Ventilation
på arbetsplatsen

Prevent

Ventilation på arbetsplatsen

Prevent

Prevent förmedlar kunskap om hur man genom ett hälsofrämjande arbetsmiljöarbete kan skapa framgångsrika företag där alla är säkra och mår bra.

Prevent vill inspirera och stödja arbetsplatsernas arbetsmiljöarbete. Det gör vi genom att

- informera om arbetsmiljöfrågor
- utbilda och genomföra seminarier runt om i landet
- ta fram enkla och användbara produkter och metoder.

Prevent är en ideell organisation som ägs av Svenskt Näringsliv, LO och PTK, det vill säga arbetsgivare och fack tillsammans.

Besök www.prevent.se – kunskaper för en bättre arbetsdag!

© 2024 Prevent Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK

Upplaga 4
Projektledning Prevent
Text Bengt Christensson. Författare till tidigare publikationer som denna bok baseras på är även Ann-Beth Antonsson, Mats Sandberg, Sören Danielsson och Henry Nyman.
Foto Claes Blomqvist, Elisabet Linden, Hans Wigö, Magnus Mattson, Bengt Christensson, iStock (s. 100), Fredrik Stehn (s. 154), Nederman (s. 168), och Amanda Wolgast
Grafisk form Graphera
Telefon 08-402 02 00
E-post kundservice@prevent.se **Webb** www.prevent.se
ISBN 978-91-89901-26-1 **Art nr** 380N

Förord

Ventilation är en viktig förutsättning för trivsel och hälsa på arbetsplatsen. Ventilationen bidrar till ett rent och tempererat inomhusklimat. Om ventilationen inte fungerar tillfredsställande kan det skapa irritation och leda till försämrad prestation både fysiskt och mentalt, samt ohälsa.

Ventilation och luftkvalitet hänger nära samman med temperatur och klimat. Denna bok handlar om ventilation, men även om klimat i den mån klimatet har ett samband med ventilationen. Med boken vill vi bidra till kunskaper om ventilation hos dem som ansvarar för ventilationsfrågor eller på annat sätt kan påverka utformningen av ventilationen på arbetsplatser. Vi hoppas speciellt att boken ska bidra till följande:

- Att du på arbetsplatsen ska känna till hur ventilationen fungerar. Då är det lättare att se till att den fungerar bra och uppfyller förväntningarna på en god ventilation.
- Att du kan undersöka dina upplevda ventilationsproblem och får kunskap om hur de kan åtgärdas.
- Att nybyggda ventilationssystem utformas för att långsiktigt skapa en god arbetsmiljö.
- Att service och underhåll av ventilationsanläggningen fungerar effektivt så att ventilationen fortsättningsvis fungerar bra.

I *Ventilation på arbetsplatsen* beskriver vi grunden för komfortventilation som ska säkerställa att luften är tillräckligt ren. Ventilationen bidrar även till att luften har rätt temperatur. Komfortventilation, som ibland också kallas allmänventilation, syftar till att ventilera hela arbetslokalen och speciellt de utrymmen där

människor vistas och att skapa ett behagligt klimat med ren luft.

I lokaler där föroreningar och värme bildas av industriprocesser ska det förutom allmänventilation också finnas platsventilation för att snabbt och effektivt fånga in föroreningar och värme som alstras av maskiner, bearbetning och processer. Detta är ett specialområde och behandlas i avsnittet om process- och industriventilation.

Innehåll

Luft och hälsa **8**
Ventilation är viktigt! 8
Med människan i centrum 10

Grundläggande om ventilation **16**
Vad kan åstadkommas med ventilation? 16
Ventilation är inte den enda lösningen 18
Luftens egenskaper – grunden för ventilation 18
Viktiga begrepp 22
Ventilationens effektivitet 27

Översikt över lagar och regler samt ansvariga myndigheter **30**
Myndigheter som svarar för regler och tillsyn 31
Allmänna föreskrifter om ventilation och arbetsmiljö 33

Komfortventilation **45**
Syftet med komfortventilation 45
Att tillföra ren luft – system för luftdistribution 48
Borttransport av varm och förorenad luft 49
Ventilationssystem i balans 49
Olika typer av komfortventilation 50
Omblandande ventilation 50
Deplacerande ventilation 52

Rening av tilluft **56**
Luftintaget 57
Tilluftsfilter 57

Mekaniska filter 59
Övriga filter 61

Kylning av lokaler 62
Centralt kyld ventilationsluft 63
Individuell rumskylning genom aggregat placerade i rummet 63

Upphandling av ventilation 68
Projektgrupp 68
Byggherrens och projektörens ansvar 69
Fastighetsägarens ansvar 70
Kravformulering – att ställa funktionskrav 71
Beställarkompetens 71
Påverkansmöjlighet i projekteringsskedet 72
Beställarombud 72
Kvalitetssäkring 73
Rekommenderade funktionskrav 76
Något om ekonomi 77
Personalens frågor 80

Drift och underhåll av ventilationsanläggningar 81
Kunnig driftpersonal – pengar att spara! 81
Ett effektivt drift- och underhållsarbete 82
Styrning och reglering av ventilationen 82
Drift- och underhållsinstruktioner 83
Brukarinstruktion 85
Rengöring av kanaler, fläktar, tilluftsdon med mera 86

Kontroll av ventilationssystem 87
Egenkontroll 87
Besiktningar och återkommande kontroller 88

Mätmetoder för att kontrollera ventilationens funktion ... 90

Vanliga problem och åtgärder ... 98

Ändrad verksamhet ... 100

Luftföroreningar ... 100

Luftfuktighet ... 103

Kortslutning ... 103

Torr luft ... 104

För varmt ... 104

För kallt ... 105

Drag ... 106

Buller ... 109

Sjuka hus, SBS ... 113

Kontorsventilation ... 119

Regler ... 119

Ventilationsmetoder ... 121

Kyla ... 128

Övriga personalutrymmen ... 128

Erfarenheter av kontorsventilation ... 129

Industriventilation ... 131

Allmänventilation i industrilokaler ... 133

Processventilation ... 146

Erfarenhet av industriventilation ... 184

Upphandling ... 186

Översikt – vad klagomål på ventilation kan bero på och möjliga orsaker ... 190

Underlag inför projektering eller ombyggnad av ventilation ... 200

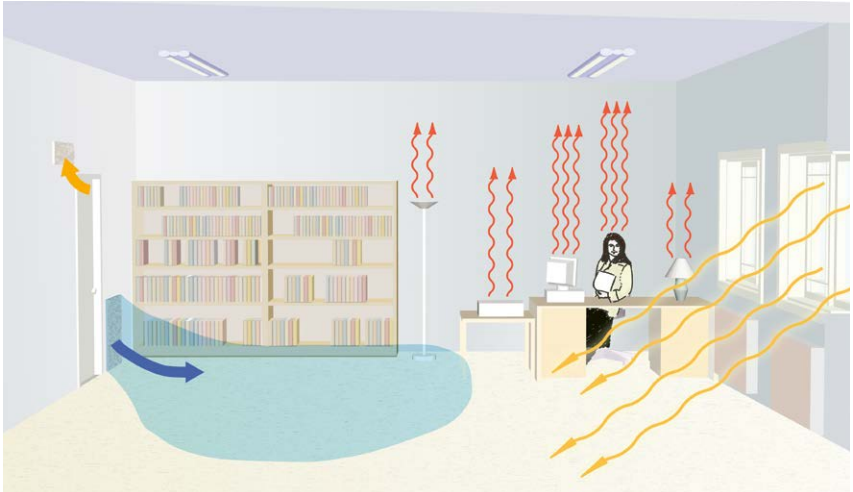
Luft och hälsa

Ventilationen är viktig!

Ventilation är ett medel för att skapa ett bra inomhusklimat. Inomhusluften påverkar människors välbefinnande och hälsa på arbetsplatsen. En väl fungerande ventilation behövs för att tillföra uteluft som vid behov är renad och tempererad och för att effektivt föra bort föroreningar utan att skapa drag eller ljudproblem samt jämna ut temperaturskillnader. För den som är överkänslig och för personer som har astma eller allergiska besvär är inomhusluftens kvalitet särskilt viktig.

Inomhusklimatet har också betydelse för prestationen på arbetet. Arbetstakten påverkas kraftigt av några få graders över- respektive undertemperatur. Också den mentala förmågan påverkas påtagligt. Är inomhusklimatet några få grader för kallt, påverkas prestationsförmågan även när det gäller finmotoriskt arbete. Är inomhusklimatet sunt och hälsosamt skapas förutsättningar för god komfort och effektivare verksamhet.

Ventilation behövs även om verksamheten inte alstrar några speciella luftföroreningar. Människor, datorer och belysning avger också en hel del värme. I många kontor är överskottsvärme den dominerande föroreningen. Luften blir dålig med tiden genom emissioner och slitage av eller från byggnadsmaterial, kopiatorer, möbler och textilier och de människor som vistas i lokalen. Därför behövs



Ventilation behövs för att förse lokalen med ren luft, föra bort förorenad luft och ge ett bra inomhusklimat.

komfortventilation (kallas också allmänventilation) som säkerställer tillförsel av ren luft, ger ett behagligt inomhusklimat och för bort förorenad luft. I en del fastigheter krävs ventilation för att ventilera bort radon som avges från marken som fastigheten är byggd på eller från byggnadsmaterial.

Ventilation krävs också av byggnadstekniska skäl, för att undvika fuktskador. Luft inomhus tillförs fukt, bland annat från människors utandningsluft och våtutrymmen. Fukthalten inomhus ökar därför kontinuerligt. Speciellt vintertid finns risk för att fukten fälls ut som kondens på kalla ytor i byggnadskonstruktionen, vilket kan leda till fuktskador. För att få bort fukten krävs ventilation. Risken för fuktskador minskas genom att sörja för särskilt god ventilation i utrymmen där det förekommer vatten eller fukt, till exempel i kök och toalettutrymmen samt att med ventilationen skapa ett litet undertryck i fastigheten.

Om mycket värme avges från verksamheten eller om verksamheten alstrar höga halter luftföroreningar behövs någon form av specialventilation, till exempel process- och industriventilation, det vill säga ventilationssystem som är speciellt utformade för att föra bort föroreningar och överskottsvärme.

Med människan i centrum

Människan känner av ventilationen genom hur luftens temperatur och hastighet påverkar olika kroppsytors och hela kroppens värmebalans samt eventuella lukter eller slemhinneirritation från luftföroreningar. Dessutom hör vi ofta ett sus från ventilationen. Ventilationen är en av flera faktorer som påverkar förekomsten av luftföroreningar, temperatur, drag och buller.

Människor är olika

För att förstå människors upplevelse av inomhusmiljön och tolka synpunkter på den måste vi känna till några grundläggande egenskaper hos människor. Människor är individer i den meningen att alla inte har exakt samma krav. Skillnader mellan individer kan naturligtvis vara ett problem när flera individer delar på samma klimat. Det finns mycket begränsade möjligheter att skapa ett klimat anpassat till varje individ. Ofta får vi välja en lösning som är bra för de allra flesta och åtminstone acceptabel för de andra.

Människor upplever luftkvaliteten på olika sätt. En del människor, exempelvis allergiker, är extremt känsliga för vissa föroreningar som parfym, rök, avgaser och damm. Andra kanske inte ens noterar att luftkvaliteten avviker från det normala. Ofta anpassas ventilationen efter dem som är känsligare. Det är till exempel vanligt att tilluften renas i ett filter med mycket god avskiljningsgrad, så att allergiker inte ska besväras av partiklar som tillförs med tilluften. Generellt sett gäller att allergiker kan behöva bättre ventilation än vad som anges i lagstiftningens minimikrav.

På en del arbetsplatser som förskolor, skolor och i vårdlokaler vistas både barn och vuxna. Barn är känsligare för luftföroreningar än vuxna. Bland barn finns också många allergiker som är extra känsliga och många barn förvärvar allergier. Barns kroppar kan inte ta hand om, bryta ner och transportera bort föroreningar lika effektivt som vuxnas. Dessutom andas de förhållandevis mer än vuxna, i relation till sin kroppsvikt. På arbetsplatser där barn vistas, är det därför viktigt att utforma ventilationen så att barnen får en god inomhusmiljö.

Den temperatur som är bra för en person, kan vara för hög eller för låg för en annan. Om inte temperaturen kan ställas in individuellt kan inte alla bli nöjda. Om minst nitton av tjugo är nöjda med temperaturen är det ett gott resultat. Ungefär 5 % har så avvikande önskemål från övriga individer att det normalt inte går att tillmötesgå. Motsvarande gäller även för ljud. Bruset från ventilationen kanske inte uppfattas alls av en del, medan andra upplever bruset som mycket störande och tycker att de har svårt att koncentrera sig.

Flera faktorer påverkar upplevelsen

Upplevelsen av inomhusmiljön påverkas också av annat än de individuella skillnaderna. En person kan uppleva samma inomhusklimat på olika sätt vid olika tidpunkter, till exempel beroende på hur hungrig, mätt, trött eller utsövd personen är. Självklart påverkar också klädseln och aktivitetsnivån – det vill säga stillasittande, rörligt eller tungt arbete – hur inomhusklimatet upplevs. Är arbetet tungt och svettigt, är det lättare att arbeta i lite svalare klimat. Om inte arbetet kräver speciellt tjocka arbetskläder, är tunnare och svalare klädsel lämpligast om arbetet är tungt.

Kroppstemperatur och värmeutbyte

Människan kräver en konstant kroppstemperatur för att fungera. När det är balans mellan kroppens värmeproduktion och värmeavgivning kan den djupa kroppstemperaturen hållas på omkring 37 grader. Människans hudtemperatur är cirka 34 grader. Vi utbyter värme med ytor i rummet och omgivande luft genom två olika mekanismer för värmeöverföring. Den ena mekanismen, konvektion, gör att luft som strömmar förbi huden och kläder överför eller för bort värme. Om luften till exempel är kallare än huden, förs värme bort från kroppen. Den andra mekanismen, värmestrålning, sker utan kontakt. Alla ytor strålar ut värme och ju varmare en yta är, desto mer värme strålar ytan ut. Detta betyder att ytor strålar mot varandra. Ett kallt fönster strålar ut värme mot oss och vi strålar ut värme mot fönstret. Genom att vi är varmare än fönstret

avger vi mer värme än vad vi mottar från fönstret. Resultatet blir att vi förlorar värme och upplever fönstret som kallt eller som att det drar kallt från fönstret.

Drag innebär en oönskad lokal avkylning av en kroppsdel genom konvektion eller strålning. Ju kallare den förbiströmmande luften är, desto mer kyler den och desto obehagligare upplevs den. Strålning från kalla ytor kan också upplevas som drag, ju större, kallare och mer närliggande ytor, desto större upplevelse av drag. Upplevelsen av drag är kroppens varningssignal om att något är fel. När en kroppsdel förlorar värme tolkar vår hjärna det som att kroppstemperaturen kommer att sjunka om avkylningen fortsätter. Därför är upplevelsen av drag en uppmaning att vidta någon åtgärd som gör att draget försvinner.

Även om vi reagerar på förändringar i värmeutbytet, kan vi inte skilja mellan olika mekanismer för värmeutbyte enbart utifrån våra sinnesförnimmelser. Om någon upplever att det drar från ventilationen kan problemet i själva verket vara en kall fönsteryta.

När vår värmebalans påverkas anpassar vi oss till klimatet på två olika sätt. Dels genom beteendestyrda, medvetna åtgärder som mer eller mindre kläder och ökad eller minskad aktivitet. Dels genom automatiska fysiologiska reaktioner, som styrs av det autonoma nervsystemet. Sådana reaktioner är till exempel huttring och svettning samt ökad och minskad cirkulation.

Om reaktionstider

Den tid det tar innan vi reagerar på ett problem är olika beroende på orsaken till problemet. Om lufttemperaturen är för låg eller om det drar blir vi snabbt medvetna om att det är kallt eller dragigt. Ofta gör vi också något för att motverka problemet snabbt, till exempel sätter på en extra tröja. Ett annat exempel på en snabb reaktion är allergiska reaktioner, som kan uppstå direkt vid kontakt med ett ämne som framkallar allergi hos den som är allergisk. Det finns också allergiska reaktioner som uppkommer först efter en tid, kanske flera timmar efter kontakt. Den allergiska reaktionen kan också komma långsamt smygande över fler år innan man inser att man

fått en allergi. Många föroreningar ger besvär först efter lång tids exponering. Vissa föroreningar, främst sådana som luktar eller är irriterande, noterar vi snabbt. Om det finns låga halter av ett skadligt ämne som vare sig är irriterande eller luktar, kan det ta lång tid innan vi reagerar. Vi kanske inte ens inser eller upptäcker att orsaken till besvären är skadliga ämnen i luften förrän vi fått bestående skador och besvär.

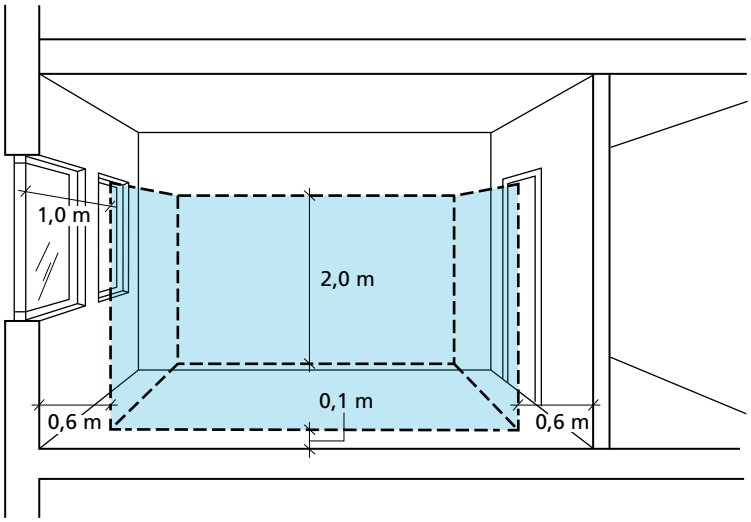
Fysisk och mental prestation

Ventilationen har betydelse för klimatet och klimatet har betydelse för prestationen på arbetet. Det finns flera undersökningar som visar att den mentala prestationsförmågan minskar märkbart och arbetstakten minskar markant vid arbete i för varmt inomhusklimat. Det räcker med en temperaturhöjning från 20 till 25 grader för markant påverkan av den fysiska och mentala prestationen. Även för kallt klimat eller kylande drag påverkar prestationsförmågan, speciellt när det gäller finmotoriskt arbete. Risken för att en olycka ska inträffa ökar redan under 15 grader eller över 25 grader.

Vad är lagom?

Vilken temperatur som passar bra för de allra flesta, beror på om arbetet är stillasittande eller rörligt. Vid stillasittande arbete bör temperaturen vara 20–24 grader. Är arbetet rörligt, bör temperaturerna vara något lägre.

För att ventilationen inte ska upplevas som dragig, bör lufthastigheten i vistelsezonen, det vill säga de delar av lokalerna där människor vistas eller rör sig, vara under 0,15 m/s (gäller under uppvärmningssäsongen och 0,25 m/s övrig tid).

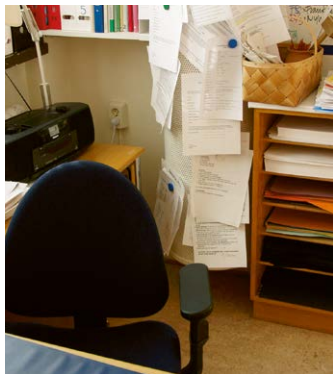


Den zon där människor vistas, vistelsezonen, definieras av Boverket till mellan 0,1 m och 2 m över golvet, samt 0,6 m från yttervägg eller annan yttre begränsning dock 1 m från fönster eller dörr.

Drag upplevs som mycket besvärande. Ju kallare luften är, desto mer besvärande upplevs draget och risken för besvär ökar. Att vara utsatt för drag under lång tid kan ge bestående besvär. Om drag inte åtgärdas försöker den som är utsatt själv lösa problemet. Vanliga åtgärder är att försöka blockera eller täppa igen tilluftsdon eller på annat sätt minska luftflödet. Problemet löses genom att flytta på den närbelägna arbetsplatsen eller donet.

Luftfuktighet är vi människor inte lika känsliga för. Luftfuktigheten inomhus är kopplad till luftfuktigheten utomhus. Under vintern kan luftfuktigheten inomhus bli mycket låg vilket kan ge upphov till statisk elektricitet. Upplevelsen av torr luft är ofta starkare kopplad till andra faktorer, till exempel damm och andra luftföroreningar, än till luftfuktigheten.

Hög luftfuktighet inomhus ökar risken för fuktskador och mögelpåväxt, om luften läcker förbi fuktspärren och kondenserar på kalla ytor i byggkonstruktionen. Fuktskadorna kan vara svåra att upptäcka och kan leda till allt från irriterad hud och slemhinnor till ohälsa. Inomhusluftens vatteninnehåll bör därför vintertid inte



Drag från ett tilluftsdon har försökt begränsas genom att donet används som anslagstavla.

överskrida utomhusluftens vatteninnehåll med mer än 3g/m³ luft.

När det gäller luftföroreningar, finns hygieniska gränsvärden som gäller i alla arbetsmiljöer. Dessa gränsvärden är inte relevanta för miljöer där luften normalt sett inte är förorenad. De kriterier som gäller för renare miljöer tas upp i avsnittet om komfortventilation. Gränsvärdena är heller inte relevanta om allergiska personer vistas i lokalerna. För att allergiker ska kunna vistas i lokalerna krävs ofta betydligt renare luft.

Det finns inga enkla riktvärden för när luftkvaliteten är så bra att den varken påverkar hälsa eller komfort. Erfarenheter från utredningar och projekt rörande sjuka hus har visat att främsta metoden att utvärdera luftkvaliteten är intervjuer av de anställda med särskilda enkäter, till exempel Örebroenkäten. Intervjusvaren från de anställda på den undersökta arbetsplatsen jämförs med tidigare gjorda undersökningar och tidigare kunskap om koppling mellan besvär och vad som kan orsaka besvären. Avviker svaren med en överfrekvens av vissa typer av besvär blir det också vägledning för den fortsatta utredningen och eventuella åtgärder.

Vi är alla individer och det som en person anser är bra komfort kanske någon annan upplever som för kallt. Om inte varje person själv kan reglera sitt klimat så kan inte alla bli helt nöjda. Grovt brukar man räkna med att omkring 5 % inte blir nöjda. Upplevelsen är även kopplad till andra faktorer som trivseln på arbetsplatsen, hur man ser på sina arbetsuppgifter med mera.

Grundläggande om ventilation

Vad kan åstadkommas med ventilation?

Med god ventilation skapas en god inomhusmiljö. Som andra tekniska system har även ventilation begränsningar, det vill säga den kan inte lösa alla problem. Hur väl ventilationen fungerar beror bland annat på var värme och föroreningar alstras i den lokal som ska ventileras, hur mycket luftföroreningar och värme som avges, hur ventilationen är utformad och dimensionerad och hur mycket driften av ventilationen får kosta. Nedan ges några exempel på begränsningar.

Temperatur

Temperaturen i lokalen styrs av olika faktorer, bland annat hur värme tillförs och förs bort. Det går inte alltid att reglera temperaturen i en lokal enbart med hjälp av ventilation. Om temperaturen är för hög eller för låg är andra åtgärder viktigare än att justera ventilationen. En variation av temperaturen måste accepteras, annars blir kostnaderna för att styra klimatet orimligt höga. Om ventilationssystemet inte ger möjlighet att kyla luften, kan det bli varmt och ibland mycket varmt under ett antal dagar varje sommar.

Luftföroreningar

Ventilationen för bort föroreningar, men fångar inte upp alla föroreningar som alstras. Låga halter av de föroreningar som alstras i

lokalerna kommer att finnas i luften. Ju bättre utformad ventilation och ju högre luftflöden, desto lägre blir halterna.

Ofta dimensioneras ventilation för att föra bort överskottsvärme eller föroreningar. Om det alstras mycket värme eller föroreningar i lokalerna, krävs det höga luftflöden för att ventilera bort värmen eller föroreningarna. Höga luftflöden kan dock upplevas som att det är dragigt. Det är svårt att enbart med allmänventilationens hjälp upprätthålla en god luftkvalitet om det alstras höga halter luftföroreningar eller värme. Därför ska åtgärder vidtas så nära värme- och föroreningskällorna som möjligt. Ett exempel är köksfläkten ovanför spisen så stekos och värme kan avlägsnas. Tänk hur mycket luft som skulle behövas om hela köket skulle ventileras för att få bort stekos och värme. Med särskild ventilation för större föroreningskällor kan övriga ventilationsluftflöden hållas på en lägre och mer rimlig nivå.

Reglering av klimatet i enskilda rum

Ofta styrs inte klimatet i enskilda rum, utan flera rum (en zon) styrs mot samma klimat. Orsaken är att det vanligtvis är stora luftflöden mellan enskilda rum och intilliggande korridor via öppna dörrar. Det går dock att styra klimatet i enskilda rum med ett ventilationssystem som kallas för VAV (Variable Air Volume), med vars hjälp luftflöden och temperaturer i enskilda rum regleras. Även med hjälp av kylbafflar eller kyltak går det att styra temperaturen i enskilda rum.

Buller

Det finns inga helt tysta ventilationssystem. Ju högre lufthastighet, desto mer bullrar det. Vid lufthastigheter från omkring 3 m/s börjar turbulens uppstå vilket är en källa till buller. Även skarpa böjar orsakar turbulens. Genom att utforma ventilationssystemet på ett bra sätt, kan ljudet från ventilationsanläggningen minskas till nivåer som de flesta upplever som acceptabla. En effektiv åtgärd för att minska buller är att öka rördiametern och därmed sänka lufthastigheten.

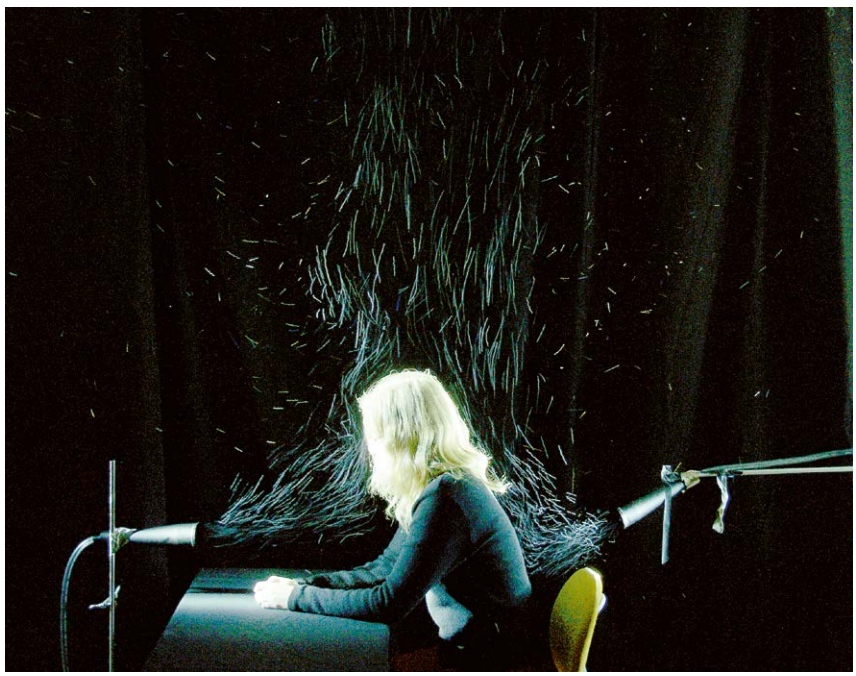
Ventilation är inte den enda lösningen

Ibland avges så mycket värme från till exempel människor, kontorsmaskiner, processer eller solinstrålning att värmen blir ett problem. För att få ett bra inomhusklimat måste man utgå från en helhetssyn. Ventilationen behöver kombineras med kontroll av värme- och föroreningskällor. För kontor kan detta innebära att

- fönstren har solavskärmning
- värmeavgivning från datorer minimeras
- städning utförs regelbundet.

Luftens egenskaper – grunden för ventilation

För att komfortventilation ska fungera bra, är det viktigt att känna till hur luften i rummen rör sig och anpassa ventilationen efter det.



Den uppåtstigande luften från en människa motsvarar ett uppåtstigande luftflöde på cirka 40 l/s. Luftflödet från människor kan vara större än ventilationsflödet.

Varm luft

Varm luft stiger uppåt. Luft som är 1 grad varmare än omgivande rumstempererad luft, är 0,3 % lättare än den omgivande luften. Den lilla temperaturskillnaden räcker för att den varma luften ska börja stiga uppåt. Det räcker med en temperaturskillnad på några tiondels grader för att det ska bli en märkbar uppåtstigande luftström. En människa har en hudtemperatur på cirka 34 grader. Detta innebär att det finns en uppåtstigande luftström längs en människas kropp. Över huvudet på människor finns därför en uppåtstigande luftström, som alstrats av den värme som människan avger.

Exempel: betydelsen av luftens temperatur för ventilationens funktion

Vid användning av deplacerande ventilation tillförs undertemperad luft (det vill säga luft som är något svalare än lokalen) direkt i vistelsezonen genom ett så kallat låghastighetsdon placerat på eller strax över golvet. Inblåsningshastigheten är bara cirka 0,2–0,5 m/s. Eftersom luften blåses in med låg hastighet och med en något lägre temperatur än rumsluftens, sjunker den och sprids ut över golvet. Den varmare och förorenade rumsluften trängs undan och uppåt av den tyngre och kallare rena luften. Den varmare förorenade luften lyfts då och tas ut genom ett frånluftsdon nära innertaket. I och med det så ventileras nästan all förorenad luft ut.

Genom att kall luft blåses in kan personer som uppehåller sig nära tilluftsdonet uppleva platsen som dragig. Ett sätt att minska risken för drag är placering minst några meter från närmaste arbetsplats. Då kan hastigheten minska så mycket att luftströmmen inte längre behöver upplevas som dragig.

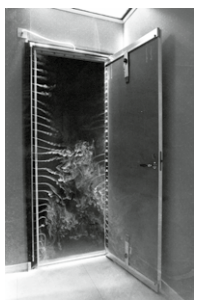
Visualisering av luft från ett låghastighetsdon för deplacerande ventilation med hjälp av rök.

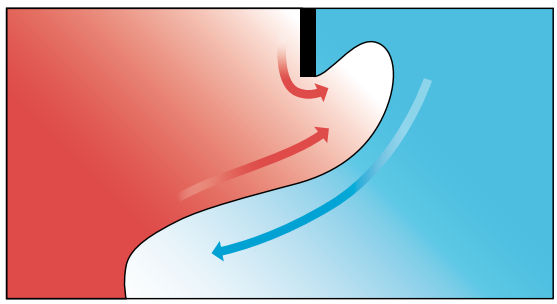
Kall luft

Kall luft sjunker nedåt. Kalla ytor kan kyla ner luften, som då sjunker nedåt. Ytor som ofta blir kalla, åtminstone vintertid, är fönster, speciellt äldre tvåglasfönster. Dåligt isolerade tak och väggar kan vintertid ge upphov till kallras.

Exempel: betydelsen av olika temperaturer

Luften i de två rummen har olika temperaturer och därmed också olika densitet (täthet, mäts som kg per m3 luft). Skillnaden i densitet skapar en luftrörelse mellan rummen. Genom den undre halvan av dörröppningen strömmar den tyngre luften (lägre temperatur) till rummet med den högre temperaturen. Genom den övre halvan av dörröppningen sker en luftströmning i motsatt riktning.





Visualisering av luftrörelserna i en dörröppning mellan två rum.

Luftströmmar

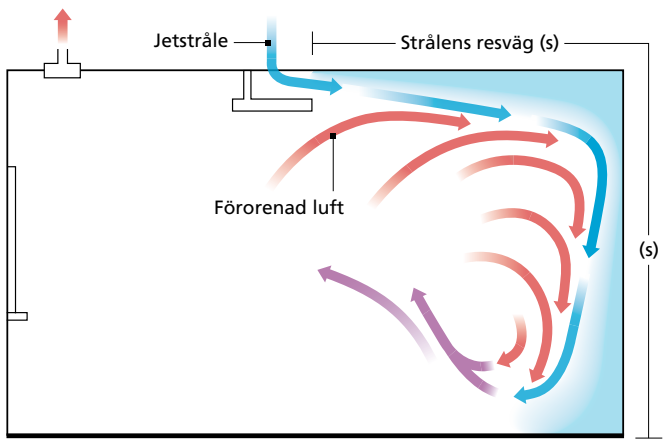
Ofta visas idealiserade bilder av de luftflöden som ventilationen skapar i enskilda rum. I verkligheten sker det ett stort luftutbyte, till exempel via dörröppningar, mellan olika rum. Detta luftutbyte motsvarar ofta flöden som överstiger till- och frånluftsflödena till de enskilda rummen. Temperaturskillnader mellan rum skapar stora luftflöden genom dörr- och portöppningar. Luftströmmar transporterar värme/kyla och föroreningar mellan rum.

Tilluftsströmmar har lång räckvidd och frånluftsströmmar har

kort. Ett frånluftsutsug tar luften från den direkta omgivningen till frånluftsventilen. Luft som blåses in genom tilluftsdon går betydligt längre och skapar luftströmmar i rummet. Ibland jämförs till- och frånluftsströmmars räckvidd genom att jämföra med att blåsa ut ljus. Det är lätt att blåsa ut ett ljus (med en tilluftsström som har lång räckvidd), men det går knappast att suga ut ett ljus (att jämföra med den korta räckvidden hos ett frånluftsutsug).

Exempel: betydelsen av tilluftsströmmens egenskaper för ventilationens funktion

I höghastighetsdon, som används för att skapa omblandande ventilation, kan inblåsningshastigheten i tilluftsdonet vara cirka 3 m/s i kontor och i större lokaler ännu högre. Ventilationsluften kastas in i rummet i form av en så kallad jetstråle. Jetstrålen har en lång räckvidd (lång kastlängd på fackspråk) och strålen drar med sig omgivande och förorenad luft och späder därför ut den förorenade luften i rummet. Luftflödet i strålen ökar, den blir både tjockare och bredare, och hastigheten i strålen minskar med ökat avstånd från tilluftsdonet. För att inte skapa drag ska strålens resväg (sträckan s i figuren) från donet till vistelsezonen vara tillräckligt lång, så att hastigheten minskar till en acceptabel nivå.



Visualisering av inblåsning av luft från ett höghastighetsdon.

Förorenad luft

Luft som innehåller normalt förekommande halter av föroreningar rör sig i praktiken på samma sätt som ren luft. Det gäller även partiklar med undantag för grova tydligt synliga partiklar som sakta sjunker till golvet.

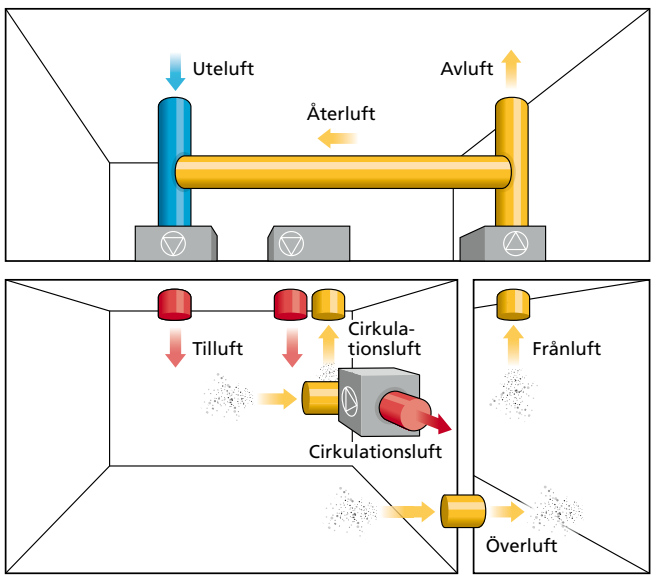
Viktiga begrepp

Ventilationsluften

Luft har olika beteckningar beroende på var i ventilationssystemet som luften befinner sig.

Uteluft är utomhusluft. Det är obehandlad luft som tillförs ventilationssystemet. Uteluft kan tillföras rummet direkt via ventiler i fasaden. Det är vanligt i bostäder men ovanligt när det gäller arbetsplatser.

Tilluft (T) är den luft som efter behandling tillförs ventilationssystemet eller rummet via fläktar. Behandling av luften kan vara filtrering och förvärmning, kylning och eventuellt befuktning. Tilluft kan vara behandlad uteluft, över- och återluft.



Luften benämns olika beroende på var den finns i systemet.

Avluft är den använda luft som släpps ut till det fria.

Frånluft (F) är luft som förs bort från ett rum. Luften kan föras bort via frånluftskanaler eller genom överluft till intilliggande rum.

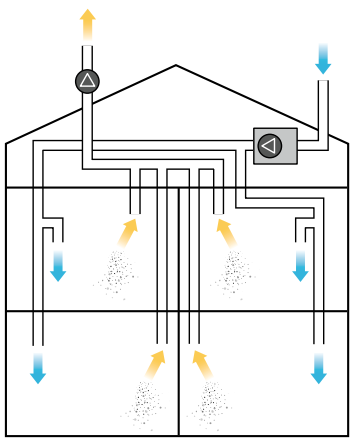
Överluft är luft som överförs från ett rum till ett annat. Luften ska föras från ett rum med högre krav till ett med lägre krav på luftkvalitet. Överluft kan tas via överluftsdon i väggar eller via springor i dörrar. Cirkulationsluft är luft som återförs till samma utrymme efter det att luften behandlats.

Återluft är luft som tas från ett utrymme och förs till luftbehandlingssystemet. Efter behandling återförs luften till lokalerna.

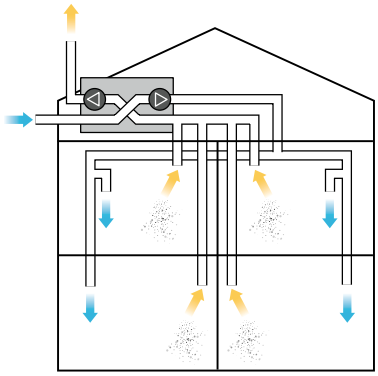
Ventilationssystem

Ventilationssystem kan utformas på olika sätt. De kan vara fläktstyrda från- och tilluftssystem, fläktstyrda frånluftssystem eller självdragssystem.

Från- och tilluftssystem (FT) är helt dominerande i arbetslokaler. De bygger på att det finns från- och tilluftsfläktar med separata från- och tilluftskanaler som förser rummen med ren tilluft och för bort använd luft. Med FT-system ventileras lokalerna kontinuerligt och kontrollerat. I FT-system balanseras trycket i rummet så att ett mindre undertryck uppstår för att motverka läckage av inneluft in i byggkonstruktionen.

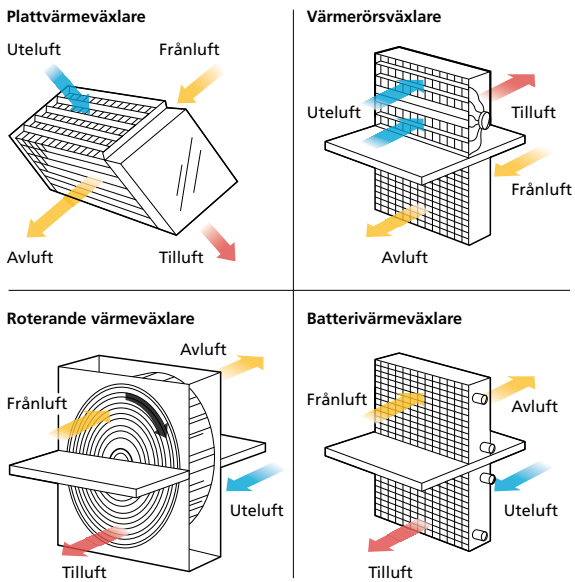


Fläktstyrt från- och tilluftssystem.

