



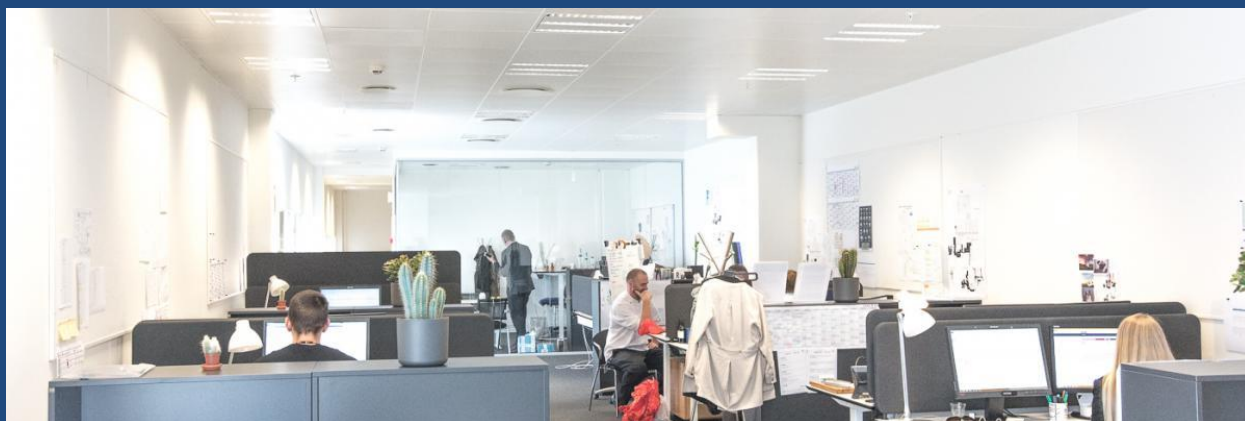
TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Loftsystem til hybrid køling af kontor- byggeri med dynamiske facader

ELFORSK 348-032

November 2018

---



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

**js** ventilation a/s

## **Loftsystem til hybrid køling af kontorbyggeri med dynamiske facader**

Kim Kronby

JS Ventilation A/S

Sebastian Pesonen

JS Ventilation A/S

Morten Sandholm Madsen

Teknologisk Institut

Lars Hansen

Teknologisk Institut

Asger Skød Søvsø

Teknologisk Institut

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammenfatning</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Baggrund</b> .....	<b>5</b>
	2.1 Definition .....	5
<b>3</b>	<b>WP 1 Modeller for hybridventilation</b> .....	<b>7</b>
	3.1 Koncept .....	8
<b>4</b>	<b>WP 2 Kravspecifikationer til hardware og software</b> .....	<b>11</b>
	4.1 Funktionsbeskrivelse af nyt setup i laboratoriet .....	12
	4.2 Styringssoftware .....	13
<b>5</b>	<b>WP 2 Modelberegninger og dimensioneringsværktøj</b> .....	<b>15</b>
	5.1 Forside.....	15
	5.2 Klimaskærm .....	17
	5.3 Vinduer .....	19
	5.4 Intern belastning fra personer og udstyr .....	20
	5.5 Ventilation.....	21
	5.6 Resultat .....	22
<b>6</b>	<b>WP 3 Demonstration i Energy Flex Office</b> .....	<b>24</b>
	6.1 Energy Flex Office .....	24
	6.2 Målinger.....	28
<b>7</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>29</b>
	7.1 Flowmålinger .....	29
	7.2 Temperaturmålinger .....	29
	7.3 Dugpunktstemperatur.....	31
	7.4 Træk .....	32
	7.5 Energiforbrug .....	32
<b>8</b>	<b>WP 4 Produktprogram og dimensioneringsværktøj</b> .....	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Markedsanalyse</b> .....	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>Case - skole</b> .....	<b>36</b>
	10.1Belastninger .....	36
	10.2Nuværende ventilationsanlæg og løsning (mekanisk balanceret) .....	36
	10.3Indeklima og energiforbrug .....	36
	10.4Udnyttelse af hybriddrift.....	36
	10.5Indeklima .....	37
<b>11</b>	<b>Fremtidige muligheder</b> .....	<b>40</b>
	11.1Blandeboks.....	40
	11.2Styring.....	40
	11.3iCeiling .....	40
<b>12</b>	<b>Informationsaktiviteter</b> .....	<b>41</b>
	12.1Møder .....	41
	12.2Artikler .....	41
	<b>Bilag</b> .....	<b>42</b>
<b>13</b>	<b>Dimensioneringseksempel</b> .....	<b>42</b>
<b>14</b>	<b>Software kode</b> .....	<b>46</b>
<b>15</b>	<b>Produktprogram</b> .....	<b>63</b>
<b>16</b>	<b>Energy Flex Office</b> .....	<b>88</b>
<b>17</b>	<b>Artikel bragt i dansk VVS #1 2018</b> .....	<b>90</b>
<b>18</b>	<b>Artikel bragt i dansk VVS #1 2019</b> .....	<b>92</b>

## 1 Sammenfatning

Nærværende projekt har haft til formål dels at undersøge energibesparelsen ved brug af hybridventilation sammenlignet med ren mekanisk og naturlig ventilation og dels indeklimaet i f.eks. et klasselokale ved brug af de forskellige ventilationsprincipper. I undersøgelsen indgår ligeledes målinger af indeklimaet med fokus på trækgener.

Projektets resultater dokumenterer, at hybridventilation med fordel kan anvendes ved lavere udetemperaturer uden at skabe trækgener. Herved opnås en energibesparelse sammenlignet med traditionel mekanisk ventilation.

I projektet er der udviklet en ny konceptløsning, en kombination af naturlig og mekanisk ventilation. Hybrid løsningen kombineres med JS ventilations eksisterende produkt Cool Ceiling, hvor et friskluftindtag placeres over nedhængt loft. Herved suges der ikke koldere udeluft ind direkte via f.eks. et vindue, hvorved personer i nærheden kan opleve træk. Udeluften suges derimod ind over nedhængt loft og afgiver en del af kulden via stråling igennem loftet, hvorved luften, når den blæses ind i lokalet har opnået en højere temperatur. Ved denne løsning er det endvidere muligt at filtrere luften inden den tilføres bygningen, hvilket er en klar fordel i forhold til vinduesudluftning.

Følgende er udviklet i forbindelse med projektet:

- Dynamiske luftindtag via facader
- Systemopbygning, som sikrer balance mellem den mekaniske og naturlige ventilation
- Software til styring af ventilationsform, luftmængder og -hastigheder
- Dimensioneringsprogram
- Projekteringsvejledning til hybridløsninger, både på rum- og bygningsniveau ved forskellige bygnings- og facadeudformninger

Dimensioneringsprogrammet tænkes som udgangspunkt anvendt af JS ventilation for herved at kunne tilbyde deres kunder et mere sikkert grundlag for valg af ventilationsprincip.

Der er udført fuldskalamålinger i Energy Flex Office (EFO) på Teknologisk Institut, der fastslår, at konceptet virker efter hensigten. Konvertering fra ren mekanisk ventilation til hybridventilation kan ske uden at afgørende indeklimamæssige aspekter tilsidesættes forudsat, at ventilationen styres korrekt.

Med udgangspunkt i de målinger og analyser, der er foretaget i forbindelse med undersøgelserne i EFO kan det forventes, at meromkostningerne ved etablering af hybridventilation vil kunne dækkes alene af energibesparelsen. Desuden forventes det, at brugerne vil opleve indeklimaet som væsentligt forbedret, hvilket er svært at prissættes.

Simuleringer og beregninger har vist at det potentielt er muligt at opnå op til 24% besparelse op elforbruget til ventilation. Hertil kommer et forbedret indeklima i form af 75% færre timer med overophedning af lokalerne.

Der er i forbindelse med projektet gennemført en demonstration på Damhus skole, hvor løsningen er installeret i et klasselokale. Her er der løbende udført målinger af indeklima i to klasselokaler, et med hybridløsningen og et med traditionel mekanisk ventilation. Demonstrationen har eftervist det forventede potentiale. Det termiske indeklima var signifikant bedre i klasselokalet med JS loftssystem til hybridkøling. I perioder hvor der blev opereret med hybriddrift var det muligt at opnå en 0,5-1 °C lavere sammenlignet med klasselokalet med traditionel balanceret mekanisk ventilation.

Det forventes, at de løsninger og værktøjer, der er udviklet i projektet, vil blive anvendt i forbindelse med de massive kommunale investeringer i skoler og ved renovering eller nybyg af kontorer. Desuden kan løsningerne være interessante for hospitaler og universiteter og i andre virksomheder, hvor der anvendes ventilation og er nedhængte lofter.

Projektet er finansieret af ELFORSK programmet med projekt nr. 348-032, og er udført af følgende projektdeltagere i perioden 1. februar 2016 til 30. november 2018. En del af indsatsen er medfinansieret af Teknologisk Instituts resultatkontraktaktivitet 2016-2018 iBygning. Den oprindelige projektperiode er udvidet for at kunne medtage resultaterne fra demo-casen på Damhus skole.

## 2 Baggrund

I takt med den teknologiske udvikling og stigende velstand stilles der til stadighed stigende krav til komfort, arbejdsmiljø og sundhed. Dette afspejler sig i udpræget grad i bygningssektoren, hvor nye koncepter, teknologier og metoder vinder frem og sætter en høj standard for nutidens energieffektive og energifleksible bygninger. Foruden bygningens klimaskærm, er fokus i disse år rettet mod dets indeklima. Indeklimaet rummer udfordringer indenfor blandt andet lys, luftskifte, luftkvalitet og temperaturer og skal udtænkes så bygningens brugere, så vidt muligt, ikke oplever gener i de 90 % af tiden de opholder sig indendørs. Funktionskravene til bygningens indeklima er ligeledes formuleret i bygningsreglementet:

*"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima. Sundhedsmæssigt tilfredsstillende forhold i bygninger omfatter også komfort og velvære."*<sup>1</sup>

Desuden viser utallige undersøgelser foretaget i blandt andet skoler, at problemer med koncentrationsbesvær forårsaget af dårligt indeklima, herunder trækgener, for høje temperaturer mm. er daglig kost for eleverne.

Foruden at der er fokus på komfort og sundhed har regeringen opsat et mål om et fossil frit Danmark i 2050. På nuværende tidspunkt tegner bygningssektoren sig for alene 40 % af EU's energiforbrug til varme, ventilation og belysning og udgør således det største enkelte potentiale for energibesparelse.

I dag opføres kontorbyggeri, skoler og lignende kun med mekanisk ventilation med varmegenvinding. Dette reducerer både energiforbruget og indeklimaproblemerne betragteligt. Desværre viser undersøgelser, at der til stadighed forekommer problemer med overtemperaturer i forårs og efterårs sæsonen, hvor det tilsvarende ikke er muligt at åbne vinduerne pga. risiko for trækgener. JS ventilations køleloft kombineret med en hybridløsning herunder friskluftsindtag og styring muliggør, at udeluften kan anvendes i langt højere grad selv ved lavere temperaturer end normalt uden risiko for træk. Når hybridventilationen anvendes, kan indblæsningsventilatoren slukkes, hvilket reducerer elforbruget til drift af ventilationen. Samtidigt forbedres indeklimaet.

### 2.1 Definition

#### 2.1.1 Naturlig ventilation

Ved naturlig ventilation udnyttes udelukkende naturlige drivkræfter til transport af luften. Det være sig vindtryk og termisk opdrift. Ved førstnævnte udnyttes, at der opstår overtryk på vindsiden og undertryk på de resterende sider samt taget, når det blæser. Termisk opdrift opstår som følge af en temperaturforskel og dermed densitetsforskel mellem inde- og udeluften. Vinden dominerer normalt over opdriften, når vindstyrken er over middel, eller når temperaturdifferensen mellem inde og ude er lille. Den termiske opdrift dominerer i koldt vejr med svag vind. Princippet med naturlig ventilation kan assisteres af høje bygninger eller tårne/skorstene for at skabe yderligere trykforskel. For at undgå opblanding med kold udeluft, kan der monteres en varmevlade ved luftindtaget.

---

<sup>1</sup> Erhvervs- og byggestyrelsen

Der er åbenlyse fordele ved brug af naturlig ventilation. Det er en integreret del af bygningen, så der er ingen opstillede ventilatorer eller andre aggregater samt ingen kanaler at tage højde for. Dermed er der intet elforbrug samt lavt støjniveau. Systemet kan bruges både til ventilation og passiv køling. Samtidig kan det kombineres med andre passive løsninger, som gavner miljøet og kan gavne virksomhedens profil. Alt dette opfattes positivt af bygningens brugere. Endelig giver naturlig ventilation en bedre luftkvalitet i sommerhalvåret.

Af ulemper kan nævnes støv og støj. I perioder med små naturlige drivkræfter har systemet det selvsagt svært, idet det er afhængigt af trykforskelle som drivkraft. Men selv i perioder med store naturlige drivkræfter, er de stadig i en størrelsesorden, hvor trykforskellen ikke kan matche tryktabet over et filter. Det betyder, at det ikke er muligt at filtrere indtagsluften til naturligt ventilerede bygninger, såfremt denne skulle være forurenet med støv, partikler og lignende. Endelig er der støj – det forekommer ganske vist ikke fra ventilationsanlæg, men med åbninger til friskluftindtag kan udefrakommende støj blive en gene i stedet. Såfremt at vinduer anvendes i forbindelse med naturlig ventilation kan det i visse perioder om året give anledning til trækgener.

### **2.1.2 Mekanisk ventilation**

Med mekanisk ventilation cirkuleres luften med mekaniske drivkræfter fra et centralt eller decentralt aggregat drevet af el. Her kan være tale om mekanisk udsugning eller balanceret ventilation. Ved mekanisk ventilation skal ventilationsanlægget kunne yde den projekterede luftmængde, hvorfor naturlig ventilation her optræder som en forstyrrende faktor i form af infiltration og eksfiltration.

Med mekanisk udsugning suges luften blot ud af bygningen. Frisklufttilførsel sker gennem udeluftventiler. Hvis det er installeret i et traditionelt hus, suges luften ud fra de mere forurenede rum, typisk køkken, bad og toilet, mens den friske udeluft tages ind gennem armaturer i bygningens øvrige rum - opholdsrummene. I nyere byggeri vil der altid være varmegenvinding.

Med balanceret ventilation kontrolleres både udsugning og indblæsning mekanisk. Tilførsel af friskluft sker nu fra et enkelt indtag og sendes ind i bygningen via ventilationsanlægget. Her kan der være monteret en varmeveksler af forskellig art, hvilket giver store energibesparelser til opvarmning. Princippet med at suge luften ud af de mere forurenede rum og tilføre friskluft i opholdsrummene er den samme.

### **2.1.3 Hybrid ventilation**

En kombination af naturlige og mekaniske drivkræfter kaldes hybrid ventilation. Med et sådant princip kan fordelene ved naturlig ventilation udnyttes og samtidig eliminere de værste ulemper. Her er det muligt at sikre luftkvalitet og termisk komfort i de perioder, hvor de naturlige drivkræfter er små. Om vinteren kan ventilationen fungere som traditionel mekanisk balanceret ventilation, så luften kan drives gennem både filter og varmeveksler, hvilket medvirker til et lavt energiforbrug. Dette sikrer samtidig den termiske komfort om vinteren. Med mulighed for at filtrere luften, kan den mekaniske ventilation også aktiveres i perioder, hvor udendørs støv og trafikstøj giver problemer.

### 3 WP 1 Modeller for hybridventilation

Som tidligere beskrevet er en hybridløsning defineret ved kombinationen af naturlige og mekaniske drivkræfter. Sammensætningen af hybridløsningen kan dog variere meget. Ventilationsprincippet ved nogle hybridløsninger fungerer ved, at det i perioder udelukkende er de naturlige drivkræfter der benyttes og i andre perioder kun er de mekaniske drivkræfter. Andre hybridløsninger benytter sig af samtidige naturlige og mekaniske drivkræfter f.eks. ved kontinuert at regulere ventilatorhastigheden i takt med, at de naturlige drivkræfter henholdsvis øges eller svækkes. Sidstnævnte fremgangsmåde kan ydermere udføres på forskellige måder. Luften kan eksempelvis tilføres via vinduer, som er forsynet med automatisk åben-luk funktion eller via faste luftindtag i facaden. Dog er alle løsninger baseret på lave driv tryk, herunder lave trykfald og anvendelse af lavtryksventilatorer, som alle er med til at reducere energiforbruget til ventilation.

Nedenfor er vist en tabel fra SBI 2008:19 Hybrid ventilation i kontorer og institutioner omkring vejledende beslutningsparametre til vurdering af mulighederne for anvendelse af naturlig ventilation, ventilatorunderstøttet naturlig ventilation og en kombination af naturlig og mekanisk ventilation i kontorer og institutioner.

Bygningsrelaterede parametre	Naturlig ventilation			Ventilatorunderstøttet naturlig ventilation			Naturlig og mekanisk ventilation		
	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser
Glasareal i % af facadeareal ved udvendig solafskærmning ved indvendig solafskærmning	< 25 < 15	25 – 50 15 – 25	> 50 > 25	< 40 < 25	40 – 60 25 – 35	> 60 > 35	< 40 < 25	40 – 60 25 – 35	> 60 > 35
Omgivelser (læforhold, luftkvalitet, støj)	Forstad eller lidt trafik	Byområde eller moderat trafik	Bycentrum eller tæt trafik	Byområde eller moderat trafik	Byområde eller moderat trafik	Bycentrum eller tæt trafik	Bycentrum eller tæt trafik	Bycentrum eller tæt trafik	Bycentrum eller tæt trafik
Rumhøjde, m	> 3,2	2,7 – 3,2	< 2,7	2,7 – 3,2	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7	< 2,7
Forholdet rumdybde/rumhøjde	< 2	2 – 5	> 5	2 – 5	2 – 5	> 5	> 5	> 5	> 5
Aktiviteter med høj foreningsbelastning	I separate rum	Delvist i separate rum	Spredt i rummene	Delvist i separate rum	Delvist i rummene	Spredt i rummene	Spredt i rummene	Spredt i rummene	Spredt i rummene
Rumtype (personer pr. rum)	1 – 2	3 – 5	> 6	1 – 2	3 – 5	> 6	Alle	Alle	Alle
Termisk kapacitet	Blotlagt tung loft- eller vægkonstr.	Tunge konstruktioner	Alene lette konstruktioner	Blotlagt tung loft- eller vægkonstr.	Tunge konstruktioner	Alene lette konstruktioner	Blotlagt tung loft- eller vægkonstr.	Tunge konstruktioner	Alene lette konstruktioner

(Tabellen fortsættes næste side)

Aktivitetsrelaterede parametre	Naturlig ventilation			Ventilatorunderstøttet naturlig ventilation			Naturlig og mekanisk ventilation		
	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser	Egnet	Mulig	Kræver særlige overvejelser
Intern varmebelastning, W/m <sup>2</sup>	< 15	15 – 30	> 30	< 20	20 – 40	> 40	< 20	20 – 40	> 40
Nettoareal pr. person, m <sup>2</sup> /person	> 13	8 – 13	< 8	8 – 13	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Krav til rumdæmpning	Beskedne	Moderate	Strengt	Beskedne	Moderate	Strengt	Moderate	Moderate	Strengt
Intern lydoverføring	Acceptabel	Lejlighedsvis acceptabel	Uacceptabel	Lejlighedsvis acceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel
Åbne vinduer	Hele døgnet	Hele døgnet	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden	Kun i brugstiden
Påklædning	Uformel	Uformel	Formel	Uformel	Uformel	Formel	Uformel	Uformel	Formel
Periodevis forringet luftkvalitet	Acceptabel	Kortvarigt under ekstreme forhold	Uacceptabel	Kortvarigt under ekstreme forhold	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel
Periodevis forhøjet rumtemperatur	Acceptabel	Kortvarigt under ekstreme forhold	Uacceptabel	Kortvarigt under ekstreme forhold	Kortvarigt under ekstreme forhold	Uacceptabel	Kortvarigt under ekstreme forhold	Kortvarigt under ekstreme forhold	Uacceptabel
Træk	Accepteres i korte perioder	Accepteres i korte perioder	Uacceptabel	Accepteres i korte perioder	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel	Uacceptabel
Varmegenvinding	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	Ønskelig	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	Ønskelig	Ønskelig	Ønskelig	Ønskelig
Forvarmning	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	Nødvendig	Ikke nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig
Filtrering	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	Nødvendig	Ikke nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig	Nødvendig
Brugstidens længde, timer	< 8	8 – 12	> 12	< 12	12 – 16	> 16	< 12	12 – 16	> 16
Varmepris, kr/kWh	Moderat	Moderat	Høj	Moderat	Høj	Høj	Høj	Høj	Høj
Gennemsnitligt luftskifte, vinter, h <sup>-1</sup>	< 1	1 – 2	> 2	< 1	1 – 3	> 3	> 3	> 3	> 3

Tabel 1 – Udpluk fra SBI 2008:19 Hybrid ventilation i kontorer og institutioner, som viser en række beslutningsparametre til valg af ventilationsprincip.



Som det fremgår af tabellen har de bygningsrelaterede parametre stor indflydelse på, hvilken ventilationsform som egner sig bedst til den pågældende bygning. I projektet er der lagt fokus på, at det udviklede system skal kunne anvendes til bl.a. skoler og kontorbyggerier. Det vil derfor være at foretrække at benytte sig af en kombination af naturlig og mekanisk ventilation især i forhold til at løsningen skal kunne håndtere personbelastningen, som f.eks. i skoler er relativ høj.

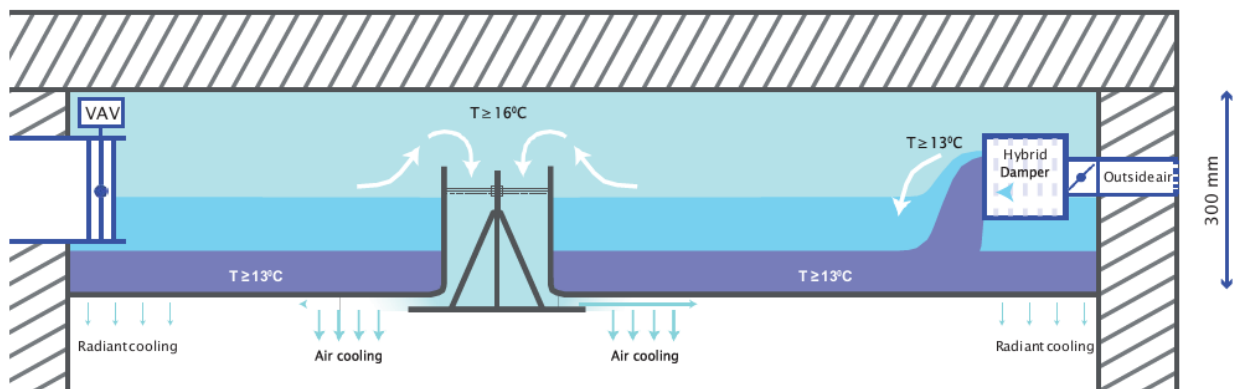
### 3.1 Koncept

Det udviklede koncept med hybridventilation anvendes i samspil med mekanisk ventilation. Her er det muligt i de perioder, hvor udeluften kan anvendes til hybridventilering kun at anvende udsugningsventilatoren i det mekaniske ventilationssystem. Dermed spares elforbruget til indblæsningsventilatoren som ikke anvendes.

Hybridventilationen er bygget op omkring det tidligere udviklede klimaloft Cool Ceiling. Klimaloftet Cool Ceiling er et patenteret klimaloft bygget op omkring et systemloft bestående af stålplade kassetter med integrerede indblæsningsarmaturer.

Princippet for klimaloftets Cool Ceiling's funktion er at indblæse underkølet luft ind over det nedhængte klimaloft. Den underkølede indblæste luft nedkøler stålpladerne, som dermed bidrager med strålekøling til lokalet. Derudover indblæses den underkølede luft gennem de patentudviklede indblæsningsarmaturer. Dermed køles der med 2 principper – strålekøling og ved den underkølede indblæsning. Systemet er tidligere testet med en indblæsningsluft på ned til 13 grader uden gener.

Hybridventileringen integreres i klimaloftet Cool Ceiling, ved at der i bygningens facade etableres spjæld, som placeres over det nedhængte loft og etagedækket. Udeluften trænger dermed kontrolleret ind over klimaloftet Cool Ceiling og bidrager til at nedkøle stålloftet samtidig med at luften kontrolleret indblæses gennem de integrerede indblæsningsarmaturer.

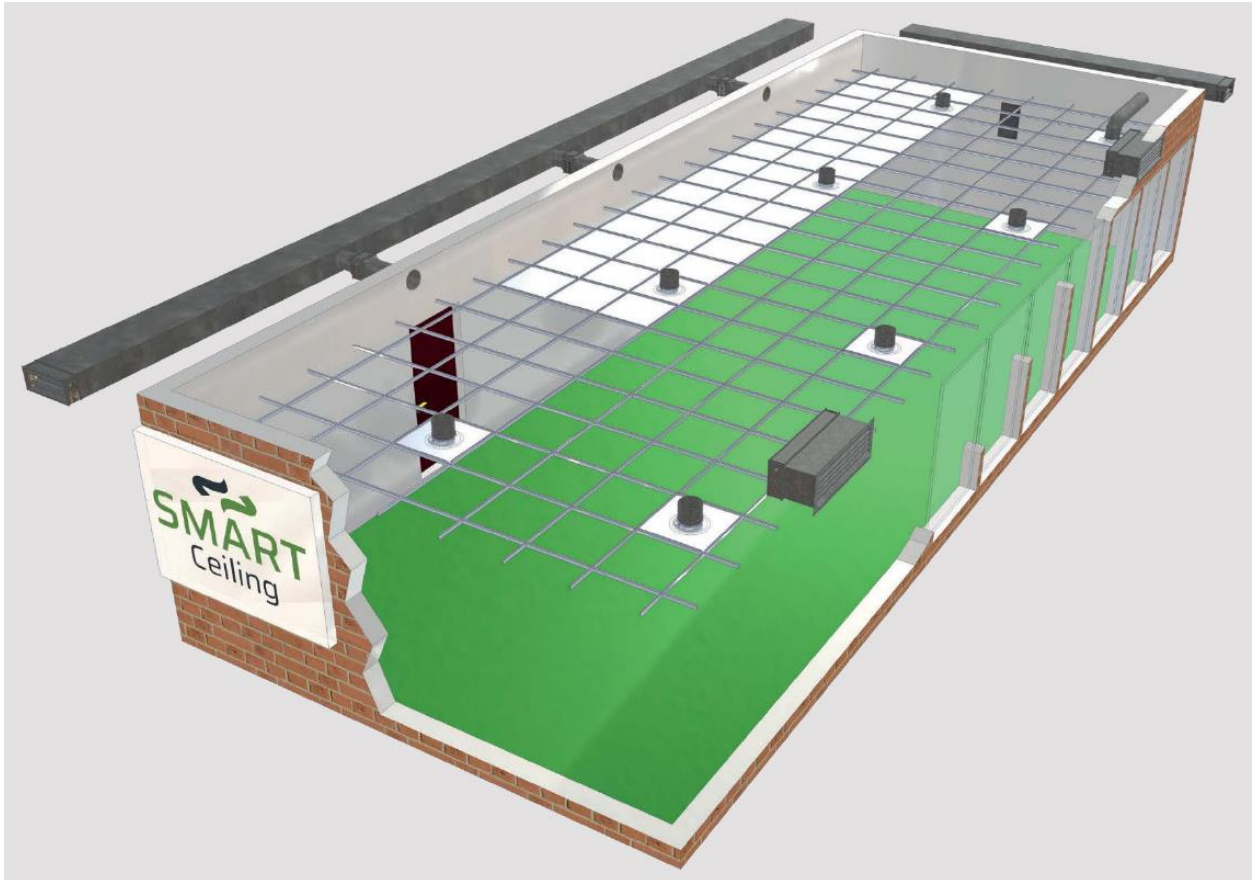


Figur 1 – Principtegning af konceptet.

Med hybridventilationen benyttes udeluften i de perioder, hvor udetemperaturen er egnet til, at anvendes som frikøling, hvor udetemperaturen er under rumtemperaturen. Den nedre grænse for anvendelse af udeluften til køling er når udetemperaturen vil ligge på eller under dugpunktet i det enkelte lokale.

I modsætning til den måde hybridventileringen i dag anvendes, hvor udeluften tages ind via direkte åbninger i facaden, vil den indblæste luft her ingen trækgener give, da den bliver opvarmet inden den kontrolleret indblæses gennem de integreret indblæsningsarmaturer i klimaloftet.

Hybriddelen, som er placeret i facaden, består for hvert lokale af en enhed, der indeholder facaderist, kanal gennemføring i facadevæggen, filter, regulerings-spjæld samt måleblænde.



Figur 2 – Illustration af konceptet installeret i et lokale.

Enheden har indbygget automatik/styring, som sikrer, at den rette luftmængde indblæses gennem hybridenheden samt sikrer, at hybridenheden kun er i drift, når udetemperaturen er egnet til hybridventilering. Automatikken kan endvidere kobles op på bygningens centrale ventilationssystem for at sikre, at det drives optimalt med hybridventileringen. Hybridventilationsprincippet kan, som udgangspunkt anvendes i alle former for byggeri, med fokus på kontorbyggeri og skoler.

Konceptet er tiltænkt at kunne anvendes til både nybyg og renovering, i følgende ventilationskonstellationer:

- Bygninger med mekanisk balanceret ventilation hvor det ønskes at nedbringe energiforbrug og forbedre indeklimaet. Her vil det være muligt at opnå et lavere elforbrug på ventilatordriften samt optimere det termiske indeklima med forøget frikøling.
- Bygninger, hvor der i dag ikke er etableret balanceret ventilation, men kun et udsugningssystem. Ved installation af klimaloftet Cool Ceiling sammen med hybridventilationen, kan man med et simpelt udsugningssystem installeret i de enkelte lokaler få skabt et system, som kan gennemskylle de enkelte lokaler med udeluften uden at det giver træk – stadig under forudsætning at udetemperaturen er egnet.

