

LÅGIMPULSSYSTEM

TBV-SYSTEM

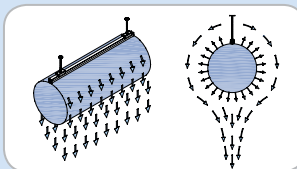
Luftfördelningsprincipen för ett TBV-system skiljer sig väsentligt från ett traditionellt ventilationssystem utrustat med stålkanaler och konventionella luftfördelningsarmaturer. De flesta arkitekter, rådgivare och installatörer i ventilationsbranschen känner till de överordnade principerna för TBV-system, men alla känner inte till de senaste produktvarianterna och designmöjligheterna. Följande tre kapitel beskriver KE Fibertecs produktvarianter samt luftfördelningsprinciperna för alla produkttyper.

TEXTILBASERADE LÅGIMPULSSYSTEM

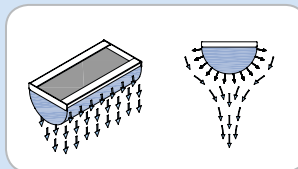
KE Fibertec marknadsför två produkter för textilbaserad lågimpulsventilation, KE-Lågimpulssystemet respektive KE-Interiörsystemet. KE-Lågimpulssystemet utförs som runda kanaler (Ø), medan KE-Interiörsystemet utförs som halvrunda (D) eller kvartsrunda ($\frac{1}{2}D$) kanaler. I princip är det ingen skillnad på luftfördelningsprincipen för dessa produktvarianter och därför följer här en beskrivning av luftfördelningsprincipen för dem alla.

PRODUKTSORTIMENT LÅGIMPULSSYSTEM

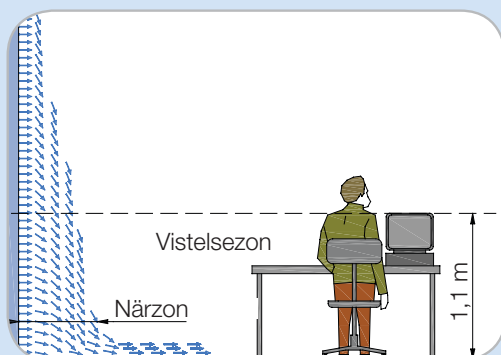
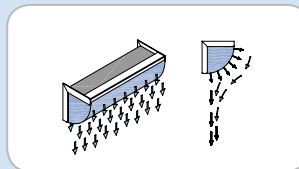
KE-Lågimpulssystem



KE-Interiörsystem (D)



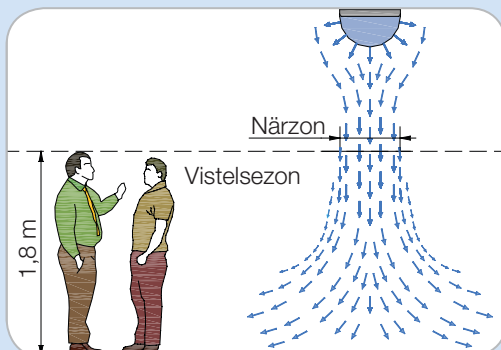
KE-Interiörsystem ($\frac{1}{2}D$)



VISTELSEZON FÖR LÅGIMPULSSYSTEM

Vistelsezonen är det område i ett rum där personer vistas en längre tid och definieras som den zon där man försöker hålla inneklimatet på en allmän nivå.

Vistelsezonen är inget standardiserat område utan en zon som definieras från projekt till projekt i samråd med arkitekt och byggherre. Vistelsezonen definieras oftast som zonen från golvet och upp till 1,8 m vid stående aktivitet och upp till 1,1 m vid sittande aktivitet.



NÄRZON FÖR LÅGIMPULSSYSTEM

För horisontella lågimpulssystem definieras närzonen som zonen under textilkaneln där det är störst risk för kallras eller drag. Närzonens bredd kan beräknas till maximalt 3 x kanaldiametern.

För vertikala lågimpulssystem definieras närzonen som den lokala zonen runt kanalen där det förekommer för höga lufthastigheter jämfört med rummets komfortkrav (beroende på rumskategori).

