



Diffus ventilation

Jürgen Nickel

Rambøll

Danvak Temadag – 3.9.2019

RAMBØLL

Danvak

14:30 Velkomst, Morten May, skoleleder

14:40 Renoveringsprocessen, Peter Weitzmann, skolebestyrelsen

15:00 Diffus ventilation i forskningen, Christian A. Hviid, DTU

15:30 Pause: Kaffe og kage

16:00 Diffus ventilation fra start, Jürgen Nickel, Rambøll

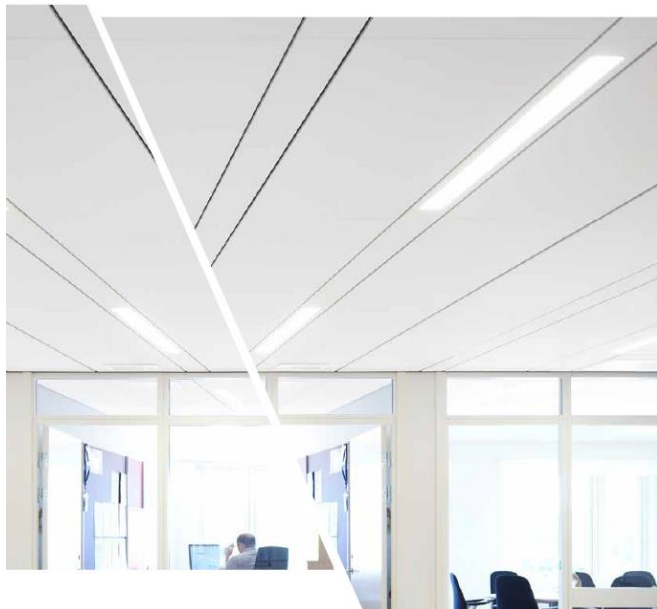
16:30 Erfaringer med diffus ventilation, Lars Christensen, c:raadgivning

17:00 Spørgsmål og svar

17.30 Slut

HVAD ER DIFFUS VENTILATION?

Akustiklofter med diffus ventilation
- med fuld akustisk virkning over hele lofftfladen



Ecophon
SANT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE

RAMBOLL

 **Rockfon**

Part of the ROCKWOOL Group



**Diffus
ventilation
og Rockfon
Blanka®**

En loftløsning
der giver
bedre indeklima



Troldtekt
The world's acoustic solutions

**Troldtekt®
ventilation**

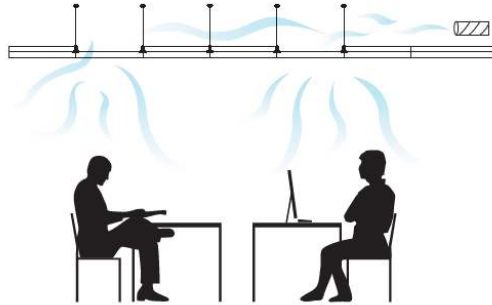
Energieffektiv løsning, som
giver frisk luft uden træk, støj
og synlige installationer

 **Danvak**

HVAD ER DIFFUS VENTILATION?

Aktiv areal typisk 10 – 20%

Troldtekt og lignende

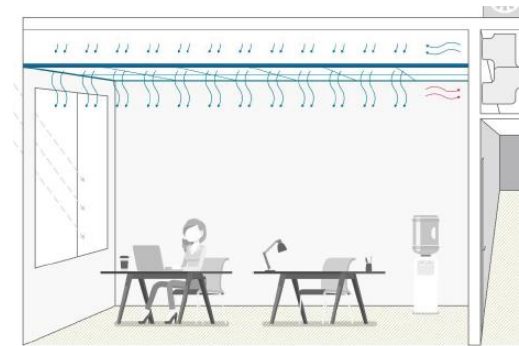


siden og hindrer på den måde luftgennemstrømning. Lokalets størrelse har betydning for fordelingen mellem de to pladetyper, men typisk vil 10-20 procent af loftet være aktive plader.

Aktiv areal typisk > 50%

Mineraluldslofter

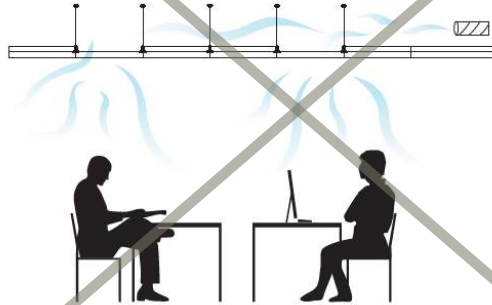
(Ecophon, Rockfon mm)



HVAD ER DIFFUS VENTILATION?

Aktiv areal typisk 10 – 20%

Troldtekt og lignende

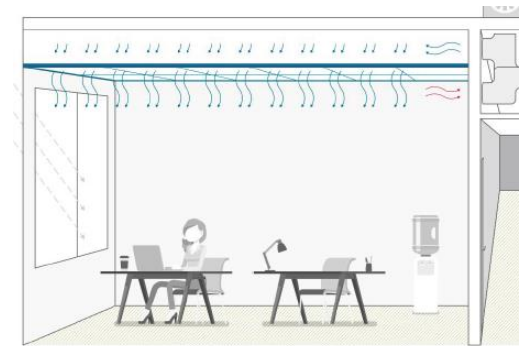


siden og hindrer på den måde luftgennemstrømning. Lokalets størrelse har betydning for fordelingen mellem de to pladetyper, men typisk vil 10-20 procent af loftet være aktive plader.

Aktiv areal typisk > 50%

Mineraluldslofter

(Ecophon, Rockfon mm)



I dette indlæg refererer "diffus ventilation" til systemer med aktiv areal > 50%

HVAD ER DIFFUS VENTILATION?



- **Indblæsning med meget lave hastigheder gennem akustiklofter $< 0,03$ m/s**
- **Aktivering af mindst 50% af loftet jævnt fordelt over hele rummet**
- **Der anvendes et trykkammer over det nedhængte loft (typisk hele loftet)**
- **Indblæsning gennem spalter mm påvirker ikke signifikant strømning i rummet**

HVAD ER DIFFUS VENTILATION?