I byggerier med store varmebelastning som ønskes fjernet er hybridventileringen velegnet, er det en simpel måde at fjerne overskudsvarmen på en kontrolleret måde, der opretholder et godt indeklima, uden trækgener.

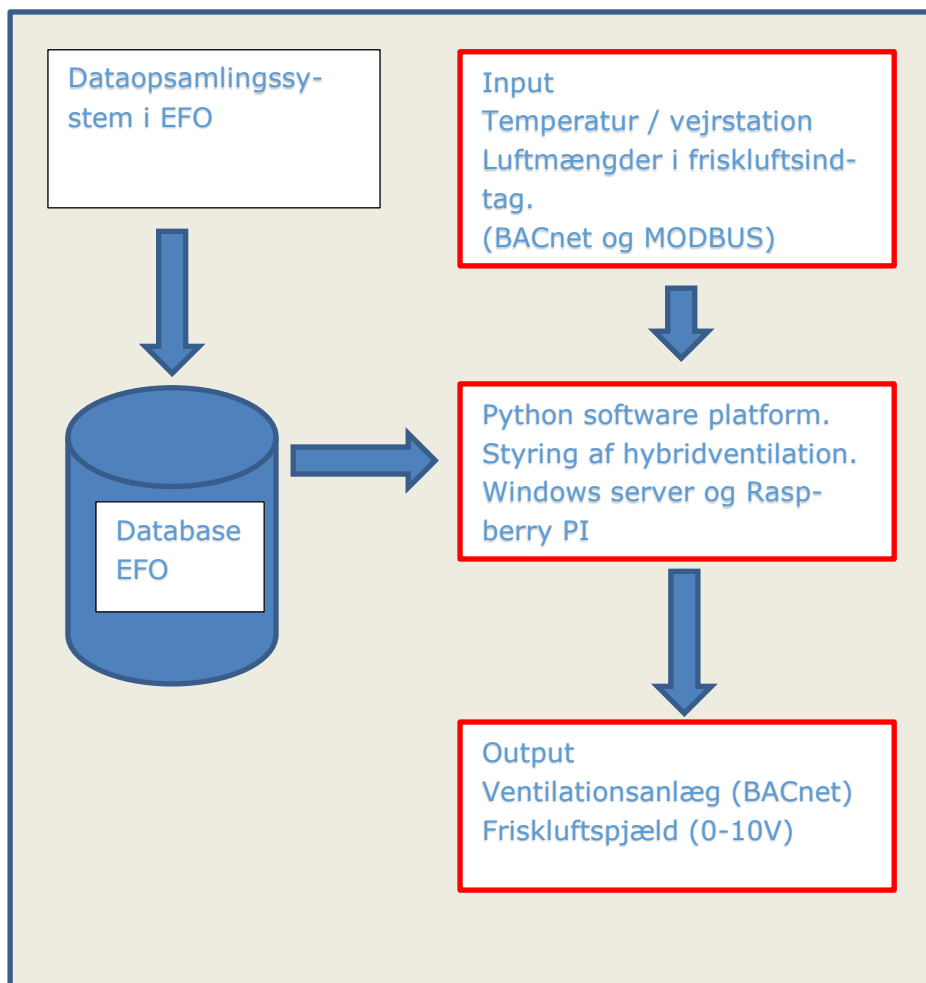
Hybridventilationen vil kun aktiveres i perioder hvor udetemperaturen tillader det. I den nordlige del af Europa vil det være om sommeren og i overgangsperioderne mellem sommer og vinter. I bygninger hvor der findes kølemaskiner vil det være muligt at forlænge perioden hvori det er muligt at frikøle. I bygninger hvor der ikke er installeret køleanlæg vil det i hele sommerperioden være muligt at opnå en lavere indblæsningstemperatur.

## 4 WP 2 Kravspecifikationer til hardware og software

EnergyFlexOffice(EFO) på Teknologisk Institut er et systemlaboratorium med en avanceret dataopsamlingsplatform, som opsamler 16 rumtemperaturer (tabel 3 side 26), relativ fugtighed, CO<sub>2</sub> i laboratorierummene samt data fra lokal vejrstation, der er placeret inden for 100 m af laboratoriet. Krav som specifikt udspringer fra generelle projekter bliver implementeret i laboratoriet via de enkelte projekters ressourcer. Grunden hertil er at krav kan være meget forskellige i de enkelte projekter. I nærværende projekt opstillede man en række krav som laboratoriet ikke kunne opfylde i første omgang. Projektet blev derfor nødt til at udvide funktionerne i EFO ved at implementere følgende:

- Opsætning af friskluftspjæld til udeluft over køleloft
- Elektrisk åbning og lukning af friskluftspjæld
- Måling af luftmængde i friskluftindtag via ultralydssensorer
- Nyt ventilationsanlæg der gør det muligt at styre on/off individuelt på udsugnings- og indblæsningsventilatoren
- Etablering af serverplatform til afvikling af styring. Python er valgt som underliggende sprog til formålet.

Den eksisterende platform i EFO som er videreudviklet til at kunne håndtere målingerne i nærværende projekt er vist på Figur 3.



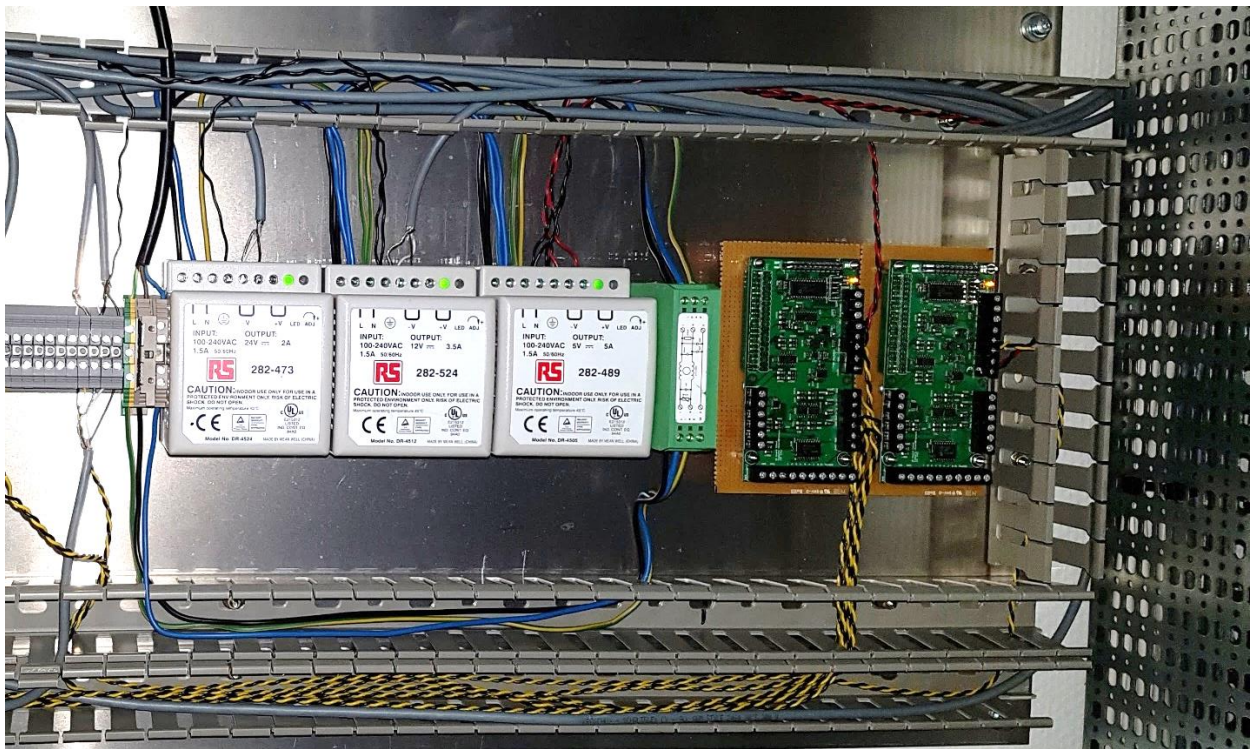
Figur 3 – Blokdigram over software og hardwareplatform i EFO. De røde bokse viser de nye tilføjelser til den eksisterende platform.

#### 4.1 Funktionsbeskrivelse af nyt setup i laboratoriet

Ovenstående figur viser opbygningen af den nye platform som er designet til EFO. En virtuel windows server blev opsat til afvikling af hovedprogrammet i styringen til køleloftet. Herudover blev der opsat en Raspberry PI til læse- og skrivefunktionerne til BACnet til og fra ventilationsanlægget. En Raspberry PI er en lille prisbillig Linux computer som simpelt samler de forskellige kommunikationsstandarder såsom BACnet og MODBUS til en fælles webservice. Denne webservice kan tilgås fra serverdelen og således er den protokolspecifikke kommunikation skjult fra serveren.

Ideen er at hovedprogrammet læser relevante sensorer og værdier og på denne baggrund udregner en række nye sætpunkter til spjældindstilling og ventilationsanlæggets arbejds punkt.

Spjældene indsat i friskluftindtagene styres af et IO printkort via 2 x 0-10V signaler. IO printkortene styres direkte fra en Raspberry PI via en seriel kommunikation på en RS485 linje. IO printkortet er vist på Figur 4.



Figur 4 – IO printkort tilsluttet en Raspberry PI som styrer friskluftspjældene i EFO.

Figur 5 viser en Raspberry PI med 2 serielle RS485 konvertere som henholdsvis anvendes til de to IO printkort og til aflæsning af de to ultralydsmålere. Raspberry PI'n har forbindelse med BACnet via det orange netkabel, som er forbundet til det ventilationsanlæg som servicerer EFO.



Figur 5 – Raspberry PI tilsluttet IO printkort.

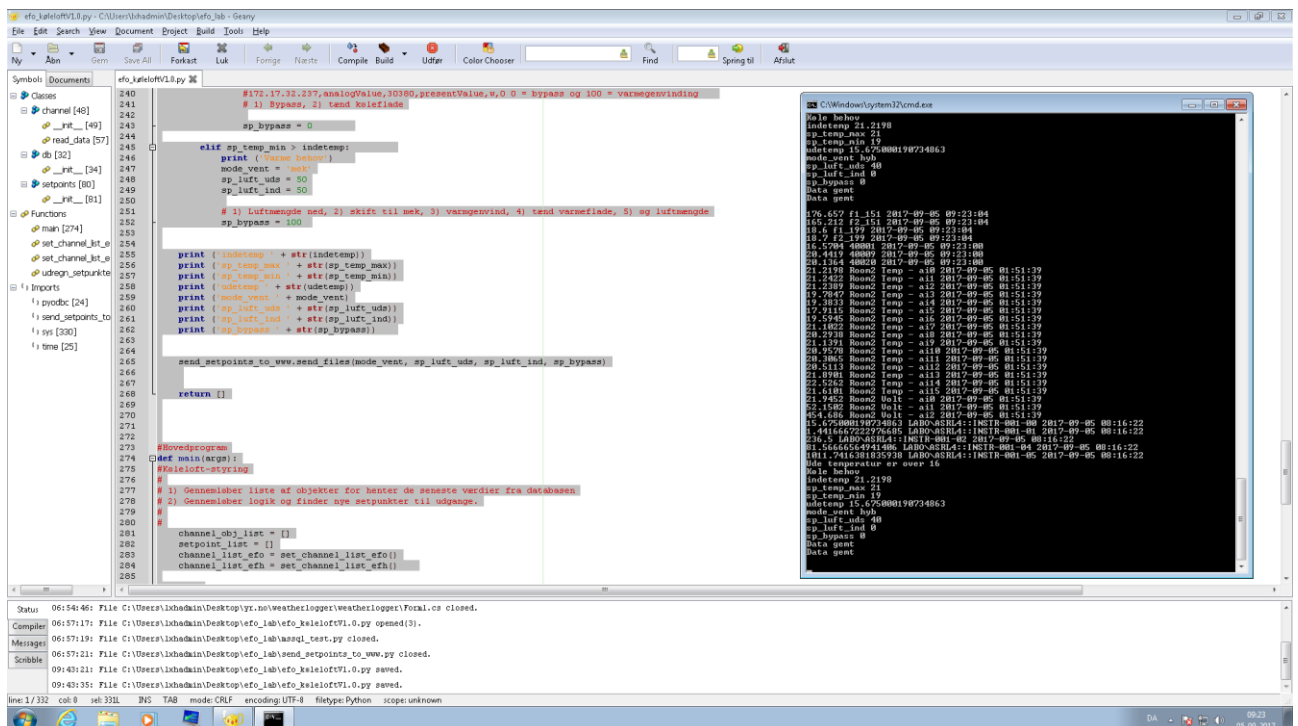
## 4.2 Styringssoftware

I forbindelse med projektet udvikles en styringsstrategi for ventilationen, som kan skifte mellem mekanisk balanceret ventilation eller hybridventilation. I styringsstrategien er naturlig ventilation ligeledes medtaget som en mulighed. Dette er dog ikke blevet testet af i projektet. Følgende er en Pseudokode som i hovedtræk beskriver styringssoftwaren, der afvikles på den virtuelle windows server.

- Udetemperaturen er under 16 grader
  - Mekanisk balanceret ventilation
- Udetemperaturen er over 16 grader

- Mekanisk balanceret ventilation
- Hybridventilation
- Er indetemperaturen over maks. setpunktet?
  - Ja, der skal køles!
    1. Naturlig ventilation (kun hvis udetemperaturen er over 16 og under inde temperatur)
      - Hvis muligt, der er mange forudsætninger!
    2. Hybridventilation (kun hvis udetemperaturen er over 16 og under indetemperaturen)
      - Ved forsat kølebehov øges ventilationsmængden til maks. hvorefter næste punkt indtræder
    3. Bypass (kun ved mekanisk balanceret ventilation)
      - Ved forsat kølebehov øges ventilationsmængden til maks. hvorefter næste punkt indtræder
    4. Aktiv køling (kun ved mekanisk balanceret ventilation)
      - Ved forsat kølebehov øges ventilationsmængden
- Er inde temperaturen under min. setpunktet?
  - Ja, der skal varmes!
    1. Luftmængde mindskes hvis muligt (CO<sub>2</sub> koncentrationen måles)
    2. Skift til mekanisk balanceret ventilation
    3. Aktiver varmegenvinding
    4. Aktiver varmeaflede
      - Øg luftmængde (kun hvis ventilationen anvendes til opvarmning)
- Er indetemperaturen inden for setpunkterne?
  - Energisparemode (reduceret luftmængde, sluk af anlæg)
- Er CO<sub>2</sub> niveauet for højt øges ventilationsmængden!

Styringssoftwaren udvikles i python i editoren Geany, hvor der er vist et skærmdump fra på Figur 6. Hele software koden kan ses i bilagene.



Figur 6 – Skærmdump fra udviklingsmiljøet Geany.

## 5 WP 2 Modelberegninger og dimensioneringsværktøj

Som en del af PSO projektet er der udviklet et værktøj til dimensionering loftssystemet. Det kan simulere indeklima og energiforbrug på rum niveau, og sammenligne forholdene for hybrid ventilation og traditionel ventilation.

Beregningerne er forsimplede for at nedbringe kompleksiteten af inputdata for på den måde at gøre programmet lettere tilgængelig. Dette gør, at beregningerne er lavet ud fra en række antagelser, herunder at bygningen optager og afgiver varme på timebasis. Luftmængde og indblæsningstemperatur bestemmes ud fra den samlede varmebalance.

Programmet startes ved at åbne filen Simuleringsprogram.xlsm og trykke på startknappen. For at køre programmet er det nødvendigt at have Microsoft Excel installeret og give tilladelse til at køre macroer.

### 5.1 Forside

På forsiden indtastes sagsnavn, sagsnr., dato, gennemsnitlig elpris, rummets areal, højde og bygningens termiske masse. Ydermere vælges der, hvilke klimadata som ønskes anvendt og den ønskede atmosfæriske indeklimaklasse. I version 1.0 er det muligt at vælge klimadata fra København, Oslo og München.

Bygningens termiske masse beskriver hvor meget energi der kan lagres i bygningen. Som udgangspunkt benyttes nedenstående værdier:

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapacitet Wh/(k·m <sup>2</sup> )
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, f.eks. skelet med plader eller brædder, helt uden tunge dele	40
Middel let	Enkelte tungere dele, f.eks. betondæk med trægulv eller porebetonvægge	80
Middel tung	Flere tunge dele, f.eks. betondæk med klinker og tegl- eller klinkebetonvægge	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker	160

Tabel 2 – Kilde: SBI anvisning 213

Det ønskede atmosfæriske indeklima bestemmer den minimale tilførsel af friskluft. Indeklimaklasse A svarer til 36 m<sup>3</sup>/h, indeklimaklasse B til 25 m<sup>3</sup>/h og indeklimaklasse C til 14 m<sup>3</sup>/h. Denne valgte luftmængde vil blive tilført når ventilatoren er tilgængelig.

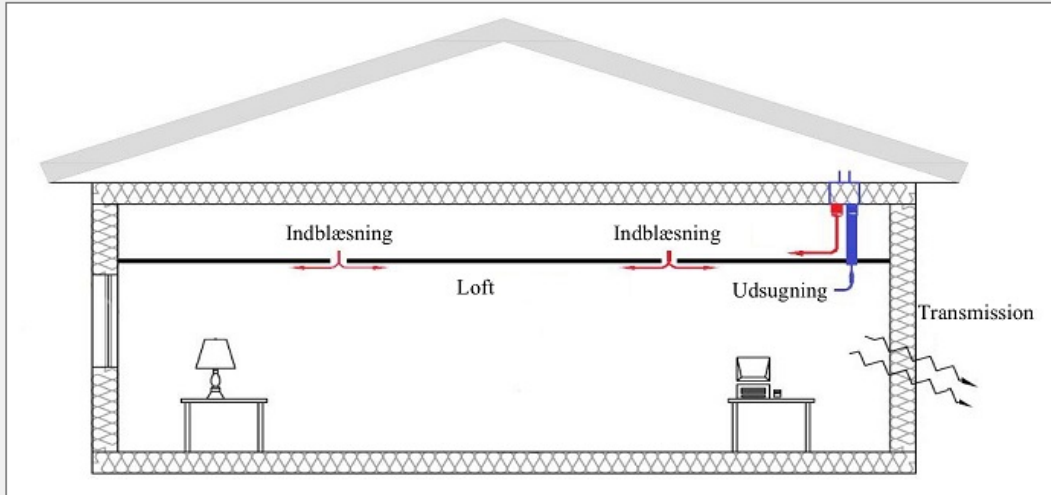


Modelberegner

×

Forside | Klimaskærm | Vinduer | Intern belsætning - Personer | Intern belastning - Udstyr | Ventilation | Resultat

Sags reference:  Dato:   
 Sags nr.:  Udarbejdet af:



Elpris  kr/kWh  
 Klimadata   
 Areal  m<sup>2</sup>  
 Rumhøjde  m  
 Bygningens termiske masse  Wh/(K·m<sup>2</sup>)  
 Ønsket atmosfærisk indeklimaklasse  A  B  C

## 5.2 Klimaskærm

Under fanebladet Klimaskærm defineres klimaskærmen. Alle ydervægge indtastes med et areal og en U-værdi. Indvendige vægge medtages ikke da disse antages at være adiabatisk.

Døre indtastes ligeledes med et areal og en U-værdi, såfremt der er glasdøre skal disse indtastes som vinduer i stedet, for at medtage solindfaldet.

Linjetab indtastes med en længde og et tab. Linjetab og U-værdier beregnes efter DS418.

Modelberegner ×

Forside | **Klimaskærm** | Vinduer | Intern belsætning - Personer | Intern belastning - Udstyr | Ventilation | Resultat

Indsæt klimaskærm

Glasdøre skal indsættes som vinduer.

For se et udvalg af typiske klik på U-værdier eller tab.

Vægge		Døre		Linjetab				
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(K·m <sup>2</sup> )]	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(K·m <sup>2</sup> )]	L [m]	Tab [W/(K·m)]		
Væg 1	24,4	0,41	Dør 1	1	11	Linjetab 1	20	0,12
Væg 2			Dør 2			Linjetab 2		
Væg 3			Dør 3			Linjetab 3		
Væg 4			Dør 4			Linjetab 4		
Væg 5			Dør 5			Linjetab 5		
Væg 6			Dør 6			Linjetab 6		
Væg 7			Dør 7			Linjetab 7		
Væg 8			Dør 8			Linjetab 8		
Væg 9			Dør 9			Linjetab 9		
Væg 10			Dør 10			Linjetab 10		

Ryd input    Gem projekt    Gem og beregn    Eksporter resultater til PDF rapport

Kendes U-værdier eller tab ikke, kan en række typiske værdier vises ved at trykke på teksten af værdien, markeret med gul på nedenstående skærbillede.

Forside | Klimaskærm | Vinduer | Intern belastning - Personer | Intern belastning - Udstyr | Ventilation | Resultat

Indsæt klimaskærm

Glasdøre skal indsættes som vinduer.

For se et udvalg af typiske klik på U-værdier eller tab.

Vægge	Døre		Linjetab			
	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(K·m <sup>2</sup> )]	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(K·m <sup>2</sup> )]	L [m]	Tab [W/(K·m)]
Væg 1	24,4				20	0,12
Væg 2						
Væg 3						
Væg 4						
Væg 5						
Væg 6						
Væg 7						
Væg 8						
Væg 9						
Væg 10						

Microsoft Excel ✕

U-værdien for klimaskærmen beregnes efter DS418.  
 Typiske værdier:  
 BR15 krav: 0,3  
**Fuldmuret uden isolering:**  
 ½-sten, 11cm: 3,0  
 1-sten, 23cm: 2,0  
 1½-sten, 35cm: 1,5  
 2-sten, 47cm: 1,1  
 3-sten, 70cm: 0,8  
**29cm u-isoleret hulmur, faste bindere eller trådbindere og udmurede vinduesfåse:** 1,5  
**29cm hulmur isoleret med letklinker, faste bindere eller trådbindere og udmurede vinduesfåse:** 1,0  
**29cm isoleret hulmur, faste bindere og udmurede vinduesfåse:** 0,7  
**29cm isoleret hulmur, trådbindere og udmurede vinduesfåse:** 0,6  
**U-isoleret betonvæg over jord:** 4,0  
**U-isoleret kældervæg:** 1,5

OK

Ryd input      Gem projekt      Gem og beregn      Eksporter resultater til PDF rapport

### 5.3 Vinduer

Under fanebladet Vinduer indsættes alle vinduer og glasdøre. For hver indtastning er det muligt at definere hvorvidt der er solafskærmning. For at beregne transmissionstab og solindfald kræves meget data for hver type vindue, alle disse data kan oplyses af producenten. Ved at trykke på U-værdi eller G-værdi åbnes et popup vindue med standard værdier. Alternativt kan der vælges en bestemt vindues type. Gøres dette bliver U-værdi og G-værdi automatisk udfyldt.

Hvis solafskærmning vælges vil den automatisk blive aktiveret når solindfaldet overstiger den valgte grænse. Solafskærmningsfaktoren angiver hvor stor en andel af solindfaldet bliver afskærmet. Med en solafskærmningsfaktor på 0,9, som på nedenstående figur, vil kun 10% af varmen fra solen blive lukket ind i rummet.

Modelberegner ×

Forside | Klimaskærm | **Vinduer** | Intern belysning - Personer | Intern belastning - Udstyr | Ventilation | Resultat

Indsæt vinduer

Enten vælges en vindues type hvor typeiske U- og G-værdier indsættes, alternativt indsættes disse manuelt.

Er der udvendig solafskærmning? Solafskærmningen aktiveres når solindstrålingen overstiger:  W/m<sup>2</sup>

Solafskærmningsfaktor:

	Antal [#]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Glas areal [m]	Type	U-værdi [W/(K·m <sup>2</sup> )]	G-værdi	Orientering	Solafskærmning
Vindue 1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="4,6"/>	<input type="text" value="1,4"/>	<input type="text" value="3 Lags klar"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0,65"/>	<input type="text" value="Øst"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vindue 2	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1,4"/>	<input type="text" value="2 Lags ene"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0,625"/>	<input type="text" value="Nord"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vindue 3	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1,5"/>	<input type="text" value="2 Lags ene"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0,625"/>	<input type="text" value="Sydøst"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vindue 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 12	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 13	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 14	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>
Vindue 15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Vælg orientering"/>	<input type="checkbox"/>

Ryd input      Gem projekt      Gem og beregn      Eksporter resultater til PDF rapport

## 5.4 Intern belastning fra personer og udstyr

På fanerne Intern belastning angives det interne varmetilskud fra personer og udstyr. Personbelastningen indtastes som antal personer og udstyret indtastes i Watt. Der indtastes på timebasis, på den måde kan en varierende belastning simuleres. Hvis avanceret vælges kan belastningen defineres for hver dag i ugen, fravælges denne benyttes den samme profil hver dag.

Forside | Klimaskærm | Vinduer | Intern belastning - Personer | Intern belastning - Udstyr | Ventilation | Resultat

Indtast antallet af personer på timebasis. Med avanceret indtastning for kan der defineres profiler for hver ugedag, fremfor at bruge den samme profil alle ugens dage.

Avanceret indtastning

	Simpel	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00	0	0	0	0	0	0	0	0
08:00	20	20	20	20	20	20	20	20
09:00	20	20	20	20	20	20	20	20
10:00	20	20	20	20	20	20	20	20
11:00	20	20	20	20	20	20	20	20
12:00	20	20	20	20	20	20	20	20
13:00	20	20	20	20	20	20	20	20
14:00	20	20	20	20	20	20	20	20
15:00	20	20	20	20	20	20	20	20
16:00	20	20	20	20	20	20	20	20
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0

Ryd input      Gem projekt      Gem projekt som      Gem og beregn

## 5.5 Ventilation

Under fanen Ventilation indtastes data for ventilationsanlægget. Kapaciteten for ventilation til rummet defineres sammen med varmegenvinding, elforbrug, ventilationsform, temperaturer, setpunkter og driftstider. Indblæsningstemperatur og ventilationsmængde vil blive tilpasset så setpunktet holdes, såfremt at der er tilstrækkelig kapacitet.

Elforbruget angives ved en given luftmængde, herefter vil det faktiske elforbrug blive beregnet ud fra proportional lovene.

Vælges Hybrid som ventilationsform vil luften blive suget ind gennem et spjæld i facaden i stedet og indblæsningsventilatoren blive slukket når dette er tilladt. For at tillade dette kræver det at udetemperaturen er over temperaturgrænsen og at der ikke er et opvarmningsbehov i lokalet. Vælges Balanceret som ventilationsform vil ventilationen fungere som et traditionelt ventilationsanlæg.

Driftstiderne bestemmes på dagsbasis, uden for driftstiden vil ventilationsanlæg være slukket. Såfremt ventilationsanlægget ventilerer flere rum end det simulerede, angives alle data som den kapacitet der kan tilføres det simulerede rum.

Modelberegner ×

Forside | Klimaskærm | Vinduer | Intern belsatning - Personer | Intern belastning - Udstyr | **Ventilation** | Resultat

Indsæt data om ventilationen

Minimal ventilations mængde	<input type="text" value="10"/>	m <sup>3</sup> /h	
Maksimal ventilations mængde	<input type="text" value="3000"/>	m <sup>3</sup> /h	
Varmegenvinding	<input type="text" value="85"/>	%	
SEL	<input type="text" value="2100"/>	J/m <sup>3</sup> Ved <input type="text" value="2000"/>	m <sup>3</sup> /h
Ventilationsform	<input type="text" value="Hybrid"/>		
Minimum tilladt temperatur for hybrid	<input type="text" value="16"/>	C°	
Sætpunkt	<input type="text" value="21"/>	C°	
Ventilation frigivet mellem(Mandag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Tirsdag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Onsdag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Torsdag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Fredag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Lørdag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		
Ventilation frigivet mellem(Søndag)	<input type="text" value="7"/> & <input type="text" value="20"/>		

Ryd input      Gem projekt      Gem og beregn      Eksporter resultater til PDF rapport

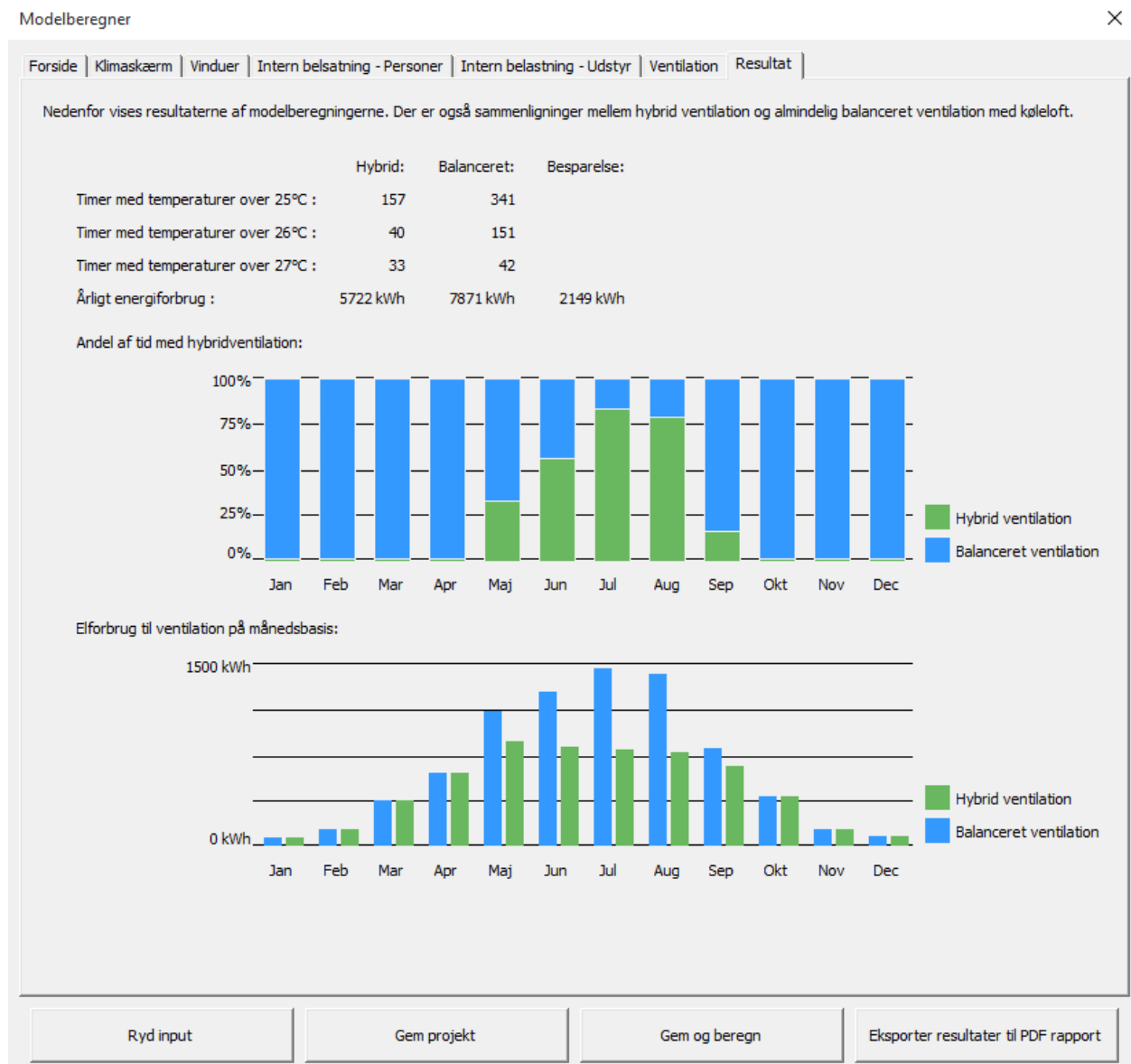
## 5.6 Resultat

På fanen Resultat kan resultatet af simuleringen ses. Både indeklima og energiforbrug bliver her evalueret, og der sammenlignes mellem traditionelt balanceret ventilation med køleloft og hybridventilation med køleloft. Før resultaterne vises er det vigtigt, at der trykkes "gem og beregn".