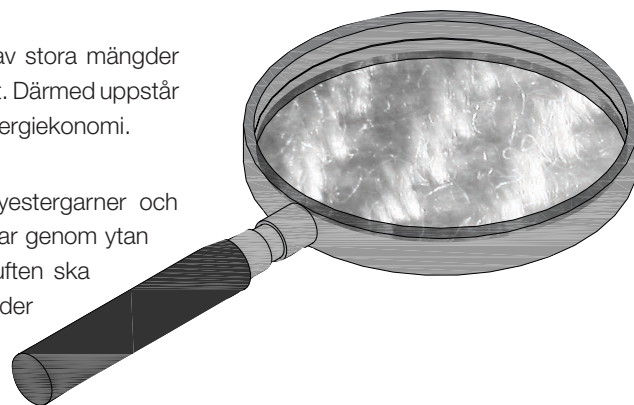
HORISONTELLA LÅGIMPULSSYSTEM

Luftfördelningsprincipen för horisontella lågimpulssystem är baserad på passiv termisk undanträngning där luften blåses in med en undertemperatur i förhållande till rumsluften. På grund av densitetsskillnaden (den avkylda luften är tyngre än den varmare rumsluften) undanträngs rumsluften under kanalen och inblåsningsluften fortsätter i riktning mot golvet. Strömningen i rummet är sedan baserad på naturliga luft rörelser där luften drivs av densitetsskillnader och konvektionsströmmar från värmeavgivande aktiviteter och processer, därav beteckningen passiv termisk undanträngning. En hög värmeaktivitet från värmekällor medför stora konvektionsströmmar och därav kraftig stigning av luften och stor medrivning av luften omkring källan. Därmed skapas en skiktindelning i det ventilerade rummet där värme och föroreningar förs bort från vistelsezonen och sugas ut under taket.

”Textilytan på textilbaserade lågimpulssystem är ett finmaskigt trådnät där inblåsningsluften sipprar genom ytan med en mycket låg och jämn hastighet.”

Ett lågimpulssystem kan **endast** användas för kylning eller fördelning av stora mängder isothermisk luft, eftersom varm luft skulle lägga sig som ett täcke under taket. Därmed uppstår en kortslutning av inblåsningsluften och resultatet blir en mycket dålig energiekonomi.

KE Fibertecs textilbaserade lågimpulssystem vävs av Trevira CS polyestergarner och textilytan fungerar som ett finmaskigt trådnät där inblåsningsluften sipprar genom ytan med en mycket låg, jämn hastighet på normalt under 0,1 m/s. Om luften ska fördelas efter lågimpulsprincipen bör inblåsningshastigheten hållas under 0,40-0,50 m/s. Detta är gränsen för när en begynnande medryckning och uppblandning av rumsluft i lågimpulsströmningen kommer att ske.



På nedanstående bild visas luftfördelningsprincipen för horisontella lågimpulssystem.

ZON 1

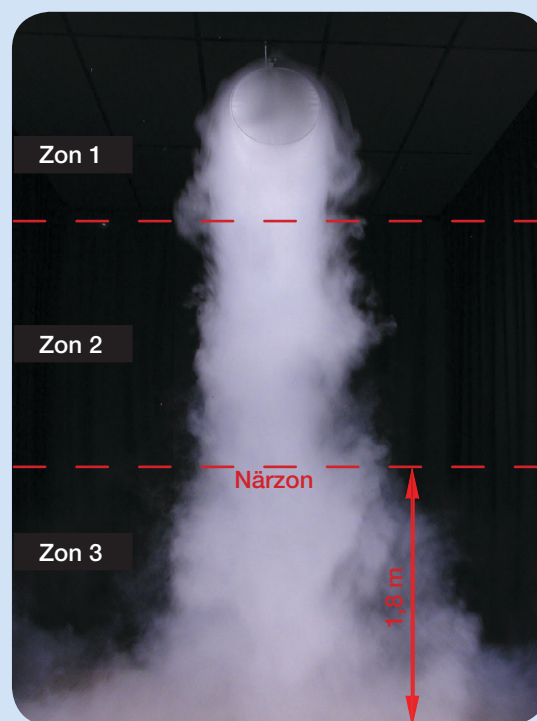
Strömningarna i zon 1 är speciellt beroende av kyleffekten per löpmeter kanal (W/m). En hög kylbelastning resulterar i en kraftigare acceleration av inblåsningsluften i zon 1, där luften faller ner och förs ihop med den övriga luften.