- **Perforerede lofter i f.eks. køkkener (anvendt i 60'ere, 70'ere)**
- **Troldtek ventilation (fra ca. 1990 – anvender ca. 10-20% af loftet til indblæsning)**
- **Mineraluld system lofter (fra ca. 2004 forsøg på DTU og AUC)**
- **Widex domicil – 2009 – første kommercielle projekt i Danmark med mineraluldsloft(?)**
- **Indblæsning gennem akustikpuds (projekt Nationalmuseum Oslo – fra 2011)**
- **Perforerede metal-lofter (bl.a. Mærsk tårn, Novo fra ca. 2012)**

Diffuse Ceiling Inlet Systems and the Room Air Distribution

Peter V. Nielsen, Rasmus L. Jensen, Li Rong
Aalborg University, Denmark



-  090312 Termisk komfort ved brug af et ventilationsloft - Widex domicil.pdf
-  Cold Clima 2009 (2).pdf
-  Diffus ventilation fra loftindblæsning HVAC bladet.pdf
-  Diffuse Ceiling Inlet Systems and ink Forside.pdf
-  HVAC oktober 2010.pdf
-  Visio-Poster Diffuse Ceiling.pdf

REFERENCER

Mineraluld systemlofter

- Frederikskaj – KBH (AUC)
- Green Solution House – konferencecenter Bornholm
- Rambøll Roskilde
- Plaza II + III (Pandora kontorbygning)
- Novozymes
- Lyngby Port (kontor)
- Novo HI - kontorer

Metal lofter med fleece eller filtermåtter

- Mærsk Tårn (Panum) - laboratorier
- Novo – HI Bygning (laboratorier)

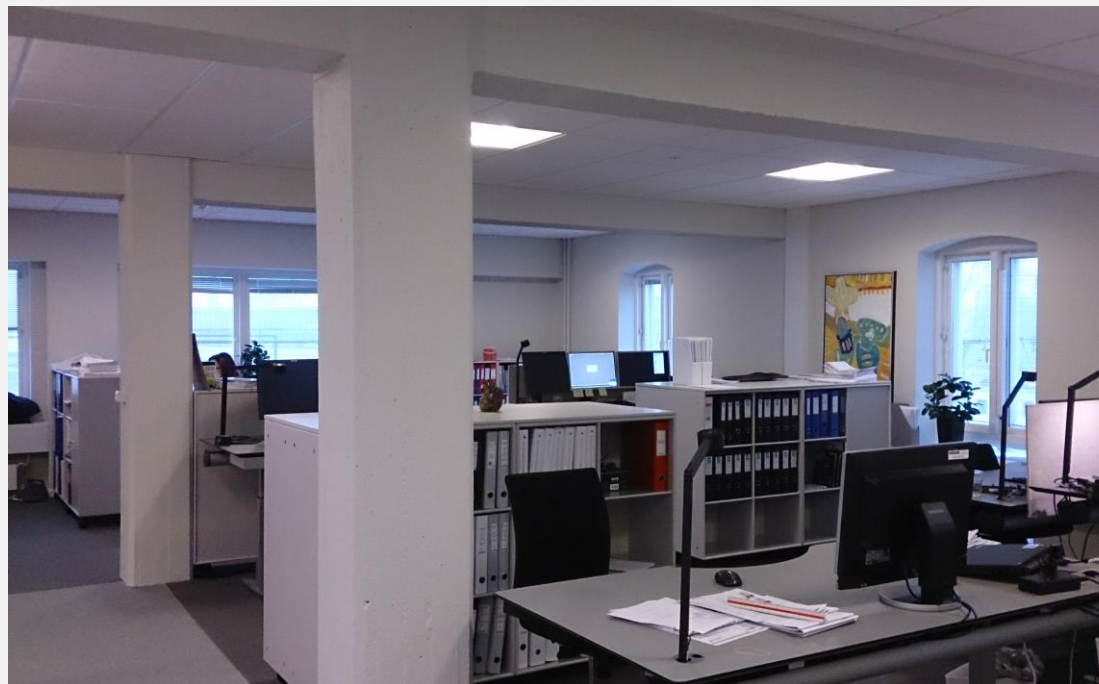


RAMBØLLS ERFARINGER 1

Frederikskaj



Rambøll Roskilde



RAMBØLLS ERFARINGER 2

Novo HI



Green Solution House



RAMBØLLS ERFARINGER 3

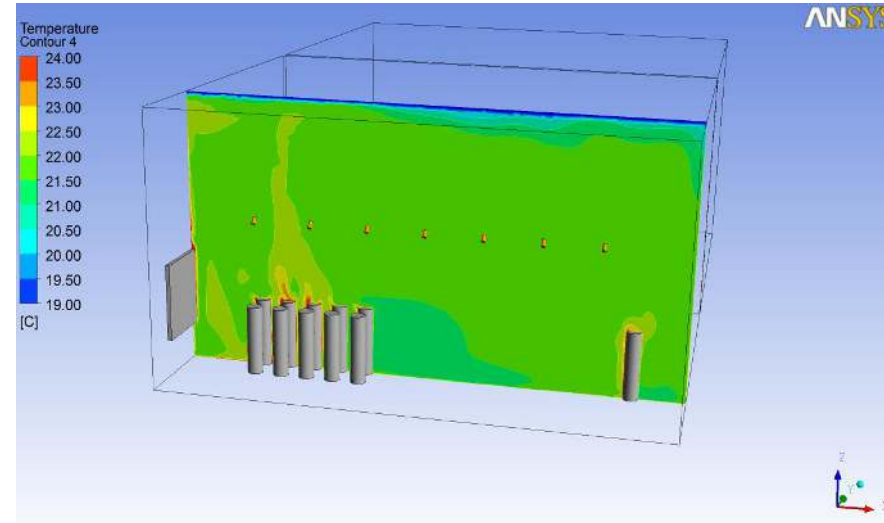
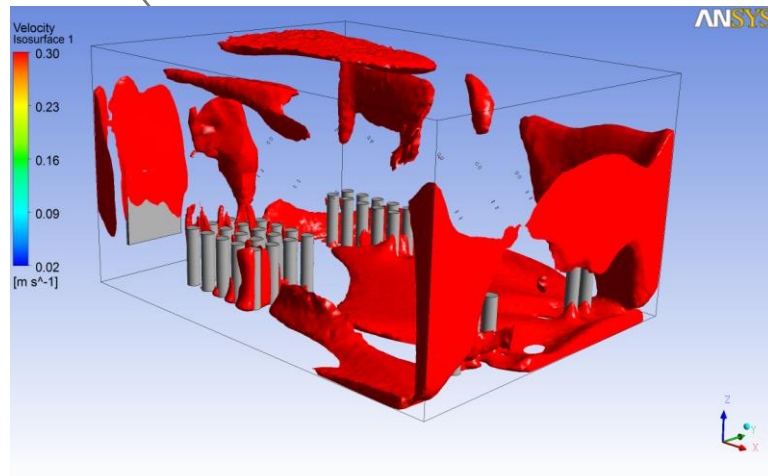
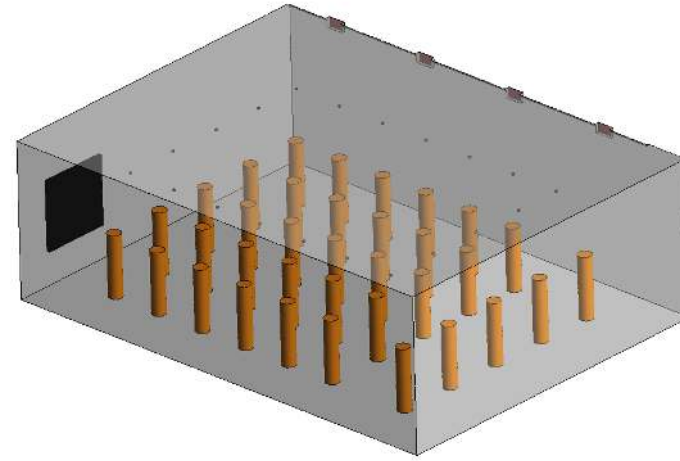
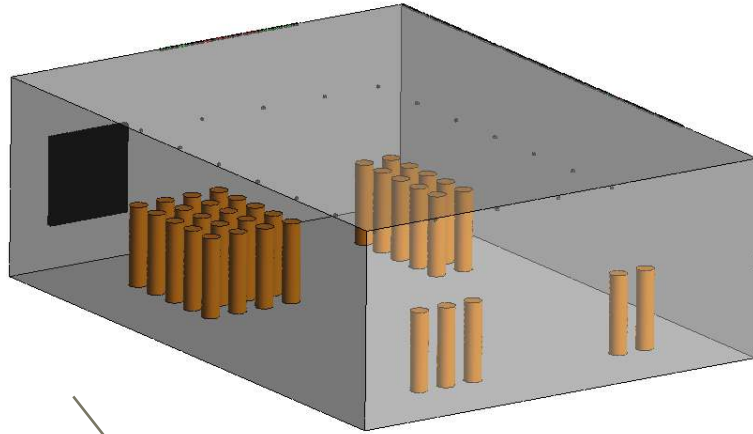
Lyngby Port