Det er angivet hvor mange timer i løbet af et år, hvor temperaturen overstiger hhv. 25°C, 26°C og 27°C. Når der er mange timer, hvor temperaturen er over setpunktet er det et tegn på, at der ikke er tilstrækkelig kapacitet i luftmængden. Det årlige energiforbrug er udelukkende elforbrug til ventilation, besparelsen er den potentielle besparelse ved at skifte fra balanceret ventilation til hybridventilation.

På den første graf ses, hvor stor en del af tiden det har været muligt at køre med hybridventilation. Kun timer, hvor ventilationen er tilgængelig er taget i betragtning.

Den anden graf viser elforbruget til ventilation på månedsbasis.



For mere detaljerede resultater klik på "Eksporter resultater til PDF rapport". PDF rapporten indeholder et resume af inputdata, økonomiske beregninger samt en visualisering af det termiske indeklime. Se bilag for et eksempel.



## 6 WP 3 Demonstration i Energy Flex Office

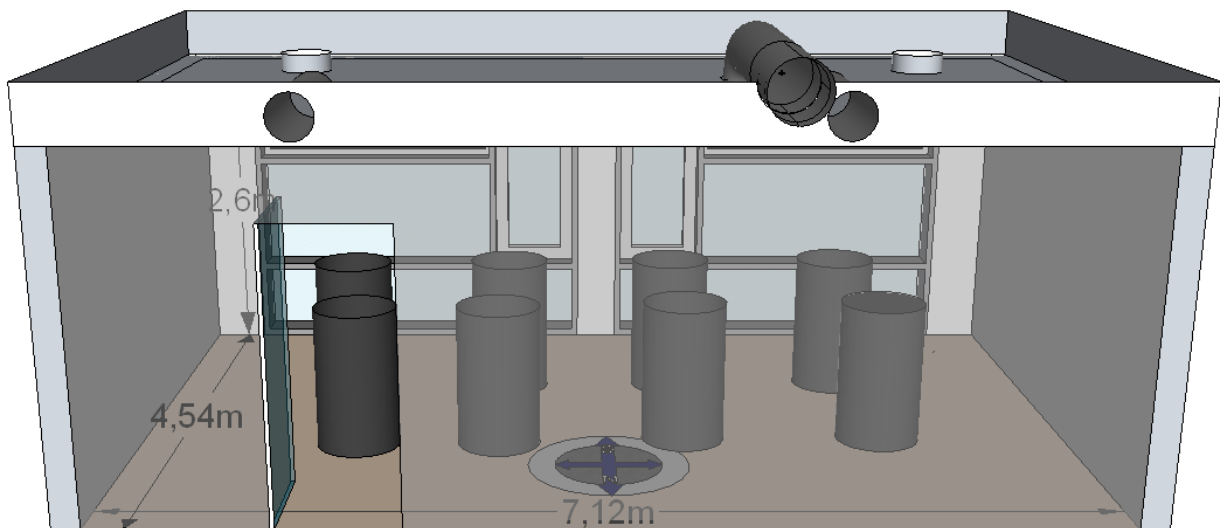
I WP2 er der udviklet en styringsstrategi for en hybridløsning samt en styringsboks som demonstreres i Energy Flex Office (EFO) i samspil med et ventilationsanlæg og spjæld i luftindtagene i facaden. I demonstrationen undersøges det, hvor tit der benyttes mekanisk balanceret ventilation, hvor både udsugnings- og indblæsningsventilatoren er i drift kontra hybridventilation, hvor det kun er udsugningsventilatoren der er i drift. Dette beregnes ligeledes og sammenholdes med måleværdierne.

I forbindelse med målingerne måles og overvåges indeklimaet for at sikre, at der bl.a. ikke opstår kondensering ved luftindtagene eller trækgener i rummet.

Energiforbruget måles ikke, eftersom det i praksis er dybt afhængig af ventilationsanlægstype og -størrelse. I forsøget er ventilationsanlægget indstillet til at levere luftstrømme uden for anlæggets foretrukne arbejdsområde, hvorfor det vil give et forkert billede af energiforbruget. Derfor beregnes energiforbruget i stedet med udgangspunkt i en konkret skole.

### 6.1 Energy Flex Office

Til demonstration af det nyudviklet system er Teknologisk Instituts laboratoriefacilitet EFO anvendt. EFO er et kontor på ca. 32 m<sup>2</sup> med en loftshøjde til Cool Ceiling på ca. 2,6 meter. Afstanden mellem Cool Ceiling og loftet i rummet er i gennemsnit ca. 0,3 meter. Laboratoriet er placeret midt i bygningen, hvoraf to vægge er almindelige vægge mens de sidste er glaspartier. Det ene glasparti er placeret inde i bygningen og betragtes således som en almindelig væg. Glaspartiet, som er sydvendt er forsynet med intern og ekstern solafskærmning. Hverken den interne eller eksterne afskærmning er benyttet i demonstrationen af systemet. En opbygning af rummet kan ses på Figur 7.



Figur 7 – En oversigtsfigur af EFO.

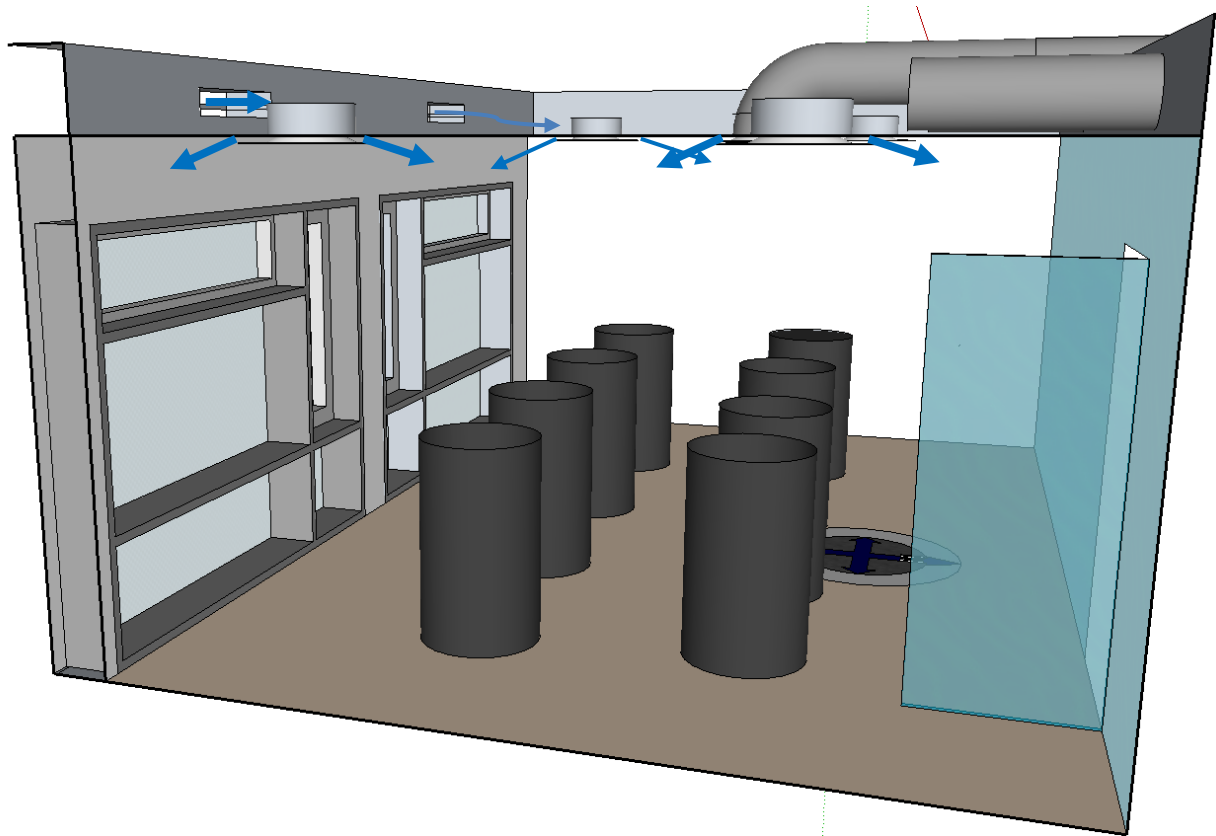
### 6.1.1 Cool Ceiling

Cool Ceiling er opbygget af 0,6x0,6 meter aluminiumsplader, hvori der i alt er placeret fire indblæsningsarmaturer og et udsugningsarmatur.

### 6.1.2 Luftindtag i facaden

For at demonstrere systemet er der over nedhængt loft indbygget to luftindtag bestående af to Ø315 kanaler, hvorpå der er påsat to Lindab luftmængde målere i form af ultralydsmålere med dertilhørende spjæld. Luftindtagene har et samlet åbningsareal på 0,16 m<sup>2</sup>. I projektet er der ikke taget højde for tryktabet i luftindtagene. Ved installation af systemet bør tryktabet holdes på et absolut minimum for ikke at øge energiforbruget til udsugningsventilatoren. For at systemet kan bruges i praksis skal luftindtaget tænkes opbygget med beskyttelse for vandindtrængning, f.eks. en jalousirist.

På Figur 8 ses, hvordan systemet med luftindtag i facaden i virkeligheden opbygges.



Figur 8 - Viser, hvordan friskluften suges ind over nedhængt loft via luftindtag i facaden.

Tendensen er, at der anvendes en jalousirist i forbindelse med luftindtag i facaden for at undgå vandindtrængning. En sådan rist har et ikke ubetydeligt tryktab. Det er vigtigt, at tryktabet ikke øges uforholdsvist meget, eftersom dette vil bevirke, at udsugningsventilatoren skal arbejde hårdere for at udsuge den samme mængde luft, hvilket resulterer i et øget energiforbrug.

### 6.1.3 Ventilationsanlæg

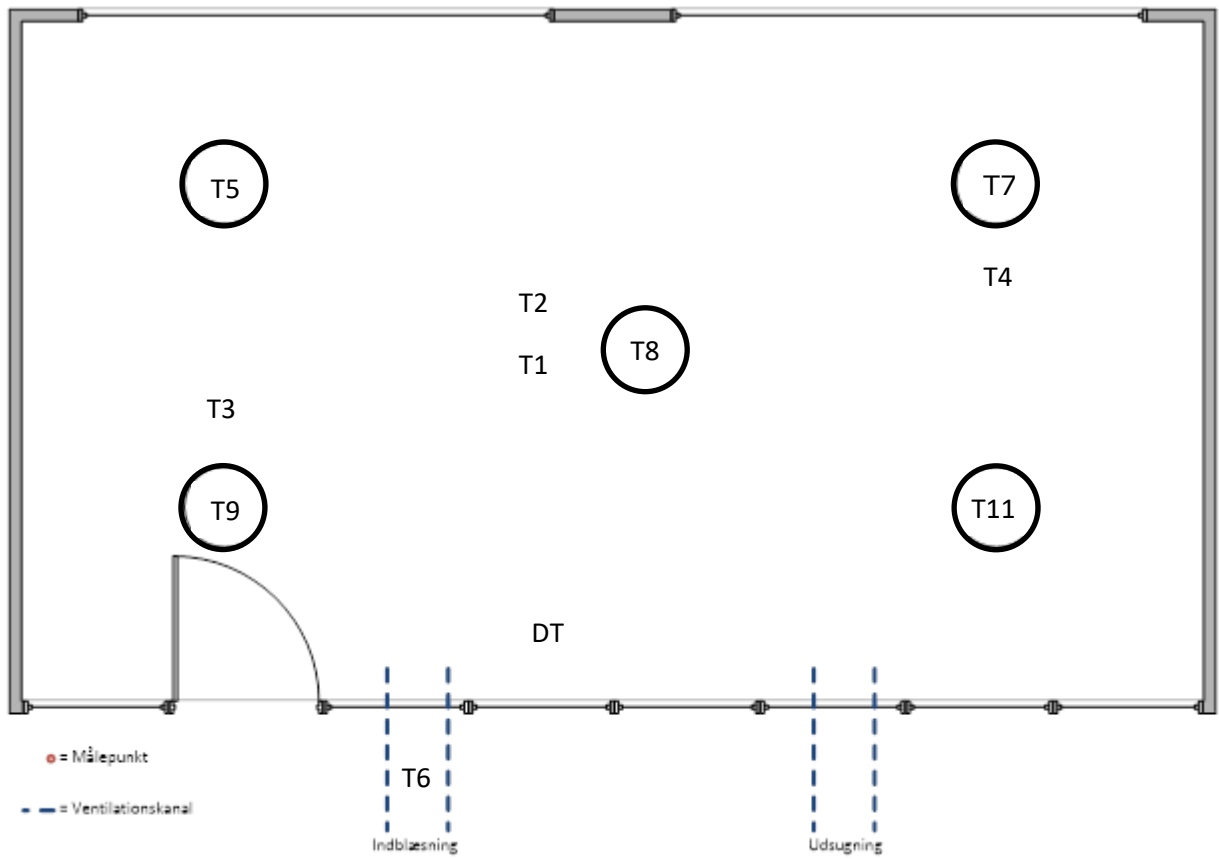
Ventilationsanlægget er af typen Topvex 340 fra Systemair. Anlægget er til forsøget konfigureret således, at det er muligt at styre ventilatorerne individuelt.

### 6.1.4 Målepunkter

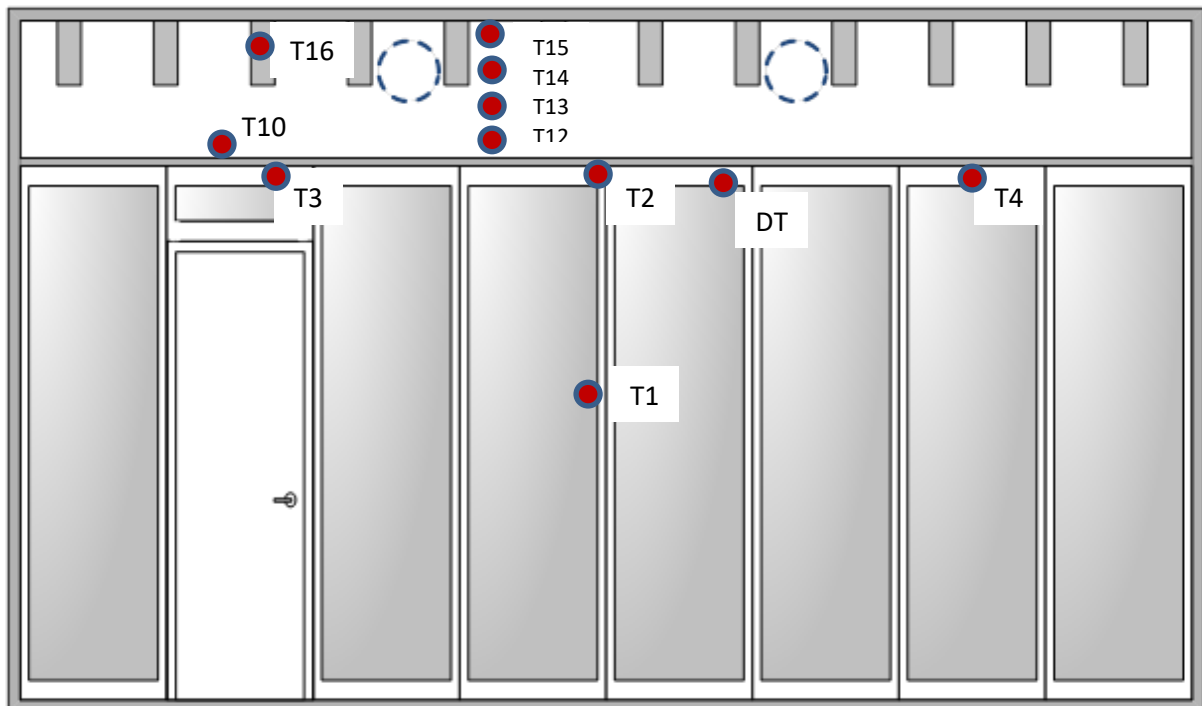
Til demonstration af målingerne er der opsat 16 temperaturfølere og en dugpunktsføler. Placeringen af disse er illustreret i nedenstående tabel og figurer. Dette repræsenterer ikke det antal følere der skal anvendes såfremt systemet skal bruges i praksis.

Føler nr.	Placering
T1	Operativ temperatur
T2	Rum – underside af nedhængt loft
T3	Rum – underside af nedhængt loft
T4	Rum – underside af nedhængt loft
T5	Indblæsningsarmatur nr. 2
T6	Indblæsningskanal
T7	Indblæsningsarmatur nr. 4
T8	Udsugningsarmatur
T9	Indblæsningsarmatur nr. 1
T10	Overside af nedhængt loft
T11	Indblæsningsarmatur nr. 3
T12	Over nedhængt loft
T13	Over nedhængt loft
T14	Over nedhængt loft
T15	Over nedhængt loft
T16	Over loft i betonkonstruktion
DT	Dugpunktstemperatur under nedhængt loft

Tabel 3 – Oversigt over følere. T: temperaturføler, DT: Dugpunktstemperatur.



Figur 9 – Placering af følere set ovenfra.



Figur 10 – Placering af følere set opstalt. Ikke alle følere er vist.

## 6.2 Målinger

I demonstrationen tages der udgangspunkt i et klasselokale. Ifølge Bygningsreglementets kapitel 3.4.2 skal der være mindst 6 m<sup>3</sup> rum pr. elev, og dertil skal lægges 8-12 m<sup>3</sup> til hver voksen i klassen, når der er etableret effektiv ventilation. I demonstrationen er der indsat 8 testtønder svarende til 8 elever. Med rummets dimensioner er der ca. 10 m<sup>3</sup> rum pr. elev. Dette vil dog ikke have betydning for forsøgene.

Endvidere skal der ifølge Bygningsreglementet etableres mekanisk ventilation med en minimum indblæst luftstrøm på 5 l/s luft pr. person tillagt 0,35 l/s pr. m<sup>2</sup>. I forbindelse med forsøget er det valgt at foretage forsøg med en luftstrøm både på 5 l/s pr. person og 10 l/s pr. person. Sidstnævnte luftstrøm er medtaget i forsøget eftersom det i praksis har vist sig, at det ikke altid er tilstrækkelig med de krævet 5 l/s pr. person for at opretholde et tilfredsstillende indeklima.

Som beskrevet er der i demonstrationen anvendt 8 testtønder, som hver afgiver ca. 100 W og 30 g fugt i timen svarende til en stillesiddende elev. Se Figur 11.



Figur 11 – Forsøgsoptilling i EFO.

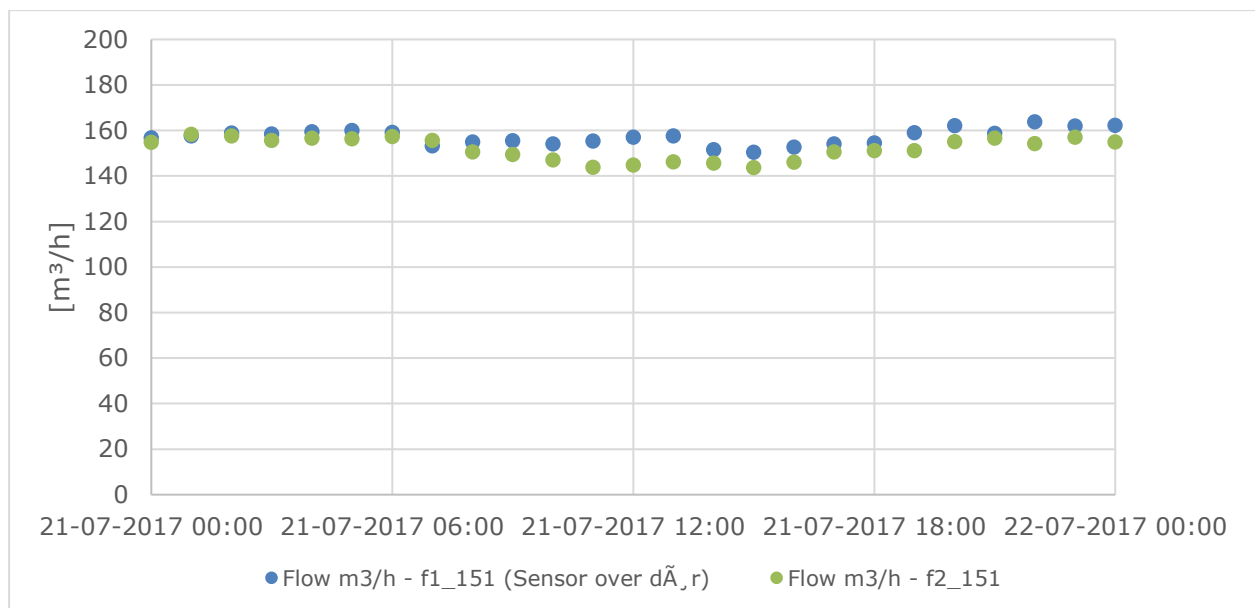
Forsøgene er udført i perioden maj – november 2017.

## 7 Resultater

Henover måleperioden er der løbende lavet optimeringer og forbedringer til styring og produktet, hvorfor der ikke ses på resultater fra hele måleperioden, men i stedet perioden omkring 16-07-2017 hvor udetemperaturen var gunstig i forhold til at operere med hybrid ventilation og styringen var optimeret hertil. Der bliver evalueret over en længere driftsperiode under testen på Damhus skole. Udetemperaturen ligger mellem 15 og 17,5 °C d. 16-07-2017, se Figur 16.

### 7.1 Flowmålinger

Det har over hele døgnet været muligt at køre i hybridmode. Som det fremgår af Figur 12 trækkes der i hele døgnet luft ind gennem friskluftsspjældet. Der er en konstant total luftmængde på 300-320 m<sup>3</sup>/h.



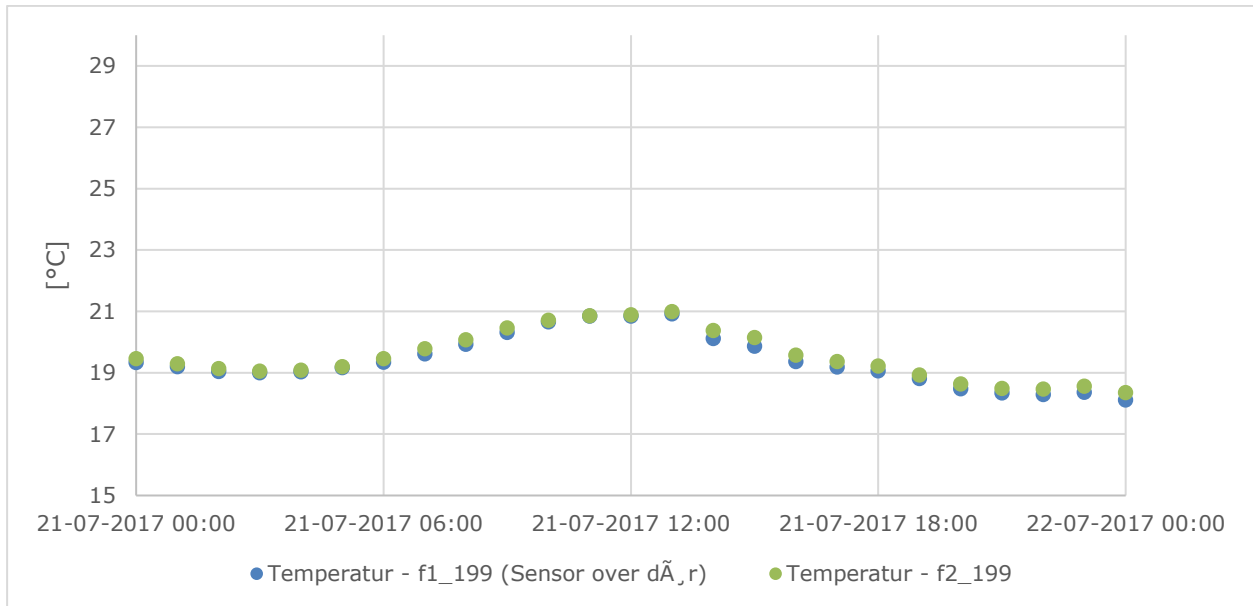
Figur 12 – Flowmåling gennem friskluftsspjæld.

### 7.2 Temperaturmålinger

#### 7.2.1 Temperatur i friskluftsindtag

Temperaturen vist på Figur 13 er den temperatur som er målt i de to friskluftsspjæld. Temperaturen i indtaget er konstant ca. 3,5 °C højere end udetemperaturen. Dette skyldes at indtaget er placeret over et sort tag som opvarmer luften. Hvilket er noget som skal undgås i fremtidige installationer.

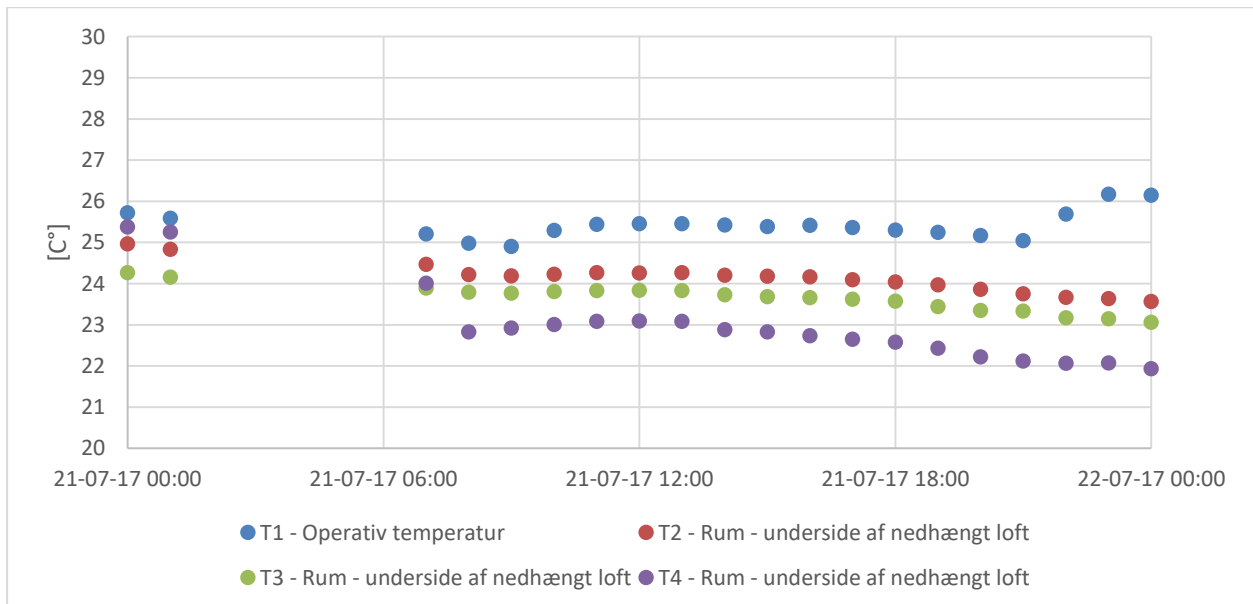
Den relativt høje temperatur i friskluftsindtaget gør at den tilførte køleeffekt gennem ventilationen kun er ca. 400 W.



Figur 13 – Temperatur i friskluftsindtag.

