2L
2630 Tåstrup

Salgsordre	SO-E1367658	Ansvarlig	Werner J. Andresen
Vores ref.	Rasmus Hansen 73232303	Bestiller	
Leveringsmåde	Normal forsendelse	Godsmodtager	Xu Guan / Mads P. R. Hansen
Leveringsbetingelse		Godsmodt. telefon	72202000
Betalingsbet.		Projekt navn	
Telefonadvisering		Deres projektnr.	
		Deres rekv.	Prøvehus Lind & Risør

OBS: Nedestående produkter skal medsendes (uden ordre) - står klar til afhentning på WJA's kontor:

1 stk. MCU 100 76 8
1 stk. MCU 200 76 4 4
1 stk. TVTBU-100.230V

dette er de 2 manifolde samt bypass-spjældet vedr soveværelse

Linje	Varenr	Beskrivelse	Antal	Pris	Rabat	Beløb
1	115727	RCFU 80 76 GALV LFPE Reduktion RCFU 80.76 for LFPE Afs. dato 02-04-2019	40,00 Stk	119,00	100,00 %	0,00
2	779371	LFPE 76 50000 Lindflex LFPE 76 flex slange, rulle a 50 mtr. HVID Afs. dato 03-04-2019	2,00 Stk	1.418,00	100,00 %	0,00
3	116322	PVWU 100 76 GALV 1 Vægboks til ventil PVWU ø-100 m/1tilslutning ø-76 Afs. dato 03-04-2019	6,00 Stk	315,00	100,00 %	0,00
4	116323	PVWU 125 76 GALV 1 Vægboks til ventil PVWU ø-125 m/1tilslutning ø-76 Afs. dato 03-04-2019	11,00 Stk	340,00	100,00 %	0,00
5	116133	KSU 100 9003 Fraluftsventil KSU 100, excl. ramme, RAL9003 Afs. dato 03-04-2019	7,00 Stk	80,00	100,00 %	0,00
6	116130	KIR 100 9003 Tilluftsventil KIR 100, excl. ramme, RAL9003 Afs. dato 03-04-2019	3,00 Stk	101,00	100,00 %	0,00
7	100477	VRGL 100 GALV Ventilramme VRGL 100 Afs. dato 03-04-2019	10,00 Stk	16,00	100,00 %	0,00

Ordrebekræftelse

Side : 2 (3)

Nummer SO-E1367658-4

Linje	Varenr	Beskrivelse	Antal	Pris	Rabat	Beløb
8	255519	DRU 80 GALV Indreg.spjæld DRU 80 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	17,00 Stk	204,00	100,00 %	0,00
9	679321	AIRYB 125 9003 BODY Airy ventilhus AIRYB 125mm, RAL9003 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	11,00 Stk	186,00	100,00 %	0,00
10	684034	AIRYFP 125 9003 ROUN Airy frontplade, cirkulærAIRYFP-ROUN 125mm <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	11,00 Stk	85,00	100,00 %	0,00
11	856976	SR 200 2000 GALV Lindabrør SR 200.2000 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	2,00 Stk	275,00	100,00 %	0,00
12	856913	SR 200 1000 GALV Lindabrør SR 200.1000 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	8,00 Stk	145,00	100,00 %	0,00
13	257010	BU 200 90 GALV Bøjning BU 200.90 presset <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	8,00 Stk	218,00	100,00 %	0,00
14	255063	NPU 200 GALV Nippel NPU 200 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	4,00 Stk	74,00	100,00 %	0,00
15	256115	SLU 200 1200 GALV 50 Lyddæmper SLU 200.1200 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	2,00 Stk	1.362,00	100,00 %	0,00
16	781697	FTMU 200 GALV BT Monitor FTMU 200 Bluetooth til måling og visning af volumenstrøm og temperatur <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk	4.835,00	100,00 %	0,00
17	778088	Tekst: obs-obs-obs: Der skal varer med fra WJA's kontor: 1 stk. MCU 200 76 8 1 stk. MCU 200 76 4 4 1 stk. TVTBU-100.230 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk		100,00 %	0,00
18	781697	FTMU 200 GALV BT Monitor FTMU 200 Bluetooth til måling og visning af volumenstrøm og temperatur <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk	4.835,00	100,00 %	0,00

Ordrebekræftelsen er grundlaget for, hvad og hvornår vi leverer til dig. Det er derfor vigtigt at du kontrollerer den. Hvis der er uoverensstemmelser i forhold til din bestilling, skal du kontakte os indenfor 24 timer, ellers leveres iht. bekræftelsen.

Levering sker i henhold til Lindabs salgs- og leveringsbetingelser, der findes på www.lindab.dk.

Returnering af varer kan kun ske efter forudgående aftale – kontakt Lindab og få oplyst et returnummer. Husk at returneringen skal ske franko, og at Lindab fratrækker det til enhver tid gældende returvaregebyr på kreditnotaen. □

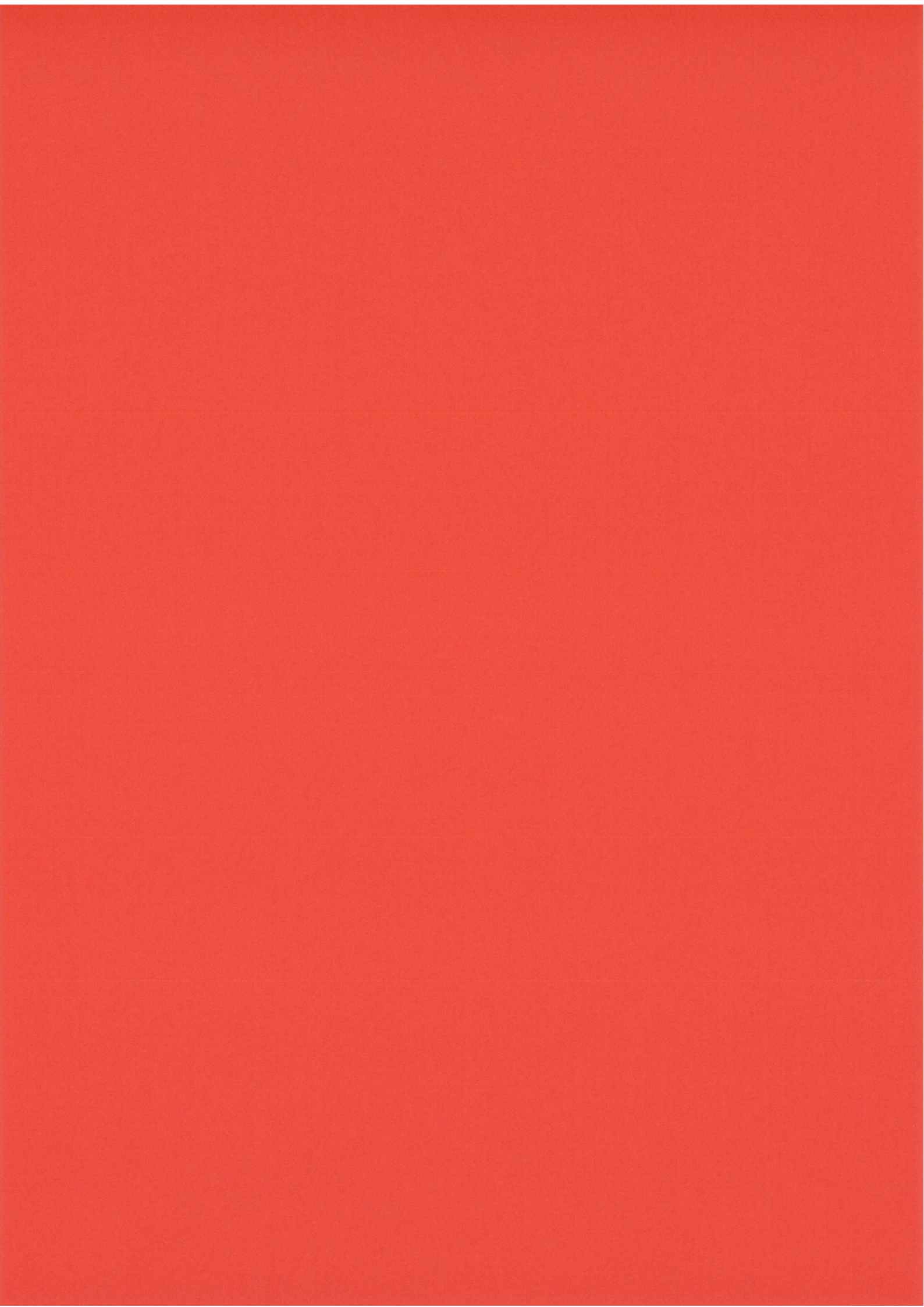
Ordrebekræftelse

Side : 3 (3)

Nummer SO-E1367658-4

Linje	Varenr	Beskrivelse	Antal	Pris	Rabat	Beløb
-------	--------	-------------	-------	------	-------	-------

Varetotal	Tillæg	Momsgrundlag 0,00	Moms 25%	Afrund	Total DKK 0,00
-----------	--------	----------------------	----------	--------	-------------------



9. Opstilling af komplet ventilationssystem i laboratorium – design og justering

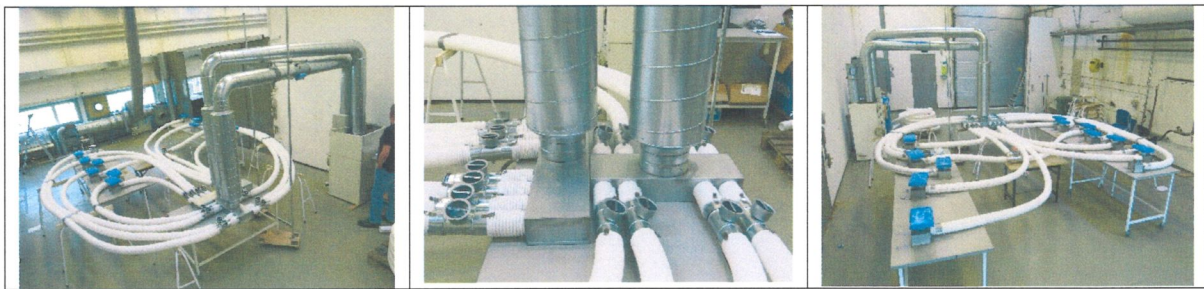
WP3 – Justering og design

I arbejdsplan WP3 er alle delkomponenter samlet til et komplet ventilationsanlæg. Opstillingen er etableret i laboratoriet fremfor som oprindeligt planlagt i EnergyFlexLabHouse af tre årsager:

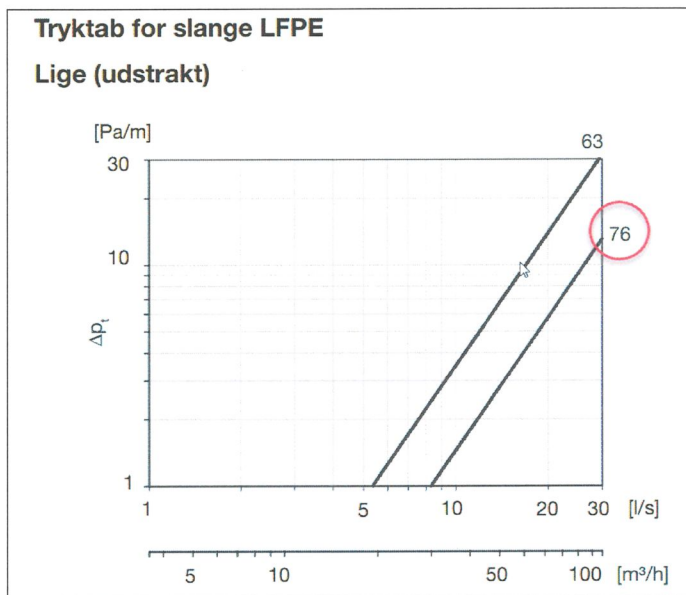
- Arbejdsomt er opstillingen meget nemmere at tilgå
- Opstillingen virker meget mere overskuelig
- Der kan tages gode supplerende billeder til det kommende boligventilationskapitel til *Den lille Blå om Ventilation*

Arbejdsplan WP3 har følgende formål:

- Sikre korrekt samling (montage) af alle delkomponenter inkl. ventilationsaggregat
- Sikre korrekt indregulering af delluftmængder og balance mellem (ind og ud)
- Tjekke SFP (SEL) værdi
- Tjekke fremføringssystemet for det dynamiske filter
- Tjekke styringsstrategien for behovsstyring af ventilationsraten for soveværelse og for demoboligen som helhed
- Udføre funktionstest og performancetest inkl. tjek af det internetbaseret "CTS-" og dataopsamlingsystem



Der er ikke anvendt slangelængder præcis i henhold til tegningsmateriale (dimensioner) for demoboligen. I stedet er der anvendt enkeltmodstande (indreguleringsspjæld) lige ved manifolds til simulering af de korrekte forventede slangelængder ud fra Lindab's datablad for tryktab i $\varnothing 76\text{mm}$ slanger. I det endelige projekt forventes indreguleringen at kunne ske udelukkende direkte i armaturerne, dvs. uden indreguleringsspjæld.

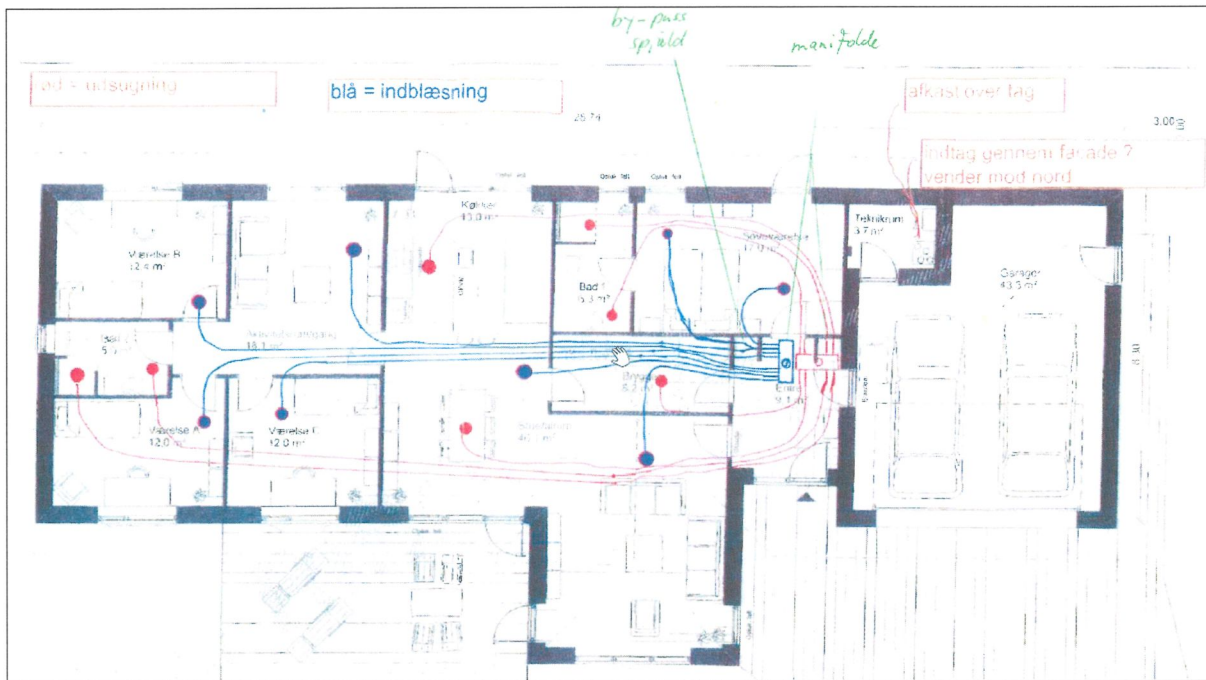


Der kan i teorien godt køres både med $\varnothing 63$ mm og $\varnothing 76$ mm afhængig af afstande fra manifold til armatur, men risikoen for montage fejlvalg er for stor og der kan også blive problemer med at overholde SEL-værdien, hvis der vælges $\varnothing 63$ mm. Derfor er der i projektet udelukkende valgt at køre med $\varnothing 76$ mm. Anbefalingen lyder derfor, at vælge $\varnothing 76$ mm i kommende projekter.



Dette T-spjæld med Belimo motor anvendes til at overføre ekstra luft fra stuen til soveværelset, hvis CO_2 belastningen i soveværelset overskrider en fastsat værdi på fx 1000 ppm. Det fordrer en CO_2 selvstændig sensor i soveværelset. Ved øget behov for ventilation i soveværelse lukkes ned for ude luft til opholdsstue. Løsningen fordrer en ekstra slange til soveværelset af hensyn til tryktabet i slangen.

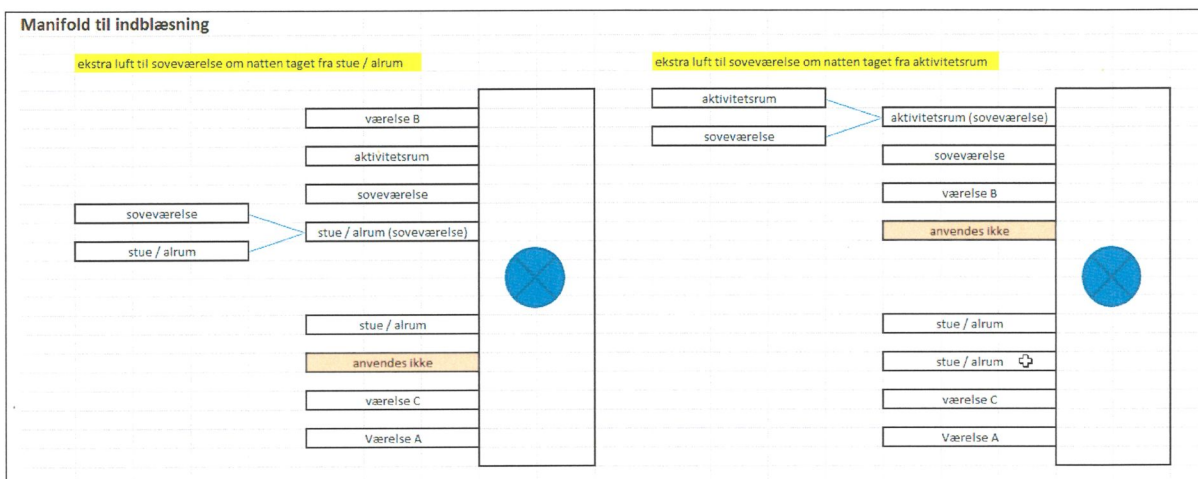
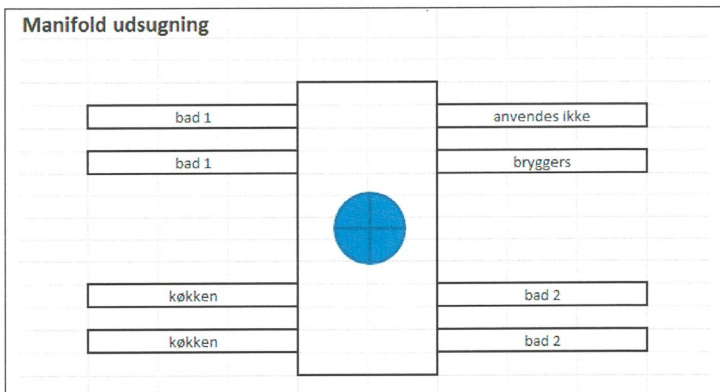
Den efterfølgende plantegning er demo en-familieboligen. Som det ses på tegningen, er ventilationsaggregatet flyttet ud i garageområdet og ind i et teknikrum. Det er tanken at forbinde ventilationsaggregat og de to manifolds med metalkanaler inkl. lyddæmpere.