Plaza II+III



DIFFUS INDBLÆSNING MED AKUSTIKPUDS – CFD OG FULDSKALAFORSØG AAU 2012



DIFFUS INDBLÆSNING MED AKUSTIKPUDS – FULDSKALAFORSØG AAU 2012



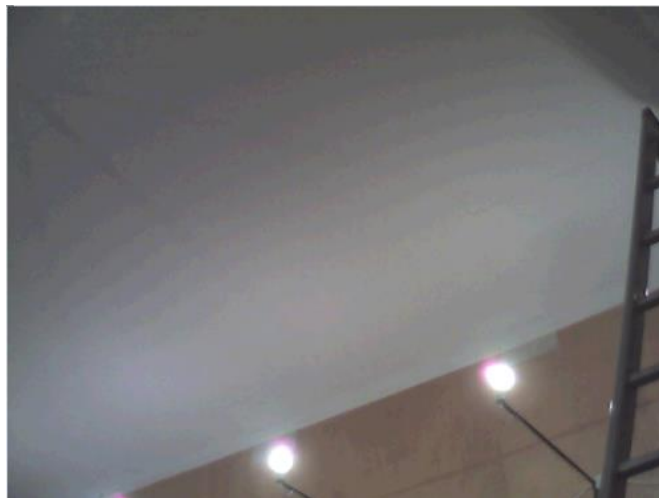
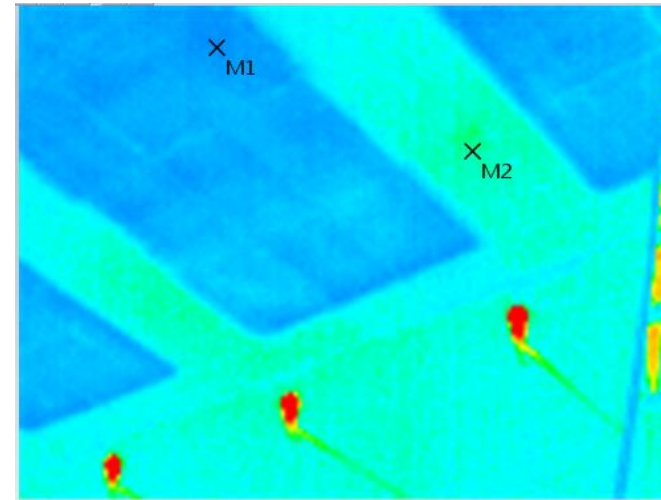
DIFFUS INDBLÆSNING MED AKUSTIKPUDS – FULDSKALAFORSØG AAU 2012

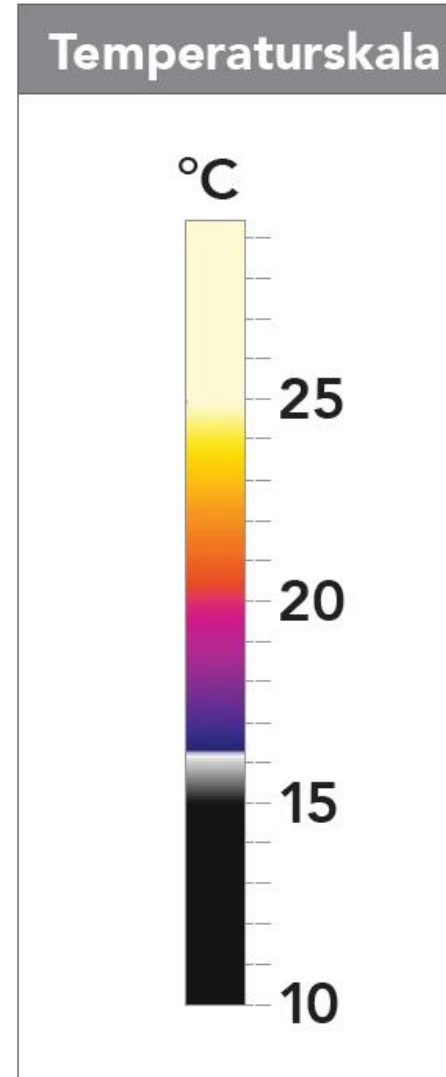
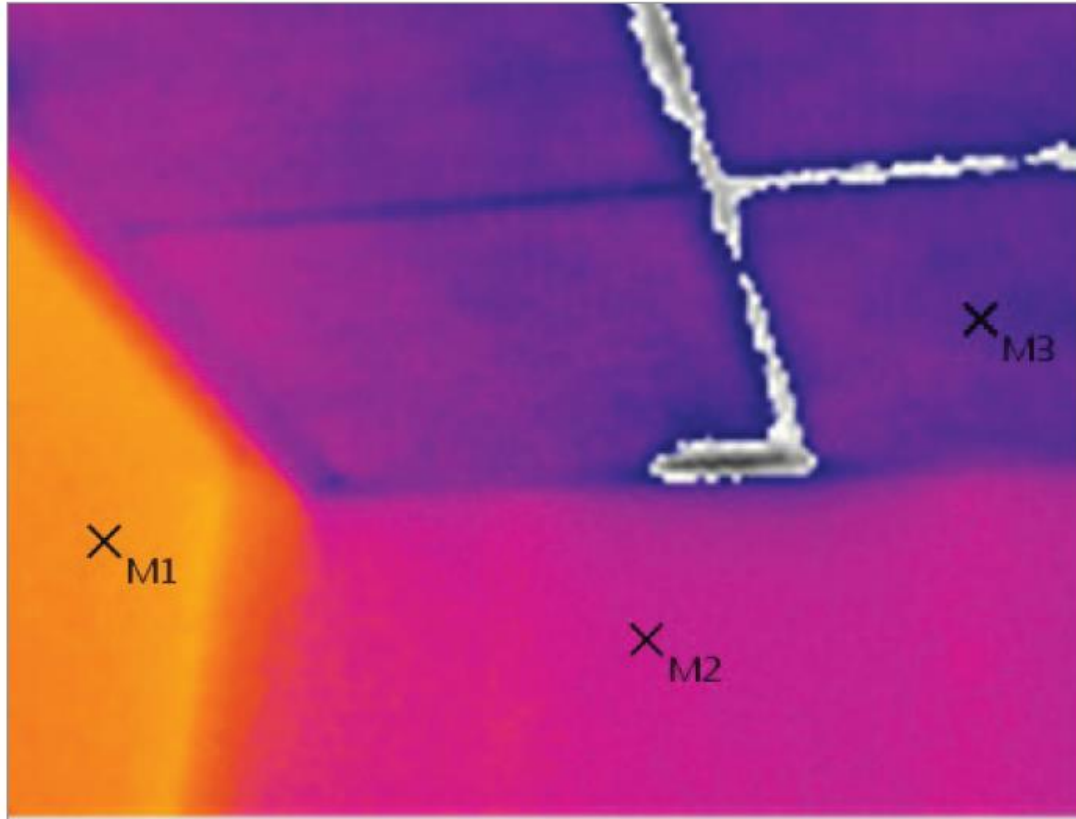