### 7.2.2 Opholdszone

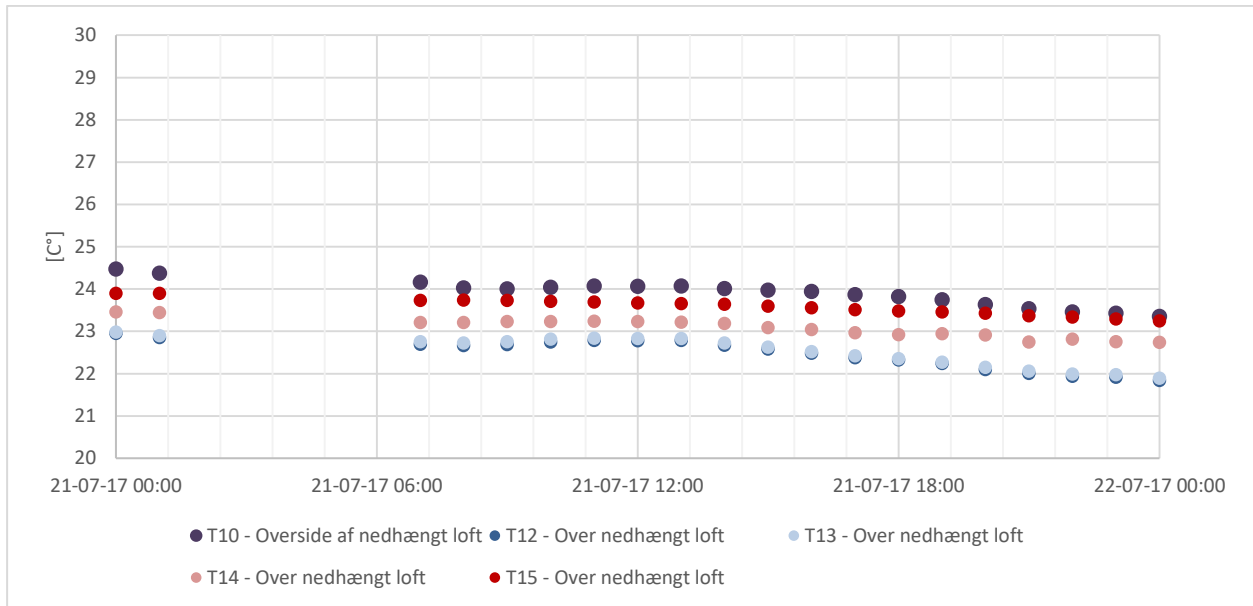
Der er som tidligere nævnt en køleeffekt fra ventilationen på 400 W hertil kommer et transmissionstab på 400-500 W. Den pågældende dag var overskyet, hvorfor solindfaldet er begrænset. Ud fra Figur 14, ses det at temperaturen er stabil henover dagen. Dette tyder på at der har været energibalance i lokalet.



Figur 14 – Temperaturudvikling i lokale.

### 7.2.3 Temperaturfordeling over loft

Af Figur 15 ses det tydeligt at der over loftet er en temperaturmæssig lagdeling som forventet. Det er denne lagdeling som gør at den koldeste luft er i kontakt med overfladen af loftspladerne og den varmeste luft ledes ud i lokalet gennem indblæsningsarmaturerne.

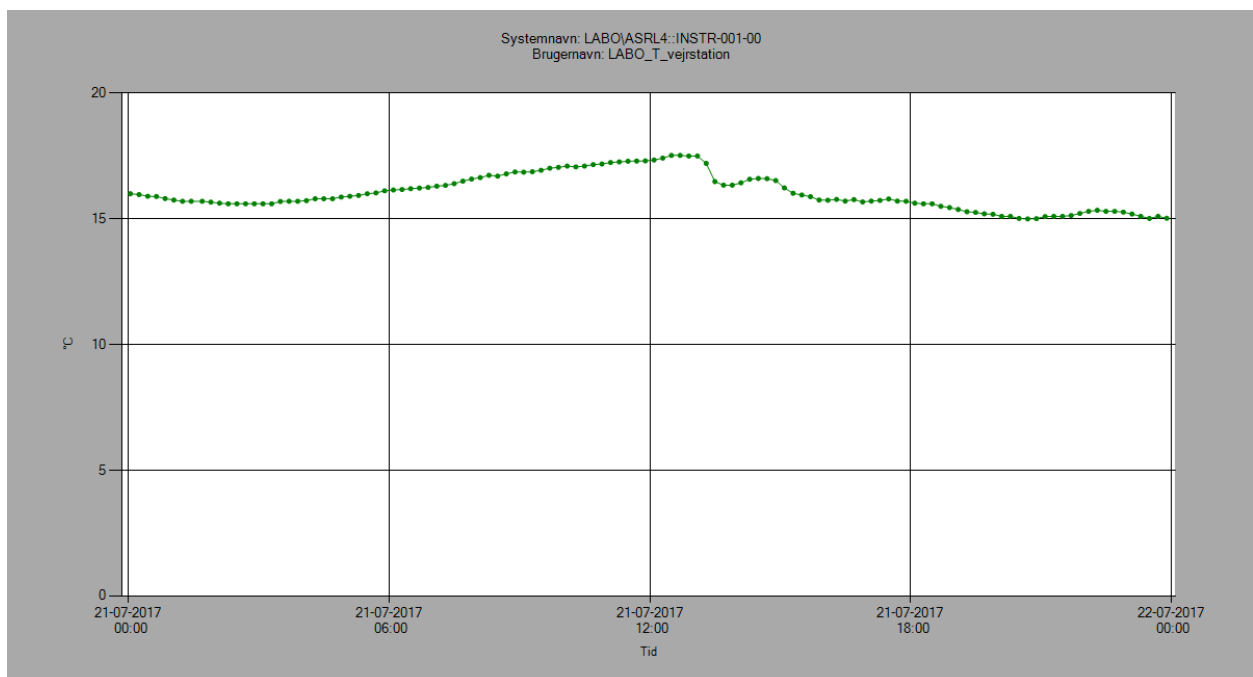


Figur 15 – Temperaturprofil over det nedhængte loft.

### 7.3 Dugpunktstemperatur

Dugpunktstemperaturen måles som tidligere beskrevet i selve rummet lige under nedhængt loft. Se Figur 9 og Figur 10. Det vurderes, at den største risiko for kondensdannelse vil ske her ved en kombination af fugten fra testtønderne og et koldt nedhængt loft afkølet af friskluften.

Der er i forsøget ikke konstateret kondensdannelse på det nedhængte loft i testperioden. Dog er dugpunktstemperaturen blevet målt til 18,5 °C. Under denne måling har udetemperaturen været mellem 15 til 18 grader med en relativ fugtighed tæt på 100%.



Figur 16 – Udetemperaturen varierende over et udvalgt døgn.



På grund af bygningens termiske masse kan det ikke afvises, at varmeakkumuleringen i bygningen og over nedhængt loft har haft en indflydelse på, at der ikke er forekommet kondensdannelse. Bygningen afviger dog ikke væsentligt fra målgruppen af bygninger målt på termisk masse. En anden mulighed er, at loftet afgiver stråling, hvorved luften over nedhængt loft opvarmes, således den akkurat er højere end dugpunktstemperaturen.

Ved benyttelse af systemet vurderes det på baggrund af målingerne, at det er nødvendigt at opsætte en fugtføler integreret i styringen og styringsboksen. Herved sikres det, at der ikke forekommer kondensdannelse på grund af løsningen afprøvet i nærværende projekt.

## 7.4 Træk

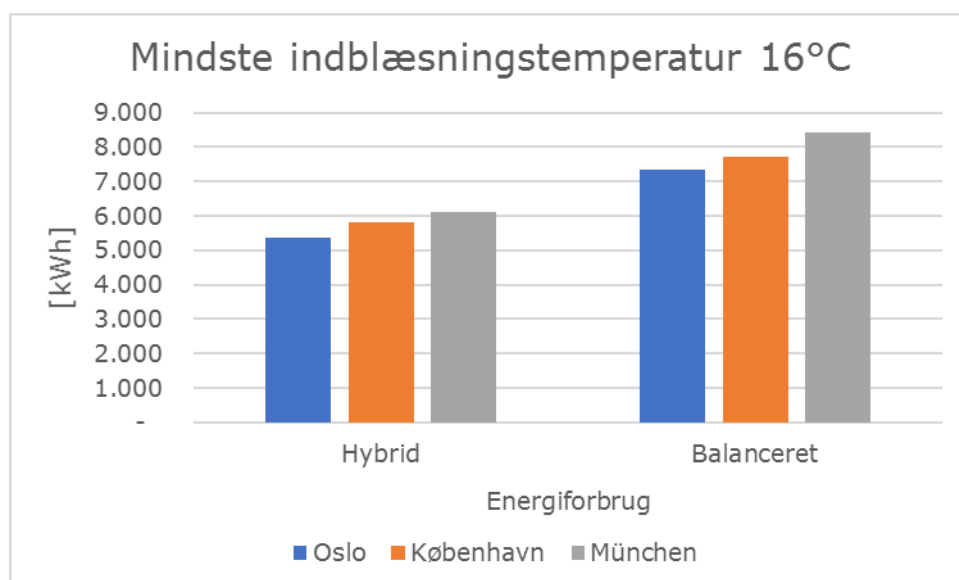
Der er i forbindelse med udviklingen af Cool Ceiling udført forsøg, som viste, at der kan indblæses store luftmængder med lav temperatur med lav risiko for trækgener.

## 7.5 Energiforbrug

I projektet anvendes som tidligere beskrevet et ventilationsanlæg som kapacitetsmæssigt ikke egner sig til forsøgsrummet EFO, såfremt energiforbruget til ventilatordriften ønskes opmålt. Dette skyldes, at anlægget leverer en forholdsvis lille luftstrøm til EFO ift. hvad anlægget reelt kan leverer, hvilket har indflydelse på ventilatorvirkningsgraden.

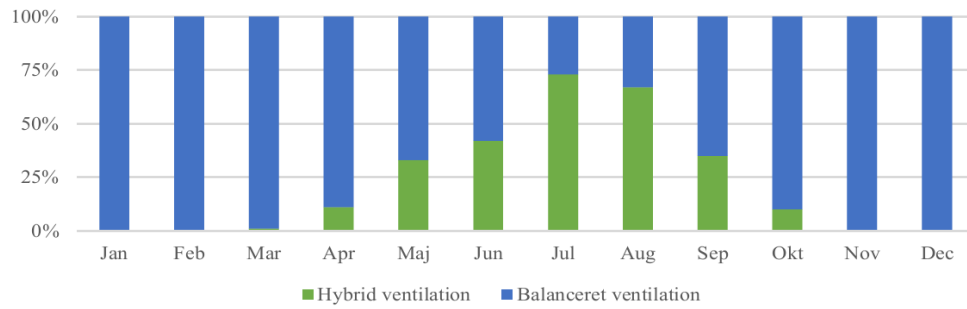
Energiforbruget er derfor beregnet ved brug af det udviklede beregningsprogram. Beregningen er foretaget ud fra et tænkt tilfælde beskrevet i bilag. Der er udarbejdet en beregning af energiforbruget for hhv. hybridventilation og balanceret ventilation i tre byer ved tre forskellige indblæsningstemperaturer.

Ved en tilladt indblæsningstemperatur på 16 grader er det årlige energiforbrug til hybridventilation ca. 5.800 kWh for København, ved traditionel balanceret ventilation er energiforbruget 7.800 kWh. Dermed er der en potentiel besparelse ved at benytte hybridventilation i forhold til balanceret ventilation på 24 %. Hertil undgås det ved hybriddrift at luften opvarmes over ventilatoren, hvorfor det vil være muligt at opnå en ca. 1 °C lavere indblæsningstemperatur, for på den måde at opnå et forbedret indeklima.



Figur 17 – Energiforbruget for hybridventilation og balanceret ventilation ved en indblæsningstemperatur på 16 grader.

Figur 18 viser at der ved et standard år fra april til oktober er potentiale for at udnytte hybriddrift.



Figur 18 – Udnyttelse af hybriddrift

## **8 WP 4 Produktprogram og dimensioneringsværktøj**

I forbindelse med projektet er der anvendt produkter og komponenter som ved opsætning af Cool Ceiling og hybridløsningen i virkeligheden ikke indgår. Ved benyttelse af løsningen afprøvet i projektet skal følgende produkter og komponenter være tilgængelige eller benyttes:

- Ventilationsanlæg af udefineret type med individuel styring af indblæsning- og udsugningsventilator
- Styringsboks fra JS ventilation, som hhv. aktiverer og deaktiverer muligheden for at benytte hybridventilation ud fra nogle definerede sætpunkter. Styringsboksen er forsynet med én eller flere temperaturfølere og en fugtføler
- Luftindtag forsynet med et on/off spjæld og et filter af typen F5

Dimensioneringsværktøjet baseres ikke på valg af produkter. Vejledning til dimensioneringsværktøjet er vist i bilag. Værktøjet afprøves på en skole, som er nærmere beskrevet i det efterfølgende afsnit.

## 9 Markedsanalyse

I dette kapitel introduceres en række sektorer og brancher, hvor køleloftet sammen med hybrid ventilation med fordel kan anvendes. Det beskrives i hvor stort omfang køleloftet kan anvendes i de forskellige sektorer, og desuden vurderes størrelsen af det tilknyttede energibesparelspotentiale.

Klimaloftet tænkes anvendt til både nybyggerier som til renoveringsprojekter. Hybrid ventilation tænkes anvendt i byggerier, hvor der er behov for køling grundet overskudsvarme i byggeriet samt for at nedbringe CO<sub>2</sub>-indholdet ift. gældende grænseværdier. Hybridventilationen kan anvendes i alle former for byggeri.

Fokus på et sundt indeklima vokser nationalt og internationalt og er grundlaget for krav, som påvirker markedet med voksende indflydelse på de ventilationstekniske løsninger.

Med udgangspunkt i ovenstående er der udført en kortlægning af potentialet i at benytte hybrid ventilation kombineret med JS ventilations køleloft og herved energieffektivisere bygninger, med henblik på at vurdere det overordnede perspektiv.

For at kortlægningen af det aktuelle besparelspotentiale bliver så præcis som muligt, er det nødvendigt at overveje i hvilken tidsperiode bygningerne blev opført, og hvor udbredt varmegenvinding er kombineret med virkningsgraden af denne. Tidspunktet for hvornår bygningen er opført og heraf ventilationsanlægget er blevet monteret har indflydelse på kravet til elforbruget til lufttransport, som gradvist er blevet strammet i Bygningsreglementet. Varmegenvindingen og dens virkningsgrad, er med til at reducere varmeforbruget.

Den del af det danske marked, der har størst efterspørgsel efter er decentraliserede systemer på nuværende tidspunkt, omfatter hospitalsbygninger, eksisterende og nye bygninger, især sengelokaler. Skoler beder om decentraliserede ventilationssystemer, der giver et godt indeklima uden systemstøj og et indeklima med god luftkvalitet. Kommercielle ejendomme kræver fleksible strukturer, hvor det er muligt at ændre funktionen af lokaler med et minimum af ekstra omkostninger.

Cool Ceiling passer til denne del af markedet. Markedspotentialet i Danmark anslås at være 40-60.000 m<sup>2</sup> loft / år svarende til en omsætning på 25-35 mio. Kr. Pr. År.

Forventningerne til de store eksportmarkeder, primært Tyskland, Sverige og Norge, tyder på betydeligt større muligheder, men vanskelige at kvantificere. Et skøn på kort sigt er et marked svarende til danskerne med en årlig omsætning på 25-35 mio. Kr. Pr. År.

En aktuel markedsundersøgelse for det eksisterende Cool Ceiling i Tyskland peger på et konservativt marked med fokus på kvalitet, energieffektive løsninger, minimerede driftsomkostninger og en rimelig pris for produktet. Konceptet, der anvendes i Cool Ceiling er i dag ikke til stede på det norske, svenske og tyske marked. Konceptet med hybridventilering anslås at have konkurrencemæssige fordele i forhold til kendte klimaloftsystemer.

JS Ventilation har pt. underskrevet aftaler med strategiske partnere og planlægger markedsfremme gennem pilotprojekter i Sverige, Norge og Tyskland. Cool Ceiling passer godt til markeder med særlige kølebehov.

Den nødvendige TÜV dokumentation for DIBT for det tyske marked forventes at være på plads i efteråret 2018.

## 10 Case - skole

Bygningen som er udtaget til demonstrationsprojekt er den gamle Damhus skole som i dag er lagt sammen med Vanløse skole og betegnes fremadrettet som Dam 2. Bygningen er et selvstændigt afsnit af en skole på 3 etager. I kælderens findes teknikrummet, hvor det eksisterende ventilationsanlæg er placeret. Hovedfacaderne vender hhv. mod nord og syd.

I forbindelse med demonstration udvælges to klasserum; side om side, i ét vil der blive installeret Cool Ceiling med hybridventilation (lokale 1), det andet bibeholder den eksisterende ventilationsløsning (lokale 2).

Der har fra start været påtænkt en måleperiode fra april 2018 til oktober 2018. Grundet en vandskade er der dog kun brugbare målinger frem til juli 2018.

### 10.1 Belastninger

Bygningen er i brug på skoledage mellem kl. 8:00 og 16:00. Dagen består normalt af undervisningstimer som varer 45 min efterfulgt af 10 min pauser, dog med længere frokostpause. Enkelte dage foregår der undervisning uden for klasserummene.

#### 10.1.1 Lokalerne

Lokalerne er beregnet til 28 elever og én lærer. I måleperioden er der ikke ført kontrol med antal elever, men derimod taget udgangspunkt i maksimalt antal. Belastningen fra personer er i så fald ca. 2350 W ( $70 \text{ W/m}^2 \times 1,2 \text{ m}^2$ ). Det er oplyst at brugen af de to lokaler er sammenlignelig.

### 10.2 Nuværende ventilationsanlæg og løsning (mekanisk balanceret)

Det nuværende ventilationsanlæg som betjener demonstrations klasserummene er et VEX5.5. Anlægget betjener derudover seks andre klasserum.

Anlægget tilvejebringer en luftstrøm til lokale 1 og 2 på  $630 \text{ m}^3/\text{h}$ . Når der i lokale 1 skiftes til hybriddrift falder luftstrømmen til  $610 \text{ m}^3/\text{h}$  grundet tryktabet over luftindtaget i facaden.

### 10.3 Indeklima og energiforbrug

Til vurdering af indeklimaet er der opsat to indeklimafølere af mærket IC-meter. Følernes er placeret uden for opholdszonen således eleverne ikke direkte kan tilgå følerne. I undersøgelsen er det  $\text{CO}_2$ , fugt og temperatur der logges.

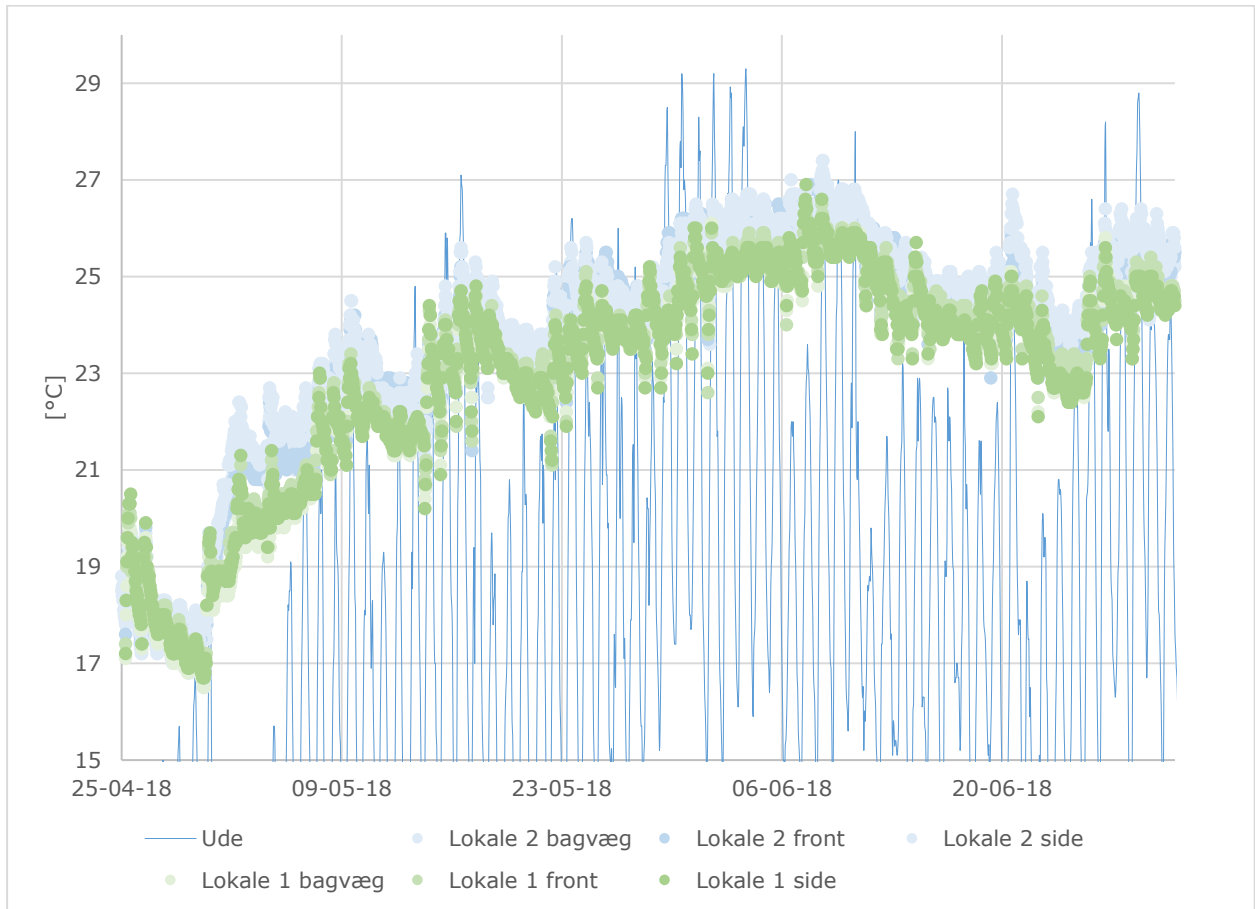
Ventilationsanlægget er ikke trykstyret, hvorfor måling af energiforbrug ikke vil give nogen brugbare resultater. Det vurderes at elforbruget til ventilation af klasse lokalet tæt på halveres.

### 10.4 Udnyttelse af hybriddrift

I løbet af måleperioden har der lokale 1 været i hybriddrift 21% af tiden. Der har dog været en fejl i opsætningen som har gjort at der ikke blev kørt hybriddrift når udetemperaturen oversteg  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Uden denne fejl ville det have været muligt at køre hybriddrift 35% af tiden.

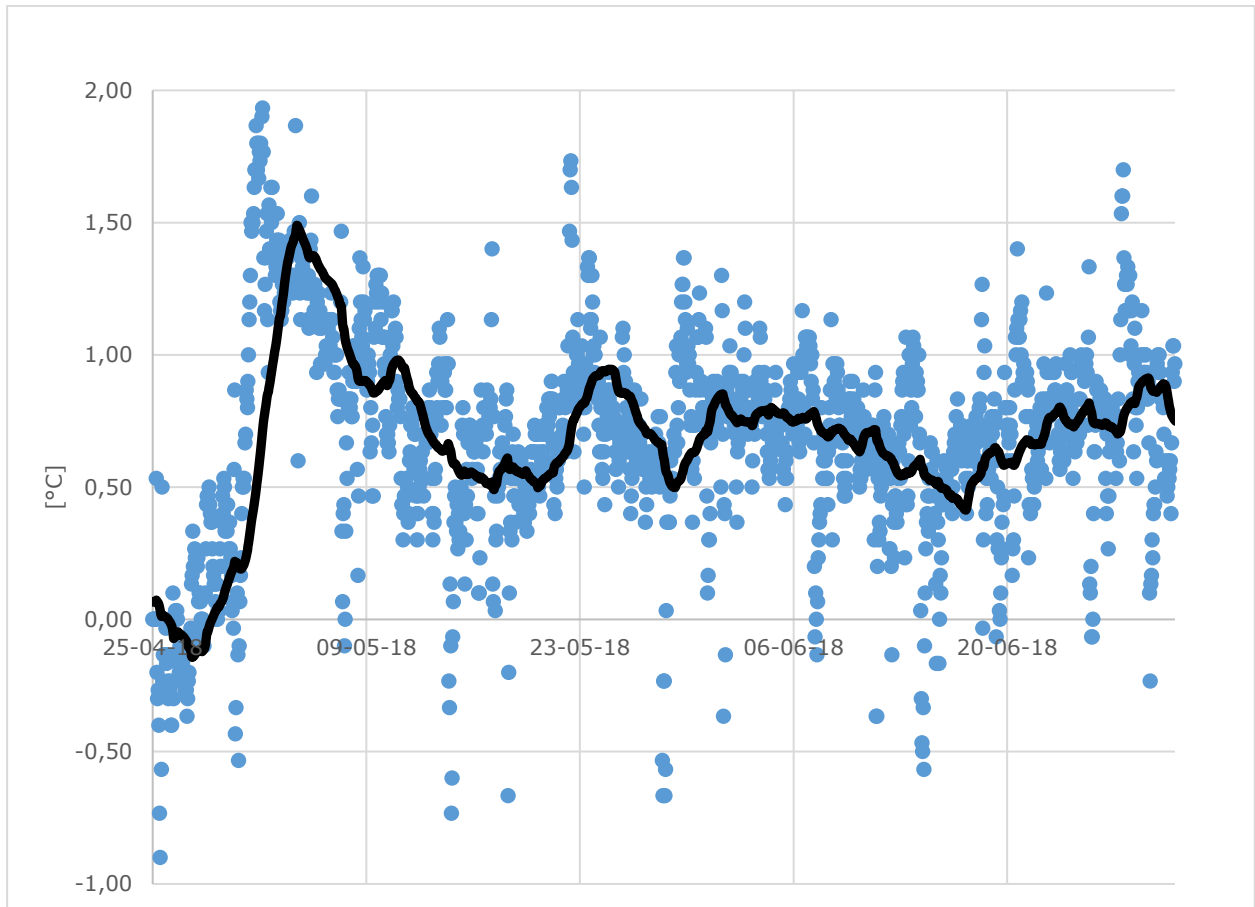
Det skal nævnes at styringen har kørt i døgndrift, altså også udenfor brugstid. I tilfælde hvor der kun ventileres i brugstiden vil potentialet stige til 46%.

## 10.5 Indeklima



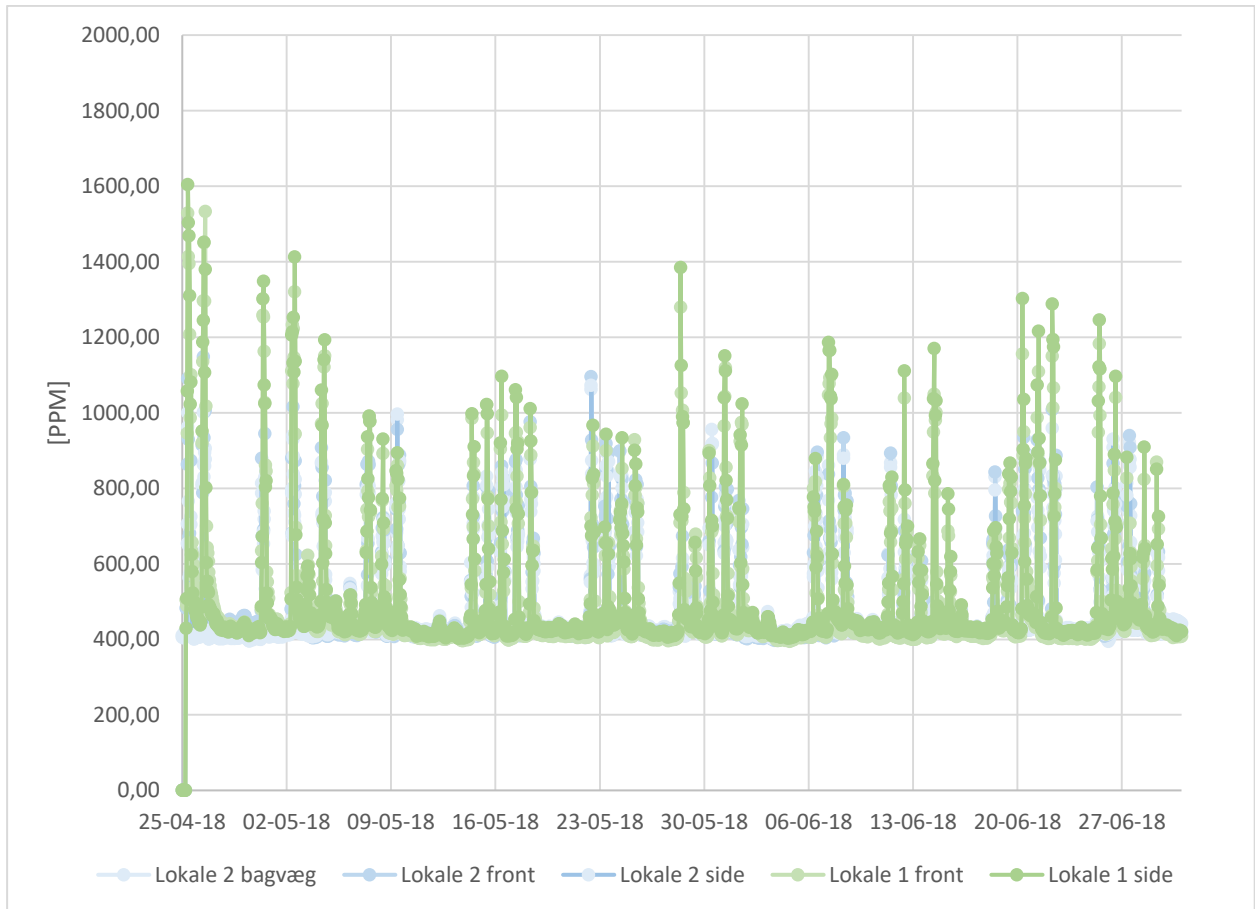
Figur 19 – Temperaturudvikling i de to lokaler

Figur 19 viser temperaturen i de to lokaler sammen med udetemperaturen. De grønne markeringer angiver temperaturen i lokale 1 med hybridventilation. De blå markeringer temperaturen i lokale 2 med traditionel balanceret ventilation. Det fremgår af figuren at der i den første periode ikke er den store forskel mellem de to lokaler, i denne periode er der udetemperaturen så lav at det ikke er muligt at køre hybriddrift, men så snart lokale 1 begynder at køre i hybriddrift opnås der en lavere temperatur.