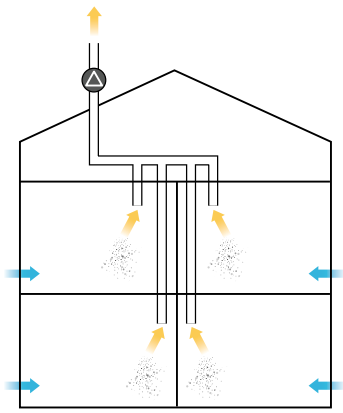


Fläktstyrt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning.

Från- och tilluftssystem med värmeväxlare (FTX) är FT-system kombinerat med värmeåtervinning. I kontorsbyggnader används i regel värmeväxlare. Värmeväxlare är ett betydligt bättre sätt att spara energi på än att använda återluft. I värmeväxlare blandas inte frånluft och tilluft, vilket innebär att luften inte förorenas.



Frånluftssystem (F) har frånluftsfläktar som suger ut luften från rummen via frånluftskanaler. Tilluften tillförs vanligen via uteluftsdon i fasaden. Med frånluftsventilation ventileras lokalerna kontinuerligt vilket leder till en kontrollerad luftväxling. Tilluften är dock ett problem. Det är svårt att tillföra luften dragfritt via don i fasaden. I bostäder går det, men i arbetslokaler där det oftast fordras stora tilluftsflöden, är det betydligt svårare. Fläktstyrd frånluft kombineras ofta med någon form av värmeåtervinning. Sådana system kallas FX. Vid F-system är det undertryck i rummet.



Fläktstyrt frånluftssystem.

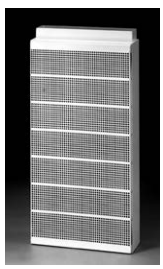
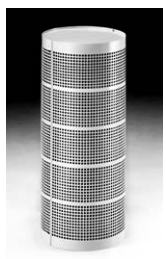
Självdragssystem (S) har inga fläktar. I dag kan självdragsventilation i princip bara användas i mindre enbostadshus. I arbetslokaler är självdragsventilation inte aktuellt. Självdrag bygger på att uppvärmd inomhusluft stiger uppåt i rummet till frånluftskanaler, som med hjälp av ”skorstensverkan” (det vill säga att varm luft stiger uppåt) för bort luften. Tidigare när i stort sett alla lokaler värmdes genom eldning i en panna i källaren, kakelugnar och kaminer blev frånluftskanalerna uppvärmda av den heta skorstensstocken och frånluftsflödena betydligt högre jämfört med i dag då uppvärmningen ofta sker med värmepumpar eller fjärrvärme. Då blir inte skorstensstocken uppvärmd och frånluftsflöden på grund av självdrag blir betydligt mindre. Tilluften kan tas till exempel via springventiler i fasaden. Vinden driver också luft

genom byggnader, eftersom den skapar en tryckskillnad mellan byggnadens vind- och läsida. Självdragsventilation är nyckfull och svår att kontrollera. Ventilationen varierar beroende på vilken årstid det är, om det blåser ute med mera.

Hybridventilationssystem är en typ av ventilationssystem där självdragssystem kombineras med ett fläktstyrt system (vanligen F-system). Fläkten används när självdraget inte räcker till. Hybridventilation används nästan enbart i bostäder och skolor.

I denna bok beskrivs komfortventilation med fläktstyrd till- och frånluft, så kallade FT- och FTX-system, eftersom denna typ av ventilation passar bäst för arbetsplatser. Med andra typer av ventilationssystem (S- eller F-system) är det inte alltid möjligt att klara de regler som gäller för ventilation av arbetsplatser.

Tilluftsdon för omblandande ventilation.

Tilluftsdon för deplacerande ventilation.

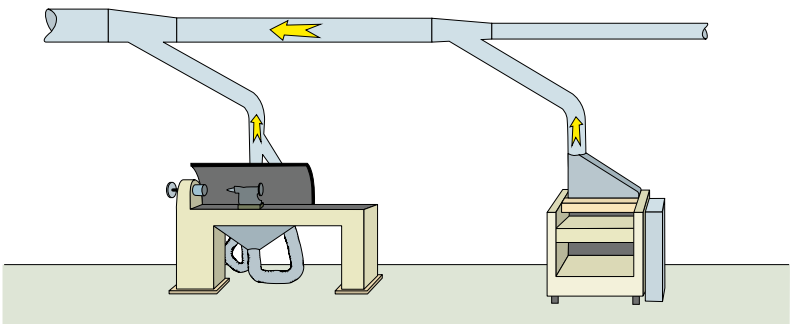
Överluftsdon.

Ventilationens effektivitet

Vid beskrivning av ventilationen beskrivs normalt hur många liter luft per sekund som tillförs och/eller förs ut. På främst industrier används ofta m^3/h och i mycket stora lokaler m^3/s. Luftflödena anger dock inte hur effektivt lokalen ventileras, om alla delar i lokalen är väl ventilerade eller om ventilationen är kortsluten. Luftkvaliteten beror på hur luften fördelas i lokalen och hur snabbt föroreningarna transporteras bort från rummet. Därför är det viktigt att veta hur effektivt luften byts ut.

Utformning av ventilationskanaler

Ventilationskanaler ska utformas utan skarpa böjar och anslutningar ska ske utan tvära vinklar. Detta ger mindre luftmotstånd och buller. Det är viktigt att kanalerna dimensioneras så att luft-hastigheten inte överskrider 3–5 m/s. Vid processventilation behövs mjuka övergångar för att föroreningarna inte ska avsättas i böjar.



En lämpligt utformad processventilation utan skarpa böjar och tvära vinklar.

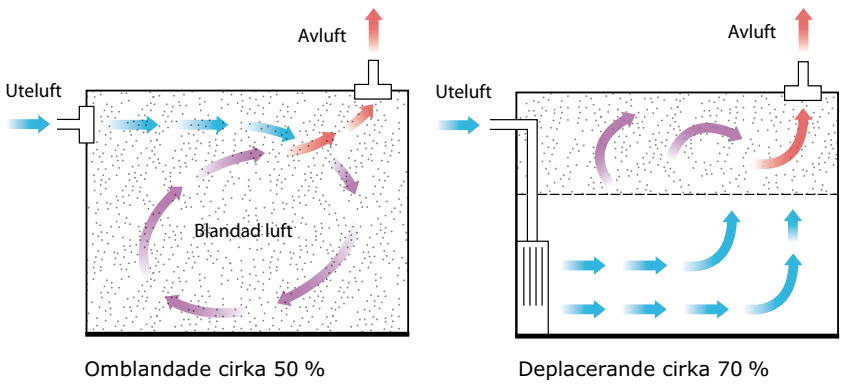
Luftutbyteseffektivitet

Med luftutbyteseffektivitet menas hur stor andel av frånluften som utgörs av rumsluft. En hög luftutbyteseffektivitet innebär att hela lokalens luft byts med liten inblandning av den tillförda luften i frånluften. Om luften skulle röra sig likt en kolv genom rummet från tilluftsdon till frånluftsdon blir det teoretiska luftutbytet 100 %. I praktiken går detta inte att uppnå. Luftutbytet blir lägre.

Luftutbyteseffektiviteten kan mätas genom att rummet fylls med spårgas. Spårgasen får sedan vädras ut, varvid halten avklingar. Koncentrationen mäts efter hand på några platser i rummet och samtidigt i frånluften. Detta leder till ett mått på hur effektivt luften byts ut. Måttet anges i procent. Vid omblandande ventilation är teoretiskt maximal luftutbyteseffektivitet 50 %, eftersom tilluften då blandas helt med rumsluften så hälften av frånluften är tilluft. I praktiken är andelen rumsluft i frånluften under 50 %.

Vid deplacerande ventilation kan luftutbyteseffektiviteten i praktiken vara betydligt högre, upp till cirka 70 %, om temperaturskillnaden mellan tilluften och rumsluften är väldimensionerad.

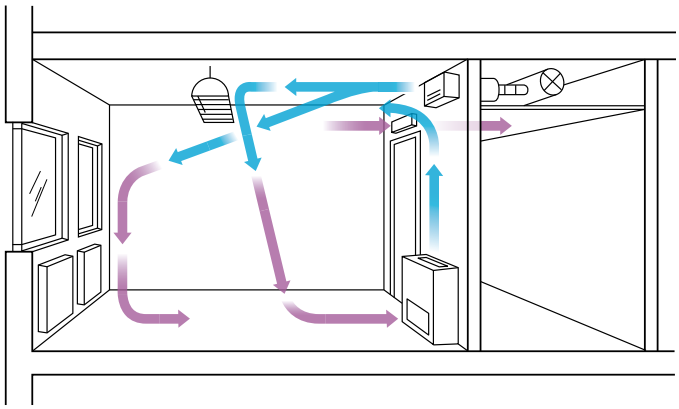
Vid kortslutning av ventilationen, det vill säga att tilluften går direkt till frånluftsdon utan att först ventilera rummet, kan luftutbyteseffektiviteten bli mycket låg. Luftutbyteseffektivitet bör inte vara lägre än 40 %.



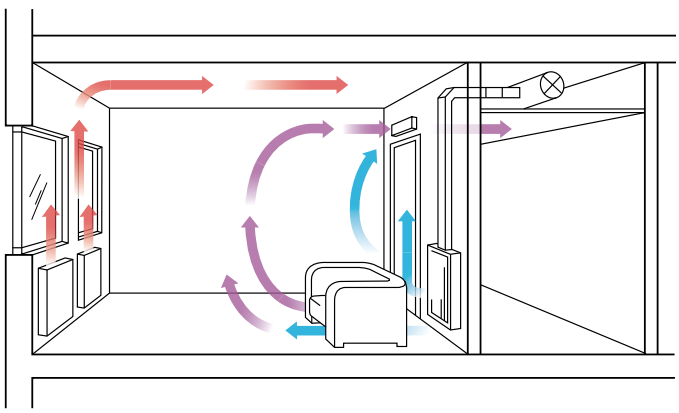
Luftutbyteseffektiviteten visar hur effektivt luften i ett rum byts ut. Deplacerande ventilation har normalt sett bättre utbyteseffektivitet än omblandande.

Specifikt luftflöde (luftomsättning)

Begreppet specifikt luftflöde har ersatt det gamla begreppet luftomsättning. Specifikt luftflöde brukar ofta beskriva luftflödet per m² golvarea eller per rumsvolym. Om till exempel rummets volym är 40 m³ och ventilationsluftflödet är drygt 2 l/s vilket motsvarar 80 m³/h, är det specifika luftflödet 80/40 = 2 rumsvolymer per timme.



Tendens till kortslutning vid omblandande ventilation genom att luften hindras av belysningsarmaturen och styrs ner i rummet.



Möbler och andra hinder framför golvdon vid deplacerande ventilation gör att luften inte flyter ut jämnt över hela golvytan. Detta skapar drag och försämrar också luftutbyteseffektiviteten.

Översikt över lagar och regler samt ansvariga myndigheter

Arbetsgivaren har ansvaret för arbetsmiljön och arbetsförhållanden på arbetsplatsen och att lagar och regler följs. Väl fungerande ventilation är en förutsättning för god arbetsmiljö. Arbetsgivaren måste alltså känna till vilka lagar och regler som gäller. Här beskrivs den lagstiftning som berör ventilation på arbetsplatser, olika myndigheters ansvarsområden samt vilka som svarar för tillsynen. Arbetsgivaren ska vidta de åtgärder som behövs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa. Grundtanken i Arbetsmiljölagen är att arbetsgivaren ska se till att arbetsmiljön är tillfredsställande och att olycksfall och ohälsa förebyggs. De anställda ska samverka med arbetsgivaren för att skapa en god arbetsmiljö. Enligt Arbetsmiljölagen ska skyddsombud medverka i planeringen när en arbetslokal ska byggas eller byggas om.

Arbetsmiljöfrågor inklusive ventilation av arbetslokaler regleras i första hand av Arbetsmiljölagen och Arbetsmiljöverkets och Boverkets föreskrifter. Lagar innehåller allmänna och övergripande funktionskrav. I föreskrifterna preciseras dessa krav. Det är viktigt att observera att myndigheternas föreskrifter är formulerade som den lägsta kvaliteten som kan tillåtas. Under den ribban är förhållandena inte acceptabla. I många arbetslokaler är inte myndighetskraven tillräckliga för att skapa en bra miljö.

Folkhälsomyndigheten har regler för bland annat ventilation och inneklimat i bostäder och allmänna lokaler. De senare kan också vara arbetsplatser och därmed gäller både Folkhälsomyndighetens och Arbetsmiljöverkets regelverk.

En skillnad mellan Boverket och de andra myndigheterna är att Boverkets regler i de flesta fall endast gäller vid nybyggnation. För tidigare byggnation gäller med få undantag de krav som gällde när byggnaden uppfördes. De andra myndigheternas krav kan förändras över tiden.

Myndigheter som svarar för regler och tillsyn

Nedan listas de myndigheter som utfärdar regler och utövar tillsyn som kan beröra arbetsplatsens ventilation. Endast de lagar och regler som har betydelse för ventilationen har tagits med. Lagar och regler som endast rör ventilation i bostäder har inte tagits med. I några fall är ansvaret för tillsyn delat på flera myndigheter, till exempel när det gäller tobaksrökning. Endast den tillsyn som rör Tobakslagen och arbetsplatser har tagits med nedan. Lagstiftarna skiljer på lagar och regler om ventilation och om termiskt klimat. Både Arbetsmiljöverket och Boverket har regler som gäller det termiska klimatet. Dessutom har Folkhälsomyndigheten allmänna råd om inneklimatet.

Arbetsmiljöverket

Arbetsmiljöverket utövar tillsynen över att Arbetsmiljölagen och Arbetsmiljöverkets föreskrifter efterlevs. Arbetsmiljöverket har också ansvar för Tobakslagens tillämpning på arbetsplatser. Tillsynen på arbetsplatser utförs av Arbetsmiljöverkets regionala organisation, som är indelad i fem regioner.

Regler:

- Arbetsmiljölagen
- Arbetsmiljöförordningen
- Arbetsmiljöverkets författningssamling
- Tobakslagen

Boverket

Boverket har uppsikt och tillsyn över planläggning och byggande och ansvar för Plan- och bygglagen (PBL). Boverket utfärdar bygg- och egenskapsregler för nybyggnad och ändring av byggnader. För befintliga byggnader finns också en del retroaktiva krav, det vill säga åtgärder som måste vidtas oavsett när byggnaden är uppförd. Ett sådant regelverk är funktionskontroll av ventilationssystem.

Kommunernas byggnadsnämnder granskar bygglov bland annat beträffande planläggning. Byggnadsnämnderna samråder med byggherren och tar ställning till den kontroll som ska utföras för byggprojektet. Byggnadsnämnden är också tillsynsmyndighet för funktionskontroll av ventilationsanläggningar. Byggherren har det fulla ansvaret för att lagar, förordningar med mera följs under bygg-processen.

Regler:

- Plan- och bygglagen
- Boverkets Byggregler
- Förordningen om Funktionskontroll av ventilationssystem

Folkhälsomyndigheten

Folkhälsomyndigheten verkar för en god folkhälsa och ansvarar för tillsynen av flera lagar inom ansvarsområdet. Uppdraget inom området hälsoskydd och miljöhälsa är att upptäcka, förebygga och undanröja hälsorisker i miljön. Andra uppgifter är att vägleda

kommunernas miljö- och hälsoskyddsnämnder samt länsstyrelsen när det gäller miljöbalkens regler om hälsoskydd för inomhusmiljö, hygien och objektburen smitta. Verksamheten berör flera lagar. Endast de regler som bedöms kunna ha betydelse för ventilationsområdet har medtagits i förteckningen.

Regler:

- Miljöbalken
- Tobakslagen
- Folkhälsomyndighetens allmänna råd

Lagar, regler och allmänna råd om arbetsplatsens ventilation

Regler och råd om industri- och processventilationen tas upp i ett separat avsnitt.

Allmänna föreskrifter om ventilation och arbetsmiljö

Arbetsmiljölagen

2:a kapitlet, 3 och 4 §§ i den allmänt formulerade lagtexten anger att arbetslokaler ska vara så utformade att de är lämpliga från arbetsmiljösynpunkt och att luftförhållandena är tillfredsställande. Luftförhållandena innefattar luftföroreningar men också klimatfaktorer som värme, kyla och drag. Vilken ventilation som behövs avgörs av verksamheten och andra förhållanden på den enskilda arbetsplatsen. Behovet av ventilation varierar alltså från arbetsplats till arbetsplats.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter

Arbetsmiljöverket har utfärdat flera föreskrifter som berör ventilation i arbetslokaler. Föreskrifterna gäller för de flesta arbetsplatser och verksamheter, oavsett om byggnaden eller installationerna är

gamla eller inte. Reglerna är retroaktiva, det vill säga gäller även äldre ventilationssystem.

Föreskrifterna *Utformning av arbetsplatser* innehåller de viktigaste reglerna om ventilationen.

Föreskrifterna *Hygieniska gränsvärden* innehåller en lista på maximalt tillåtna halter av olika föroreningar i arbetsplatsluften.

Det finns också föreskrifter som rör speciella verksamheter som innehåller detaljkrav. Det gäller främst industri- eller processventilation eller annat behov av speciell ventilation.

Utformning av arbetsplatser

Enligt föreskrifterna om utformning av arbetsplatser ska arbetslokaler och personalutrymmen vara så ordnade och ha sådana ventilationssystem för luftväxling och uppfångande av luftföroreningar som alstras i lokalerna, att luftkvaliteten i vistelsezonen är tillfredsställande. Luftväxlingen ska ordnas så att spridning av luftföroreningar begränsas. Luftutbyteseffektiviteten bör vara minst 40 %. Luftföroreningar bör tas så nära källan som möjligt. Låga halter av föroreningar kan ventileras ut med allmänventilationen under förutsättning att det är långt till arbetstagares andningszon och att föroreningarna är lågtoxiska.

Koldioxidhalt inomhus

I lokaler där personbelastningen är den huvudsakliga källan till luftföroreningar kan koldioxidhalten från utandningsluften användas som en indikator på luftkvaliteten. Koldioxidhalten bör vara under 1 000 ppm. Det är dock ingen garanti att luftkvaliteten upplevs som tillfredsställande, eftersom det kan förekomma andra föroreningar som upplevs som besvärande. 1 000 ppm koldioxid är ett riktvärde som inte bör överskridas, men det är inget gränsvärde som aldrig får överskridas. Koldioxid i dessa halter är inte skadligt. Det hygieniska gränsvärdet för koldioxid är betydligt högre, 5 000 ppm som medelvärde för en hel dags exponering. Det blir allt vanligare att styra ventilationen genom kontinuerlig registrering av koldioxidhalten.

Uteluft

Ren uteluft ska tillföras i tillräcklig mängd. Uteluftsintaget placeras med hänsyn till olika föroreningskällor och med hänsyn till avluftens placering. Om avluften släpps ut nära uteluftsintaget kan avluften återföras vid olämplig vindriktning. Luft bör inte tas in från områden som sommartid blir mycket varma, till exempel direkt över svarta tak. I miljöer där uteluften är förorenad, till exempel i stadskärnor, bör uteluftsintag placeras på den sida av huset där luften är renast och så långt från avgaser som möjligt. Särskild varning ges för placering av luftintag nära kyltorn på grund av risken för luftburen legionella med tilluften. Så gott som alltid behövs filtrering av uteluften innan den tas in i ventilationssystemet.

Uteluftsflöde

I lokaler där personer vistas mer än tillfälligt kan det behövas ett uteluftsflöde som inte understiger 7 l/s och person vid stillasittande arbete. Med hänsyn till föroreningar från andra källor än personer bör ett tillägg på lägst 0,35 l/s och m² golvarea göras. Detta gäller mängden uteluft i normalt belastade lokaler. Vid rörligt eller ansträngande arbete och när byggnadsmaterial, inventarier, verksamhet med mera avger föroreningar, behövs ett större uteluftsflöde. I lokaler där processen eller hanteringen förorenar luften eller avger värme, måste behovet bedömas och dimensioneras från fall till fall.

Tilluft

Tilluft till arbetslokaler ska vara så fri från luftföroreningar som är praktiskt möjligt. Halten av luftföroreningar i tilluften ska vara väsentligt lägre än de hygieniska gränsvärdena för inandningsluften. I tilluften bör halten av koldioxid och kolmonoxid inte överstiga 1/10 av gällande nivågränsvärden. För övriga ämnen med hygieniska gränsvärden bör halten inte överstiga 1/20.

Lufttillförsel

Luften ska tillföras på lämpligaste sätt och så att besvärande drag inte uppstår. Lufthastigheten bör vara högst 0,15–0,2 m/s där personer vistas. När inomhustemperaturen är hög kan dock vanligen högre lufthastigheter accepteras. Om det behövs ska luften vara förvärmd, renad eller på annat sätt behandlad. Ofta reduceras ventilationsflödet när personal inte uppehåller sig på arbetsplatsen. Det är viktigt att ventilationsflödet ökar i tid så att eventuell ansamling hinner vädras ut innan de anställda anländer. Flextid bör även beaktas vid inställning av ventilationen. Efter nybyggnad eller invändig renovering kan ventilationen behöva gå kontinuerligt under det första året. Först därefter bör eventuell reduktion göras när lokalerna inte används.

Inkommande uteluft kan behöva filtreras dels för att skydda installationerna, dels för att få en renare tilluft. Nedsmutsade installationer kan ge både försämrad tilluftskvalitet och nedsatt funktion hos ventilationsinstallationen.

Återluft

Återluft används ibland för att spara energi, genom att främst vintertid återföra en del av den renade frånluften som tilluft. Eftersom frånluften innehåller föroreningar innebär återluft att den luft som tillförs lokalen inte är lika ren som uteluften. Ventilationssystem med återluft får installeras endast om särskild utredning visat att erforderlig luftkvalitet uppnås och att systemets tillförlitlighet kan upprätthållas. Dokumenten från utredningen sparas i drift- och underhållsinstruktionen.

Vanligen är det svårt eller dyrt att uppfylla kraven och återluft är något som alltmer sällan används. Installation av värmeväxlare är att föredra från arbetsmiljösynpunkt, för att spara energi. Om återluft installeras ska frånluften renas innan den återförs till arbetslokalen. En reningsanordning för återluft eller cirkulationsluft ska ha tillförlitlig avskiljarfunktion. För att kunna planera för en tillförlitlig rening av återluften, måste föroreningssituationen analyseras på arbetsplatsen. Återluften ska normalt kunna stängas av helt. Even-

tuellt genomsläpp av luftföroreningar i reningsutrustningen, det vill säga att luftföroreningar av misstag förs tillbaka till tilluften, ska snabbt kunna konstateras.

Överluft

Överluft får endast föras till lokal med lägre krav på luftkvalitet än den lokal som luften tas ifrån. Föroreningar från en process får inte via överluft föras till en lokal där dessa föroreningar inte alstras. Vid överluft från ett utrymme till ett annat kan det finnas risk för att luften går åt fel håll, till exempel om ventilationsaggregaten inte fungerar. Det kan behövas arrangemang som gör att överluftsförbindelsen stängs automatiskt vid funktionsfel.

Frånluft

Några frånluftsflöden nämns i föreskrifterna:

Lokal	Frånluftsflöde
Lokal där rökning är tillåten	20 l/s och person
Toalettutrymme	15 l/s
Städutrymme	3 l/s
Duschrum	15 l/s och dusch med möjlighet till vädring eller forcerat flöde (30 l/s och dusch)
Personalutrymmen i bodar	2–3 omsättningar/timme

Drift- och underhåll av ventilationssystemet

Det finns krav på att uppdaterade skriftliga instruktioner ska finnas tillgängliga på svenska för underhållspersonal. Ventilationen ska kontrolleras när den tas i bruk och sedan kontrolleras och underhållas regelbundet. Kontroll och underhåll ska dokumenteras.

Kemiska riskkällor

I föreskrifterna om kemiska riskkällor finns regler för verksamheter där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Dessa föreskrifter är främst aktuella i miljöer där processventilation behövs.

Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen och Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk gäller byggnader och byggnadernas installationer. För det som anknyter till ventilation föreskrivs bland annat att byggnader ska uppfylla tekniska egenskapskrav så att de

- är lämpliga för avsett ändamål
- ger skydd beträffande hygien, hälsa och miljö samt buller
- medger energihushållning.

Detta gäller för nyproduktion av byggnader och vid om- och tillbyggnad. Därutöver ska byggnader underhållas så att dessa egenskaper i huvudsak bevaras.

Boverkets byggregler

Boverkets byggregler är tillämpningsföreskrifter till ovanstående lagar. I byggreglerna anges funktionskrav för nya ventilationsinstallationer och råd för detaljutformningen. I stora stycken överensstämmer de regler om ventilation som finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter *Utformning av arbetsplatser* med Boverkets byggregler. Här redovisas de viktigaste allmängiltiga kraven och råden i Boverkets byggregler.

Tillfredsställande utformning

Byggnader ska utformas så att luft-, fukt-, temperatur- och hygienförhållanden blir tillfredsställande med hänsyn till allmänna hälsokrav.

Luftkvalitet

För luftkvalitet föreskrivs följande:

- Byggnader ska med hänsyn till uteluftens beskaffenhet utformas så att luft som tillförs byggnaden blir tillräckligt ren. Det ställer krav på luftintag och ventilationssystemets utformning.
- Byggnader ska utformas så att god luftkvalitet erhålls i vistelsezonen. Luften får inte innehålla föroreningar som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt.
- Det ska ställas krav på inneluftens kvalitet utifrån den verksamhet som bedrivs.
- Emissioner från byggnadsdelar får inte påverka inneluften så att människors hälsa riskeras.

Vistelsezonen definieras även.

Lufthastighet i rum

Luftrörelser i rummet kan upplevas som obehagliga. Till- och frånluftsflödena ska vara dimensionerade så att ventilationssystemet inte orsakar besvärande drag. Lufthastigheten bör vara högst 0,15 m/s i vistelsezonen under uppvärmningssäsongen och för övrigt högst 0,25 m/s.

Luftutbyteseffektivitet

Ventilationssystem ska utformas så att

- erforderlig mängd uteluft tillförs
- föroreningar från verksamheter förs bort
- luftburna utsöndringsprodukter från personer och byggnadsmaterial förs bort
- fukt, odörer och hälsofarliga ämnen evakueras
- luftutbyteseffektiviteten ska vara minst 40 %.

Luftväxling och uteluftsflöde

Rum ska ha kontinuerlig luftväxling. Uteluftsflödet ska vara minst 0,35 l/s per m² golvarea. Observera att detta är ett minimiflöde.

Många gånger behövs ett större uteluftsflöde. Luftflödet får reduceras när rummen inte används. Efter en period med reducerat luftflöde bör ventilationen sättas på under så lång tid som behövs för att åstadkomma en luftomsättning i rummet, innan rummet åter tas i anspråk.

Överluft

Risken för spridning av illaluktande eller ohälsosamma gaser eller andra föroreningar från ett rum till ett annat ska begränsas. Vid överluft från ett utrymme till ett annat, ska luften föras från rum med högre krav på luftkvalitet till rum med lägre krav.

Rensning, flödesmätning, injustering och kontroll

Partiklar som avsätts i kanaler kan i viss mån påverka luftflödet men framför allt kan de förorena luften och de installationer som finns i kanalerna, till exempel värmeväxlare. Effektiv filtrering av luften minskar nedsmutsningen. Kanaler ska vara åtkomliga för rensning och förses med rensanordningar. I huvud- och samlingskanaler ska det finnas fasta mätuttag för flödesmätning. Mätuttag behövs för att i driftskedet kunna kontrollera att luftflödena är de rätta.

Service och utbyte

Komponenter som kräver tillsyn och skötsel eller utbyte ska placeras lätt tillgängliga. Utbyte ska kunna göras enkelt och säkert. Detta krävs för att ventilationssystemet ska fungera som avsett också på lång sikt.

Ventilationssystemet får inte förorena luften

Luft som transporteras i ventilationssystemet får inte förorenas av installationerna. Kanaler och andra komponenter ska därför utföras eller behandlas på sådant sätt att de inte kan avge föroreningar till inneluften. Tryckförhållanden mellan till- och frånluftsinstallationer ska vara avpassade så att luftströmning av frånluft till tilluft inte kan ske. Den största risken för sådant läckage finns i så kallade klimataggregat. Installationerna ska utformas så att risken för ohälsosam tillväxt av mikroorganismer begränsas. För att mikroorganismer ska

växa till behövs fukt. Fukt kan uppkomma i samband med befuktning och kylning av luft. Installationer för befuktning eller kylning ska därför utformas så att de inte medför risk för att skadliga mikroorganismer eller skadliga ämnen avges till inneluften.

Brandskydd

Brandskydd i byggnader är ett brett område och behandlas inte vidare här. Krav som syftar till skydd mot brandspridning finns i Boverkets byggregler.

Miljöbalken

I Miljöbalken anges att lokaler för allmänna ändamål ska brukas på ett sådant sätt att olägenheter för människors hälsa inte uppkommer. Med olägenhet för människors hälsa menas en störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig. Ägare eller arbetsgivare ska vidta de åtgärder som skäligen kan krävas för att hindra uppkomsten av eller undanröja olägenheter för människors hälsa.

Olägenhet för människors hälsa

Vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger bör en helhetsbedömning göras av byggnadernas eller lokalernas förutsättningar för den aktuella verksamheten. I skolor, lokaler för barnomsorg och lokaler för allmänna ändamål bör hänsyn tas till antalet personer som vistas i lokalen, användningssättet, vistelsens längd, vädringsmöjligheter och rutinerna för vädring.

Vid bedömningen av olägenhet för människors hälsa bör hänsyn även tas till känsliga personer.

Bedöms det föreligga olägenhet för människors hälsa på grund av bristfällig luftkvalitet, kan åtgärder eller ytterligare undersökningar krävas med stöd av Miljöbalken även om ventilationssystemet är godkänt enligt Plan- och byggförordningen. Tillsynsmyndigheten kan ställa krav på att åtgärder vidtas. Ventilationen bör även undersökas om andra brister i inomhusmiljön konstateras eller befaras, till exempel

- vid konstaterade höga radongashalter eller där höga radongashalter kan antas förekomma
- vid misstänkta eller konstaterade förhöjda halter av formaldehyd eller andra hälsofarliga kemiska ämnen
- vid sådana misstänkta eller konstaterade skador på golv som kan antas bidra till att hälsofarliga ämnen avges
- vid svårdefinierad lukt
- vid mikrobiell växt, speciellt på invändiga ytor, där orsaken misstänks vara hög luftfuktighet och där den inte orsakats av en uppenbar vattenskada
- vid omfattande kondensbildning på fönsters insida vid en utetemperatur av cirka -5 grader
- vid konstaterad allergi mot husdammskvalster
- vid utredningar i byggnader där människor uppger byggnadsrelaterade besvär
- vid inträffade fall av till exempel legionärssjuka och luftfuktarfeber; en kontroll av ventilationssystemet bör framför allt inriktas på att finna möjliga tillväxtplatser för mikroorganismer i systemet eller i närheten av luftintaget.

Folkhälsomyndighetens allmänna råd

Folkhälsomyndigheten ger ut allmänna råd om ventilation i bostäder men också i lokaler för allmänna ändamål. Många sådana lokaler, det vill säga lokaler som allmänheten har tillträde till, är också arbetslokaler. Allmänna råd finns även om temperaturen inomhus, fukt och mikroorganismer samt radon. De allmänna råden syftar till att ge Miljö- och hälsoskyddsnämnderna allmän och principiell vägledning.

Temperatur

I Folkhälsomyndighetens allmänna råd om inneluftens temperatur i bostäder och lokaler för allmänna ändamål rekommenderas fortsatt

utredning om olägenhet för människors ohälsa när

- temperaturen är utanför intervallet 20–24 grader (sommartid 20–26 grader)
- golvtemperaturen är under 18 grader.

I det allmänna rådet om inneluftens temperatur finns även följande rekommenderade värden:

- innetemperaturen (operativa) 20–23 grader
- temperaturskillnaden mellan 0,1 och 1,1 m över golv maximalt 3 grader
- strålningstemperaturskillnaden fönster – motsatt vägg maximalt 10 grader
- strålningstemperaturskillnaden tak – golv maximalt 5 grader
- golvets yttemperatur 20–24 grader.

Ventilation

Det specifika luftutbytet (luftomsättningen) bör inte understiga 0,5 omsättningar/timme.

Fukt och mikroorganismer

Vid bedömningen av om fukt och mikroorganismer i bostäder och lokaler för allmänna ändamål innebär olägenhet för människors hälsa bör tillsynsmyndigheten bland annat beakta följande:

- Om det förekommer synlig mikrobiell växt eller mikrobiell lukt.
- Om mikroorganismer eller mikrobiell lukt befaras spridas från byggnadskonstruktionen eller från exempelvis källare, grund eller vind, till andra rum där människor vistas stadigvarande.
- Om fuktskador lämnas oåtgärdade.
- Om fuktskador har åtgärdats bristfälligt.

I regel krävs en okulär besiktning av en byggnads skick för att ta ställning till om det föreligger olägenhet för människors hälsa. Indikationer som kan leda till krav på undersökning är till exempel:

- synliga fuktskador och fuktfläckar, missfärgningar eller bubblor i mattor och tapeter
- omfattande kondens på fönstrens insida vid en utetemperatur av cirka -5 grader eller lägre
- om fukttillskottet inomhus regelmässigt överstiger 3 gram vatten/kg torr luft
- om luftfuktighetens medelvärde överstiger 7 gram vatten/kg torr luft under en längre period under eldningssäsongen.

Komfortventilation

Komfortventilation är den ventilation som finns i sådana lokaler där människor är en av de viktigaste föroreningskällorna och värme ofta den dimensionerande föroreningen. Komfortventilation finns till exempel i kontor, skolor, vårdlokaler och butiker.

Syftet med komfortventilation är att tillföra ren luft med lämplig temperatur och föra bort förorenad luft och värme från vistelsezonen. Tilluften ska tillföras ”dragfritt”, det vill säga inte ha för hög hastighet och ha en anpassad temperatur (ju kallare, desto dragigare upplevs en luftström). Komfortventilationen dimensioneras ofta av behovet att föra bort värme som avges, till exempel från människor.

Syftet med komfortventilation

Komfortventilation ska uppfylla följande funktioner:

- Tillföra ren luft.
- Transportera bort varm, fuktig och förorenad luft.
- Ibland värma lokalerna.
- Ibland kyla lokalerna.

Dessa krav ska uppfyllas:

- De allra flesta ska vara nöjda med klimatet.
- Det ska inte uppstå drag.

- Effektiviteten ska vara god.
- Det ska inte bullra.

I detta avsnitt behandlas komfortventilationens olika delar samt hur de samverkar. I avsnittet om kontorsventilation finns mer information och exempel på ventilationslösningar.

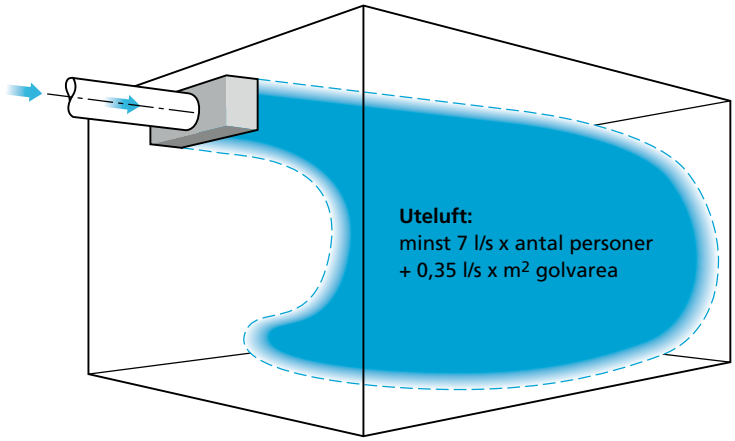
Dimensionering av komfortventilation

Dimensioneringen av ventilationen ska utgå från ett antal faktorer. De viktigaste är

- personbelastningen i lokalerna
- hur och till vad lokalerna ska användas och vilka krav som finns på luftkvaliteten
- hur mycket värme, fukt och luftföroreningar som alstras i lokalerna
- annat som kan påverka ventilationsbehovet, till exempel städning och om lokalen ska kunna vädras på annat sätt än via ventilationen och i så fall i vilken omfattning.

När någon av dessa faktorer ändras, påverkar det hur väl ventilationen kan uppfylla den önskade funktionen. Därför är det viktigt att se över ventilationen när verksamheten i lokalerna ändras, till exempel om fler personer ska vistas i rummet eller att rum görs om till sammanträdesrum. Inför förändringar är det viktigt att överväga om också ventilationen behöver förändras.

Komfortventilation dimensioneras normalt sett utifrån hur mycket ren luft som behöver tillföras. Hur mycket ren luft som ska tillföras beror på föroreningssituationen (luftföroreningar och värme) och vilken komfort som önskas. Det går att beräkna hur mycket ren luft per sekund som ska tillföras lokalen. Det finns minimiregler för luftflöden. Dessa minimiflöden är normalt sett i underkant och bör endast ses som riktvärden som absolut inte får underskridas. Normalt sett bör flödena vara högre för att uppnå god luftkvalitet.



Utgångspunkten för dimensionering av uteluftsflödet är 7 l/s och person och 0,35 l/s och m² golvarea. Detta gäller stillasittande sysselsättning. Märk dock att detta i många sammanhang inte är tillräckligt.

Ofta minskar luftflödena i ventilationssystem med tiden. Därför är det viktigt att ha en viss marginal och naturligtvis också ett bra underhåll, för att säkerställa att ventilationen fungerar bra också på sikt. Vid dimensionering är det också viktigt att bygga in en viss flexibilitet i systemet. Ventilation kan till exempel dimensioneras för att vid behov kunna ökas med 25–50 %.

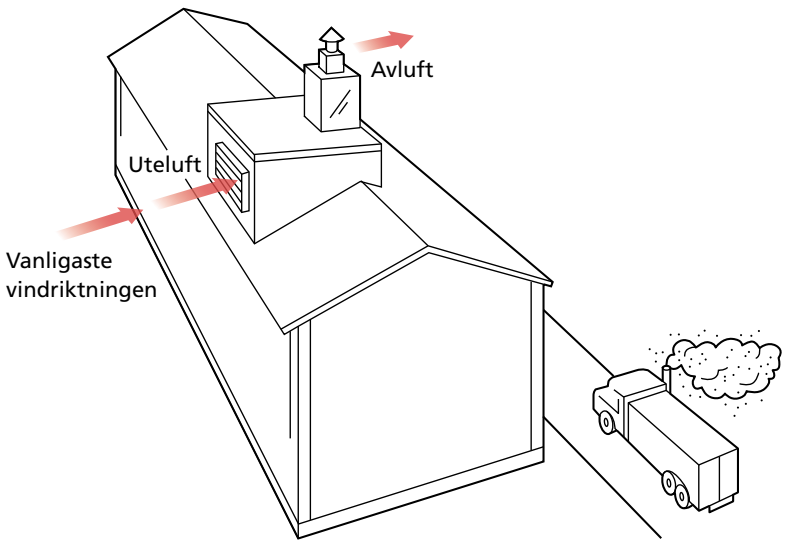
Ett problem som uppmärksammats under de senaste årtiondena är det stora antalet fuktskadade byggnader som i flera fall orsakat besvär och till och med sjukdom. Fuktskadorna kan uppstå redan i byggskedet genom olämplig kombination av materiel och/eller utförande. Brister i konstruktionen kan givetvis orsaka fuktskador i byggnadens driftskede på grund av brister och fel i byggnaden. Inneluft med hög fukthalt kan via springor och andra otätheter komma i kontakt med kalla ytor inne i väggar, tak och golv. Inneluften kyls och vattnet kondenseras på de kalla ytorna. Beroende på de material som fuktas kan det uppstå biologisk påväxt eller kemisk aktivitet som båda bryter ner materialet samtidigt som olika ämnen eller sporer avges. För att minska risken för fuktskador i allmänna lokaler får skillnaden i absolut fuktighet mellan inne- och uteluften inte

vara högre än 3g/m³ luft vintertid. Enligt flera forskare, skadeutredare (av bland annat sjuka hus), fastighetsförvaltare med flera som är organiserade i Swesiaq (Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate, en ideell svensk förening för alla med intresse för en hälsosam innemiljö) tyder senare studier på att värdet inte bör vara lägre.

