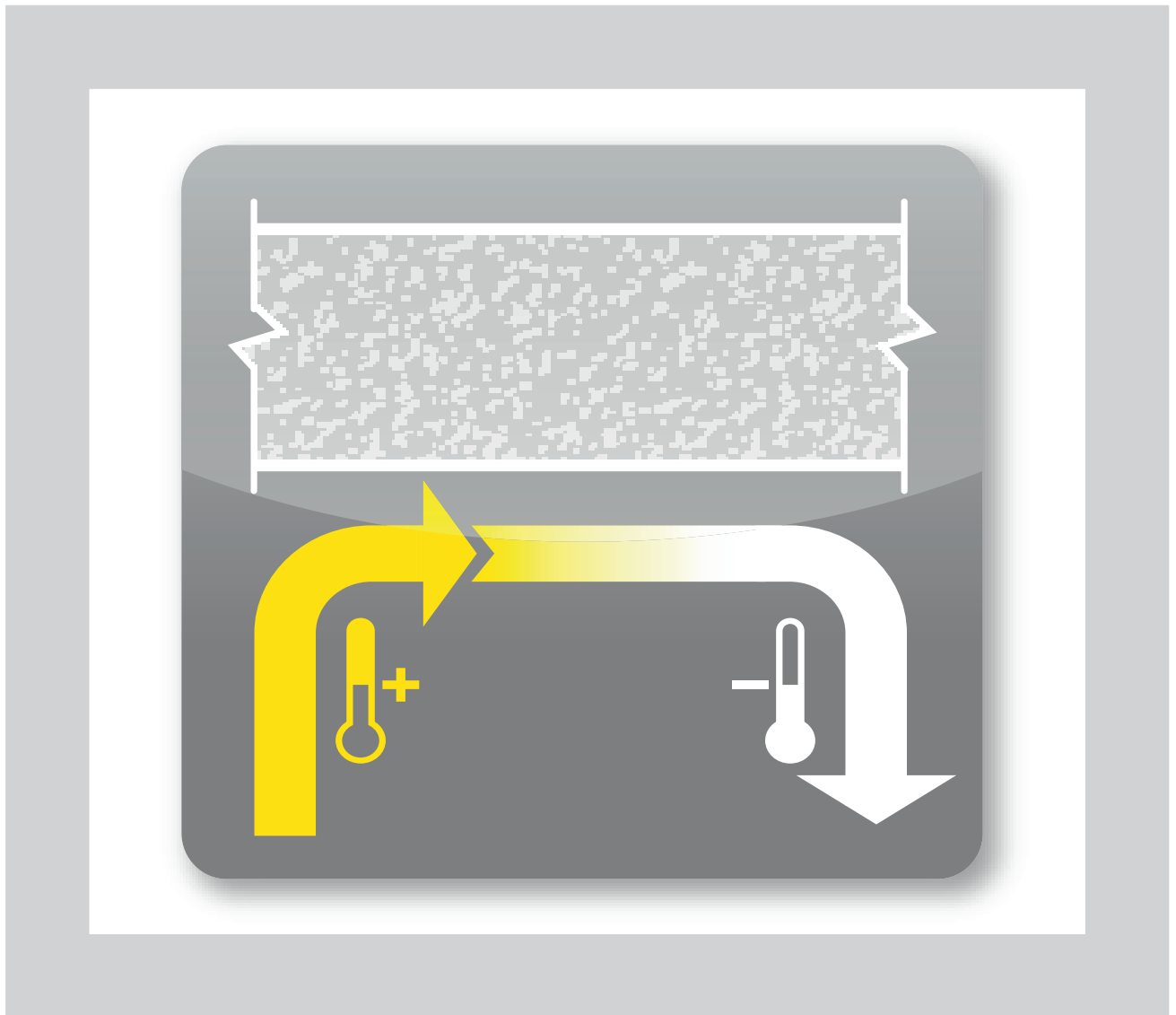


Kunskapsguide

TABS



1. Termiskt aktiva byggsystem (TABS)

Moderna byggnader kräver effektiva kylsystem. En lösning för att sänka temperaturen är att kyla betongplattan, vilket innebär att rummet kyls genom taket. Detta kallas termiskt aktiva byggsystem (TABS). En fördel med denna lösning är att plattan kan lagra den kalla luften som är tillgänglig nattetid, en annan är att kylningen sker nästan helt utan luftrörelse, vilken annars kan orsaka drag och obehag.

En utmaning är när detta system kombineras med krav på god akustik. Den traditionella lösningen - heltäckande akustiktak med absorptionsklass A - fungerar inte, eftersom kyleffekten från betongen begränsas av undertaket. En lösning är att använda frihängande enheter som förbättrar akustiken men samtidigt tillåter effektiv kylning.

Ecophon har utfört tester baserade på den europeiska standarden EN 14240:2004, för att utvärdera i vilken grad den kylande verkan påverkas av frihängande enheter. Resultaten av dessa tester har kombinerats med liknande testrapporter från andra parter i ett generellt diagram. Resultaten tyder på att kylningen till stor del uppstår genom naturlig konvektion och att det är viktigt att inte hindra luftrörelsen runt takenheterna.