Figur 20 – Temperaturforskel mellem de to lokaler

Figur 20 viser den gennemsnitlige temperaturforskel mellem de to lokaler. Som på foregående figur ses det at temperaturen er omtrent den samme, når der køres traditionel balanceret ventilation i begge lokaler. Men så snart udetemperaturen tillader at køre hybriddrift i lokale 1 ses der en temperaturforskel på 0,5-1 °C.



Figur 21 – CO2 niveau i de to lokaler

På ovenstående figur kan det ses CO2 niveauet i begge lokaler. Niveauet er sammenligneligt, dette underbygger at brugen af de to klasselokaler har været på samme niveau.



## **11 Fremtidige muligheder**

I det følgende er der skitseret en række udviklingsmuligheder for det udviklede system, der måske kan være aktuelle i fremtiden efterhånden som systemet bliver adopteret i byggebranchen. Grundlæggende handler de nævnte muligheder om at etablere nye tiltag som kan reducere energiforbruget endnu mere.

### **11.1 Blandeboks**

Ved etablering af en blandeboks over nedhængt loft, hvor friskluften blandes sammen med f.eks. rumluft er det muligt at benytte udeluften i en længere periode om året, hvorved der spares energi. Dette på grund af, at opblandingen muliggør, at benytte koldere friskluft end normalt uden at skabe trækgener. I forbindelse med etableringen af blandeboksen skal der opsættes en drypbakke i en eller anden form til kondensopsamling.

### **11.2 Styring**

Det nyudviklede system kræver, at det er muligt individuelt at styre ventilatorerne i ventilationsanlægget. Der kan derfor med fordel installeres vinduesloggere, som ved åbning af et vindue i et eller flere rum derved kan stoppe indblæsningsventilatoren. Den samme effekt som ved benyttelse af hybridventilation opnås.

### **11.3 iCeiling**

En videreudvikling af ventilationsloftet med hybrid ventilation med opvarmning leveret af små decentrale varmepumper. Hertil termisk energilagring og intelligent styring, der sikrer et godt energieffektivt indeklima og en energifleksibilitet, der øger udnyttelsen af fluktuerende vedvarende energi. iCeiling vil få dataopsamling til driftsovervågning og diagnosticering til brug i serviceydelse. Loftet vil være et konkurrencedygtigt fleksibelt alternativ til traditionelle centrale HVAC løsninger.

## **12 Informationsaktiviteter**

### **12.1 Møder**

Der er afholdt temadag på Teknologisk Institut i november 2017, hvor projektets resultater er præsenteret for branchens interessenter og aktører, såsom bygherre samt ingeniører og rådgivere, der arbejder med ventilation samt indretning og renovering af bl.a. kontorbygninger og skoler.

Fælles stand på EoT messe i Herning oktober 2017. Projektet har været præsenteret på Indeklimaets temadag på Teknologisk Institut 2017.

### **12.2 Artikler**

I forbindelse med formidlingen af projektets resultater er der blevet publiceret to artikler; ét i dansk VVS #1 2018 og ét i dansk VVS #1 2019.

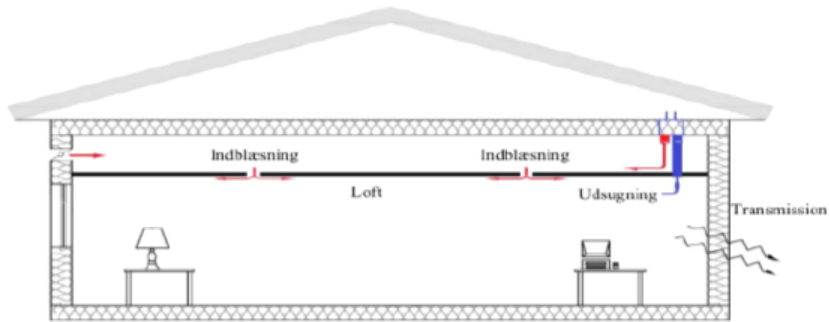
# **Bilag**

## **13 Dimensioneringseksempel**

Sags reference: Test  
 Sags nr.: 1234  
 Udarbejdet af: Medarbejder  
 Dato: 20-09-17



## Cool Ceiling med hybrid ventilation



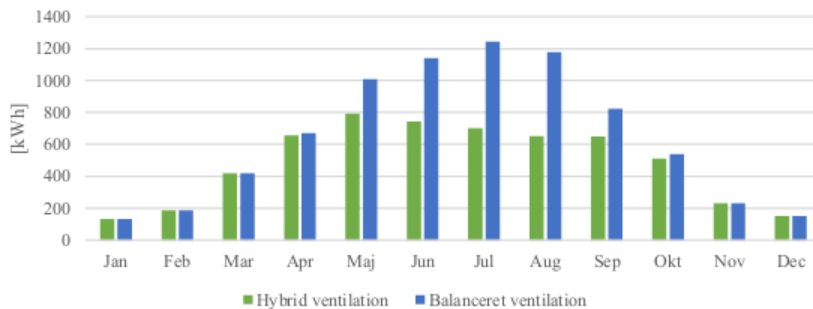
<b>Stamdata:</b>		<b>Ventilation:</b>	
Klimadata:	København	Kapacitet:	3000 m <sup>3</sup> /h
Areal:	100 m <sup>2</sup>	Varmegenvinding:	85 %
Rumhøjde:	3 m	SEL:	2100 J/m <sup>3</sup>
Atmosfærisk indeklimaklasse:	A	Min indblæsningstemperatur o. loft:	16 °C

<b>Klimaskærm:</b>				
	Areal [m <sup>2</sup> ]	U·A [W/K]	G-værdi	Solafskæmning:
Ydervægge	24,40	10,00	-	-
Vinduer	7,60	10,84	0,63	Ja

<b>Varmebalance:</b>			
Højeste befolkning:	20 Personer	Højeste belastning fra udstyr:	600 W
Højeste solindfald:	3104 W	Højeste transmissionstab:	1398 W

**Beregningsresultat - Elforbrug:**  
 Hybrid: 5813 kWh      Balanceret: 7716 kWh      Besparelse: 1903 kWh  
 Årlig besparelse ved en elpris på 2,5 kr/kWh: 4758 kr

På nedenstående graf ses forskellen af energiforbrug på hybrid og balanceret ventilation



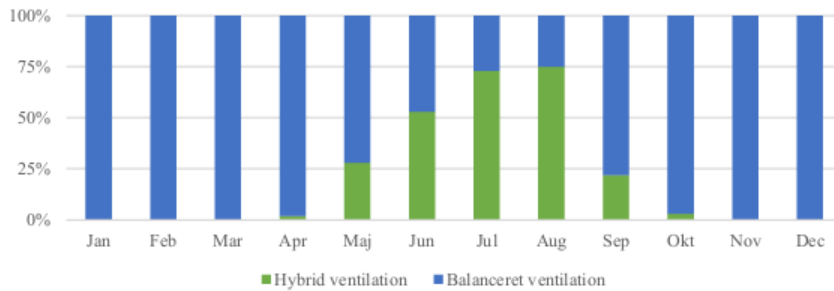
Sags reference: Test  
 Sags nr.: 1234  
 Udarbejdet af: Medarbejder  
 Dato: 20-09-17



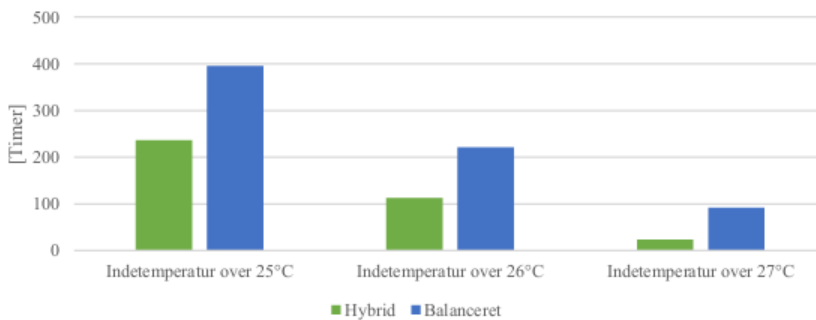
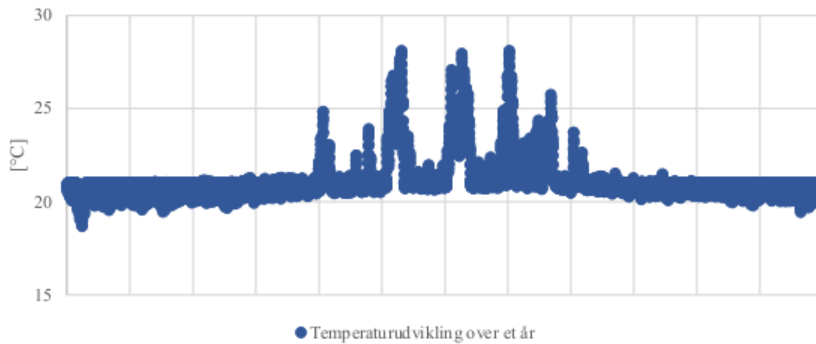
## Cool Ceiling med hybrid ventilation

### Beregningsresultat - Hybridventilation:

På nedenstående diagram kan det måned for måned ses, hvor stor en del af tiden hybrid ventilation bliver anvendt.



### Beregningsresultat - Termisk indeklima:



Sags reference: Test  
 Sags nr.: 1234  
 Udarbejdet af: Medarbejder  
 Dato: 20-09-17



## Cool Ceiling med hybrid ventilation

### Belastningsprofil - Personer, udstyr og belysning:

	Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Lør	Søn
0 - 1	0	0	0	0	0	0	0
1 - 2	0	0	0	0	0	0	0
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0
3 - 4	0	0	0	0	0	0	0
4 - 5	0	0	0	0	0	0	0
5 - 6	0	0	0	0	0	0	0
6 - 7	0	0	0	0	0	0	0
7 - 8	0	0	0	0	0	0	0
8 - 9	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
9 - 10	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
10 - 11	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
11 - 12	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
12 - 13	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
13 - 14	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
14 - 15	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
15 - 16	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
16 - 17	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
17 - 18	0	0	0	0	0	0	0
18 - 19	0	0	0	0	0	0	0
19 - 20	0	0	0	0	0	0	0
20 - 21	0	0	0	0	0	0	0
21 - 22	0	0	0	0	0	0	0
22 - 23	0	0	0	0	0	0	0
23 - 24	0	0	0	0	0	0	0

Alle værdier i ovenstående tabel er W

## 14 Software kode

### Server kildekode

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-
#
import pyodbc
import time
import send_setpoints_to_www

#Class for database, gemmer opsætning
class db:

    #"Data Source=SQLBYGENER2;Initial Catalog=datalog_001;uid=IUSR_datalog_001;pwd=";
    def __init__(self, db_name = "", server = 'SQLBYGENER2', driver = '{SQL Server}', database = 'datalog_001',
username = 'IUSR_datalog_001', password = ""):

        self.db_name = db_name
        self.server = server
        self.driver = driver
        self.database = database
        self.username = username
        self.password = password
        self.cnxn = pyodbc.connect('DRIVER='+driver+';SERVER='+server+';DATABASE='+data-
base+';UID='+username+';PWD='+ password)
        self.cursor = self.cnxn.cursor()

#Class for kanalopsætning. Ud fra kanalid findes værdi og timestamp som gemmes
class channel:

    def __init__(self, db = "", channelid = ""):
        self.db = db
        self.channelid = channelid
        self.value = 0
        self.datetime = ""

    #Læser value og datetime
    def read_data(self):
        retur = 'ok'
        try:
            if self.channelid != "":
                if self.db.db_name == 'efo':
                    self.sql = 'select top 1 value_cal,
timestamp from value13 where id_channel = (select id_channel from channel where id_archiv = 13 and name_labview = \' +
self.channelid + '\') order by id_value DESC;'
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```

        if self.db.db_name == 'efh':
            self.sql = 'select top 1 value_cal,
timestamp from value_lab where id_channel = (select id_channel from channel where name_labview = \' + self.channelid + \'')
order by id_value_lab DESC;'

        #Finder value og timestamp
        self.query_str = self.sql
        self.db.cursor.execute(self.query_str)
        self.row = self.db.cursor.fetchone()
        self.value = (float(self.row[0]))
        self.datetime = ((self.row[1]))

    except:

        retur = 'error'

    return retur

#Class for setpunkter
class setpoints:

    def __init__(self, channelid = '', value = 0):
        self.channelid = channelid
        self.value = value

    def set_channel_list_efo():
        #channel_list (EFO)
        channel_list_efo = []

        #Lindab ultrasound flowmålere, 1 og 2
        channel_list_efo.append('f1_151')
        channel_list_efo.append('f2_151')
        channel_list_efo.append('f1_199')
        channel_list_efo.append('f2_199')

        #Systemair anlæg
        channel_list_efo.append('40001')
        channel_list_efo.append('40009')
        channel_list_efo.append('40020')

        #16 temperatur T-trådsfølere i efo_lab
        channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai0')
        channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai1')
        channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai2')
        channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai3')
```



## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai4')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai5')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai6')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai7')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai8')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai9')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai10')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai11')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai12')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai13')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai14')
channel_list_efo.append('Room2 Temp - ai15')
```

```
#Vaisala - stativ i efolab
```

```
channel_list_efo.append('Room2 Volt - ai0')
channel_list_efo.append('Room2 Volt - ai1')
channel_list_efo.append('Room2 Volt - ai2')
```

```
return channel_list_efo
```

```
#Kanalliste over efh
```

```
def set_channel_list_efh():
```

```
    #channel_list (efh)
    channel_list_efh = []
```

```
#Udetemperatur fra vejrstation
```

```
channel_list_efh.append('LABO\ASRL4::INSTR-001-00')
```

```
#Vindhastighed fra vejrstation
```

```
channel_list_efh.append('LABO\ASRL4::INSTR-001-01')
```

```
#Vindretning fra vejrstation
```

```
channel_list_efh.append('LABO\ASRL4::INSTR-001-02')
```

```
#RH fra vejrstation
```

```
channel_list_efh.append('LABO\ASRL4::INSTR-001-04')
```

```
#Barometer fra vejrstation
```

```
channel_list_efh.append('LABO\ASRL4::INSTR-001-05')
```

```
return channel_list_efh
```

```
def udregn_setpunkter(channel_list):
```

```
    #mode_vent kan være 'mek' el. 'hyb'
```

```
    mode_vent = 'mek'
```

```
    #luft_uds 0-100%
```

```
    sp_luft_uds = 0
```

```
    #luft_ind 0-100%
```

```
    sp_luft_ind = 0
```

```
    #bypass 0-100%
```

```
    sp_bypass = 0
```

```
    #temp indblæsning
```

```
    sp_temp_ind = 23
```

```
    #Setpunkt for indetemperatur
```

```
    sp_temp = 20
```

```
    sp_temp_max = 21
```

```
    sp_temp_min = 19
```

```
    #Find værdier:
```

```
    for item in channel_list:
```

```
        if item.channelid == 'LABO\ASRL4::INSTR-001-00':
```

```
            udetemp = item.value
```

```
        if item.channelid == 'Room2 Temp - ai0':
```

```
            indetemp = item.value
```

```
    #Default mode
```

```
    mode_vent = 'hyb'
```

```
    sp_luft_uds = 10
```

```
    sp_luft_ind = 0
```

```
    sp_bypass = 50
```

```
    if udetemp <= 10:
```

```
        print ('Ude temperatur er under 16')
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
if sp_temp_max > indetemp > sp_temp_min:
```

```
    print ('Anlæg i mek slow')
```

```
    mode_vent = 'mek'
```

```
    sp_luft_uds = 10
```

```
    sp_luft_ind = 10
```

```
    sp_bypass = 100
```

```
else:
```

```
    print ('Anlæg i mek normal')
```

```
    mode_vent = 'mek'
```

```
    sp_luft_uds = 40
```

```
    sp_luft_ind = 40
```

```
    sp_bypass = 100
```

```
else:
```

```
    print ('Ude temperatur er over 16')
```

```
    #tjekker om der er køle- el. varmebehov
```

```
    if sp_temp_max < indetemp:
```

```
        print ('Køle behov')
```

```
        if sp_temp_max > udetemp:
```

```
            mode_vent = 'hyb'
```

```
            sp_luft_uds = 40
```

```
            sp_luft_ind = 0
```

```
            sp_bypass = 0
```

```
        else:
```

```
            mode_vent = 'mek'
```

```
            sp_luft_uds = 40
```

```
            sp_luft_ind = 40
```

```
            sp_bypass = 50
```

bypass og 100 = varmegenvinding

```
#172.17.32.237,analogValue,30380,presentValue,w,0 0 =
```

```
# 1) Bypass, 2) tænd køleflade
```

```
sp_bypass = 0
```

```
elif sp_temp_min > indetemp:
```

```
    print ('Varme behov')
```

```
    mode_vent = 'mek'
```

```
    sp_luft_uds = 50
```

```
    sp_luft_ind = 50
```

5) øg luftmængde

```
# 1) Luftmængde ned, 2) skift til mek, 3) varmegenvind, 4) tænd varmekilde,
```

```
sp_bypass = 100
```

```
print ('indetemp ' + str(indetemp))
print ('sp_temp_max ' + str(sp_temp_max))
print ('sp_temp_min ' + str(sp_temp_min))
print ('udetemp ' + str(udetemp))
print ('mode_vent ' + mode_vent)
print ('sp_luft_uds ' + str(sp_luft_uds))
print ('sp_luft_ind ' + str(sp_luft_ind))
print ('sp_bypass ' + str(sp_bypass))

send_setpoints_to_www.send_files(mode_vent, sp_luft_uds, sp_luft_ind, sp_bypass)

return []

#Hovedprogram
def main(args):
#Køleloft-styring
#
# 1) Gennemløber liste af objekter for henter de seneste værdier fra databasen
# 2) Gennemløber logik og finder nye setpunkter til udgange.
#
#
channel_obj_list = []
setpoint_list = []
channel_list_efo = set_channel_list_efo()
channel_list_efh = set_channel_list_efh()

db_con_efo = db(db_name = 'efo')
db_con_efh = db(db_name = 'efh', server = 'SQLBYGENER2', driver = '{SQL Server}', database = 'efh_002',
username = 'IUSR_efh_admin_efh_002', password = "")

#Opretter objekter ud fra kanal-lister
for item in channel_list_efo:
    channel_obj_list.append(channel(db_con_efo, item))

for item in channel_list_efh:
    channel_obj_list.append(channel(db_con_efh, item))

if len(channel_obj_list) > 0:
    #Main loop
    db_status = ""
    while True:
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
#Kalder read_data() på alle kanal-objekter
for i in range(0, len(channel_obj_list)):
    db_status = channel_obj_list[i].read_data()

    #Udskriver value, id, datetime
    if db_status == 'ok':
        print (channel_obj_list[i].value, chan-
nel_obj_list[i].channelid, channel_obj_list[i].datetime)

#Udregner setpunkter til udgange
if db_status == 'ok':
    setpoint_list = udregn_setpunkter(channel_obj_list)

print(' ')

time.sleep(60)

if __name__ == '__main__':
    import sys
    sys.exit(main(sys.argv))
```

---

### Raspberry kildekode

```
#!/usr/bin/env python
```

```
"""
```

```
Recurring Read Property
```

```
This application has a static list of points that it would like to read. It
reads the values of each of them in turn and then quits.
```

```
"""
```

```
import urllib.request
```

```
import urllib.parse
```

```
import sys
```

```
import time
```

```
from collections import deque
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
from bacpypes.debugging import bacpypes_debugging, ModuleLogger
from bacpypes.consolelogging import ConfigArgumentParser

from bacpypes.core import run, enable_sleeping, deferred
from bacpypes.iocb import IOCB
from bacpypes.task import RecurringTask

from bacpypes.pdu import Address
from bacpypes.object import get_object_class, get_datatype

from bacpypes.basetypes import PropertyIdentifier
from bacpypes.apdu import PropertyReference, ReadAccessSpecification, SimpleAckPDU, WritePropertyRequest, ReadPropertyACK,
ReadPropertyRequest, Error, AbortPDU, ReadPropertyACK
from bacpypes.primitivedata import Unsigned, Integer, Atomic, Null, Real
from bacpypes.constructeddata import Array, Any

from bacpypes.app import BIPSimpleApplication
from bacpypes.service.device import LocalDeviceObject

from threading import Event, Lock

# some debugging
_debug = 0
_log = ModuleLogger(globals())

# point list
point_list = []

#
# PrairieDog
#

@bacpypes_debugging

class PrairieDog(BIPSimpleApplication, RecurringTask):

    def __init__(self, interval, *args):
        if _debug: PrairieDog._debug("__init__ %r %r", interval, args)
        BIPSimpleApplication.__init__(self, *args)
        RecurringTask.__init__(self, interval * 1000)

        # no longer busy
        self.is_busy = False

        # install the task
        self.install_task()
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
def process_task(self):
    if _debug: PrairieDog._debug("process_task")
    global point_list

    # check to see if we're idle
    if self.is_busy:
        if _debug: PrairieDog._debug(" - busy")
        return

    # now we are busy
    self.is_busy = True

    # turn the point list into a queue
    readinitfile()
    self.point_queue = deque(point_list)

    # clean out the list of the response values
    self.response_values = []

    # fire off the next request
    self.next_request()

def next_request(self):
    if _debug: PrairieDog._debug("next_request")

    url = "http://datalog.teknologisk.dk/upload_data.aspx?%s"
    sys = "_EFO"
    cha = ""
    val = ""
    tst = time.strftime("%Y%m%d %H:%M:%S")

    # check to see if we're done
    if not self.point_queue:
        if _debug: PrairieDog._debug(" - done")

        # dump out the results in a datafile
        with open("systemair_data.txt", "w") as f:
            for request, response in zip(point_list, self.response_val-
ues):
                req = str(request)
                res = str(response)
                fline = req + res + "\n"
                f.write(fline)
                cha = str(request[2])
                val = str(response)
                val = val.replace('.', ',')
                print(val)
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
sys, 'cha': cha, 'val': val, 'tst': tst})
params)

params = urllib.parse.urlencode({'sys':
page = urllib.request.urlopen(url %
#print(page.read())

# no longer busy
self.is_busy = False

return

"""write <addr> <type> <inst> <prop> <value> [ <indx> ] [ <priority> ]"""
#
args = args.split()

try:
    addr, obj_type, obj_inst, prop_id, rwtype, value = self.point_queue.popleft()

#
    rwtype = 'r'

    if rwtype == 'r':

        # build a request
        request = ReadPropertyRequest(objectIdentifier=(obj_type, obj_inst), propertyIdentifier=prop_id,)
        request.pduDestination = Address(addr)
        if _debug: PrairieDog._debug(" - request read: %r", request)

        # make an IOCB
        iocb = IOCB(request)
        if _debug: PrairieDog._debug(" - iocb: %r", iocb)

        # set a callback for the response
        iocb.add_callback(self.complete_request)

        # give it to the application
        self.request_io(iocb)

    if rwtype == 'w':
#
        prop_id = prop_id.strip()
        if obj_type.isdigit():
            obj_type = int(obj_type)

        obj_inst = int(obj_inst)
        indx = None
        priority = None
```



a special case

ger(value)

Atomic):

datatype.subtype(value)

type):

valid result datatype, expecting %s" % (datatype.subtype.\_\_name\_\_,))

expecting %s" % (datatype.\_\_name\_\_,))

fier=(obj\_type, obj\_inst),propertyIdentifier=prop\_id)

```
# get the datatype
datatype = get_datatype(obj_type, prop_id)

# change atomic values into something encodeable, null is

if (value == 'null'):
    value = Null()
elif isinstance(datatype, Atomic):
    if datatype is Integer:
        value = int(value)
    elif datatype is Real:
        value = float(value)
    elif datatype is Unsigned:
        value = int(value)
    value = datatype(value)
elif isinstance(datatype, Array) and (indx is not None):
    if indx == 0:
        value = Inte-
    elif isinstance(datatype.subtype,
        value =
    elif not isinstance(value, datatype.sub-
        raise TypeError("in-
elif not isinstance(value, datatype):
    raise TypeError("invalid result datatype,

# build a request
request = WritePropertyRequest(objectIdenti-
request.pduDestination = Address(addr)

# save the value
request.propertyValue = Any()
try:
    request.propertyValue.cast_in(value)
except Exception as error:
    pass

# make an IOCB
iocb = IOCB(request)
iocb.add_callback(self.complete_request)
self.request_io(iocb)
```

except Exception as error:

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
pass

def complete_request(self, iocb):
    if _debug: PrairieDog._debug("complete_request %r", iocb)

    if iocb.ioResponse:
        apdu = iocb.ioResponse
        # find the datatype
        try:
            datatype = get_datatype(apdu.objectIdentifier[0],
apdu.propertyIdentifier)
            if _debug: PrairieDog._debug("    - datatype: %r",
datatype)
            if not datatype:
                raise TypeError("unknown datatype")

            # special case for array parts, others are managed by
            if subclass(datatype, Array) and (apdu.propertyArrayIn-
dex is not None):
                if apdu.propertyArrayIndex == 0:
                    value = apdu.proper-
tyValue.cast_out(Unsigned)
                else:
                    value = apdu.proper-
tyValue.cast_out(datatype.subtype)
            else:
                value = apdu.proper-
tyValue.cast_out(datatype)
            if _debug: PrairieDog._debug("    - value: %r", value)

            # save the value
            self.response_values.append(value)
        except:
            pass

    if iocb.ioError:
        if _debug: PrairieDog._debug("    - error: %r", iocb.ioError)
        self.response_values.append(iocb.ioError)

    # fire off another request
    deferred(self.next_request)

#
def complete_request(self, iocb):
#
    print("Complete")
#
    deferred(self.next_request)
```

```
#def readsetpointlist():
    #!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-
#
# readsetpoints.py
#
# Copyright 2017 LXH <LXH@LXH-CND4161DRK>
#
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General Public License
# along with this program; if not, write to the Free Software
# Foundation, Inc., 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston,
# MA 02110-1301, USA.
#
#
import json
import os

#Read from setpointsfile and store data (objects) in read and write list:
#ex.
#w 172.17.32.237 analogValue 30426 presentValue 10
#w 172.17.32.237 analogValue 30426 presentValue 10
#r 172.17.32.237 analogValue 40001 presentValue
#r 172.17.32.237 analogValue 40002 presentValue
def readinitfile():
    global point_list

    cwd = os.getcwd()
    initfile = cwd+'/setting_bacnet'

    print(initfile)
    try:
        mylist = []
        with open(initfile, 'r', encoding='utf-8') as f:
            for i in f.readlines():
```

## Teknologisk Institut, JS Ventilation

```
tmp[3].rstrip(), tmp[4].rstrip(), float(tmp[5]))
tmp = i.split(',')
mylist.append((tmp[0], tmp[1], int(tmp[2]),

point_list = mylist

except BaseException as e:
    print(e)

#
# __main__
#
def main():

    readinitfile()
    print(point_list)

    # parse the command line arguments
    parser = ConfigArgumentParser(description=__doc__)

    # add an argument for interval
    parser.add_argument('interval', type=int, help='repeat rate in seconds,')

    # now parse the arguments
    args = parser.parse_args()

    if _debug: _log.debug("initialization")
    if _debug: _log.debug(" - args: %r", args)

    # make a device object
    this_device = LocalDeviceObject(objectName=args.ini.objectname, objectIdentifier=int(args.ini.objectidentifier),
maxApuLengthAccepted=int(args.ini.maxapdulengthaccepted),
segmentationSupported=args.ini.segmentationsupported, vendorIdentifier=int(args.ini.vendorIdentifier),)

    # make a dog
    this_application = PrairieDog(args.interval, this_device, args.ini.address)
    if _debug: _log.debug(" - this_application: %r", this_application)

    # get the services supported
    services_supported = this_application.get_services_supported()
    if _debug: _log.debug(" - services_supported: %r", services_supported)

    # let the device object know
    this_device.protocolServicesSupported = services_supported.value

    _log.debug("running")

    run()
```

```
_log.debug("fini")

if __name__ == "__main__":
    main()
```



## Raspberry kildekode

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-
#
# wiringpi_python_rs232
#
#
# Python module til kommunikation med IOboard V1
#
#
#
import IOboard_class as IOb
import time
import sys
import os

"""
Recurring Read Property

This application has a static list of points that it would like to read. It
reads the values of each of them in turn and then quits.
"""

def readinitfile():
    global point_list

    cwd = os.getcwd()
    initfile = cwd+'/setting_ioboard0'

    print(initfile)
    try:
        with open(initfile, 'r') as f:
            for i in f.readlines():
                tmp0 = i.split(';')
                tmp = tmp0[0].split(':')
                print(tmp)
```

```
print (IOboard0.DAC_write(1, int(tmp[1])))
tmp = tmp0[1].split(':')
print(tmp)
print (IOboard0.DAC_write(2, int(tmp[1])))
tmp = tmp0[2].split(':')
print(tmp)
print (IOboard0.DAC_write(3, int(tmp[1])))
tmp = tmp0[3].split(':')
print(tmp)
print (IOboard0.DAC_write(4, int(tmp[1])))

except BaseException as e:
    print(e)

#IOboard0
IOboard0 = IOb.IOboard_com('/dev/ttyUSB1', 19200, 0x0)

if IOboard0.ser > -1:
    print ('Uart Open')
    IOboard0.ser.flush()
else:
    print ('Uart Error')

print (IOboard0.set_binary_mode())
time.sleep(1)

readinitfile()

#print (IOboard0.DAC_write(1, 0x0fff))

    #print ("Start loop")
#try:
#    print ( "{0:.2f}".format(float(int(IOboard0.ADC_read(1), 16)) / pow(2, 18) * 2000 ) )
#except Exception as e:
#    print('Ingen værdi', e)

#print (IOboard0.ADC_read(1))
#print (IOboard0.ADC_read(2))
#print (IOboard0.ADC_read(3))
#print (IOboard0.ADC_read(4))

#print (IOboard0.DAC_write(1, 0xffff))
#print (IOboard0.DAC_write(2, 0xffff))
```

```
#print (IOboard0.DAC_write(3, 0xff))
#print (IOboard0.DAC_write(4, 0xff))

# print (IOboard1.DAC_write(3, 300))
# print (IOboard1.DAC_write(4, 400))
# time.sleep(1)
# print (IOboard1.DAC_writeall(0x0fff, , 3000, 4000))
# time.sleep(1)
# print (IOboard1.DAC_writeall(0, 0, 0, 0))
# time.sleep(5)
# print (IOboard1.IO8_reset())
# print (IOboard1.IO8_setup_write(0xfe))
# print (IOboard1.IO8_writeall(1))
# print (IOboard1.IO8_writeall(0))
# print (IOboard1.IO8_writeall(1))
# print (IOboard1.IO8_writeall(0))
# print (IOboard1.IO8_writeall(1))
# print (IOboard1.IO8_writeall(0))
# print ("Reset")
# print (IOboard1.IO8_reset())
# print ("IO value: ")
# print (IOboard1.IO8_readlall())
# print ('Slut loop')

print ('Uart close')
IOboard0.close_uart()
```

## **15 Produktprogram**



# The Smart Ceiling System

✓ A Sustainable Solution ✓ Innovation and Simplicity ✓ We use the Laws of Nature



\* Burj Khalifa today.  
Tallest building in the world.  
828 meters,  
165 Floors,  
330,000 m<sup>2</sup>



\* Burj Khalifa with  
"Smart Ceiling".  
740 meters,  
165 Floors,  
330,000 m<sup>2</sup>



\* Burj Khalifa with  
"Smart Ceiling".  
828 meters,  
approx. 181 Floors,  
approx. 362,000 m<sup>2</sup>

\* See explanation on page 3

# About JS Koncept A/S – JS Ventilation A/S

JS Koncept A/S, founded in 2017 to export innovative products, is 100% owned by JS Ventilation A/S.