ZON 2

I zon 2 undanträngs den varmare rumsluften av den avkylda luften från lågimpulskanalen. I lågimpulsströmningar blir det nästan ingen medrivning av omgivande rumsluft, som kan dämpa hastigheten, innan luften når vistelsezonen. Därför kommer en högre startnivå resultera i en högre sluthastighet vid vistelsezonens ingång.

ZON 3

Likaså är närzonens bredd speciellt beroende av kyleffekten per löpmeter kanal. Ju större kyleffekt, desto smalare närzon. Vid vistelsezonens ingång kan bredden beräknas till max 3 x diametern på lågimpulskanalen.



Som nämnts på föregående sida är kyleffekten per löpmeter kanal avgörande för hur luftströmningen under kanalen blir, men även placeringen av värmekällor i rummet har stort inflytande på luftströmningen. Följande parametrar är bestämmande för lufthastigheten och lufttemperaturen under kanalen:

Kyleffekt per löpmeter kanal

Stora effektbehov ger anledning till högre inblåsningshastigheter och större temperaturskillnader mellan rum och inblåsningstemperatur (ΔT). Båda dessa parametrar resulterar i en forcering av inblåsningsluften.

Placering av värmekällor

Mätningar har visat att jämnt fördelad golvvärme medför en kraftigare acceleration av inblåsningshastigheten än värmekällor som placerats högt i lokalen (1,5 m till 2,0 m över golvnivå).

I motsats till kyleffekten per löpmeter kanal har det statiska övertrycket som håller textilkanalen utspänd inget speciellt inflytande på strömningens spridning i rummet. Oavsett hur stort övertrycket i kanalen är så finns det inte tillräcklig kraft (impuls) i strålen för att ge luften en kastlängd, det som kännetecknar KE Fibertecs högimpulssystem.

” Det statiska övertryck som håller textilkanalen utspänd har inte impuls nog för att ge luften en kastlängd, det som kännetecknar KE Fibertecs högimpulssystem. På grund av densitetsskillnaden mellan inblåsningsluften och rumsluften fortsätter inblåsningsluften i riktning mot golvet direkt efter att den passerat textilytan. ”

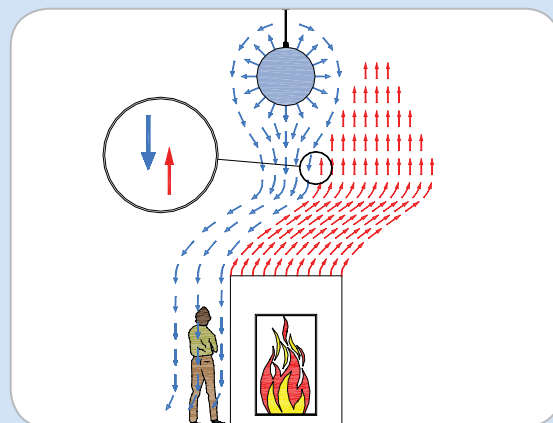
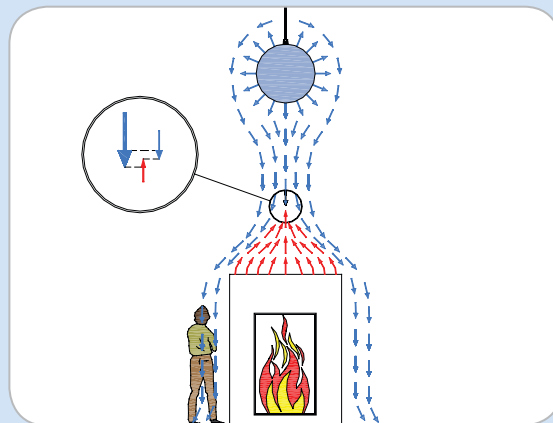


Som nämnt ovan är det viktigt att klargöra hur värmebelastningen i lokalen är fördelad eftersom det är stor skillnad på om värmebelastningen kommer från maskiner, personer, ljus eller om det primärt är transmissionsvärme från omgivande lokaler. Då lågimpulsströmningar endast styrs av termiska strömningar är placeringen av värmekällor och värmegivande processer i rummet en mycket väsentlig parameter vid beräkningen av lågimpulsströmningarna. I KE Fibertecs rumkategorisering (samt på datablad 1) har vi tagit hänsyn till den normalt förekommande värmefördelningen i olika typer av lokaler, och vi rekommenderar att dessa dimensionsvärden används. Rumkategoriseringen samt datablad 1 ger klara riktlinjer för hur stor kyleffekt som kan blåsas in vid olika komfortkrav.