De længste strækninger for slanger (udsug) er for Bad 2 og de længste strækninger for slanger (indblæsning) er værelse A og værelse B.

Luftmængder testhus fra L & R					
udsugning		indblæsning			
rum	luftmængde l/s	rum	dag luftmængde l/s	nat luftmængde l/s	
bad 1	15	soveværelse	10	20	om natten øget med 10 l/s, luft taget fra stue eller aktivitetsrum
bryggers	10	stue/alrum	20	20	
bad 2	15	aktivitetsrum	10	0	om natten reduceret med 10 l/s (fra stue eller aktivitetsrum)
køkken	20	værelse A	7	7	
		værelse B	7	7	
		værelse C	6	6	
i alt luftmængde	60		60	60	
Huset er på 192 m ² luftsifte på min 0,3 l/s*m ² ► 57,6 l/s, dvs 60 l/s (216 m ³ /h)					

Den samlede luftmængde er 60 liter/s (216 m³/h). Det samlede opvarmede areal er 191,9 m², hvilket giver en minimumsluftmængde på 57,6 liter/s (207 m³/h).



Det specifikke elforbrug SFP (SEL) i henhold til den frivillige Bygningsklasse 2020 i BR18 må ikke overstige 900 J/m^3 ved maksimalt tryktab svarende til en maksimal luftmængde på 60 liter/s.

Der er tidligere i projektet i arbejdsplanen (wp1) og wp2 målt lækage og temperaturvirkningsgrad på ventilationsaggregat.

OBS: Nedestående produkter skal medsendes (uden ordre) - står klar til afhentning på WJA's kontor:

1 stk. MCU 100 76 8
 1 stk. MCU 200 76 4 4
 1 stk. TVTBU-100.230V

dette er de 2 manifolde samt bypass-
 spjældet vedr soveværelse

Linje	Varenr	Beskrivelse	Antal	Pris	Rabat	Beløb
1	115727	RCFU 80 76 GALV LFPE Reduktion RCFU 80.76 for LFPE <u>Afs. dato</u> 02-04-2019	40,00 Stk	119,00	100,00 %	0,00
2	779371	LFPE 76 50000 Lindflex LFPE 76 flex slange, rulle a 50 mtr. HVID <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	2,00 Stk	1.418,00	100,00 %	0,00
3	116322	PVWU 100 76 GALV 1 Vægboks til ventil PVWU ø-100 m/tilslutning ø-76 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	6,00 Stk	315,00	100,00 %	0,00
4	116323	PVWU 125 76 GALV 1 Vægboks til ventil PVWU ø-125 m/tilslutning ø-76 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	11,00 Stk	340,00	100,00 %	0,00
5	116133	KSU 100 9003 Fraluftsventil KSU 100, excl. ramme, RAL9003 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	7,00 Stk	80,00	100,00 %	0,00
6	116130	KIR 100 9003 Tiluftsventil KIR 100, excl. ramme, RAL9003 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	3,00 Stk	101,00	100,00 %	0,00
7	100477	VRGL 100 GALV Ventilramme VRGL 100 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	10,00 Stk	16,00	100,00 %	0,00

Linje	Varenr	Beskrivelse	Antal	Pris	Rabat	Beløb
8	255519	DRU 80 GALV Indreg.spjæld DRU 80 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	17,00 Stk	204,00	100,00 %	0,00
9	679321	AIRYB 125 9003 BODY Airy ventilhus AIRYB 125mm, RAL9003 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	11,00 Stk	186,00	100,00 %	0,00
10	684034	AIRYFP 125 9003 ROUN Airy frontplade, cirkulærAIRYFP-ROUN 125mm <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	11,00 Stk	85,00	100,00 %	0,00
11	856976	SR 200 2000 GALV Lindabrør SR 200.2000 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	2,00 Stk	275,00	100,00 %	0,00
12	856913	SR 200 1000 GALV Lindabrør SR 200.1000 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	8,00 Stk	145,00	100,00 %	0,00
13	257010	BU 200 90 GALV Bøjning BU 200.90 presset <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	8,00 Stk	218,00	100,00 %	0,00
14	255063	NPU 200 GALV Nippel NPU 200 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	4,00 Stk	74,00	100,00 %	0,00
15	256115	SLU 200 1200 GALV 50 Lyddæmper SLU 200.1200 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	2,00 Stk	1.362,00	100,00 %	0,00
16	781697	FTMU 200 GALV BT Monitor FTMU 200 Bluetooth til måling og visning af volumenstrøm og temperatur <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk	4.835,00	100,00 %	0,00
17	778088	Tekst: obs-obs-obs: Der skal varer med fra WJA's kontor: 1 stk. MCU 200 76 8 1 stk. MCU 200 76 4 4 1 stk. TVTBU-100.230 <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk	100,00 %	0,00	
18	781697	FTMU 200 GALV BT Monitor FTMU 200 Bluetooth til måling og visning af volumenstrøm og temperatur <u>Afs. dato</u> 03-04-2019	1,00 Stk	4.835,00	100,00 %	0,00

spjæld ifald der skal reguleres på strenge

disse produkter i ø200 er beregnet fra aggregat til manifolde, også lyddæmperne

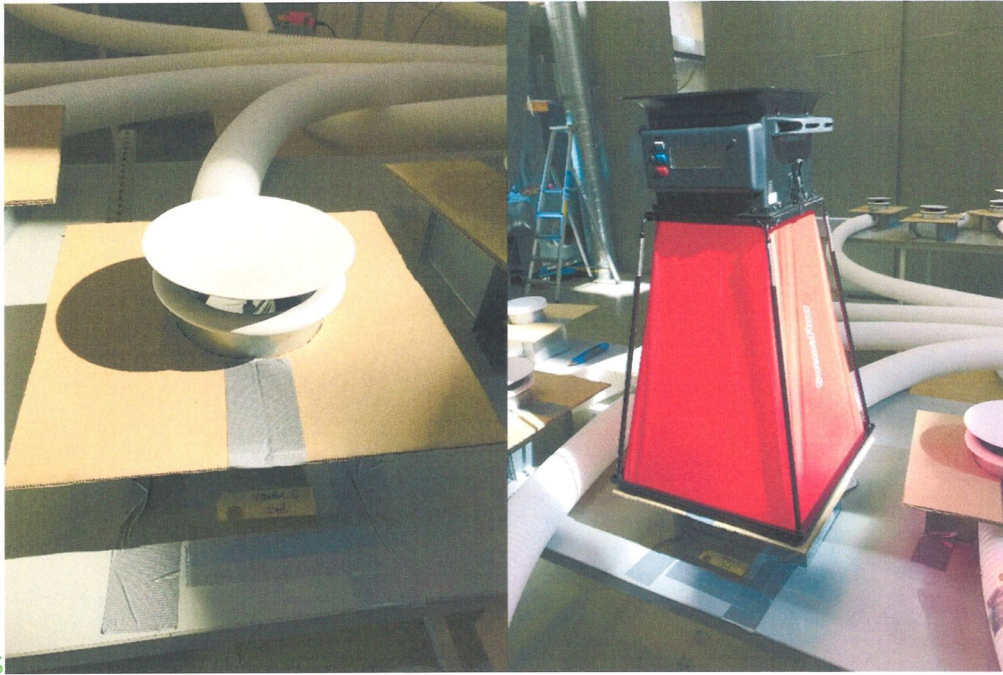
ultralink

ultralink

Arbejdspakke wp3 har følgende formål:

- Sikre korrekt samling (montage) af alle delkomponenter inkl. ventilationsaggregat
- Sikre korrekt indregulering af delluftmængder og balance mellem (ind og ud)

Indregulering af delluftmængder og balance mellem (ind og ud), luftmængden måles ved hjælp af måleudstyret fra swema stof tragt se billeder



- Tjekke SFP (SEL) værdi

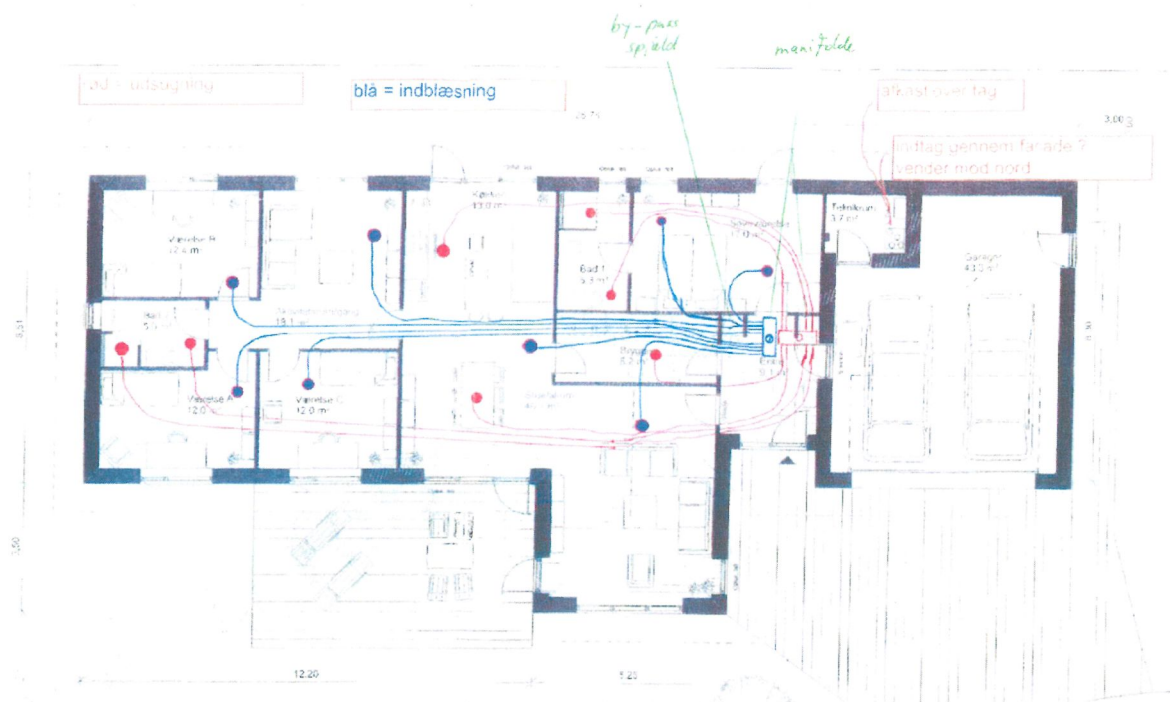
SFP beregnes fra flow og optaget effekt. Og dette måles vedhjelpe af sparometer og utralink flowmåler.



	Flow Indblæsning	Flow udsugning	Total effekt	SFP	
	m ³ /h	m ³ /h	W	J/m ³	
Standby	0	0	10		
Trin1	82	83	20,1	872	
Trin2	234	231	42,3	659	
Trin3	265	266	55	744	
Trin4	291	313	67	770	

- Tjekke fremføringsystemet for det dynamiske filter
- Tjekke styringsstrategien for behovsstyring af ventilationsraten for soveværelse og for demoboligen som helhed
- Udføre funktionstest og performancetest inkl. tjek af det internetbaseret "CTS-" og dataopsamlingsystem

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Trykregulering bruges til at simulere real forhold i bebyggelse, så forsøge i laboratur har en præcis det samme udgangspunkt.						
3							
4							
5	Indblæsning	Afstand fra anlægge til amatur	Andvendt flow	Teroretisk Trykktabe	Trykktabe efter regulering	Trykktabe før regulering	
6							
7		[m]	[l/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
8	Værelse A	18					
9	Værelse B	18					
10	Værelse C	16					
11	Aktivitetsrum/gang	15					
12	Stue/alrum	6					
13	Soveværelse 1	5					
14	Soveværelse 2	5					
15							
16							
17							
18	Udsugning						
19							
20	Bad 2 A	18					
21	Bad 2 B	18					
22	Køkken	8					
23	stue	8					
24	Bryggelse	4					
25	Bad 1 A	5					
26	Bad 1 B	5					
27							
28							
29							
30							
31							



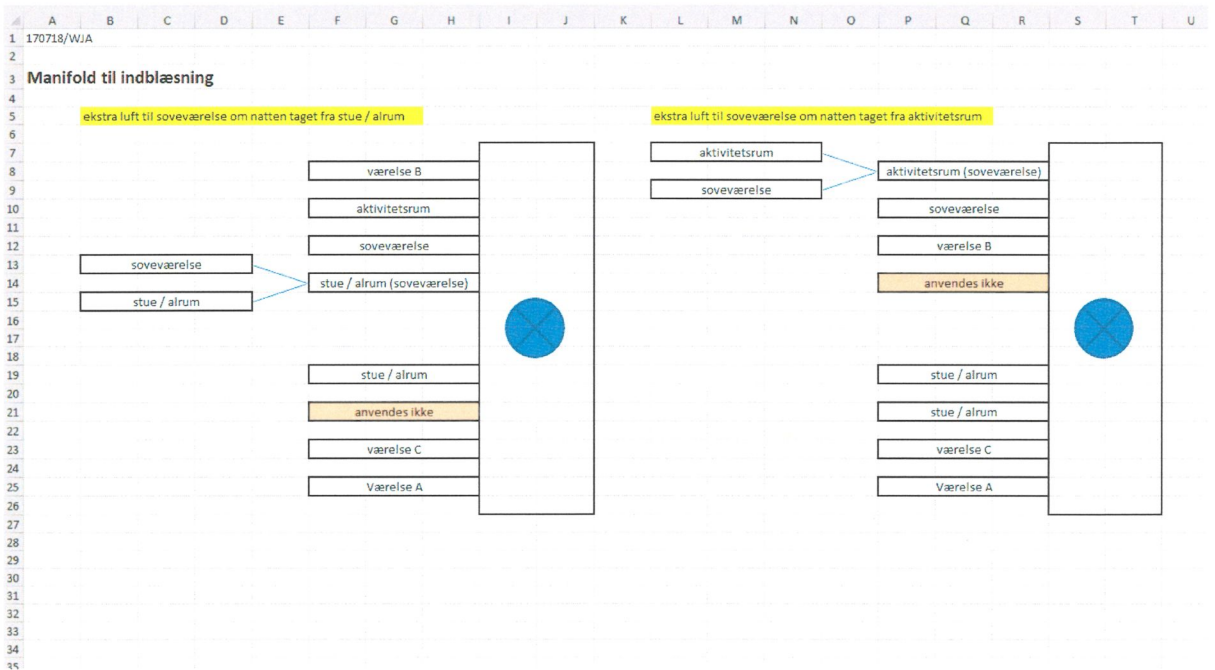
udsugning		indblæsning		
rum	luftmængde l/s	rum	dag luftmængde l/s	nat luftmængde l/s
bad 1	15	soveværelse	10	20
bryggers	10	stue/alrum	20	20
bad 2	15	aktivitetsrum	10	0
køkken	20	værelse A	7	7
		værelse B	7	7
		værelse C	6	6
i alt luftmængde	60		60	60

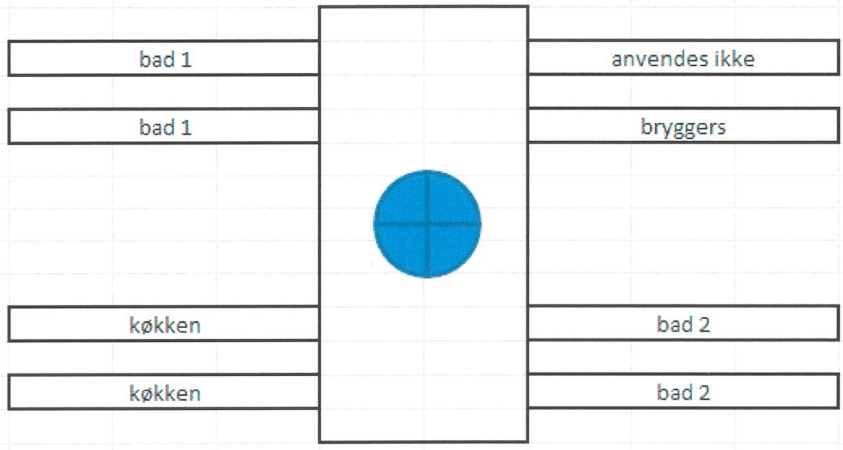
om natten øget med 10 l/s, luft taget fra stue eller aktivitetsrum

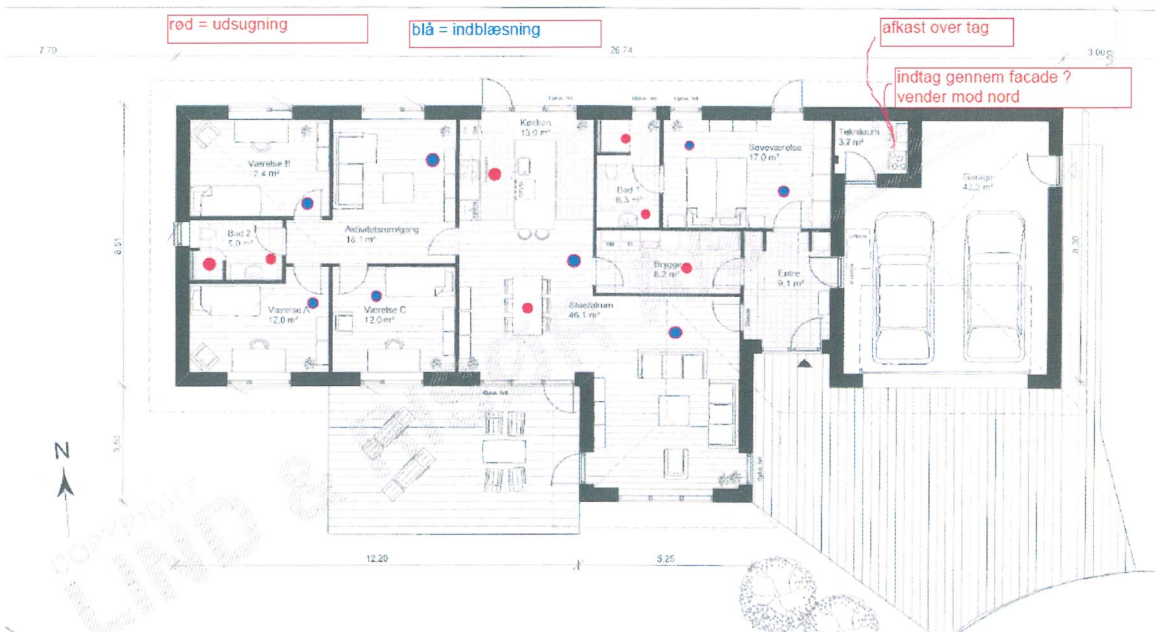
om natten reduceret med 10 l/s (fra stue eller aktivitetsrum)