In 1984, JS Ventilation A/S established and managed to manifest itself in the Danish ventilation segment as a company, creating unique and unconventional solutions to any ventilation challenge, however unique solutions require unique components. Therefore, JS Ventilation A/S established its own workshop and electrical department that could produce the components, which were missing in the market within solutions and controls. The company and employees have therefore accumulated rich professional specialist knowledge; providing results and innovative solutions.

## The Smart Ceiling system - Innovation and simplicity - We use the Laws of Nature

"Smart Ceiling" is the fruit of skills and hard work. The solution is greeted by hands-on approach combined with an innovative approach to solving often complicated challenges. With the use of natural laws and smart design, JS Ventilation A/S has invented a combined cooled Ceiling and ventilation solution, which can reduce the floor height and provide space for multiple floors at high build height. This means: no ducts, design freedom, shorter construction time, no maintenance, and it contributes to lower energy consumption. "Smart Ceiling" is therefore a sustainable solution that can handle large refrigeration requirements without condensation and draught inconvenience and meets the requirements for indoor climate category A. "Smart Ceiling" is patented and developed in close cooperation with and tested by the Danish Technological Institute.

## Export

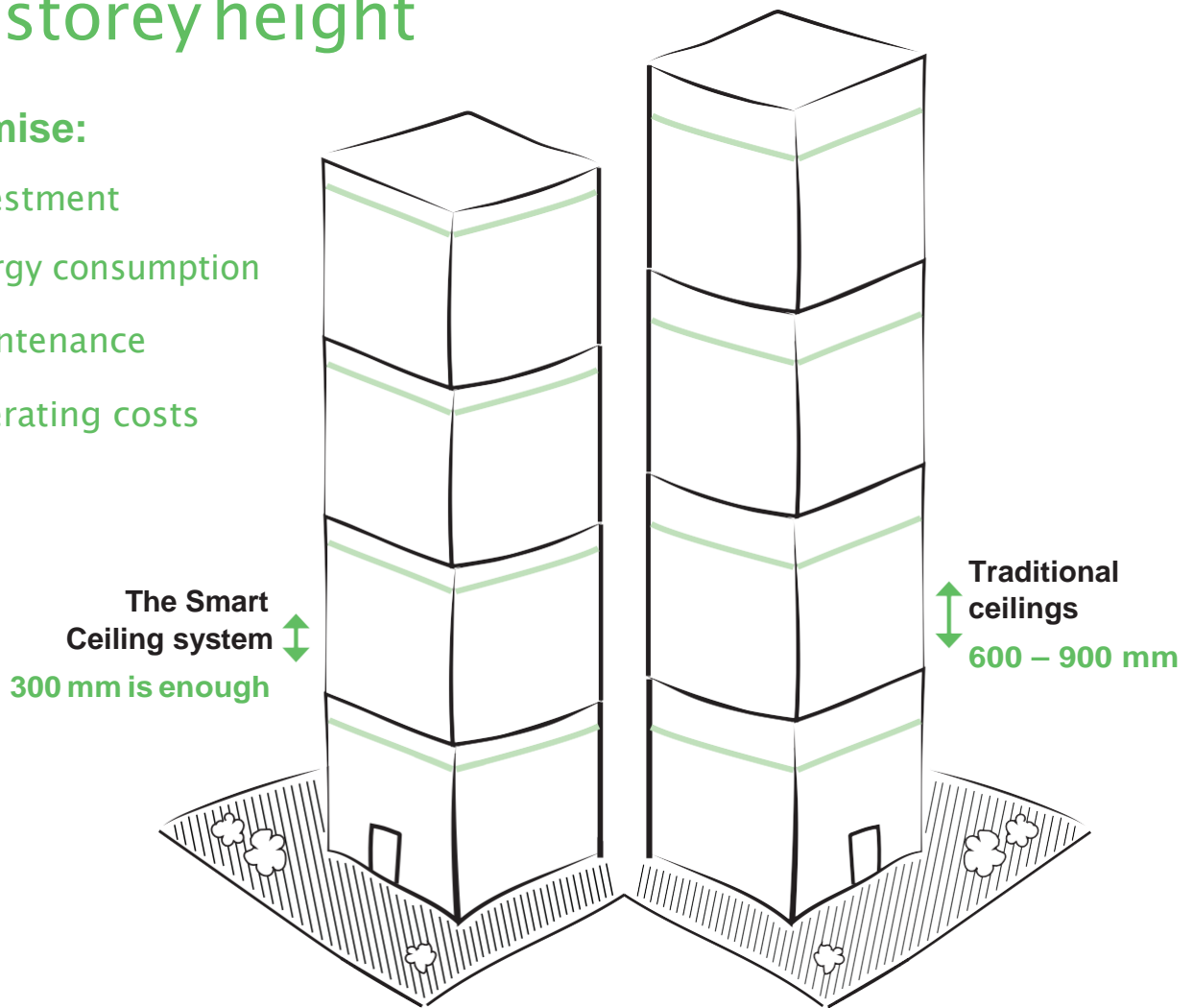
In Denmark, the "Smart Ceiling" solution has been met with great interest, and therefore JS Ventilation A/S, 1 July 2017, established the subsidiary JS Koncept A/S with a prime focus on export. Preliminary contacts or cooperation agreements have been established in Germany, Austria, Norway and Dubai in UAE.



# Save 10% on storey height

## Minimise:

- ✓ Investment
- ✓ Energy consumption
- ✓ Maintenance
- ✓ Operating costs



## \* Explanation of the front page

Burj Khalifa is stated as 828 meters in height over 165 floors and hosting 330,000 m<sup>2</sup>, hence if we assume approx. 800mm on average used on each floor between floor separation and false ceiling, using the “Smart Ceiling”; a 300 mm solution could have secured the following options: 828 meters in height but achieving 181 floors and hosting 362,000 m<sup>2</sup> or reducing the height to 740 meters over the same 165 floors and providing same 330,000 m<sup>2</sup> space.

The last would not have occurred, as it was also driven by an ambition to secure the highest building in the world.

## Segments:

- Offices
- Industry
- Housing
- Hospitals
- Laboratories
- Pharmaceutical Industry
- Concert Halls
- Auditoriums
- Schools
- Kindergartens
- Sports Halls
- Industrial Kitchens

# Smart Ceiling

Example for office 10 – 1000 m<sup>2</sup>

Normal to high cooling load

## Conditions

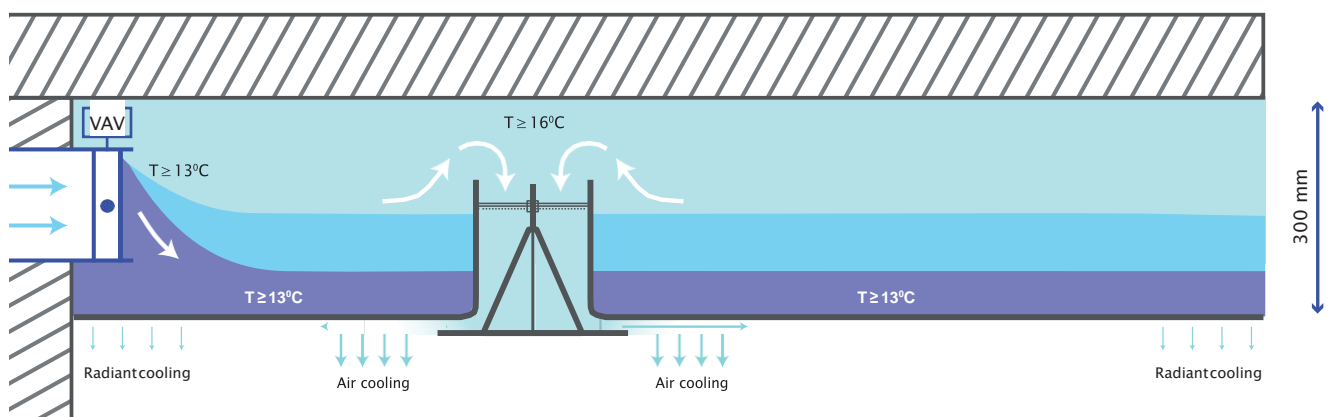
Room with heating load from persons, lighting, IT (machinery), heat transmission through the building and solar irradiance through the windows.

## Solution

Smart Ceiling controlled ventilation, cooling and heating. Control of the air volume (VAV-Damper) according to whether there are persons in the room, temperature and/or CO<sup>2</sup> load.

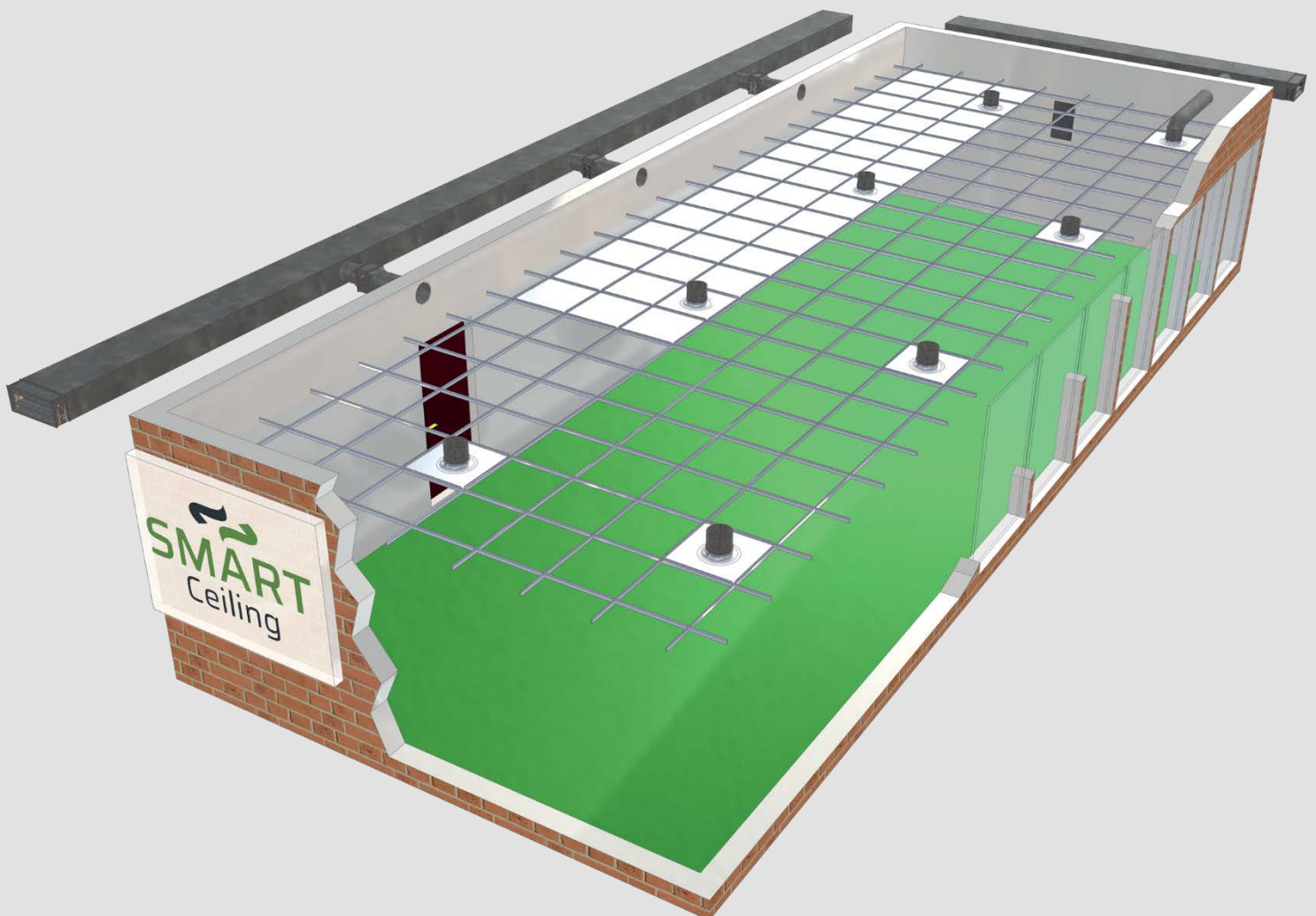
## Components

- Air inlet from the main ventilation system over the ceiling (no ducts)
- VAV-Damper
- Smart Ceiling (Metal Ceiling)
- Inlet diffusers mounted in the ceiling
- Exhaust diffusers can be placed in the ceiling, in the wall or where it is best for the design of the room



## Benefits

- Ventilation, cooling and heating in the same installation
- No Ducts
- Low differential pressure (Energy saving)
- Reduced floor height (gross)
  - 300 mm above ceiling
- Cover large cooling needs up to 100W/m<sup>2</sup> in Indoor Climate Cat. A
- No Draught
- Variable airflow 25–100%
- Flexible ceiling solutions
- Short construction period
- Design, calculation and documentation



# Smart Ceiling with Fan Coil(s)

Example for office 10 – 1000 m<sup>2</sup>

Normal to very high cooling load

## Conditions

Main ventilation system with low air volume (only for air change).

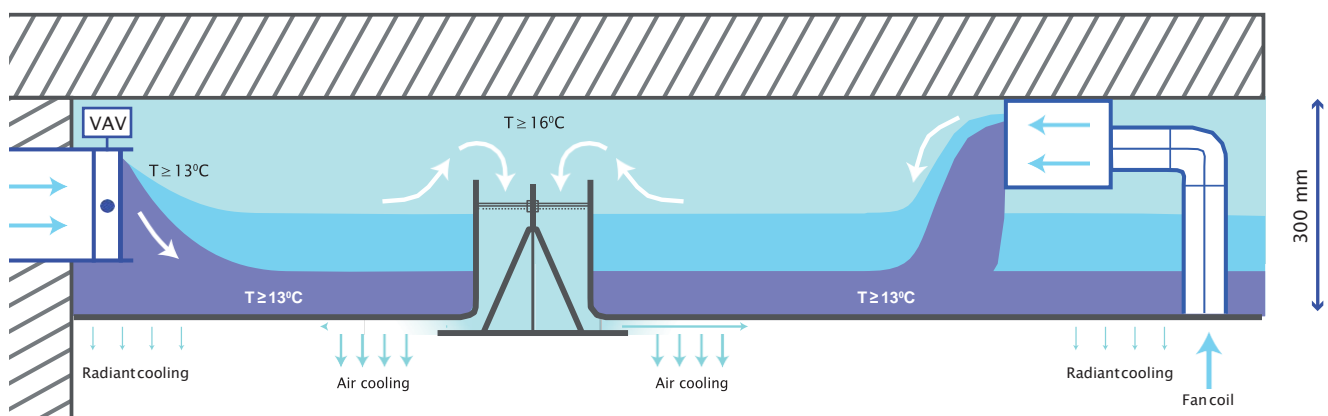
Room with heating load from persons, lighting, IT (machinery), heat transmission through the building and solar irradiance through the windows.

## Solution

Smart Ceiling controlled ventilation, cooling and heating. Supplied with Fan Coil(s) for high cooling capacity. Control of the air volume (VAV-Damper) and Fan Coil(s) speed according to whether there are persons in the room, temperature and/or CO<sub>2</sub> load.

## Components

- Air inlet from the main ventilation system over the ceiling (no ducts)
- VAV-Damper
- Smart Ceiling (Metal Ceiling)
- Inlet diffusers mounted in the ceiling
- Fan Coil(s)
- Exhaust diffusers can be placed in the ceiling, in the wall or where it is best for the design of the room

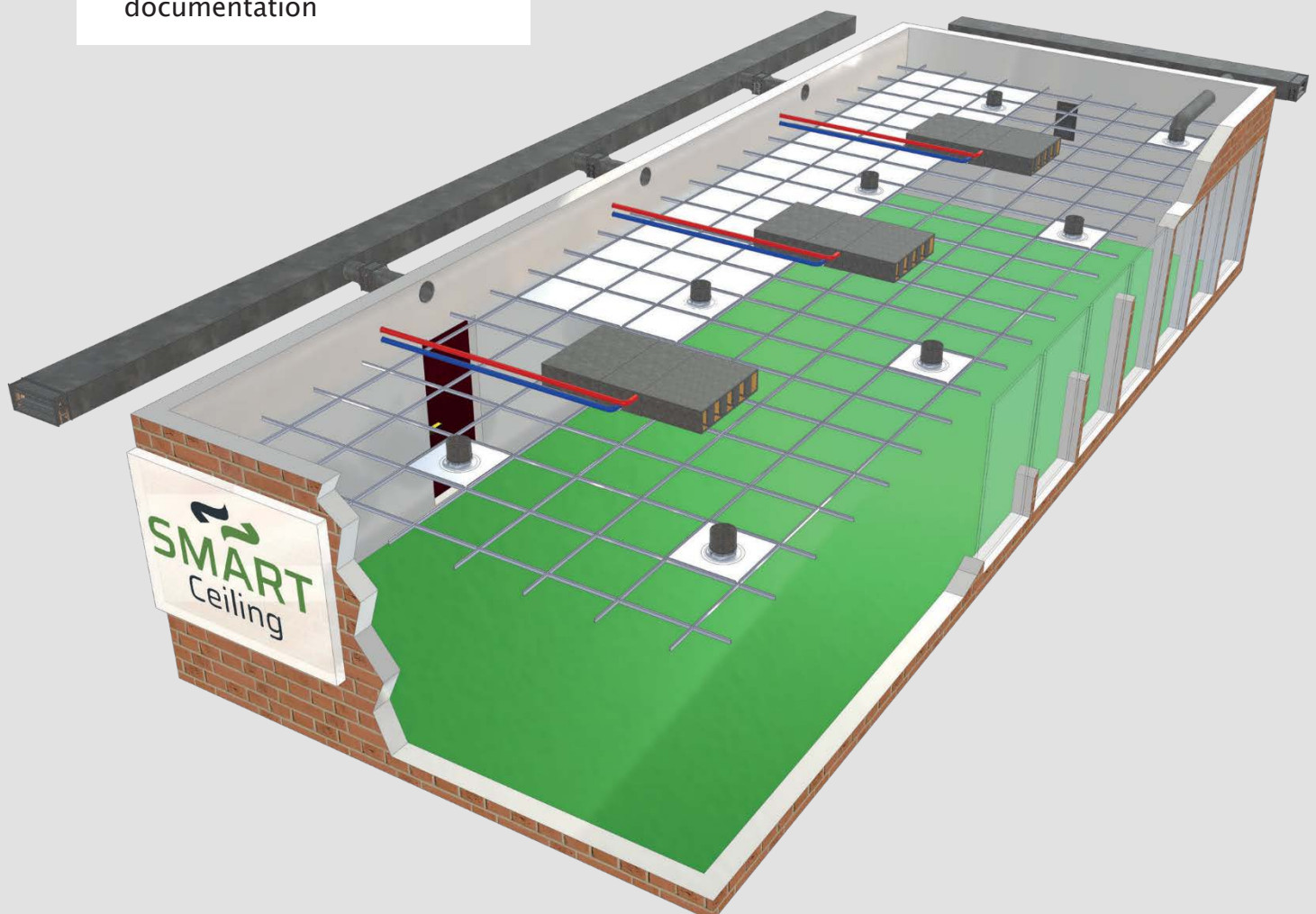
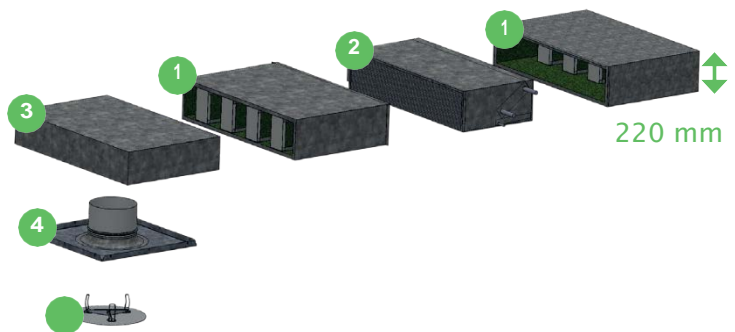


## Benefits

- Ventilation, cooling and heating in the same installation
- No Ducts
- Smaller main ventilation system (Lower building costs. Energy saving)
- Low differential pressure (Energy saving)
- Reduced floor height (gross) – 300 mm above ceiling
- Cover large cooling needs up to 100W/m<sup>2</sup> in Indoor Climate Cat. A
- No Draught
- Variable airflow 25–100%
- Flexible ceiling solutions
- Short construction period
- Design, calculation and documentation

## Fan Coil(s) description Pc.

- 1 Absorbent silencer
- 2 Fan Coil with air filter
- 3 Duct for exhaust air
- 4 Smart Ceiling duct connection
- 5 Vacuum distribution plate



# Smart Ceiling with Hybrid Solution

Example for office 10 – 1000 m<sup>2</sup>

Normal to very high cooling load

## Conditions

Low outdoor temperature part of the year or at night for night cooling.

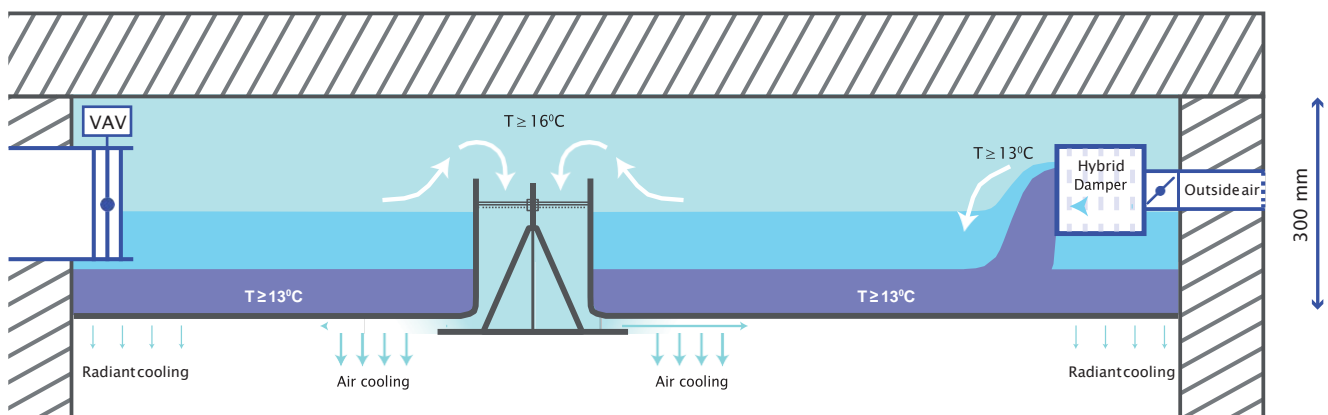
Room with heating load from persons, lighting, IT (machinery), heat transmission through the building and solar irradiance through the windows.

## Solution

Smart Ceiling controlled ventilation, cooling and heating supplied with Hybrid for direct cooling and using low outside temperature. The damper for the inlet air is closing (or the fan can be halted), when the Hybrid damper opens. Control of the air volume (VAV-Damper and Hybrid Damper) according to the temperature and/or the CO<sup>2</sup> load.

## Components

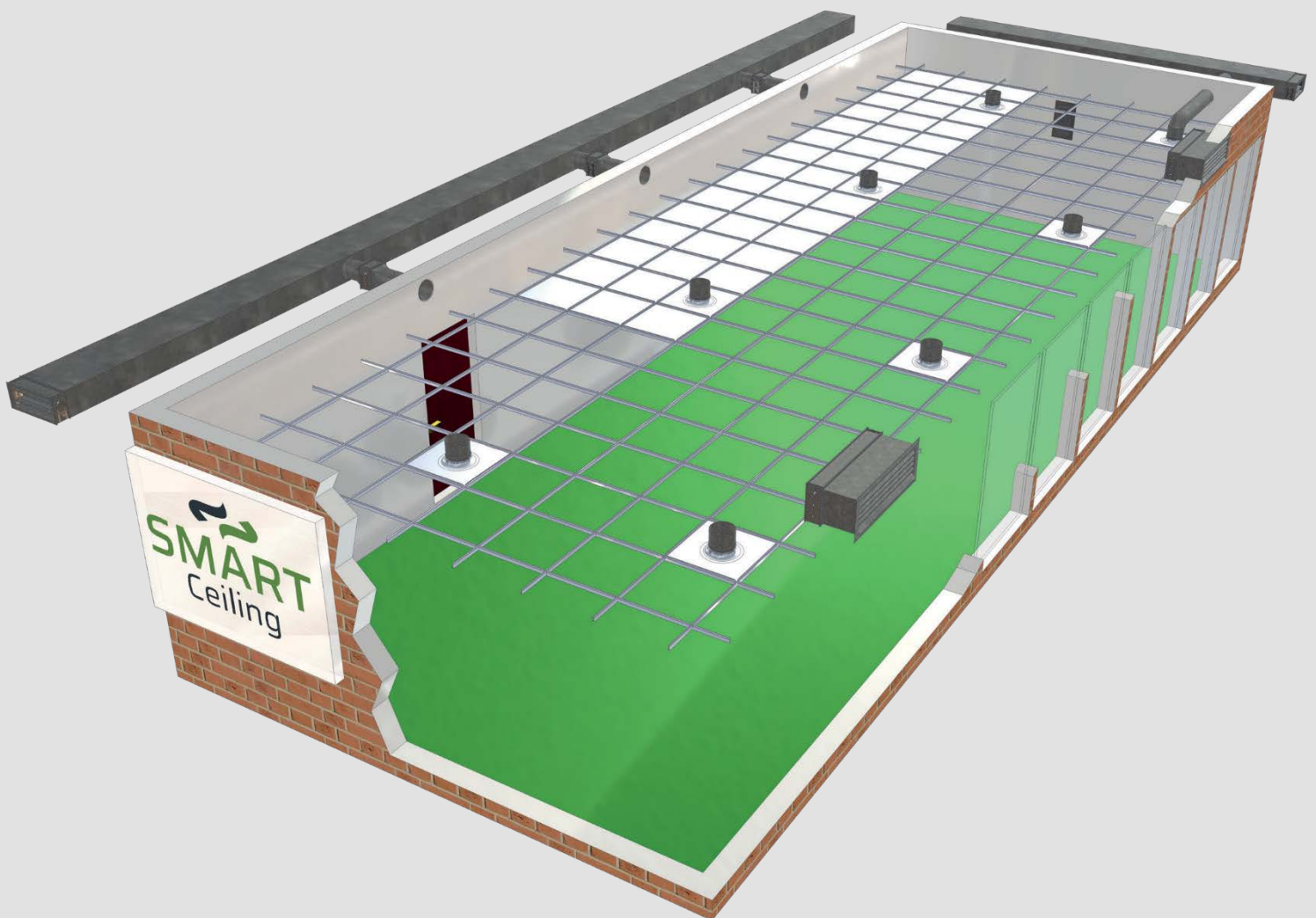
- Air inlet from the main ventilation system over the ceiling (no ducts)
- VAV-Damper
- Hybrid inlet with damper
- Smart Ceiling (Metal Ceiling)
- Inlet diffusers mounted in the ceiling
- Exhaust diffusers can be placed in the ceiling, in the wall or where it is best for the design of the room





## Benefits

- Ventilation, cooling and heating in the same installation
- No Ducts
- Closing the inlet damper or halting the fan (Energy saving)
- Low differential pressure (Energy saving)
- Reduced floor height (gross)
  - 300 mm above ceiling
- Cover large cooling needs up to 100W/m<sup>2</sup> in Indoor Climate Cat. A
- No Draught
- Variable airflow 25–100%
- Flexible ceiling solutions
- Short construction period
- Design, calculation and documentation



## FACTS:

- 19.000 m<sup>2</sup>
- Approx. 4% saving of overall economy (USD 3,35)
- 2,1 meters lower overall height
- No pipes or ducts
- Indoor climate category A
- No draught

Builder:

Ejendomsfonden

Copenhagen

International

School, Contract:

Ventilation

Contract sum: DKK 13 million (USD 2.1 Million)

# New build with major savings and good indoor climate

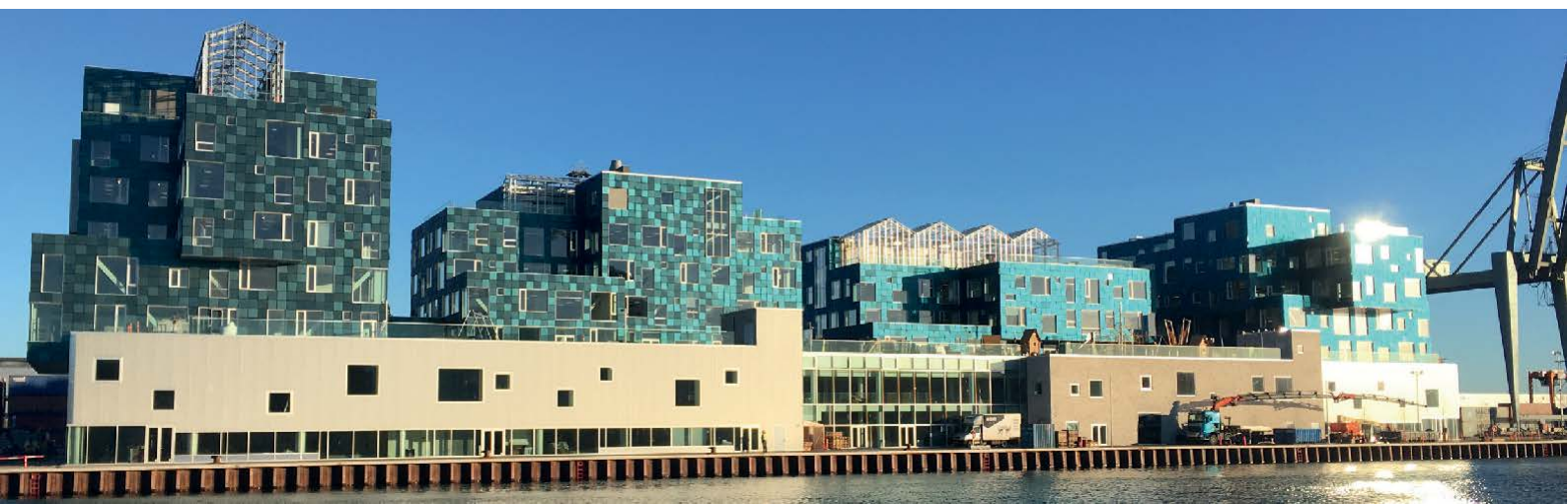
Construction calls for new solutions and new solutions call for innovative thinking. That's why Copenhagen International School chose to install Smart Ceiling; prior to launch in Nordhavn January 2017.