PLACERING AV VÄRMEKÄLLOR

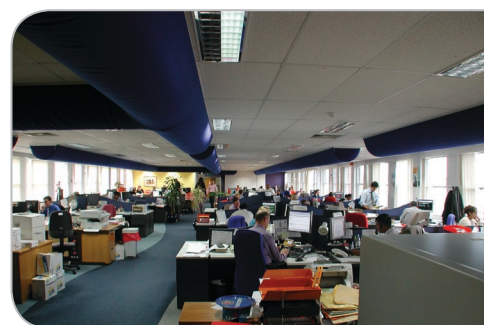
Vid värmekällor stiger konvektionsvärme upp och kommer med en viss spridningsvinkel att möta den nedåtgående luften från kanalerna. Detta fenomen känns även igen från stora fönsterpartier där konvektionsvärme från element under fönstren motverkar kallras. Är värmekällorna högt placerade kommer den resulterande lufthastigheten att bli något lägre när strömningen når ner till vistelsezonen, d.v.s. om den nedåtgående lufthastigheten är högre än den uppåtgående varma luften så kommer strömningen att fortsätta neråt, men med begränsad hastighet.

Teoretiskt sett är det möjligt att beräkna konvektionshastigheter över nästan alla gängse värmekällor, och med kunskap om lufthastigheten under lågimpulskanalen är det i princip möjligt att beräkna den resulterande lufthastigheten. Men detta tillvägagångssätt kan absolut inte rekommenderas! I praktiken finns det en mängd exempel på att den kalla strömningen kan "slå ut" mot sidan och avledas från kanalens centerlinje och fortsätta med en större hastighet än vad som beräknats, vilket medför risk för drag.



Om det primärt finns stora koncentrerade värmekällor i lokalen är det viktigt att lågimpulskanalerna är placerade lågt i rummet och fördelade mellan värmekällorna. På så sätt uppnås god undanträngande effekt och onödig uppblandning med förorenad luft från den övre zonen och konvektiv värmestigning från maskiner undgås. På så sätt uppnås en väldigt effektiv genomsköljning av arbetszonerna under textilkanalerna. Det är mycket viktigt att textilkanalernas antal och placering noga anpassas efter maskinerna och att kanalerna följer hela värmekällans längd. Om värmekällorna är jämnt fördelade, som i t.ex. en kontorslokal, bör lågimpulskanalerna placeras i gångarealer eller längs väggarna för att undgå kallras vid fasta arbetsplatser. Om den uppåtgående konvektionsvärmen blockerar lågimpulsströmningen kan en oönskad skiktindelning byggas upp med kall luft överst och varm luft nederst. För att undgå ett plötsligt kallras, så kallat "turbulensdrag", är det viktigt att skapa ett balanserat system så att risken för kallras inte uppstår.

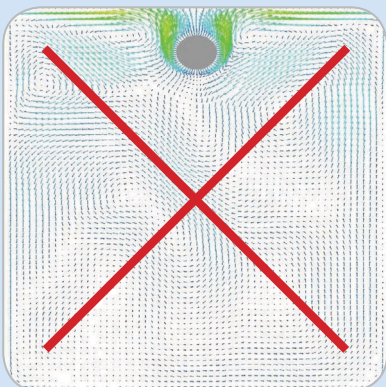
Placeringen av utsugsöppningar har också inflytande på luftfördelningen i lokalen. Returströmningar mot en utsugsöppning placerad i golvnivå kan upplevas som drag, speciellt i kalla produktionslokaler där även mycket låga lufthastigheter känns besvärande. Normalt rekommenderas att utsugsöppningarna placeras i taknivå med en viss spridning. Även stora portar eller fönster som ofta öppnas har betydelse för luftfördelningen eftersom ojämna tryckförhållanden kan orsaka en tillströmning av luft utifrån och från omgivande lokaler.