Huset er på 192 m²

luftsifte på min 0,3 l/s*m² ► 57,6 l/s, dvs 60 l/s (216 m³/h)



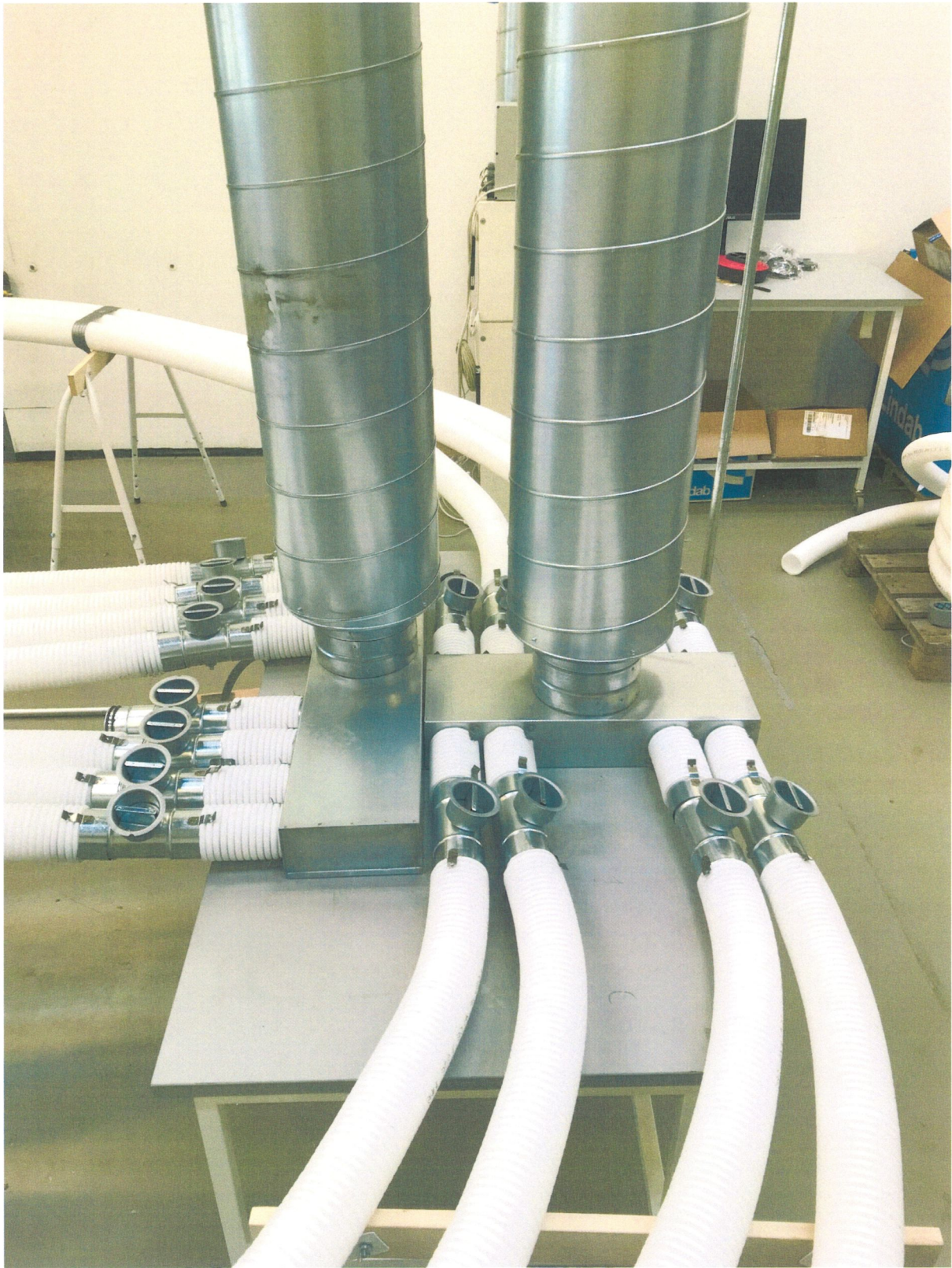
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	170718/WJA										
2											
3	Manifold udsugning										
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											



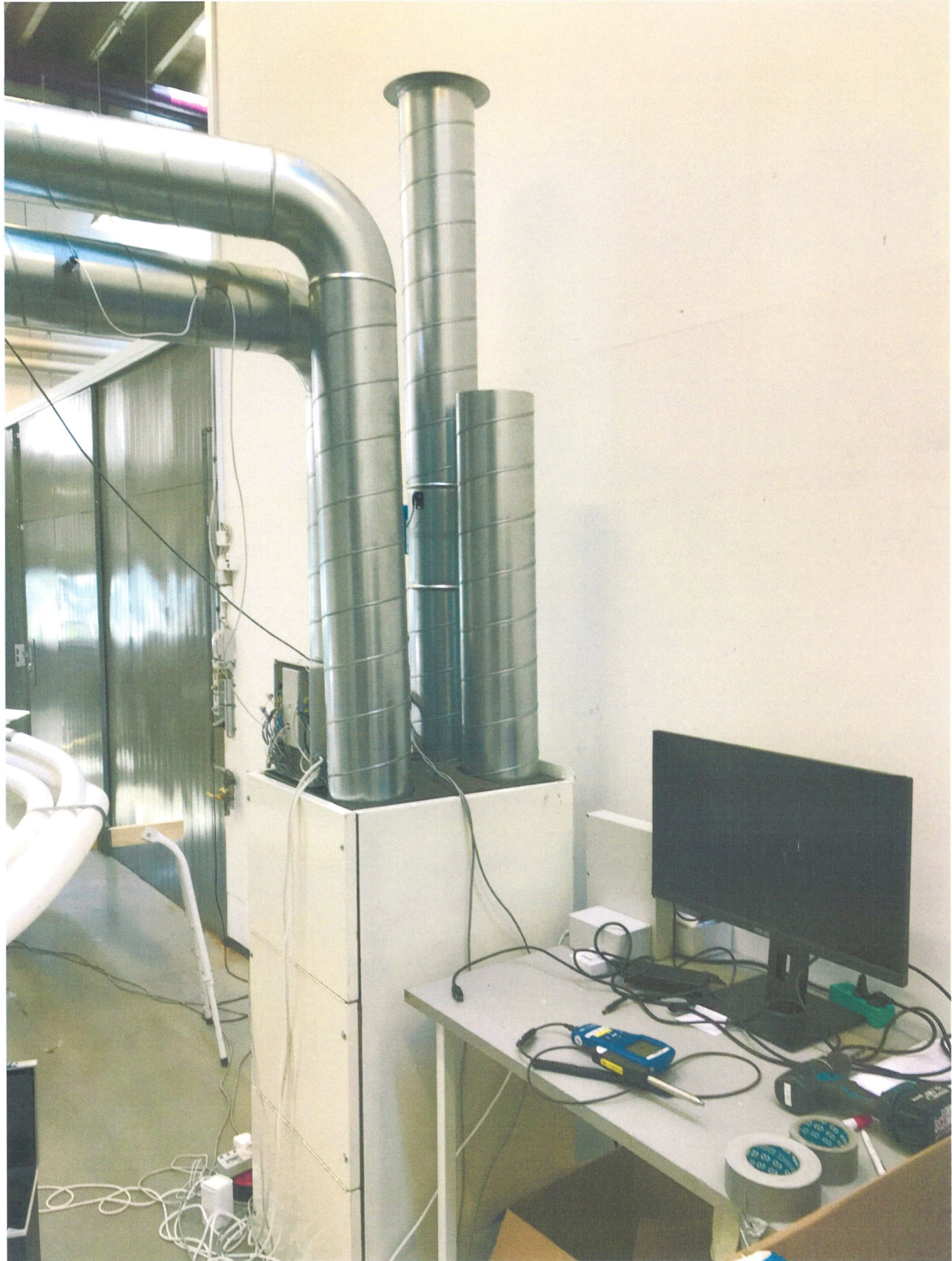
Udvalgte billeder fra laboratorietesten af det komplette ventilationsanlæg inden montage i Lind & Risør bolig





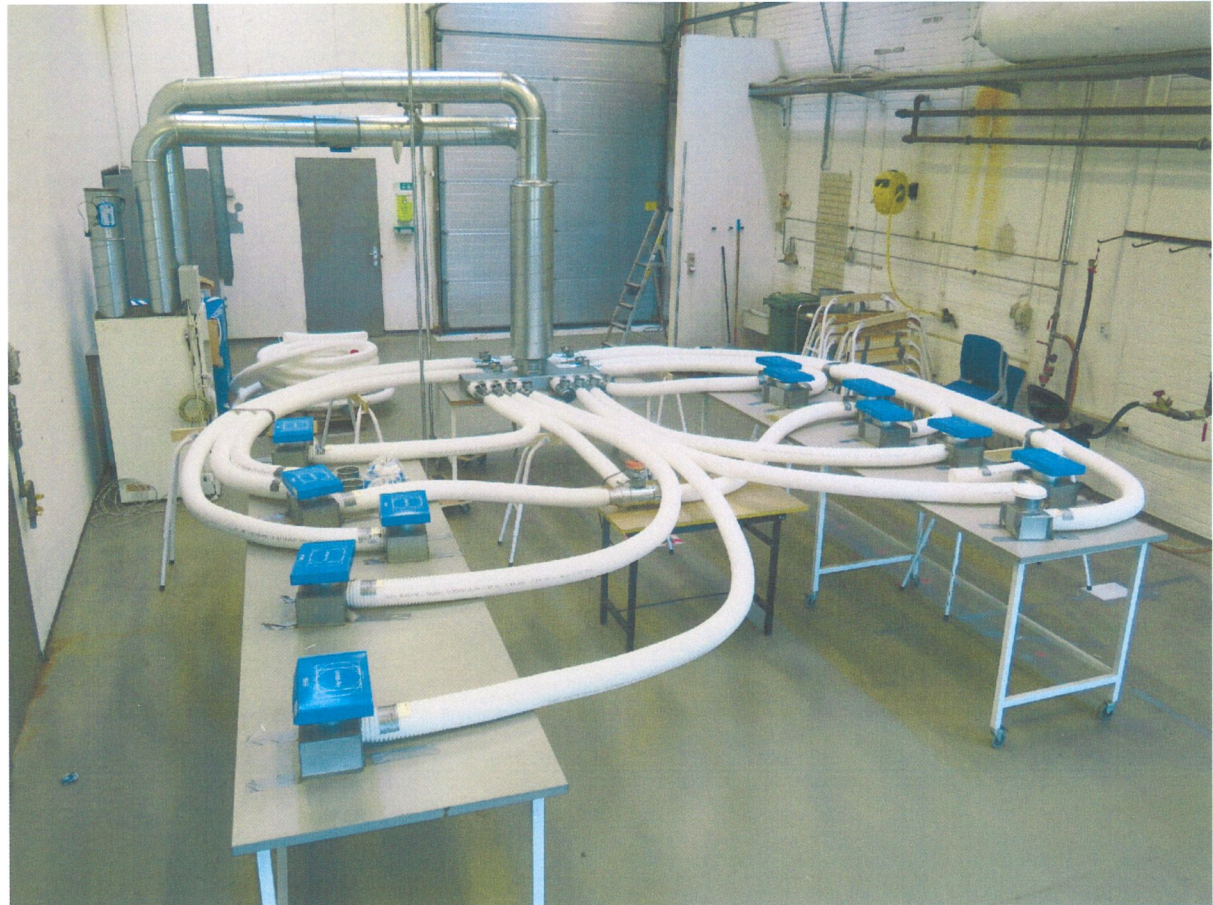
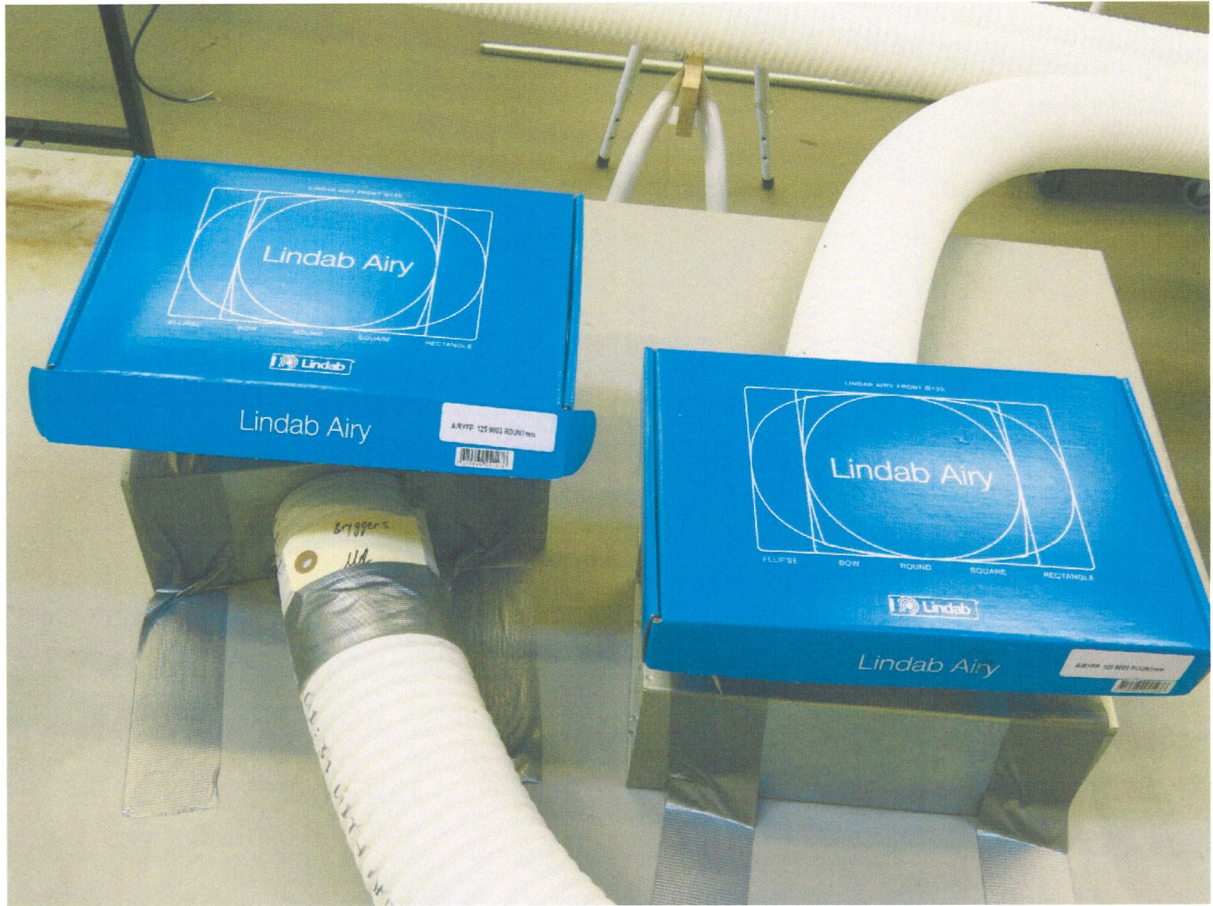