Ecophon rekommenderar därför frihängande akustiska enheter i kombination med väggabsorbenter och absorberande skärmar för att uppnå optimalt ljudklimat med TABS. Ecophon Akusto rekommenderas där så är möjligt.

Ordlista

TABS	Termiskt aktiva byggsystem. Systemet kan vara aktivt eller passivt.
Strålning	Värmeöverföring genom elektromagnetisk värmestrålning på grund av temperaturskillnad mellan ytorna (människokroppar och platta).
Konvektion	Värmeöverföring via ett flöde av luft. Luftflödet sker mellan ytor med olika temperaturer.
Kylningseffektivitet	Återstående kyleffekt från kylsystemet i procent efter akustikbehandling.
Taktäckning	Arean med frihängande enheter dividerat med den totala innertaksarean.

2. Värmeöverföringssätt: konvektion och strålning

De två huvudprinciper för att åstadkomma komfortkyllning i ett rum är att förse rummet med kyld luft eller för att sänka temperaturen hos en eller flera av rummets ytor, t ex. tak och väggar. I det förra fallet sker kylningen genom **konvektionsutbyte** och i det senare genom **strålningsutbyte** med rummets varmare ytor, förutom genom konvektion.

Konvektion – definition

Konvektion är rörelse av luft som orsakas av temperaturskillnader i ett rum. Luftrörelserna beror på skillnader i luftens densitet vid olika temperaturer. Luft som värms genom närvaro av en person eller en dator, av solljus som träffar golvet, etc., kommer att stiga, och ersättas av frisk luft, vilket leder till en uppåtgående luftström. På andra platser i rummet uppstår en motsvarande nedåtgående luftrörelse. Denna typ av konvektion kallas naturlig, men den kan accelereras eller öka i volym med hjälp av fläktar (forcerad konvektion).

När luftens temperatur ökar så minskar dess densitet och den blir lättare. När den varma luften stiger pressar den undan luftvolymen ovanför. Den kallare luften trycks åt sidan innan den sjunker, medan den varma luften stiger tills den når betongbjälklaget. De faktorer som påverkar hastigheten med vilken luft kyls ner är betongbjälklagets temperatur, lufthastigheten i kontakten med betongbjälklagets och betongbjälklagets ytstruktur (grov eller slät). Ju snabbare luften kyls i kontakt med betongbjälklagets desto tätare blir den, vilket gör att den åter sjunker mot golvet. För en given mängd värme som initierar denna konvektionsrörelse, kommer närvaron av ett kylt betongbjälklag att accelerera konvektionsflödet.



Inverkan av horisontella absorbenter på konvektion

Förekomsten av frihängande element påverkar värmeöverföringen genom konvektion eftersom det uppstår en störning av luftflödet. Denna störning beror på:

- den totala rumssituationen (orientering, solinstrålning etc.)

- temperaturförhållanden nära golvet
- bjälklagets temperatur
- de akustiska elementens storlek
- avståndet mellan dessa element
- den relativa positionen hos dessa element.

Dessa parametrar kan vara kombinerade på olika sätt och är inte nödvändigtvis negativa för konvektionen. Tre aspekter är särskilt viktiga:

1. Luft ska kunna stiga mellan de frihängande elementen (i allmänhet i mitten av rummet, med antagande att det är där människor befinner sig).
2. Luft ska kunna strömma horisontellt i tomrummet mellan innertaket och de frihängande elementen.
3. Luft ska kunna sjunka mellan de frihängande elementen, tillbaka ner i rummet (i allmänhet vid rummets ytterkanter).

Om dessa villkor är uppfyllda så är konvektion förenlig med förekomsten av frihängande akustiska element, om än med vissa störningar.

Strålning

Strålning avser värmeöverföring mellan ytor med olika temperaturer. Värme överförs genom elektromagnetiska vågor från varmare ytor till svalare. Kroppar och ytor som utbyter värmeenergi genom strålning behöver inte vara i kontakt med varandra, utan behöver bara fri sikt mot varandra, eftersom överföringen sker genom värmestrålning.

Strålning är ett effektivt sätt att förmedla energi, och stora mängder energi kan transporteras även mellan små ytor.

Utbyte av strålningsvärme (eller -kyla) mellan två ytor är beroende av deras respektive temperaturer, typen av ytor (ytornas förmåga att avge värme, emissivitet) samt objektens form och dimensioner.