LÅGIMPULSSYSTEM

Nedanstående figur illustrerar det karaktäristiska strömningsmönstret under ett horisontellt KE-Lågimpulssystem i en uppvärmningssituation, ventileringsituation samt två kylesituationer med olika kyleffekter per löpmeter kanal.

A



$$\Delta T < 0^{\circ}\text{C}$$

Inblåsning av uppvärmd luft medför kortslutning av inblåsningsluften då luften lägger sig som en kudde under taket. Därför är lågimpulssystem inte användbara för uppvärmning.

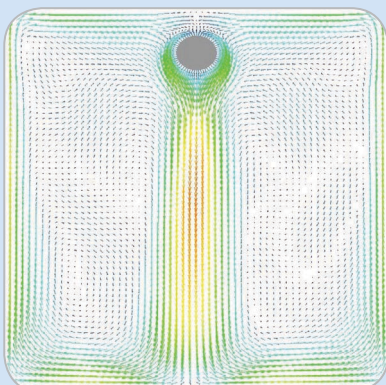
B



$$\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$$

Inblåsning av isotermisk luft resulterar i ett mycket diffust strömningsmönster. Oftast önskas nedåtgående luftrörelser (i riktning mot vistelsezonen) och i sådana fall rekommenderas en ökning av inblåsningshastigheten till 0,40-0,50 m/s, där går gränsen om luften ska blåsas in efter lågimpulsprincipen. Vid inblåsningshastigheter över 0,50 m/s kan en begynnande meddrivning av omkringliggande rumsluft förväntas.

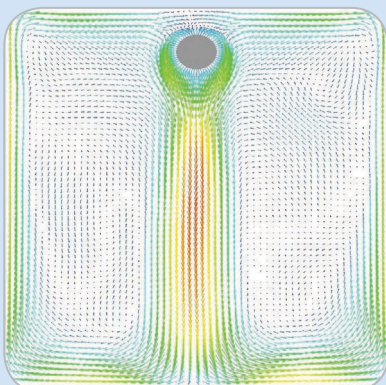
C



$$\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$$

Inblåsning av underkyld luft medför det karakteristiska nedåtriktade strömningsmönstret som kännetecknar lågimpulsventilation med textilkanalet. Inblåsning med moderat kyleffekt medför under normala omständigheter inga komfortproblem i närzonen, inte ens för stillasittande personer. Den maximala kyleffekten beror naturligtvis på avståndet mellan lågimpulskanalen och vistelsezonen. Den maximala kyleffekten per löpmeter kanal som funktion av rumshöjden kan ses på datablad 1.

D



$$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$$

I takt med att kyleffekten per meter kanal ökas, ändras strömningsmönstret under lågimpulskanalen karaktär, samtidigt som närzonen blir smalare, och lufthastigheter och lufttemperaturer rakt under kanalen kan orsaka obehag. Inblåsning med mycket underkyld luft med en kyleffekt på mer än 700 W/m kanal bör i princip bara användas där komforten spelar en mindre roll. Det går dock att blåsa in mycket stora kylmängder, men man ska vara uppmärksam på att luftfördelningen inte blir optimal.

$\Delta T < 0^{\circ}\text{C}$



$\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$



$\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$



$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$



VERTIKALA LÅGIMPULSSYSTEM

Luftfördelningsprincipen för vertikala lågimpulssystem är, precis som för horisontella lågimpulssystem, baserad på passiv termisk undanträngning där luften blåses in med en undertemperatur i förhållande till rumsluften. Inblåsningssluffen tillförs, som vid traditionell undanträngande ventilation, vid golvet direkt i vistelsezonen. Därmed skapas en skiktindelad strömning där den avkylda inblåsningssluffen strömmar ut i rummet under den varmare rumsluften.

I likhet med horisontella lågimpulssystem är strömningen i rummet baserad på naturliga luftförelser där luften drivs av densitetsskillnader och konvektionsströmmar från värmeavgivande aktiviteter och processer. Konvektionsströmmarna vid värmekällor skapar en vertikal luftströmning i rummet och det bildas en nedre ren zon och en övre förorenad zon. En hög värmeaktivitet från värmekällor medför större konvektionsströmningar och därav kraftigare stigning av luften och större medrivning av luften omkring källan.