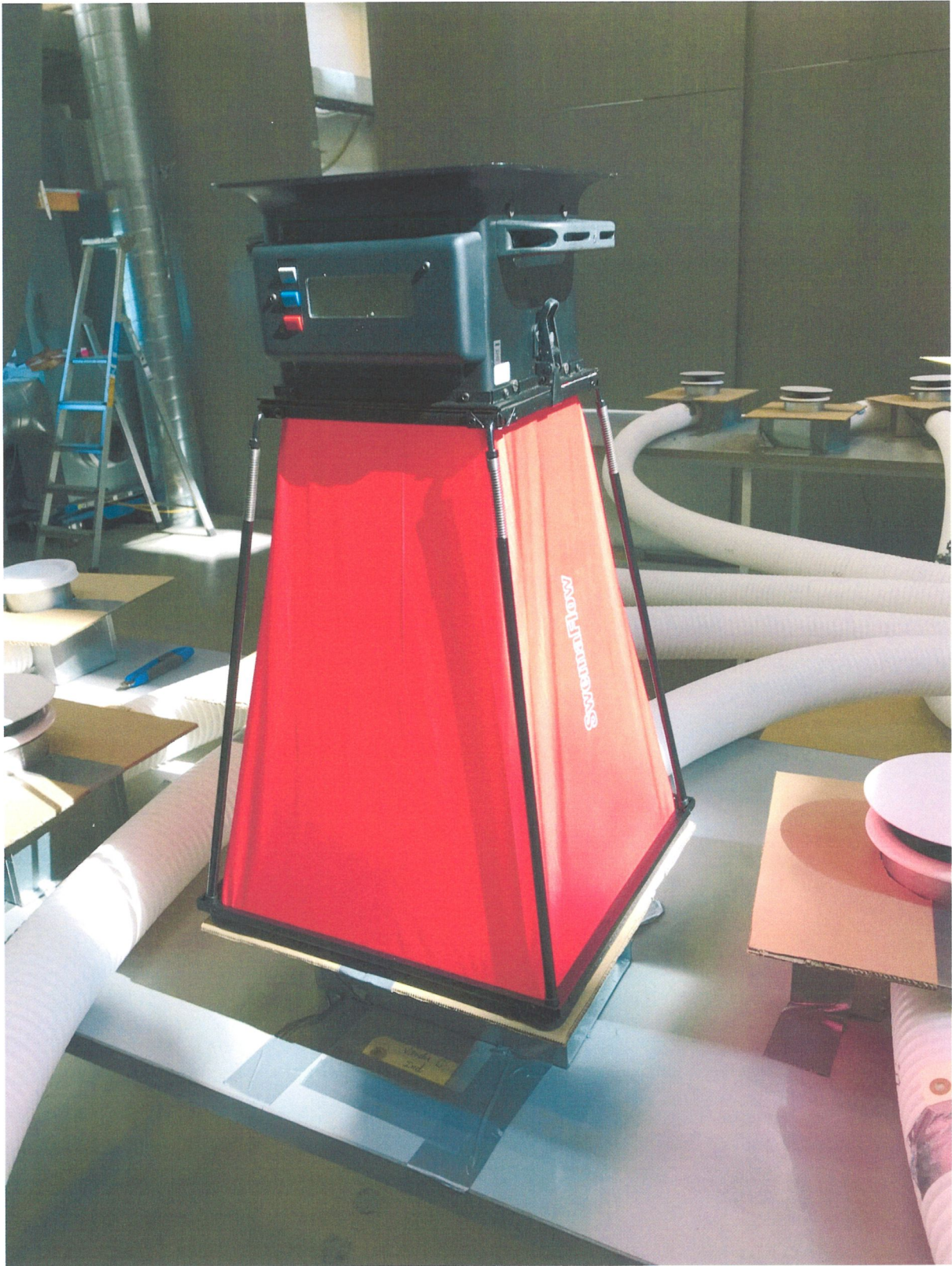














Lindab UltraLink
Controller FTCU

Status

Airflow

45.8

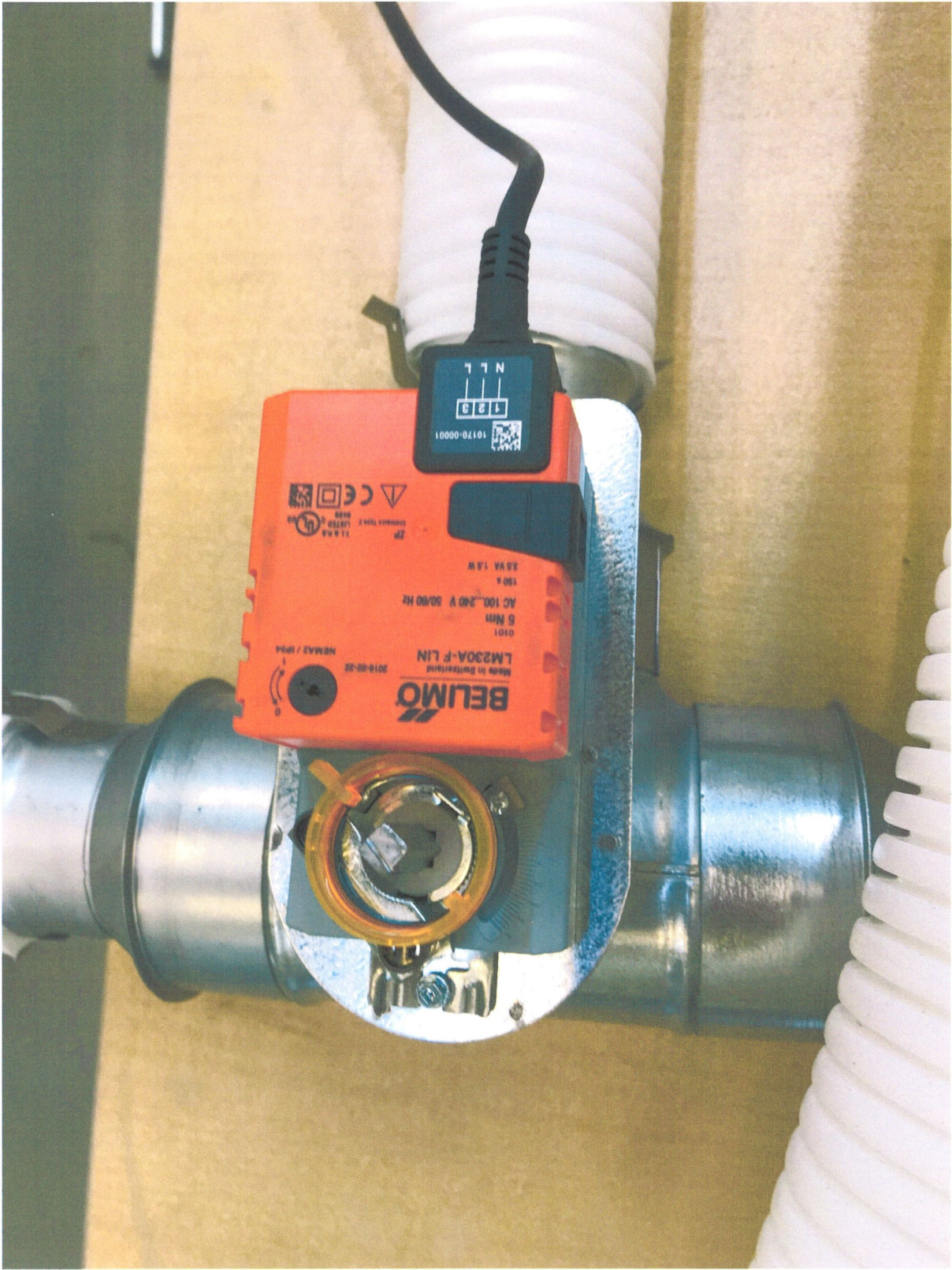
Actual value
Setp
m³/h | l/s | m/s | °C | %
m³/h | l/s | m/s | -



CE
IP42

ator FTMU 200
Flow Direction
SI no. 102902061
Lindab®
UltraLink





10. Montage af ventilationssystem i demonstrationsbolig, funktionstest og test

WP4 Montage og test i enfamiliebolig

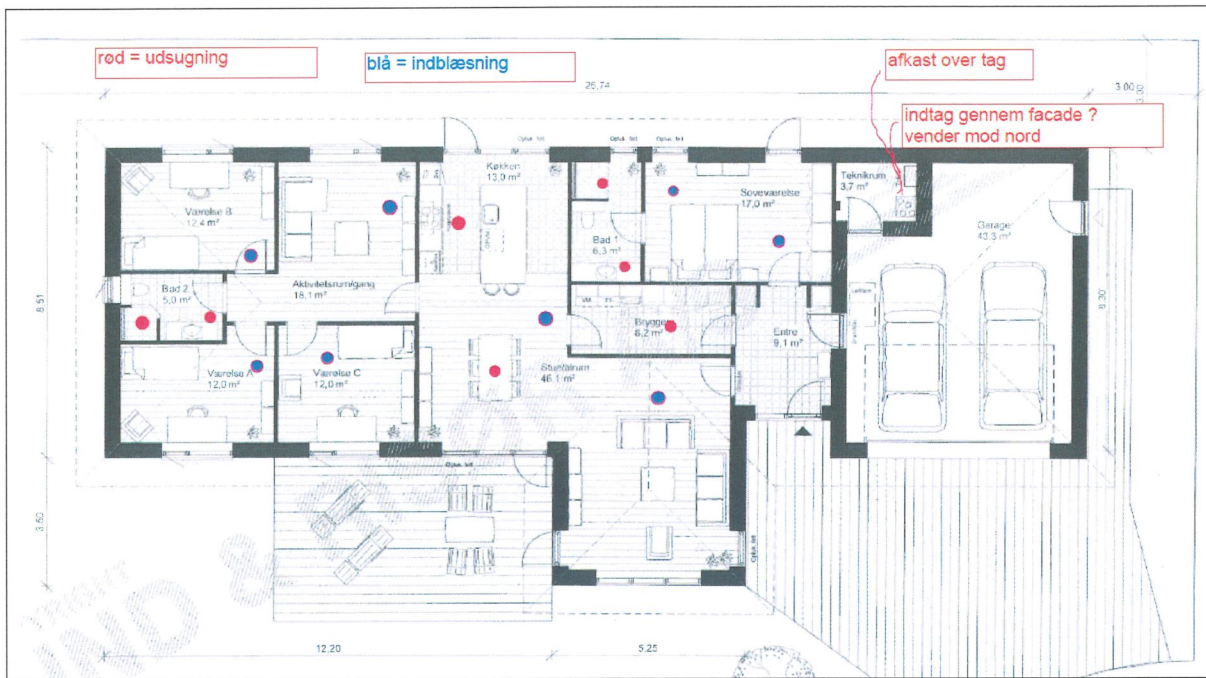
Efter færdiggørelse af WP3, justering og evaluering af opstillingen i laboratoriet på Teknologisk Institut, var ventilationssystemet klar til montage i Lind & Risør bolig, Vindinge ved Roskilde.



Montagearbejdet kunne først udføres når alle træspær, lægter, gangbro, loftlys m.m. var på plads.

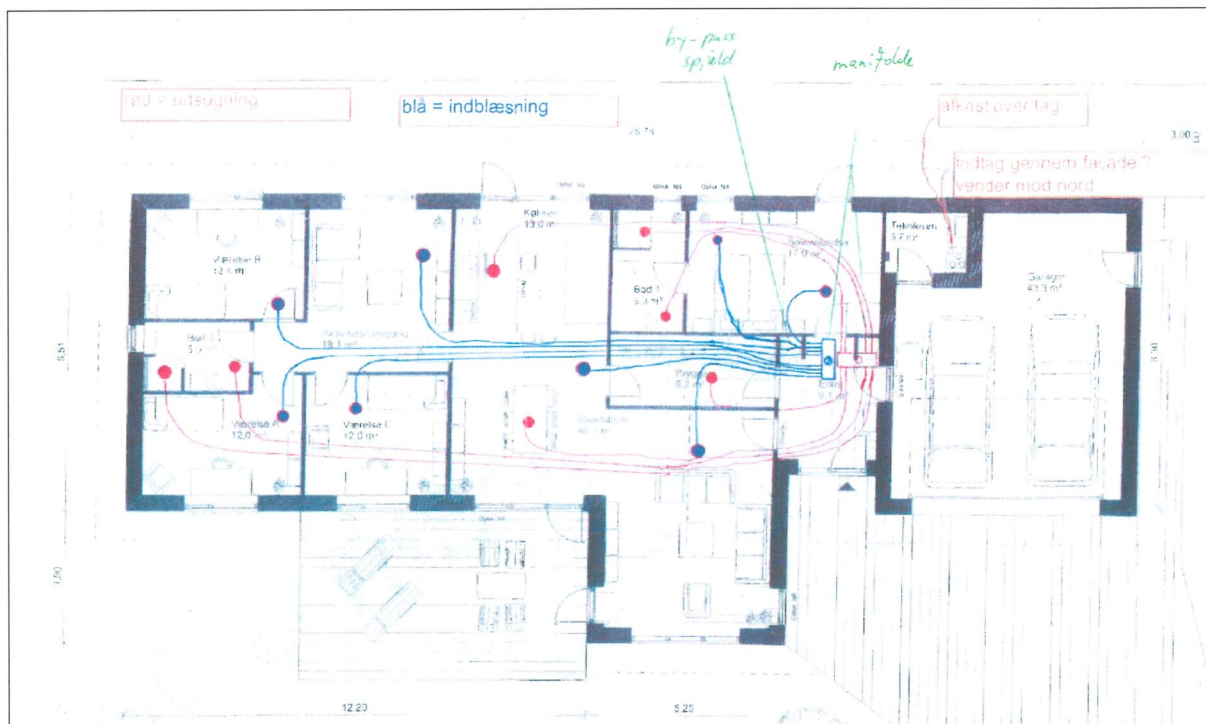
Montagearbejdet blev udført af 2 personer fra Lindab og 1-2 personer fra Teknologisk Institut. Herforuden blev håndværkere fra Lind & Risør introduceret for "kanalsystemet" og instrueret i arbejdsgangen.

Step 1 var montage af alle indblæsningsarmaturbokse og udsugningsarmaturer i samråd med Lind & Risør. Der var visse frihedsgrader for placering i loftet, men også visse begrænsninger, fx skulle lysplacering og armaturplacering helst "passe" sammen og danne logiske "linjer/mønstre" i loftet. Lind & Risør lægger også vægt på, at indblæsningsarmaturer placeres relativ tæt på dør af hensyn til minimering af eventuelle trækgener fra armaturet.



Step 2 var montering af slanger, manifold, lydæmpere m.m. Step 2 skal helst koordineres med step 1 og omvendt, idet armaturbokse skal vende rigtigt med hensyn til slangemontering og der skal vælges de rigtige manifold, som tager hensyn til at ventilationsaggregatet i det aktuelle tilfælde er placeret i den ene ende "udenfor" boligen.

Indtagssiden og afkastsiden skal passe med de rigtige stutse på ventilationsaggregatet (eller omvendt). Der skal også være plads til lydæmpere på loftet.

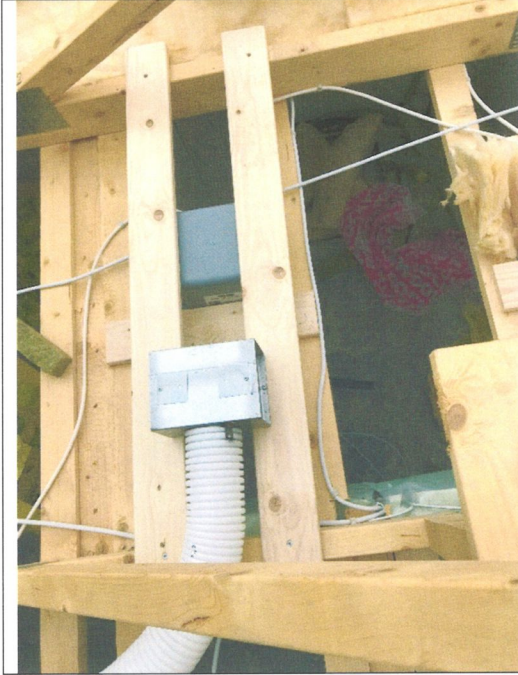


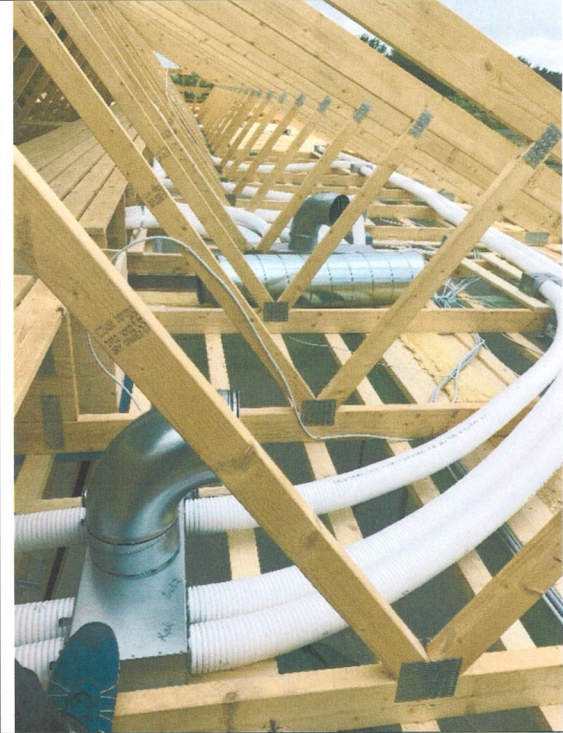


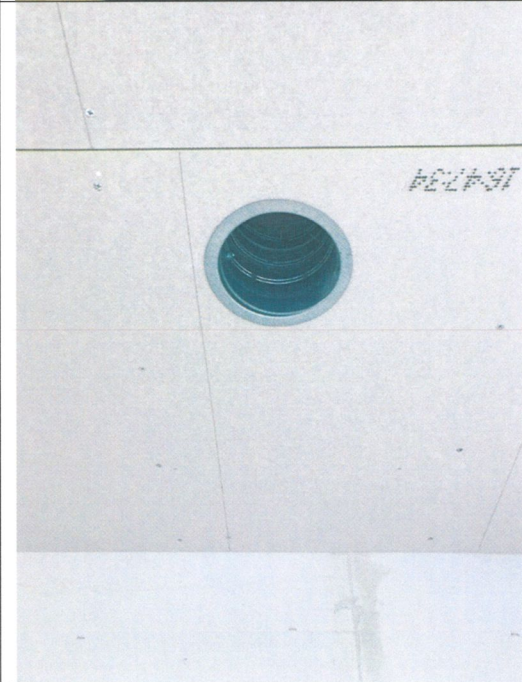








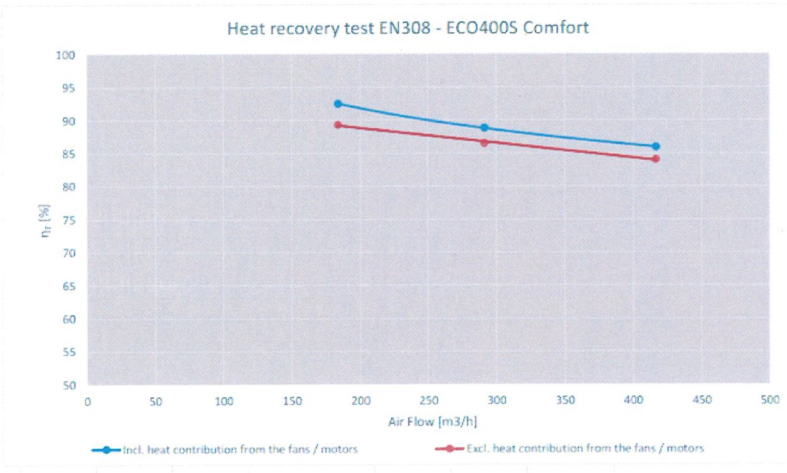




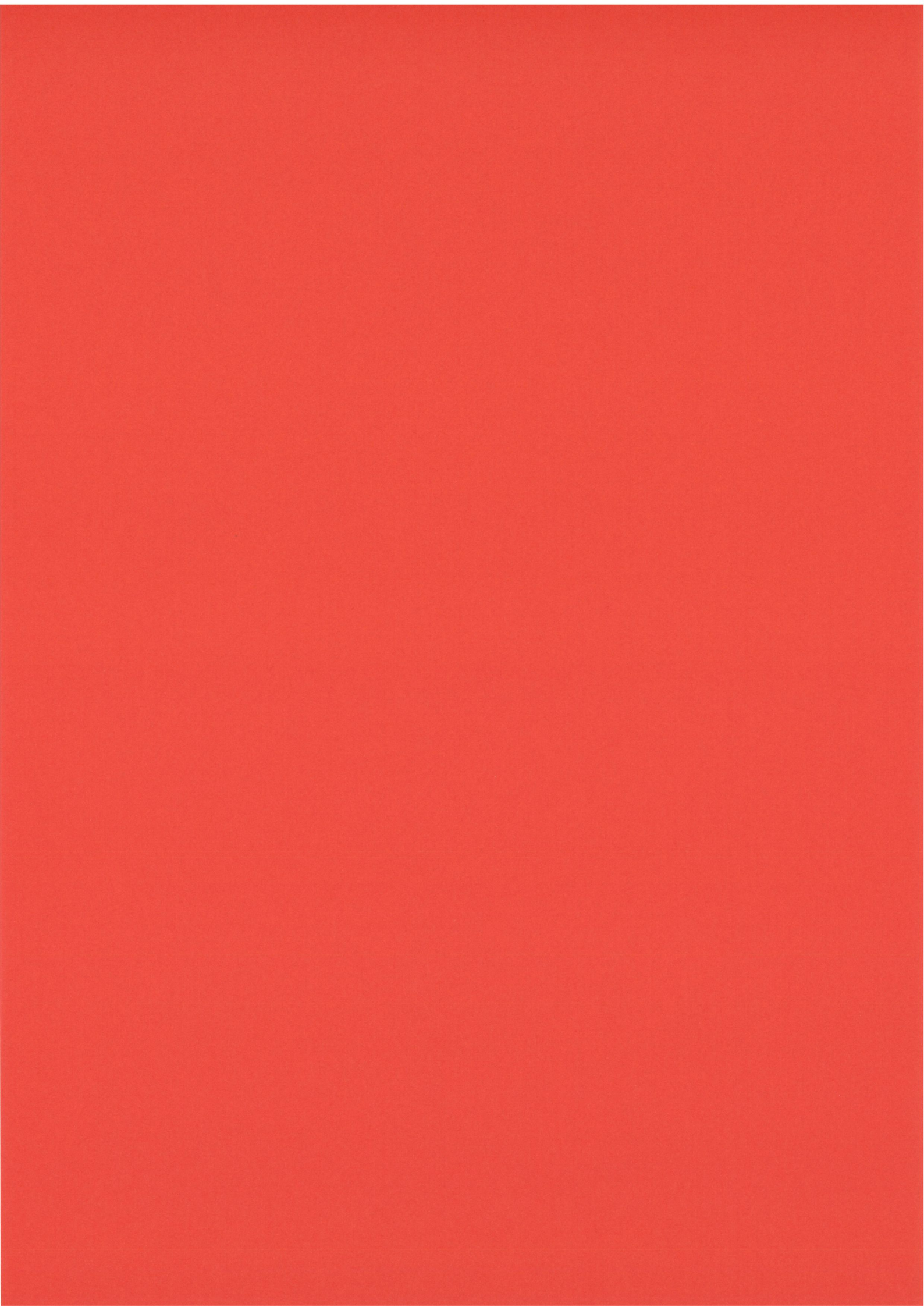




	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2		Toftebuen 33 Vindinge										
3		standby										
4		8W										
5									Flow måling ved 60 l/s			Sum
6		setpunkt	flow	setpunkt	flow	Effektforbrug	SEL		Flow fordeling ved udsugning	liter/s	m3/h	l/s
7		m3/h	m3/h	l/s	l/s	W	J/m3					
8		144	142	40	39,4	28,6	725	køkken	Ved køkken bordet	11,5	41,3	
9		216	218	60	60,6	56	925		ved spisestuen	11,5	41,5	23,0
10		340	336	94,4	93,3	162	1736	Bad 1	Bad 1 vasken	8,9	32	
11		432	350	120	97,2	170	1749		Bad 1 Bruse	9,2	33,1	18,1
12								Bad 2	Bad 2 vasken	7,6	27,2	
13									Bad 2 Bruse	7,9	28,3	15,4
14									Bryggers	10,9	39,3	10,9
15										67,4		
16								swema 126				
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												



60 liter/s er lig 216 m3/h



11. Informations- og undervisningsmateriale til *Den Lille Blå om Ventilation*

WP6 Informations- og undervisningsmateriale

Hele konceptet sammenfattes til brug i Teknologisk Instituts kurser om boligventilation, og anvendes som basis materiale i forbindelse med opdatering af *Den lille blå om ventilation: "Energieffektiv BR2020 boligventilation – Installation, drift og service"*. Denne publikation der fuldender den blå serie om ventilation indgår ikke i projektet.