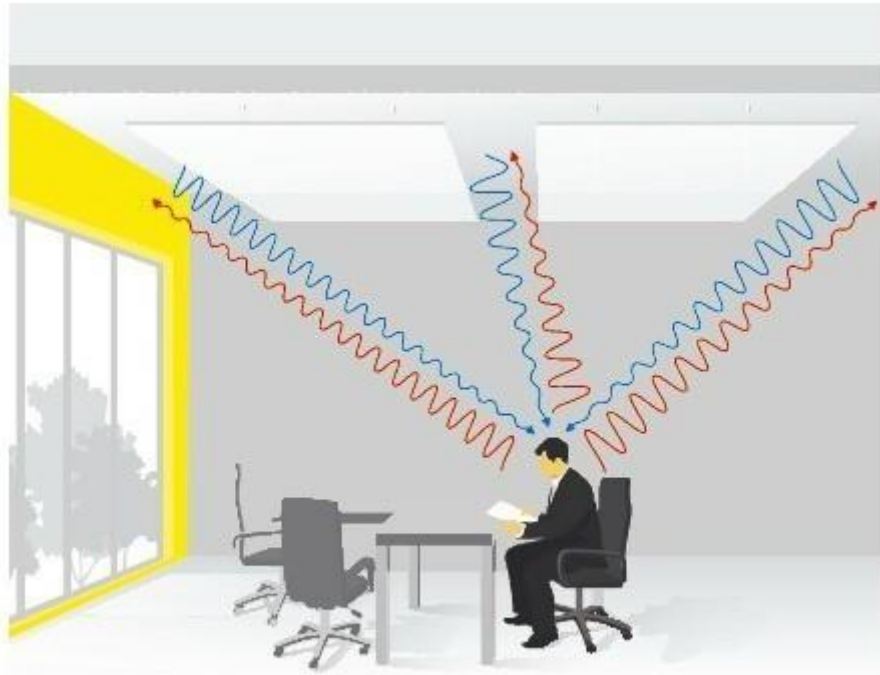
Emissivitet: Emissiviteten för ett material (vanligen betecknad ϵ eller e) definieras som den relativa förmågan hos dess yta att avge energi genom strålning vid en viss temperatur. Det är kvoten mellan den energi som utstrålas av ett visst material och den energi som utstrålas av en svartkropp vid samma yttemperatur. En ideal svartkropp har i teorin emissiviteten $\epsilon = 1$. Ett verkligt objekt har en emissivitet $\epsilon < 1$. Eftersom det är en kvot så är emissiviteten dimensionslös och ligger alltid mellan 0 och 1. I allmänhet har icke-metaller (särskilt icke-transparenta sådana) hög emissivitet ($> 0,8$), medan emissiviteten hos metaller varierar beroende på typen av metall och dess ytbeskaffenhet (matt eller blank).

Inverkan av frihängande element på strålning

Siktfaktor: Vid överföring av strålningsvärme är siktfaktorn den andel av strålningen från yta A som träffar ytan B.

När frihängande akustiska element är upphängda i ett rum, kan varje punkt av bjälklaget hänföras till någon av följande kategorier:

1. Punkt som kan ses från varje position i rummet
2. Punkt som kan ses från vissa positioner i rummet
3. Punkt som inte kan ses från någon position i rummet



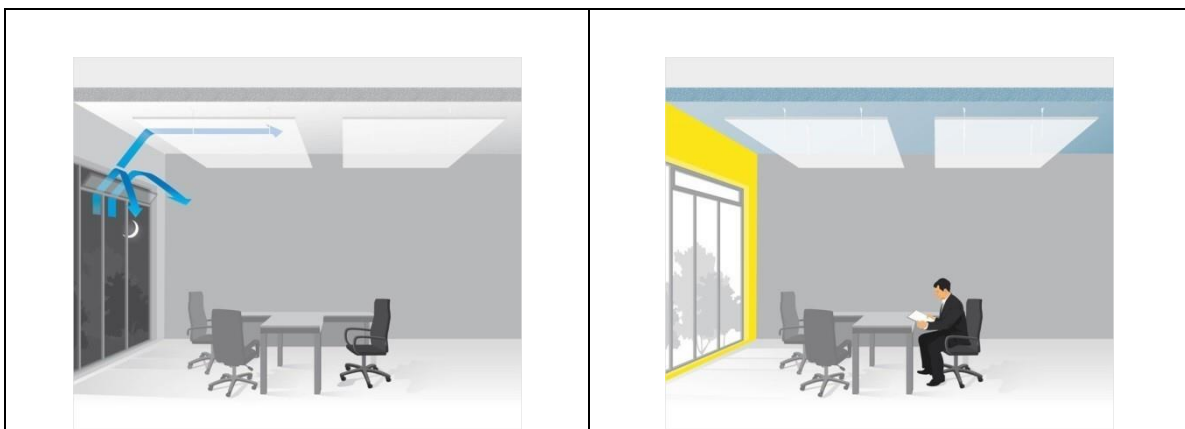
3. Aktiva och passiva system

För att sänka bjälklagets temperatur kan flera system användas, antingen passiva eller aktiva.

- Ett passivt system är när byggnadens betongplatta får svalna under natten (därför uttrycket "nattventilation") när utomhustemperaturen är lägre. Kylning uppnås ofta genom att man lämnar fönster tillräckligt öppna för att kall luft ska kunna strömma in mellan två ytor av byggnaden. Tekniken lämpar sig för klimat där nattetemperaturen är mycket lägre än dagstemperaturen. Nattventilation används också för att förnya luften inne i byggnaden.

Principen bygger på den stora volymen och massan av betong som har hög värmekapacitet och som därmed kontinuerligt jämnar ut temperaturvariationerna mellan dag och natt. Den största nackdelen är att passiva system är svåra att reglera.

- Aktiva system kallas även betongkärnaktivering (concrete core activation CCA). Här cirkulerar ett kylmedium (vanligen vatten) genom ett nätverk av rör som är ingjutna i betongen. Denna teknik kan bibehålla en låg temperatur i plattan på ett kontrollerat sätt. Den är mindre beroende av klimatet än passiv kylning, i synnerhet när det gäller nattlufttemperaturen.