Att tillföra ren luft – system för luftdistribution

Luftintag

Luftintag ska placeras så att den luft som tas in är så ren som möjligt. För att undvika att förorenad avluft återförs till fastigheten, bör avluft och luftintag inte placeras nära varandra, till exempel på samma vägg. Eftersom avluften oftast är varmare än tilluften brukar dess utblås placeras några meter högre än luftintaget. I fastigheter där luften kyls, kan avluften vara kallare än tilluften, speciellt sommartid. I sådana fall räcker det inte med skillnad i höjdled, det krävs dessutom ett säkert avstånd i sidled.



Luftföroreningar i utomhusluften ska inte föras in med luften som tas in i ventilationssystemet. Hänsyn måste bland annat tas till tilluftsintagets placering på byggnaden.

Tilluften ska fylla två funktioner:

- Tillföra de luftflöden som krävs för att få god komfort.
- Distribuera luften till de delar av lokalerna där luften behövs.

Det innebär att tilluften ska nå personalens vistelsezoner samtidigt som alla delar av lokalerna ska ventileras, inklusive de delar av lokalerna där värme och föroreningar alstras.

Ventilationsbehovet är störst i den så kallade vistelsezonen. Vistelsezonen är den del av rummet där människor uppehåller sig. Ventilationsbehovet i olika delar av vistelsezonen kan också variera, till exempel för att det vistas fler personer i vissa delar av lokalen eller för att det alstras mer värme på något ställe. Vistelsezonen behöver definieras för att kunna dimensionera ventilationen rätt.

Borttransport av varm och förorenad luft

Varm och förorenad luft ska transporteras bort från lokalerna. Vid komfortventilation är människan den viktigaste föroreningskällan. Föroreningarna avges tillsammans med värme, varför både föroreningar och värme stiger uppåt. Därför placeras frånluftsdonen normalt sett jämnt spridda över taket. Om det alstras mycket föroreningar eller värme i vissa delar av lokalen, kan frånluftsflödet ökas i dessa delar.

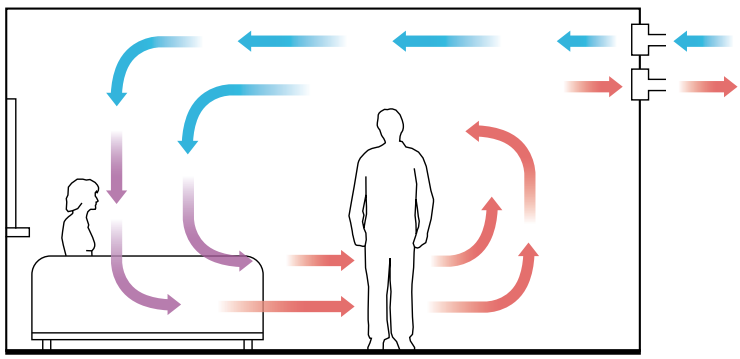
Ventilationssystem i balans

Som tumregel ska ventilationssystemen vara balanserade, det vill säga lika mycket luft som tillförs med tilluften ska också transporteras bort med frånluften. Obalanserade ventilationssystem skapar drag. Är undertrycket stort (det vill säga mycket mer frånluft än tilluft), kan det bli dragigt. Speciellt vintertid kan det bli obehagligt dragigt, om kall uteluft läcker in via otätheter för att kompensera för den frånluft som ventileras ut. Är det istället övertryck i lokalerna, kommer uppvärmd luft att läcka ut via otätheter i byggnaden. Det medför energiförluster eftersom den utläckande luften inte passerar värmeväxlaren. Luften som pressas ut av övertrycket kan komma ut

i byggkonstruktionen via otätheter och där kondensera. Med tiden kan fuktskador uppstå. I praktiken är ett litet undertryck att föredra före risken att få ett övertryck. Tryckskillnaden gör ventilationen mindre känslig för störningar till exempel när det blåser.

Olika typer av komfortventilation

Omblandande och deplacerande ventilation är två huvudprinciper för komfortventilation. När komforten prioriteras och det endast alstras lite luftföroreningar kan omblandande ventilation vara det bästa alternativet. När huvudkravet istället är att transportera bort värme och luftföroreningar är deplacerande ventilation att föredra, eftersom deplacerande ventilation normalt ger ett bättre luftutbyte (effektivare ventilation) och effektivare borttransport av luftföroreningar än omblandande ventilation.

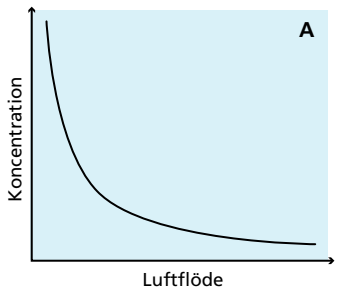


Vid omblandande ventilation späder den rena tilluften ut rumsluften och ger en bra luftkvalitet.

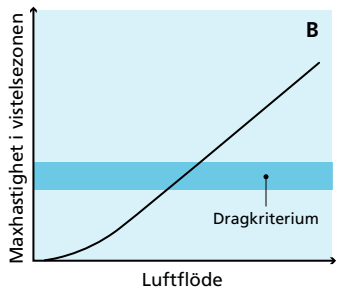
Omblandande ventilation

Vid omblandande ventilation tillförs rummet ren luft med hög luft-hastighet. Tilluftsströmmen drar med sig luft från området intill tilluftsdonet och skapar på det sättet en omblandning av tilluft och rumsluft. Tilluften späder ut den varma och förorenade rumsluften, se figur A på nästa sida, och därefter bortförs den omblandade luften. Omblandande ventilation bör i första hand användas i relativt rena

lokaler och passar därför bra som komfortventilation. Vid omblandande ventilation blir koncentrationen av föroreningar jämnt fördelad i lokalen. Temperaturen blir också ganska jämn i rummet vilket ger god komfort. Tilluften tillförs vanligen vid taket. För att tilluften inte ska ge drag krävs en noggrann dimensionering av kastlängderna (tilluftsströmmarnas hastighet). Om luftflödena blir för höga, upplevs ventilationen som dragig, se figur B. Höga luftflöden riskerar också att alstra buller, om kanalerna inte är väl utformade.



Figur A visar att ju högre luftflöden, desto lägre blir koncentrationen av föroreningar. Det går inte att öka luftflöden hur mycket som helst.

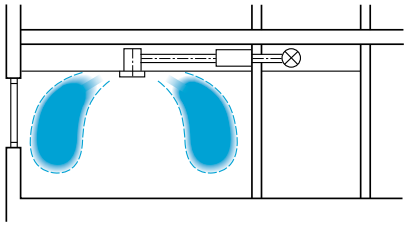


Figur B visar att när luftflödet ökar, ökar också lufthastigheten i rummet. Över en viss gräns som är beroende av temperaturen upplevs detta som drag.

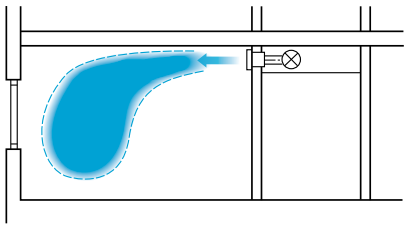
Tilluft

Tilluften utformas och dimensioneras så att frisk luft styrs dit den ska, det vill säga till de zoner där människor normalt vistas, utan att det uppstår drag. Ibland dimensioneras omblandande komfortventilation inte av behovet av att föra bort värme och föroreningar utan av att tilluftsflödet måste vara tillräckligt för att tilluften ska nå ut till och ventilera alla delar av lokalerna. Risken för drag minskar om det luftflöde som behövs fördelas på flera tilluftsdon vilket innebär att tilluftens hastighet från varje don kan minskas. Tilluften tillförs vanligen med don vid taket, till exempel mitt i rummet (takspridare), vid korridorvägg (bakkantsinblåsning) eller vid fasadvägg (framkantsinblåsning).

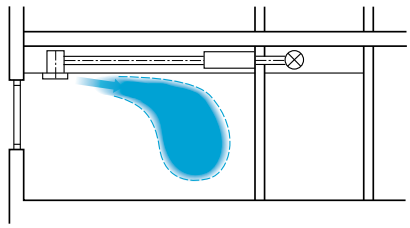
Takspridare



Bakkantsinblåsning

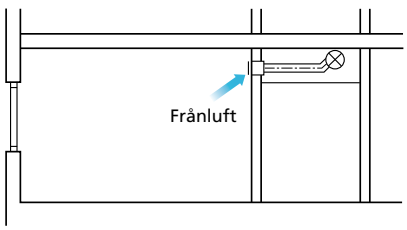


Framkantsinblåsning

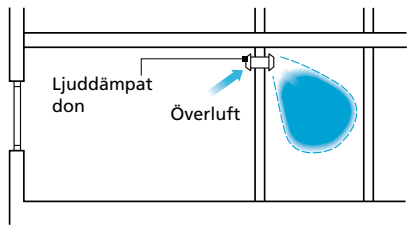


Frånluft

Luften evakueras med hjälp av frånluftssystem med don placerade vid tak eller via överluftsdon till intilliggande utrymmen. Till- och frånluftsdonen bör placeras i taket och diagonalt i förhållande till varandra, så att tilluft sveper genom vistelsezonen innan rumsluften tas ut i frånluftsdonet.



Vid omblandande ventilation tas vanligen luften med frånluftsdon vid tak. I specialfall sugs luften vid golv.



I kontorsrum och liknande lokaler kan luften transporteras bort som överluft.

Deplacerande ventilation

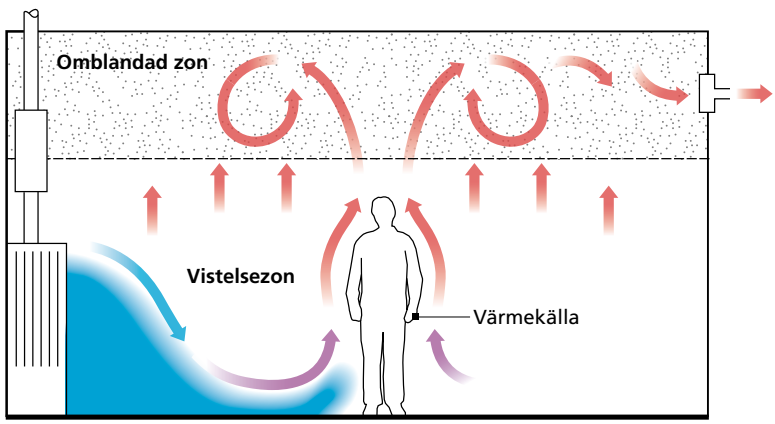
Deplacerande ventilation betyder undanträngande luftströmning. Vid deplacerande ventilation tillförs luften med låg hastighet vid golvet. Tilluften har något lägre temperatur än rummet (undertempererad)

och flyter ut över golvet (eftersom kall luft sjunker). Den använda varmare rumsluften trängs undan uppåt eftersom varm luft stiger uppåt och förs ut vid taket via frånluftsdon eller överluft.

I praktiken erhålls två zoner i höjdled i rummet. I den nedre zonen (vistelsezonen) dominerar tilluften, det vill säga luften i den nedre zonen har samma temperatur och renhet som tilluften och i den övre är luften omblandad med varm och förorenad luft. Gränsen mellan zonerna är inte knivskarp.

Vistelsezonen tillförs hela tiden ren luft och den använda luften förflyttas upp ovanför vistelsezonen. Intill människor stiger luften uppåt. Det bildas en plym som transporterar ren luft nerifrån och uppåt förbi människan. En rätt utförd deplacerande ventilation ger mycket bra luftutbyteseffektivitet.

I deplacerande ventilation strömmar tilluften ut över golvet och när den kommer fram till en människa dras tilluften in i luftströmmen som människan genererar. Deplacerande ventilation förutsätter tillräcklig rumshöjd, eftersom luften skiktas i höjdled. I lokaler med lite luftföroreningar, som till exempel kontor, bör rumshöjden vara minst 2,4 meter. I lokaler med mer värme och föroreningar måste rumshöjden vara högre.



Vid deplacerande ventilation tillförs luften med golvplacerade don. Tilluften skiktar rumsluften så att förorenad luft trängs undan uppåt mot frånluftsutsugen. Till exempel intill en person bildas en uppåtgående luftström som drar med sig ren luft.

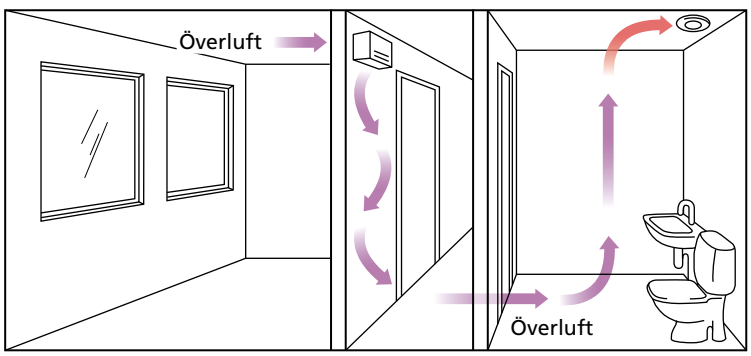
Tilluft

Deplacerande tilluftsdon kan placeras fritt på golvet eller byggas in i väggar. Donens placering och luftens temperatur är mycket viktiga för komforten och för ventilationens funktion. Donen bör placeras så att luften utan större hinder kan flyta ut över golvet.

För att deplacerande ventilation ska fungera utan att ge komfortproblem måste tilluftsflöden och placering av tilluftsdon anpassas till rådande förhållanden, så att det inte uppstår dragproblem i vistelsezonerna. En arbetsplats bör inte placeras alldeles intill ett tilluftsdon. Det innebär att donen tar en del golvyta och dessutom kan golvytan intill donen inte utnyttjas som arbetsplatser eftersom den undertempererade tilluften upplevs som dragig. Tilluftens temperatur ska vara någon eller högst några grader lägre än rummets lufttemperatur för att tilluften ska flyta ut vid golvet. Av komfortskäl bör inte tilluften vara så kall att den ger ”drag på benen”. En avvägning måste också göras mot värmekällor i rummet och typen av arbete som utförs.

Frånluft

Vid deplacerande ventilation tas luften normalt ut via frånluftsdon vid taket, i zonen med omblandad, förorenad luft. Vid komfortventilation av till exempel kontorsrum, kan frånluften tas med överluftsdon, till exempel till intilliggande korridor.



Överluft ska föras från utrymmen med krav på renare luft till utrymmen med lägre krav på luftens renhet.

Värmning och kylning av lokaler

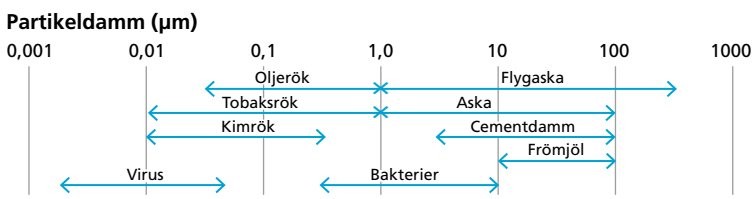
I många fall genereras mycket värme i arbetslokalerna, från till exempel människor, datorer och belysning. Uppvärmning av arbetslokaler är därför vanligtvis ett mindre problem. Det är vanligare att temperaturen behöver hållas på en behaglig nivå med hjälp av kylning. Det finns undersökningar som visar att den mentala prestationsförmågan och arbetstakten sjunker vid arbete i för varmt inomhusklimat. Om kostnaderna för produktionsbortfall under varma dagar beräknas, går det ofta att konstatera att det är direkt lönsamt att installera kyla i arbetslokaler.

Sedan början av nittiotalet ökar användningen av kyla i byggnader. I nya kommersiella lokaler och vid ombyggnad av lokaler installeras nästan alltid system för komfortkyla. I nya kontorshus, varuhus, sjukhus och liknande byggnader finns året om ett betydande kylbehov under arbetstid. Att tillföra stora kyleffekter till ett rum är svårt utan att problem med drag eller ljud uppstår. För att kyla lokaler har nya produkter, så kallade aktiva och passiva kylbafflar, utvecklats. I aktiva kylbafflar används ventilationsluften för att kyla lokalen.

Värmebehovet i kontorshus och liknande är ofta litet och värmning av lokalerna görs ofta via ventilationsluften. Aktiva bafflar som används för kylning kan även värma ventilationsluften. Tendensen med ökad efterfrågan på komfortkyla kan förväntas hålla i sig. Olika metoder för att kyla lokaler behandlas utförligare i avsnitt Kylning av lokaler.

Rening av tilluft

Under slutet av 1900-talet kom flera studier som visade att partiklarna utomhus påverkade hälsan. När partikelhalten av partiklar i storleksfraktionen mindre än 10 mikrometer (µm) i diameter ökade med 10 µg/m³ luft ökade dödligheten med cirka 1 % och motsvarande minskning i dödlighet när halterna minskade. Betydligt fler personer dör under ett år av luftburna partiklar än vid trafikolyckor. Partiklarna i utomhusluften mäts på flera platser i landet och halterna jämförs mot olika miljökvalitetsnormer och uppsatta miljömål. För partiklar finns miljökvalitetsnormer för flera ämnen i partikelstorleksfraktionerna PM10 och PM2,5. PM står för particle matter och 10 respektive 2,5 är partikeldiametern i µm. Partiklar mindre än 10 µm kan passera struphuvudet och nå lungorna. Partikelfraktionen <2,5 µm kan nå lungblåsorna (alveolerna). Sedan början av 2000-talet har även mindre partiklars hälsopåverkan uppmärksammats, vilket medfört att även fraktionen upp till 1 µm (PM1) mäts i allt större utsträckning.



Luftintaget

För att tilluften inte ska smutsas ner, ska luftintaget hållas rent. Luftintaget och särskilt tilluftskanalerna före filtret bör vara lättåtkomliga och ha ytor som är lätta att rengöra. Luftintaget ska vara så utformat att tilluften avvattnas i eller under de första metrarna efter luftintaget. Det görs bland annat genom att intagsgallret utformas för att fånga upp vätskepartiklar och att det finns dränage före tilluftsfiltret. Luften som når tilluftsfiltret bör inte innehålla vattendroppar. I praktiken är det svårt att uppnå, särskilt vid snöfall, fint duggregn och dimma. Om luften som når filtret innehåller vattendroppar eller snöflingor, finns risk för mikrobiell växt på de partiklar som avskilts i filtret eller de partiklar som avsatts på luftintagets ytor före filtret. Det finns även forskning som tyder på att det finns ämnen och partiklar i utomhusluften som efter avsättning i luftintag och filter kan reagera och bilda nya föroreningar. Halterna av de nybildade ämnena är dock mycket låga i den tillförda luften.

Tilluftsfilter

Det finns åtskilliga tekniker för att rena luft från partiklar. På kontor, skolor, daghem och sjukhus används nästan uteslutande mekaniska filter. I mekaniska filter passerar luften ett slumpmässigt ordnat skikt av tunna, liggande glasfibrer. Även elektrofilter förekommer i liten omfattning. I dessa laddas partiklarna för att sedan avskiljas när luften passerar ett elektriskt fält. Det finns också elektrostatiskt laddade filter.

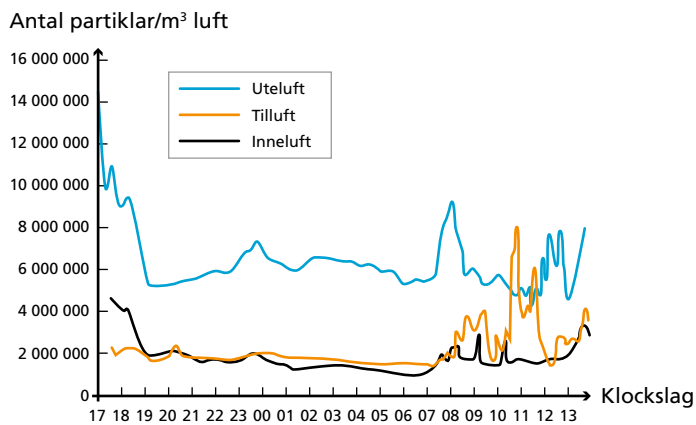
Exempel på olika filter. Från vänster ett exempel på HEPA-filter, ett specialfilter när mycket hög avskiljning krävs. I mitten ett finfilter anpassat enligt den nya standarden ISO 16890 och till höger ett grovfilter.

Vid val av filter är det viktigt att välja filter som utöver initialt bra avskiljning även bibehåller den över en längre tid samtidigt som tryckfallet över filtret är acceptabelt under hela drifttiden. De mekaniska filtren finns med olika täthet. Ju tätare ett filter är, desto bättre avskiljs partiklar. Samtidigt ökar tryckfallet över filtret. En kraftigare fläkt behövs och energiförbrukningen ökar. Filtren är därför veckade för att öka filterytan och därmed minska tryckfallet.

Exempel på tilluftsfilters funktion genom mätning av partiklar i ett klassrum

Här visas ett exempel på hur man kan utvärdera tilluftsfiltrets funktion, det vill säga hur stor andel av partiklarna som avskiljs. I detta exempel räknas antal partiklar i storleksintervallet 0,5–5 µm.

Mätningen syftar till att undersöka luftkvaliteten i ett klassrum i en skola. Partiklarna mättes utomhus vid luftintaget (före tilluftsfiltret) och inomhus i tilluftsdonet (efter tilluftsfiltret) och dessutom mitt i klassrummet. Tilluftsfiltret är ett finfilter (F7).



Mätningen visar att partikelhalten utomhus (uteluft) är flera gånger högre än i luften som tillförs klassrummet (tilluft). Partikelhalten mitt i klassrummet (inneluft), ökar på dagtid på grund av att partiklar avges och virvlas upp när eleverna är i rummet. Man kan tydligt se att partikelhalterna i uteluften går upp kraftigt vid 17-tiden och 7-tiden, som ett resultat av ökad biltrafik.

Mekaniska filter

ePM-klassade filter

Numera klassas tilluftfilter enligt ISO 16890 där uppgiften om filtrens avskiljningsgrad enkelt kan användas för beräkning av partikelhalten i tilluften. ePM-klassade filter finns från mycket hög till relativt låg avskiljning. Tilluftsfiltrenas klassindelning har anpassats till de fraktioner som uppmäts i uteluften. Filterklass ePM10 avskiljer 50–95 viktprocent av PM10-fraktionen och motsvarande för filterklasserna ePM2,5 och ePM1. Placeras ett ePM2,5 i tilluftkanalen är partikelhalten inte över 50 % av halten utomhus. Ett filter kan till exempel få beteckningen ePM1 60 %. Filtret klarar att avskilja 10 % mer än mininivån för filterklassen. Partikelhalten i PM1-fraktionen är 60 % mindre än i uteluften. Eftersom halten utomhus finns uppmätt i de lokala myndigheternas mätprogram och presenteras i samma storleksfraktioner får man en bra uppfattning om den luftkvalitet som tillförs lokalerna. Dessutom finns en filterklass som kallas grov som avskiljer mindre än 50 % av PM10.

ePM-klasserna är relativt nya och det tar tid att övergå till de nya filterklasserna. Eftersom nuvarande ventilationssystem och komponenter samt deras respektive bruksanvisningar är anpassade till tidigare filterstandarder har vi valt att beskriva filtren enligt standarden SS-EN 779: 2012 (2018), som nyligen utgått. Där delas filtren upp i grov-, medium- och finfilter.

Det är olika kriterier i de två standarderna. Alla F7-filter enligt gamla standarden behöver inte motsvara samma filter i den nya klassningen. Därför är det inte alltid självklart vilket filter som ska installeras vid övergång till den nya standarden.

Grovfilter

Ett grovfilter klarar av att filtrera bort insekter, pollen, frömjöl och i viss utsträckning cementdamm, aska, men främst större partiklar. Grovfilter används för filtrering av frånluft och de används ofta som ett förfilter till finfilter. Grovfilter betecknas och finns i filterklasser från G1 till G4, där G4 har bäst avskiljningsgrad (SS-EN 779). Gemensamt för filtren är att avskiljningsgraden är <40 % för 0,4 µm stora partiklar.

Mediumfilter

I en tidigare standard räknades mediumfiltren (M) till finfiltren. Speciellt filterklass 5 var vanlig för rening av tilluft. Filtren finns i klasserna M5 och M6.

Finfilter

Finfilter (F) finns i olika klasser från F7 till F9, där F9 avskiljer flest partiklar. Finfilter avskiljer 35–95 % av partiklar med en diameter på 0,4 µm. Ju högre filterklass, desto bättre avskiljning. Finfilter räcker för att filtrera bort bakterier och delvis även oljerök och tobaksrök. För rening av tilluft räcker i de flesta fall F7-filter. Om speciellt god rening krävs, till exempel för att skydda allergiska personer, kan ett filter med högre avskiljningsgrad väljas. Avskiljningsgraden för alla finfilter är >35 % för 0,4 µm stora partiklar. För F9 är avskiljningsgraden minst 95 % för dessa partiklar.

Råd om vilket filter som ska väljas för att uppnå önskad innemiljökvalitet erhålls med data från standarden SS-EN 16798-3. Uteluften klassas i tre nivåer (från landsbygd till innerstadsmiljö) och önskad inneluftkvalitet i flera nivåer. För de olika kombinationerna av uteluft/önskad inneluft föreslås lämpligt filter eller kombination av filter. Observera att inneluftkvaliteten givetvis också beror på andra faktorer. Man kan säga att tilluftsfiltret sätter en lägstanivå och sedan är det ventilationssystemet i övrigt och verksamheten som styr hur mycket över denna nivå slutresultatet blir. I den tidigare kurvan om partiklarna i klassrummet syns tydligt hur barnens närvaro ökade partikelhalten i klassrummet.

Mikrofilter

Dessa filter används som tilluftsfilter när extremt hög avskiljning krävs. Mikrofilter (E10–E12, H13-H14, U15–U17) kallas även EPA-, HEPA- och ULTRA-filter. EPA-filter har lägst och Ultra-filter har högst avskiljning och de används där man vill ha extra ren luft. De lägre mikrofilterkvaliteterna används också när man vill ha nästan helt partikelfri återluft. HEPA-filter används till exempel för att rena luften från partiklar i dammsugarens avluft eller asbestfibrer i avluften från fläktarna som används för att skapa undertryck i saneringszonen vid

asbestsanering. Högre kvaliteter används i läkemedelsindustrin när man vill ha steril miljö eller elektronikindustri där man vill ha partikelfri luft. Vid beskrivning av avskiljningsgraden tas särskild hänsyn till de partikelstorlekar som avskiljs sämst (SS-EN 1822). Avskiljningsgraden för H12 är minst 99,5 % och för U17 99,999995 %.

Övriga filter

Kolfilter

Filter med aktivt kol används för att avskilja olika gaser. Det kan också användas för att avskilja matos. Filtrering av tilluft med kolfilter förekommer främst i hus nära stora utsläpp av ångor och gaser, till exempel flygplats- och bussterminaler.

Elektrofilter

Elektrofilter används för att avskilja mycket små partiklar. Elektrofilter förekommer i luftrenare och i processventilation.

Andra filtreringsmetoder

Inom industrin finns ytterligare metoder och utrustning för partikelavskiljning, främst i olika industriprocesser. Några exempel: cykloner, slangfilter, skrubbrar och impaktorer.

Skötsel

Skötsel och byte av filter, framför allt mekaniska filter som glasfiberfilter, är mycket viktigt eftersom ett smutsigt filter försämrar ventilationens funktion väsentligt. Allt eftersom ett filter tar upp partiklar blir det tätare och avskiljningsgraden ökar. Tidigare ansågs bytet enbart styras av tryckfallet, det vill säga när flödena riskerade att bli för låga och strömförbrukningen hög. På senare tid har det kunnat visas att tilluftsfilter som sitter i för länge kan orsaka besvär av ämnen som följer med tilluften vid passagen genom det smutsiga tilluftsfiltret. I dag rekommenderas filterbyten (tilluft) minst en gång per år och helst två gånger även om tryckfallet över filtret inte är särskilt högt. Filterbyte rekommenderas på hösten när temperaturen faller och mögeltillväxten ute avtar samt sent på våren efter pollensäsongen.

Kylning av lokaler

Kylbehovet beror på vilken uppvärmning som finns från solvärme genom fönster och väggar, värme från belysning, människor och maskiner. Den värmealstring som finns inomhus gör att behovet av att kyla lokalen ofta är större än behovet att värma den. I till exempel ett belastat kontorsrum med ett par personer, belysning och datorer kan kylbehov uppstå redan vid en utomhustemperatur på -5 grader.

Efterfrågan på komfortkyla har ökat kraftigt sedan början av nittiotalet. Detta har gjort att nya kylsystem har introducerats på marknaden. Det är i dag inte ovanligt att kontor, under arbetstid, kyls hela året om. Kylbehovet kan vara mycket olika i olika typer av lokaler och i en och samma byggnad. Det finns en gräns där tillförseln av kall luft till rummet ger obehagligt drag. Gränsen (komfortgränsen) är beroende av vilken typ av system som används för kylning. Det brukar uttryckas som hur stor effekt (W) fördelat över golvytan (m^2) som maximalt kan kylas bort utan att problem med drag uppstår. Om den maximala komfortgränsen för kylning med det aktuella systemet till exempel är 60 W/m^2 och golvytan är 10m^2, är den maximala värmeeffekt som kan kylas bort 10 m^2 x 60 W/m^2 = 600 W. Redan vid måttlig värmealstring på arbetsplatser kan det behövas någon form av kylutrustning. För komfortventilation kan luften kylas på något av följande sätt.

Centralt kyld ventilationsluft

Ventilationsluften kyls i ett kylaggregat som ingår som en del i behandlingen av tilluften i ett centralt luftbehandlingsaggregat i ett fläktrum. Den kylda luften distribueras genom ventilationskanalerna till de olika rummen.

Individuell rumskylning genom aggregat placerade i rummet

Aktiva system

Aktiva system använder sig av fläktar för transport av kall luft. Det kan antingen vara den ordinarie ventilationsfläkten eller en fläkt i rummet.

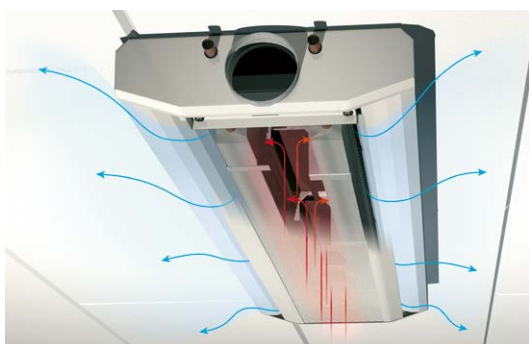
Variabelt flöde, vav-system

Vanligen används variabelt flöde vid deplacerande ventilation. Men det fungerar också vid omblandande ventilation, om det finns speciella takdon. Variabelt flöde innebär att temperaturen kan regleras separat för varje enskilt rum. Genom att öka eller minska flödet, styrs temperaturen i rummet.

Aktiva system med ventilationssystemet som drivkraft

Aktiv kylbaffel

En aktiv kylbaffel innehåller en värmeväxlare där kallt vatten cirkulerar. Från ett luftbehandlingsaggregat blåses ventilationsluft in i



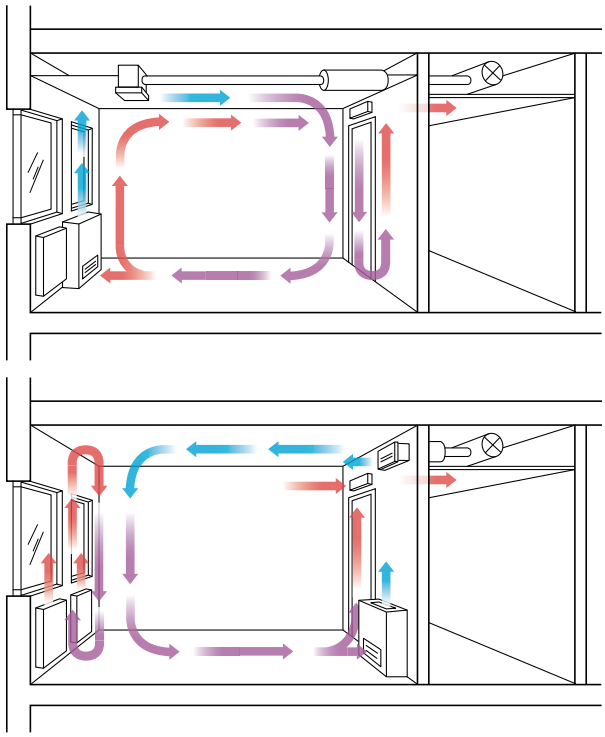
Visualisering av luftströmmen från en aktiv kylbaffel.

kylbaffeln med hög hastighet genom munstycken. På så sätt skapas ett undertryck i kylbaffeln och varm rumsluft sugs in i värmeväxlaren och kyls ned. Kylbafflar är placerade i taket och är mycket vanliga.

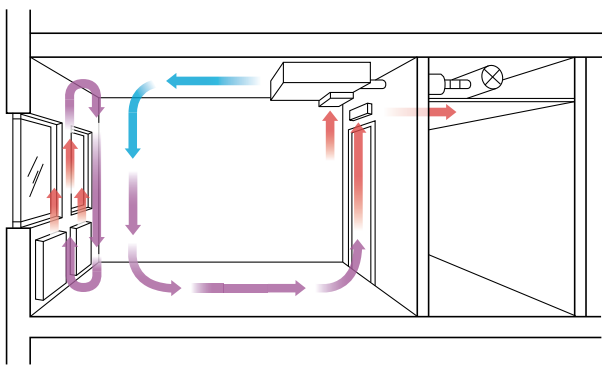
Induktionsapparater
Induktionsapparater fungerar på samma sätt som kylbafflar. Induktionsapparater placeras ofta under fönstren och kallas därför för fönsterapparater. Induktionsapparater är inte så vanliga nu för tiden. Det finns risker med användning av induktionsapparater för kylning. De har en benägenhet att dra med sig damm som avsätts på apparaten. Om luften dessutom kyls ner kan det finnas risk för att vatten kondenserar ut och orsakar mikrobiell tillväxt. Det är därför viktigt att apparaterna rengörs regelbundet.

Apparater med egen fläkt

Fläktkonvektor
En fläktkonvektor (det engelska namnet *fan-coil* används ibland) har en egen fläkt och är försedd med en värmeväxlare. Rumsluft sugs in i fläktkonvektorn och kyls ned och blåses in i rummet igen. Enbart rumsluft passerar genom en fläktkonvektor. En fläktkonvektor kan placeras på olika ställen i rummet. Vanligen placeras fläktkonvektorn, som kyler cirkulationsluft från rummet, intill fasaden eller intill korridorväggen. Som princip bör luftströmmarna från allmänventilationen och från fläktkonvektorn samverka. Det kan lösas till exempel genom att framkantsinblåsning kombineras med fläktkonvektor vid fasadväggen eller att bakkantsinblåsning kombineras med fläktkonvektor vid korridorväggen. I båda fallen kan fläktkonvektorn placeras vid golvet eller vid taket.



Kyla med fläktkonvektor. Den kan placeras i framkant eller bakkant, på golvet eller i taket. Konvektorluften bör samverka med riktningen på tilluften. Det fungerar inte bra när luftriktningarna motverkar varandra.



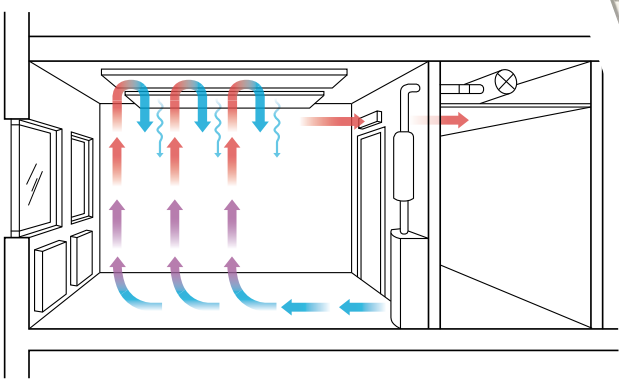
Fläktkonvektorn kan också kopplas till tilluftskanalen. Apparaten tar då cirkulationsluft som kyls och blandas med den något undertempererade tilluften från tilluftskanalen.

Passiva system

Passiva system har inga fläktar. Passiva kylbafflar kallas ibland för konvektionsbafflar och placeras i taket. En passiv baffel består bara av en värmeväxlare med rörslingor med cirkulerande kallt vatten. En passiv kylbaffel är öppen på ovan- och undersidan så att rumsluft kan passera genom baffeln. Det cirkulerande vattnet får inte vara för kallt för att undvika kallras som upplevs som drag och ger kondens på rörsystemet. Namnet konvektionsbaffel kommer från att kylningen av rummet huvudsakligen sker genom de luftrörelser (konvektion) som de kalla rören alstrar.

Kyltak kallas ibland för strålningstak. Kyltak är en sluten kassett som innehåller en värmeväxlare med rörslingor med cirkulerande kallt vatten. Ett kyltak är en kall yta i taket som huvudsakligen kyler genom strålning. Kyltak kan kombineras med valfritt ventilationssystem, omblandande eller deplacerande. Luftrörelserna i rummet störs inte om takets kyleffekt dimensioneras rätt med avseende på tilluftstemperaturen och värmebelastningen.

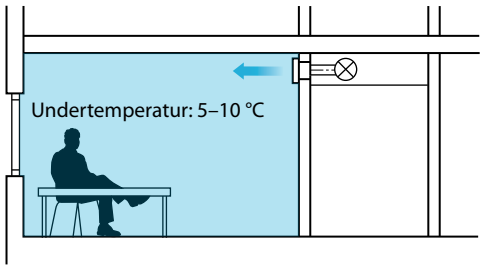
I många fall kombineras kylning med ventilationsluft från ett centralt aggregat med kylning med en passiv kylbaffel eller ett kyltak. Denna kombination uppstår ofta genom att kylbehovet ökar och



Kyltak.

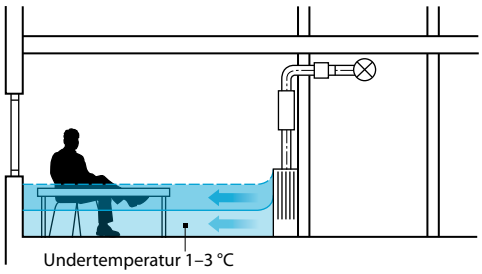
Kyltak kan byggas om som hela undertak eller sättas upp i fält i taket för att ge flexibilitet för flyttning av väggar. Kyltak kan kombineras med omblandande eller deplacerande ventilation men takets kyleffekt måste dimensioneras noga. Annars finns risken att få nedslag av kalluft.

ventilationssystemets kyleffekt inte räcker till. Då behöver kylkapaciteten utökas genom att installera andra typer av kylsystem. Alla ovanstående kylsystem, utom passiva kylbafflar, kan även användas för uppvärmning.



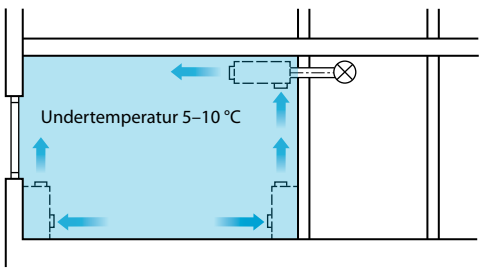
Vid låg värmealstring kan något undertempererad omblandande eller deplacerande tilluft ge tillräcklig kylning. Vid måttlig värmealstring kan centralt kyld omblandande ventilation fungera. Den kylda tilluften kan ha en undertemperatur på 5–10 grader.