DIFFUS INDBLÆSNING MED AKUSTIKPUDS – FULDSKALAFORSØG AAU 2012

Varmebilledmarkeringer

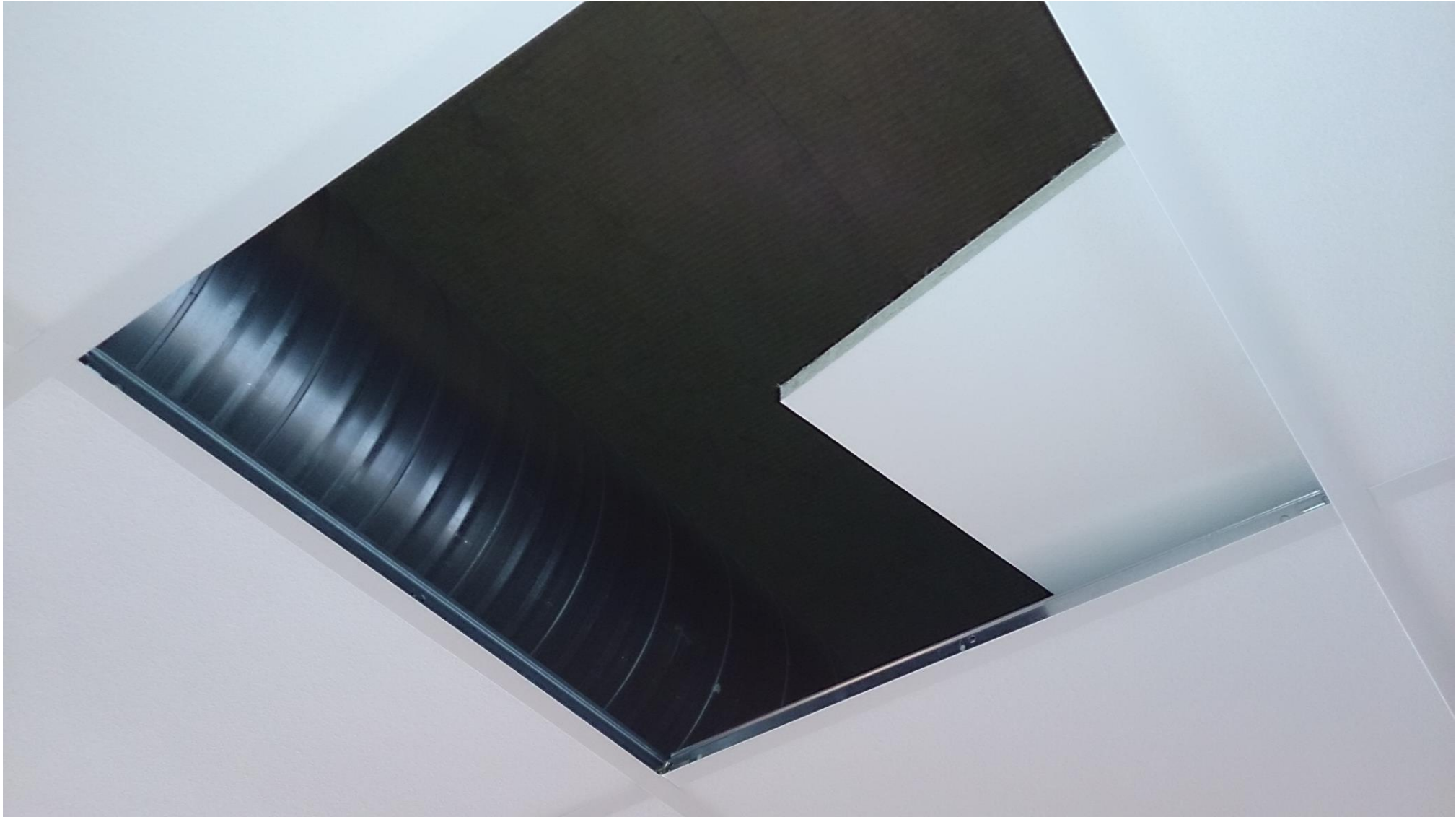
Nr.	Temp. [°C]	Emiss.	Ref. temp. [°C]
M1	18.4	0.95	23.0
M2	22.1	0.95	23.0





Billedet viser et lokale med diffus ventilation fotograferet med et termografikamera. Loftet er 17° C, og væggene er 22° C. Derved virker hele loftet som en kølende flade.

Auditorium Frederikskaj København - AAU



Auditorium Frederikskaj København - AAU



Rambøll Roskilde



Rambøll Roskilde



Green Solution House - Bornholm



Green Solution House - Bornholm



LUFTEKNISKE DATA OG KRAV

- **Volumenstrøm ("luftmængde") (per m² aktiv loft, total per trykkammer)**
- **Indblæsningstemperatur**
- **Indeklimakrav i rummet**
- **Varmebelastning i rummet**
- **Isolering af betondæk**
- **Tæthed af trykkammer (kabelbakker, rørgennemføringer, skillevægge, ...)**
- **Luftfordeling fra indblæsning (maks. Hastighed afhængig af tryktab i loftsystemet)**
- **Lydgenerering fra indblæsning/udsugning**

KRAV TIL NEDHÆNGTE LOFTER?