Passiva system nattetid

Passiva system dagtid

I stora, moderna byggnader används ofta aktiva system. Ett system av rör eller slangar transporterar kallt vatten som kyler innertaket inifrån.



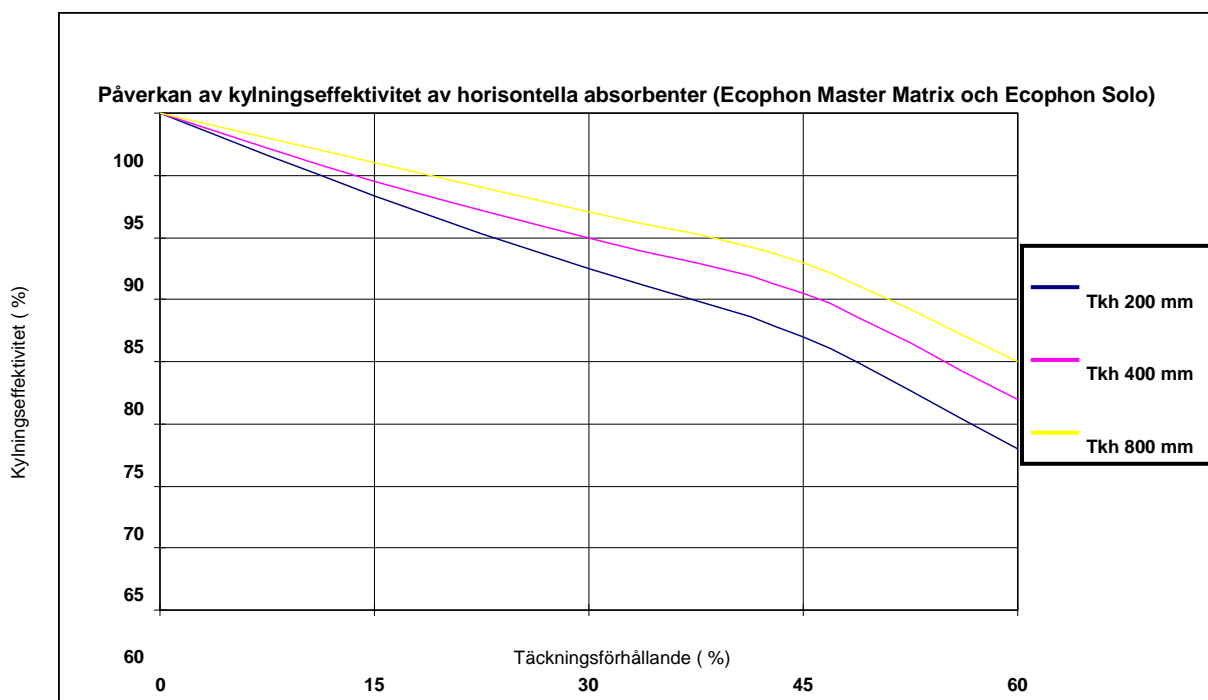
Aktivt system

5. Laboratiemätningar på horisontella och vertikala absorberer

Ecophon har under flera år samlat information om installationsteknik för TABS, tillsammans med våra egna mätningar och data från externa tekniska rapporter. En vanlig slutsats från både laboratorie- och fälttester är att förlusten av kylningseffektivitet är låg i förhållande till täckningsförhållandet hos akustiska element. Det beror på att värmeöverföringen genom naturlig konvektion ökar när frihängande enheter minskar sikt faktorn och därmed minskar också värmeöverföringen genom strålning.

5a. Total effekt på kyleffektiviteten av frihängande absorberer

Värdena som visas härrör från mätningar utan ventilation i rummet. I verkliga situationer är kylningseffektiviteten högre på grund av luft rörelser som orsakas av ventilation och aktivitet i rummet.



Diagrammet gäller för alla typer av Ecophons horisontella absorbenter av 40 mm tjocklek, som Ecophon Master™ Matrix och Ecophon Solo™, när det minsta avståndet mellan absorbenterna är 200 mm och avståndet mellan de absorbenterna och väggen är större än 200 mm. Kylningseffektiviteten är oberoende av storleken och formen hos individuella absorbenter. Det rekommenderas att absorbenter fördelas jämnt i rummet. Diagrammet kan tillämpas både för aktiva och passiva kylsystem.

Om flera plattor är installerade på olika nivåer ska det genomsnittliga avståndet mellan absorbenten och betongytan användas. Om ett system har installerats med överlappande paneler måste det finnas ett vertikalt utrymme mellan panelerna på minst 200 mm för att få ett korrekt resultat när det gäller strålning och konvektion.

5b. Ytterligare undersökningar om frihängande absorbenters placering och baksidebeläggning

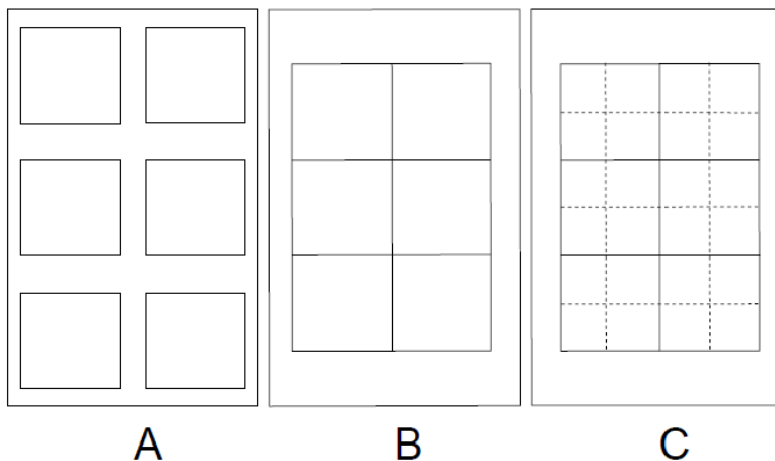
Laboratiemätningar genomfördes i Peutz, i Nederländerna. De behandlar påverkan från grupperade frihängande enheter med avseende på kyleffekten från ett kyltak.