A



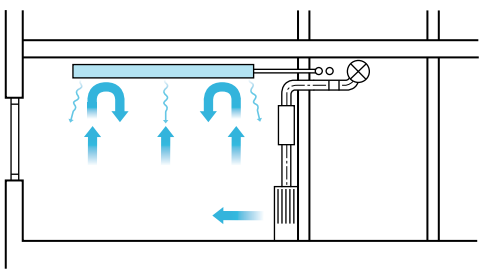
A. Variabelt flöde med kyla, det vill säga att tilluftsflödet ökas och minskas efter behovet av kylning. Används i första hand vid deplacerande ventilation.

B



B. Fläktkonvektor som kyler rumsluften kan placeras på golv eller under tak. Allmänventilationens luftrörelser måste dock samordnas med kylan. Fläktkonvektor kan också anslutas till tilluftssystemet. Tilluften i kanalerna har då rumstemperatur och fläktkonvektorn kyler luften när det finns kylbehov.

C



C. Kylbaffel i tak med cirkulerande kallvatten kan kombineras med omblandande och deplacerande ventilation. Den stigande varmare rumsluften kyls av kylbafflarna och sjunker neråt. Detta måste dimensioneras noga så att den kylda luften inte ”faller ned”.

Upphandling av ventilation

Arbetsgivaren har huvudansvaret för arbetsmiljön på arbetsplatsen och när byggnadsarbeten utförs är arbetsgivaren också byggherre. Det innebär att arbetsgivaren ansvarar för att ventilationsanläggningen uppfyller byggreglerna. För att upphandlingen av ny ventilation ska fungera så bra som möjligt, behöver en noggrann analys göras av vilka krav som ska ställas på ventilationen. Skyddsombudet ska delta vid planering av nya eller ändrade lokaler.

Projektgrupp

Vid ny- och ombyggnad av arbetslokaler och installationer är det lämpligt att bilda projektgrupper på företaget, för att diskutera och förankra lösningar. Vid större projekt kan flera projektgrupper behövas för att bearbeta olika sakområden. En viktig uppgift för projektgruppen är att formulera frågor och ta fram kravspecifikationer. Förslag till frågor och funktionskrav som bör ställas vid ventilationsinstallationer tas upp nedan. I projektgruppens arbete ingår också att granska förslag till lösningar. Ett underlag för projektgruppens arbete med ett antal frågor som bör gås igenom i samband med upphandling av ventilation finns i slutet av denna bok.

Byggherrens och projektörens ansvar

Enligt Arbetsmiljölagen har byggherrar och projektörer ett ansvar att beakta arbetsmiljöaspekter vid projekteringen. Syftet är att arbetsmiljön ska förberedas i ett tidigt skede så att de olika val som görs under projekteringen inte innebär onödiga arbetsmiljörisker varken vid bygg- eller bruksskedet. Byggherren, det vill säga den som låter utföra byggnads- eller anläggningsarbete, har det övergripande ansvaret för projekteringen. I detta ingår bland annat att se till att projekteringen samordnas. Om byggherren formulerar sina önskemål dåligt eller ofullständigt, utgå från att produkten också kommer att bli dålig. Det finns otaliga exempel på dåliga anläggningar som beror på att byggherren inte haft tillräcklig kunskap. Det är byggherren som bestämmer, väljer och köper den entreprenadform hen vill ha. Oavsett vilken entreprenadform som väljs, har byggherren det övergripande projekteringsansvaret. I de fall arbetsgivaren låter utföra byggnadsarbeten är arbetsgivaren byggherre. Byggherre kallas ofta beställare inom byggjuridiken.

Ventilationsprojektörens ansvar är begränsat till det som påverkas av de delar vederbörande projekterar. Detta innebär bland annat följande:

- Installationerna projekteras så att myndigheternas minimikrav inte underskrids.
- Lokalerna får arbetsmiljömässigt riktiga tillträdes-, transport- och monteringsutrymmen så att servicepersonal får en bra arbetsmiljö. Det gäller till exempel för drift- och serviceutrymmen.
- Det finns möjlighet till utbyten, underhåll och service av system och komponenter.

Installationer som kräver service eller utbyte ska placeras så att tillträde och transporter underlättas och så att god arbetsmiljö uppnås. Mer information om installationsutrymmen finns i Installatörsföretagens skrift *Rätt arbetsmiljö för VVS-montörer och driftspersonal*.

Normalt sett vill projektörer åstadkomma lösningar som går utöver myndigheternas föreskrifter. Föreskrifterna innehåller minimikrav som i många sammanhang inte ger en tillräckligt bra miljö. Beslutet om vilken lösning projektören tillåts implementera fattas av beställaren efter avvägning mellan nytta och kostnader. Detta förhållande regleras inte i lagar, utan formuleras i beställarens uppdrag till projektören och i de affärsmässiga reglerna för entreprenader.

Fastighetsägarens ansvar

Ofta hyr arbetsgivaren lokaler av en fastighetsägare (hyresvärd). Från arbetsmiljösynpunkt innebär det ingen skillnad jämfört med om arbetsgivaren äger arbetslokalen. Arbetsgivaren har ändå ansvaret för arbetsmiljön på arbetsplatsen. Utformning, inredning och utrustning i den hyrda arbetslokalen är en affärsöverenskommelse mellan hyresgäst och hyresvärd. I hyresavtal regleras vad hyresvärden ansvarar för respektive vad hyresgästen ska bekosta själv. Innehållet i hyresavtal kan därför variera mycket från en arbetslokal till en annan. De kan också se olika ut beroende på vem som är hyresvärd, om det är en privat eller en hyresvärd inom kommun eller landsting.

Privata fastighetsägare

I de privata hyresvärdarnas standardavtal anges att lokalen hyrs ut ”i brukbart skick” om annat inte överenskommits. Om det till exempel finns speciella krav på ventilation är det inte alls säkert att hyresvärden tillhandahåller den. Det troligaste är istället att hyresgästen själv får stå för åtgärder och kostnader.

Kommunala fastighetsägare

På motsvarande sätt har hyresvärdar inom kommuner och landsting hyreskontrakt som reglerar i vilket skick lokalen hyrs ut, vad som ingår i hyran och vad hyresvärden respektive hyresgästen ansvarar för. När det gäller ventilationsanläggningar är det vanliga att hyresvärden ansvarar för anläggningar för till- och frånluft, luftvärmare, värmeåtervinning och dylikt, sådant som allmänt behövs för byggna-

dens funktion. Hyresgästen har ansvar för speciell ventilation som är beroende av verksamheten på arbetsplatsen. Det kan vara punktutsug och dragskåp. Ofta finns så kallade gränsdragningslistor i hyresavtalet som reglerar vem som ansvarar för vad. Oavsett hyresvärd måste gränsdragningarna i det egna hyreskontraktet kontrolleras.

Kravformulering – att ställa funktionskrav

Att formulera kraven på en ventilationsanläggning är inte lätt. Både allmänna och mer detaljerade krav kan ingå och kostnaderna ska bedömas. Dessutom ska personalens synpunkter beaktas. De flesta byggherrar behöver ha hjälp med detta. Beställarens kompetens nämns ofta som en orsak till en bra eller dålig ventilationsanläggning. Klart är att beställarens kunskaper och intresse har stor betydelse.

Beställarkompetens

Att ha god beställarkompetens betyder nödvändigtvis inte att vara expert på ventilationsanläggningar. Men det är betydelsefullt att vara kunnig och intresserad av att åstadkomma bra lösningar för anläggningens funktion under hela dess livslängd. För att åstadkomma en väl fungerande ventilationsanläggning fordras bland annat

- att projekteringen är väl genomförd, med uttalade arbetsmiljökrav
- att ventilationsanläggningen sköts av personer som är intresserade av energibesparande åtgärder
- att drift- och underhållspersonal har god kännedom om ventilationssystemets funktion och hur fel åtgärdas
- att företaget prioriterar arbetet med ventilationsanläggningen.

Ett exempel på vad som kan ingå i beställarkompetensen är att ställa krav på att kanaler är åtkomliga för rensning och har rensanordningar.

Påverkansmöjlighet i projekteringsskedet

Mycket av ventilationsanläggningens funktion bestäms i samband med program- och projekteringsarbetet. De flesta tekniska val görs då och de ekonomiska ramarna fastställs. Påverkansmöjligheten är störst i projekteringsfasen. Det kostar då relativt lite att göra utredningar, förbättringar och ändringar. I detta skede ska det ges tillräckligt med utrymme för att undersöka och utreda olika alternativ både ur teknisk och ekonomisk synvinkel. När byggandet av anläggningen påbörjats är förhållandet det omvända. Utöver kunniga människor som arbetar med projektet behövs också en ekonomisk ram som tillåter konsulter att göra sitt bästa.

För en lyckad projektering krävs följande:

- en kunnig och intresserad beställare (eller beställarombud)
- en kunnig ventilationskonsult
- tillräckliga ekonomiska ramar.

Beställarombud

Vid större entreprenader kan det vara omöjligt för beställaren själv att hinna med att engagera sig i alla detaljer. Bra beställarkompetens går att skaffa sig genom ett ”beställarombud” som kan medverka i projektet. Det kan vara en konsult som har god kännedom om verksamhetens villkor och utrustningar samt kunskap om ventilation. Det kan också vara någon på det egna företaget.

Upphandling och prutningar

Konkurrensen i entreprenadsammanhang är givetvis nödvändig för att få anläggningen till rätt pris. Men det finns även risker med konkurrens, om beställaren inte har tillräcklig kunskap för att bedöma det tekniska innehållet i offerter, anbud och förslag som lämnas. Det finns många sätt att konstruera en anläggning även om funktionskraven preciserats. Komponenter som ingår kan väljas med avseende på pris, tekniska egenskaper och kvalitet. Ofta överlåter beställaren hela ansvaret på ventilationskonsulter och entreprenörer. Då finns en

risk att tidspressen och konkurrenssituationen gör att konsulter och entreprenörer åstadkommer en anläggning som precis uppfyller de krav som ställts till lägsta möjliga kostnad för att få jobbet. Då kanske inte kvalitet och långsiktig funktion prioriteras högst.

Ofta medverkar också beställaren till att sänka kostnaderna, till exempel genom att byta ut komponenter mot billigare som inte håller samma kvalitet.

Kvalitetssäkring

Undersökningar visar att många fel upptäcks vid husbyggen. Merparten av felen uppstår vid planering av byggnader i de tidiga skedena i byggprocessen, det vill säga det som påverkas av beställare och konsulter. Numera arbetar många konsulter med rutiner för att upptäcka och undvika att det blir fel. Mycket arbete har gjorts och görs för att utveckla branschsystem för kvalitetskontroll under arbetets gång, med målet ”noll fel”. Systemen bygger i huvudsak på att det finns bestämda arbetsrutiner och kontrollmoment enligt standardiserade modeller. Många beställare begär i dag av konsulterna att de ska redovisa på vilket sätt kvalitetskontrollen ska göras under projekteringsarbetet. Ett sätt är att följa de standardiserade modellerna, men de är rätt allmänt hållna. Ytterligare preciseringar behöver ofta göras. Utöver branschsystemen för kvalitetskontroll verkar bygglagstiftningen också för prioritering av kvalitetskontroll under arbetets gång. I byggreglerna ges byggherren ansvaret för kvalitetskontroll. Byggherren ska visa hur kontroller ska utföras och en kontrollplan ska redovisas för Byggnadsnämnden. Detta innebär också att byggherren måste avkräva kontrollsystem från sina konsulter och entreprenörer.

Kontrollmoment

Beställare och köpare vill ha en produkt som de beställt. För detta fordras att anläggningens funktion kontrolleras. Kontrollpunkterna läggs in i en kontrollplan som beskriver vad som ska kontrolleras, vilken metod som ska användas, när det ska göras och vem som ansvarar för att det blir gjort. I dessa beskrivs också påföljder som kan bli aktuella när arbetet inte är utfört på ett riktigt sätt. Konsulter kan

hjälpa till med att upprätta de handlingar som behövs och ge instruktioner om vilka provningar och kontroller som ska göras. De berör bland annat hur betalning ska ske och vad som händer om anläggningen visar sig ha fel och brister.

Program och funktionskrav

Programmet är byggherrens beskrivning av projektet. Här beskrivs förutsättningar beträffande lokaler, installationer och verksamheter, vad som ska åstadkommas samt bedömda investeringskostnader och kostnader på sikt för åtgärderna. Om programarbetet blir ett hastverk med fel och brister kan det ge fel signaler till följande led och risken är då stor för en dålig anläggning.

Två skeden

Många gånger delas programarbetet upp i två skeden. Det kan dels vara mer övergripande formuleringar för behov och viljeyttringar som byggherren anger, dels mer detaljerade krav på ventilationsutformningen. Beroende på vilken entreprenadform byggherren väljer, varierar innehållet i programmet och projekteringen. I de fall där det överlåts på entreprenören att ansvara för funktionen, bör både program och projektering inriktas på att ange funktionskrav. I de fall där företaget själv tänker svara för att det blir rätt funktion, bör program och projektering vara detaljerade, med anvisningar om hur önskad funktion uppnås. Drift- och underhållsfrågor samt instruktioner för detta bör finnas med redan i programskedet.

Funktionskrav

I programarbetet specificeras de funktionskrav som finns för ventilationsanläggningen. Så långt som möjligt bör kraven vara mätbara och anges med siffror. Följande punkter brukar behandlas:

- Vilken verksamhet det gäller och hur utvecklingen bedöms.
- Finns det krav på flexibilitet?
- Vilken temperatur ska lokalerna hålla, mellan vilka gränser kan temperaturen tillåtas variera och vid vilken utetemperatur ska detta gälla?

- Krävs det någon kylanläggning?
- Vilka lufthastigheter kan accepteras i vistelsezoner?
- Kräver verksamheten en viss luftfuktighet?
- Avger processer luftföroreningar eller överskottsvärme?
- Vilken luftrenhet krävs?
- Vilken luftutbytes- och ventilationseffektivitet krävs?
- Vilken ljudnivå kan accepteras från installationerna?
- Hur stor är energiförbrukningen och krävs värmeåtervinning?
- Kan injustering av anläggningen göras för att fördela luften rätt i byggnaden?
- Vilka entreprenadkontroller som ska göras, exempelvis mätning av temperatur, luftrörelser, flöden, ljud samt injusteringskontroll.
- Vilka kontroller och provningar ska göras och med vilka metoder?
- Vilka föreskrifter för ventilation och arbetsmiljö ska uppfyllas? I dessa anges övergripande funktionskrav och detaljkrav för dimensionering och utformning (se avsnittet om myndighetsföreskrifter).
- Hur ska drift- och underhållsarbeten kunna utföras?

Rekommenderade funktionskrav

I tabellen nedan ges några exempel på funktionskrav som kan ställas på ventilation i kontorslokaler och sammanträdesrum:

Temperaturer	Vinter, 20–24 °C. Överskridande av temperaturer högst 10 dygn/år.
Golvets yttemperatur	Minst 18 °C.
Riktad operativ temperatur	Minst 18 °C.
Lufthastighet	Högst 0,15 m/s under uppvärmningssäsong och annars högst 0,20 m/s.
Luftkvalitet	Max 1 000 ppm koldioxid.
Luftutbyteseffektivitet	Deplacerande ventilation minst 50 %. Omblandande ventilation minst 40 %.
Buller	Utöver tidigare rekommenderade högsta värden för ljudnivåer dB(A) från ventilationen, bör det ställas krav på högsta lågfrekvensljud. Ljudnivåerna för dB(C) bör inte överstiga dB(A)-nivåerna med mer än 17 dB.
Luftflöden	Enligt Boverkets byggregler och Arbetsmiljöverkets föreskrifter om utformning av arbetsplatser (byggreglerna anger absoluta minimikrav). Ställ helst krav på högre flöden, eftersom flödena ofta sjunker med tiden. Minimikraven räcker ofta inte för att säkerställa god miljö.
Flexibilitet	Vilken reservkapacitet behövs med tanke på eventuella framtida ändringar (verksamheten, ökad värmebelastning, lagkrav)?

Utrymmen för service

För att ventilationsanläggningen inte ska försämras behövs underhåll och service. En bra skötsel förutsätter i sin tur att det finns lämpligt utförda installationsutrymmen. Små aggregatrum och besvärliga tillträdesvägar försvårar arbetet och ökar risken för belastningsskador hos servicepersonalen. Det kan också leda till att arbetet inte alls blir utfört. Utrymmena och tillträdesvägarna bör alltså utformas så att service kan göras på ett bra sätt. De bör förses med de hanteringshjälpmedel som behövs. Installationer som kräver skötsel eller utbyte av vissa delar ska vara utförda så att kontrollerna kan göras så enkla och säkra som möjligt.

Funktionsbeskrivningen

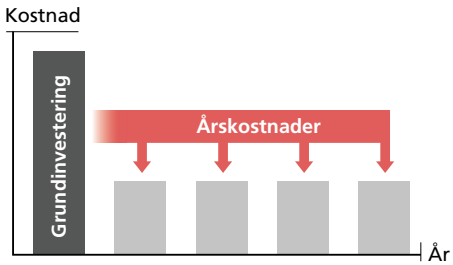
I programarbetets andra skede upprättas en funktionsbeskrivning för anläggningen. Här »definieras« ventilationsanläggningen. I beskrivningen redovisas hur anläggningen ska fungera och funktionen hos de olika komponenterna. Detta är ofta en mycket detaljerad beskrivning och ett mycket viktigt dokument som styr anläggningens kvalitet från projektering till uppförande och idrifttagning. Beskrivningen ska vara lättläst och de olika komponenterna ska vara positionsnumrerade så att det går att hitta dem på ritningar och i scheman.

Något om ekonomi

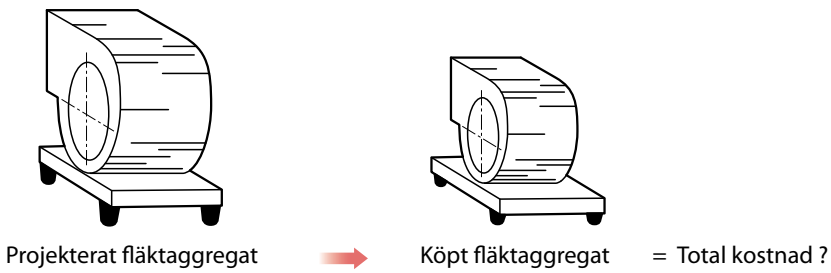
Vid ny- och större ombyggnader tas ofta bara hänsyn till investeringskostnaden. Byggherren försöker ofta få ner investeringskostnaden genom prutningar och utbyten av komponenter. För att få kontroll över totalekonomin finns det andra sätt att bedöma kostnaderna. Genom att ta hänsyn till tidsaspekten, kan investeringskostnaden vägas in tillsammans med bland annat kommande och förväntade drift- och underhållskostnader. Det kan till exempel visa sig att en billig investering blir dyrare på lång sikt eller att en dyrare investering blir dyr på kort sikt. När livscykelkostnaden för anläggningen ska beräknas måste en bedömning göras av hur lång tid verksamheten har nytta av ventilationsanläggningen. Som riktlinje kan nämnas att en ventilationsanläggning kan ha en livslängd på 20–30 år.

Årskostnad

Livscykelkalkylen ger en totalkostnad för anläggningens hela användningstid. Den kan i sin tur räknas om till årskostnader. Med årskostnader för olika alternativ går det att få fram den totalt sett billigaste anläggningen. Det är många detaljer som ska beaktas i kostnadskalkylen. En del är investeringskostnaden och den ränta som önskas på investerat kapital. Andra delar är kommande drift- och underhållskostnader.



Kostnader för olika komponenter och lösningar kan jämföras till exempel med årskostnadskalkyler. Grundinvestering, kapitalkostnader och kostnader för drift och underhåll fördelas ut över åren. Det alternativ som ger de lägsta årskostnaderna är lönsammast i längden.



Kostnadsbesparingar måste göras med stor omsorg och med hänsyn till kostnaderna på sikt. Ett klassiskt dåligt exempel är att byta ut ett större, dyrare fläktaggregat mot ett mindre och billigare. Att det billigare blir betydligt dyrare i drift glöms bort. Det skulle snart betala sig att behålla det ursprungliga projekterade större aggregatet.

Underhållskostnader

En del aggregat eller komponenter fordrar täta underhållsintervall för att fungera friktionsfritt. Det kan dessutom vara svårt att komma åt att göra nödvändigt underhåll. Andra typer av aggregat kan ha längre underhållsintervall och samtidigt vara lätta att underhålla. Investeringskostnaden räcker inte för att beräkna vad som blir mest ekonomiskt under investeringens användningstid. För att få reda på vilket alternativ som är lönsammast ska tidsaspekten vägas in.

Driftskedet

Det finns mycket att beakta i driftskedet för att ekonomiska kalkyler och jämförelser mellan olika lösningar ska bli riktiga. Förutom olika aggregats och komponenters egenskaper ska följande vägas in i den ekonomiska totalbedömningen:

- driftrutiner, behov av driftpersonal och utbildning av driftpersonal
- underhållsrutiner och möjligheter till underhåll
- möjligheter till behovsstyrd ventilation
- värmeåtervinning.

Personalens välbefinnande

Personalens välbefinnande är ytterligare en aspekt som kan beaktas i det ekonomiska resonemanget. Bra inomhusklimat med god ventilation är en viktig del av detta. Störande buller och för hög temperatur är exempel på faktorer som kan påverka produktiviteten och produktionskvaliteten. Undersökningar av kontorsarbetsplatser visar att vid 3 graders övertemperatur kan den mentala prestationsförmågan sjunka till 85 %. Arbetstakten kan sjunka till 50 %. Sett på ett helt år kan det innebära en nedgång i produktionen med 3 % på grund av övertemperatur. Dessutom ökar antalet fel som personerna gör i sitt arbete. Detta går att räkna om till kronor per år och ställa i relation till kostnaden att åtgärda övertemperaturen.

Personalens frågor

Att vara med och påverka i de tidigaste skedena i programarbetet och de ekonomiska resonemangen är viktigt för de anställda. Ju längre projektet fortskrider desto mer inskränks möjligheterna till påverkan och kostnaderna ökar vid förändringar. I programarbetet dras huvuddragen upp för funktioner och kvalitet. I detta skede kan personalen hjälpa till med erfarenheter från verksamheterna och arbetsmiljön. Sådana synpunkter är värdefulla för att ge rätt bakgrund till behovs- och funktionsbeskrivningar. I de ekonomiska diskussionerna kan personalen göra en viktig insats genom att hävda det långsiktiga perspektivet. I byggsammanhang finns det en tendens till att de kortsiktiga ekonomiska resonemangen dominerar. Från personalsynpunkt är det viktigt att följa upp att funktionskraven som ställs blir beaktade. Och kanske inte minst att de kompromisser som alltid görs i projektet ändå ger tillfredsställande lösningar.

Konsulten kan ge svar

I projekteringen omvandlas programmet till praktiska system- och detaljlösningar. Ventilationskonsulten gör tekniska beskrivningar och ritningar som ibland kan vara svåra att förstå. I sådana fall bör konsultens kunskap utnyttjas för att få förklaringar om ventilation i allmänhet och det aktuella ventilationssystemet i synnerhet.

Drift och underhåll av ventilationsanläggningar

Kunnig driftpersonal – pengar att spara!

För att ventilationsanläggningen ska fungera behövs service och tillsyn med jämna intervall. Dessutom behöver delar som har förslitits eller förbrukats bytas ut ibland. Det behövs kunnig driftpersonal, som känner till anläggningen och vet vad som ska göras. Alltför ofta förväntas att ventilationsanläggningen ska gå av sig själv. Det kanske finns ett upprättat serviceavtal med en firma som då och då gör en enkel översyn och byter ut det allra nödvändigaste. Om det blir fel på någon komponent kopplas leverantören in för att ta hand om detta. Detta är ett dyrt sätt att sköta driften och underhållet. Dessutom är det en stor nackdel om det inte finns någon person utsedd som ansvarar för anläggningens funktion, det vill säga att det kommer luft till rätt ställe och att anläggningen är driftekonomisk. En mycket bättre modell är att utse en drift- och underhållsansvarig på företaget, som får lära sig hur anläggningen ska skötas och vilket underhåll som behövs. Att ha egen kompetent driftpersonal har många fördelar, till exempel:

- Anläggningen får löpande tillsyn och därigenom fungerar den bättre.
- Åtgärder kan sättas in tidigt, vilket minskar risken för förslitning.

- Anläggningens livslängd ökar.
- Kostnaderna för drift och underhåll minskar betydligt, framför allt för inköp av externa tjänster.
- Avsedd funktion kan följas upp regelbundet.
- Det finns intern kunskap om ventilationssystemets teknik och funktion.
- Anläggningen kan i viss mån anpassas till ändrad verksamhet och det går lättare att göra förbättringar och vidta kostnadsbesparande åtgärder.

I den kompetens som egen driftpersonal bör ha, ligger också att veta när det krävs experthjälp. Det gäller till exempel sådant som rör styrning och reglering av ventilationen. Många undersökningar visar på stora ekonomiska besparingar genom ett medvetet drift- och underhållsarbete, och genom att en person utsetts som har ansvar för anläggningen. Drift- och underhållsarbetet behöver inte ta längre tid än vad som går åt vid akutinsatser och enkla felavhjälpande åtgärder.

Ett effektivt drift- och underhållsarbete

Utgångspunkten för ett effektivt drift- och underhållsarbete är att känna till den ventilationsanläggning som finns och att gå igenom systemets funktion, det vill säga till- och frånluftsaggregat, kanaler, spjäll, don, utsugshuvar, styr- och övervakningssystem med mera. Rutinerna för drift- och underhållsarbetet bör också ses över.

Styrning och reglering av ventilationen

Ventilationen kan styras med datoriserade och icke-datoriserade styr- och övervakningssystem.

Styrning innebär att fläktar, ventilmotorer och liknande styrs på ett förutbestämt sätt. Reglering innebär att det i ventilationssystemet finns givare som mäter till exempel temperaturer eller luftflöde. Om någon givare visar att värdet avviker från önskat värde (börvärde), skickas signal till ett styrdon (till exempel ventilmotor) som justerar inställningen för att uppnå börvärdet. De vanligaste funk-

tionerna i ett ventilationssystem som ingår i styr- och övervakningssystemen följer nedan.

Funktioner som brukar regleras:

- tilluftstemperatur
- frånluftstemperatur
- rumstemperatur
- luftflöde
- lufttryck
- returtemperatur – värmebärare, luftvärmare
- minimitemperatur – värmebärare, värmeåtervinning.

Funktioner som brukar styras:

- brandlarm – fläktstopp, öppning och stängning av spjäll
- frysskyddslarm – fläktstopp, stängning av spjäll
- fläktdriftslarm – stängning av spjäll.

Att arbeta med styrning och reglering kräver omfattande och djupgående kunskaper. På arbetsplatsen ska inte befintliga inställningar ändras. För justeringar bör kunniga konsulter anlitas.

Drift- och underhållsinstruktioner

Det ska finnas skriftliga drift- och underhållsinstruktioner som ska gälla för den aktuella installationen och de ska vara tillgängliga för drift- och underhållspersonalen. Det räcker inte med allmänt hållna och generella instruktioner. Driftpersonalen ska också ha tillräcklig kunskap om installationerna.

Det innebär att de bör utbildas på anläggningen för att känna till hur den fungerar och hur den ska underhållas.

Driftinstruktioner

Driftinstruktioner bör innehålla följande:

- beskrivning av byggnad, verksamhet och installationer
- beskrivning av installationernas funktionsprinciper och placering
- uppgifter om luftmängder, tekniska data, drifttider, säkerhetsbestämmelser och uppgifter om åtgärder vid driftavbrott
- relationshandlingar, det vill säga ritningar och beskrivningar som redovisar hur anläggningen är utförd.

Underhållsinstruktioner

Underhållsinstruktioner bör innehålla följande:

- uppgifter om tidsbestämda underhållsrutiner som till exempel filterbyten och rensning
- projekteringsdata som till exempel personbelastning, föroreningsalstring, värmealstring och dimensionerande yttre klimat
- felsökningsschema.

Driftkort och checklistor

Ventilationsinstallationer ska kontrolleras och underhållas regelbundet och detta ska dokumenteras. Dokumentationen ska vara tillgänglig vid anläggningen. För det löpande arbetet bör hjälpmedel i form av driftkort och checklistor finnas. Det ger värdefull information om anläggningen och underlättar att göra rätt åtgärder vid rätt tidpunkt.

Driftkort där fortlöpande ändringar förs in ger en värdefull dokumentation av ventilationsanläggningen. Det ger kunskap om driften och bestämmer när underhåll behövs. Varje delsystem bör redovisas på driftkort, med information om hur systemet är uppbyggt, funktionen och inställningsvärden.

Det finns olika checklistor att välja på som gör det lättare att hålla reda på vad som ska göras.

- Checklistor för tillsyn ger stöd för kontroll av ventilationsanläggningens olika delar med bestämda mellanrum.
- Felsökningsscheman ger en instruktion som leder till att det

snabbt går att ingripa och avhjälpa fel och förhindra ytterligare skador.

- Checklistor för underhåll ger stöd för sådant som måste göras regelbundet, till exempel byte av filter och delar som förslits samt förebyggande åtgärder.

Datorstöd

I större ventilationssystem finns normalt givare som bland annat kontinuerligt registrerar tryckdifferenser, luftflöden, luft-temperaturer på åtskilliga punkter samt värden för system för kylning och uppvärmning av tilluften. En förutsättning för att datorstöd ska fungera, är att ventilationsanläggningen är väl dokumenterad och att inmatning av data görs riktigt och regel-bundet. Det finns en hel del litteratur om hur driftinstruktioner och checklistor bör upprättas. Här rekommenderas svensk standard för driftinstruktioner.

Brukarinstruktion

Det kan vara bra att ta fram enklare instruktioner till brukarna, så att arbetstagarna får information till exempel om hur ventilationen kan regleras. I en sådan instruktion bör det framgå vad brukaren kan göra och på vilket sätt det ska ske samt vad som inte bör göras. Instruktionen måste naturligtvis vara projektspecifik för den aktuella anläggningen. Här ges dock några allmänna exempel på vad bruka-rinstruktioner kan innehålla. Det kan vara uppgifter om följande:

- hur lokalen är tänkt att ventileras
- avsett inomhusklimat
- vilken funktion i lokalen som apparater, don och andra komponenter har
- vilken flexibilitet lokalen har för ommöbleringar och ändrade verksamheter
- hur kyld luft regleras till lokalen
- hur värmen regleras i lokalen

- hur luftflöden regleras i lokalen
- hur specialutrustning ska handhas och utnyttjas på bästa sätt
- vem som ska kontaktas när ventilationen fungerar dåligt, till exempel om ljudnivån är störande, om det är kalldrag på arbetsplatsen, om lukter sprids som inte kommer från den egna lokalen eller om luften blir sämre ju längre dagen lider.

Instruktionen kan också innehålla exempel på vad som inte bör göras. Det kan till exempel vara att

- inte möblera framför deplacerande don eller på annat sätt blockera tilluftsströmmen
- inte stänga till kontrollventiler eller ändra på inställningen.

Rengöring av kanaler, fläktar, tilluftsdon med mera

Smutsiga till- och frånluftsdon försämrar ventilationen och alstrar ljud. Det finns filter i fläktkonvektorer och det kan finnas filter i deplacerande ventilationsdon. Filtren bör rengöras eller bytas ut regelbundet. Även fönsterapparater bör rengöras regelbundet. Apparaterna drar med sig rumsluft förbi inblåsningen, vilket gör att damm avsätts på inblåsningsmunstyckena. Ventilationskanaler, avskiljare, fläktar, luftfuktare och dylikt behöver rensas och rengöras regelbundet. Hur ofta beror på mängden av luftföroreningar, avsättningar, frätning och nötning. För att rensning och rengöring ska fungera väl, krävs att det går lätt att komma åt kanaler, filter med mera. Rensluckor måste därför vara lättillgängliga.

Ofta är de delar av ventilationssystemet där ofiltrerad luft transporterats så smutsiga att det behövs både skyddande klädsel och andningsskydd vid rengöring och filterbyte.

Särskilt viktigt är tilluftkanalens renhet. Enligt det förslag som diskuterades mest sattes gränsen till ett gram damm per m² kanalarea. Kravet infördes inte främst på grund av svårigheten att mäta dammbeläggningen med godtagbar precision. Värdet kan dock användas för grov bedömning så rengöring sker innan kanalerna är alltför smutsiga.

Kontroll av ventilationssystem

För att ventilationen ska fungera bra, krävs väl fungerande underhåll och regelbundna kontroller av ventilationssystemet. Ventilation som inte underhålls fungerar sämre och det är inte ovanligt att den slutar att fungera. Några möjliga orsaker är att fläktens drivremmar blir utslitna och havererar eller slirar, att filter inte byts i tid och därför sätts igen eller kraftigt minskade flöden eller automatik som inte fungerar. Alla på arbetsplatsen har intresse av och viss skyldighet att bevaka ventilationens funktion och påtala brister som upptäcks. Men det behövs också personal som har till uppgift att sköta om ventilationen regelbundet.

Egenkontroll

Se efter var tilluftsdonet sitter. Vid omblandande ventilation sitter tilluftsdonet i taket eller på väggen. Om rummet ventileras med deplacerande ventilation är donet placerat i golvnivå, antingen direkt på golvet eller en bit ovanför golvlisten. Genom tilluftsdon ska det naturligtvis tillföras luft och ofta går det att känna med handen om det kommer in luft. Du kan också använda en pappersbit eller ett hårstrå för att se om det blåser ut luft ur donet.

Luften förs ut genom ett frånluftsdon som vanligen sitter i taket eller på väggen. Om det är ett kontorsrum kan luften också föras ut genom ett överluftsdon. Överluftsdonet sitter på väggen mot angränsande korridor.

I frånluftsdonet sugs luften ut. Detta går att kontrollera genom att placera ett pappersark eller en näsduk över donet. Om ventilationen fungerar som den ska, sugs papperet eller näsduken fast. Om du vill undersöka luftströmmar i rummet kan du använda någon av de visualiseringsmetoder som beskrivs i avsnittet om metoder för att kontrollera ventilationens funktion.

Tilluftens temperatur och hastighet påverkar både komforten och hur luften strömmar genom rummet. En enkel kontroll av om tilluften är kallare eller varmare än rumsluften kan du göra genom att sätta handen mot tilluftsdonet. Ett annat och säkrare sätt är att mäta temperaturen. Komfortupplevelsen påverkas av temperaturen. Hur luften strömmar genom rummet påverkas av temperaturskillnaden mellan tilluft och rumsluft. Därför ska både rums- och tilluftens temperaturer mätas. Om tilluften är mycket varmare än rumsluften finns det risk för att ventilationsluften inte kommer ner i vistelsezonen utan rör sig direkt mot frånluftsdonet. Då uppstår så kallad kortslutning. Å andra sidan, om tilluften är mycket kallare än rumsluften finns det risk för att tilluften rasar ner i vistelsezonen och upplevs som drag. I boken beskrivs inte mätmetoderna i detalj.

Besiktningar och återkommande kontroller

Dåligt fungerande ventilationsanläggningar är tyvärr mycket vanliga. Problemen har varit så stora att Boverket och Arbetsmiljöverket utfärdat särskilda regler och föreskrifter för funktionskontroll. Enligt Boverkets bestämmelser är det byggnadens ägare som ska se till att ventilationssystemen kontrolleras. Kontrollen ska utföras av en sakkunnig person som har dokumenterat tillräckliga kunskaper inom området. Hos Boverket och i kommunerna finns förteckningar över personer som är godkända för att utföra funktionskontroller. Funktionskontroll ska ske innan ventilationsanläggningen första gången tas i bruk och därefter regelbundet.

Vid den första besiktningen ska det kontrolleras att

- funktionen och egenskaperna överensstämmer med gällande föreskrifter
- systemet inte innehåller föroreningar som kan spridas i byggnaden
- instruktioner och skötselanvisningar finns.

Vid återkommande besiktning ska det kontrolleras att

- funktionen och egenskaperna i huvudsak överensstämmer med de föreskrifter som gällde när systemet togs i bruk.

Varje besiktning ska protokollföras och eventuella anmärkningar ska snarast avhjälpas. Det är byggnadsnämnden som övervakar att fastighetsägaren gör de besiktningar som krävs. Enligt Arbetsmiljöverket ska tekniska anordningar utformas så att kontroll och rengöring underlättas. De ska kontrolleras regelbundet och underhållas så att uppkomst och spridning av luftföroreningar förebyggs. De principer som anges av Boverket för den obligatoriska ventilationskontrollen gäller också för industrilokaler.

Besiktningsintervall

Besiktningsintervall	Typ av lokal och ventilation
Kategori 1: 3 år	Daghem, förskolor, gymnasier, fritidshem, skolor, vårdlokaler och servicehus för äldre. Kontorsbyggnader och liknande med FT- och FTX-ventilation
Kategori 2: 6 år	Kontorsbyggnader och liknande med F-, FX- och S-ventilation
Högskolor, universitet, samlingslokaler, butikslokaler, teatrar och biografer, idrottshallar, terminaler, muséer, utställningshallar, hotell och garage bör hänföras till kategori 1 eller 2 beroende på ventilationssystem.	

I Arbetsmiljöverkets föreskrifter finns krav på regelbunden kontroll av ventilationen för vissa verksamheter. Utöver dessa kontroller bör ventilationen kontrolleras i samband med installation och förändringar i verksamheten.

Besiktningsintervall	Typ av lokal och ventilation
6 månader (2 ggr/år)	Arbete med syntetiska oorganiska fibrer
6 månader (2 ggr/år)	Arbete med kvarts
6 månader (2 ggr/år)	Arbete med bly
Högst 3 år	Arbetslokaler som inte omfattas av Boverkets krav eller andra krav på återkommande ventilationskontroll
För dragskåp, säkerhetsbänkar och liknande finns särskilda regler för kontroll.	

Mätmetoder för att kontrollera ventilationens funktion

Det viktigaste måttet på komfort är hur människor upplever inomhusmiljön. Människors upplevelse mäts oftast med enkäter som alla på arbetsplatsen får fylla i. Det finns flera olika enkäter som används. En av de mest använda är ett av de så kallade Örebroformulären, Inomhusklimat – arbetsmiljö, som har utvecklats vid Yrkes- och miljömedicinska kliniken vid Universitetssjukhuset i Örebro. Vid tolkningen av denna typ av enkäter är det viktigt att kunna jämföra resultaten från den egna arbetsplatsen med resultat från andra arbetsplatser. Enkäter ger också indikationer på vilken typ av problem det handlar om och även vad dessa problem kan bero på. Människors upplevelse är till sin natur subjektiv. Upplevelsen varierar också mycket mellan människor. Om en stor grupp människor utsätts för samma inomhusklimat, är som tumregel ungefär minst 5 % missnöjda. Upplevelsen varierar också över tiden. Det finns även en koppling till arbetsuppgifterna. Trivs vi med arbetet ökar toleransen för inomhusklimatet.

Kontroll om luftutbytet är tillräckligt med avseende på koldioxid och fukt

I lokaler med stor personbelastning eller i mycket små arbetslokaler, som till exempel små kiosker, biljettkontroller och vaktkurer, är det viktigt att luftutbytet är tillräckligt stort. Koldioxidhalten används som ett mått för bedömning av om luftutbytet är tillräckligt. Värden över 1 000 ppm är en indikation på att luftkvaliteten inte är bra.

Det finns flera billiga, bärbara och direktvisande mätinstrument som kan användas för att mäta koldioxidhalten. De allra flesta bygger på infraröd teknik (IR-instrument), det vill säga mätning av luftens absorption av ljus av en viss våglängd som är typisk för koldioxid. För att instrument ska vara tillförlitliga, krävs att de kalibreras och underhålls. Att ett instrument visar någorlunda rimliga värden kan kontrolleras genom att mäta på uteluft (dock ej i stadsmiljö), där halten ska vara cirka 360–400 ppm.

Vid mätning är det viktigt att undvika att instrumentet påverkas av utandningsluft, som innehåller 4–6 % koldioxid (40 000–60 000 ppm). Det finns också andra typer av instrument. Dessa instrument är dock oftast dyrare och mer otympliga att bära med sig än IR-instrument.