- **Forholdsvis tætte samlinger i grid-systemet**
- **Passende strømningsmodstand (typisk 1000 Pa*s/m)**
- **Maks. tryktab ved maks. Volumenstrøm 10 – 15 Pa (støj!)**
- **Maks. spalter og huller 1-2 mm (gælder også gennem installationer, som f.eks. lysarmaturer)**
- **Tæt mod vægge (risiko for tilsmudsning ved spalter!)**
- **Tilstrækkelig strømningsareal over nedhængt loft (typisk er 100 mm fri højde over profiler mm. nok)**
- **Adgang til installationer i loftet**



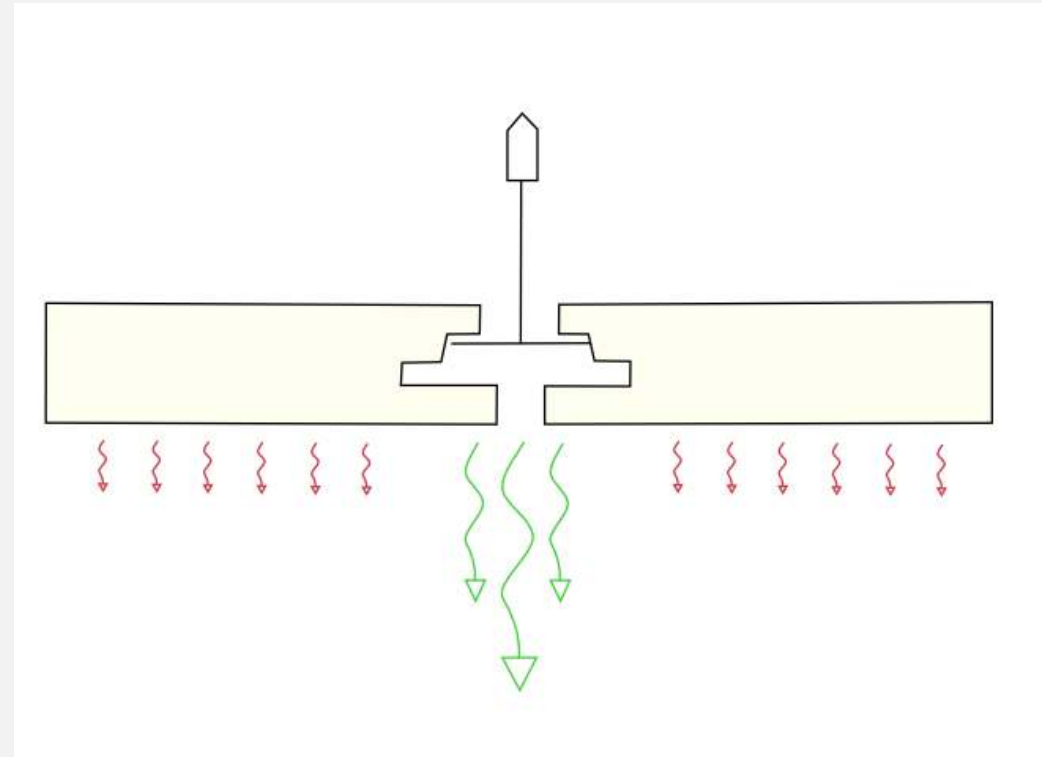
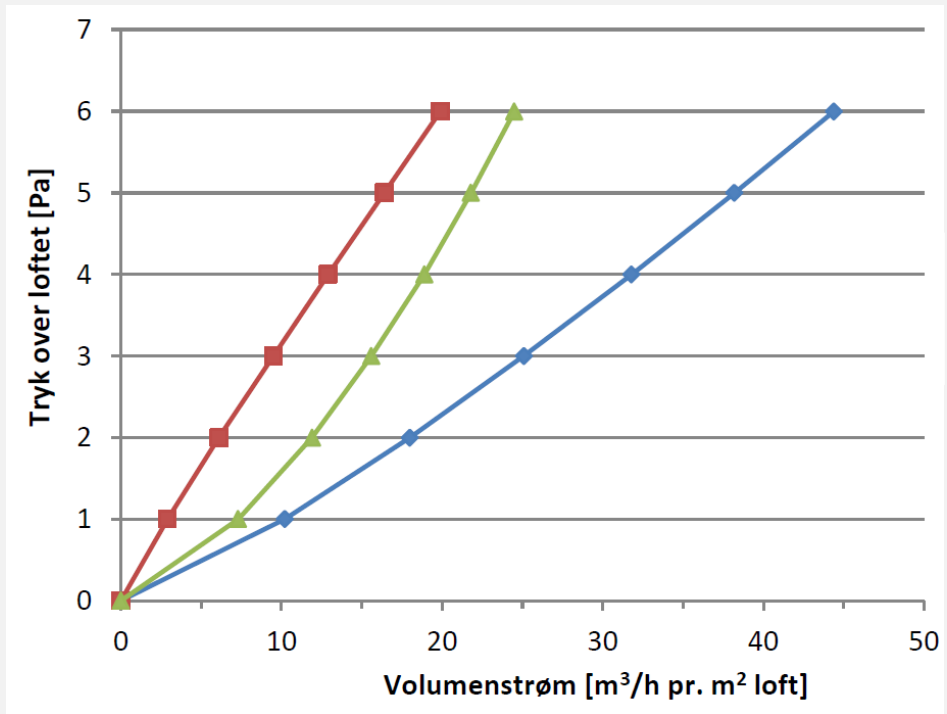
RELEVANTE TEKNISKE DATA FOR NEDHÆNGTE LOFTER

- **Strømningsmodstand akustikloft**
- **Tæthed af skinnesystem**
- **Mulighed for tilpasninger mod lysarmaturer, kabelgennemføringer, sprinkler**