Vid användning av frihängande enheter reduceras kylkapaciteten från kyltaket, beroende på de frihängande enheternas täckningsförhållande.

Laboratiemätningarna utfördes med 6 frihängande paneler av glasullstyp (1200 x 1200 mm), vilket motsvarar en effektiv täckning på 60 procent. Situationen med 6 paneler jämnt fördelade över takytan väljs som referenssituationen för kyleffekt från innertaket.

- Om de 6 paneler grupperas utan mellanrum mellan varandra minskar kyleffekten med cirka 15 procent. Referenssituationen jämfördes också med samma gruppering av paneler, men med en mörkare baksida (baksidan är den övre sidan av panelen, som vetter mot innertaket av betong). Baksidan belades med glasfilt, medan den i referenssituation målades vit. Skillnaden mellan de två konfigurationerna var försumbar, vilket bekräftar teorin om emissiviteten hos icke-blanka, icke-metallytor.

Slutligen gjordes en jämförande mätning för att undersöka inverkan av ett metalliskt galler på konvektion kring panelerna. Rutnätet bestod av ca 50 mm höga T-profiler.



För samma täckningsförhållande på 60 procent, har fyra olika konfigurationer av horisontella absorbenter testats. Panelerna monterades med tkh (total konstruktionshöjd) 300 mm. Mätningarna utfördes med olika innertakskonfigurationer. Följande konfigurationer testades:

- Jämnt fördelade paneler med målad baksida ("A")
- Jämnt fördelade paneler med icke målad baksida ("A")
- Paneler med icke-målad baksida, grupperade utan utrymme mellan dem ("B")
- Paneler med icke-målad baksida, grupperade med T-profiler av metall på ovansidan ("C").

5c. Inverkan av vertikala absorbenter (Ecophon Solo™ Baffle)

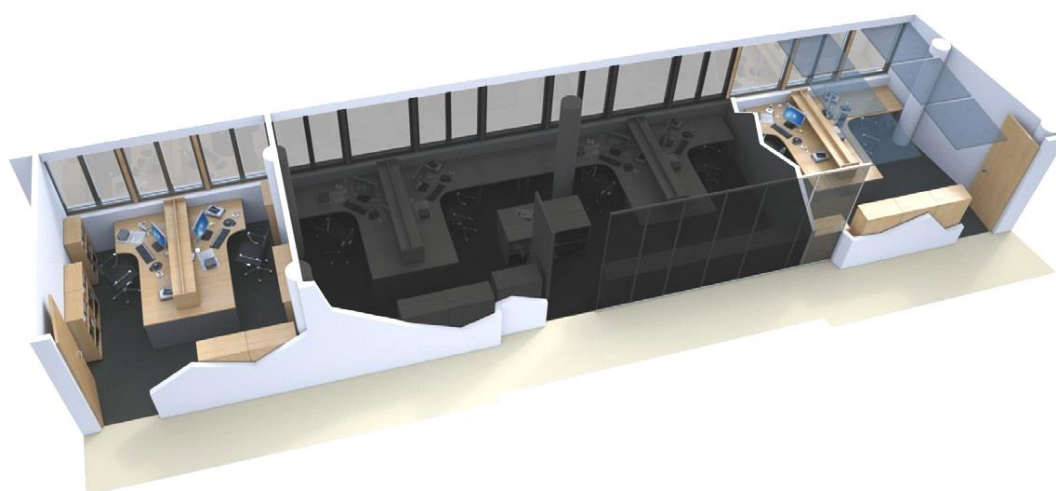
Ecophon har gjort två mätningar på bafflar enligt EN 14240:2004. Bafflarna installerades i rader med två olika avstånd mellan raderna. Bafflarna installerades dikt på bjälklaget inte på bärverk.

Produkt	Täckningsförhållande	Tkh	Kylningseffektivitet
16 x 3 st. Solo Baffle 1200 x 300	200 mm avstånd mellan bafflar	Dikt montering	84 %
9 x 3 st. Solo Baffle 1200 x 300	400 mm avstånd mellan bafflar	Dikt montering	88 %