Basistekst til afsnittet: "Behovsstyret boligventilation i enfamilieboliger".

Indledning

Nye- og renoverede enfamilieboliger er tætte. Derfor ses sjældent enfamilieboliger opført efter 2010 med naturlig ventilation. Kravet til energiforbrug (BE18 energirammeberegning) spiller også her en rolle for valg af ventilationsløsning.



Lind & Risør demonstrationsbolig på omkring 200 m².

Dette afsnit adresserer Lavenergiklasse 2020 i BR2015 (BR15) bygningsreglementet, hvad angår ventilation, men indholdet er stadigvæk gældende for Lavenergiklassen i BR2018 (BR18) og opfylder denne.

Lovgivning (BR18)

I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst $0,30 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ opvarmet etageareal. Den praktiske tolkning af dette krav er vist på den efterfølgende figur 1:

Stor lejlighed på fx 139 m²

	Areal	Areal	Luftmængde	Luftmængde
	[m ²]	[m ²]	[L/s]	[L/s]
Bad	7,0		17,9	
Køkken	12,0	19,0	23,8	41,7
Stue	75,0		26,1	↑
Soveværelse	15,0		5,2	
Børneværelse 1	15,0		5,2	
Børneværelse 2	15,0	120,0	5,2	41,7
Samlet areal	139	[m ²]		
Grundluftmængde	41,7	[L/s]		

Figur 1. Skemaet viser eksempel på opfyldelse af BR18 for boliger.

I visse tilfælde kan det dog være nødvendigt at forøge luftmængderne for at overholde det grundlæggende funktionskrav. Det kan for eksempel være i rum der benyttes som soveværelse eller børneværelse.

Såfremt ventilationssystemet ved måling er i stand til at regulere udelufttilførslen efter tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold i boligen, er det dog tilladt at reducere udelufttilførslen til 0,15 L/(s·m²) i en længere periode over døgnet, hvis boligen ikke er i anvendelse.

Ventilation i boliger kan reduceres uden for brugstiden under forudsætning af, at det ikke giver anledning til et utilfredsstillende indeklima, medfører sundhedsrisiko eller risiko for fugtproblemer, der fx kan føre til skimmelsvamp. For boliger vil det normalt sige, at ventilationen som minimum skal sikre, at rumluftens CO₂-indhold og luftfugtighed altid holdes på et acceptabelt niveau.

Ved brugstid forstås den tid, hvor boligen er i anvendelse, og der er mindst én person til stede i boligen. Det vil omvendt sige, at der ved "uden for brugstid" skal forstås den tid, hvor boligen som helhed er uden persontilstedeværelse i en længere periode.

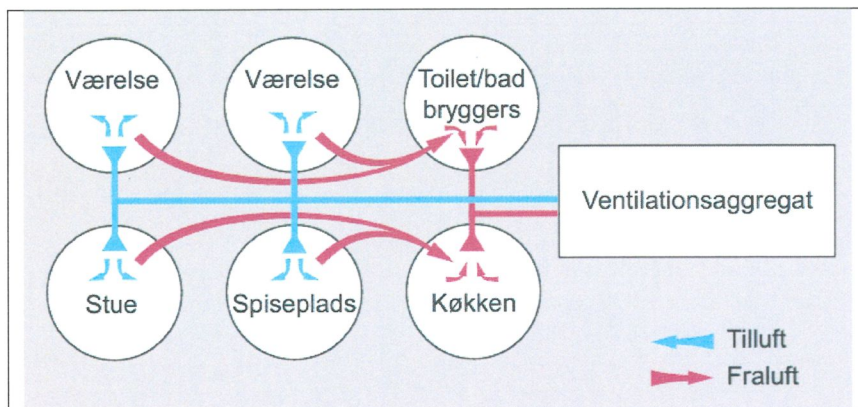
Det er en forudsætning for brug af behovsstyret ventilation, at der er følere eller sensorer der automatisk og med høj sikkerhed kan fastlægge om brugeren/brugerne er til stede i boligen eller ej. Dette gælder også på tidspunkter, hvor brugerne er inaktive eksempelvis sover.

CO₂ kan anvendes som indikator for luftkvalitet, og ventilationssystemer kan derfor indrettes til at styre efter denne parameter i kombination med fugtføler.

Manuel styring af ventilationen anses ikke for at være tilstrækkelig til styring af et behovsstyret ventilationssystem.

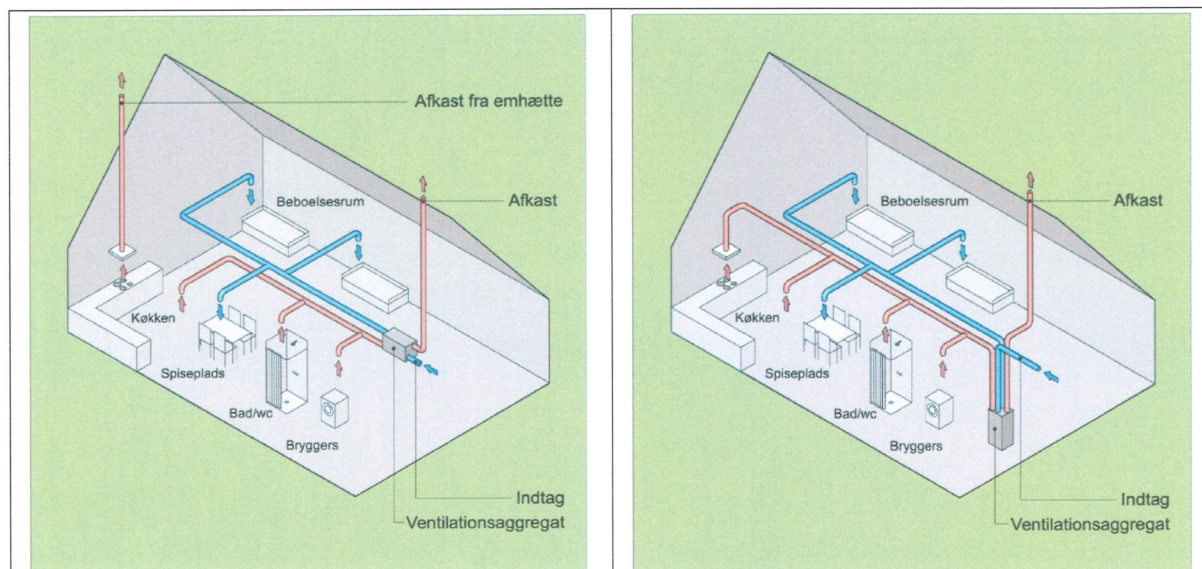
Behovsstyrings følere bør kunne registrere om alle rum i boligen er forladt. Som hovedregel skal følere placeres på et sted, hvor den omgivende luft er repræsentativ for luften i opholdszonen. Følere bør fx ikke placeres i hjørner, tæt ved dør- og vinduesåbninger, i områder med direkte sollys eller i områder, der er i direkte kontakt med indblæsningsluft.

Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationssystem. Hvis ventilationen foretages med et mekanisk ventilationsanlæg, skal dette have indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers, se figur 2 og figur 3.



Figur 2. Principiel skitse af luftindblæsning og luftudsugning.

Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav, og tillige skal det sikres, at primærenergi behovet ikke forøges.



Figur 3. Principiel skitse af ventilationsløsning

Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til den fri og tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.

En emhætte skal for at have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en luftstrøm på mindst 120 L/s. Denne luftstrøm kan dog reduceres ved anvendelse af korrektionsfaktorer, såfremt emhættens udformning og placering understøtter dette i en konkret byggesag. Præaccepterede korrektionsfaktorer er angivet i bygningsreglementets vejledning om ventilation. En anden måde at dokumentere tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen er en emfangsevne på mindst 75 % i overensstemmelse med de relevante teststandarder for emhætter.

Der skal altid sikres erstatningsluft, når emhætten er i drift. Manuel åbning af vinduer eller lignende kan ikke være en forudsætning for opfyldelse af kravene til emhætten.

I bade- og wc-rum i boliger skal der kunne udsuges mindst 15 L/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 L/s. I køkkener skal der kunne udsuges mindst 20 L/s.

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationssystemet før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationssystemet overholder bygningsreglementets krav til specifikt elforbrug til lufttransport, luftmængder, samt at eventuelt behovsstyring fungerer efter hensigten.

Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80 %.

For ventilationsanlæg med varmegenvinding, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m³ ved grundluftskiftet. Anlægget skal tilsluttes, så det er muligt at etablere måler til måling af det specifikke elforbrug til lufttransport.

[BR18 - Lavenergiklasse] Ventilationsanlæg, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på mindst 85 pct.

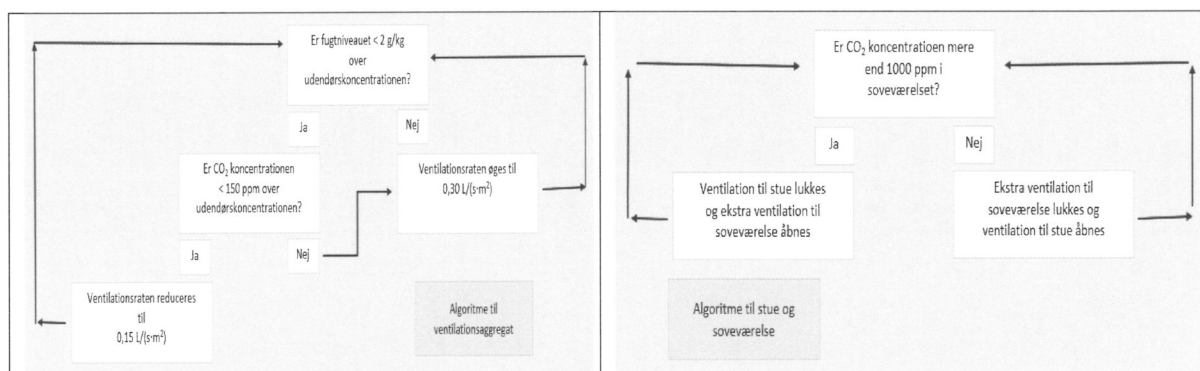
Behovsstyring af udeluftmængde for hele boligen

BR18 åbner op for behovsstyring af udeluftmængden i det tilfælde hvor der ikke er nogen personbelastning i boligen. Herforuden har flere undersøgelser vist, at visse rum fx soveværelse kan have brug for ekstra udeluft i perioder.

Behovsstyring giver el- og energibesparelser, men graden af behovsstyring og hermed kompleksitet er en balance mellem investering, driftsudgifter til vedligehold og den opnåede besparelse.

Disse overvejelser er drøftet i projektet og valget er faldet på følgende styringsstrategi, som vist på figur 4 og figur 5. Undersøgelser har vist, at en normal familie er ude af huset i omkring 30% af tiden. I denne periode på 30% kan luftmængden i teorien reduceres ned til det halve.

Bemærk at fugtstyringen hele tiden sammenligner det absolutte vandindhold i indeluften med det absolutte vandindhold i udeluften, altså en tilvækst i vandindhold i luften inde i boligen.

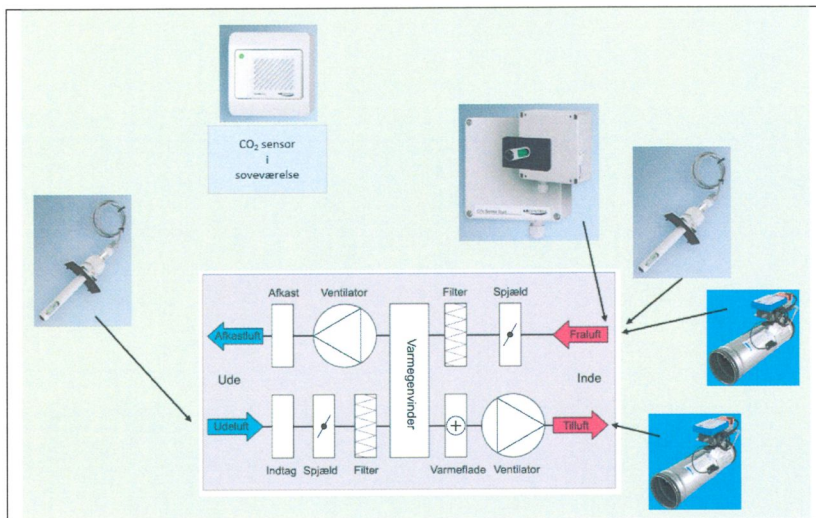


Figur 4. Algoritme til behovsstyring af hele boligen. Figur XX. Algoritme til behovsstyring i soveværelse.

Styringsstrategien har nærmest karakter af 'person-tilstedeværelse-i-boligen' eller 'ikke-person-tilstedeværelse-i-boligen'. Herforuden er der også indbygget fugtsikring i styringen.

Strategien indebærer, at luftmængden kører ensartet op eller ned for hele boligen. Der er ikke fundet rentable løsninger, hvor luftmængden for hvert rum kan behovsstyres uafhængigt af de andre rum.

Det er valgt at placere alle sensorer i selve ventilationsaggregatet undtagen CO₂ sensoren til soveværelset. De 2 ultralink flowsensorer ind/ud skal sidde på egnede strækninger uden forstyrrelser, som kan påvirke målenøjagtigheden.



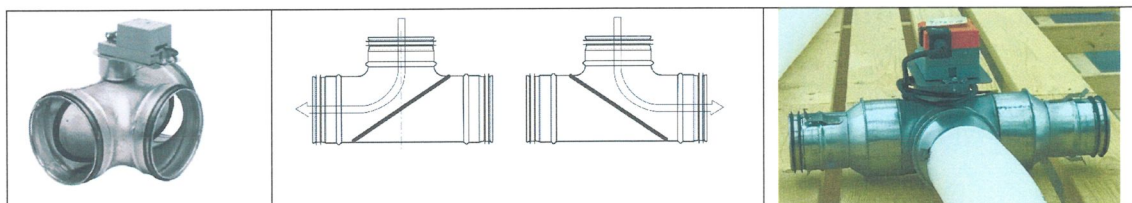
Figur 5. Anbefalede (LS Control og Lindab) komponenter og nødvendige komponenter til den overordnede styringsstrategi.

Selvom den nye DS-447 (2021) nævner, at for enfamilieboliger kan en luftmængde godt udføres (måles) ved traversering i kanal med en lufthastighedsmåler, må det stærkt anbefales at installere integrerede luftmængde målere med direkte visning i ventilationssystemet. Det sparer meget tid i forbindelse med indreguleringen og det giver også en tryghed for beboerne. Undersøgelser har vist at beboere i enfamilieboliger generelt ikke har noget overblik over ventilationsanlæggets øjeblikkelige status, hvad angår fx luftmængder.

Styringsstrategien er implementeret i CTS-system er udført af LS Control, som har mange års erfaring med CTS-styringer til ventilationsanlæg. Der er mulighed for fjernovervågning og der er mulighed for fjernindstilling af set-punkter.

Behovsstyring af udeluftmængde for soveværelse

Hvis der er brug for ekstra udeluft i soveværelset målt med CO₂ sensoren i soveværelset øges udeluftmængden ikke tilsvarende for hele boligen. Det er vurderet, at ved stigende udeluft behov i soveværelset, er udeluftbehovet i stuen nok tilsvarende mindre. Derfor er der implementeret en strategi, som "låner" luft fra stuen og fører luften ind i soveværelset ved hjælp af et Lindab TVTBU T-spjæld med motor, se efterfølgende figur 6.



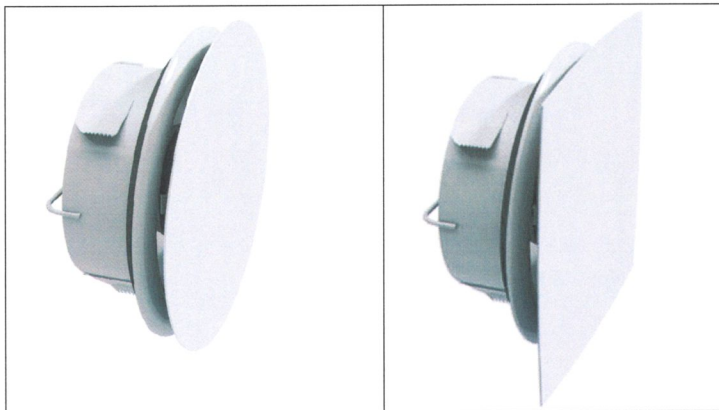
Figur 6. Billede og skitse af virkemåden for et Lindab T-spjæld.

Arrangementet indebærer, at der skal føres 2 slanger til soveværelset og hermed også placering af to indblæsningsarmaturer i loftet i soveværelset.