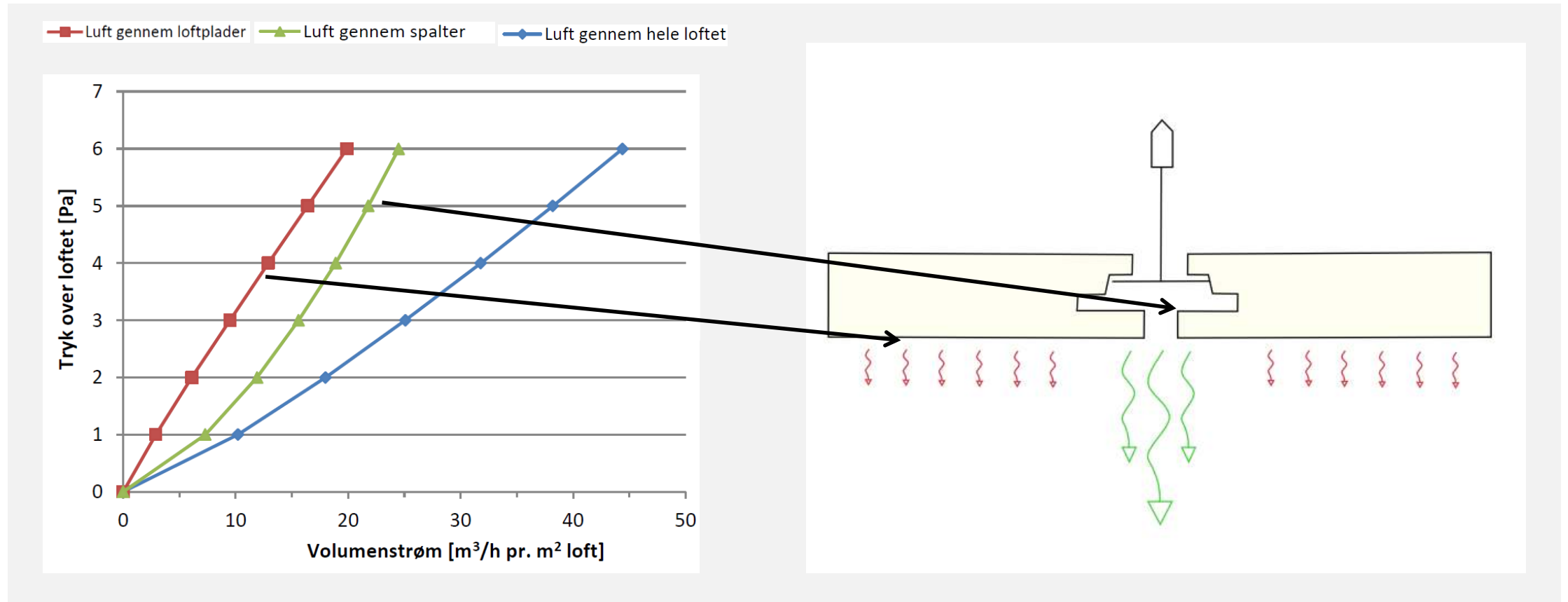


TRYKTAB I LOFTER

Luft gennem loftplader Luft gennem spalter Luft gennem hele loftet

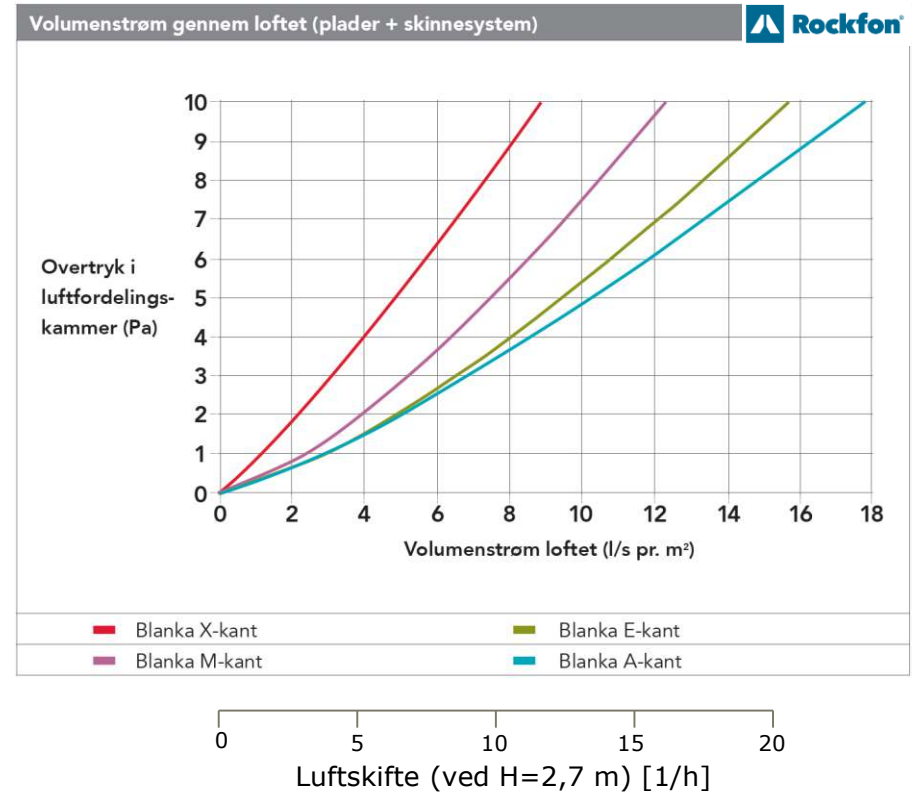
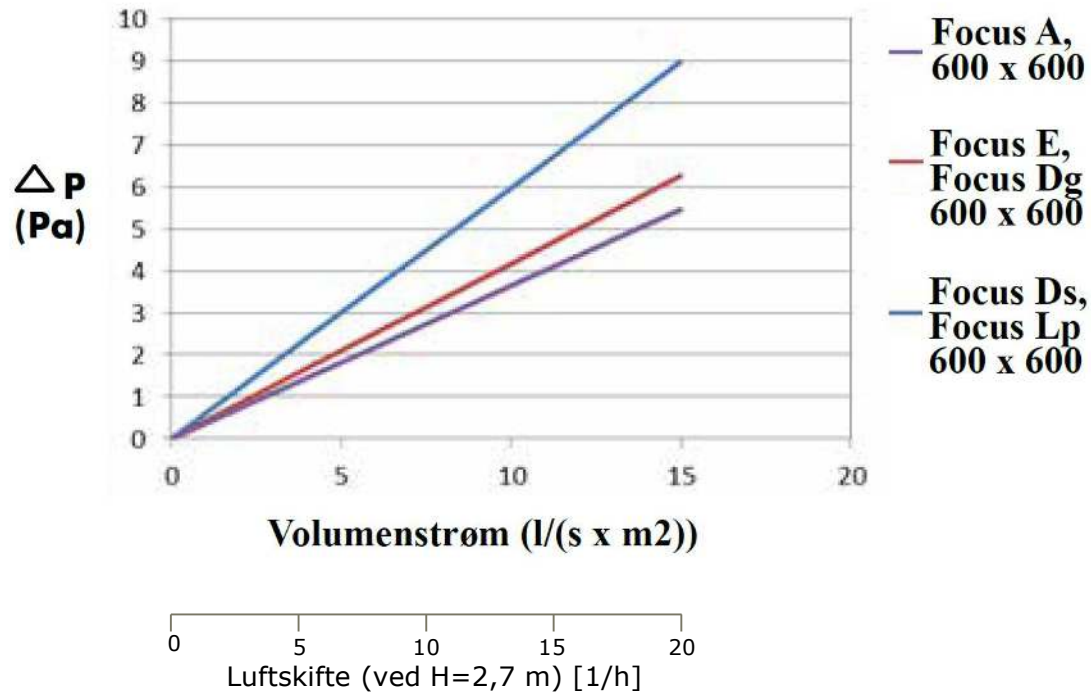