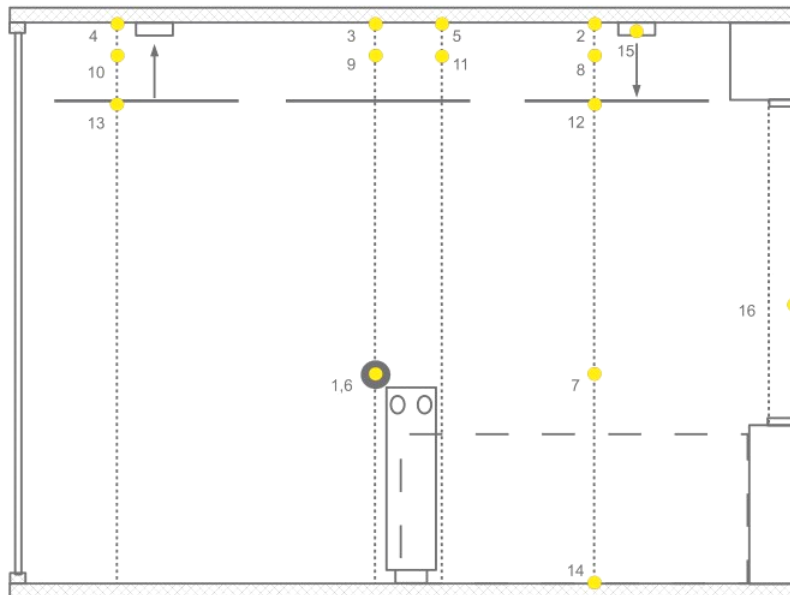
6. Fältmätningar på horisontella absorbenter

En stor fältstudie genomfördes 2012 för att jämföra temperatur och rumsakustik i två cellkontor av samma storlek i byggnadskomplexet WOOPA i Vaulx-en-Velin i utkanten av Lyon i södra Frankrike. Studien är resultatet av ett brett samarbete med bland andra Saint-Gobain Research, Ecophon och konsulterande experter på akustiska och termiska mätningar.

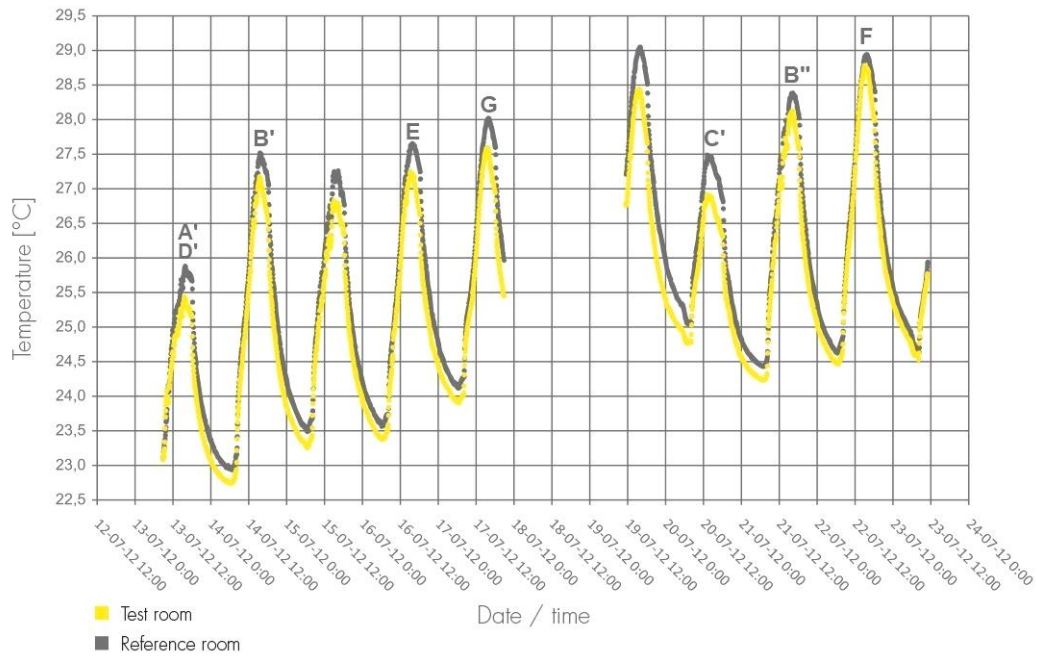
Project	WOOPA office building in Lyon, France
Type of test	in situ
Goal	To determine the influence of acoustic measures on the operative room temperature
Presentation of results	Difference between the operative temperature in the reference room and the test room
Convective support	Heating convectors, supply and exhaust air on the room ceiling
Measured value	Operative room temperature
Measurement period	Summer (June to August)
Systems used	Ecophon Solo™ Rectangle / Square



Referensrummet (vänster) och testrummet (höger).