Eftersom det bara sker en liten uppblandning av den kalla inblåsningssluffen är det viktigt att luften blåses in med låg hastighet och låg temperaturdifferens, annars finns det risk för kallras från kanalen och därmed risk för drag vid golvet. Systemen kan som horisontella lågimpulssystem endast användas för kylning eller för fördelning av isothermisk luft, eftersom varm luft kommer att lägga sig som ett täcke under taket.

Vertikala lågimpulssystem är speciellt välägnade till lokaler med högt i tak samt värmeöverskott och förorening, eftersom värme och förorenade partiklar förs upp under taket. På grund av den vertikala uppåtgående strömningen som skapas i lokalen kommer värmen och föroreningen inte tillbaka till vistelsezonen. På nedanstående bild visas grundprincipen för vertikal lågimpulsventilation.



ZON 1

Strömningarna i zon 1 är speciellt beroende av kyleffekten per löpmeter kanal. En hög kyleffekt resulterar i en kraftigare nedåtriktad acceleration av inblåsningssluffen i zon 1.

ZON 2

Närzonen, som inte bör användas som fast arbetsplats, definieras som det avstånd från kanalen som avverkas innan hastigheten är nere på en acceptabel nivå, beroende på komfortkravet. Närzonens längd är speciellt beroende av kyleffekten, se datablad 2.

ZON 3

Det är mycket viktigt att luftmängden från det vertikala lågimpulssystemet är anpassad efter kylbehovet och att den tillförda luftmängden minst motsvarar, eller är större än, de konvektionsströmningar som skapas av värmekällorna i lokalen. Därmed uppnås den bästa undanträngande effekten och det skapas en nedre ren zon och en övre förorenad zon.

Eftersom vertikala textilkanaler tillför frisk luft direkt i vistelsezonen kommer en naturlig skiktbildning uppstå i det ventilerade rummet. Detta medför en temperaturgradient genom rummet med kallast luft längst ner och varmast överst. Detta kan med fördel utnyttjas för att spara på kyleffekten eftersom den effekt som tas från rummet är direkt proportionell med temperaturskillnaden mellan inblåsning och utsugning. Om utsugningen sker från toppen av rummet kommer denna vara varmare än rumsluften i vistelsezonen, och därmed är det möjligt att ta bort samma effekt från rummet med en högre inblåsningstemperatur. Detta ger energibesparelser vid drift av kylväxlar och dessutom kan det användas fri kylning under längre perioder av året.

Den nödvändiga kyleffekten och eventuella komfortkrav bildar underlag för bestämmandet av inblåsningsluftmängden och inblåsningstemperaturen. För att exakt bestämma den nödvändiga kyleffekten krävs en beräkning av interna och externa värmebelastningar samt hänsynstagande till värmeackumuleringen i byggnaden.

Vid undanträngande ventilation innebär komfortkraven, utöver krav på lufthastigheten och lufttemperaturen, även krav på den maximalt tillåtna temperaturgradienten i vistelsezonen. KE Fibertec rekommenderar att den maximala temperaturgradienten i vistelsezonen inte överstiger $1\text{--}2^\circ\text{C}/\text{m}$, eftersom större skillnader kan upplevas som drag. Den vertikala temperaturgradienten kan beräknas utifrån en så kallad 50 %-regel som innebär att hälften av temperaturstigningen från inblåsning till utsugning sker vid golvet, medan den andra hälften sker mellan golv och tak (kontakta eventuellt KE Fibertecs utvecklingsavdelning för ytterligare information).

”Undanträngande ventilation med textilkanaler används framförallt i industriella miljöer, men kan även användas i miljöer som ställer höga krav på komfort.”