TRYKTAB I LOFTER



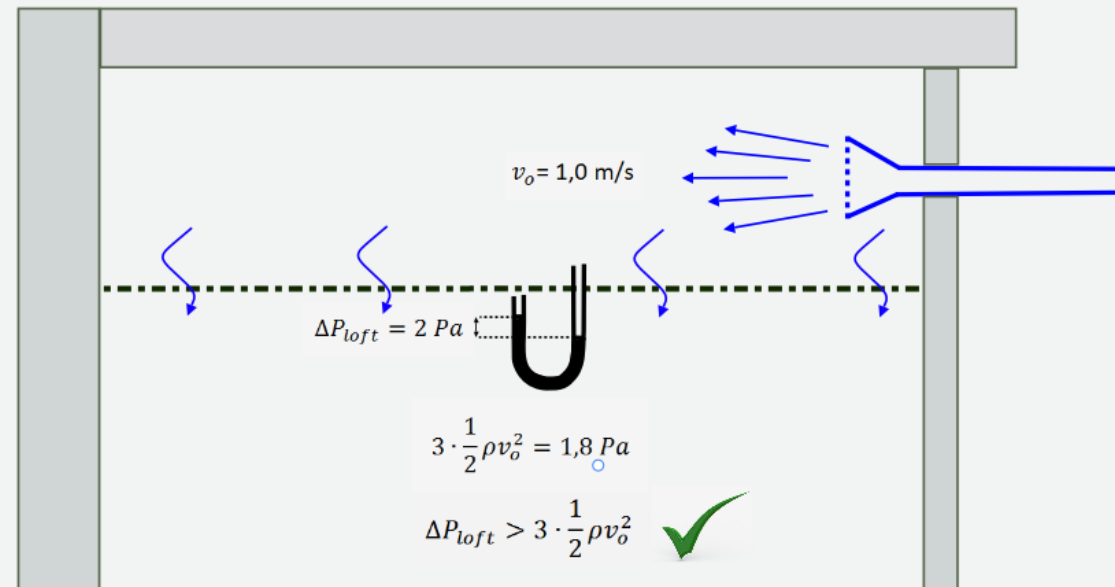
TRYKTAB I LOFTER

Trykfald for Ecophon loftsystemer

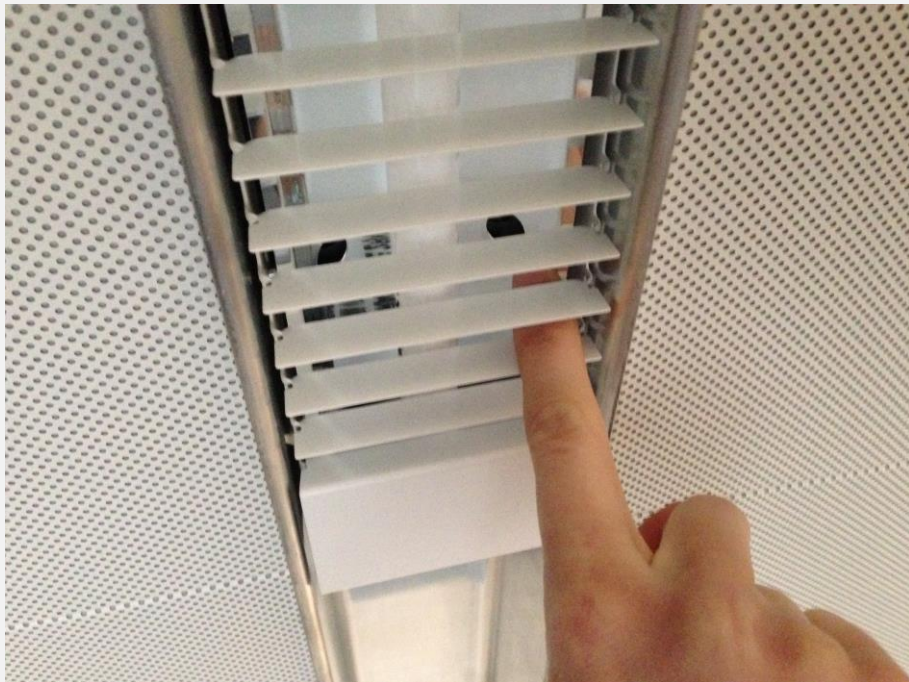


INDBLÆSNING I TRYKKAMMER

Tryk over loftsplader skal være større en 3 x dynamisk tryk $\rightarrow \Delta P_{loft} > 3 \cdot \frac{1}{2} \rho v_0^2$

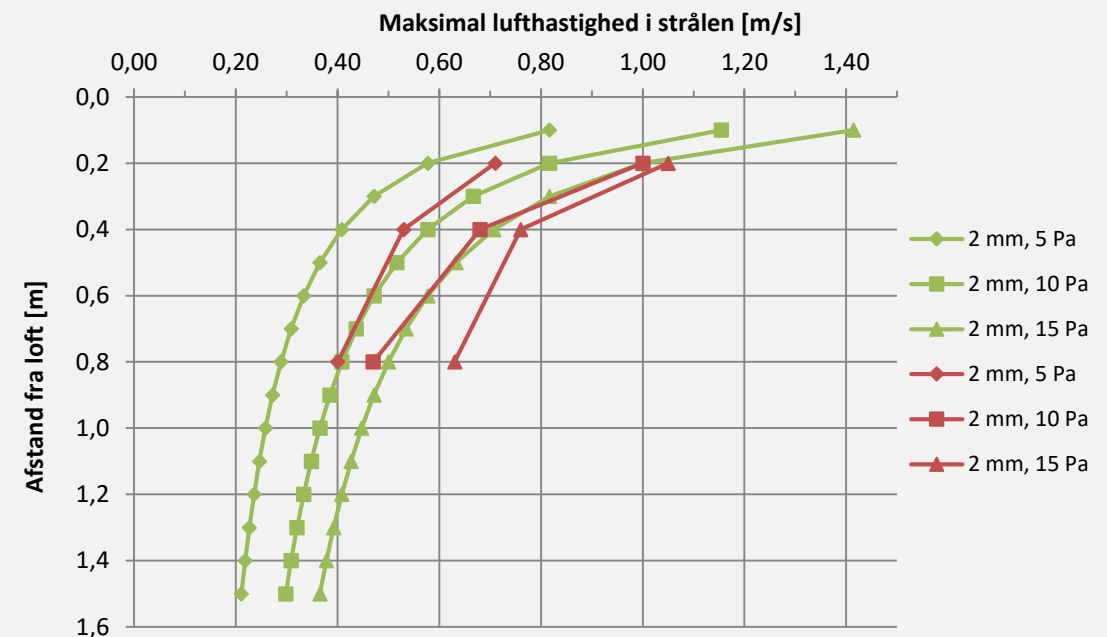


EKSEMPEL PÅ UTÆTHEDER 1

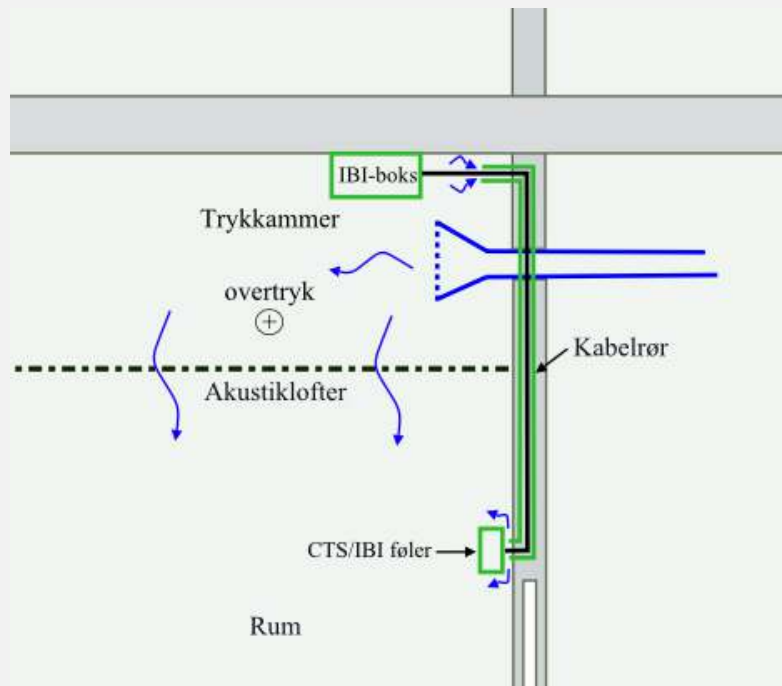


LUFTSTRÅLER VED UTÆTHEDER – ORIENTERENDE MÅLINGER

- Maksimal lufthastighed i strålen fra en spalte på 2 mm ved forskellige tryk.
 - De grønne linjer viser de teoretiske beregnede værdier.
 - De røde linjer viser de målte værdier for en forsøgsopstilling.