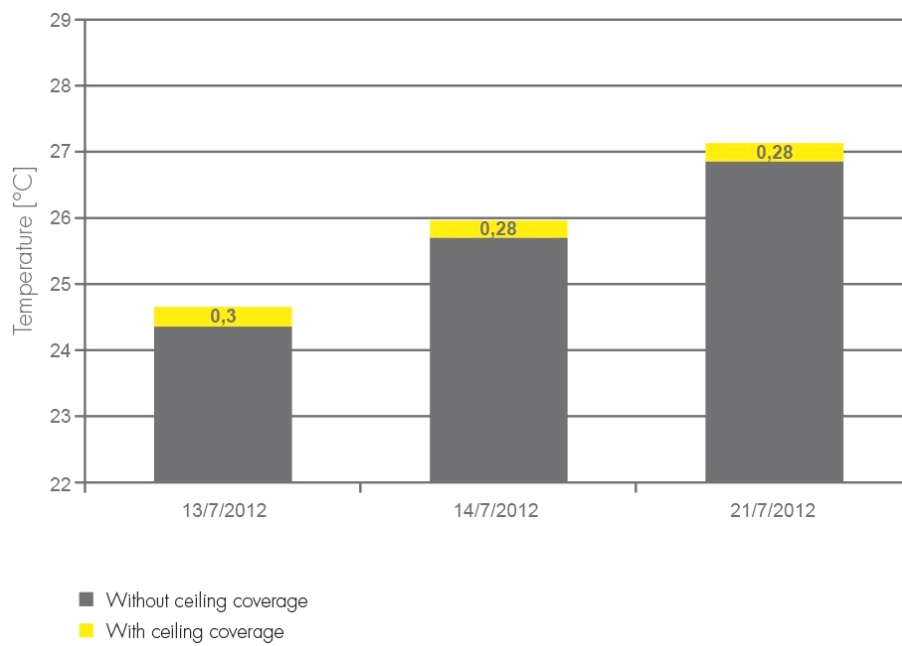


Experimentupbyggnad.



Termiska mätningar med akustiktakpaneler (täckningsförhållande 50 %).

Resultaten kan sammanfattas enligt följande:



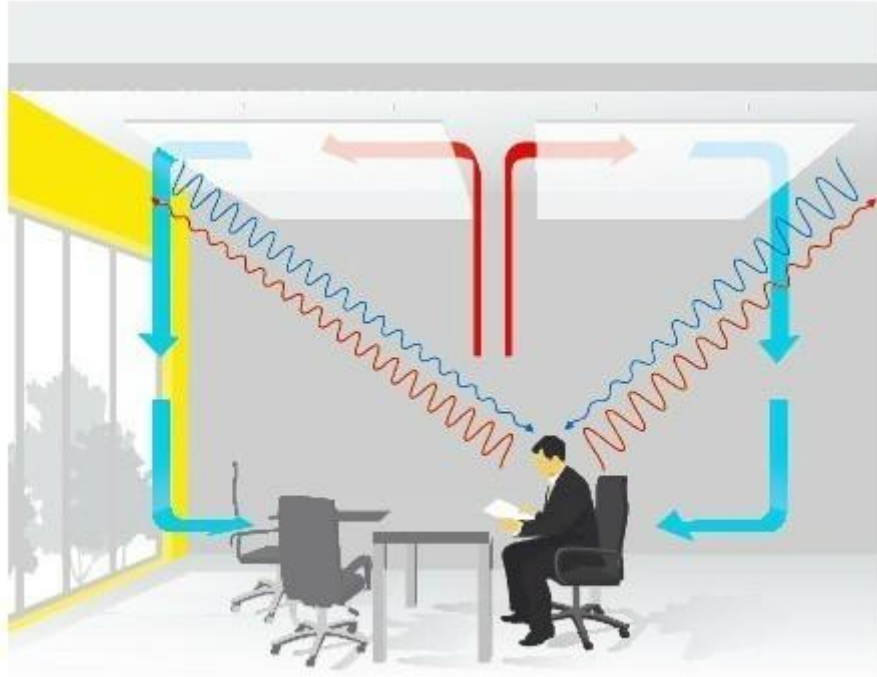
Beräkning av den genomsnittliga operativa temperatur med och utan horisontella absorbenter i testrummet.

Degree of ceiling coverage	50% with ceiling panels
Acoustic comfort	Reverberation time 0.4s acc to ISO3382-1
Result	Difference of 0.3°C

**) Resultatet är en uppskattning baserad på jämförelse av operativ temperatur mellan referensrummet och testrummet, och på variation av dessa skillnader under jämförbara dagar, till exempel genom variation av täckningsförhållandet i provrummet. Detta är ett resultat från en fältstudie och liknande data kan följaktligen inte garanteras för en annan typ av rum med en annan uppsättning förutsättningar.*

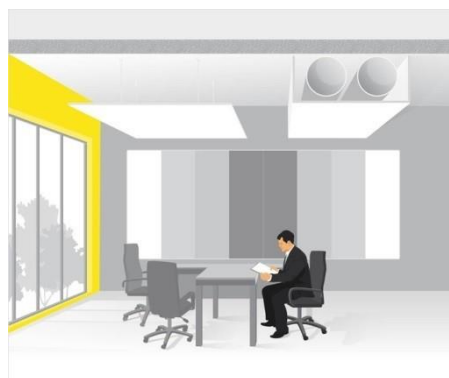
6. Rekommendationer

Det är lämpligt att välja lösningar som tillåter luftflöde mellan ljudabsorbenten och betongytan. I en verklig installation förekommer också betydligt fler luft rörelser, på grund av ventilation, öppna fönster och aktivitet i lokalen, än vad som visas i testresultaten. Denna luft rörelse bidrar ytterligare till att reducera inverkan på kylningseffektiviteten av frihängande enheter. Ökad konvektionskylning kompenserar för den minskade strålningskylning.



Under verkliga förhållanden sker kylning både genom strålning och konvektion.