Smart Ceiling is a climate ceiling system reducing height between floors, shortening construction time, resulting in a better overall economy. We delivered approx. 19.000 m<sup>2</sup> ceiling plates resulting in a 4% saving of the entire construction sum. This corresponded to more than DKK 20 million (USD 3.3 million).

Copenhagen International School's large construction consists of 4 towers; of which 1 tower has 7 floors. Choosing Smart Ceiling saved 2 meters of overall height – also resulting in a cut-off of stairs, glass fronts, steel and concrete.

Many students generate a lot of heat. It was of utmost importance that our solution was able to cool rooms, with many people and large glass sections. The Danish Technological Institute confirmed that Smart Ceiling complied with the strict requirements within indoor climate, as regards draught and temperature.

Thus, Smart Ceiling perfectly suited Copenhagen International School's needs and wishes for creating a sustainable school with the latest technology and optimal indoor climate.





## Renovating Dansk Metal, Sydporten, 7000 m<sup>2</sup>

### Challenge:

High sunload. Existing ventilation system too small to provide enough cooling. New ceiling should be installed.

### Solution:

Instead of changing the entire ventilation system to a larger one, "Smart Ceiling" was installed with Fan Coils to deliver the extra cooling needs.



## New ventilation solution for Rigshospitalet's OPS intensive care wards

**Rigshospitalet (the Copenhagen University Hospital) needed better cooling of its intensive care wards and to get rid of draughts that were problematic for both patients and staff.**

To solve these air cooling and draught problems, the Smart Ceiling system with ventilation and cooling was installed in eight OPS intensive care wards. This system can handle cooling loads even larger than  $100\text{W}/\text{m}^2$ , while at the same time ensuring a comfortable indoor climate without draught.

An extra bonus for Rigshospitalet was that the new ceiling system also solved existing problems with a shortage of space above the ceiling. This was caused by the many technical installations above the ceiling, that this type of ward usually has. With the Smart Ceiling system, no ventilation ducts are necessary; because of the entire air handling space above the ceiling functions as an air pressure chamber.

### Finalised projects at Rigshospitalet:

- 8 OPS intensive care wards
- Medication room
- Pharmacy – massage room
- Pharmacy – office
- Current projects:
  - 8 intensive care wards and 2 observation wards for Children with paediatric cardiac

# Office Building in Vordingborg, Denmark

## Renovating

### Challenge:

Higher heating load from more people and great solar irradiance. High noise level.

### Solution:

Smart Ceiling with Fan Coils. 50% of the floor separation over the ceiling covered with noise-reducing rockwool batts.

### Result:

Perfect temperature without draught and very quiet rooms. All tested to satisfaction of the Danish Technological Institute.

Office Building in Vordingborg



Rockwool Batts mounted for extra silencing



Fan Coils mounted over the ceiling



## “Loose particles” Test in the new mockup at OUH-intensive care ward

### Hypothesis

Thesis: “Loose” particles in the air handling space above the ceiling are ejected from the ventilation system within short time, after which the air handling space above the ceiling will no longer contaminate the air being injected into the room.

### Discussion

When there is a varying volume of airflow and possible mechanical effects on parts of the air handling space above the ceiling, is it probable that this could cause a short-term effect of particles being released into the injected ventilation air?

When the air handling space above the ceiling is used as part of the ventilation system for clean-rooms, should the surfaces in the air handling space be cleaned for dust before closing off the system? Would this not reduce the risk of a short-term particle load to a negligible level?

### Conclusion

Testing showed that the air handling space does not contribute to any contamination of the ventilation air, when the air handling space is used as a pressure chamber. This is documented in the below figure.

### Testing in the new mockup at OUH-intensive care ward

Testing was performed 15 September 2015, with measurements taken in- and outside the intensive care ward, an area of about 25 m<sup>2</sup> with a ventilation rate of approx. 800 m<sup>3</sup>/h.

## Room and ceiling

The room had very recently been renovated and a new and airtight ceiling from JS Konzept A/S installed. H14 filters had also been installed after the air injection Smart System. The ceiling air handling space had not been cleaned, treated with a dust control system or anything of that nature after the renovation work had been completed, so there was a certain level of particles present on the surfaces in the air handling space above the ceiling.

## Filters

Nilan ventilation system type VPM 120 with built-in prefilter. After the system is a Camfil FCBS-A filter cabinet, with a built in Camfil Absolut-V H14 Hepa Filter VEXL 14 610X610X292-M.

A 250 mm duct is running from the filter cabinet to the air handling space above the dropped ceiling in the intensive care ward, and this duct ends with a silencer. The air extracted from the intensive care ward, exited through two 250 mm air outlets in the ceiling, with a duct running from each outlet ending in one 250 mm duct that runs directly back to the Nilan system.

The ceiling is a Smart Ceiling climate ceiling, and it is featured with four 160 mm integrated air injection units, which are not connected by ducts.

During testing, there was quite a bit of construction work going on in connection with moving the walls for the mock-up. For this reason, there was a great deal of dust in the area, which affected the test measurements in the intensive care ward. However, measurements taken from the air inflows in the ceiling, show that there were absolutely no particles in the pressure chamber above the dropped ceiling or in the injection air.

Particle size	Measurement areas			
	In the duct after the H14 Hepa filter	In the air inflow unit	Intensive care ward	Hall near entrance
0.3 – 0.5 µm	0	0	2,210,161	8,723,172
0.5 – 1.0 µm	0	0	113,523	336,450
1.0 – 3.0 µm	0	0	60,309	147,196
3.0 – 5.0 µm	0	0	0	10,514
5.0 – 10.0 µm	0	0	0	3,504
>10.0 µm	0	0	0	0

The figures indicate the number of particles per m<sup>3</sup>.

Particle levels were measured in the hall at the entrance, to serve as a reference.

## Measuring instrument

The particle-level testing was performed using an Aerotrak 8220 particle counter, serial number 70 910218.



# Sustainability

Where can “Smart Ceiling contribute” to sustainability:

## ✓ Integrated Design Process:

Relevant qualifications and subject areas are included in the planning process.

If guidance of “Smart Ceiling” is included early in the design process, it may be possible to build lower or more floors. Ventilation systems can be minimised and reduce installation costs.

## ✓ Life Cycle Assessment (LCA) – Primary Energy

3 Resource Indicators:

- consumption of non-renewable energy
- consumption of primary energy
- share of renewable primary energy

With “Smart Ceiling”, ventilations systems should only be dimensioned according to volume of fresh air, as energy can be added via fan coils. Less volume of air results in a smaller duct system and lower energy consumption.

“Smart Ceiling” has lower pressure drop, which also provides less energy consumption.

## ✓ Thermic Comfort:

Users' satisfaction with the indoor climate; no excess temperature, draught or cold radiation.

Indicators:

- operative temperature Summer and Winter
- humidity Summer and Winter
- draught Summer and Winter
- radiation- and floor temperature Summer and Winter



"Smart Ceiling" causes no draught or condensation problems and produces 100 Watt/m<sup>2</sup> in indoor climate category A.

JS Konzept's calculation programme, developed by The Danish Technological Institute, makes a complete and accurate calculation of air and temperature. This calculation is made for all rooms and equals as documentation for the system. With this documentation it is only necessary with regulation for the room and not for every inlet diffuser.

### ✓ Indoor Air Quality (Knockout-criteria, where a minimum score is needed):

The purpose is to secure the users' comfort and health.

Especially schools and child care centers are important. Gradually, it is well-documented that children are particularly sensitive to the innumerable impact of the indoor climate and that it may affect students' well-being and, in particular, learning; if the indoor climate in the classroom is not good enough.

This can be avoided by not having too high concentrations of harmful substances and obnoxious smells.

<p>Air Quality can be divided into 2: "The Experienced" and "The Healthy"</p>	<p><b>"The Experienced"</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· too low humidity</li><li>· smell</li><li>· too high/low temperature</li><li>· draught</li></ul>	<p><b>"The Healthy"</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· degassing from material</li><li>· degassing from people</li><li>· particles by burning</li><li>· moisture build-up</li><li>· radon</li></ul>
---	---	--

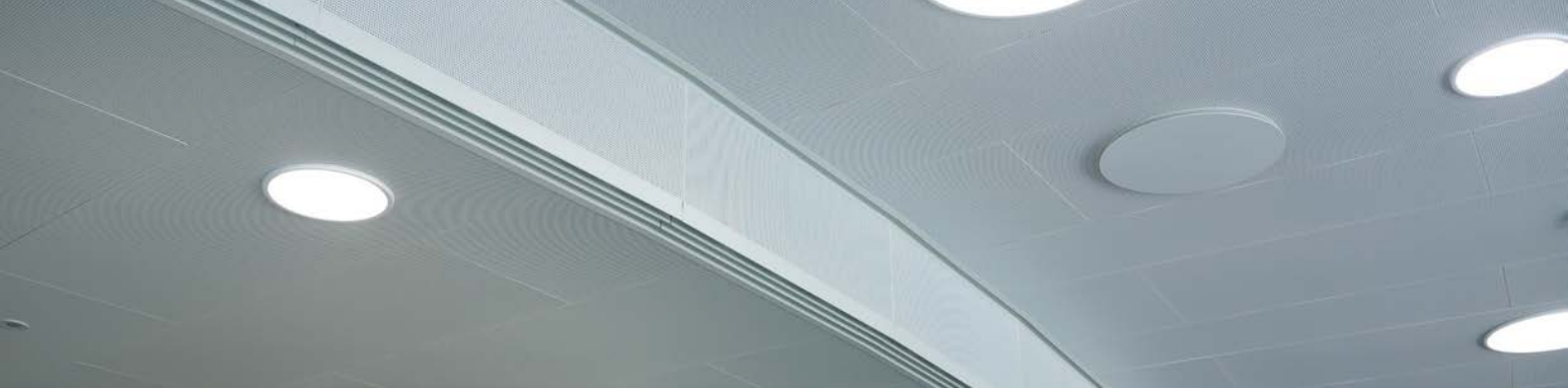
### Indicators

- CO<sup>2</sup> concentration below 1000 ppm
- measuring of volatile organic compound (VOC). TVOC-concentration below 3000 µg/m<sup>3</sup>
- formaldehyde concentration below 100 µg/m<sup>3</sup>

All components of the metal ceiling are free from formaldehyde and are therefore assigned to Class E1.

The manufacturer declares that no substances were used for manufacturing metal ceilings, which cause hazardous emissions, thus no initial test is required. Furthermore, sub-structure components and covering layers were tested for compliance with the reference values for volatile organic compounds (VOC) according to the assessment system of the German Committee for Health-Related Evaluation of Building Products (AgBB).

"Smart Ceiling" is not a part of the problem, but part of the solution because the system supplies fresh air.



### ✓ **Users' possibility for controlling the indoor climate:**

Focus on the fact that users, to a great extent, can control ventilation, solar radiation and glare shielding, temperature and lighting.

"Smart Ceiling" is controllable through CO<sup>2</sup> and temperature of plain operation.

### ✓ **Fire Proofing and Safety:**

Compliance of current fire regulations.

"Smart Ceiling" complies with the current fire regulations with a fire damper for each room like all other ventilation systems.

The fire classification was verified in accordance with EN 13501-1 and certified by classification reports from „MPA Stuttgart" (Notified Body No. 0672).

### ✓ **Acoustics and Soundproofing:**

To be evaluated from e.g. reverberation time in primary room.

"Smart Ceiling" is the markets' best metal ceiling

Class B (alpha)  $w = 0.80$

Further acoustics muffling can be mounted over the ceiling. 50% covering is tested by The Danish Technological Institute.

### ✓ **Maintenance and cleaning-friendliness of buildings:**

To be evaluated from e.g. maintenance grade and cleaning-friendliness.

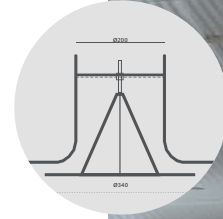
"Smart Ceiling" consists of no movable parts and needs no maintenance. The system has smooth surfaces and is very cleaning-friendly; with either a vacuum cleaner or a dry or damp cloth. In kitchens, laboratories etc. where standards may be higher, surfaces without perforation should be used.

### ✓ **Suitability as regards dismounting and reusability:**

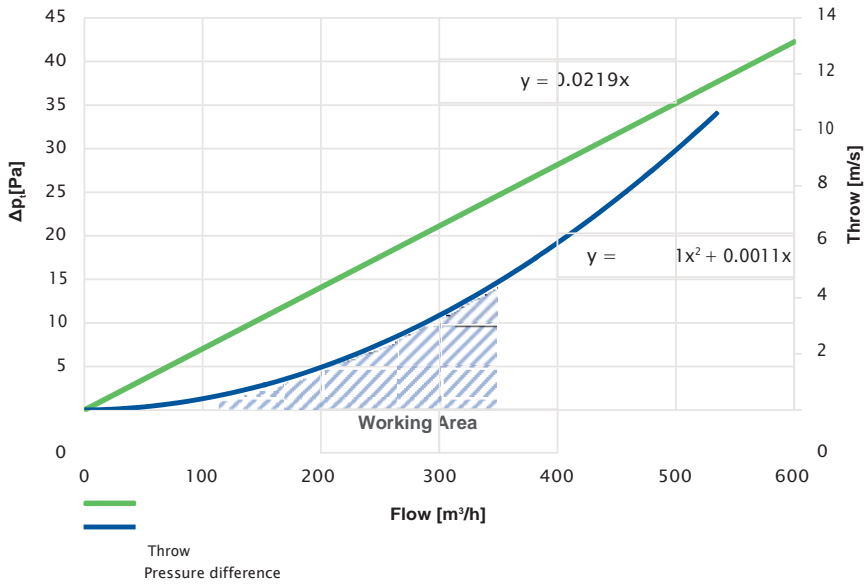
To be evaluated from whether the material can be split up and sorted as regards reusability.

All "Smart Ceiling" parts can be split up and reused.

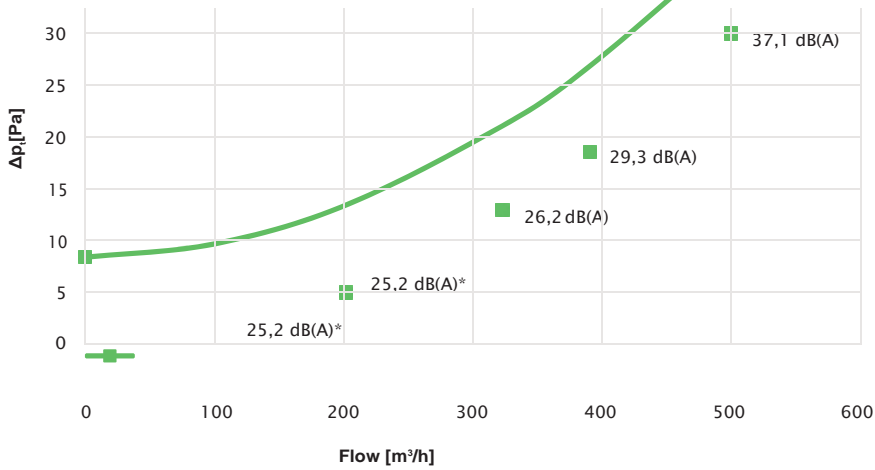
# Example Inlet Diffuser Ø200



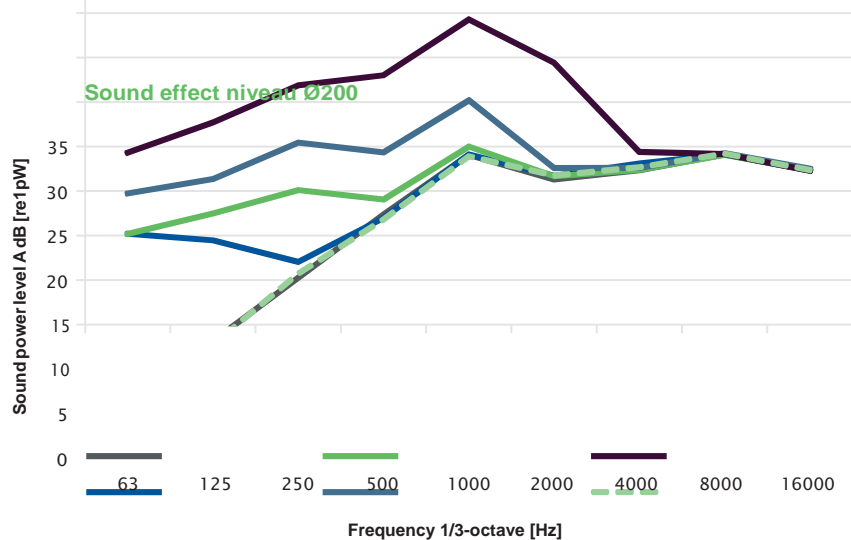
**Inlet Diffuser Ø200**



**Sound effect**



Sound effect



100 m³/h      323 m³/h      500 m³/h  
 202 m³/h      390 m³/h      background 1

# Design, calculation and documentation

In cooperation with the Danish Technological Institute we have developed a calculation programme, that can make an exact calculation of each room. We calculate the air volume, the cooling needs and the noise level. We will work closely together with you, your architects and engineers to meet your requirements and provide a good-looking design of the Ceiling and an optimal indoor climate.

## Calculation Programme

Case reference: Test facility 01

Test customer 01

Test street 01

Test city

Phone

E-Mail

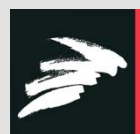
Reference number

### Smart Ceiling

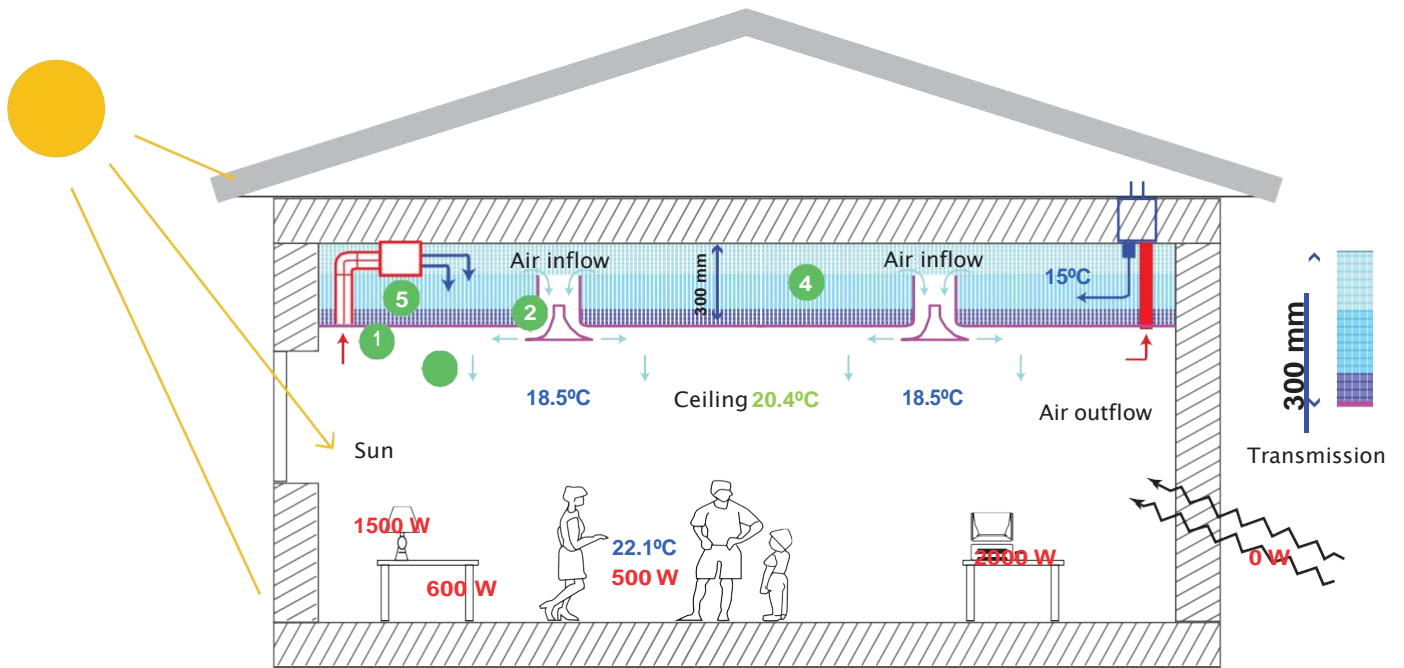
#### Input

Load				W/m <sup>3</sup>	l alt W	
Sun	1500 W	Ceiling height	2,7 m	Total load	40,40	4600
Lighting	600 W	Floor area	114 m <sup>2</sup>	Transmission	0	0
PC machines	2000 W	Outdoor temperature	25°C	Building Density	0,2	0,2
Persons	500 W	Indoor temperature	23°C	Heating Load	40,6	4028
		Inlet air diffuser	15°C			
		Air volume	1846,8 m <sup>3</sup> /h			

Area	U-value	Temp.	Calculation Result	
Outer walls			Air exchange (times per hour)	6
Inside walls			Inlet air temperature	18,5°C
Windows/doors			Operating temperature	22,1°C
Floor/deck			Ceiling Temperature	20,4°C
			Cooling Total	47,2 W/m <sup>3</sup>



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**



Ceiling Radiative cooling:  $7.2\text{W/m}^2$

Air cooling:  $40\text{W/m}^2$

Floor area:  $114\text{ m}^2$

Ceiling height:  $2.7\text{ m}$

1 Metal ceiling

2 Air inflow unit

3 Cool air

4 Hollow space/  
Pressure chamber

5 Fan Coil (Optional)



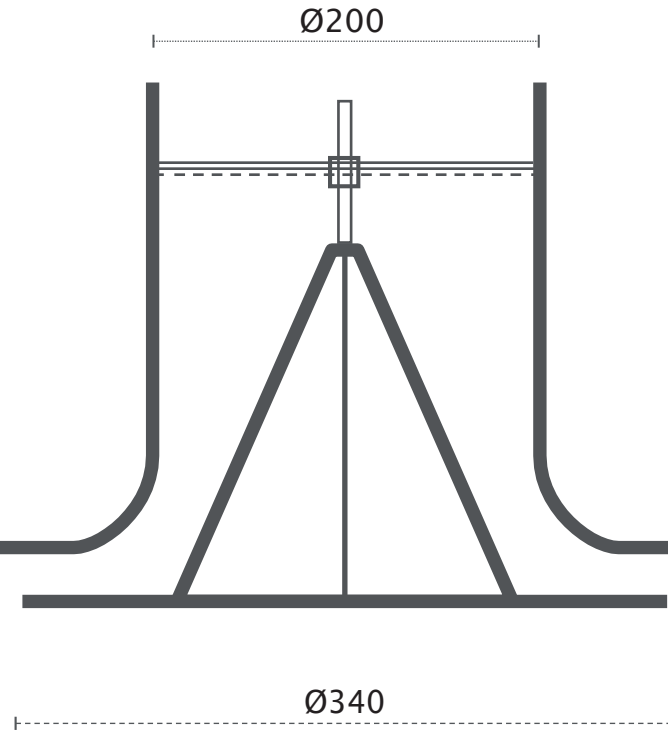
# Diffuser



Patented

Newly developed inlet air diffuser integrated in the ceiling. It is developed for variable airflow 25-100%

The diffuser is designed for VAV (variable air volume) without any moving parts, so that the Coanda effect is obtained from 25% - 100% of the designed airflow.



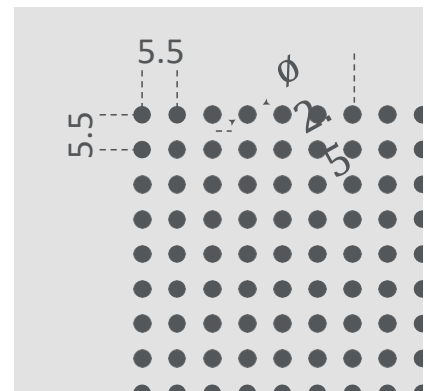
## Design Freedom



Format up to 625x3000 mm.



Colors



Perforation

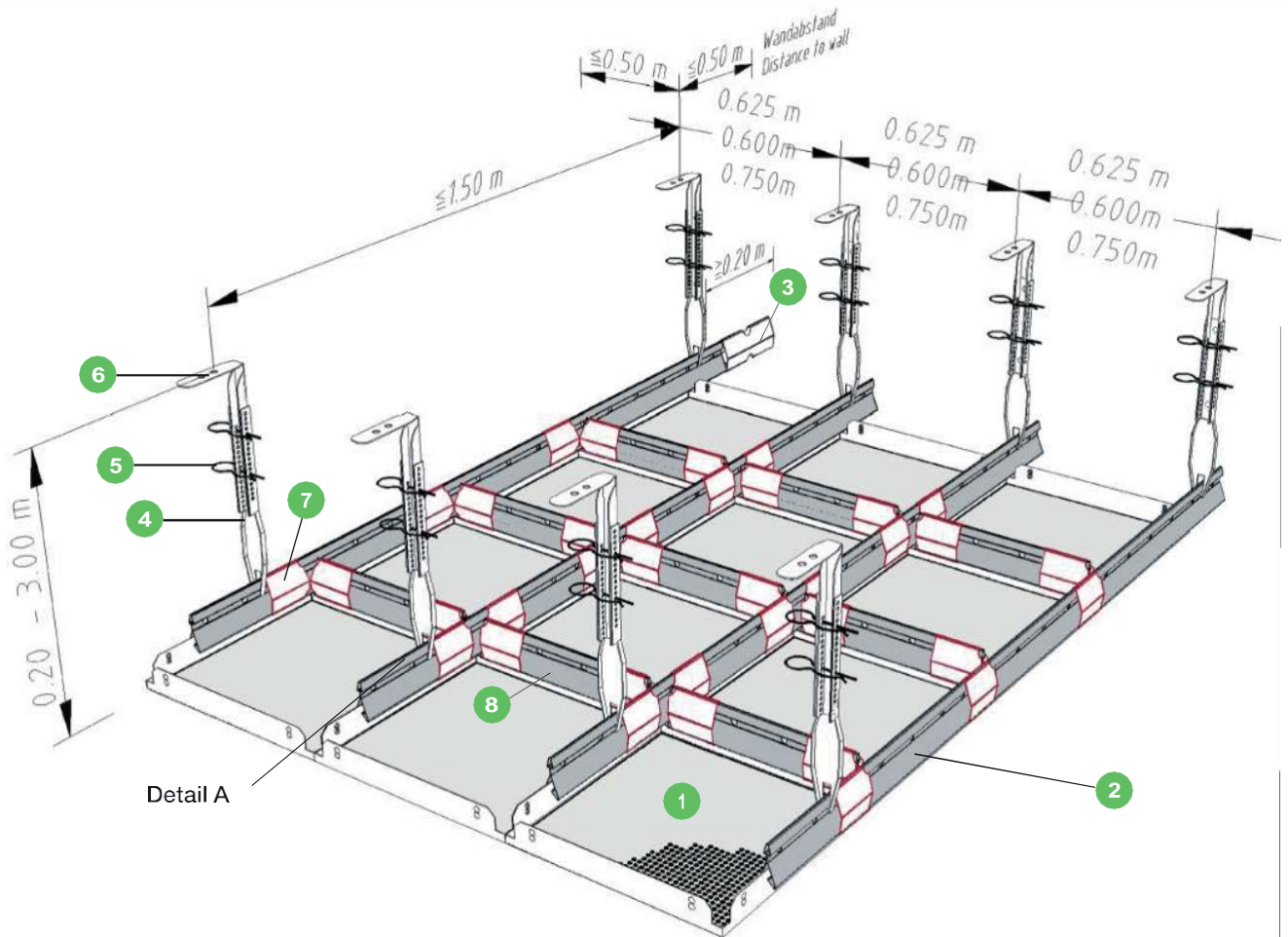
# Data sheet

## KQK

1.1.02 Druck

# Square tiles – clip-in system

Standard design with cross rail at the same level (50 pascal)



### Standard components required:

Designation	m <sup>2</sup>			Quantity / m <sup>2</sup>
	750	625 (Standard)	600	
1 Ceiling tile	1,78	2,56	2,78	units
2 Clipping rail 16/38	1,33	1,60	1,67	lin. ft.
3 Main runner connector	0,33	0,40	0,42	units
4 Lower nonius	0,89	1,07	1,11	units
5 Securing pin	1,78	2,14	2,22	units
6 Upper nonius	0,89	1,07	1,11	units
7 T-connector	3,56	5,12	5,56	units
8 Clipping rail	1,33	1,60	1,67	lin. ft.