EKSEMPEL PÅ UTÆTHEDER 2



TILSYN OG COMMISSIONING

- Kontrol af tætning mellem rummene og trykkammer, kabel- og rørgennemføringer
 - Tætning mellem indblæsnings- og udsugningszoner
- Kontrol af tætning mellem plader, omkring lysarmaturer, sensorer o.l.
- Jævn fordeling af luft over loft
 - Ingen arealspecifik volumenstrøm der er større end 20% over gennemsnitsværdien. Kan eftervises med egenudviklet målemetode, med luftmængdemåling i tragt.
 - Maksimale hastigheder i indblæsning
 - Ingen forhindringer for luftfordelingen



DESIGN GUIDE TIL DIFFUS INDBLÆSNING



Koordinering

- Arkitekter og andre relevante fag



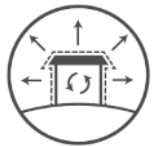
Type Akustikloft

- Test af akustikloft
- Ikke lufttæt bagside



Jævn fordeling

- Forhindringer i trykkammer
- $\Delta P_{loft} > 3 \cdot \frac{1}{2} \rho v_0^2$



Lufttætning

- Maks. 1-2 mm utæthed
- Fokus på lysarmaturer o.l.

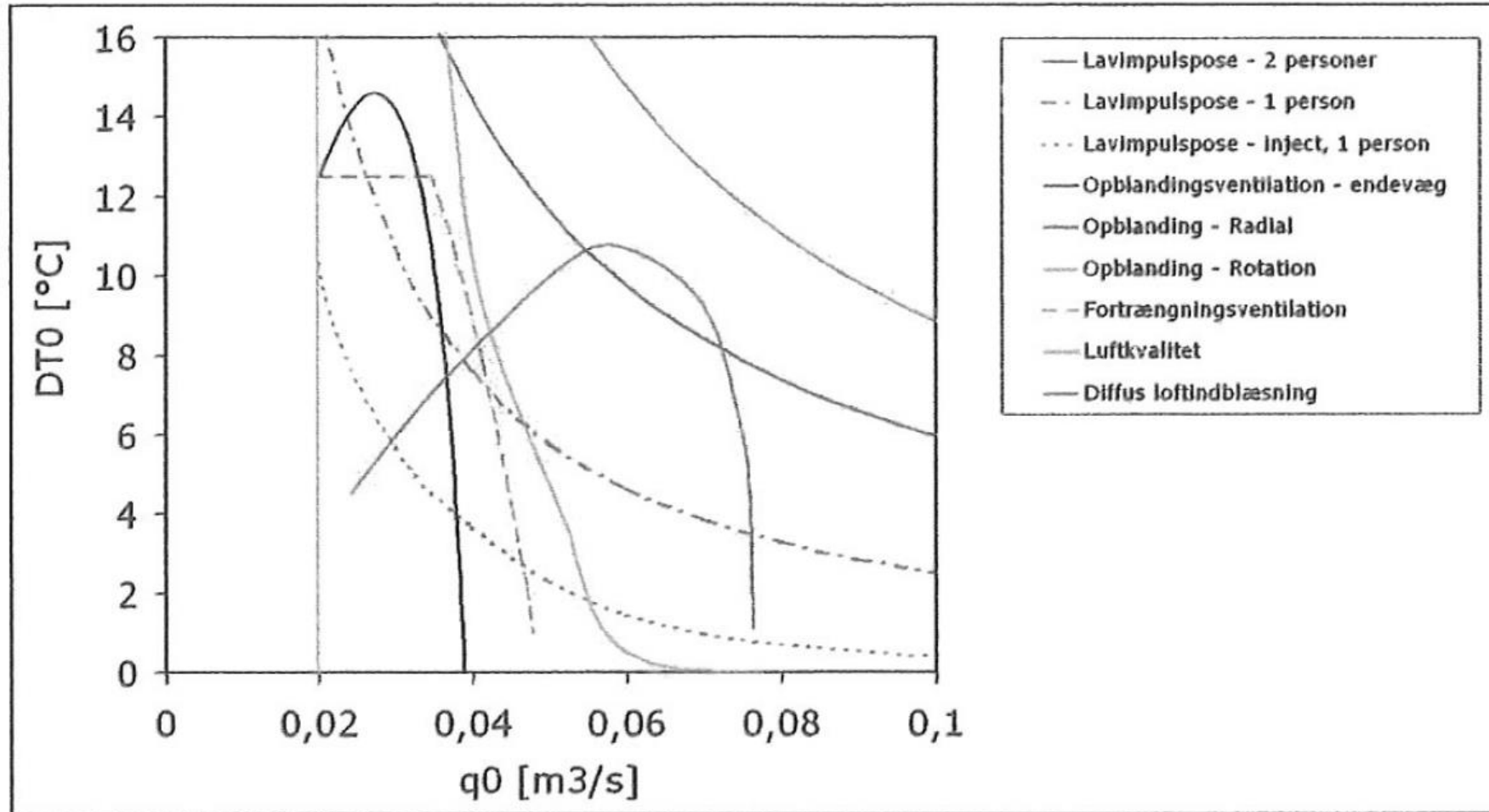


DESIGN GUIDE TIL DIFFUS INDBLÆSNING

Hvilke akustiklofter kan anvendes?

Simple forsøgsopstilling til måling af strømningssmodstand i akustikplader





Figur 5. Designgraf for de forskellige systemer inklusive diffus ventilation igennem en lydæmpende loftflade.

INDOOR CLIMATE CLASSES AND COOLING CAPACITY

	VAV with air supply from ceiling	Chilled Beams + CAV/VAV	Chilled Ceilings + CAV/VAV		Diffuse air supply through acoustic ceiling
			chilled ceiling 75 W/m ² _floor (metal radiation ceiling)	chilled ceiling 40 W/m ² _floor (e.g. gypsum chilled ceiling)	
Max loads - Draught risk - optimal placement of products in relation to the wall, distance to each other, even distribution of heat loads, moderate external load					
DS/CEN/CR 1752					
Class A - DR max = 15%	45 - 55 W/m ² (depending on number of outlets)	40 W/m ²	70 W/m ²	60 W/m ²	65 W/m ²
Class B - DR max = 20%	60 - 70 W/m ²	55 W/m ²	90 W/m ²	80 W/m ²	90 W/m ²
Class C - DR max = 25 %	75 - 90 W/m ²	70 W/m ²	105 W/m ²	95 W/m ²	110 W/m ²
Ventilation	integrated	integrated	separate system		integrated
Energy for cooling	usually high volume flow for cooling, thus high power consumption for ventilation	water based cooling (high temperature cooling), which saves energy	water based cooling (high temperature cooling), which saves energy		Can work with lower air supply temperature than other systems - however, condensation risk has to be evaluated