Om luftens vatteninnehåll under eldningssäsongen är för högt (över 7 gram vatten/kg luft) är det risk för fuktutfällning i huskonstruktionen. Genom ökat luftutbyte kan den luftens vatteninnehåll minska. Det finns instrument som mäter luftens absoluta vatteninnehåll men de flesta visar enbart den relativa luftfuktigheten. Genom samtidig mätning av temperaturen kan luftens absoluta vatteninnehåll beräknas.

En handhållen koldioxidmätare.

Instrument för mätning av relativ luftfuktighet och temperatur.

Luftflöden

Mätning av luftflöden är grundläggande för att kontrollera att ventilationssystemet ger de flöden som projekterats, eller är rätt injusterat som det heter på fackspråk. Luftflöden kan mätas i kanaler eller i från- och tilluftsventiler. Luftflödet (mätt som l/s, liter per sekund) kan mätas direkt i tilluftsdon med hjälp av den så kallade påsmetoden. Med påsmetoden mäts den tid det tar att fylla en lufttät påse med känd volym.

Luftflödet som lämnar rummet kan mätas vid frånluftsdonet med en så kallad stosanemometer.

Mätning kan också utföras med en mätstos med känd tvärsnittsarea och en anemometer (lufthastighetsmätare).

Både till- och frånluftsdon kan vara försedda med tryckuttag som gör det möjligt att mäta luftflödet.

Även spårgasteknik kan användas för mätning av luftflöden i kanaler. Tekniken är speciellt lämplig för stora kanaler. Spårgas, det vill säga en gas vars koncentration lätt kan mätas, injiceras i kanalen med ett känt flöde och koncentrationen av spårgas registreras nedströms. Uteluft kan också komma in i en lokal eller i ett rum genom otätheter i ytterväggen. Inläckage (infiltration) av luft genom otätheter i väggar kan bara mätas med spårgasteknik.

Stosanemometer för mätning av frånluftsflöden.

Mätning med mätstos och en varmtrådsanemometer.

Lufthastighetsmätare

Den vanligaste metoden för mätning av lufthastigheter baseras på att instrumentet registrerar luftrörelsernas avkylning av en mycket liten uppvärmd känselkropp. Mätmetoden är indirekt och instrumenten måste kalibreras mot en känd hastighet. Kalibrering bör göras med jämna mellanrum, minst ett par gånger per år. Känselkroppen kan ha olika utseende beroende på användningsområde. För att mäta höga hastigheter och snabba fluktuationer, till exempel mätning av hastigheter i kanaler, används en känselkropp bestående av en tunn tråd eller en liten termistor. Då känselkroppen är mekaniskt känslig brukar den vara monterad i ett skyddsrör med hål för luftens passage. För att instrumentet ska mäta rätt, är det viktigt att sensorn vänds rätt, så att luften passerar genom hålen på avsett sätt.

Mätkroppen är väldigt liten, så det erhållna mätvärdet gäller i den uppmätta punkten. I ventilationskanaler varierar lufthastigheten över tvärsnittet. Flödet är normalt som lägst nära kanalväggarna och högst i eller nära mitten. Mätningen måste därför utföras i flera mätpunkter över tvärsnittet. Det finns rekommendationer för hur mätpunkterna ska väljas för att ge ett representativt medelvärde för lufthastigheten. Vid lufthastigheter över 3–5 m/s eller nära rörkrökar eller annat som kan störa flödet så kan flödet vara turbulent vilket leder till större osäkerhet i det uppmätta värdet. Mätställe väljs där luftflödet förväntas vara minst stört av rörkrökar, anslutningar och liknande. Det finns standarder för val av mätställe och mätpunkter.

Anemometrarnas mätkroppar sitter längst ut på instrumentens smala rör för att inte påverka omgivande luftrörelser och kunna stickas in för mätning i kanaler. Prandtlröret har precis som ett pitotrör en öppning längst fram på röret. Vid mätning sticks röret in i kanalen så att röröppningen riktas mot luftens rörelseriktning. Trycket från luftrörelsen fortplantas genom hela röret till en slang som monteras på rörändan rakt ner. Andra änden av slangen ansluts till en tryckmätare. Luften i kanalen förs fram med hjälp av en fläkt. Det gör att det är övertryck eller undertryck i kanalen beroende på vilken sida om mätstället som ventilationsfläkten finns. I röröppningen erhålls summan av rörelsetrycket (dynamiska trycket) och

tryckdifferensen mot luften utanför kanalen (statiska trycket).

Prandtlröret består av ytterligare ett rör där det ena ligger inuti det andra. Det andra röret har öppningar några centimeter bakom spetsen med öppningarna vinkelräta mot rörelseriktningen.

Nertill på bilden, i vinkelrät riktning mot den långa rörsträckan, finns anslutningen för mätningen enbart av det statiska trycket. Även den slangen ansluts till en tryckmätare. Skillnaden mellan de två mätvärdena är det tryck som endast orsakas av luftens hastighet, med vilket luftens hastighet kan beräknas i m/s.

Vid arbetsmiljöutredningar förekommer ofta behov av mätning av relativt små punktutsug. Flödet genom små handhållna verktyg kan ofta kontrolleras med enkla hjälpmedel. Till exempel kan verktyget placeras inuti ett rör eller en flyttkartong som tätas. Om ett verktyg är inuti en låda kan man behöva täta runt armen om någon behöver starta maskinen i lådan. Ett runt hål tas ut på lämpligt ställe där luften sugs in i lådan. Hålet eller röröppningens diameter mäts och därefter används en varmtrådsanemometer för att bestämma lufthastigheten vid öppningen.

För att mäta låga lufthastigheter som till exempel drag i vistelsezonen i ett rum, används instrument med en känselkropp i form av en liten sfär. Ett sådant instrument är optimerat för låga hastigheter och mäter oberoende av luftrörelsernas riktning.

Varmtrådsanemometer

Lufthastighetsmätare för mätning av lufthastigheter i rum

Prandtlrör för mätning i kanal

Luftrörelser i rummet

Visualisering av luftrörelserna är viktigt för att studera hur ventilationen fungerar och för att kontrollera att den verkligen ventilerar rummet. Visualisering kan visa om ventilationen fungerar dåligt, till exempel genom att det blir kortslutning, det vill säga att tilluft strömmar direkt till frånluftsventil, utan att ventilera rummet. Visualisering görs genom att släppa ut en rök som syns bra i rummet och rör sig på samma sätt som luften.

Metoder för visualisering

För att visualisera hur luften rör sig behövs utrustning som genererar rök. För detta ändamål finns det flera olika typer av utrustning i olika prisklasser och med olika kapacitet. Några exempel är:

A. Rökflaskor innehåller en glasampull som innehåller en kemikalie som bildar rök när kapseln krossas.
B. Rökpatroner bildar en vit rök medan de brinner.
C. Eldrivna rökaggregat och batteridrivna rökaggregat.
De batteridrivna rökaggregaten har samma användningsområden som rökflaska och rökpatroner. De eldrivna används när större mängder rök behövs. I rökaggregat kan rök alstras genom att till exempel glykol eller paraffinolja upphettas med hjälp av ett värmeelement.

A. Rökflaskor

B. Det finns rökpatroner med betydligt större rökkapacitet än rökflaskan

C. Rök läggs ut på en tunnelbanestation för att visualisera luftrörelserna.

Drag

Dragförekomst, speciellt i stora lokaler, kan undersökas genom att först visualisera luftens rörelser med hjälp av rök. Visualisering används för att snabbt identifiera kritiska områden i till exempel en stor lokal. Röken visar var i rummet som hastigheten är hög och riskerar att överskrida gränsen för drag. Röken visar också i vilken riktning luften rör sig, vilket är information som behövs för att mäta lufthastigheten korrekt. Visualisering ska oftast göras före mätning av luftens hastighet. Ofta kan det räcka med röken, för att se om det är höga lufthastigheter som kan upplevas som drag. Med en känslig lufthastighetsmätare kan luftens hastighet bestämmas närmare. Det finns många olika typer av lufthastighetsmätare. De visar oftast lufthastigheten i m/s. En mätare som används för att kontrollera drag som orsakas av luftrörelser måste kunna mäta med god precision vid hastigheter ner till 0,1 m/s. Mätning av lufthastigheten kan göras till exempel av företagshälsovården och vissa ventilationskonsulter. För att kontrollera om det är dragigt, ska mätningar göras i vistelsezonerna. Om lufthastigheten är under 0,2 m/s beror inte eventuellt drag på luftrörelsen. Finns kalla ytor i närheten kan strålningstemperaturen behöva mätas. Om draget beror på närbelägna fönsterytor varierar dragupplevelsen antagligen med utetemperaturen, solinstrålning, med mera. Strålningstempe-

raturen bestäms med en globtermometer, något som kan finnas hos företagshälsovården.

Temperatur

Ett bra och enkelt första mått är att mäta lufttemperaturen med en vanlig termometer. Att mäta lufttemperaturen är ofta tillräckligt i normala kontorsrum. Ibland kan det behövas en noggrann mätning som också tar hänsyn till värmestrålning och drag. Sådana mätningar kan utföras av en del företagshälsovårdscentraler och en del ventilationskonsulter.

Luftfuktighet

Luftfuktighet mäts normalt med direktvisande hygrometrar. Mätningar kan göras av företagshälsovården eller en ventilationskonsult. Luftfuktigheten varierar mycket över året. På sommaren är luftfuktigheten ofta över 80 % inomhus, medan den på vintern kan gå ner under 20 %. Dessa naturliga variationer medför oftast inga problem.

Luftföroreningar

För mätning av luftföroreningar kontaktas företagshälsovården eller annan konsult. Oftast görs kontrollmätningar för att kontrollera att halterna inte överskrider några riktvärden eller gränsvärden. För komfortventilation förekommer det att koldioxidhalten registreras kontinuerligt. Koldioxidhalten används då för att styra ventilationen i miljöer där personbelastningen kan variera mycket, till exempel i konferensrum. När koldioxidhalten går över ett visst förinställt värde, till exempel 800 ppm, ökas ventilationen automatiskt tills halten minskat under en förinställd nivå. Detta är ett sätt att säkerställa en bra luftkvalitet och att inte ventilera i onödan, vilket sparar energi.

Vanliga problem och åtgärder

Ofta upplever människor att ventilationen fungerar dåligt. Det kan bero på att ventilationen inte fungerar bra, men kan också bero på okunskap om vad som kan förväntas av en god ventilation. Det finns givetvis flera skäl till att ventilation inte fungerar tillräckligt bra. Det kan bero på dålig skötsel och service av ventilationsanläggningen. Det kan också bero på att verksamheten har ändrats så att det befintliga ventilationssystemet inte längre är rätt dimensionerat. I andra fall har ventilationen aldrig fungerat bra, eftersom den utformades eller byggdes på ett felaktigt sätt från början. I detta avsnitt ges råd om hur det går att undersöka varför komfortventilationen inte fungerar och vad som kan göras åt det.

Ventilation är en åtgärd bland flera andra som ska bidra till att skapa en god inomhusmiljö. Människor upplever inomhusmiljön som en helhet ur två aspekter:

- Inomhusmiljön skapas av flera tekniska system i samverkan, bland annat ventilation, uppvärmning samt verksamheter och processer i lokalerna.
- Hur inomhusklimatet upplevs beror inte bara på ventilationen utan också på andra faktorer till exempel trivsel, hur arbetsplatsen är utformad, hur arbetet är organiserat samt möjligheten att påverka.

När det förekommer klagomål på ventilationen kan följande frågor ställas:

- Är det ventilationen eller något annat som är problemet?
- Är klagomålen på ventilationen en riktig eller trolig tolkning av de problem som upplevs?
- Behövs undersökning av om det finns andra orsaker eller annat som bidrar till de upplevda problemen?

Som nämnts tidigare, är det normalt att några få procent av alla på en arbetsplats är missnöjda med ventilationen. Det beror på att vi upplever klimat på olika sätt och att vad som upplevs som ett behagligt klimat varierar mellan individer. På många arbetsplatser är det dock betydligt fler än några få procent som är missnöjda och då bör det undersökas vad missnöjet beror på och vad som kan göras åt ventilationen. I slutet av boken finns en översikt med tips utifrån vilken typ av klagomål som förekommer i form av ett snabbsökningsschema.

Det förekommer ibland klagomål på dålig luft och olika typer av besvär, där besvären främst beror på annat än ventilationen, till exempel fuktskador i byggnaden. Detta sammanfattas ofta i begreppet sjuka hus eller sick building syndrome, SBS. Detta behandlas utförligare i avsnittet om sjuka hus, SBS.

Ändrad verksamhet

En vanlig orsak till dålig luftkvalitet är att det vistas fler människor i lokalen än vad ventilationsanläggningen är dimensionerad för. Ändrade arbetsmetoder, ändrad verksamhet och lokalanvändning kan vara skäl till detta. När verksamheter ändras behöver vanligen också ventilationen ändras och kontrolleras så att den klarar de nya förutsättningarna. Det glöms ofta bort, eftersom det inte direkt påverkar produktionen. Det är först när människor börjar klaga och må dåligt som problemen tas på allvar.

Luftföroreningar

Luftföroreningar alstras på många olika sätt. Luftföroreningar som alstras i industriell verksamhet behandlas i avsnittet om industriventilation. I andra miljöer är det huvudsakligen människor och byggnader som kan avge låga halter av olika föroreningar. Dessa miljöer ventileras med så kallad komfortventilation (allmänventilation). De halter av luftföroreningar som förekommer är låga jämfört med gällande gränsvärden. Trots att halten av luftföroreningar är låga, kan de upplevas som besvärande och bidra till ökad ohälsa. Det gäller till exempel tobaksrök, där studier har visat ett samband mellan passiv rökning, det vill säga att utsättas för tobaksrök trots att personen inte själv röker, och en ökning av cancerfrekvensen. Enligt Tobakslagen får en arbetstagare inte utsättas för tobaksrök mot sin vilja i den arbetslokal eller liknande utrymme där arbetstagaren är verksam. De flesta svenska arbetsplatser är i dag helt rökfria.

Hur vet vi om luften är dålig? Att mäta koldioxidhalter kan ge en indikation på om ventilationen fungerar bra eller dåligt. Koldioxidhalten visar hur ventilationen fungerar med aktuell person-

I sammanträdesrum, samlingslokaler och andra lokaler där luftföroreningarna förorsakas av hög personbelastning är koldioxidhalten i luften ett bra mått på luftkvaliteten.

belastning. Men det finns också mer sofistikerade sätt att mäta luftföroreningar som visar vilka ämnen luften innehåller. Om mätningar ska göras, bör företagshälsovården eller annan kunnig konsult kontaktas. Mätningar bör endast göras när syftet med mätningarna är tydligt och klargjort för alla inblandade och när det finns gränsvärden eller riktvärden att jämföra med. När det gäller komfortventilation, finns det flera olika luftföroreningar som kan ge obehag.

Den luftförorening som kan förekomma i för höga halter i miljöer där människor är den viktigaste föroreningskällan är koldioxid, som avges vid utandning. Koldioxid kan mätas och användas som indikator på personbelastning. Koldioxidhalten bör inte överskrida 1 000 ppm (parts per million).

I vissa lokaler kan det finnas problem med föroreningar, utan att halterna är anmärkningsvärt höga. Det gäller bland annat:

- **Dålig lukt** som kan uppstå genom utsöndring från människor, intorkade avloppsbrunnar, sopor, material.
- **Koloxid (kolmonoxid)** i inomhusluften avges från förbränningsgaser från fordon, men även tobaksrökning ökar koloxidhalten.
- **Tobaksrökning**, som är en viktig källa till luftföroreningar. Tobaksrök innehåller cirka 4 000 olika ämnen och partiklar. Röken ger också dålig lukt. Ingen ska behöva utsättas för tobaksrök i sin arbetsmiljö.
- **Flyktiga organiska ämnen** till exempel från möbler, mattor, textilier, målade ytor och plastmattor. De kan härröra från lösningsmedel, lim, rengöringsmedel, sönderfallsprodukter och olika tillsatsmedel (till exempel mjukgörare). Avgivningen är störst för nya material. Genom tillfällig höjning av temperaturen efter byggskedet kan avgivningen påskyndas. Flyktiga organiska ämnen bildas vid kemisk eller mikrobiell nedbrytning av organiska byggmaterial efter längre tids kontakt med vatten. Därför är det viktigt i byggskedet att alltid försäkra sig om att byggmaterialen är tillräckligt torra innan arbetet slutförs så att fukt inte byggs in, till exempel plastmatta eller gipsskivor

i kontakt med fuktig betong. Under byggnadens driftskede är det givetvis viktigt att vid läckage öppna upp eller torka ut det fuktskadade materialet med fläktar innan kemisk eller mikrobiell nedbrytning sker. Om vattenskadan upptäcks för sent måste förutom avfuktning även det fuktskadade materialet bytas ut.

- **Formaldehyd** som kan avges från byggnadsmaterial och inredning. Moderna material avger normalt sett endast små mängder formaldehyd. Fukt och hög temperatur ökar avgivningen.
- **Mikroorganismer** ger problem i samband med mögelpåväxt. Hög luftfuktighet eller vattenskador i kombination med brister i byggkonstruktionen eller otillräcklig avfuktning efter vattenskada kan ge goda förutsättningar för tillväxt av mögel och mikroorganismer. Även gasavgivning från material underlättas av höga fukthalter.
- **Partiklar** kan vara föroreningar som består av sot, stoft, damm, dimma (vätskeaerosol), pollen, sporer och rök. Luftburna partiklar kan vara bärare av skadliga kemiska ämnen, bakterier och virus. Vanliga orsaker till hög partikelhalt i inomhusluft är dålig städning, hög personbelastning, dåligt filtrerad tilluft i kombination med felplacerade uteluftsintag, hög aktivitet (spring i korridorer eller vilda lekar i lekrum), stekos, ytmaterial som lätt släpper partiklar och fibrer samt tobaksrök.
- **Radon** kommer från vissa byggnadsmaterial eller från marken. Radon, som är cancerframkallande, har ingen lukt.

Gemensamt för alla luftföroreningar är givetvis att i första hand försöka begränsa dem så mycket som möjligt. Välj byggnadsmaterial och byggnadskonstruktioner som ger så lite föroreningar som möjligt. Därefter används ventilation med god luftutbyteseffektivitet som för bort luftföroreningar effektivt.

Luftfuktighet

I vissa miljöer kan det krävas befuktning av luften eller att luftfuktigheten hålls konstant. Detta görs främst av produktionstekniska skäl, till exempel i tryckerier där papper påverkas när luftfuktigheten ändras. För att säkerställa tryckkvaliteten hålls luftfuktigheten på en konstant nivå. Befuktning av luften kan ge upphov till tillväxt av mikroorganismer. Vid felaktig utformning av luftbefuktning kan mikroorganismer växa till i det vatten som används för att befukta luften och spridas i lokalen. Om halten mikroorganismer och organiska rester av mikroorganismerna i luften är för hög, kan de ge besvär i luftvägarna hos dem som vistas i lokalen. Fukt kan även fällas ut på kalla ytor i byggkonstruktionen och där orsaka fuktskador och tillväxt av mikroorganismer. Folkhälsomyndigheten råder att inomhusluftens vatteninnehåll inte ska vara mer än 7 gram vatten/kg torr luft eller att fukttillskottet inomhus i regel inte ska överstiga 3 gram vatten/kg torr luft under eldningssäsongen. Med ännu lägre halt minskar risken för fuktutfällning i byggkonstruktionen ytterligare. På grund av risken för fuktproblem rekommenderas befuktning endast när det av olika skäl är nödvändigt.

Kortslutning

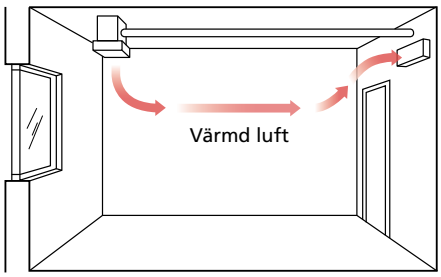
Ventilation kan inte utformas så att den ger en luftutbyteseffektivitet på 100 %, den är alltid lägre. Det innebär att det alltid finns en viss kortslutning mellan till- och frånluft, det vill säga en del av tilluften rör sig direkt mot frånluftsventilen utan att bidra till ventilationen av rummet. Ibland är det en stor del av tilluften som tar denna smitväg. I dessa fall talar man om kortslutningsströmning.

Kortslutning mellan till- och frånluften beror på att ventilationen är felaktigt utformad. Förutsättningar för att det ska bli kortslutning vid omblandande ventilation är att till- och frånluftsdonen är placerade i tak, att tilluftens hastighet är för låg och att temperaturen i tilluften är högre än i rummet. Kortslutning kan också ske vid undanträngande ventilation. Om tilluftsdonen vid golv är placerade felaktigt kan den undertempererade tilluften flyta ut till exempel genom öppna dörrar. För hög temperatur på tilluften (högre än rummets temperatur) kan

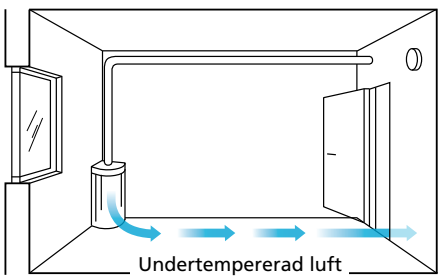
också ge kortslutning. Den deplacerande tilluften styrs då mot taket och sugs ut med frånluften utan att ventilera rummet.

Torr luft

Många gånger klagas det på att luften känns torr. Luften måste dock vara extremt torr för att upplevas som obehaglig. Det är istället vanligare att luften är för varm (över 24 grader under uppvärmningssäsongen) eller att det finns damm i luften och att detta upplevs som att luften är torr, slemhinnorna irriteras av till exempel damm.



Vid dimensionering och placering av till- och frånluftsinstallationer måste hänsyn tas till risken för kortslutningsströmning. Omblandande tilluft får inte placeras så att den kastas direkt till frånluftssystemet. Deplacerande tilluft får inte placeras så att luften flyter ut ur rummet utan att tränga undan den använda rumsluften.



För varmt

Den termiska komforten i lokalen beror på lufttemperatur, men också på lufthastighet, klädsel och hur tungt arbetet är. Rumstemperaturen ska inte vara för låg eller för hög, utan anpassad till det fysiska arbetet. Nedan redovisas vilka temperaturer som är lämpliga vid olika tungt arbete. Stora luftrörelser ger en känsla av att lufttemperaturen är lägre än den i verkligheten är. Det är därför som fläktar,

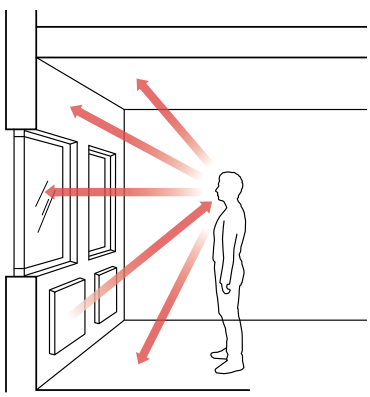
även om de inte kyler utan bara skapar luftrörelser, upplevs ge ett bättre klimat.

Exempel på lämpliga temperaturer för olika typer av arbeten

Typ av arbete och klädsel	Årstid	Idealisk temperatur	Intervall för lämpliga temperaturer
Stillasittande, lätt arbete och lätt sommarklädsel	Sommar	24 °C	20–28 °C
Stillasittande, lätt arbete och normal klädsel	Vinter	22 °C	20–24 °C
Fysiskt och mer ansträngande arbete	Alla	18–20 °C	14–24 °C

För kallt

Till den termiska komforten hör också värmestrålning och strålningstemperaturer. Varmare ytor strålar värme mot kallare. En människa strålar värme mot vägg-, golv- och fönsterytor. Om temperaturen på väggar och fönster är för låg upplevs värmestrålningen från kroppen som obehaglig. Det känns kallt.



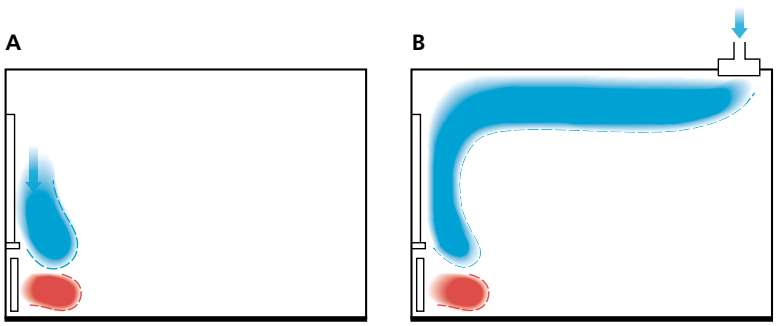
En kall fönsterruta kyler genom att vi förlorar värme genom strålning till fönsterytan. Bilden illustrerar en situation där strålningsvärme samtidigt tillförs från elementen.

Drag

Drag kan uppstå på många olika sätt, till exempel av för höga luftflöden eller när arbetsplatser placeras alltför nära deplacerande tilluftsdon. En möjlig åtgärd mot drag är att minska luftflödet. Det är ofta ingen bra åtgärd. Problem med drag minskar visserligen, men det minskade luftflödet kan istället leda till försämrad luftkvalitet. Problem med drag kan till exempel lösas genom att rikta om tilluften eller höja lufttemperaturen. Här visas några exempel där klimatet kan upplevas som dragigt.

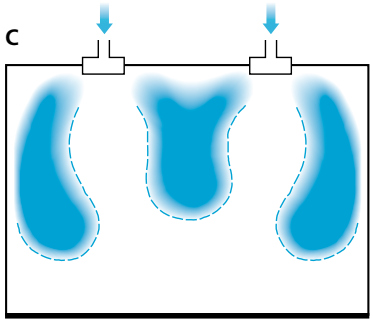
Arbetsplatser placerade intill fönster kan upplevas som dragiga. Det beror på att det vid fönster och andra stora ytor som kan bli kalla vintertid (till exempel dåligt isolerade väggar och tak) skapas kallras, det vill säga en kall luftström som sjunker mot golvet. I kallraset upplevs det som dragigt. Figur A illustrerar drag som enbart beror på kallras från fönster.

Figur B visar hur kallraset bidrar till att tilluftsströmmen kyls ner och ökar i hastighet, vilket gör att det upplevs som dragigt. Dragproblemet kan åtgärdas genom att flytta arbetsplatsen en bit från fönstret (den kalla ytan). Om inte arbetsplatsen flyttas tillräckligt långt från fönstret, finns risk för drag vid fötterna eftersom den kalla luften flyter ut över golvet. Värmeelement under fönstret eller byte till fönster med bättre isolering (treglasfönster) kan lösa problemet.

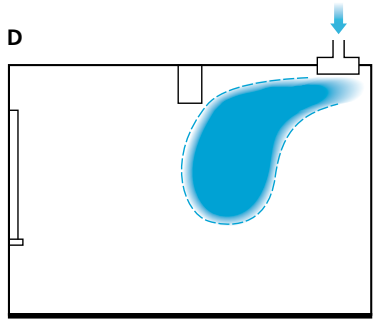


A: Kallras från fönster.

B: Bakkantsinblåsning, luftströmmen från tilluftsdonet samverkar med kallraset från fönster.



C: Luftstrålar från tilluftsdonen kolliderar.

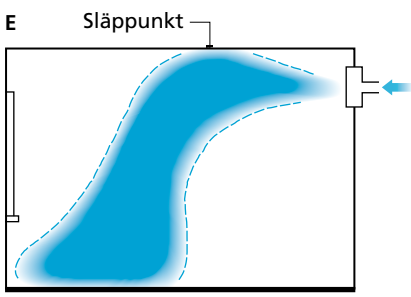


D: Luftstråle från tilluftsdonet kolliderar med ett hinder.

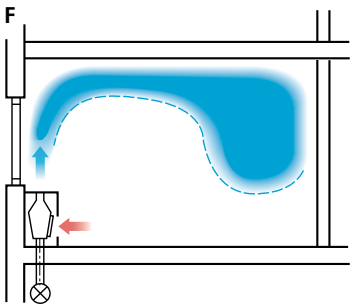
Om tilluften tillförs med hög hastighet och riktad mot arbetsplatser kan dragproblem uppstå, speciellt om luften har en låg temperatur. I figur C kolliderar luftstrålarna från olika don.

Om det finns hinder för tilluftsströmmen (som en balk i taket i figur D), kan tilluften styras mot platser i rummet där människor vistas. Om hindren styr luften mot vistelsezoner innan lufthastigheten hunnit minska, finns risk för att tilluften skapar drag.

En luftstråle som är kallare än omgivningen är också tyngre än omgivningen och sjunker därför nedåt. Figur E visar en kall luftstråle som släpper från taket och rasar ned i vistelsezonen. Hur långt från tilluftsdonet som luftstrålen släpper och rasar ner, kan variera från dag till dag. Därför går det inte att undvika drag genom att till exempel möblera om. För att eliminera draget, måste donet justeras så att hastigheten ökar och därigenom ökar kastlängden så att strålen når fram till motstående vägg.



E: För låg inblåsnings-hastighet. Kall luftstråle rasar ner mot golvet.

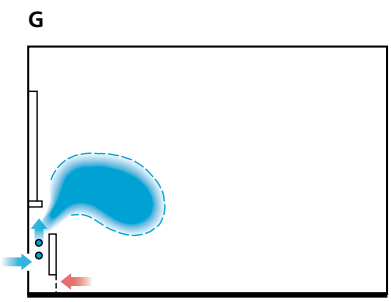


F: System med induktionsapparater var tidigare rätt vanligt i till exempel kontor, men det används mer sparsamt i dag. I induktionsapparaten kan värme och kyla byggas in. Tilluft tillförs via tilluftskanal längs med fasadväggen och blåses ut i munstycket (dysor) i apparaten. Inblåsningen gör att rumsluft dras med genom apparaten. Luften blandas på så sätt direkt.

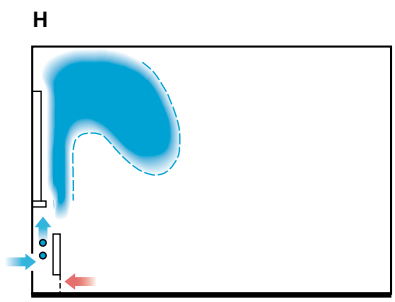
En induktionsapparat används för tillförsel av ventilationsluft med möjlighet till värmning eller kylning med en värmeväxlare. Från ett centralt ventilationsaggregat blåses förbehandlad luft med hög hastighet in i induktionsapparaten. Därigenom skapas ett undertryck i induktionsapparaten och rumsluft (röd pil) sugs in och passerar genom värmeväxlaren. En induktionsapparat placeras ofta vid fönsterväggen och kallas därför ibland för fönsterapparat, se figur F.

Figur G visar att inblåsning av kall luft uppåt kräver rätt avvägd inblåsningshastighet. I figuren är luftstrålen tyngre (svalare) än omgivningen och hastigheten är för låg, vilket gör att den svalare luften sjunker neråt och ramlar ner i vistelsezonen, innan den nått fram till motstående vägg (jämför en vattenfontän).

Om tilluftens hastighet istället är för hög, figur H, kommer luftstrålen att studsa mot taket och vända neråt med hög hastighet.



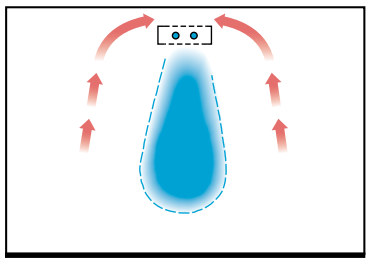
G: Inblåsning vid fönsterväggen (framkantsinblåsning) av kall luft riktad uppåt. För låg hastighet – strålen når ej taket.



H: För hög hastighet – strålen studsar mot taket.

För bortkylning av överskottsvärme används ibland så kallade passiva kylbafflar. En passiv kylbaffel har inga rörliga delar, till exempel fläkt, utan består bara av en värmeväxlare placerad i taket. I värmeväxlaren cirkulerar kallt vatten. Från värmekällor i rummet stiger varm luft uppåt. När luften kommer i kontakt med kylbaffeln och passerar genom värmeväxlaren kyls den ner. En kall luftström skapas som sjunker neråt. Om den sjunkande luftströmmen är för kall och sjunker mot vistelsezonen, figur I, kan den upplevas som drag.

I



I: Kall luftström från en passiv kyl-baffel strömmar ner i vistelsezonen.

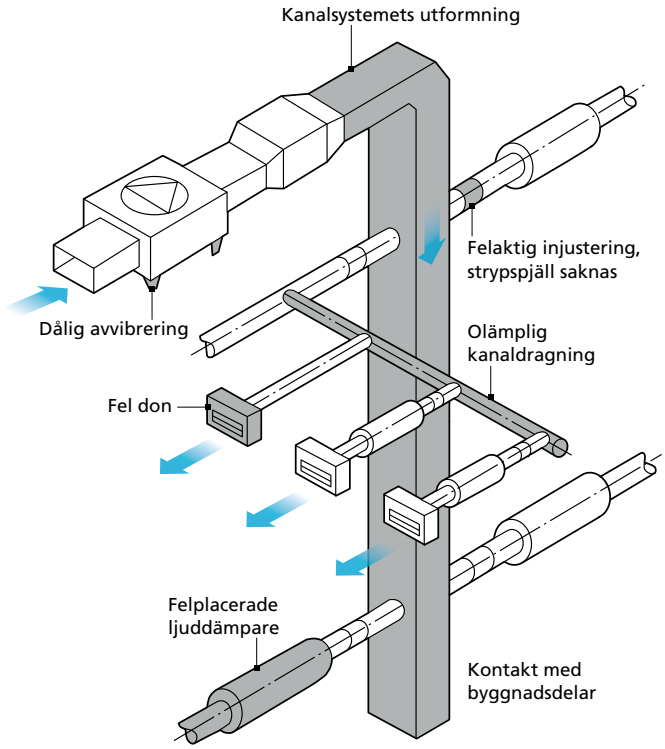
Buller

Alla ventilationssystem alstrar ljud. Buller och störande ljud från ventilationsanläggningar är tyvärr mycket vanligt. Det är i första hand i relativt tysta miljöer som ventilationsbuller upplevs som ett problem och ofta är det lågfrekvensbuller (bastoner) som stör mest. I bullriga miljöer som industrilokaler och storkök brukar ljudalstringen från verksamheten ta överhanden.

Bullret från komfortventilation är inte så högt att det kan skada hörseln. Däremot kan bullret påverka personer mentalt så att de får svårt att koncentrera sig. Bullret kan också orsaka trötthet hos människor genom att det ger upphov till ett ventilationsbrus som inte går att stänga av. Människor är olika känsliga för ljud från ventilationen. En del blir mycket störda medan andra inte ens märker att ventilationen låter. Speciellt besvärligt kan ventilationsljudet bli för personer med tinnitus (en särskild sorts hörselskada).

Många nya ventilationssystem projekteras uppenbarligen inte tillräckligt väl. Dessutom bullrar många äldre system mer än vad som kan accepteras. Det kan bero på att luftflöden justerats, att kompo-

nenter bytts ut eller att systemen byggts om utan särskild hänsyn till ljudalstringen. Givetvis är det bäst att göra rätt från början. Det är då relativt enkelt att undvika ljudproblem, genom att ljuddimensionera och beräkna systemen noga. Det är betydligt besvärligare och kostsammare att rätta till fel i efterhand.



Några vanliga orsaker till ljudproblem i ventilationsanläggningar.

Om buller och att mäta ljudnivåer

Buller är oönskat ljud. Ljud är tryckvariationer som fortplantas genom luft men som också kan spridas via fast materia, till exempel balkar och byggnadsstommar, så kallade stomljud. Ljudet består av olika frekvenser – högfrekvent (pipigt) ljud och lågfrekvent (dovt) ljud. Människans öra är mest känsligt för ljud inom samma frekvensområde (frekvensband) som det talade ljudet. Dovt ljud och speciellt infraljud (infraljud är så lågfrekvent att det inte uppfattas

av det mänskliga örat, men kan kännas som en dov påverkan i kroppen) kan vara tröttande.

Vad är det som bullrar?

Ljudet uppstår på flera olika sätt, till exempel:

- Fläkten bullrar. Ljudet från fläkten kan dels spridas via kanalerna ut i lokalen, dels direkt till angränsande rum.
- Stora ventilationsfläktar kan också sprida vibrationer och så kallat infraljud till den närmaste omgivningen. Vibrationer och infraljud sprids genom byggnadsstommen.
- När luften strömmar i kanalerna, uppstår det ett väsljud. Ju snabbare luften strömmar (höga luftflöden och smala kanaler), desto mer låter det.
- När luften tvingas ändra rörelseriktning mycket snabbt, till exempel i skarpa krökar i ventilationskanalerna, uppstår det också ljud.

Några vanliga orsaker till buller från ventilationssystem är att

- fläktar är dåligt avvibrerade, slitna eller att det finns obalanser i fläkten
- ventilationsanläggningen är dåligt injusterad
- till- och frånluftsdon är felaktiga eller felaktigt inställda
- det saknas rätt placerade ljuddämpare
- strypspjäll saknas på rätta ställen
- utformningen av kanalsystemet är olämplig, till exempel alltför smala kanaler som innebär att lufthastigheten blir hög eller med tvära krökar eller strypningar av kanalarean, som ger snabba ändringar i lufthastigheten
- kanaler har dragits genom ljudkänsliga utrymmen
- kanaler har kontakt med byggnadsdelar, så att stomljud kan överföras från kanalen till byggnadsstommen
- höga lufthastigheter förekommer i kanalsystemet.

Ljudkontroll

I bygglagstiftningen finns det krav på att ventilationsfunktionen ska kontrolleras, både i äldre och nyproducerade hus. Om systemet bedöms avge störande ljud bör bullret från ventilationen mätas. En ljudkontroll kan även ge en uppfattning om ventilationens funktion. Därför finns det ofta anledning att inte bara rätta till ljudproblemen utan även ventilationsfunktionen. Ljudmätningar bör göras för att hitta orsaken till ljudproblem.

Att mäta ljudnivåer

Ljudnivån mäts med en ljudnivåmätare (bullermätare). Ljudnivån från ventilationsinstallationer anges och mäts vanligen i dB(A) för att det mätvärde som erhålls ska spegla hur människan upplever ljud vid olika frekvenser. dB(A) är närmare människans upplevelse av bullret medan dB(C) är närmare det sanna värdet och innebär att mätvärdet speglar mer av de dova toner som ofta alstras i ventilationssystem. När ljudnivån mäts, går det också att mäta ljudnivån i olika frekvensband.

Bullermätare

Rekommenderade högsta ljudnivåer

Rekommendationer om högsta ljudnivåer från ventilationssystem saknas. Däremot finns det riktvärden för vissa lokaler där ventilationen är den dominerande bullerkällan. I allmänhet bör dB(C)-nivån inte överstiga det angivna dB(A)-värdet med mer än 15–18 dB. För till exempel kontorsrum blir då högsta godtagbara ljudnivå från ventilationen 35 dB(A). I Boverkets byggregler och Arbetsmiljöverkets föreskrifter finns regler för hur höga ljudnivåerna får vara i kontor,

förskolor, skolor och vårdlokaler. I dessa värden ingår buller från ventilationen tillsammans med övrigt buller från fasta installationer och omgivningen med mera. Arbetsmiljöverket anger också att för arbeten som ställer stora krav på stadigvarande koncentration eller att samtal ska kunna föras obesvärat, ska den ekvivalenta ljudnivån (medelvärdet) under en dag vara högst 40 dB(A). I det värdet ska inte ljudbidraget från den egna verksamheten ingå. För att klara dessa 40 dB(A) bör ventilationen bidra med maximalt 30–35 dB(A).

Sjuka hus, SBS

Sjuka hus har blivit ett begrepp för hus där de som vistas i huset får besvär som anses bero på brister i fastigheten, som i sin tur skapar brister i inomhusmiljön. Besvären beskrivs ofta som

- irritation i övre luftvägarna, det vill säga näsa och hals
- hudirritation
- ögonirritation
- huvudvärk
- trötthet
- illamående.