Contact us if you are considering an innovative and sustainable ventilation solution for new construction or renovation of existing buildings.

We design, calculate and solve the task in close cooperation with you, your architects and engineers.

## CEO



### Jørgen Stokbro

Phone: +45 43 42 20 10

Mobile: +45 26 12 26 18

Fax: +45 43 42 71 12

E-mail: [jostok@jskoncept.com](mailto:jostok@jskoncept.com)

Homepage: [www.jskoncept.com](http://www.jskoncept.com)





## 16 Energy Flex Office

EnergyFlexOffice (EFO) skal løse kontorbyggeriets udfordringer knyttet til indeklimakvalitet, energieffektivisering og -fleksibilitet. EFO er dermed et laboratorium for danske virksomheder, der arbejder med teknologier til den grønne omstilling.

”Flex” markerer, at der i laboratoriet kan vælges mellem en række teknologier og systemer, der genskaber baggrunden for en teknisk eller styringsmæssig udfordring – som udgangspunkt for teknologiudvikling eller løsning af et aktuelt problem i et kontorbyggeri.

Vi arbejder med:

- Ventilation (mekanisk, naturlig, hybrid, behovsstyret, personlig)
- Opvarmning (luftvarme, gulvvarme, konvektorer)
- Solafskærmning (fast, bevægelig, integreret i vinduer)
- Køling (kølelofter, -bafler, naturlig køling)
- Varme- og kuldeakkumulering
- Luftkvalitet
- Dagslys og kunstlys
- Akustik
- Sensorer, IoT, digitale interfaces, Big Data
- Intelligent styring, databaseret drift og vedligehold
- Brugeroplevelse, visualisering og databaseret feedback

Løsning af typiske udfordringer forudsætter en kombination af teknologiforbedringer og adfærdsjusteringer, og forståelse for samspillet mellem arbejdsfunktioner og energiydelser.

EFO er derfor både et fleksibelt teknisk laboratorium og et Living lab for kontorbyggeri.

EFO, er et storrumskontor, som kan let opdeles i 2 ens storkontorer til sammenlignende forsøg.

Hvert kontor har dynamiske etagehøje glasfacader mod syd, samt installationsloft og –gulv, og udgør en veldokumenteret ramme for udviklings- og dokumentations opgaver. De fleksible installationssystemer og den dynamiske facade, sikrer at typiske situationer fra kontorbyggeri kan opbygges og danne grundlag for arbejdet med bæredygtig teknologi.

Ud over CTS-anlæg, indeholder EFO dataopsamlingsystemer til IoT styring og driftsovervågning.

EnergyFlexOffice indgår i det nationale testcenter: GLEEB - Green Lab for Energy Efficient Buildings.

Eksempler på aktuelle udviklingsområder

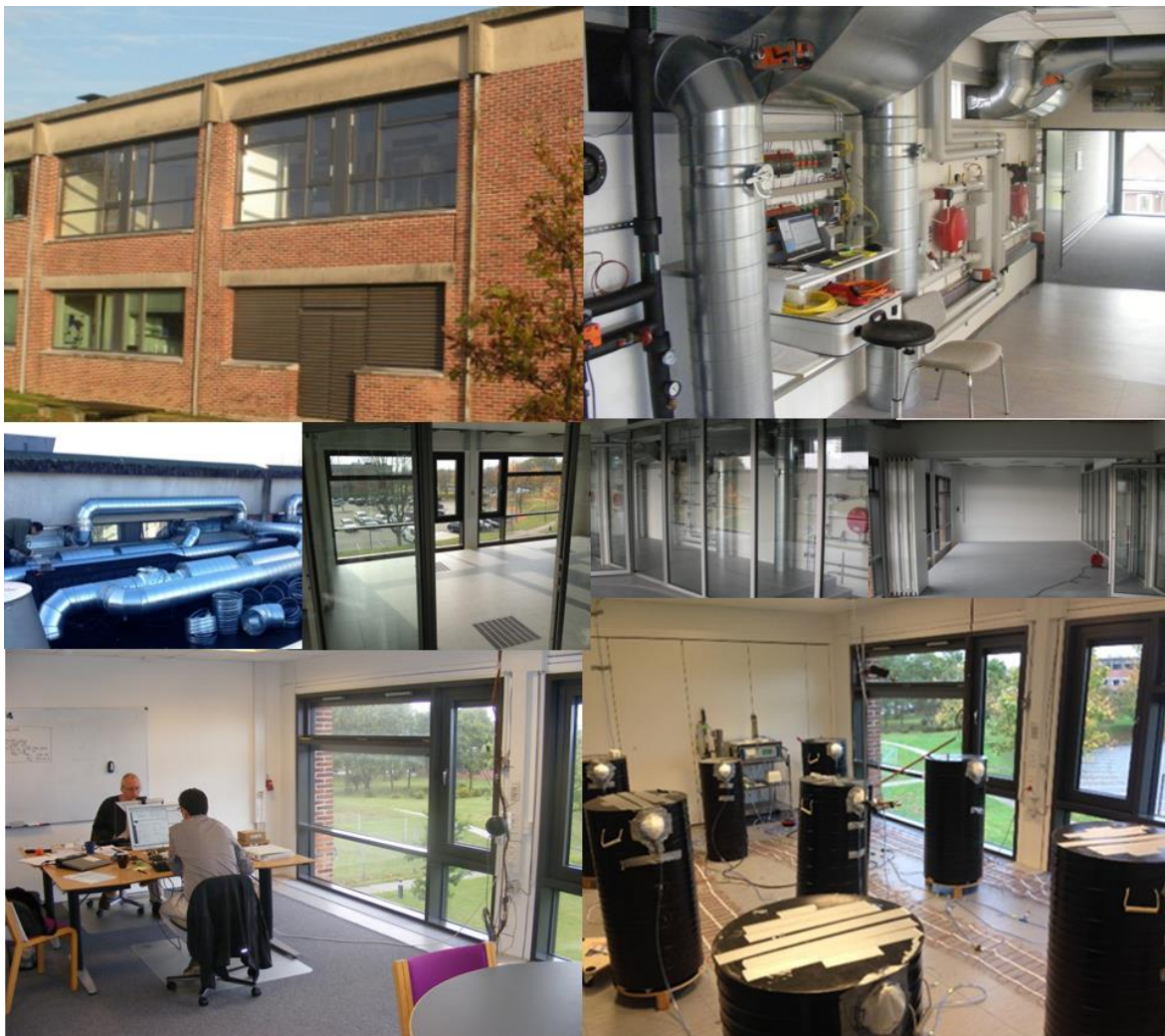
- Solafskærmning (udvendig, indvendig) og rudekonstruktioner i dynamiske facader
- Ventilationssystemer: Indblæsning og udsugningsformer og komponenter, herunder trækfri indblæsning af luft, fx via sivelofter eller –felter, og ændret diffusor udformning og placering
- Hybrid ventilation og køling – kombinationer af mekanisk og naturlig ventilation
- Behovsstyret varme og ventilation (varme, køling, fugt, CO<sub>2</sub>, luftkvalitet)
- Køle-lofter, -bafler og fancoils (trækgener, effektivitet og energiforbrug, samspil med ventilationsanlæg, dimensioneringsgrundlag)
- Intelligent styring af indeklima (varme, køling, ventilation og solafskærmning)
- Adfærdspåvirkning, indeklima og produktivitet

EFO giver danske virksomheder gode muligheder for udvikling og dokumentation af bæredygtig teknologi, herunder dokumentation af energiydelsers kvalitet målt og oplevet.

EFO er et forum for samarbejde mellem Teknologisk Institut og producenter, rådgivere, forskningsinstitutioner, driftsansvarlige, administratører og repræsentanter for slutbrugere.



Konkrete udfordringer i kontorbyggerier kan genskabes i EnergyFlexOffice, hvor de løses under veldokumenterede forhold.



## 17 Artikel bragt i dansk VVS #1 2018

### Forskningsprojekt: Køleloft med hybrid ventilation løser flere udfordringer

Et nyt forskningsprojekt har udviklet et køleloft og klimasystem med mulighed for integreret hybrid ventilation. Løsningen giver energibesparelser, forbedret indeklima - herunder indblæsning uden træk - og kræver ikke kanalføring over nedhængt loft, hvilket gør ventilation af byggeri mindre komplekst.

*Af Babette Peulicke Slott, energiantropolog ved Teknologisk Institut og Asger Skød Søvsø, specialist ved Teknologisk Institut*

Ventilation og køling i lofter kan være både komplekst og ressourcekrævende. To projekter støttet af ELFORSK og InnovationsFonden har derfor udviklet en løsning, som kombinerer det eksisterende køleloft Cool Ceiling med muligheden for hybrid ventilation. Konceptet er udviklet og testet i et samarbejde mellem JS Ventilation og Teknologisk Institut.

#### Kombination af køleloft og hybrid ventilation

Udgangspunktet for projektet er JS Ventilations køleloft Cool Ceiling. Køleloftet giver mulighed for at køle luften helt ned til 13 grader, da der ikke er direkte indblæsning. I stedet udnyttes pladsen over et nedhængt loft som trykkammer og der kræves derfor ikke kanalføring. Loftet øger den samlede kølekapacitet ved at køle på to måder: Dels ved indblæsning via armatur og dels ved afkøling af selve loftspladerne, som derefter afgiver kulde.

I projektet blev et eksisterende køleloft videreudviklet ved at tilføje mulighed for hybrid ventilation. Ved at etablere et spjæld i facaden over nedhængt loft, kan udeluften suges direkte ind over loftet, kun drevet af udsugningsventilatoren. Dette princip kan anvendes store dele af året.

For at sikre en maksimal anvendelse af hybridventilationsprincippet, er der i projektet udviklet et intelligent styringsmodul. Dette sikrer en energioptimal styring mellem hybridventilering og mekanisk ventilation, samtidig med at der er fokus på overholdelse af indeklimakravene for bygningen. Styringsmodulet udnytter data fra bygningens vejrstation, ventilationsstyringen, rumstyringen (CO<sub>2</sub>, temperatur), fugtføler, ur/skemastyring ol. samt PIRstyring. Styringen sikrer desuden indblæsning uden træk og at der ikke dannes kondens.

#### Én løsning til flere udfordringer

Det samlede koncept løser flere udfordringer. Da der ikke kræves kanalføring over nedhængt loft muliggøres etablering af ventilation i bygninger med lav etagehøjde, hvor det før ikke var muligt, og den kortere byggetid giver en bedre totaløkonomi. Kombinationen af at der ikke kræves kanaler, og loftets neutrale udseende, resulterer samtidig i større designfrihed, da det dermed er arkitektonisk nemmere at integrere løsningen i bygninger.

En central fordel er betydelige energibesparelser. Ved anvendelse af hybrid ventilation er det muligt udelukkende at anvende udsugningsventilatoren store dele af året. Foreløbige beregninger indikerer besparelser på elforbruget til ventilatoren på op imod 25%.

Også i forhold til indeklima kan der opnås forbedringer. I bygninger uden aktiv køling vil der med hybrid-løsningen ikke være opvarmning af indblæsningsluften i kanalsystem og over ventilationsaggregat. Simulationer viser, at det årlige antal timer med temperaturer på over 27 grader kan nedbringes med op til 75%.

#### Fremtidens ventilation

I starten af 2018 vil løsningen blive installeret på en skole, hvor de foreløbige resultater vil blive forsøgs-eftervist. Systemet vil blive testet de næste fire år, hvor der løbende foretages dataopsamling. Løsningen har stort potentiale og forventes at kunne anvendes i skoler, institutioner, kontorbygninger samt produktionsbygninger med høj varmeudvikling, som derved får gavn af enkel, energieffektiv og fleksibel ventilation.

Hvis man er interesseret i yderligere information om køleloft med hybrid ventilation, kan man kontakte projektlederne Asger Skød Søvsø fra Teknologisk Institut på [asov@teknologisk.dk](mailto:asov@teknologisk.dk) eller Kim Kronby fra JS Ventilation på [kk@js-ventilation.dk](mailto:kk@js-ventilation.dk).

***Kilder og bidragsydere: Projekterne "Loftsystem til hybrid køling af kontorbyggeri med dynamiske facader" og "Intelligent modul til styring af hybridventilation i større byggerier" er finansieret af Elforsk og Innovationsfonden og medfinansieret af udviklingsmidler fra Styrelsen for forskning og innovation***

## 18 Artikel bragt i dansk VVS #1 2019

### Udviklingsprojekt: Køleloft med hybrid ventilation skaber bedre indeklima og energibesparelser

Forskningsprojekt viser at det er muligt at forbedre indeklimaet på skoler samtidig med at der opnås energibesparelser. Resultaterne er opnået ved at udnytte et køleloft til hybridventilation kombineret med en intelligent styring.

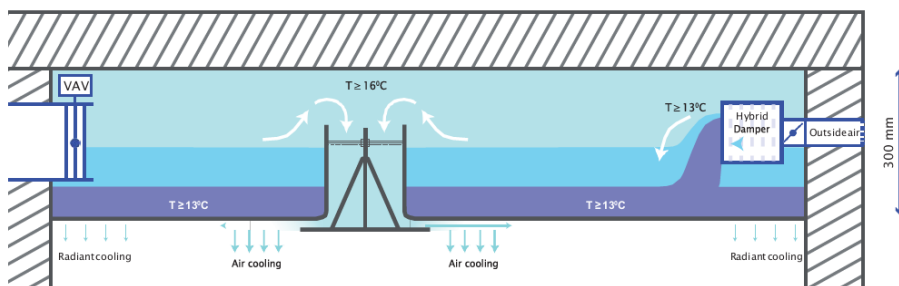
Af Babette Peulicke Slott, energiantropolog ved Teknologisk Institut og Asger Skød Søvsø, specialist ved Teknologisk Institut

Ventilation og køling kan være både komplekst og ressourcekrævende. To netop afsluttede projekter støttet af ELFORSK og InnovationsFonden har derfor udviklet en løsning, som kombinerer et eksisterende køleloft "Cool Ceiling" med hybrid ventilation og intelligent styring. Konceptet er udviklet og testet i et samarbejde mellem JS Ventilation og Teknologisk Institut.

#### Køleloft med hybridventilation

I projektet er der blevet udviklet et hybridkøleloft. Køleloftet giver mulighed for at tilføre lokaler frisk luft med temperaturer ned til 13 grader, uden at det giver trækgener. I stedet udnyttes pladsen over et nedhængt loft som trykkammer og der kræves derfor ikke kanalføring. Loftet køler på to måder: Dels ved indblæsning via armatur og dels ved afkøling af selve stålloftspladerne, som derefter afgiver kulde.

Uden for vinterhalvåret er det muligt at udnytte hybriddrift: Her tages den friske luft direkte ind over loftet gennem spjæld i facaden, kun drevet af udsugningsventilatoren. Da luften ikke skal passere en ventilator, som normalt opvarmer luften, bliver det dermed muligt at opnå en køligere indblæsnings-temperatur, hertil kan der opnås energibesparelser sammenlignet med traditionel ventilation. Skift mellem traditionel- og hybrid-drift varetages af en intelligent styring.

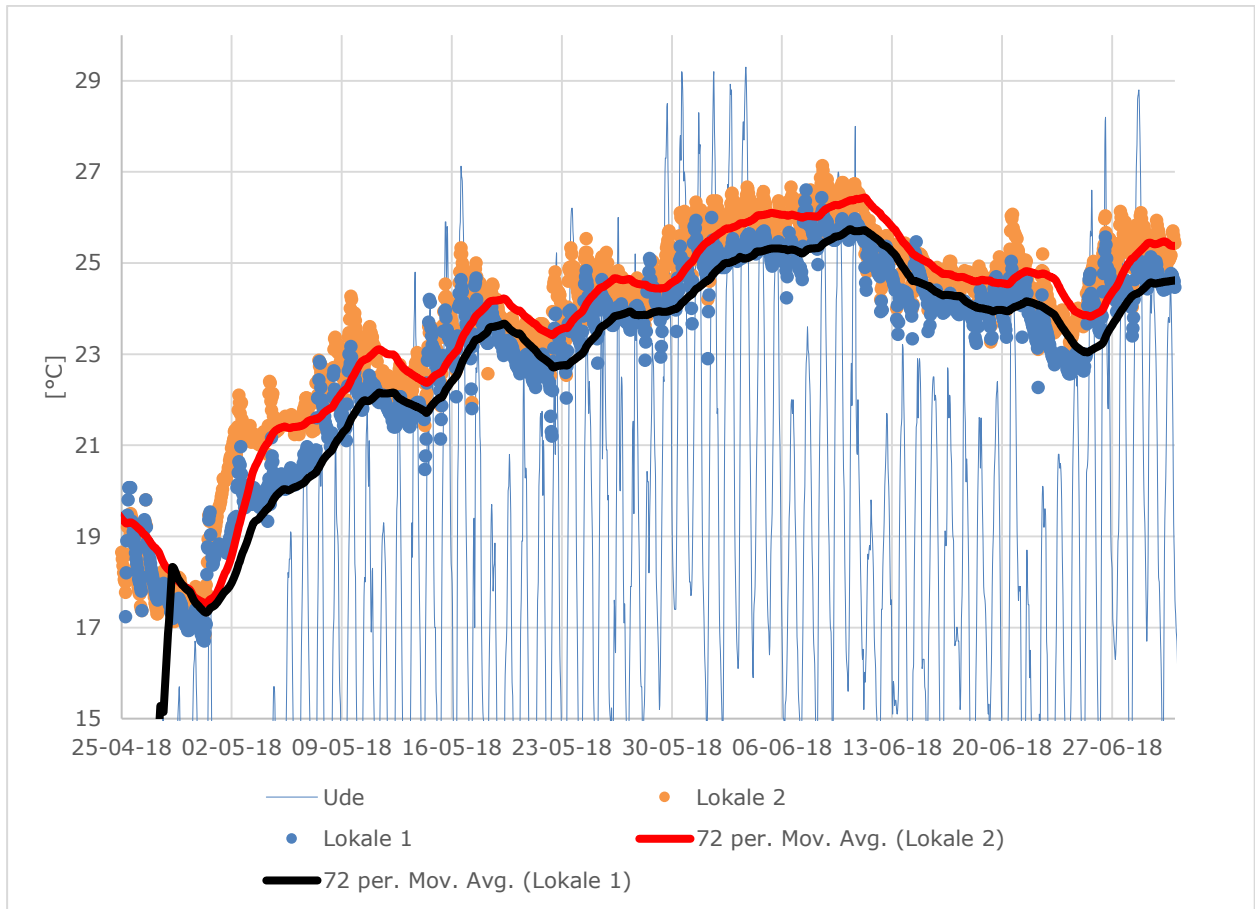


Figur 22. I hybridkøleloftet kan den friske luft trækkes direkte ind over det nedhængte loft via et spjæld i facaden.

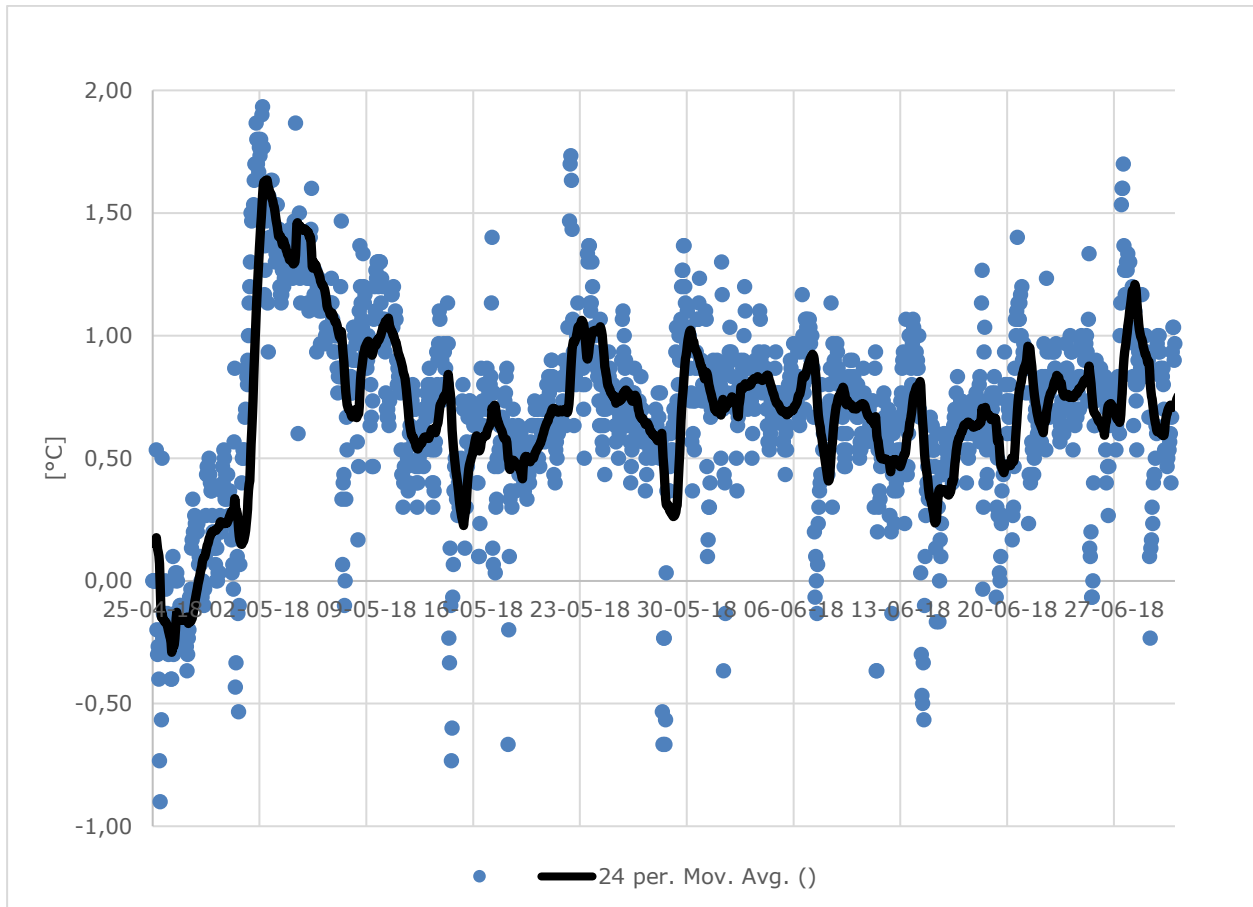
#### Demonstration påviser forbedret indeklima

Som en del af projektet har hybridkøleloftet været installeret på en skole, for at eftervise effekten i praksis. Der er løbende blevet logget data i to klasselokaler for at evaluere indeklimaet; ét lokale med køleloftet og hybrid ventilation installeret og ét referencelokale med den oprindelige mekaniske balanceret ventilation.

Resultaterne viser at det fra starten af maj til slutningen af juni var muligt at udnytte hybriddrift 46% af brugstiden. Installationen har været i hybriddrift så snart udetemperaturen har været over 16°C. Under demonstrationen blev der observeret et konstant bedre indeklima i lokalet med hybridkøleloftet sammenlignet med lokalet uden. Rumtemperaturen i lokalet har under hybriddrift været 0,5-1,0°C køligere sammenlignet med referencelokalet.



Figur 23. Rumtemperaturer i de to lokaler. Lokale 1 har installeret hybridkøleloft, lokale 2 er reference-lokale med mekanisk ventilation. Temperaturerne i lokale 1 ligger konstant lavere ved hybriddrift. Hybriddriften er mulig når udetemperaturen er over 16°C. De fuldt optrukne linjer er tre-dags gennemsnit.

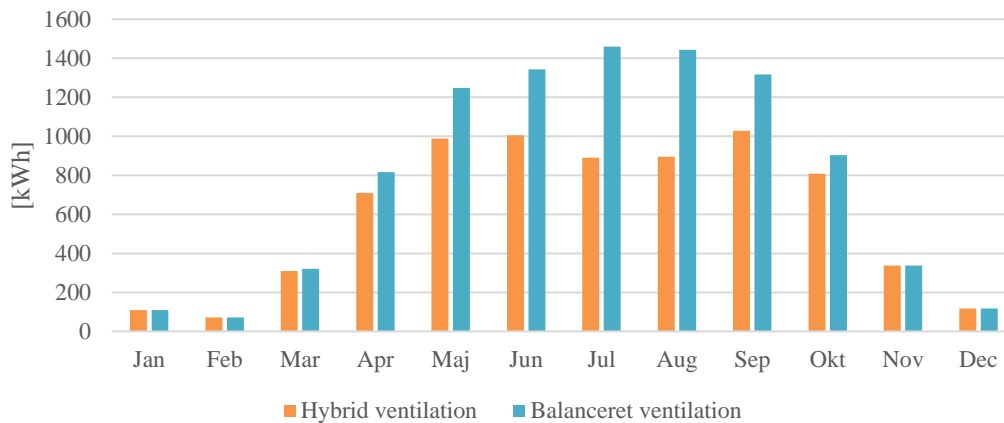


Figur 24. Forskel i rumtemperatur mellem de to lokaler. Det fremgår af grafen at temperaturen i lokalet uden hybridkøleloft er mellem 0,5 og 1,0 grad højere end lokalet med

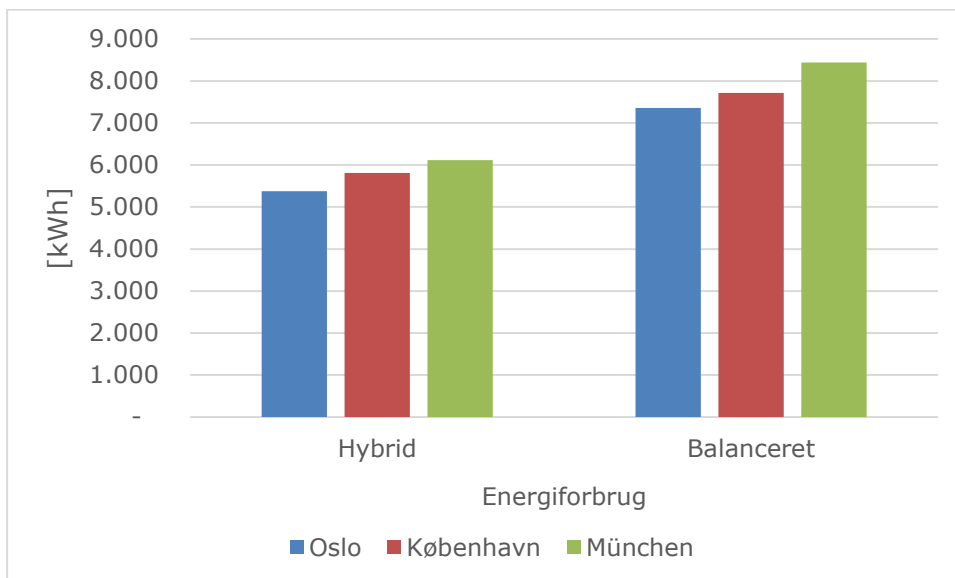
### Reduceret energiforbrug

Foruden et forbedret indeklima, kan løsningen resultere i et reduceret energiforbrug til ventilation. Når installationen kører i hybriddrift drives ventilationen udelukkende af udsugningsventilatoren, hvorfor det er muligt at slukke for indblæsningsventilatoren i perioder.

Beregninger viser, at det vil være muligt at spare op til 25% af det årlige energiforbrug til ventilation ved brug af hybridkøleloft. Beregningerne tager udgangspunkt i et nordisk klima.



Figur 25. Energiforbrug til ventilation for henholdsvis hybridkøleloft og traditionel mekanisk ventilation. Om sommeren hvor det er muligt at køre hybriddrift og slukke for indblæsningsventilatoren ses et signifikant lavere energiforbrug.



Figur 26. Energiforbrug til ventilation for henholdsvis hybridkøleloft og traditionel mekanisk ventilation på årsbasis. Beregninger viser, at det vil være muligt at spare op til 25% af energiforbruget til ventilation ved brug af hybridkøleloft.

### Potentialer

Samlet set har projektet vist at hybridkøleloftet gør det muligt at opnå både et forbedret indeklima og et reduceret energiforbrug. Da der ikke kræves kanalføring over nedhængt loft muliggøres etablering af ventilation i bygninger med lav etagehøjde.

Det samlede koncept er velegnet til skoler og kontorbyggeri, hvor det dermed løser flere udfordringer.

For yderligere information om køleloft med hybrid ventilation: kontakt projektlederne Kim Kronby fra JS Ventilation på [kk@js-ventilation.dk](mailto:kk@js-ventilation.dk) eller Asger Skød Søvsø fra Teknologisk Institut på [asov@teknologisk.dk](mailto:asov@teknologisk.dk).

**Kilder og bidragsydere: Projekterne "Loftsystem til hybrid køling af kontorbyggeri med dynamiske facader" og "Intelligent modul til styring af hybridventilation i større byggerier" er finansieret af Elforsk og Innovationsfonden og medfinansieret af udviklingsmidler fra Styrelsen for forskning og uddannelse.**