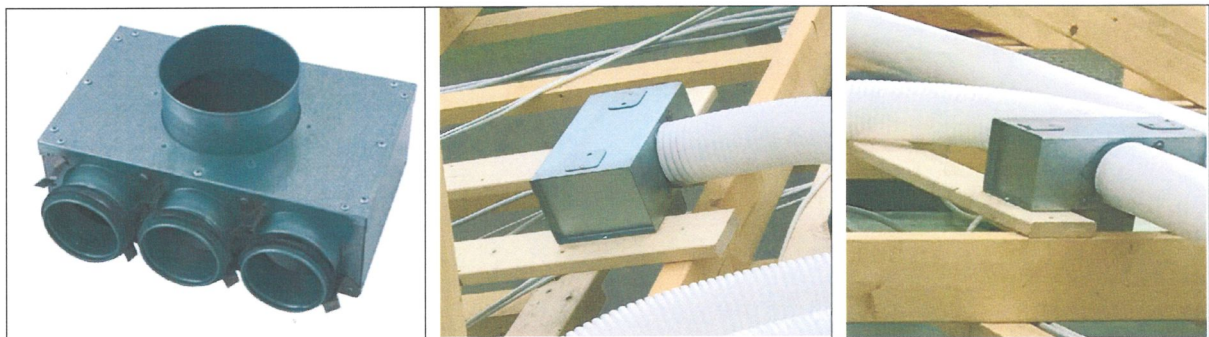
Indblæsningsarmatur

Der er valgt at anvende det prisvindende indblæsningsarmatur fra Lindab benævnt Airy i

dimensionen $\varnothing 125$ mm. Armaturet er meget populært hos boligejere på grund af den arkitektoniske udformning (udseende) og de gode strømningstekniske egenskaber.

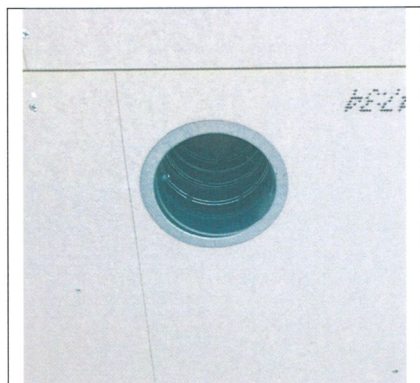


Figur 7. Billede af Lindab Airy indblæsningsarmatur med enten rund eller kvadratisk plade.



Figur 8. Billede af Lindab PVWU armaturtilslutningsboks. Her vist med 3 slangetilslutninger. Normalt er 1 slangetilslutning tilstrækkelig, som vist på montagebilledet.

Armaturtilslutningsboksen skal fikseres ovenpå lægter, som er sømmed fast på træspærene.

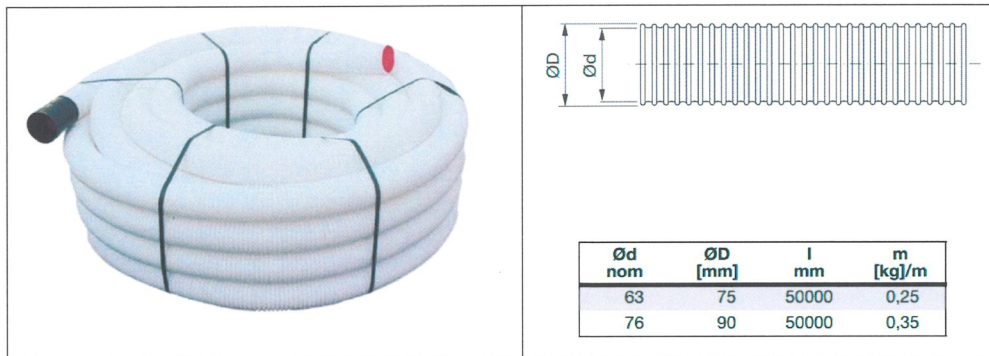


Figur 9. Afslutning på ventilationsmontage i loft. Airy armatur kan nu monteres.

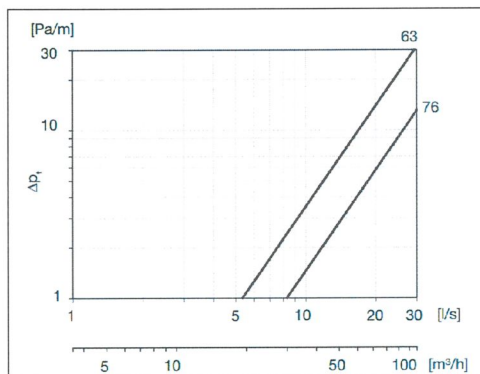
Føring af luft i plastslanger

En vigtig del af projektet var brug af semistive Lindab LFPE-plastrør fremstillet af polyethylen (PE) med ru overflade (udvendigt) og glat overflade (indvendigt).

Systemløsningen med plastrør giver en større fleksibilitet end brug af metalkanaler, idet de nødvendige fikspunkter sådanset kun er armaturplacering og manifold placering. Tilslutninger foregår med Lindabs "Smart Lock Function" uden brug af skruer, pasta eller tape.

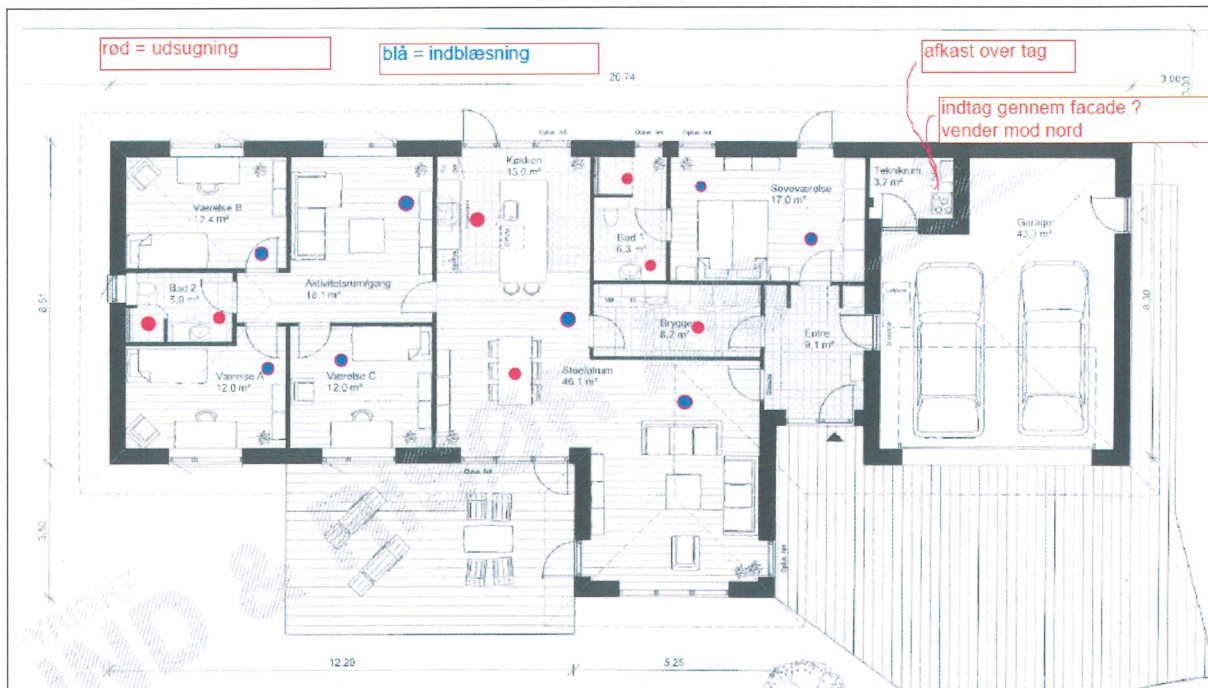


Figur 10. Figuren viser billede og data for de anvendte fleks slanger.

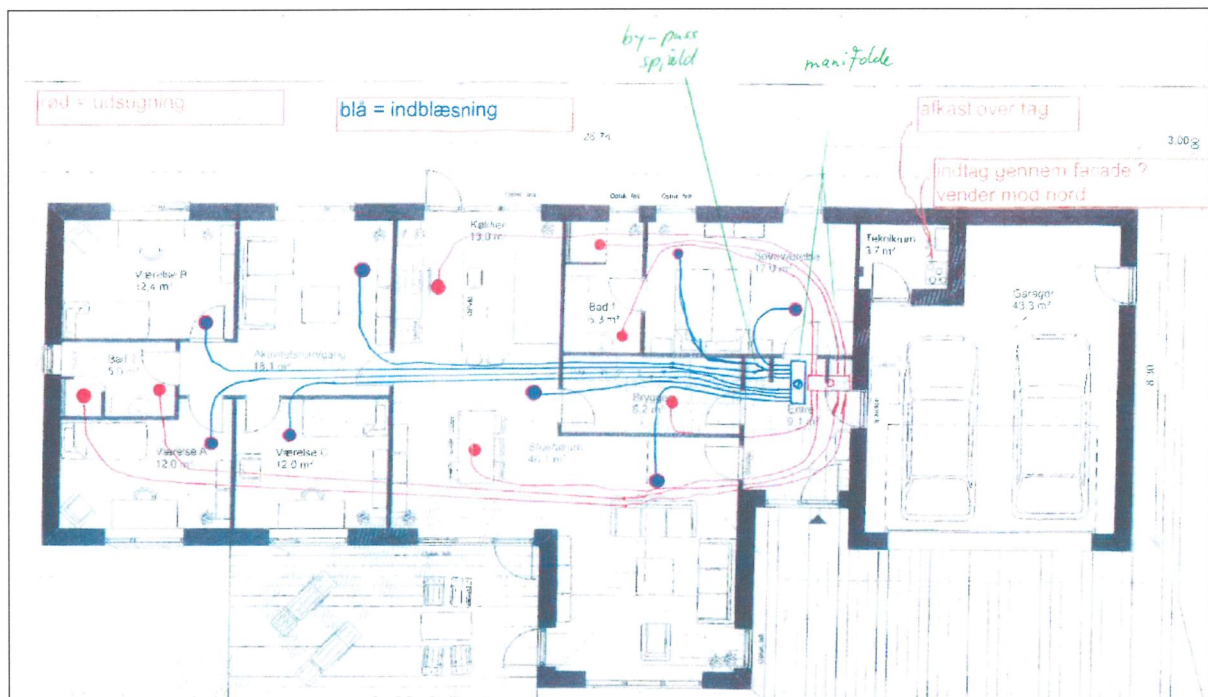


Figur 11. Lindab tryktabsdiagram for $\varnothing 63$ mm og $\varnothing 76$ mm Lindflex LFPE-slange.

I projektet er der valgt udelukkende at køre med $\varnothing 76$ mm slange dimension af hensyn til tryktabet. Teoretisk set kunne der på enkelte strækninger godt vælges $\varnothing 63$ mm dimension, men for at reducere eventuel fejlmontering, er det langt sikrere udelukkende at køre med $\varnothing 76$ mm dimension.



Figur 12. Figuren viser en plantegning af boligen med angivelse af indblæsningssteder og udsugningssteder. Bemærk at teknikrum er placeret som en "del" af garagen.



Figur 13. Figuren viser føring af rør (slanger). Bemærk at slangerne ikke nødvendigvis behøver at ligge snorlige. Herved opnås stor fleksibilitet under montage arbejdet.



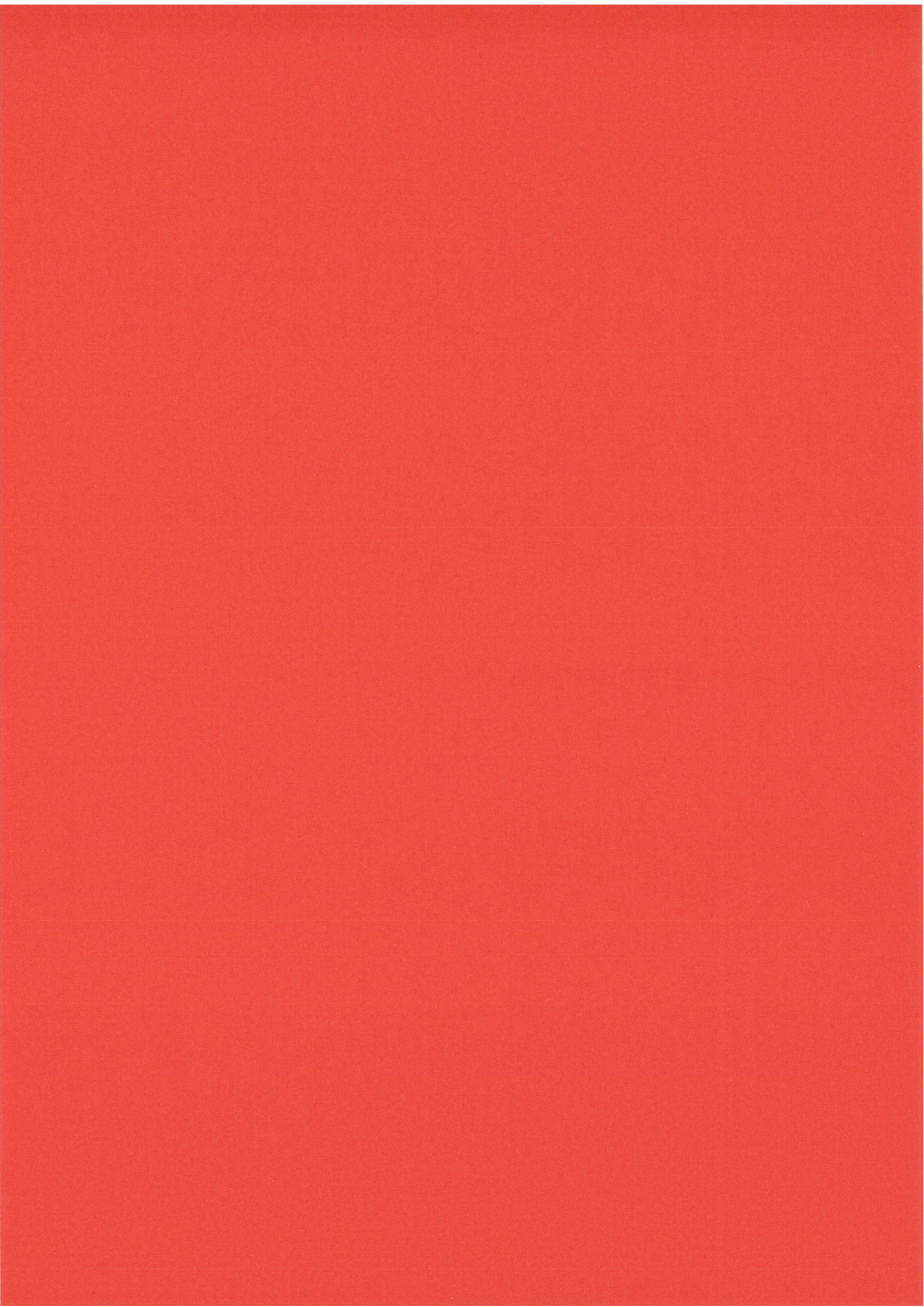
Figur 14. Figuren viser udsnit af slangeføringen fra manifolden.



Figur 15. Teknik rum med varmeinstallation og ventilationsaggregat.



Figur 16. En stue klar til beboere.



12. Artikel publiceret i fagbladet: "HVAC Magasinet"

Dit branchemagasin fra TechMedia A/S

MAGASIN FOR KLIMA- & ENERGITEKNIK, MILJØ, BYGNINGSINSTALLATIONER & - NETVÆRK

HVAC

2

Februar 2019
Årgang 55

Magasinet

Fremtiden er lys for solceller

Det gode indeklima skal smages

Frisk luft i soveværelset



Intelligent boligventilation
til fremtidens byggeri

► Se side 3...



Lindab

Frisk luft skal sikre god nattesøvn i tætte boliger

Moderne enfamiliehuse er godt isolerede og har brug for tilførsel af frisk luft via ventilation. ELFORSK-projekt tester ny løsning med langtidsholdbare filtre og behovsstyret ventilation, så der er frisk luft i soveværelset hele natten

Af Jesper Tørnbjerg,
journalist, Dansk Energi

Sammen med en række virksomheder er Teknologisk Institut – med støtte fra Dansk Energis ELFORSK-pulje – ved at udvikle og sammenstykke en række løsninger, der kan gøre mekanisk ventilation i nye enfamiliehuse mere energieffektiv og tiltrækkende.

- Selvom bygningsreglementets krav til ventilation er opfyldt, kan soveværelset være problematisk. Hvis soveværelset er lille og/eller forældre får besøg af et eller flere af deres børn om natten, kan CO₂-koncentrationen i rummet blive problematisk, siger projektleder, seniorspecialist Christian Drivsholm fra Teknologisk Institut.

De løsninger, Teknologisk In-

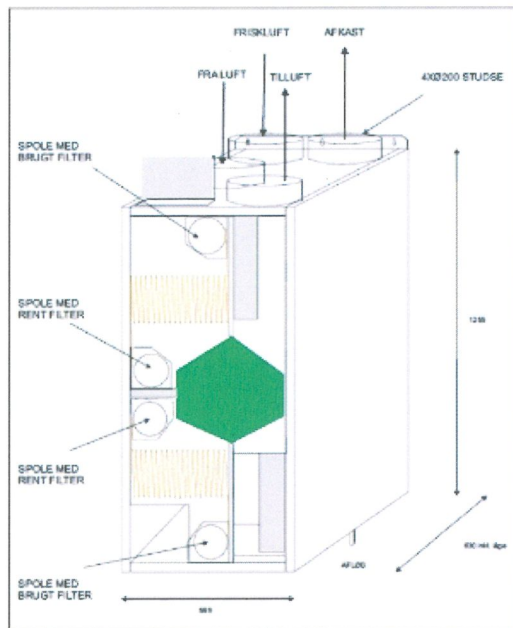
stitut tester i øjeblikket på EnergyFlex House i Taastrup sammen med Lindab, LS Control og EcoVent, kombinerer hardware og software. I det spæde forår 2019 vil Lind & Risør i Vindinge sydøst for Roskilde begynde byggeriet af et prøvehus med de nye løsninger. - Når vi skal bygge nyt, er vi udfordret af de beregnede energikrav i Bygningsreglementet. Løsningen her-og-nu er at gå

op i rørdimensioner på ventilationsanlægget, men vi kigger på mere effektive teknologier, siger teknisk chef Jan S. Hansen fra Lind & Risør og peger på, at de løsninger, der skal testes i Vindinge, også kan give bedre komfort til beboerne og mindre udgifter til service af filtre.

Motordrevet filtrerrulle
Luftskiftet ind og ud af prøve-



De løsninger, Teknologisk Institut tester i øjeblikket på EnergyFlex House i Taastrup sammen med Lindab, LS Control og EcoVent, kombinerer hardware og software.



Luftskiftet ind og ud af prøvehuset i Vindinge skal foregå ved hjælp af et nyudviklet ventilationsaggregat, der udmærker sig ved, at filteret kun sjældent skal udskiftes.

> Frisk luft skal sikre...

Fortsat

huset i Vindinge skal foregå ved hjælp af et nyudviklet ventilationsaggregat, der udmærker sig ved, at filteret kun sjældent skal udskiftes. Løsningen, der er patenteret af direktør John Steen Jensen fra EcoVent i Hinnerup, består af en motordrevet filterrulle. Motoren sikrer, at den del af filteret, der bliver tilsmudset af partikler, pollen m.m., ruller videre.

Lige nu tester og udvikler vi på et dynamisk filtersystem med en forventet levetid på ti år. Normalt skal filtre skiftes

hvert ½-1 år, så der er tale om et betydeligt fremskridt for husejerne, siger ph.d., konsulent Amalie Gunner fra Teknologisk Institut.