Ofta är besvären inledningsvis diffusa och inte så allvarliga att man upplever sig som sjuk. Efterhand kan besvären bli mer uttalade och så påtagliga att personen inte klarar av att vistas på arbetsplatsen. En del blir efter en tid så sjuka att de inte kan vistas alls i fastigheten, inte ens efter det att åtgärder vidtagits. Denna typ av besvär, som uppstår vid vistelse i en viss fastighet, brukar också kallas sick building syndrome, SBS.

SBS är ett komplext problem, där det inte alltid går att identifiera en enkel orsak. Ibland samverkar dessutom flera orsaker. Det är inte heller alltid så enkelt att det är fastigheten det är fel på. Problemen kan också bero på att fastigheten används på fel sätt, till exempel att alltför många personer vistas i lokaler där ventilationen är dimensionerad för ett mindre antal. Ett exempel på detta är tillfällig använd-

ning av en lägenhet till förskola utan att ventilationen samtidigt förbättras.

Det finns flera faktorer som kan orsaka SBS. En stor andel av fastigheterna med SBS har fuktskador. Ofta sägs att 90 % av de sjuka husen är sjuka på grund av fuktskador i byggnaden. Det är inte fuktskadorna i sig som är orsaken till SBS. Fukten sätter istället igång processer som alstrar olika typer av luftföroreningar och dessa luftföroreningar är en orsak till SBS. Några exempel:

- Byggnader som innehåller fuktiga gipsplattor kan få mögelväxt av så kallad pappersmögel på gipsskivornas pappyta. Möglet sprider mögelsporer som kan ge besvär och även allergiska reaktioner. Ventilationen är för det mesta inte huvudorsaken, men med god luftväxling minskar fukthalterna i luft och material och därmed minskar risken för mögelpåväxt. För att minska risken för fuktskador i byggkonstruktionen råder Folkhälsomyndigheten att inneluftens vatteninnehåll inte ska överskrida 7 gram vatten/kg torr luft eller fuktökningen inomhus inte överskrida 3 gram vatten/kg torr luft under eldningssäsongen. Om fukthalt eller fuktökning är för hög kan luftutbytet ökas eller luften avfuktas.
- Om plastmattor läggs på fuktigt betonggolv, kan komponenter i plasten brytas ner. Plasten avger 2-etylhexanol och TXIB (en mjukgörare, 2,2,4-trimetylpentan-1,3-dioldiisobutyrat) till luften. Dessa ämnen används som indikatorer på att plastmattor påverkats av fukt och avger luftföroreningar.
- Underdimensionerad ventilation är också en bidragande orsak till SBS. Ventilationen kan vara underdimensionerad för att den är felprojekterad, funktionen har försämrats eller verksamheten har förändrats så att den ursprungliga ventilationen inte längre räcker till. Det räcker inte alltid att ventilationen uppfyller gällande krav på minimiflöden. Det finns ett samband mellan ökat luftutbyte, utöver miniminivån, och minskade besvär av SBS. Människor mår bättre med ökad luftväxling. Vid tilluftsflöden över 25 l/s och m² minskar risken för byggnadsrelatera-

de symtom. Redan vid flöden över 15 l/s och m² ses en mindre minskning i sjukfrånvaron. Bättre ventilation är därför en viktig åtgärd, men normalt är det inte tillräckligt för att ett sjukt hus ska bli friskt.

- Lokalerna sköts inte på ett bra sätt eller används på ett sådant sätt att det alstras mycket luftföroreningar. Ibland är städningen eftersatt och då ökar dammhalten i lokalerna. Kanske hanteras stora mängder papper eller annat dammande material. Även självkopierande papper var tidigare orsak till besvär. Idag förekommer ibland klagomål på besvär orsakade av skrivare och kopiatorer.

Hur ställs diagnosen SBS?

SBS handlar om de besvär människor upplever vid vistelse i en fastighet. Upplevelsen är alltså det centrala. En indikation på att det handlar om SBS är att de som vistas eller arbetar i fastigheten börjar klaga på symtom som irritation i ögon, näsa och hals, torrhetskänsla i slemhinnor och hud samt hudutslag, trötthet, huvudvärk och illamående.

Om sådana besvär upplevs kan det vara lämpligt att undersöka detta genom att använda en enkät. Det finns flera varianter av enkäter för att kartlägga SBS. En av de vanligaste är Örebroformuläret Inomhusklimat – arbetsmiljö, som utvecklats vid Yrkes- och miljömedicinska kliniken i Örebro. Det finns flera liknande enkäter. Företagshälsovården eller andra kunniga konsulter brukar kunna hjälpa till med denna typ av enkäter. Svaren på enkäterna samlas in och bearbetas statistiskt. Resultatet presenteras i ett diagram där de egna svaren jämförs med medelvärdet för en större grupp. Utifrån svaren går det att se vilka typer av symtom som det klagas mest på, vilket i sin tur kan ge fingervisningar om vad besvären kan bero på. En begränsning med enkäterna är att de bör besvaras av ett större antal personer. För fastigheter där få personer vistas, är det bättre att använda sig av intervjuer.

Möjliga orsaker till SBS

Finns misstanke om SBS i en fastighet bör tänkbara orsaker kartläggas systematiskt.

1. Börja alltid med att tala med dem som upplever problem för att få bättre underlag för det fortsatta arbetet. Hur problemen beskrivs ger indikationer på vad SBS kan bero på. Om det behövs för att få ett bra underlag, görs en enkätundersökning eller intervjuer för att få bättre kontroll på omfattningen av problemen och jämföra personalens upplevelser med en referensgrupp. Om många personer är berörda eller om fastigheten är stor, är det ofta en fördel att dela upp enkäterna eller intervjuerna på olika delar av fastigheten. Ibland kan klagomålen kopplas till vissa delar av en fastighet, vilket underlättar det fortsatta arbetet med att åtgärda problemen. Det fortsatta arbetet anpassas efter resultaten från enkätundersökningen. Klagomål på lukt, ibland kombinerat med klagomål på dålig luft, brukar bero på problem med fukt i byggkonstruktionen. Klagomål på dålig luftkvalitet i kombination med allmänna symtom som beskrivits ovan, beror ofta på brister i ventilationen. Klagomål på torr luft beror ofta på luftföroreningar, till exempel förhöjda dammhalter eller gasformiga föroreningar.
2. Gör en besiktning av fastigheten. Finns det synliga fuktskador eller andra synliga problem som kan åtgärdas? Våtutrymmen, ytor mot våtutrymmen, och på skolor och daghem även entréer. Har det funnits vattenskador tidigare som åtgärdats? Verkar ventilationen fungera? Finns vatten i alla vattenlås? Behöver städningen förbättras för att minska dammhalterna i fastigheten? Sprids det luftföroreningar i fastigheten? Det finns checklistor som innehåller åtskilliga kontrollpunkter, men sjuka hus kan ha så många orsaker att ingen checklista är heltäckande.
3. Därefter görs vid behov mätningar. Den absoluta fuktigheten i luften inne och ute bör kontrolleras. Är luften inne för fuktig

bör åtgärder vidtas mot orsaken. Fukten kan reduceras med ökad ventilation eller avfuktare. En enkel kontroll är att mäta temperaturen. Temperaturen bör inte överskrida 24 grader. Dessutom görs vid behov enkla ventilationsmätningar. Om temperaturen är för hög kan det ibland räcka med att sänka temperaturen för att besvären ska upphöra. Sannolikheten för SBS minskar med ökad ventilation, men är dock ingen säker åtgärd för att undvika SBS.

4. Har dessa insatser inte lett till någon förbättring, välj mellan följande insatser:
   a. Gör en noggrannare undersökning av om det finns fuktskador. Många fuktskador är dolda och därför svåra att upptäcka. Särskilda utredare kan anlitas som också kan mäta fukthalten i valda delar av byggnadskonstruktionen. Åtgärda de fuktskador som upptäcks.
   b. Mät koldioxidhalten för att kontrollera att halten normalt sett ligger väl under 1 000 ppm. Högre halter tyder på att ventilationen inte fungerar tillräckligt bra. Tänkbara åtgärder är följande:
      – Kontrollera att alla rum, särskilt de där många personer vistas, har tillräcklig ventilation.
      – Undersök om det förekommer återluft, det vill säga att en del av frånluften återförs som tilluft. Detta förekommer speciellt vintertid för att spara energi.
      – Undersök om det finns risk för kortslutning mellan frånluftsutsläpp och tilluftsintag. I sådana fall förorenas tilluften av frånluften, vilket kan bidra till en förhöjd bakgrundshalt av koldioxid i fastigheten.
   c. Mät förekomsten av andra ämnen i luften, till exempel damm, flyktiga organiska ämnen och mikroorganismer. Använd eller anlita konsult som använder standardiserade mätmetoder där de erhållna mätvärdena kan utvärderas mot klara kriterier, till exempel riktvärden. Den

som utför och utvärderar mätningen bör även ange vad kriterierna baseras på. Eftersom det finns flera orsaker till sjuka hus kan flera olika ämnen orsaka besvären. Mät därför inte förrän misstanke finns om vilket eller vilka ämnen som orsakar SBS. Det är viktigt att känna till att för de flesta ämnen som i dag mäts vid SBS finns sällan vetenskapligt dokumenterade samband mellan upplevda besvär och förekomst av ämnet i luften. Få studier har visat svaga om än statistiskt säkerställda samband för vissa ämnen, medan det i andra studier av samma ämnen inte hittats något samband.

Förebyggande åtgärder

Det är väl motiverat att vidta åtgärder för att undvika SBS. Det är inte bara åtgärderna för att komma tillrätta med problemen som är kostsamma. Andra effekter i form av störd verksamhet och ökad sjukfrånvaro innebär också stora kostnader. Eftersom SBS ofta har samband med fuktskador, är det viktigt att minska risken för dessa. Fuktskador kan uppkomma i byggprocessen, till exempel om byggnadsmaterial lagras på ett felaktigt sätt eller om betongen byggts in innan den hunnit torka tillräckligt. Vissa typer av fastigheter blir lättare fuktskadade än andra. Det gäller främst fastigheter med platta tak och fastigheter som är byggda på sank mark. Noggrann projektering och kontroll av byggprocessen är viktiga förebyggande åtgärder. Vid projektering är det också viktigt att utforma ventilationssystemet så att det fungerar väl även efter eventuella framtida ändringar. Ventilationen bör till exempel dimensioneras så att flödena ligger väl över miniminivåerna och att flödena kan ökas, om antalet personer som vistas i rummen ökar.

Kontorsventilation

Olika arbetslokaler har varierande behov av ventilation, och funktionskrav och bestämmelser är olika. I följande avsnitt behandlas de speciella regler och bestämmelser som gäller för respektive arbetslokal eller utrymme. Här ges några exempel på ventilationssystem för kontor och sammanträdesrum. Avsnitten är disponerade så att de börjar med funktionskrav och minimikrav enligt föreskrifter och allmänna råd. I avsnitten anges också högsta tillåtna ljudnivå från installationerna. Ljudkraven är i huvudsak rekommendationer och inte föreskrifter. Därefter följer projekteringstips med exempel på lösningar. Avslutningsvis behandlas erfarenheter och kontroll av olika lösningar samt några funktionskrav som bör ställas på ventilationen.

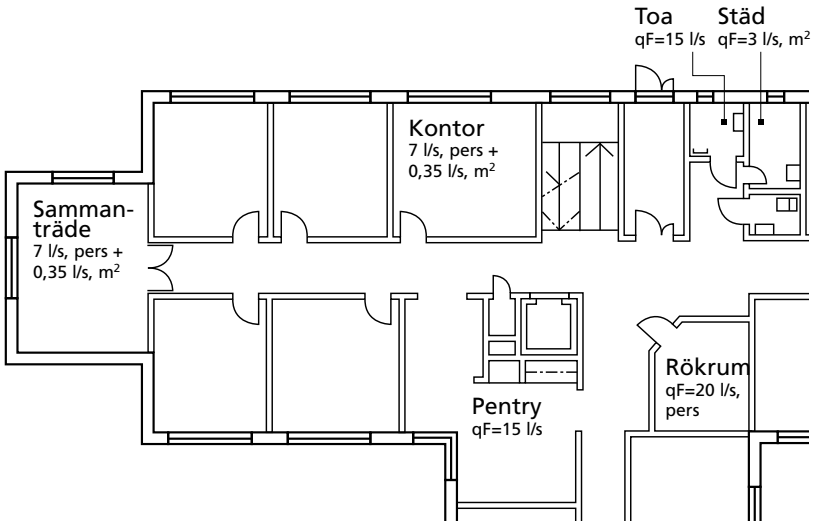
I vanliga kontorsmiljöer är halten luftföroreningar låg. Personbelastningen och värme från kontorsmaskiner och belysning är normalt dimensionerande för ventilationen. Det finns flera sätt att åstadkomma god ventilation i kontorslokaler. Eftersom kontorslokaler är likartade och vanligt förekommande finns detaljerade regler och principlösningar för dessa lokaler.

Regler

Uteluftsflöde

Uteluftsflödet ska vara minst 0,35 l/s per m² golvarea. Till detta bör uteluftsflödet ökas med minst 7 l/s och person. Uteluftsflödet till matutrymme, klädutrymme och tvättutrymme i kontor bör vara

5 l/s och m² golvarea. Om flödena projekteras för att enbart klara minimikraven blir ventilationen sällan tillräckligt bra. Det som i praktiken avgör flödets storlek är de föroreningar och den värme som alstras av människor och maskiner. Flödet får tas som överluft från korridor eller liknande utrymme.



Minimiflöden i kontor. Uteluftsflödet i ett enpersonskontor enligt bilden blir cirka 14 l/s. I sammanträdesrummet för 10 personer blir uteluftsflödet cirka 80 l/s. Flödet kan alltså variera mycket mellan olika utrymmen och beroende på belastning. I de flesta fall räcker inte miniflödena för att ge ett bra inomhusklimat.

Överluft och frånluft

Överluft ska tas från rum med högre krav på luftkvalitet och föras till rum med lägre. Överluft kan tas från kontorsrum och föras till korridorer, vestibuler, toalettutrymmen och städrum.

Koldioxidhalt

Koldioxidhalten är ett mått på luftkvaliteten i kontor och bör inte överskrida 1 000 ppm.

Rekommenderade högsta ljudnivåer från ventilationen

Kontorsrum: 35 dB(A).
Sammanträdesrum: 35 dB(A).
Sammanträdesrum där någon håller föredrag: 30 dB(A).

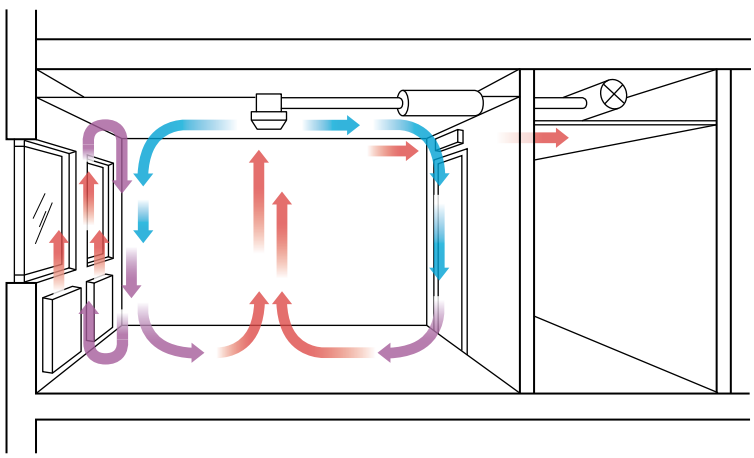
Ventilationsmetoder

I kontor används nästan uteslutande mekanisk ventilation. Ventilation i kontor kan vara omblandande eller deplacerande.

Omblandande ventilation

Takspridare

Vid takspridare mitt i rummet följer tilluften takytan och styrs sedan neråt i rummet intill väggarna. Rätt dimensionerat ger det inte drag. Den rena tilluften blandar sig med rumsluften. Om nedåtgående luftströmmar vid väggarna kan accepteras fungerar principen bra. Vid fönstren finns ofta radiatorer eller andra värmare. Radiatorernas huvudsakliga uppgift är att hindra kallras från fönstren genom att de ger en uppåtgående luftström intill fasadväggen. Den nedåtgående luftströmmen från tilluftsdonet och den uppåtgående luftströmmen från radiatorn måste stämmas av så att de inte krockar.



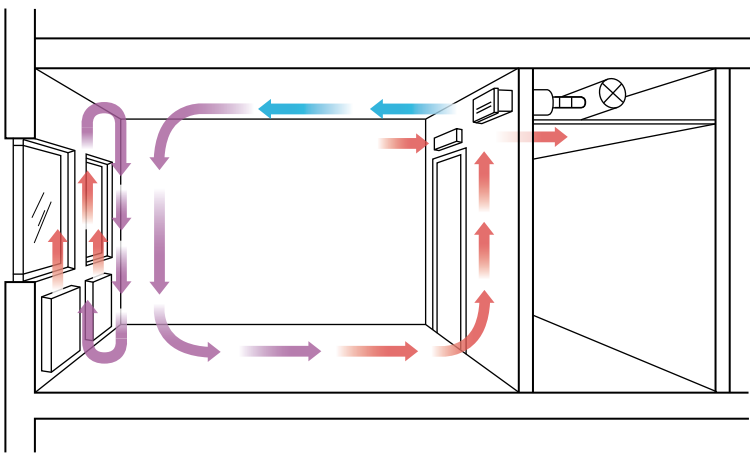
Takspridare mitt i rummet och önskade luftrörelser. Kastlängden bör beräknas så att det bildas en smal luftsnurra intill fasaden.

Den rena tilluften ska nå fram till vistelsezonen men inte ända fram till fasadväggen.

När kontorsrumsdörren är stängd förs frånluften från rummet via överluftsdon till korridoren och vidare till utsuget. Men ofta står dörren öppen. Då kommer den omblandade rumsluften att strömma ut på ett okontrollerat sätt via dörröppningen till korridoren.

Bakkantsinblåsning

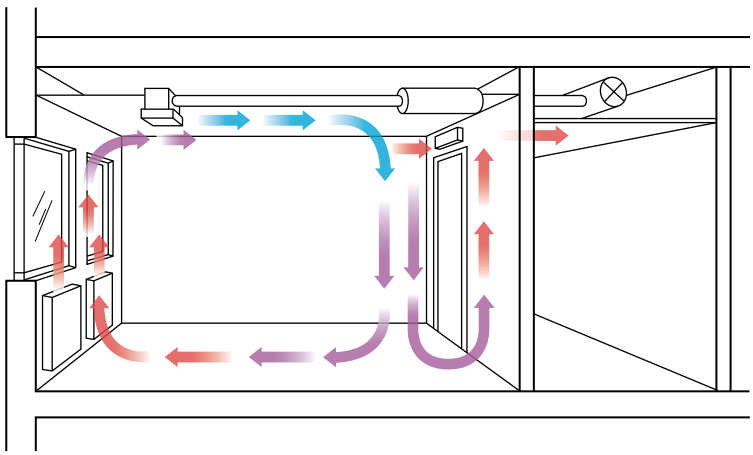
Vid bakkantsinblåsning blåses luften in utefter taket, från korridorsidan. Kastlängden och lufttemperaturen ordnas så att den friska luften når fram till vistelsezonen (arbetsplatsen) och sjunker ner långsamt. När fasadväggen har radiatorer som ger uppåtgående luftström måste kastlängden dimensioneras noga. Tilluften får inte slå ner för tidigt så att det blir rundgång på luften intill fasaden, så att vistelsezonen ventileras dåligt. Kastlängden får inte heller vara för lång så att tilluften pressar ner den uppåtgående luften från radiatorn. Den använda, omblandade luften förs bort via överluftsdon i korridorväggen respektive via den öppna dörren.



Bakkantsinblåsning. Det bör bildas en luftsnurra på rätt avstånd från fasaden.

Framkantsinblåsning

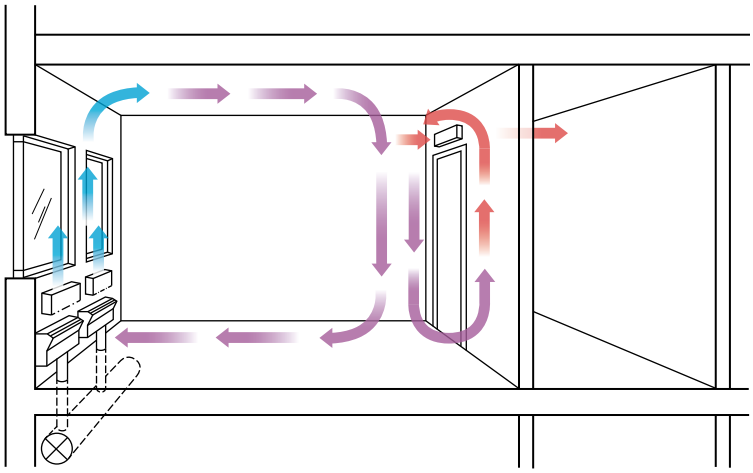
Vid framkantsinblåsning tillförs luft vid fasadväggen. Tilluften har vanligen något lägre temperatur än rumsluften och sjunker ner över vistelsezonen. Den stigande luften från radiatorn samverkar med framkantsinblåsningen och ger cirkulation på luften. Tilluftsdonets placering i framkant är viktig. Donet får inte placeras och luften får inte ha sådan hastighet att tilluften kastas rakt ut genom en öppen dörr, utan att rummet ventileras. Frånluften från rummet förs ut via överluftsdon respektive dörren till korridoren.



Framkantsinblåsning. Tilluften bör styras ner en bit före korridorväggen, så att det bildas en luftsnurra intill väggen.

Framkantsinblåsning vid golv

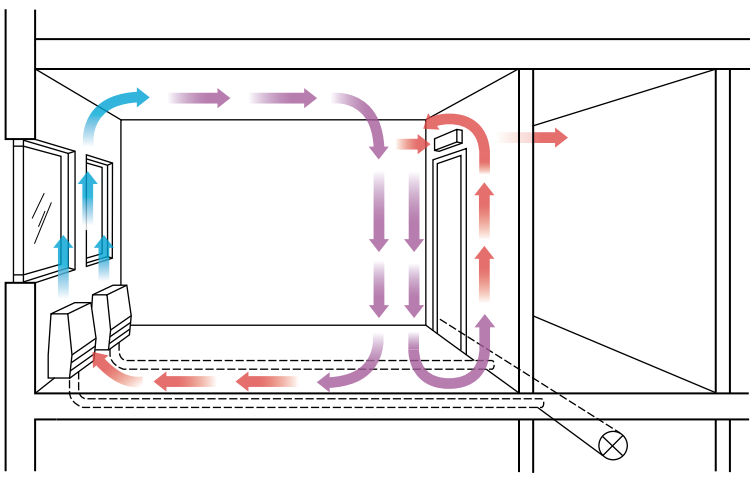
Vid framkantsinblåsning vid golv tillförs rummet tilluft som är rumstempererad eller något undertempererad. Luften tillförs med ett don som placeras bakom radiatorn. Donet ger en uppåtriktad luftström förbi radiatorn och vidare upp mot taket. Där böjer luftströmmen av mot taket och tilluften sprids i rummet. Frånluften tas vanligen till korridoren via överluftsdon eller korridordörren. Inblåsning med don vid golv gör att rumsluften dras med (medejekteras) förbi donet och det avsätts damm på donet. Därför är det viktigt att rengöra donet med jämna mellanrum.



Vid framkantsinblåsning vid golv blåses tilluften in bakom radiatorn.

Induktionsapparater

System med induktionsapparater var tidigare rätt vanliga, men används mer sparsamt i dag. Systemet är något komplicerat och det går att få lika bra klimat med andra system. Tilluft tillförs via en



Induktionsapparat. I och med att tilluften blandas direkt är det inte så noga med kastprofilen från apparaten. Huvudsaken är att lufthastigheten i vistelsezonen inte blir för hög.

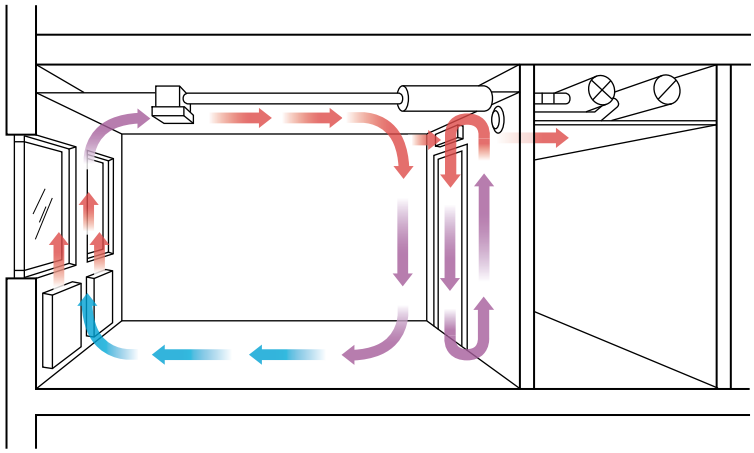
kanal längs med fasadväggen och blåses ut via munstycken (dysor). Inblåsningen gör att rumsluft medejekteras (dras med) genom induktionsapparaten. Den omblandande effekten av ventilationen åstadkoms på så sätt delvis direkt i induktionsapparaten. I induktionsapparater kan både värme och kyla byggas in. Frånluften tas ut via överluftsdon i korridorväggen respektive via korridordörren. Ett problem med induktionsapparater är att smuts avsätts vid utblåsmunstyckena på grund av att rumsluft dras in i och förbi apparaten. Apparaterna måste rengöras med jämna mellanrum.

Överluft från kontorsrum

Vanligen tas frånluften från kontorsrum med överluft till korridoren. Frånluften sugs sedan vidare via korridoren till utsug med trycklåda i korridorens slut, vid kapprum, toalettgrupper och dylikt. Överluft från kontorsrummen innebär att frånluften sugs ut genom ett öppet hål i korridorväggen. Överluft kan orsaka ljudproblem. Ett hål i väggen ger ljudläckage, som i stort sett förstör hela korridorväggens ljudisoleringsförmåga. Därför måste speciella överluftsdon väljas till kontorsrum. Donen bör ha tillräckligt bra ljuddämpning i förhållande till de ljudkrav som finns för väggen i sin helhet.

Takplacerade till- och frånluftsdon i enskilda kontorsrum

Det förekommer installationer av separata frånluftssystem till samtliga kontorsrum, men det är numera mindre vanligt. Eftersom både till- och frånluftskanaler måste dras fram till varje rum, kan det bli kostsamt. Tilluftsdonet placeras ovanför vistelsezonen och den något undertempererade luften tillåts långsamt sjunka nedåt till vistelsezonen. Frånluftsdonet placeras i motsatta delen av rummet, mot korridorväggen. För att undvika drag är det viktigt att tilluften inte har för hög hastighet som kan ge dragproblem eller göra att tilluften kastas direkt till frånluftsdonet eller ut genom en öppen kontorsdörr.



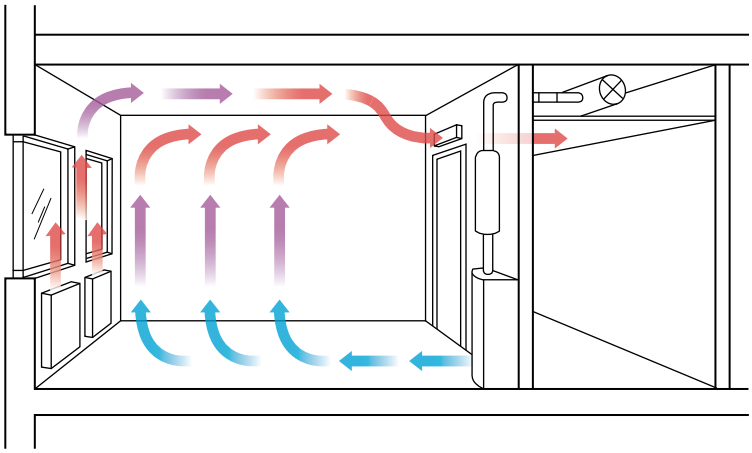
Takplacerat till- och frånluftssystem. Tilluften riktas så att den samverkar med den stigande luften från radiatorn och ger cirkulation i hela rummet.

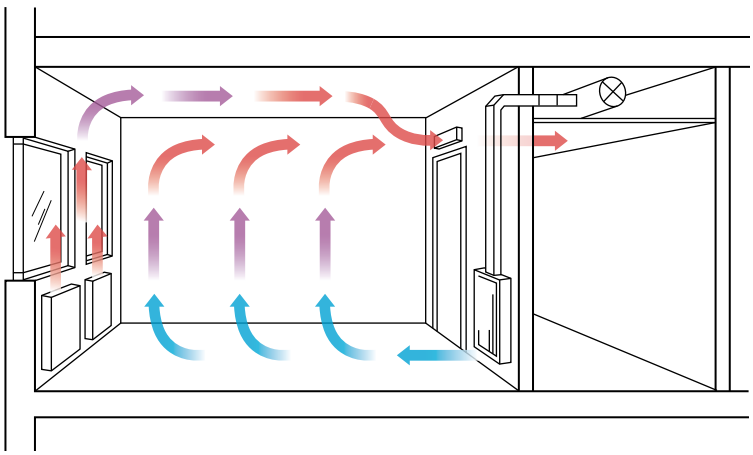
Deplacerande ventilation

Vid deplacerande ventilation tillförs tilluften med låg hastighet med golvplacerade don. Tilluften är något undertempererad och flyter därigenom ut utefter golvet. Den använda varmare luften trängs undan uppåt och förs ut vid taket. I kontorsrum är det vanligast att den använda luften förs bort via överluftsdon till korridoren på samma sätt som vid omblandande ventilation.

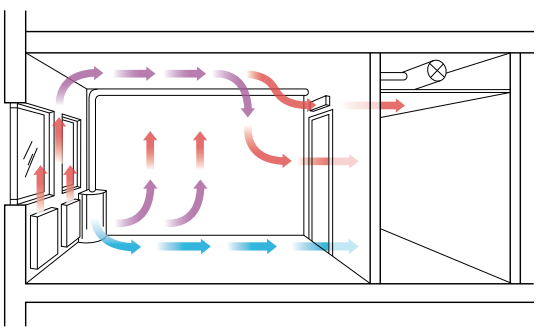
Bakkantsinblåsning

Deplacerande don (tilluft) bör placeras vid korridorväggen. De kan placeras fristående på golvet eller inbyggda i korridorväggen. Inbyggda don tar mindre golvyta i anspråk. Deplacerande ventilation ger frisk tilluft i vistelsezonen. Det är viktigt att den deplacerande tilluften inte har för hög hastighet och för låg temperatur. I annat fall kan tilluften ge kalldrag på vristerna på den som arbetar i rummet.





Deplacerande don vid korridorväggen. Den undertempererade tilluften lyfts uppåt av värmen från radiatorer och personer. Deplacerande don kan placeras fritt på golvet eller byggas in i korridorvägg.



Felaktigt placerat golvdon. Luften riskerar att strömma ut i korridoren eller att lyfta vid radiatorn.

Framkantsinblåsning
Att placera det deplacerande tilluftsdonet intill fasadväggen fungerar inte bra i kontorsrum. Om kontorsdörren står öppen kommer den undertempererade tilluften att direkt strömma ut via dörröppningen till korridoren, utan att ventilera rummet. Dessutom finns det risk för att luften lyfter mot taket genom den stigande luftströmmen från radiatorn vid fasaden. Det blir då ingen deplacerande ventilation, utan istället en dålig omblandning.

Kyla

Moderna kontorsbyggnader har mycket god värmeisolering. Inomhus alstras värme av kontorsmaskiner och belysning. Det gör att behovet av att kyla lokalen ofta är större än behovet att värma den. I ett kontorsrum med ett par personer, belysning och datorer kan kylbehov uppstå redan vid utomhustemperaturen -5 grader.

Kyla kan ordnas med följande:

- centralt kyld ventilationsluft
- variabelt luftflöde med kyla, så kallat VAV-system i varje rum
- kylning i rummet med fläktkonvektor
- induktionsapparater
- kyltak och kylbafflar.

Dessa olika kylmetoder beskrivs i avsnittet om kylning av lokaler.

Övriga personalutrymmen

Sammanträdesrum

I sammanträdesrum och mindre konferensrum är det vanligt att installera separat till- och frånluft. Där är fler människor samlade och dörrarna är vanligen stängda. Det ställer högre krav på styrning av luftflöden. Ventilationssystemet kan vara omblandande eller deplacerande. Ofta utformas ventilationen med möjlighet att forcera flödena. Krav på ljudisolering i sammanträdesrum gör också att det oftast är lämpligt med separat till- och frånluft. Överluft ger risk

för ljudläckage mellan sammanträdesrummet och korridoren. Här följer några exempel på lösningar och hur luften är tänkt att röra sig i rummet. Kyla i sammanträdesrum kan ordnas på samma sätt som i kontorsrum.

Omblandande ventilation
Frisk luft kan tillföras med takspridare, bakkants- eller framkantsinblåsning och induktionsapparater på samma sätt som i kontorsrum. Frånluften tas normalt med tak- eller väggplacerade frånluftsdon. Till- och frånluftsdonen bör placeras på takytan så att tilluften får så lång väg som möjligt genom rummet innan luften evakueras. I större sammanträdesrum är det vanligt att tilluftstillförseln och frånluftsevakueringen ordnas med flera don, för att få långsamma luftrörelser i rummet.

Deplacerande ventilation
Vid deplacerande ventilation evakueras frånluften vid taket på samma sätt som vid omblandande. Frisk luft tillförs med golvdon. Om till- och frånluftsdonen placeras på samma rumssida finns det risk för kortslutning. Värmen som människorna avger kan få tilluften att stiga uppåt och föras ut i frånluftsdonet utan att rummet ventileras ordentligt. Kylning ordnas på samma sätt som för kontorsrum.

Kapprum, toaletter, kopieringsrum och pentryn

Kapprum, toaletter, kopieringsrum och pentryn ventileras vanligen bara med frånluftssystem och överluft till rummet. Om kapprummet är ett separat rum med dörr, kan det istället vara en fördel att blåsa in tilluft i rummet. Tilluften balanserar frånluftsflödena från toaletter med mera. Då ventileras dessutom kläderna med frisk uteluft istället för använd överluft.

Erfarenheter av kontorsventilation

Problemen med kontorsrumsventilation är normalt sett ganska små under förutsättning att ventilationen är rätt dimensionerad och injusterad. De problem som förekommer hänger ofta samman med

att något stör luftströmningen i rummet. Ljudproblem är också rätt vanliga. Att till- och frånluftssystem bullrar för mycket är oftast ett dimensionerings- eller konstruktionsfel och beror i huvudsak på fel valda komponenter eller felaktig injustering av luftflödena.

Hinder för luftströmningen

Vid takspridare, framkants- och bakkantsinblåsning är det inte alls ovanligt att belysningsarmaturer hänger i vägen för tilluftströmmen. Omblandningen av luften försämras och delar av rummet ventileras dåligt. Det kan också ge drag på arbetsplatsen. Vid deplacerande golvdon kan möbleringen hindra luften från att flyta ut på rätt sätt efter golvet. Arbetsplatsen förses inte med den mängd frisk luft som planerats.

Reglage och inställning

Fläktkonvektorer som placeras i tak kan ge ljudproblem. Dessutom är injustering av flödet viktig för att undvika dragproblem. Deplacerande system som inte är riktigt dimensionerade kan ge drag vid golvet.

Industriventilation

Process- och industriventilation handlar om att kontrollera halten luftföroreningar och skapa ett bra klimat genom att

- avlägsna luftföroreningar som avges från maskiner och processer
- avlägsna värme som avges från maskiner och processer
- tillföra ren luft, främst till zoner där människor vistas.

Följande är exempel på verksamheter där en effektiv process- och industriventilation normalt krävs:

- svetsning och lödning
- målning och lackering, till exempel sprutmålning och elektrostatisk lackering
- bearbetning av material på ett sådant sätt att det bildas damm, rök och andra föroreningar, till exempel kapning, sågning, slipning och fräsning
- arbete med kemiska produkter som innehåller organiska lösningsmedel
- hantering, bland annat satsning av kemiska produkter med mera som avger damm eller ångor, till exempel vid tillverkning eller användning av kemiska produkter.

Industriventilation

Med industriventilation ventileras lokaler så att luftkvalitet och klimat på arbetsplatser, där det alstras luftföroreningar eller värme, blir så bra som möjligt. Industriventilation innefattar både det som ofta kallas allmänventilation och processventilation. Med allmänventilation ventileras hela lokalen.

Processventilation

Processventilation används för att fånga in värme och föroreningar så nära källan som möjligt för att förhindra spridning till omgivningen. Andra benämningar som används är lokal ventilation eller platsventilation.

Vid utformning av industriventilation, är det viktigt att starta med processventilationen så att den blir så effektiv som möjligt. Om det är svårt att arrangera effektiv processventilation, ställs större krav på allmänventilationen. Om processventilationen kräver stora frånluftflöden, kan allmänventilationen kanske begränsas till att tillföra ren luft för att balansera processventilationens frånluftsflöden.

Process- och industriventilation dimensioneras och anpassas speciellt för varje industriverksamhet. Nedan ger vi exempel på hur ventilation vid olika processer kan utformas samt vad som är viktigt för att ventilationen ska fungera bra. Dessutom illustreras med exempel hur de olika principerna tillämpas. Genom att följa de råd som ges, går det att undvika de vanligaste misstagen.

Det är viktigt att kontrollera ventilationens effektivitet. Speciellt viktigt är det att kontrollera att processventilationen fungera bra. I avsnittet om mätmetoder för att kontrollera ventilationens funktion beskrivs flera metoder som kan användas, till exempel visualisering med rök, mätning av luftutbyteseffektivitet och mätning av specifikt luftflöde. I förorenade miljöer kan ventilationseffektiviteten också mätas.

Ventilationseffektiviteten är ett mått på hur snabbt en förorening

transporteras bort ur lokalen och är beroende av föroreningskällans placering och luftströmmarna i rummet. Ventilationseffektivitet är bara relevant att mäta om det alstras föroreningar i lokalen. Den kan mätas med hjälp av spårgas. Spårgas släpps in i rummet och mäts i frånluften och i rummet. Effektiviteten anges med förhållandet mellan föroreningskoncentrationen i frånluften och koncentrationen av föroreningar i rummet. När föroreningen är helt omblandad i rumsluften blir så kallat ventilationsindex 100 %. Koncentrationen föroreningar är då lika stor i rumsluften som i frånluften. Om mätning visat att koncentrationen av luftföroreningar i frånluften är lägre än vid en punkt i rummet betyder det att föroreningstransporten inte är bra. Är ventilationsindex under 90 % visar det på tendens till kortslutning mellan till- och frånluft. Om mätningen istället visar högre koncentration av luftföroreningar i frånluften jämfört med en punkt i rummet är borttransporten av föroreningar via ventilationen god. Ventilationsindex är då över 100 %.

Allmänventilation i industrilokaler

Frånluftsflödet dimensionerar ventilationen

I industrilokaler är det som regel värmebelastning och behov av processventilation som är dimensionerande. Det innebär att behovet av frånluft avgör hur stora flöden som behövs. Det finns inga enkla regler för hur ventilationen ska dimensioneras. Projektörer, fabrikanter och entreprenörer har ofta sina egna tumregler för grunddimensionering av ventilation med avseende på värmebelastning och föroreningar. Ett bra frånluftssystem för bort föroreningar och värme nära källan, innan de hunnit sprida sig i lokalen. Detta ger också förhållandevis låga luftflöden och driftkostnader. Om föroreningar och värme hunnit sprida sig i lokalen fordras betydligt större luftflöden för att hålla luftkvaliteten på en acceptabel nivå. Vilka frånluftsflöden som krävs avgörs av befintlig processventilation, hur effektiv den är, vilka föroreningskällorna är, vilken värmealstring som sker och vilken typ av luftförorening det rör sig om.