Den grundläggande principen för att uppnå god rumsakustik är att införa tillräckligt mycket ljudabsorberande material i rummet. Till att börja med bör den totala arean av frihängande absorberer vara lika med 60 procent av golvarean. Detta är ett nödvändigt, men inte tillräckligt, villkor, på grund av den relativt dåliga ljudabsorptionsförmågan hos frihängande absorberer vid låga frekvenser (från oktavbandet 250 Hz och nedåt). För TABS-byggnader, innebär detta att de horisontella absorbererna ska kompletteras med väggabsorberer (t.ex. Ecophon Akusto™ Wall) när så är möjligt, och att de delar av innertaket som inte har någon kylfunktion används för ljudabsorption. Exempelvis kan synliga ventilationsrör täckas med Ecophon Focus™ Fixiform.



Ecophon Master™ Matrix, Ecophon Akusto™ Wall och Ecophon Focus™ Fixiform

Ljudabsorption ska installeras, så långt som det är möjligt, på fasta interiörstrukturer i syfte att säkerställa en långsiktigt god ljudmiljö. Därutöver kan flexibel kompletterande absorption sättas in i form av fristående absorberande skärmar (t.ex. Ecophon Akusto™ Screen).

Sammanfattning:

- Tester utförda av Ecophon visar att en täckning motsvarande 60 procent av golvarean med absorberer på innertaket är en idealisk lösning för TABS-byggnader, både termiskt och akustiskt.
- För att skapa den bästa kombinationen av termisk och akustisk prestanda rekommenderar Ecophon en jämn fördelning av absorberer i innertaket. Varje enhet ska ha minst 0,2 meters fritt utrymme på två motsatta sidor. Det enda undantaget är om rader av vertikala absorberer (bafflar) används. Då ska avståndet mellan raderna uppgå till 0,2 meter.
- För att bevara den önskade kylningseffektiviteten rekommenderar Ecophon ett avstånd på minst 0,2 meter mellan innertaket av betong och de frihängande enheterna. Enligt våra laboriestudier kan både termisk och akustisk prestanda förbättras om detta avstånd ökas till över 0,2 meter.
- När takenheter med 60 procent täckningsförhållande kombineras med väggabsorberer, rekommenderar Ecophon att väggabsorberer täcker en väggyta motsvarande 20 procent av golvarean. I ett kontor där de flesta människor sitter vid skrivbord, bör väggpanelerna centreras kring en höjd av 1,2 meter. På kontor där de flesta människor står bör de centreras på en höjd av 1,6 meter.

Alla tester och rekommendationer baseras på Ecophons produkter, som har mycket goda ljudabsorberande egenskaper. Dessa egenskaper beskrivs antingen i form av ekvivalent absorptionsyta (Aeq) eller absorptionskoefficient (α) i våra systemspecifikationer, vilka finns på vår webbplats, www.ecophon.com. Resultaten och rekommendationerna som presenteras här kan därför inte automatiskt tillämpas på andra produkter, med lägre Aeq eller α .

Bilaga

Kompatibilitet mellan kyltak av betong och frihängande akustikelement.

I byggnader med termiskt aktiva plattor kan ingjutna rör nära betongytan begränsa möjligheterna att fästa akustiska element i innertaket. Borrade hål skulle kunna skada rören och orsaka läckage.

Det finns flera sätt att hantera denna konflikt:

- Planera noga för att separera områden där rören är integrerade i innertaket från de områden där akustiska element ska hängas. Avståndet mellan upphängningszoner beror på typen av frihängande akustiska elementet (Ecophon Master™ Matrix eller Ecophon Solo™), storleken på elementen eller klustren samt deras layout eller disposition i rummet.
- Välj en typ av montering som perforerar betongen så lite som möjligt. Ett exempel är Flush anchor HKD M6x25 från Hilti. Det är ett expansionsankare som fixeras med hjälp av ett särskilt verktyg. Ankaret penetrerar 25 mm in i betongen.
- Montera akustikenheterna i innertaket perforeringsfritt, med hjälp av lim, bruk eller liknande.

7. Referenser:

Testing of acoustic ceiling boards influence on cooling capacity according to EN 14240:2004, SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2008

Weitzmann, Peter ; Pittarello, E. ; Olesen, Bjarne W. *The cooling capacity of the thermo active building system combined with acoustic ceiling*, Nordic Symposium on Building Physics, DTU, Kongens Lyngby, 2008

Peperkamp, Hanneke., Vercammen, Martin, *Thermically activated concrete slabs and suspended ceilings*, Proceedings of NAG-DAGA International Conference on Acoustics, Rotterdam, 23–26 mars 2009

Chigot, Pierre. *Office buildings and natural cooling: room acoustic demands and influence of acoustic treatment on thermal performance*. Proceedings of Inter-Noise, 39th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering. 13–16 juni 2010. Lissabon, Portugal.

Kreider, Jan F. Curtiss, Peter S., Rabl, Ari, *Heating and Cooling of Buildings: Design for Efficiency*, Revised Second Edition, CRC Press, Boca Raton, 2010, 843 p

Le Muet, Yoan, Peperkamp, Hanneke, Machner, Rainer, *Combining thermally activated cooling technology (TABS) and high acoustic demand: Acoustic and thermal results from field measurements*, Proceedings of Inter-Noise, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Innsbruck, 15–18 september 2013

Ecophon ceiling panels in relation to Thermally Activated Building Systems (TABS) – Climatic chamber test, Peutz Report number DB 2805-2E-RA d.d. 10 juni, Mook, 2013