Styrer efter CO₂ og fugt

Det andet potentielle gennembrud handler om behovsstyring af ventilation med en løsning fra LS Control i Herlufmagle. Også den teknologi er ved at blive testet på EnergyFlex House for at sikre, at det hele virker efter hensigten, inden løsningen bliver indpasset i prøvehuset i Vindinge. Det vil blive bygget fra omkring 1. marts og et halvt år frem. Styringen fra LS Control har den nyeste teknologi med internetforbindelse indbygget, så

man kan fjernstyre og overvåge med flere forskellige værktøjer til pc og app.

Herefter vil installationerne stå sin prøve i virkelighedens verden, og efter indkøring vil Lind & Risør sætte huset til salg. Om alt går vel, vil de fremtidige beboere dermed få mulighed for at styre deres ventilationsanlæg efter CO₂-koncentration og fugt i rummene, der er forsynet med sensorer.

Nye huse er meget tætte, så der kan opstå et underskud af frisk luft især i soveværelserne om natten. Hvis man kan "låne" luft fra stuen, så kan man holde den samlede luftmængde på samme niveau og få bedre komfort for den samme mængde energi, fortæller Christian Drivsholm og understreger, at anlægget designses, så det både efterlever kravene i det seneste Bygningsreglement og giver flere valgmuligheder – og bedre nattesovn – for beboerne.

God søvn kræver frisk luft

Hvor godt eller dårligt vi sover, afhænger blandt andet af luftkvalitet, lufttemperatur, lys og

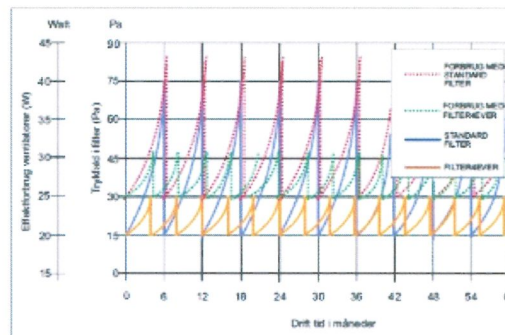
støj. Med hensyn til luftkvaliteten har Center for Indeklima og Energi på DTU for nogle år siden gennemført et studie, der klart viser, at man sover ringere, hvis der ikke er et vist luftskifte. Beboerne i de undersøgte lejligheder havde en gennemsnitlig CO₂-koncentration om natten på 2.585 ppm (lukkede vinduer) og 660 ppm (åbne vinduer).

Forskning viser, at der er en tæt sammenhæng mellem søvnkvalitet og koncentration den næste dag, så frisk luft til lunger og hjerner skal der til. Mange børn og voksne kan sikre sig et godt pust om natten ved at sove med åbne vinduer, men i mekanisk ventilerede huse og bygninger handler det om at skaffe det nødvendige luftskifte med smart styring.

Frisk luft forebygger også problemer med fugt, så ambitionen for ELFORSK-projektet er også at sørge for, at fugtniveauet aldrig bliver kritisk for boligen.

Få knapper at trykke på

Den friske luft skal sendes rundt i prøvehuset i Vindinge



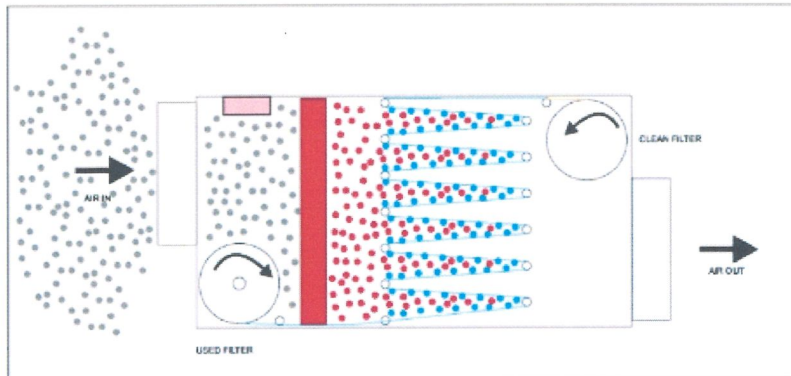
Tryk fald i filter. Diagrammet viser tryktabet i henholdsvis et standardfilter med serviceinterval halvårligt, og for airfilteræger med automatisk filter frem spoling. Energiforbruget til ventilatordrift er baseret på konstant flow på 126 m³/h.



Intervent A/S

"meget mere end installationer"

Ventilationsanlæg | Køleanlæg | Vvs-anlæg | Service på anlæg
www.intervent.dk | Tlf. 43 43 47 83 | intervent@intervent.dk



Løsningen, der er patenteret af direktør John Steen Jensen fra EcoVent i Hinnerup, består af en motordrevet filterrulle. Motoren sikrer, at den del af filteret, der bliver tilsmudset af partikler, pollen m.m., ruller videre.

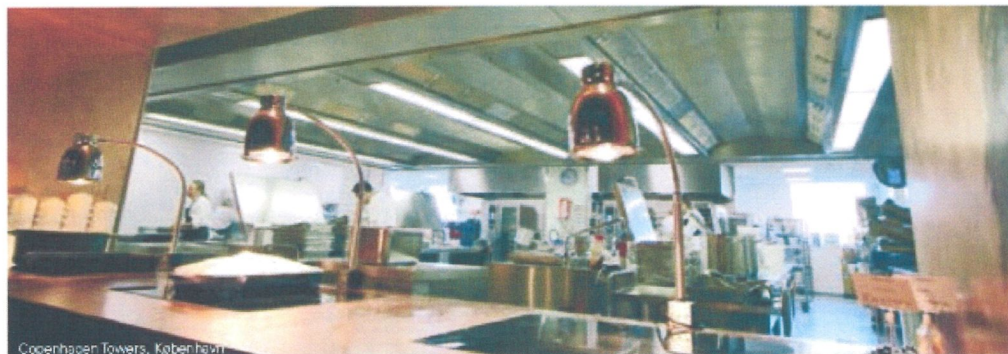
via semifleksible plastslanger, der er nemmere at installere end metalkanaler. På et display på en væg kan beboerne trykke på en række knapper og dermed styre deres anlæg, hvis der er behov for at afvige fra det normale. Der vil være en energispareknop, en knop for forceret luftskifte, hvis der er gæster, og en fraværsknap til hvis familien er

på ferie, og der ikke er det store behov for ventilation. En antropolog er tilknyttet projektet for at oversætte brugsanvisningen fra teknikerne til et sprog, alle kan forstå. - Brugervejledningen må maksimalt fylde en side. Hvis vi ikke kan holde os inden for den ramme, er vi ikke dygtige nok, fastslår Amalie Gunner. Hvis projektet bliver en succes,

vil løsningen være relevante både for nybyggeri og i forbindelse med større renoveringer. - I ELFORSK lægger vi vægt på, at vores projekter gør en forskel i den virkelige verden. Dette ventilationsprojekt kan give fordele for husejere, samtidig med at der er et betydeligt erhvervspotentiale. Projektet kan altså gøre Danmark grønnere og rigere. Vi er spændte på at

følge implementeringen af de seneste års udvikling i prøvehuset i Vindinge, siger chefkonsulent Richard Schalburg fra Dansk Energis ELFORSK-pulje.

Læs mere på www.elforsk.dk under projekt nr. 347-008



Har du problemer med røg i køkkenet!

Med korrekt dimensionerede enhætter fra Halton sikres et godt arbejdsmiljø i køkkenet med de lavest mulige driftsomkostninger.

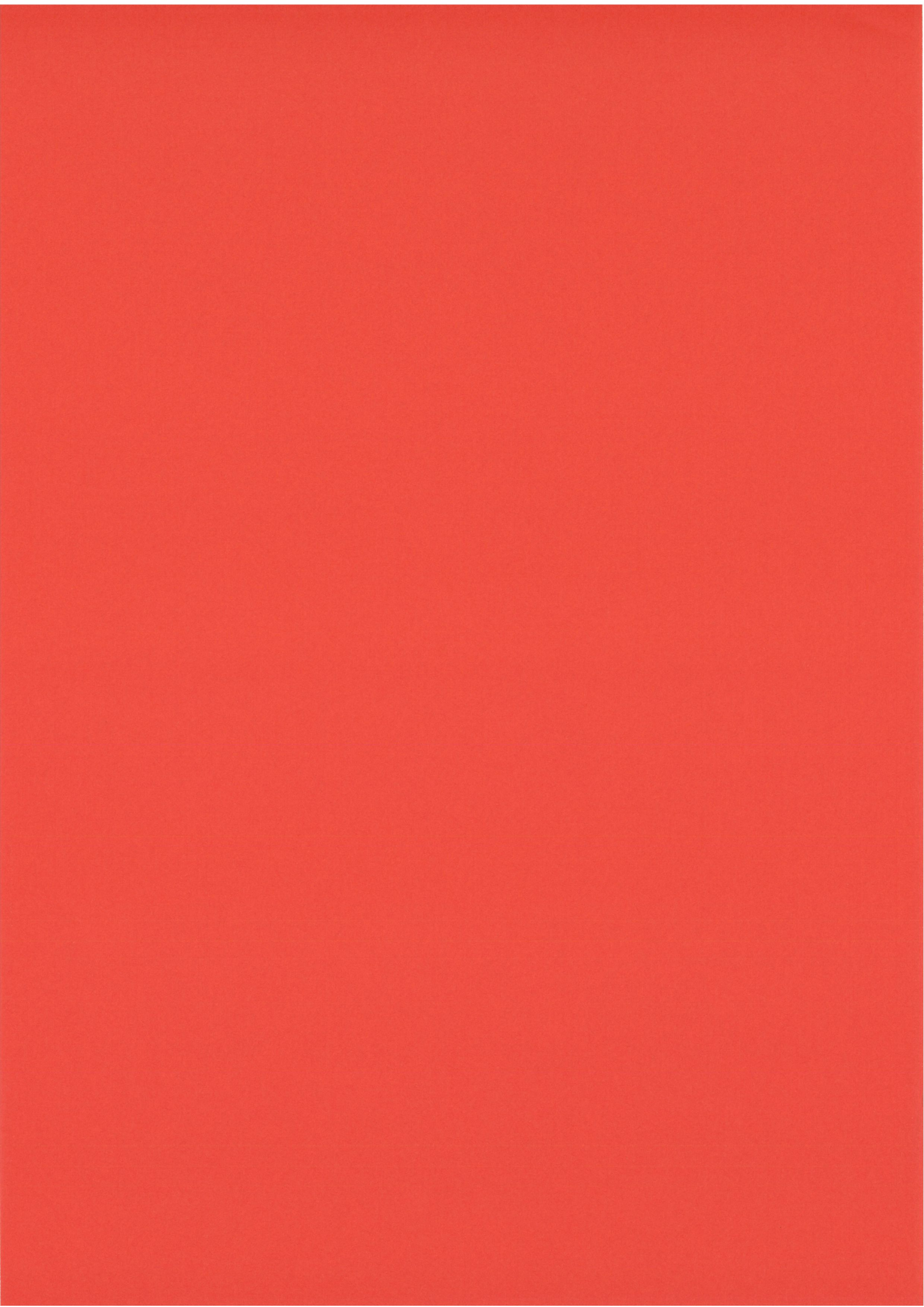
Ring og hør nærmere på +45 8692 2855 eller se mere på www.halton.com/foodservice



Enabling Wellbeing



Halton



13. Artikel publiceret i fagbladet: "HVAC Magasinet"

Christian Drivsholm

ra: Allan Malmberg <am@techmedia.dk>
Sendt: torsdag, februar 24, 2022 14:08
Til: Christian Drivsholm
Emne: Sv: VEDR.: Udkast til HVAC artikel

[External email]

Perfekt

Fra: Christian Drivsholm <cd@teknologisk.dk>
Sendt: 24. februar 2022 14:05
Til: Allan Malmberg <am@techmedia.dk>
Emne: SV: VEDR.: Udkast til HVAC artikel

Hej Allan

Jeg synes 5. udgave lyder fint!

Venlig hilsen

Christian Drivsholm
Seniorspecialist

+45 72 20 13 80

Teknologisk Institut
www.teknologisk.dk

Fra: Allan Malmberg <am@techmedia.dk>
Sendt: torsdag, februar 24, 2022 13:48
il: Christian Drivsholm <cd@teknologisk.dk>
Emne: Sv: VEDR.: Udkast til HVAC artikel

[External email]

Det lyder godt, og det er intet problem at se det inden tryk. Dog har vi en stram deadline, så skal der ske ændringer, skal det gå hurtigt. Planen er, at artiklen skal med i udgave 5, men mindre der er ønsker om at komme senere i en specifik udgave, fx udgave 7, der har fokus på ventilation.

Det er helt op til jer.

Bliver det udgave 5, er det færdige udkast klar enten torsdag den 24. eller fredag den 25. marts.

vh

Allan

Behovsstyret boligventilation til enfamilieboliger

Et Elforsk PSO finansieret projekt understøtter de nye muligheder i BR 2018 med hensyn til behovsstyring og omdirigering af luft

Werner Andresen, Produktchef, Lindab A/S
Stig Petersen, Direktør, LS Control A/S
Jan S Hansen, Direktør, Lind & Risør
Christian Drivsholm, Seniorspecialist, Teknologisk Institut

Nye- og energirenoverede enfamilieboliger er tætte. Derfor ses sjældent enfamilieboliger opført efter 2010 med naturlig ventilation. Kravet til energiforbrug (BE18 energirammeberegning) spiller også her en rolle for valg af ventilationsløsning.



Lind & Risør demonstrationsbolig på omkring 200 m².

Lovgivning (BR 2018)

I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst 0,30 L/(s·m²) opvarmet etageareal. Den praktiske tolkning af dette krav er vist på den efterfølgende figur 1:

	Areal	Areal	Luftmængde	Luftmængde
	[m ²]	[m ²]	[L/s]	[L/s]
Bad 1	12,0		15,0	
Bad 2	7,0		15,0	
Bryggers	13,0		10,0	
Køkken	14,8	46,8	20,0	60,0
Stue	86,2		33,8	
Kontor	20,0		7,8	
Soveværelse	17,0		6,7	
Børneværelse 1	15,0		5,9	
Børneværelse 2	15,0	153,2	5,9	60,0
Samlet areal	200,0	[m ²]		
Grundluftmængde	60,0	[L/s]		

Figur 1. Skemaet viser eksempel på opfyldelse af BR 2018 for boliger.

I visse tilfælde kan det dog være nødvendigt at forøge luftmængderne for at overholde det grundlæggende funktionskrav. Det kan for eksempel være i rum der benyttes som soveværelse eller børneværelse.

Såfremt ventilationssystemet ved måling er i stand til at regulere udelufttilførslen efter tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold i boligen, er det dog tilladt at reducere udelufttilførslen til 0,15 L/(s·m²) i en længere periode over døgnet, hvis boligen ikke er i anvendelse.

Ventilation i boliger kan reduceres uden for brugstiden under forudsætning af, at det ikke giver anledning til et utilfredsstillende indeklima, medfører sundhedsrisiko eller risiko for fugtproblemer, der fx kan føre til skimmelsvamp. For boliger vil det normalt sige, at ventilationen som minimum skal sikre, at rumluftens CO₂-indhold og luftfugtighed altid holdes på et acceptabelt niveau.

Ved brugstid forstås den tid, hvor boligen er i anvendelse, og der er mindst én person til stede i boligen. Det vil omvendt sige, at der ved "uden for brugstid" skal forstås den tid, hvor boligen som helhed er uden persontilstedeværelse i en længere periode.

Det er en forudsætning for brug af behovsstyret ventilation, at der er følere eller sensorer der automatisk og med høj sikkerhed kan fastlægge om brugeren/brugerne er til stede i boligen eller ej. Dette gælder også på tidspunkter, hvor brugerne er inaktive eksempelvis sover.

CO₂ kan anvendes som indikator for luftkvalitet, og ventilationssystemer kan derfor indrettes til at styre efter denne parameter i kombination med fugtføler.

Manuel styring af ventilationen anses ikke for at være tilstrækkelig til styring af et behovsstyret ventilationssystem.

Behovsstyringens følere bør kunne registrere om alle rum i boligen er forladt. Som hovedregel skal følere placeres på et sted, hvor den omgivende luft er repræsentativ for luften i opholdszonen. Følere bør fx ikke placeres i hjørner, tæt ved dør- og vinduesåbninger, i områder med direkte sollys eller i områder, der er i direkte kontakt med indblæsningsluft.

Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationssystem. Hvis ventilationen foretages med et mekanisk ventilationsanlæg, skal dette have indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.

Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav, og tillige skal det sikres, at primærenergi behovet ikke forøges.

Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til den fri og tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.

En emhætte skal for at have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en luftstrøm på mindst 120 L/s. Denne luftstrøm kan dog reduceres ved anvendelse af korrektionsfaktorer, såfremt emhættens udformning og placering understøtter dette i en konkret byggesag. Præaccepterede korrektionsfaktorer er angivet i bygningsreglementets vejledning om ventilation. En anden måde at dokumentere tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen er en emopfangsevne på mindst 75 % i overensstemmelse med de relevante teststandarder for emhætter.

Der skal altid sikres erstatningsluft, når emhætten er i drift. Manuel åbning af vinduer eller lignende kan ikke være en forudsætning for opfyldelse af kravene til emhætten.

I bade- og wc-rum i boliger skal der kunne udsuges mindst 15 L/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 L/s. I køkkener skal der kunne udsuges mindst 20 L/s.

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationssystemet før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationssystemet overholder bygningsreglementets

krav til specifikt elforbrug til lufttransport, luftmængder, samt at eventuelt behovsstyring fungerer efter hensigten.

Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80 %.

For ventilationsanlæg med varmegenvinding, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m³ ved grundluftskiftet. Anlægget skal tilsluttes, så det er muligt at etablere måler til måling af det specifikke elforbrug til lufttransport.

[BR18 - Lavenergiklasse] Ventilationsanlæg, hvor ventilationsaggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør virkningsgrad på mindst 85 pct.

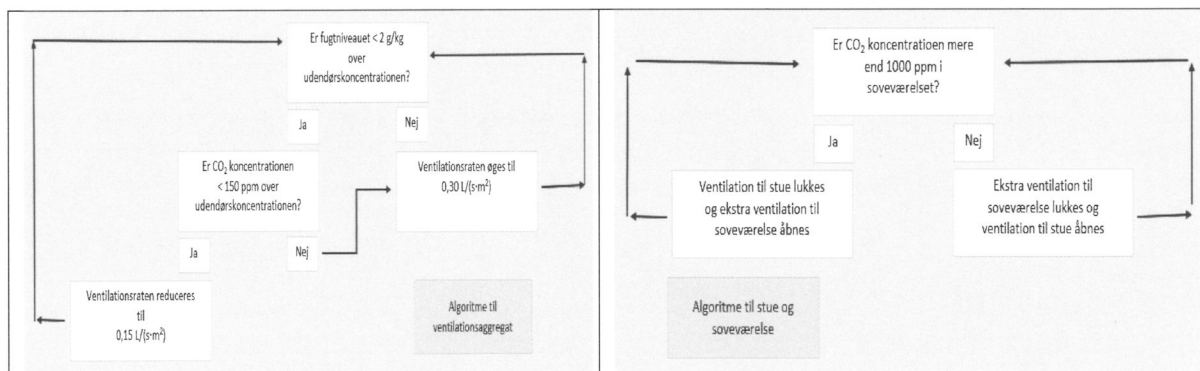
Behovsstyring af udeluftmængde for hele boligen

BR18 åbner op for behovsstyring af udeluftmængden i det tilfælde hvor der ikke er nogen personbelastning i boligen. Herforuden har flere undersøgelser vist, at visse rum fx soveværelse kan have brug for ekstra udeluft i perioder.