Tilluft för balanserad och dragfri ventilation

Tilluft behövs för att kompensera för frånluften och till- och frånluftsflödena ska därför vara ungefär lika stora. Vid industriventilation är flödena ofta relativt stora, vilket gör att det finns risk för drag som beror på att tilluften inte räcker till, håller för låg temperatur (för hög temperatur förekommer främst på sommaren) eller inte tillförs på ett bra sätt. Om tilluftsflödena är för låga, uppstår drag när luft tas in via öppna dörrar, portar och andra öppningar. Vintertid blir detta speciellt besvärande om den inläckande luften är kall. Tilluften måste också tillföras på ett sådant sätt att den når ut och ventilerar hela lokalen och den ska riktas så att luftströmmar som har hög hastighet eller som är svala inte skapar drag för dem som vistas i lokalen.

Omblandande eller deplacerande ventilation?

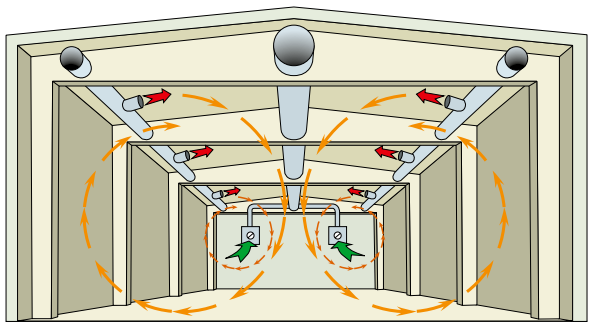
Industriventilation bygger normalt på omblandande eller deplacerande ventilation. Båda dessa ventilationsprinciper har både för- och nackdelar. Det är viktigt att välja det system som har bäst förutsättningar att skapa en bra ventilation. Hur omblandande och deplacerande ventilation fungerar beskrivs i avsnittet om komfortventilation.

Omblandande ventilation används i industrilokaler, främst i följande fall:

- När det alstras lite eller måttligt med luftföroreningar.
- Om det finns uppvärmningsbehov och man vill värma lokalerna genom att tillföra värmd tilluft. I detta fall krävs omblandande ventilation.

Tornadometoden, eller cyklonvirvelmetoden, är ett sätt att ordna omblandande ventilation och samtidigt få god temperaturutjämning i lokalen. Metoden bygger på att tilluften blåses in vid taket, med speciella munstycken som ger så kallade styrstrålar. Styrstrålarna får rumsluften att röra sig i en stor virvel runt en horisontell axel. Uppvärmning av lokalen kan ordnas med övertempererad tilluft, radiatorer eller cirkulationsluftvärmare. Frånluften tas i virvelaxelns

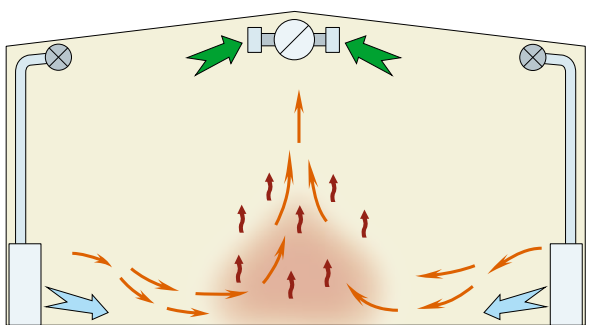
förlängning endera åt ett håll eller åt båda hållen. För att metoden ska fungera bra, bör det vara en öppen lokal och det bör inte finnas för mycket avskärmande hinder i golvplanet.



Den så kallade tornadometoden ger omblandande ventilation. Tilluften blåses in med styrstrålar som får rumsluften i cirkulation.

Deplacerande ventilation används främst i följande fall:

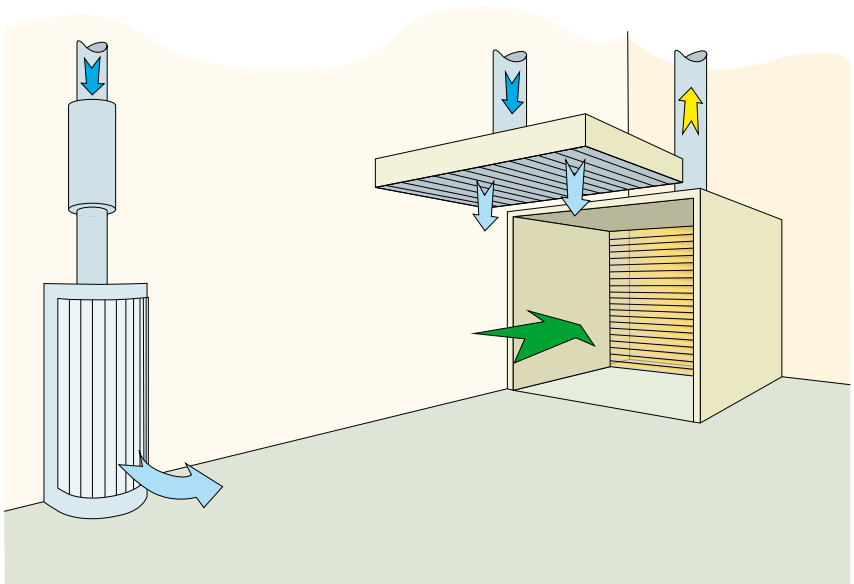
- När det alstras luftföroreningar tillsammans med värme, eftersom den deplacerande ventilationen utnyttjar att föroreningarna stiger mot taket.
- Om tilluften ska vara undertempererad (det vill säga någon eller några grader lägre temperatur än rummet), till exempel för att det alstras så mycket värme i lokalerna att de behöver kylas av tilluften.



Deplacerande ventilation fungerar bra vid värmebelastning.

I lokaler där det finns uppvärmningsbehov och där det bildas begränsat med luftföroreningar är deplacerande ventilation inte en självklar lösning. Värmebehovet innebär att rumsluften måste värmas, till exempel med radiatorer eller cirkulationsluftvärmare. Deplacerande ventilation bygger på att undertempererad tilluft tillförs i golvnivå vilket kan ge en oönskad nedkylning, varför man väljer omblandande ventilation istället. Från luftkvalitetssynpunkt är dock deplacerande ventilation att föredra. Då tillförs den friska tilluften direkt till vistelsezonen. I miljöer där effektiv processventilation inte kan anordnas, kan lokalen ventileras enbart med omblandande eller deplacerande ventilation. I dessa fall kräver omblandande ventilation högre luftflöden än deplacerande ventilation.

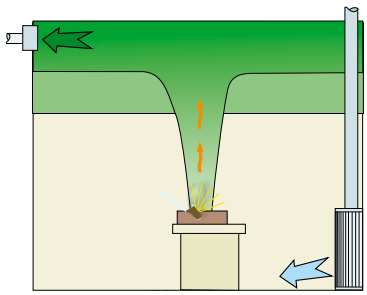
Ibland körs ventilationen omblandande innan personalen kommer för att värma upp lokalerna och deplacerande under dagtid då verksamhet sker.



Deplacerande ventilation är att föredra i lokaler med luftföroreningar. Man kan också behöva tillföra undertempererad tilluft vid speciella arbetsplatser.

Deplacerande ventilation – tänk på följande:

- Rätt utformad är deplacerande ventilation mycket bra i industrilokaler. Felaktig utformning kan ge riktigt dålig ventilation.
- Deplacerande ventilation behöver ofta kombineras med processventilation som fångar in föroreningar nära de största föroreningskällorna.
- Om man arbetar med näsan över någon föroreningskälla, ger deplacerande ventilation inte något skydd mot föroreningarna (föroreningarna stiger istället uppåt, förbi andningszonen – näsan).



- Tilluften ska tillföras med låg hastighet vid golvnivå. Tilluft behöver tillföras i olika delar av lokalen för att hela lokalen ska bli effektivt ventilerad.
- Luften måste vara några grader lägre för att flyta ut längs med golvytan. Den förorenade, varmare luften trängs då undan uppåt. Lokalen kan alltså inte värmas genom att tillföra övertempererad luft. (Varm luft som tillförs med låg hastighet stiger direkt upp mot taket istället för att ventilera lokalen.)
- Tilluftsdonen får inte placeras nära arbetsplatser, eftersom den undertempererade tilluften kan upplevas som dragig. Avståndet till närmaste arbetsplats bör vara minst lika stort som donets höjd.
- Tilluftsdonen bör inte blockeras eller placeras så att luften inte kan strömma fritt.
- Kraftiga luftströmmar, till exempel från öppna portar eller fönster, kan störa den deplacerande ventilationen och sprida föroreningar i lokalen.

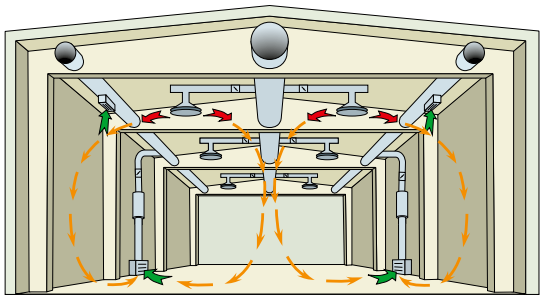
- Takhöjden får inte vara för låg. En takhöjd på över 4 meter är inga problem, men därunder bör man vara särskilt noga med dimensioneringen.
- Placeringen av tilluftsdonen ska vara noga genomtänkt, så att tilluften når ut till och ventilerar vistelsezoner innan den börjar stiga upp mot taket.
- Om verksamheten avger kyla och luftföroreningar, stiger inte den förorenade luften upp mot taket, utan stannar kvar i vistelsezonen. Kalla processer och luftföroreningar som inte avges tillsammans med värme är specialfall som måste lösas med särskilda utsug, till exempel processventilation eller utsug vid golvet.

Tillförsel av ren och tempererad luft – omblandande ventilation

Tilluftens uppgift är att ersätta den förorenade luft som förs bort och tillföra och sprida ut ren luft i lokalen. Hur tilluften utformas har också mycket stor betydelse för hur luftföroreningar sprids i lokalerna. Tilluft som skapar luftströmmar kan fånga upp luftföroreningar och virvla runt dem i lokalen. I industrilokaler krävs ofta stora tilluftsflöden för att ersätta frånluften i processutsugen jämfört med de frånluftsflöden som behövs för god komfortventilation. Tilluften tillförs oftast jämnt fördelat på olika ställen i arbetslokalen, alternativt vid arbetsplatser där det finns behov av att tillföra ren luft och där mycket frånluft tas ut.

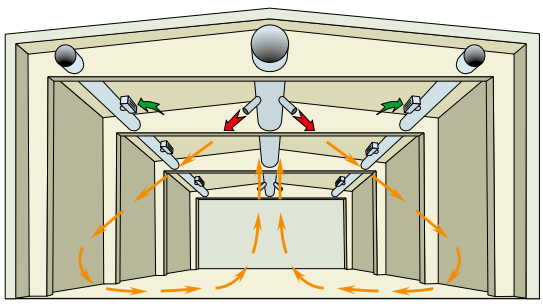
För att få tilluften från omblandande ventilation att fungera bra och också värma lokalen, ska den varma luften styras ner mot golvet. Det finns flera olika sätt:

- Den varma luften blåses ner med speciella tilluftsdon. Tilluftens hastighet, riktning och donens kastlängder måste beräknas så att tilluften verkligen når fram till vistelsezonerna. För att vara säker på att få ner den varma tilluften ordentligt, kan man ta ut en del av frånluften nere vid golvet. Man suger då undan den kallare rumsluften och drar på så sätt ner tilluften, se figur A.



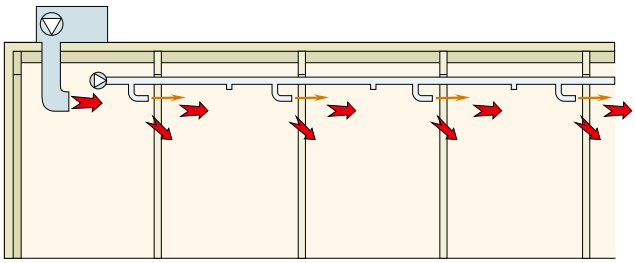
A. Varm luft kan vara svår att få ner till vistelsezonen. Ett sätt att ordna detta är att suga ut en del av frånluften vid golvet.

- I höga industrihallar används ibland en förenklad metod för inblåsning av värmd tilluft. Man kopplar helt enkelt flera kanalförgreningar direkt till huvudkanalen. Förgreningarna riktas så att tilluften blåses ner, se figur B. Tilluften blåses in med hög hastighet och kastlängderna styrs med spjäll i systemet. Systemet saknar don.



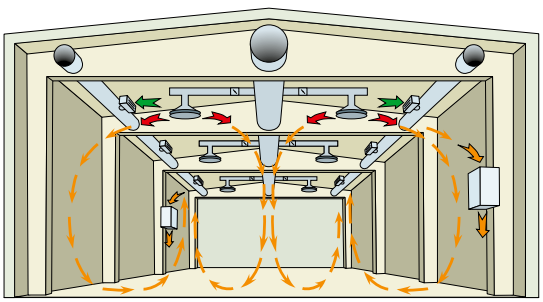
B. Vid så kallade hög-hall-system blåses värmd tilluft in med hög hastighet via riktade kanalförgreningar.

- Med styrstrålar, se figur C, kan värmd tilluft transporteras långa sträckor intill en vägg. Detta sätt används i stora, utbredda industrihallar. Metoden bygger på att värmd tilluft blåses in på ett eller flera ställen. Ett sekundärsystem med styrstrålar gör att den inblåsta luften dras med och kan transporteras tills en vägg tar emot. Man slipper därigenom en hel del kanaldragningar och don.



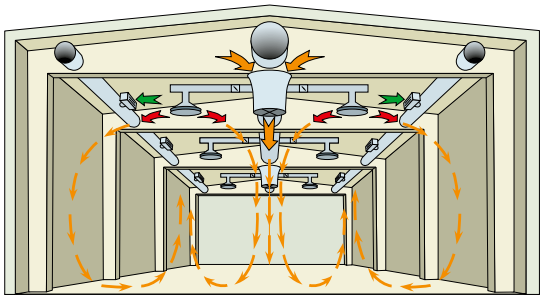
C. Med styrstrålar kan tilluften transporteras långa sträckor för att sedan styras ner intill vistelsezonen.

- Termostatstyrda luftvärmare kan placeras cirka 2 meter över golvet,se figur D. Luftvärmare tar luft från lokalen, värmer den och blåser ut den värmda luften. Den värmda luften är alltså cirkulationsluft. Luftvärmare bör placeras så att de inte skapar drag i vistelsezonen.



D. Med lägre övertemperatur är det lättare att få ner tilluften. Kompletterande värme kan ordnas med cirkulationsvärmare placerade cirka 2 meter över golvet.

- Cirkulationsfläktar är en annan metod för att styra ner tilluften och samtidigt åstadkomma en temperaturutjämning, se figur E. Den nedåtriktade luftströmmen förstärks med separata fläktar som monteras i taket. Fläktarna tar in den varmare rumsluften vid taket och blåser den neråt i lokalen. Det är alltså en form av cirkulationsluft som inte ger något tillskott av frisk luft. En nackdel med cirkulationsfläktar är att om luften är förorenad, blåses även föroreningar neråt i lokalen.



E. Ett annat sätt är att förstärka den neråtriktade luftströmmen med cirkulationsfläktar i taket.

I lokaler som värms med radiatorer (element) kan åtgärder behövas för att blanda om den varma uppåtstigande luften från elementen med rumsluften, så att värmen sprids i lokalerna.

Tilluft – tänk på följande:

- Se till att tilluften inte skapar luftströmmar som hjälper till att sprida ut luftföroreningar till andra arbetsplatser.
- Sprid tilluften jämnt i hela lokalen.
- Behöver frisk luft tillföras till bestämda områden?

Tilluft vid omblandande ventilation – tänk på följande:

- Luften ska tillföras vid taket och om den ska vara övertemperad (värme tillförs med tilluften) måste den tillföras med hög hastighet och styras (blåsas) neråt, annars finns det risk för att den värmda luften bara stiger mot taket och inte värmer och ventilerar vistelsezonerna.

Industriventilation – fyra principlösningar

Industriventilation kan indelas i några principiellt olika lösningar. En grov indelning kan vara

1. mindre industrilokaler med lite luftföroreningar och låg värmebelastning
2. större, öppna industrilokaler med lite luftföroreningar och låg värmebelastning
3. större, öppna industrilokaler med värmebelastning
4. större, öppna industrilokaler med luftföroreningar.

Mindre industrilokaler med lite luftföroreningar och låg värmebelastning

I lokaler med lite luftföroreningar och låg värmealstring kan ventilationen ibland ordnas som vanlig komfortventilation. Ventilationen kan vara omblandande eller deplacerande. Det är viktigt att placera till- och frånluftsdonen så att hela lokalen blir jämnt ventilerad. Läs mer i avsnittet om komfortventilation.

Större, öppna industrilokaler med lite luftföroreningar och låg värmebelastning

I lokaler med lite luftföroreningar och låg värmebelastning ordnas vanligen omblandande ventilation, men deplacerande förekommer också. Vid omblandande ventilation tillförs tilluften vanligen med don i tak. Donen placeras ut på takytan så att tilluft fördelas jämnt över hela lokalen. Frånluften tas vanligen vid taket med strategiskt utplacerade frånluftsdon.

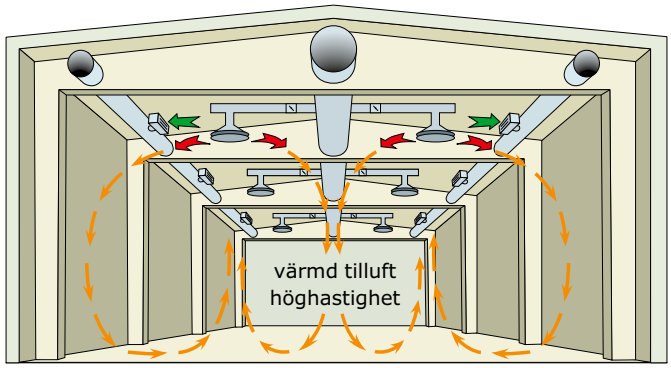
Större, öppna industrilokaler med värmebelastning

I större lokaler med lite luftföroreningar men med hög värmebelastning, kan ventilationen vara omblandande eller deplacerande.

Omblandande ventilation

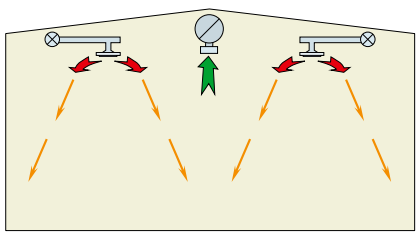
I princip kan omblandande ventilation ordnas på de sätt som beskrivits tidigare, det vill säga med

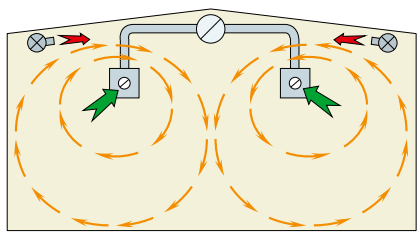
- takplacerade till- och frånluftsdon
- takplacerade tilluftsdon och frånluftsdon i golvnivå
- tornadometoden.

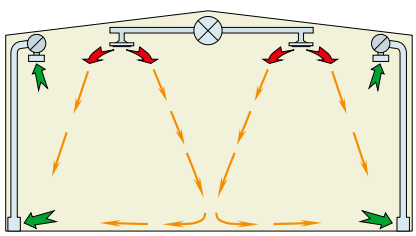


Vid omblandande ventilation blåses uppvärmd tilluft vanligen med hög hastighet för att nå ner till golvnivån. Undertempererad tilluft bör blåsas ut med låg hastighet, för att det inte ska upplevas som dragigt. Vid omblandande ventilation i industrilokaler fördelas vanligen till- och frånluftsdonen jämnt över takytan.

Vid hög värmebelastning ska tilluften normalt vara undertempererad. Det gör det lättare att styra luften till vistelsezonen än när luften är övertempererad. Också för denna typ av system är det viktigt att dimensionera flödena noggrant och placera till- och frånluftsdon på ett sådant sätt att hela lokalen och speciellt vistelsezonerna ventileras. Om tilluften är undertempererad, är det speciellt viktigt att utformningen görs så att tilluften inte skapar drag i vistelsezonerna.







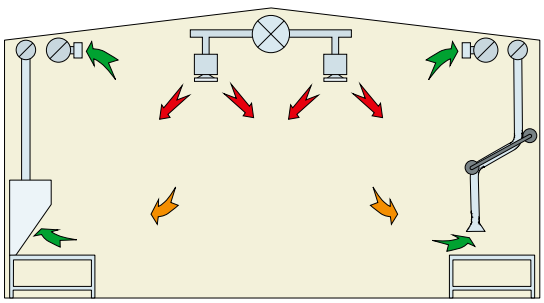
Olika typer av omblandande ventilation.

Deplacerande ventilation

Deplacerande ventilation fungerar bra i lokaler med värmebelastning. Den undertempererade tilluften tränger undan den varmare, använda rumsluften som stiger uppåt mot takplacerade frånluftsdon. På det sättet tillförs frisk och svalare luft till vistelsezonerna.

Större, öppna industrilokaler med luftföroreningar

När processen ger större mängder luftföroreningar krävs det ofta stora frånluftsflöden för att evakuera den förorenade luften. Den frånluft som sugs ut vid arbetsplatser eller processer måste ersättas med ny luft. Utformningen av ventilation är helt beroende av hur processen ser ut.



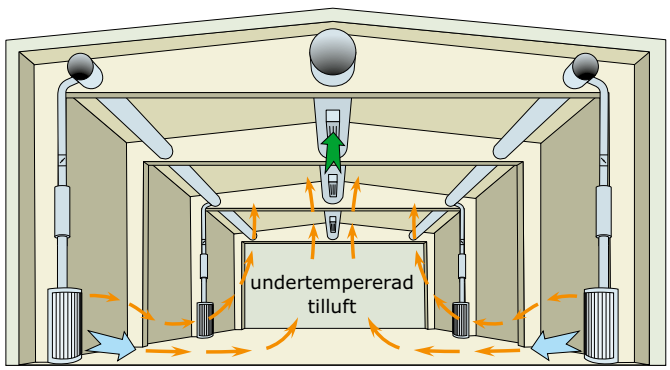
Dimensioneringen av ventilationen och luftrörelserna är mycket viktiga när processen ger större mängder luftföroreningar. Luften måste ha rätt riktning för att föroreningarna inte ska spridas ut i lokalen.

Tilluft kan tillföras omblandande, men deplacerande ventilation är oftast att föredra. Risken för spridning av luftföroreningar i lokalen är större vid omblandande än vid deplacerande ventilation. Allmänventilationen bör dimensioneras så att smutsiga miljöer får ett visst undertryck. När punktutsug och dylikt startas, ska frånluften minskas så att rätt undertryck erhålls. Undertrycket gör att renare luft från angränsande lokaler sugs in i den mest förorenade lokalen, istället för att förorenad luft läcker över till renare lokaler.

Vid omblandande ventilation där arbetsprocesserna ger mycket luftföroreningar, måste luftrörelserna dimensioneras noga. Den omblandande ventilationen får inte sprida ut föroreningar i lokalen. Tilluften bör tillföras så att den först passerar vistelsezonen innan

den passerar den förorenande processen för att sedan evakueras genom punktutsug, sugramper och dylikt. Denna typ av omblandande ventilation är mycket känslig för störningar och ställer stora krav på att tilluften kan styras till begränsade och bestämda delar av lokalen. Det innebär att lokalerna inte blir särskilt flexibla. Det är inte möjligt att ändra på verksamheter utan att även bygga om ventilationen.

Vanligen är det lämpligast med deplacerande ventilation i lokaler med mycket luftföroreningar. De deplacerande tilluftsdonen placeras på golvet på sådant sätt att luften passerar den som arbetar med processen och sedan ut i punktutsug, sugramper och dylikt. Här gäller det också att undvika alla de fallgropar som finns med deplacerande ventilation, se Deplacerande ventilation – tänk på följande.



Deplacerande ventilation kan vara den bästa lösningen vid höga halter av luftföroreningar. Den undertempererade tilluften tillförs med låg hastighet och tränger undan den varma och förorenade luften uppåt.

Processventilation

När det inte går att undvika att det bildas luftföroreningar är en väl utformad processventilation den åtgärd som kan skydda mot för hög exponering. Nedan presenteras grunden för väl utformad processventilation.

Det förutsätter att man har kunskap om följande:

- Hur förorenad luft rör sig.
- Vad som är speciellt viktigt att tänka på för att processventilationen ska bli effektiv.
- Olika typer av ventilationstekniska lösningar.
- Vilka fallgropar som finns med olika ventilationstekniska lösningar och hur dessa kan undvikas.

Utifrån detta går det att utforma ny, eller granska befintlig processventilation, till exempel för att kontrollera om den fungerar som det är tänkt eller undersöka varför den inte fungerar tillräckligt bra.

Minska behovet av processventilation

Processventilation är ofta en bra lösning men kan också vara en dyr investering och ett ineffektivt sätt att lösa problem med luftföroreningar. Processventilation är därför inte den åtgärd som ska väljas i första hand. Undersök först om behovet av processventilation kan minskas genom att farliga ämnen byts ut eller att arbetsmetoder eller utrustning förändras, se punkt 1. Denna typ av åtgärder är effektivast. Åtgärder för att eliminera risken (källan) innebär dessutom mindre investeringar i processventilation och lägre driftkostnader inklusive kostnader för uppvärmning av tilluft. Om det inte går att eliminera risken, krävs ofta processventilation i kombination med andra åtgärder, se punkt 2. Om inte detta räcker, väljs åtgärder enligt punkt 3 och i sista hand enligt punkt 4.

1. Åtgärder för att eliminera risken (källan).
   a. Minska uppkomsten av luftföroreningar genom att
      – byta till en annan kemisk produkt som avger mindre luftföroreningar eller som inte är lika farlig
      – förändra arbetsmetoden eller processen så att det bildas så lite föroreningar som möjligt.
   b. Välja annan utrustning som avger inga eller mindre luftföroreningar. Minska behovet av att ventilera bort värmemängder genom att
      – byta till en arbetsmetod eller process som inte avger lika mycket värme
      – kapsla in, alternativt isolera, varma processer bättre.
2. Skyddsåtgärder vidtas nära riskkällan så att luftföroreningar inte sprids till vistelsezonerna.
   a. Installera processventilation så att förorenad luft fångas in så nära föroreningskällan som möjligt.
   b. Utför arbete eller processer som kan sprida luftförorening i slutet (inkapslat) system eller utrymme, i särskild lokal, del av lokal eller på avskild plats.
   c. Se till att åtgärderna är effektiva, så att spridning av luftföroreningar till arbetsplatser där arbetstagare vistas är minimal.
3. Den som utför arbetet skyddas från luftföroreningar genom att arbeta i ett avskilt och rent utrymme.
   a. Arbetet utförs till exempel från manöverhytt eller manöverrum med särskild lufttillförsel.
   b. Luften som tillförs det avskilda utrymmet ska vara så ren som möjligt och skapa övertryck i utrymmet.

4. Starkt luftförorenande arbete förläggs till särskild tid, då endast personal som utför arbetet är närvarande.
   a. Arbetsplatsen måste ventileras väl efter det luftförorenande arbetet, så att luftföroreningar har ventilerats ut innan annat arbete påbörjas i lokalen.
   b. Personlig skyddsutrustning används av dem som utför arbetet och av dem som arbetar i närheten och kan utsättas för luftföroreningar.

Föroreningar och dess spridning

Hur rör sig förorenad luft?

Processventilation utformas för att fånga in så mycket som möjligt av föroreningar, till exempel gas, partiklar och värme, med så litet luftflöde som möjligt. För att utforma processventilationen på bästa möjliga sätt är det viktigt att i möjligaste mån utnyttja luftens egen rörelse. För att processventilationen ska fungera så effektivt som möjligt bör den även anpassas till föroreningarnas egenrörelse. Processventilation som motverkar luftens och föroreningars egenrörelse har sämre förutsättningar att fungera bra och kräver betydligt större luftflöden.

De viktigaste egenskaperna hos luft som styr utformningen av processventilation är följande:

- Halten luftföroreningar minskar med avståndet från källan och samtidigt ökar den luftvolym som innehåller förorenad luft. För att föra bort förorenad eller varm luft, måste större luftmängder ventileras ut, ju längre bort från källan som luftföroreningarna fångas in.
- Förorenad luft rör sig på samma sätt som ren luft. Det är vanligt att tro att förorenad luft eller luftföroreningar sjunker mot golvet. Det stämmer inte. Det förekommer också att utsug placeras vid golvet för att fånga in tunga luftföroreningar. Det fungerar normalt sett inte. De enda föroreningar som har en egenrörelse som skiljer sig från luftens, är partiklar som är så stora och tunga att de sedimenterar, det vill säga faller ner mot

golvet. I en del miljöer förekommer kalla eller koncentrerade gaser som bildas, används i eller läcker ut från processer. Om luften i lokalen ligger relativt stilla kan sådana gaser, till exempel gasol och koldioxid, sjunka mot golvet.

- Varm luft stiger uppåt. Luftföroreningarna följer med i den varma luftens rörelse. Det räcker med en temperaturskillnad på mindre än en grad för att det ska bli en märkbar uppåtstigande luftström. Om varm luft ska fångas in av ett utsug, ska utsuget placeras rakt över den varma föroreningskällan. Placeras det vid sidan, kommer luftströmmen att stiga upp mot taket, förbi utsuget.
- Kall luft sjunker nedåt. Till exempel kan kallras från ett oisolerat tak dra med sig varm förorenad luft ned till vistelsezonen.
- Luftstrålar drar med sig (medejekterar) mer luft och luftströmmens flöde ökar därför hela tiden, samtidigt som hastigheten och koncentrationen av föroreningar minskar.
- Luftströmmar skapas av ventilation och människors rörelser och den värme som människor och maskiner avger. Öppna dörrar och portar kan också ge upphov till luftströmmar, speciellt om det är temperaturskillnader mellan rummen eller ute/inne. Sådana luftströmmar kan transportera föroreningar eller värme. I bästa fall styr luftströmmarna luften mot befintliga utsug – i sämsta fall bort från eller förbi utsugen.
- Förorenade luftströmmar med hög hastighet kan kastas ut från maskiner och verktyg. Sådana luftströmmar alstras till exempel av slipmaskiner. Det bästa sättet att fånga in sådana luftströmmar är med utsug som placeras mycket nära källan och i den riktning som föroreningarna rör sig.

Hur rör sig varm och förorenad luft?

Temperaturskillnader har mycket större betydelse för luftrörelserna än luftens innehåll av luftföroreningar.

Några exempel:

- Luft som är 1 grad varmare än omgivande rumstempererad luft, är 0,3 % lättare än den omgivande luften. Det räcker för att luften ska stiga uppåt.
- Luft som innehåller hög halt, till exempel 400 mg/m³, luftföroreningar, är mindre än 0,03 % tyngre än den omgivande luften. Detta har marginell betydelse för hur luften rör sig.
- Torakala partiklar (partiklar som når ner till lungorna vid inandning) sedimenterar också, men deras fallhastighet är försumbar i jämförelse med luftens normala rörelser.
- Relativt stora dammpartiklar som har en diameter på 20 µm (0,02 mm), till exempel mjöldamm och sporer, faller runt 1 cm/sekund.

Processventilationens grundprincip: så nära källan som möjligt!

Den grundläggande principen för en så effektiv och billig processventilation som möjligt är följande:

- Ventilera bort föroreningar så nära källan som möjligt och innan de hunnit spädas ut.

För att grundprincipen ska kunna följas används en eller båda av följande metoder:

- Arrangera någon form av inkapsling, inneslutning, inbyggnad eller avskärmning för att hindra föroreningar från att spridas och spädas ut i lokalens luft.
- Placera punktutsug eller annan typ av frånluft så nära källan som möjligt och på ett sådant sätt att den fångar in föroreningarna. Ibland kan utsuget anslutas till en inkapsling eller inbyggnad. En annan möjlighet är att integrera utsug i till exempel

handhållna verktyg vilket innebär att utsuget alltid finns mycket nära föroreningskällan.

Ibland är det möjligt att istället ta hand om föroreningar genom att öka allmänventilationen. Men det kräver stora luftflöden och ökar ofta kostnaderna. Det beror på att installationerna blir större samt att driftkostnaden och kostnaden för uppvärmning och kylning ökar. Någon form av processventilation blir ofta billigare.

Processventilation måste skräddarsys och anpassas till hur maskiner placeras, vilken verksamhet som bedrivs, vilka luftföroreningar som bildas och vilken mängd luftföroreningar som alstras. Varje ventilationslösning är unik, men det finns allmänna principer. Här beskrivs först grundläggande principer för processventilation. Därefter diskuteras några olika typfall som kan tjäna som underlag för diskussioner på den egna arbetsplatsen. I anslutning till typfallen beskrivs också vad man ska tänka på för att ventilationen ska fungera som det var tänkt.

Faktorer som styr behovet och utformningen av processventilation

Hur processventilationen ska utformas bestäms från fall till fall.

Följande är några av de faktorer som styr behovet:

- Hur höga är halterna av luftföroreningar i arbetsmiljön i förhållande till det hygieniska gränsvärdet/gränsvärdena?
- Var vistas personalen? Rör de sig ständigt nära föroreningskällan eller vistas de bara tillfälligt där?
- Hur ser föroreningskällan ut? Det är till exempel enklare att ordna med bra processventilation om föroreningarna alstras från en väl avgränsad källa (punktkälla), jämfört med om föroreningarna sprids diffust från en stor yta.
- Är det möjligt att kapsla in eller avskärma föroreningskällan och var är det möjligt att placera utsug? Ju effektivare inkapsling som är möjlig och ju närmare källan utsug kan placeras, desto lägre luftflöden krävs samtidigt som processventilationen blir effektivare.

- Vilken egenrörelse har de föroreningar och den luft som ska ventileras bort? Det har stor betydelse för var ett utsug ska placeras för att ge bäst effekt.
- Är föroreningskällan stationär, till exempel en viss del av en maskin, eller är den rörlig, till exempel en dieseltruck som körs runt i en lokal?
- Hur påverkas allmänventilationen i lokalen av processventilationen? Om processventilationen suger ut stora luftmängder måste allmänventilationen kompensera för detta, för att undvika obalans.
- Hur ska drift och underhåll skötas? Finns utrymme så att det går lätt att komma åt ventilationsanläggningen? Många anläggningar fungerar sämre för att de underhålls och sköts dåligt.

Förekommer damm, ångor eller aerosoler som kan ge upphov till explosioner?

En del industriprocesser alstrar luftföroreningar som innebär explosionsrisk. Det gäller i synnerhet för kemisk industri och livsmedelsindustri, vid hantering av metallpulver och inom träbearbetningsindustri.

Ämnen som innebär risk för dammexplosioner är till exempel kol, socker, mjöl, spannmål, trä, kork, bomull, hartser, vissa plaster samt aluminium och magnesium. Även vissa ångor och aerosoler (vätskedimma), till exempel från organiska lösningsmedel som bensin, toluen, etanol och liknande, kan bilda explosiva blandningar med luft. För att minska risken för explosioner ska åtgärder vidtas, till exempel för att motverka uppkomst och spridning av damm som kan ge upphov till explosioner. Ventilation är en sådan åtgärd.

Maskiner och utrustning som sprider damm, ångor eller aerosoler som kan ge upphov till explosion ska ha någon form av utsug som kontinuerligt för bort de explosionsfarliga ämnena. Utsuget ska ha tillräcklig kapacitet och vara utfört i plåt eller obrännbart material. Kanaler för stoft som blir elektrostatiskt laddat ska vara jordade och utförda i ledande material alternativt ha ledare på insidan. Det

ska också vara möjligt att byta ut och reparera delar som förslits. Fläkt ska normalt placeras efter dammavskiljare, så att till exempel explosionsfarligt damm inte kan ansamlas i fläkten. Beroende på hur explosionsrisken klassas finns det krav på olika grader av explosionsskyddad utrustning. För att minska risken för statisk elektricitet och gnistbildning, ska upphängningsanordning för filter och dylikt vara jordad och statisk uppladdning av filtermaterial ska hindras.

Olika typer av processventilation

Nedan beskrivs olika typer av processventilation, till exempel integrerade utsug i verktyg, punktutsug, sugramper, dragbänkar, inkapslingar och huvar. Därefter behandlas tillförsel av ren luft. Dessa delar ingår ofta i de lösningar som utvecklas för arbetsplatser med behov av processventilation. Här beskrivs även olika typlösningar i form av sprutboxar, sprutskåp och inbyggda utrymmen som också kallas hus i huset.

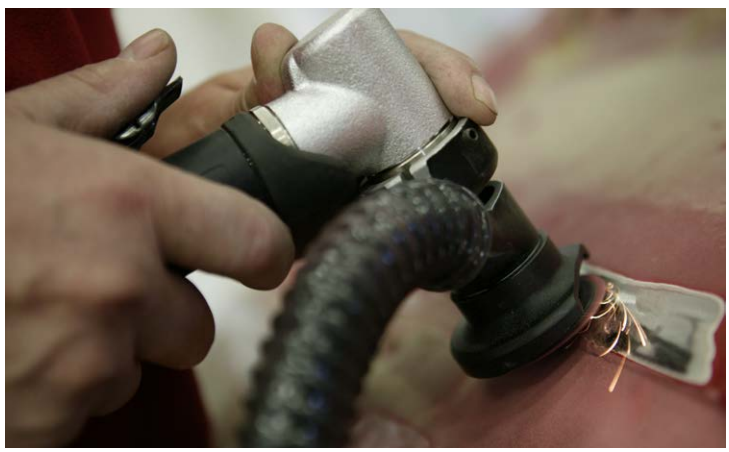
Verktyg med integrerat utsug

Utsug som är fast integrerade i maskiner och verktyg är ofta en mycket effektiv åtgärd. Luften sugs ut via ett munstycke som är placerat mycket nära (ofta bara några centimeter från) det ställe där luftföroreningar alstras, till exempel intill en slipskiva eller en svetspistol. Nära källan är ofta föroreningarnas egenhastighet mycket hög och utrymmet för det integrerade utsuget är litet. För att infångningen ska bli effektiv, sugs luften in i utsuget med hjälp av ett kraftigt undertryck. Munstycket kan ofta göras nätt, vilket har två fördelar. Dels tar det inte mycket plats och stör inte arbetet, vilket är en förutsättning för att det ska användas, dels räcker det med relativt låga luftflöden med hög hastighet för att fånga in de föroreningar som alstras.

Integrerade utsug är anslutna med slang till en hög- eller lågvakuumanläggning. Slangarna kan till exempel dras i taket och vara upphängda i fjädrar, för att vara lätta att flytta med sig till alla de ställen där verktyget med integrerat utsug ska användas. Om föroreningarna till stor del består av partiklar, behövs ofta ett högre luftflöde, högvakuum, för att effektivt fånga in luftföroreningar och

transportera bort dem, så att de inte bildar avlagringar i ventilationskanalerna. Med högvakuum avses en anläggning som skapar ett undertryck som är större än 20 kPa. En nackdel med högvakuum, är att den höga hastigheten och små utsugsöppningar alstrar buller. Ofta maskeras ljudet från utsuget av verktygets buller. Är undertrycket alltför högt, kan oljudet från utsuget bli mycket högt. En ventil bör finnas nära arbetsplatsen så att undertrycket kan regleras. När integrerade utsug används vid svetsning med skyddsgas måste undertrycket kunna finjusteras så att föroreningarna, men inte skyddsgasen, sugs bort.

Det förekommer också verktyg med integrerade utsug, som har ett inbyggt filter som renar luften innan den släpps ut. Avskiljningsgraden är ofta låg och främst det grova dammet avskiljs, medan fint damm sprids till lokalen. Dessa utsug kräver inte anslutning till hög- eller lågvakuum. De kräver dock mer underhåll och är inte alls lika effektiva som integrerade utsug anslutna till högvakuum. De rekommenderas därför normalt sett inte i arbetslivet, men kan användas i situationer där anslutning till hög- eller lågvacuum av något skäl inte är möjlig.