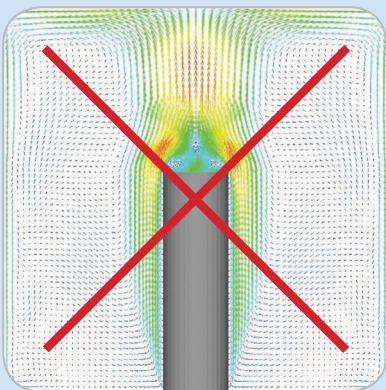


Att projektera ett ventilationssystem med vertikala lågimpulskanaler kräver stor kunskap om värmefördelningen i lokalen. Det är också av avgörande betydelse att ventilationsanläggningen dimensioneras korrekt så att hänsyn tas till komforten i lokalens arbetszoner samt att den varma och förorenade luften transporteras upp och ut ur vistelsezonen. För att tränga undan den förorenade luften är det viktigt att den tillförda luftmängden minst motsvarar den samlade konvektionsströmmen i rummet. Om så inte är fallet kommer fronten av förorenad luft att dras ner mot vistelsezonen och resultera i en svagare effekt. Det är många faktorer som påverkar konvektionsströmmarnas storlek i rummet, bl.a. värmekällans form, areal och yttemperatur, men även faktorer som den omgivande temperaturen i lokalen har betydelse. Därför är det ofta problematiskt att bestämma de exakta konvektionsströmmarna varför man istället får använda tabellvärden.

LÅGIMPULSSYSTEM

Nedanstående figur illustrerar det karakteristiska strömningsmönstret runt ett vertikalt KE-Lågimpulssystem i en uppvärmningssituation, ventileringsituation samt två kylesituationer med olika kyleffekter per löpmetrar kanal.

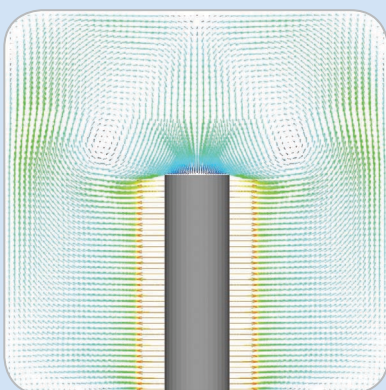
A



$$\Delta T < 0^{\circ}\text{C}$$

Inblåsning av uppvärmd luft medför kortslutning av inblåsningsluften och därför är systemet inte ägnat för uppvärmning. Den uppvärmda luften har dock i någon grad en inträngning som skapar luftcirkulation i mindre lokaler, och därför kan systemet i viss mån användas för uppvärmning av rummet innan arbetstid/användningstid.

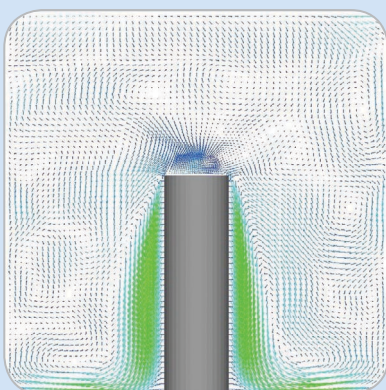
B



$$\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$$

Inblåsningen av isotermisk luft medför ett mycket diffust strömningsmönster som inte ger en effektiv undanträngande effekt. Systemet är i viss mån användbart för tillförsel av ersättningsluft.

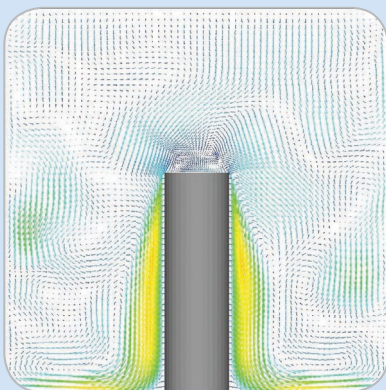
C



$$\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$$

Om man blåser in lätt underkyld luft kommer luften att långsamt falla mot golvet och fördelas jämnt runt kanalen. Vid värmeavgivande aktiviteter och processer kommer konvektionsströmmar att föra med sig inblåsningsluften, varpå en skiktindelning uppstår i rummet där värme och föroreningar förs bort från vistelsezonen och sugas ut under taket.

D



$$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$$

Om man blåser in mycket underkyld luft kommer luften snabbt att söka sig mot golvet varpå risken för dragbesvär ökar runt kanalen, eftersom längden och bredden på närzonen runt kanalen ökar. Vid värmeavgivande aktiviteter och processer kommer konvektionsströmmar att föra med sig inblåsningsluften, varpå en skiktindelning uppstår i rummet där värme och föroreningar förs bort från vistelsezonen och sugas ut under taket.

$\Delta T < 0^{\circ}\text{C}$



$\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$



$\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$



$\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$