Behovsstyring giver el- og energibesparelser, men graden af behovsstyring og hermed kompleksitet er en balance mellem investering, driftsudgifter til vedligehold og den opnåede besparelse.

Disse overvejelser er drøftet i projektet og valget er faldet på følgende styringsstrategi, som vist på figur 2 og figur 3. Undersøgelser har vist, at en normal familie er ude af huset i omkring 30% af tiden. I denne periode på 30% kan luftmængden i teorien reduceres ned til det halve.

Bemærk at fugtstyringen hele tiden sammenligner det absolutte vandindhold i indeluften med det absolutte vandindhold i udeluften, altså en tilvækst i vandindhold i luften inde i boligen.

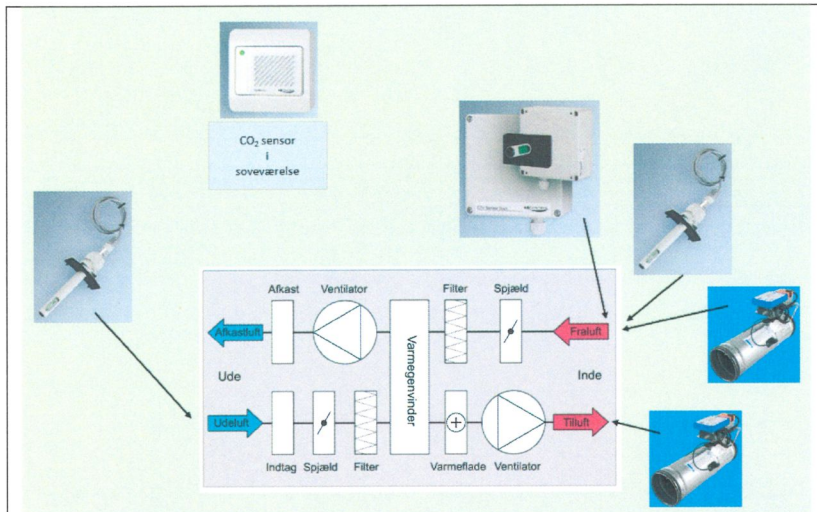


Figur 2. Algoritme til behovsstyring af hele boligen. Figur 3. Algoritme til behovsstyring i soveværelse.

Styringsstrategien har nærmest karakter af 'person-tilstedeværelse-i-boligen' eller 'ikke-persontilstedeværelse-i-boligen'. Herforuden er der også indbygget fugtsikring i styringen.

Strategien indebærer, at luftmængden kører ensartet op eller ned for hele boligen. Der er ikke fundet rentable løsninger, hvor luftmængden for hvert rum kan behovsstyres uafhængigt af de andre rum.

Det er valgt at placere alle sensorer i selve ventilationsaggregatet undtaget CO₂ sensoren til soveværelset. De 2 ultralink flowsensorer ind/ud skal sidde på egnede strækninger uden forstyrrelser, som kan påvirke målenøjagtigheden.



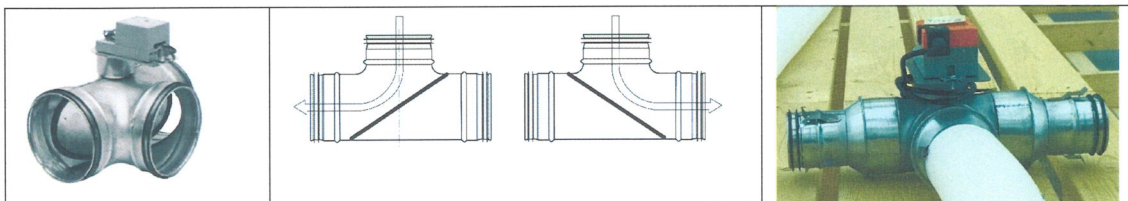
Figur 4. Anbefalede (LS Control og Lindab) komponenter og nødvendige komponenter til den overordnede styringsstrategi.

Selvom den nye DS-447 (2021) nævner, at for enfamilieboliger kan en luftmængde godt udføres (måles) ved traversering i kanal med en lufthastighedsmåler, må det stærkt anbefales at installere integrerede luftmængde målere med direkte visning i ventilationssystemet. Det sparer meget tid i forbindelse med indreguleringen og det giver også en tryghed for beboerne. Undersøgelser har vist at beboere i enfamilieboliger generelt ikke har noget overblik over ventilationsanlæggets øjeblikkelige status, hvad angår fx luftmængder.

Styringsstrategien er implementeret i CTS-system er udført af LS Control, som har mange års erfaring med CTS-styringer til ventilationsanlæg. Der er mulighed for fjernovervågning og der er mulighed for fjernindstilling af set-punkter.

Behovsstyring af udeluftmængde for soveværelse

Hvis der er brug for ekstra udeluft i soveværelset målt med CO₂ sensoren i soveværelset øges udeluftmængden ikke tilsvarende for hele boligen. Det er vurderet, at ved stigende udeluft behov i soveværelset, er udeluftbehovet i stuen nok tilsvarende mindre. Derfor er der implementeret en strategi, som "låner" luft fra stuen og fører luften ind i soveværelset ved hjælp af et Lindab TVTBU T-spjæld med motor, se efterfølgende figur 5.

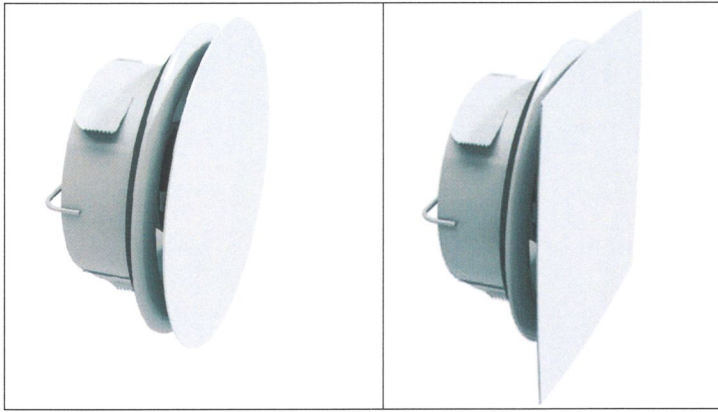


Figur 5. Billede og skitse af virkemåden for et Lindab T-spjæld.

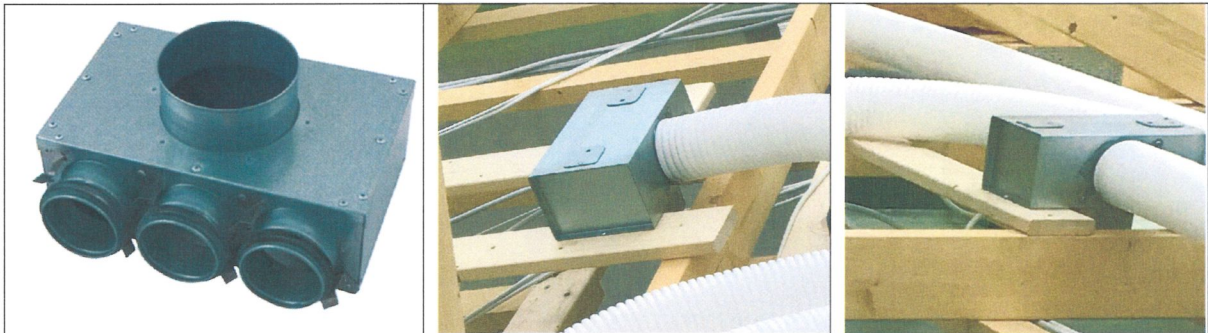
Arrangementet indebærer, at der skal føres 2 slanger til soveværelset og hermed også placering af to indblæsningsarmaturer i loftet i soveværelset.

Indblæsningsarmatur

Der er valgt at anvende det prisvindende indblæsningsarmatur fra Lindab benævnt Airy i dimensionen $\varnothing 125$ mm. Armaturret er meget populært hos boligejere på grund af den arkitektoniske udformning (udseende) og de gode strømningstekniske egenskaber.

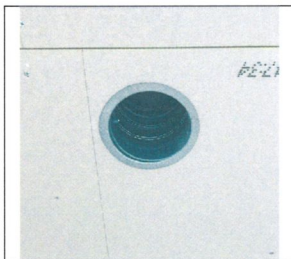


Figur 6. Billede af Lindab Airy indblæsningsarmatur med enten rund eller kvadratisk plade.



Figur 7. Billede af Lindab PVWU armaturtilslutningsboks. Her vist med 3 slangetilslutninger. Normalt er 1 slangetilslutning tilstrækkelig, som vist på montagebilledet.

Armaturtilslutningsboksen skal fikseres ovenpå lægter, som er sømmed fast på træspærene.

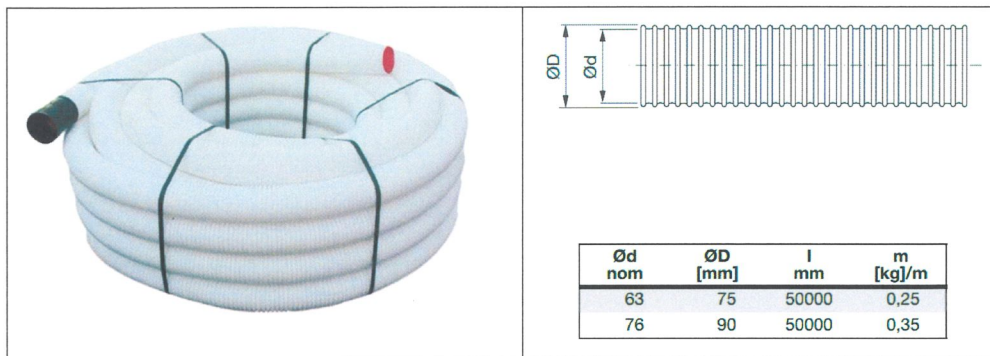


Figur 8. Afslutning på ventilationsmontage i loft. Airy armatur kan nu monteres.

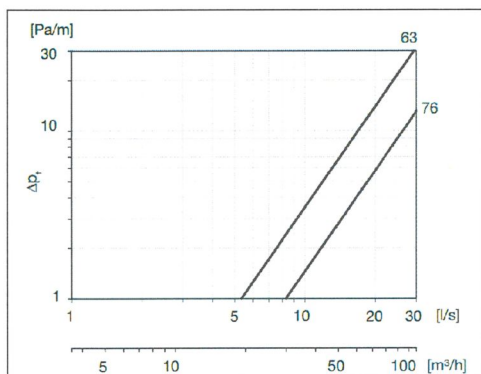
Føring af luft i plastslanger

En vigtig del af projektet var brug af semistive Lindab LFPE-plastrør fremstillet af polyethylen (PE) med ru overflade (udvendigt) og glat overflade (indvendigt).

Systemløsningen med plastrør giver en større fleksibilitet end brug af metalkanaler, idet de nødvendige fikspunkter sådanset kun er armaturplacering og manifold placering. Tilslutninger foregår med Lindabs "Smart Lock Function" uden brug af skruer, pasta eller tape.

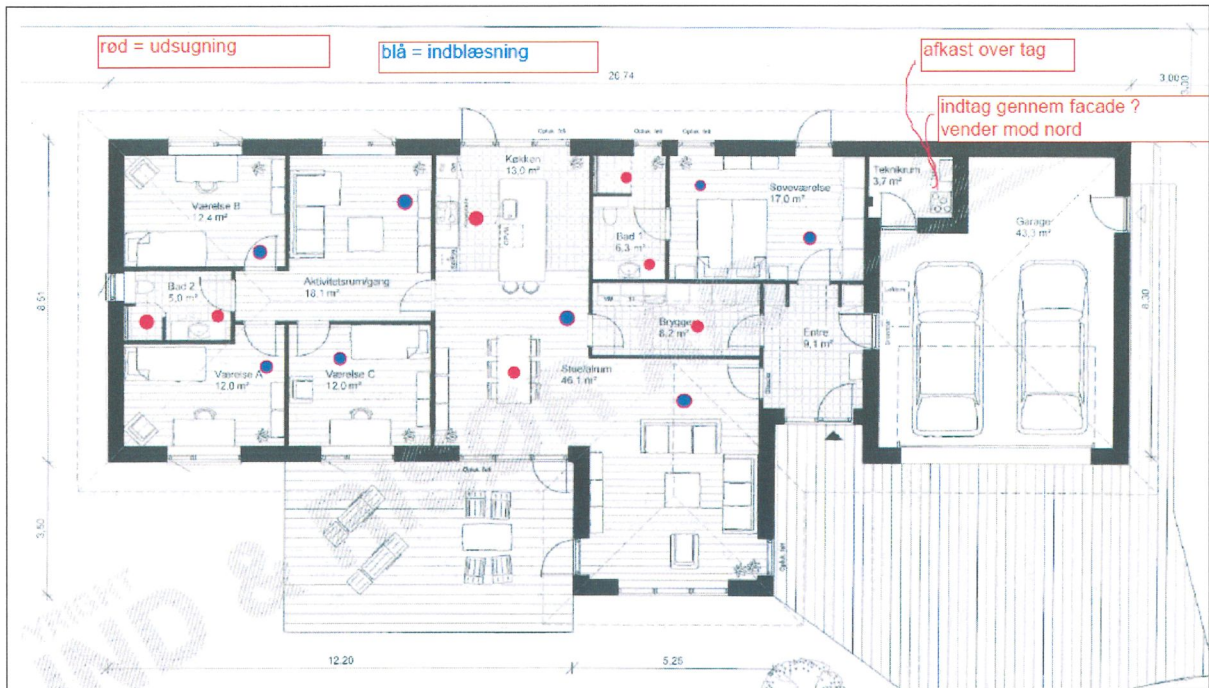


Figur 9. Figuren viser billede og data for de anvendte fleks slanger.

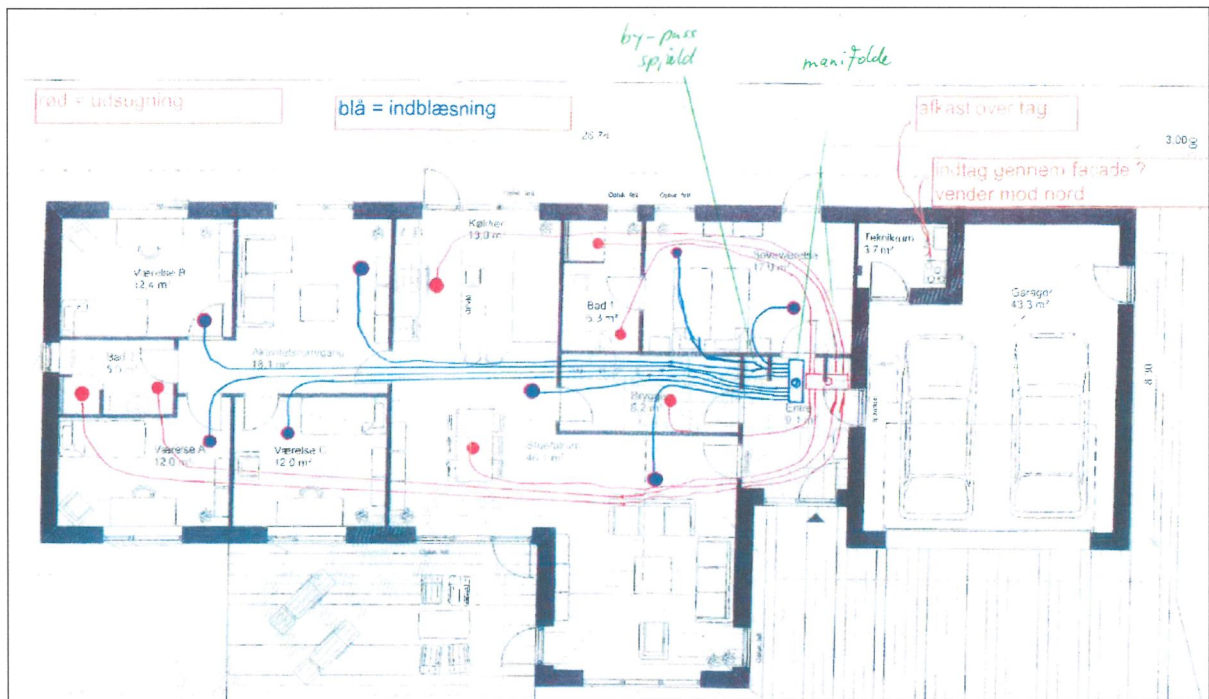


Figur 10. Lindab tryktabsdiagram for $\varnothing 63$ mm og $\varnothing 76$ mm Lindflex LFPE-slange.

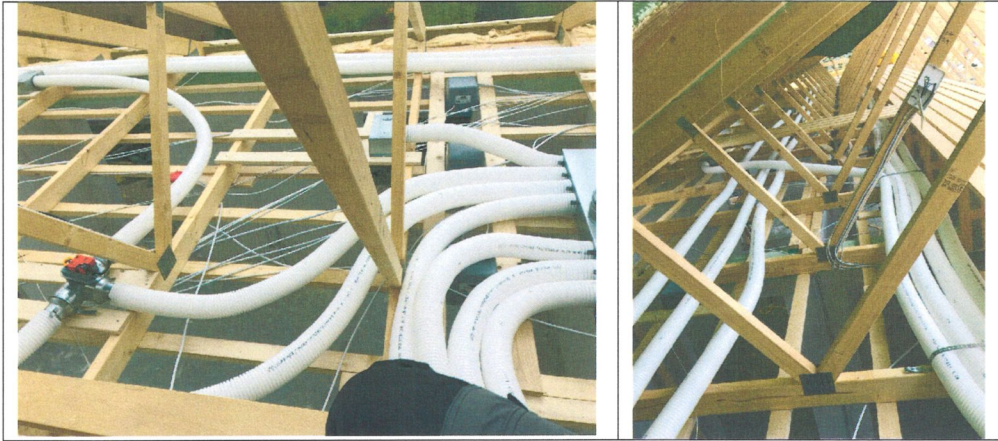
I projektet er der valgt udelukkende at køre med $\varnothing 76$ mm slange dimension af hensyn til tryktabet. Teoretisk set kunne der på enkelte strækninger godt vælges $\varnothing 63$ mm dimension, men for at reducere eventuel fejlmontering, er det langt sikrere udelukkende at køre med $\varnothing 76$ mm dimension.



Figur 11. Figuren viser en plantegning af boligen med angivelse af indblæsningssteder og udsugningssteder. Bemærk at teknikrum er placeret som en "del" af garagen.



Figur 12. Figuren viser føring af rør (slanger). Bemærk at slangerne ikke nødvendigvis behøver at ligge snorlige. Herved opnås stor fleksibilitet under montage arbejdet.



Figur 13. Figuren viser udsnit af slangeføringen fra manifolden.



Figur 14. Teknik rum med varmeinstallation og ventilationsaggregat.



Figur 15. En stue klar til beboere.