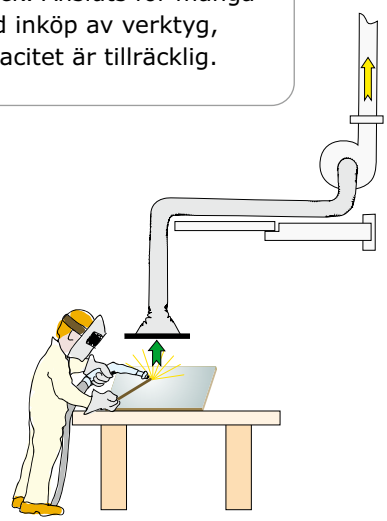
Slipmaskin med integrerat utsug. Verktygets utsug är dimensionerat för att fånga in små, hälsoskadliga partiklar. Större partiklar fångas inte in lika effektivt, vilket framgår av de glödande större partiklarna på bilden.

Större partiklar med hög hastighet fångas inte alltid in av utsuget (se bild), vilket kan leda till missuppfattningen att utsuget inte fungerar tillräckligt bra när man ser hur glödande partiklar inte fångas upp. I själva verket har de hälsoskadliga små partiklarna med mindre massa fångats in.

Integrerat utsug – tänk på följande:

- Vid inköp av handhållna och fast installerade maskiner som sprider luftföroreningar, fråga alltid efter maskiner med integrerade utsug. Det är inte alltid möjligt att komplettera med ett integrerat utsug i efterhand.
- Utsuget fungerar bra om det är rätt dimensionerat, det vill säga öppningen är placerad så att föroreningarna rör sig mot munstycket av sin egen rörelse och luftflödet är tillräckligt för att fånga in föroreningarna.
- Om maskinen eller verktyget sprider grova partiklar, är sådana partiklar svårare att fånga in än gasformiga luftföroreningar eller små (respirabla) partiklar som når ner i lungorna. I sådana fall krävs ofta större luftflöden, vilket i praktiken betyder att det behövs en högvakuumanläggning.
- Test med rök kan ofta användas för att kontrollera hur väl föroreningar fångas in av ett utsug som är integrerat i ett verktyg.
- Hög- och lågvakuumanläggningar är dimensionerade för ett förutbestämt flöde med ett visst undertryck. Ansluts för många maskiner blir utsugets effekt för dålig. Vid inköp av verktyg, kontrollera att vakuumanläggningens kapacitet är tillräcklig.

Svetsröksutsug är en effektiv åtgärd som ofta används. Problem med svetsröksutsug är att de precis som andra utsug har kort räckvidd. För att utsuget ska fungera bra måste svetsaren alltid placera utsuget rätt innan svetsningen påbörjas och emellanåt avbryta arbetet för att flytta utsuget om svetsfogen är lång.

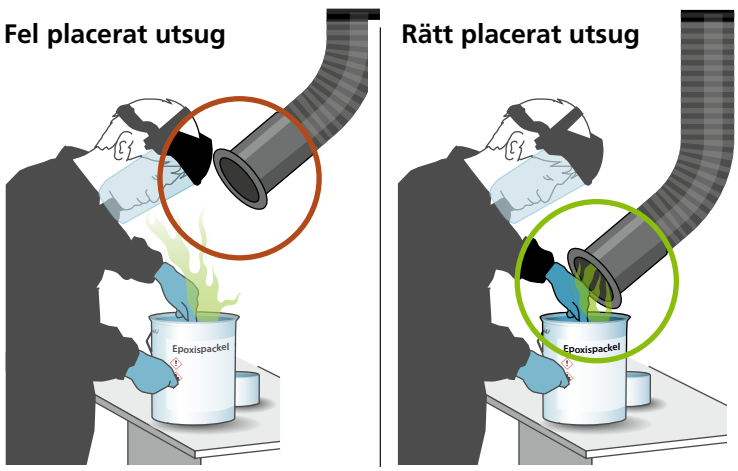


Prevent – Ventilation på arbetsplatsen

Punktutsug, rökätare och andra utsug

Om inte integrerade utsug kan användas, är punktutsug ett alternativ. Punktutsug ska placeras så nära källan som möjligt och i luftföroreningarnas rörelseriktning. Punktutsug som är placerat på större avstånd från föroreningskällan än utsugets öppningsdiameter, är normalt sett sämre på att fånga in föroreningar. Det beror på att lufthastigheten in mot utsuget sjunker snabbt även på ett litet avstånd. Lufthastigheten mot utsuget måste vara tillräcklig för att inte störas av andra luftrörelser och föroreningarnas egenrörelse.

För att förbättra effekten av punktutsug styrs luften ofta på olika sätt med avskärmning och inkapsling. Fasta punktutsug används då föroreningarna alstras på ett och samma ställe. Om det förorenande arbetet utförs på olika ställen, måste punktutsuget kunna flyttas med. Det finns flyttbara punktutsug på rörliga armar. En risk med flyttbara don är att punktutsuget placeras fel så att föroreningar inte fångas in av utsuget. I sådana fall är det betydligt bättre med utsug integrerade i verktyget.



Det är viktigt att utsuget placeras på ett sätt så att föroreningarna inte passerar andningszonen på vägen till utsuget. Om utsuget placeras nära källan passerar inte föroreningarna andningszonen.

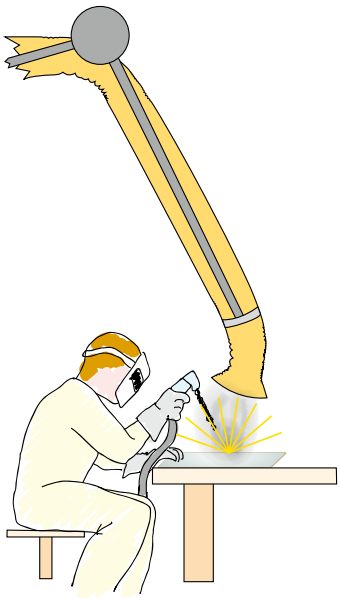
Om utsug på rörliga armar ska användas, välj utsugsarmar som är så enkla som möjligt att hantera. En del utsug på rörliga armar är mer svårrörliga än andra och sådana punktutsug används mindre. Det är också viktigt att utsugsarmen når alla lägen där utsugen behövs och att de verkligen stannar kvar i det läge som de flyttats till. För att inte utsätta dem som arbetar nära punktutsug för höga ljudnivåer ska punktutsug som bullrar mycket undvikas.

Utformningen av utsugets öppning beror på källans storlek. Om källan har en stor yta, krävs en stor öppning och höga luftflöden, så att de alstrade luftföroreningarna fångas in effektivt. Är källan liten och avgränsad (punktformig) krävs mindre öppning och lägre luftflöden. Punktutsug fungerar i regel bäst för punktformiga källor. Är föroreningskällans yta stor, behövs ofta avskärmningar för att styra luften mot utsuget och öka utsugets effektivitet.

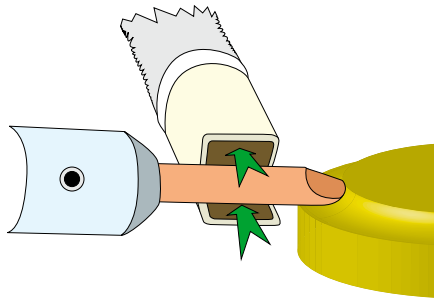
Om arbetet utförs med huvudet mellan föroreningskällan och punktutsuget, ger punktutsuget inget skydd mot luftföroreningar.

Svetsning

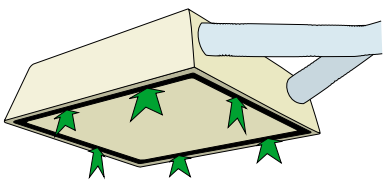
Vid användning av punktutsug vid svetsning kan det ibland behöva ställas större krav på inställning av svetsparametrar och eventuellt skyddsgasflöde. Erfarenheten från några arbetsplatser är att några svetsare inte lyckades få en godtagbar svetssöm medan andra inte hade några svårigheter att utföra samma svetsarbete. Utsug vid svetsning kan kräva mer svetsträning och justering av skyddsflöde och andra svetsparametrar. Samtidigt är det viktigt att utsug används eftersom enbart koncentrationen av små partiklar i svetsplymen ofta uppgår till flera gram/m³. För att förstå värdet kan nämnas att en förändring med 10 µg/m³ i uteluften uppåt eller nedåt ger tydliga avtryck i folkhälsan. 10 µg/m³ är 100 000 till 1 000 000 gånger lägre än halten i svetsplymen. Exponeringstiden för plymen blir inte särskilt lång innan hygieniska gränsvärden överskrids. Kan plymen inte fångas vid källan sprids den ut över lokalen och fler utsätts för svetsröken men i lägre halter. Ska allmänventilationen föra bort partiklarna blir det betydligt större luftvolymer som ska ersättas med frisk luft. Tilluften ska dessutom tempereras.



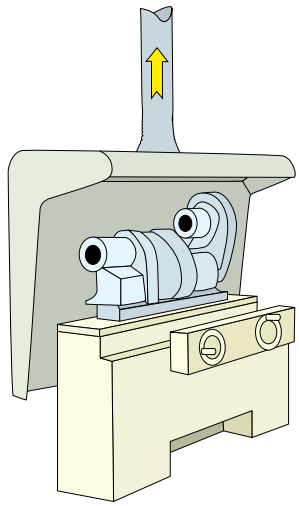
Utsug kan se ut på olika sätt. Här visas ett punktutsug som sitter på en rörlig arm.



Ett litet skräddarsytt utsug har utformats för att passa en fräsmaskin.



Om föroreningar avges över en stor yta, kan utsuget utformas som en huv. Genom att koncentrera utsuget till en spalt längs huvens ytterkant, förbättras effektiviteten. Observera att vid all transport av förorenad luft bör man så långt det är möjligt se till att ingen person andas in den förorenade luften.



Föroreningarnas art och hastighet avgör vilken typ av utsug som väljs. Huvar, kåpor och inkåpningar används ofta för att evakuera luftföroreningar från metallbearbetning och slipning. Avskärmning gör att infångningen av föroreningar störs mindre av luftrörelser.

För att utsuget ska fånga in föroreningarna effektivt måste utsugets infångningshastighet och flöde vara tillräckliga. Ju längre bort utsuget sitter från föroreningskällan, desto lägre blir infångningshastigheten. Sugförmågan avtar snabbt med ökande avstånd. I tabellen

visas vilka infångningshastigheter som behövs med avseende på föroreningens alstringssätt. Tabellen är delvis hämtad ur boken *Ventilation* av Lars Olander, Studentlitteratur. Där anges också infångningshastigheter för några ämnen.

Föroreningens alstringssätt	**Lägsta infångningshastighet**	**Exempel på process**
Avgivna utan märkbar rörelse	0,25–0,50 m/s	Förångning av gaser, utsugning vid tvättning, avfettning
Avgivna med låg hastighet	0,50–1,0 m/s	Sprutboxar, långsamma transportband
Aktiv generering	1,0–2,5 m/s	Utskakning i gjuterier, svetsning, snabba transportband
Avgivna med hög hastighet och stor kraft	2,5–20 m/s	Slipning, fräsning, polering

Ämne	**Infångningshastighet**
Ångor, oljedimma	0,5–1,5 m/s
Svetsrök	0,5–5 m/s
Polerstoft	9–12 m/s
Slipstoft	15–18 m/s
Gjutjärnsstoft	10–18 m/s
Träspån	20 m/s

För att fånga in föroreningar och styra in dem mot utsuget, krävs en viss hastighet hos luften som rör sig in mot utsuget (infångningshastighet). Ju tyngre partiklar och högre egen hastighet, desto högre måste infångningshastigheten vara.

Punktutsug – tänk på följande:

- Placera utsuget så nära källan som möjligt. Utsugets effektivitet avtar kraftigt med ökat avstånd från källan.
- Punktutsugets luftflöde måste vara tillräckligt stort, ofta i storleksordningen 200–300 l/s (700–1100 m³/h) för ett vanligt punktutsug (öppning på cirka 20 cm i diameter).
- Om arbetet utförs med huvudet mellan föroreningskällan och punktutsuget, ger punktutsuget inget skydd mot luftföroreningar (de passerar andningszonen – näsan – på väg till utsuget).
- Avskärmningar och inkapslingar förbättrar effekten av punktutsug. Punktutsug som ansluts till inkapslingar som bara har små öppningar/springor, fungerar ofta bra även om flödet är litet.
- Om föroreningarna har en egenrörelse, på grund av att de är varma eller för att de kastats ut från en process, är det i praktiken svårt att ändra föroreningarnas rörelseriktning med ett punktutsug. Bäst är att placera utsuget i rörelseriktningen, så att föroreningarna av egen kraft rör sig in i utsuget.
- Kontrollera hur väl utsuget fungerar med rök. Rök som släpps ut där föroreningarna bildas visar hur de rör sig och hur väl de fångas in av utsuget. Om utsuget inte fångar in den förorenade luft som rör sig mot utsuget, är flödet för lågt. Kan utsuget placeras närmare så att flödet räcker till? Kan flödet ökas?
- Om punktutsuget måste flyttas med under arbetet, är risken stor att det glöms bort. Är det acceptabelt, eller krävs en annan och bättre lösning? Är utsugsarmen enkel att flytta och stannar utsuget på plats?

Sugramp och dragbänk

En variant av punktutsug är sugramper. Sugramp kan ibland användas för att ventilera ut förorenad luft från ett avgränsat område. En sugramp är ett större punktutsug som tar in luften över en större sugyta. En sugramp kan bestå av en perforerad yta genom vilken luften sugs, alternativt flera mindre punktutsug som sitter tätt.

En perforerad yta där luften sugs in och som också fungerar som arbetsbord, kallas en dragbänk. Dragbänkar används endast för kalla arbeten, det vill säga då det inte alstras värme. Vid kalla arbe-

ten kan dragbänkar ge ett gott skydd mot både damm och ångor. Den högsta höjden över den perforerade ytan som ger gott skydd (säkerhetshöjd) bestäms av luftflödet. Ett riktvärde är att om luftflödet är 280 l/s, m² perforerad arbetsyta, går det att arbeta säkert upp till en höjd av 15–20 cm. Det är viktigt att den perforerade arbetsytan inte täcks till mer än 1/3 och att det finns en cirka 10 cm fri zon i dragbänkens framkant för att ventilationen ska fungera bra.

Om det släpps ut föroreningar över säkerhetshöjden, kan dragbänken kompletteras med avskärmningar i form av väggar på tre sidor och/eller en huv. Med avskärmning i kombination med en huv går det att få en högre säkerhetshöjd. Väggar och huv ger också ett bättre skydd mot yttre störningar.

Sugramp och dragbänk – tänk på följande:

- Sugrampens/dragbänkens luftflöde måste vara tillräckligt, så att föroreningar fångas in. En enkel kontroll av effektiviteten kan göras med rök, som släpps ut där föroreningarna alstras. Röken visar hur föroreningarna rör sig och hur väl de fångas in. Kontrollera speciellt om merparten av föroreningarna fångas in av sugrampen/dragbänken eller om en del bara passerar förbi.
- Om arbetet utförs med huvudet mellan föroreningskällan och sugrampen, ger sugrampen inget skydd mot luftföroreningar (de passerar istället andningszonen – näsan – på väg till utsuget).
- Avskärmningar, inkapslingar och huvar förbättrar effekten av sugramper och dragbänkar.
- Om föroreningarna har en egenrörelse, på grund av att de är varma eller för att de kastats ut från en process, är det svårt att ändra rörelseriktningen med sugramper och dragbänkar. Bäst är att placera sugrampen i rörelseriktningen, så att föroreningarna av egen kraft rör sig in i utsuget. Dragbänk bör inte användas vid varma eller heta arbeten, om det inte först har kontrollerats att den fungerar bra.
- Om sugrampen/dragbänken inte fångar in den förorenade luft som rör sig mot utsuget, är flödet för lågt. Kan de placeras närmare så att flödet räcker till? Kan flödet ökas?

Inkapsling

Inkapsling (inkåpning) innebär att större delen av maskinen, processen eller det som avger föroreningar, byggs in, till exempel den del av en maskin där föroreningar alstras eller sopkärl för avfall som avger luftföroreningar. Öppningar mellan föroreningskällan och omgivningen bör vara så små som möjligt. Normalt sett ansluts ett utsug eller frånluft till inkapslingen. Tilluften tas in via större eller mindre öppningar, till exempel för genomföring av el eller tryckluft. Ofta finns även öppningar för in- och utmatning av produkt som ska bearbetas. Innanför inkapslingen är det normalt ett svagt undertryck, vilket gör att förorenad luft inte läcker ut.

Ibland kan hastiga rörelser hos produkt eller verktyg orsaka ett lokalt högre tryck innanför inkapslingen, så att förorenad luft kommer ut trots undertryck. Detta kan ofta åtgärdas genom en skiva som avskärmar eller begränsar rörelserna inne i inkapslingen. Läckage kan också uppstå vid vissa processteg, till exempel renblåsning av produkten innan utmatning eller renblåsning av verktyget innan nästa produkt bearbetas. Frånluftsflödet måste vara tillräckligt för att även klara renblåsningen.

Skärande processer brukar utföras inkapslat under tillförsel av skärvätska som stänker omkring under bearbetningen. Vid dålig utformning av inkapslingen kan mycket skärvätska följa med ut med frånluften.

Under ett projekt om skärvätska sågs flera anläggningar där frånluftskanalerna efter några timmars produktion innehöll åtskilliga liter skärvätska, som vid rätt lutning rann tillbaka in i inkapslingen, men i andra fall hamnade på andra ställen. Ibland läckte kanalerna skärvätska i rörskarvarna och hamnade på verkstadsgolvet. Inkapslingen måste utformas så att skärvätskan (och ibland spån med mera från processen) inte hamnar i ventilationssystemet. En oljeavskiljare behövs normalt efter inkapsling där skärvätska används.

Ansamling av skärvätska i frånluftskanal. Ibland är det stora volymer skärvätska som följer med frånluften.

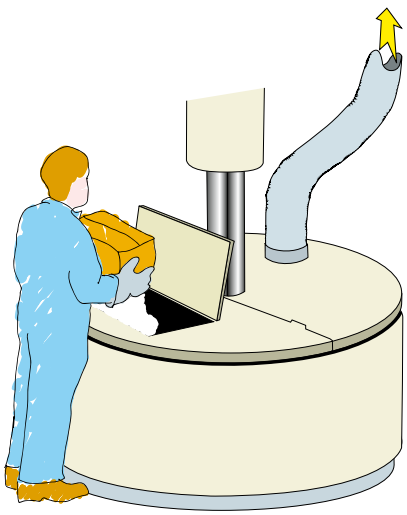
Exempel på avskiljning och dränering av skärvätska från frånluftskanalen.

Inkapsling – tänk på följande:

- Om det är öppningar i inkapslingen, är risken stor att luft läcker ut. Ju större öppning desto större flöde. Se därför till att öppningarna är så små som möjligt.
- Vilka luftrörelser alstras innanför inkapslingen?
- Om det alstras mycket värme eller kraftiga luftrörelser (till exempel från rörliga delar i maskinen) finns risk för läckage, även om det är undertryck i inkapslingen. Risken för läckage ökar ju större öppningarna är, men också ju större inkapslingen är. Om inkapslingen är stor, kan det i en del av inkapslingen bli andra förhållanden och till och med ett lokalt övertryck.
- Vilka luftrörelser finns utanför inkapslingen? Stora luftrörelser nära inkapslingen, till exempel från portar som öppnas, kan också ge upphov till läckage.
- Normalt sett ska ingen vistas innanför inkapslingen. Det förekommer dock arbeten inuti stora inkapslingar, så kallade hus i huset.
- Skärvätska och andra föroreningar ska inte följa med in i ventilationssystemet. Om det inte går att undvika ska ventilationskanalernas lutning leda skärvätskan tillbaka igen eller till en uppsamlingsplats. Om skärvätska droppar från läckande skarvar i ventilationen så blir det halt. Dessutom riskerar personalen att få skärvätska på hud och kläder.

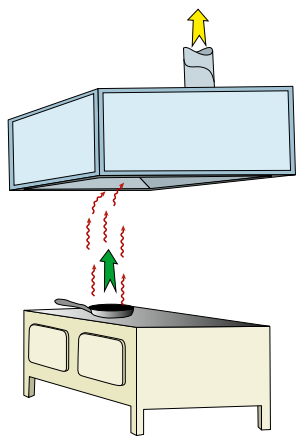
Huvar och kåpor

Huvar och kåpor kan vara ett effektivt sätt att fånga in uppåtstigande varma luftföroreningar och används inom industri, restauranger och storkök. Det är alltid en fördel om huvar och kåpor kan placeras så nära föroreningskällan som möjligt och så att de omsluter processen. Det finns två olika principer för att fånga in föroreningar. Det är volymhuvar och volymkåpor som fångar in varma luftföroreningar som stiger mot huven, så kallade mottagande huvar, samt huvar och kåpor som med infångningsstrålar och ejektorverkan fångar in



Vid satsning av kemikalier kan det damma mycket. Här har blandningskärlet försetts med lock. Kemikalier satsas genom en lucka i locket. Locket fungerar som en inkapsling. Punktutsuget skapar ett undertryck i blandaren, vilket minskar utläckaget av damm eller ångor och därmed också personalens exponering.

Är det satsade materialet lätt kan det fångas in av utsuget istället för att hamna i blandningskärlet och föras bort med utsugets frånluft. Genom att leda ned pulvret med till exempel en textilslang dammar det inte under fallet ner i blandningskärlet.

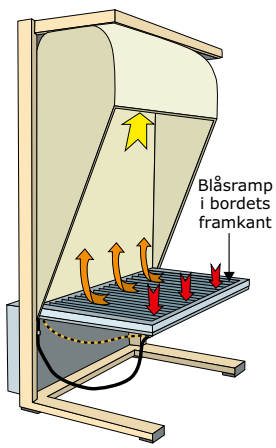


Till höger: När värme avges kan en mottagande huv användas för att förhindra att värmen sprids i lokalen.

luftföroreningarna. Infångningsstrålar med ejektorer kan hjälpa till att skapa en luftrörelse in mot huven eller kåpan.

Det går att utforma huvar och kåpor i olika storlekar, beroende på hur de värmealstrande processerna ser ut. I huven eller kåpan finns ett utsug, som evakuerar uppåtstigande varm luft. Utsuget måste dimensioneras rätt. Huven måste vara tillräckligt stor och täcka området där den varma, stigande luften finns. Dimensioneringen av frånluftsflödet är viktig. Om frånluftsflödet i huven inte räcker till för att ventilera bort all uppåtstigande varm luft, kommer en del av luften att läcka ut vid huvens underkant och fortsätta att stiga mot taket och sedan spridas vidare ut i lokalen.

Vid varmförzinkning doppas godset i smält zink. Zinken avger mycket värme men också ångor, som det krävs stora luftflöden för att ventilera bort. Här tillförs luft via ett lågimpulsdon över huvudet på operatören och frånluften förs bort på ett sätt som samverkar med de termiska luftrörelserna. Denna typ av ventilation kräver noggrann injustering. Om tilluften tillförs med för låg hastighet, kommer den att strömma direkt in mot utsuget och operatörens vistelsezon ventileras inte. Om lufthastigheten är för hög, blir det dragigt.



Till vänster: Genom att tillföra luft som ejektorstrålar riktade mot den bakre väggen, bildas en luftström som drar med sig föroreningar och styr dem mot utsuget.

Huvar och kåpor – tänk på följande:

- Frånluftsflödet måste dimensioneras rätt för att varm eller förorenad luft inte ska läcka ut ur huven.
- Huven måste vara tillräckligt stor och täcka området där varm uppåtstigande luft finns.
- Om arbetet utförs med huvudet mellan föroreningskällan och huven eller kåpan, ger de inget skydd mot luftföroreningar (de passerar istället andningszonen – näsan – på vägen till huven/kåpan).
- Luftströmmar från dörrar eller portar kan styra luften bort från huven. Huvens infångningsförmåga försämras och varm eller förorenad luft läcker ut från huven.
- Förorenad luft som inte avges tillsammans med värme kommer inte att stiga upp mot huven utan följer de luftrörelser som finns i rummet. Huven kan ändå fungera bra, om den är placerad mycket nära källan.
- Kontrollera med rök hur förorenad eller varm luft som ska fångas in av huven rör sig.

Tillförsel av ren luft

Tilluft som skapar renluftszoner

Intill förorenande verksamheter kan det behövas speciella tilluftsdon, som tillför ren luft med låg hastighet och på det sättet skapar en renluftszon eller en renluftsridå. På detta sätt styrs luftrörelserna och frisk luft tillförs till den som utför arbetet. Om tilluftsdonet placeras bakom ryggen på operatören finns det risk för att det bildas virvlar framför personen. Det är därför fördelaktigt att placera donet över huvudet på operatören. Ofta kombineras denna typ av tilluft med utsug bakom de föroreningsalstrande processerna.

Luftrenare

Det finns olika varianter av luftrenare. De flesta luftrenare avskiljer rök och damm, men det finns även luftrenare som kan rena luften från vissa gaser. Luftrenare kan placeras på valfri plats i rummet. De tar luften från området runt omkring luftrenaren, renar luften och

Till vänster: Luftrenare suger in förorenad luft, filtrerar den och återför den i princip partikelfri till lokalen. Syftet är att minska lokalens dammhalt när rivningsmassor ska skyfflas i hinkar för att bäras ut.

Till höger: Bild från saneringszonen vid asbestsanering. På golvet står en luftrenare för att skapa undertryck i saneringszonen. Luften tas in i rummet och förs ut med slangen genom ett hål i den med plastfolie tätade fönsteröppningen. Luftrenaren har ett effektivt hepafilter så att inga asbestfibrer sprids utanför saneringszonen.

återför den till lokalen, normalt sett i närheten av luftrenaren.

Ibland diskuteras luftrenare som en tänkbar lösning på problem med förorenad luft, det vill säga som en del av process- eller industriventilationen. Placeras luftrenaren i rummet tar den in luften, filtrerar och släpper ut den på annan sida av luftrenaren. Den nyligen renade luften kommer givetvis åter att sugas in tillsammans med förorenad rumsluft, så luften får ofta passera åtskilliga varv genom luftrenaren innan föroreningshalten sänkts tillräckligt.

I vissa sammanhang kan det vara befogat med luftrenare som processventilation. Dess betydelse som processventilation är dock mycket begränsad, men för arbetsuppgifter som bilden visar där rivningsmassor ska tas ut så är den givetvis bättre än ingenting. En risk kan vara att man tror att den renar mer än vad den gör så man underskattar föroreningshalten och inte vidtar tillräckligt med andra skyddsåtgärder, till exempel andningsskydd. Luftrenaren placerad i rummet fungerar nästan som en del av allmänventilationen. Till skillnad från allmänventilationen så sker inget luftutbyte med utomhusluften. På tillfälliga arbetsplatser eller vid nybyggnation där

allmänventilation saknas av olika orsaker, kan en luftrenare bidra till att åtminstone minska partikelhalterna. Observera att den återförda luften är återluft eller cirkulationsluft och om det finns luftföroreningar så återförs dessa normalt utan nämnbar reduktion. Här gäller reglerna om återluft eller cirkulationsluft i Arbetsmiljöverkets föreskrifter *Utformning av arbetsplatser* samt i föreskrifterna om gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön.

Mätningar som gjorts i bagerier visar att luftrenare i första hand har effekt på bakgrundshalten av föroreningar i en lokal. Eftersom bakgrundshalten normalt sett är relativt låg, har detta vanligtvis liten betydelse från hälsosynpunkt i industrimiljöer. Personalen kan dock uppleva att luften i lokalen har blivit bättre. Den högsta exponeringen och den exponering som kan vara hälsofarlig, förekommer vid arbete nära föroreningskällorna. Den exponeringen kan luftrenare endast påverka marginellt eftersom det normalt är svårt att placera luftrenare nära källan.

Ofta har luftrenare mycket effektiva filter (HEPA-filter) så luften som återförs från dessa är mycket ren från partiklar. Detta utnyttjas till exempel vid asbestsanering, ibland vid renovering av lägenheter där bostadsinnehavarna bor kvar under renoveringen eller sjukhus som vill fortsätta nyttja delar av lokaler under byggnadsrenoveringen. En luftrenare placeras då i saneringszonen eller det rum där dammande verksamhet ska ske. Luftrenarens frånluft leds ut från rummet. Minskas olika öppningar mot rummet med plastfolie så skapas ett undertryck i lokalen där luftrenaren står, som förhindrar

Ett flyttbart punktutsug anslutet till filter är en möjlig åtgärd på tillfälliga arbetsplatser, där effektivare åtgärder inte kan användas. Om luften från filtret förs tillbaka till arbetsplatsen, krävs kontroll av att luftreningen fungerar.

asbest och damm från att spridas till angränsande lokaler.

Luftrenaren kan fungera som ett punktutsug för främst damm om man sätter en grov slang mellan föroreningskällan och luftrenarens luftintag. Med HEPA-filter är luften normalt så ren från partiklar att den kan återföras till lokalen. Många luftrenare byggs små för att vara lätta att flytta. De kan ha begränsad filteryta och därmed snabbt sättas igen om de används som processutsug.

Exempel på processventilation vid några processer

Sprutskåp och sprutbox

Sprutskåp och sprutboxar används bland annat vid sprutmålning men kan också användas vid andra speciellt förorenande processer. Sprutskåp och sprutboxar bygger på att det i skåpets eller boxens bakre vägg och/eller bord finns kraftiga utsug, ofta i form av sugramper. Det förorenande arbetet utförs inuti skåpet, nära sugramperna, för att infångning av de föroreningar som bildas ska bli så bra som möjligt. I sprutboxar kan det också finnas en vätskeridå, som fångar upp sprutdimma. På det sättet blir den luft som evakueras via sugrampen mindre förorenad. Ofta placeras filter vid sugrampens öppning för att rena luften innan den transporteras ut via kanalerna. Det är viktigt med regelbundet byte av filtren, för att flödet genom filtret inte ska minska så mycket att sprutskåpets eller sprutboxens effektivitet försämras.

För att operatören ska arbeta i en så ren zon som möjligt, tillförs ren luft med låg hastighet via så kallade lågimpulsdon som placeras över huvudet på operatören. Tilluften hjälper till att styra luften in mot skåpet/boxen, vilket minskar utläckage av föroreningar. För att denna styrning av luften ska bli effektiv, bör utsugsramperna avskärmas med tak och väggar eller draperier.

Även om det i teorin ser ut som om luften strömmar från tilluftsdonet rakt in mot sugramperna, fungerar det sällan så i praktiken. Ofta bildas det små virvlar framför operatören, eftersom operatören rör sig och avger värme och därför ger upphov till en uppåtstigande luftström. Sådana virvlar kan fånga in förorenad luft från sprutboxen, som sedan transporteras upp mot operatörens andningszon.

Eftersom dessa virvlar kan förekomma, är det inte säkert att sprutskåp och sprutboxar ger ett tillförlitligt skydd mot luftföroreningar. Om det arbete som utförs alstrar mycket eller farliga luftföroreningar, kan det därför vara befogat att använda personlig skyddsutrustning. En viktig funktion med sprutskåp och sprutboxar är att förhindra att föroreningar sprids till andra delar av lokalen.

För att sprutskåp och sprutboxar ska fungera bra, är det viktigt att

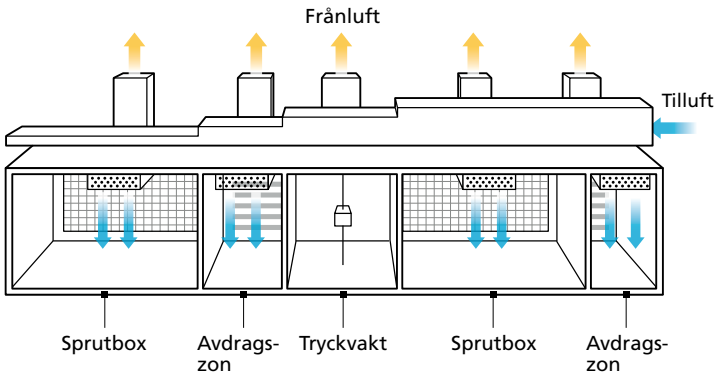
- tilluftsflödet är anpassat till frånluftsflödet
- tilluften tillförs med låg hastighet
- tilluften fördelas jämnt över hela tilluftsdonet
- ingen föroreningskälla finns mellan tilluftsdon och andningszon
- luftströmmen från tilluftsdon till utsugsramp inte störs, till exempel av drag eller andra luftströmmar eller av föremål som hindrar luftströmmen.

Ett sprutskåps och en sprutbox infångning av luftföroreningar kan förbättras betydligt med hjälp av luftstrålar. Det görs genom att via små dysor blåsa en viss mängd tilluft mot utsugsrampen. Luftströmmen drar med sig (medejekterar) rumsluft, som därigenom får bättre rörelse mot utsugsrampen. Användning av luftstrålar gör sprutskåpet eller sprutboxen mindre känsliga för störningar men kräver noggrann dimensionering.

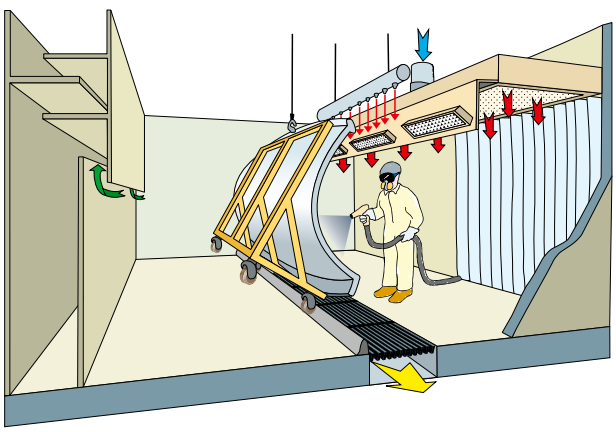
Det behövs stora frånluftsflöden för sugramper i sprutskåp, samtidigt som det bör vara balans i industrilokalens totala ventilation. Sprutskåp används sällan hela dagen. Det är därför viktigt med separat till- och frånluft, som kan behovsstyras. Sprutskåp behöver ha egen lufttillförsel som inte påverkar allmänventilationen. Arbete i sprutskåp och sprutboxar får bara ske när ventilationen är igång. Efter avslutat arbete ska ventilationen vara igång tills föroreningarna är utvädrade. Om andningsskydd ändå måste användas ska ventilationen dimensioneras med hänsyn till behovet av sikt, utvädringstid, brandfara och explosionsrisk.

Ventilationsinstallationerna ska rengöras, kontrolleras och underhållas så att funktionen inte försämras. I en lokal med sprut-

skåp eller sprutbox är det oftast frånluftsflödet i skåp och boxar med mera som styr tilluftsflödet till lokalen. Vid arbete med lösningsmedel i sprutskåp eller sprutbox, ska ventilationen också ge betryggande säkerhet mot brand och explosion.



Två sprutboxar intill varandra. Tilluft tillförs över huvudet på operatören och frånluft tas ut från boxens bakre vägg. Lackerade detaljer placeras i en avdragszon, där de får torka. Avdragszonen är välventilerad med tilluft som styr luften in mot utsuget i den bakre väggen, för att ångor från torkningen inte ska spridas ut i lokalen.



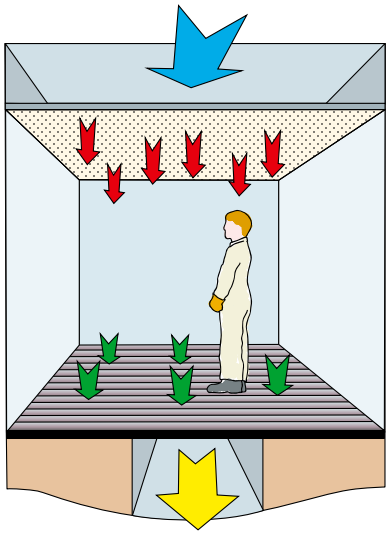
Exempel på sprutbox med sugramp och riktad tilluft. Avdragszonen är välventilerad med tilluft.

Sprutskåp och sprutboxar – tänk på följande:

- Tilluftsflödet ska vara anpassat till och lägre än frånluftsflödet. Då minskar risken att tilluften sprider föroreningar utanför boxen.
- Tilluften ska tillföras med låg hastighet och jämnt fördelat över tilluftsdonet, som ska placeras över operatörens huvud. Detta minskar risken för att tilluften skapar drag eller virvlar. Virvlar kan dra med sig föroreningar från skåpet/boxen och transportera dem mot operatörens andningszon.
- Man måste räkna med att det kan bildas virvlar framför operatören och att dessa kan transportera föroreningar till andningszonen.
- Det får inte finnas någon föroreningskälla mellan tilluftsdon och andningszon, eftersom detta förorenar andningsluften som ska vara så ren som möjligt.
- Luftströmmen från tilluftsdon till utsugsramp får inte störas, till exempel av drag eller andra luftströmmar, värmekällor eller föremål som hindrar luftströmmen.
- Om det förekommer ångor eller damm i sprutskåpet/sprutboxen som kan orsaka explosioner, måste utrustningen inklusive ventilationen vara explosionssäker.
- Kontrollera hur väl ventilationen i sprutskåpet fungerar med hjälp av rök. Fångas all rök som tillförs i tilluften in av skåpet/boxen?

Inbyggda utrymmen – hus i huset

En del verksamheter måste byggas in för att hindra föroreningar att spridas i lokalen. Det kan gälla till exempel måleriarbeten och blästring. Fördelen med inbyggnad är att luftföroreningarna inte sprids utanför det utrymme där de alstras. Ventilationen av utrymmet kan anpassas effektivt och lokalt, utan att det påverkar ventilationen i industrilokalen i övrigt. I ett sådant inbyggt utrymme behövs både separat frånluft och tilluft. Ibland kan tilluften till utrymmet tas som överluft från intilliggande lokal. I andra fall behövs separata tilluftskanaler. I inbyggda utrymmen används ibland sugramp för att fånga in förorenad luft. När verksamheten avger stora och tunga partiklar som sjunker mot golvet, är det oftast lämpligt att vända på luftrörel-



I ett hus i huset kan tilluften tillföras över hela taket. Om luftföroreningarna består av tunga partiklar, är det bra att ta ut frånluften vid golvet. Resultatet blir en vertikal luftströmning.

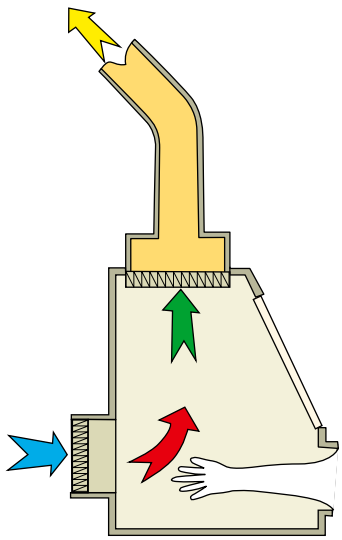
sen, det vill säga tilluften blåses in vid taket och frånluften sugs ut vid golvet.

Att bygga in föroreningskällan och ordna med ventilation innanför inbyggnaden så att förorenad luft inte läcker ut, är en teknik som ofta används vid till exempel sprutmålning i tunnlar, vid blästring och för maskiner för skärande bearbetning, till exempel automatsvarvar. Inbyggnaden ska ha så små öppningar till omgivningen som möjligt. I detta fall ansluts hela utrymmet innanför inbyggnaden till frånluft, så att det blir ett undertryck i inbyggnaden, vilket innebär att föroreningarna inte läcker ut. I bästa fall görs målning och blästring av en robot, och om inbyggnaden fungerar bra är miljön runtomkring ren. Ibland görs manuell blästring inuti sådana rum och då krävs omfattande personlig skyddsutrustning inklusive andningsskydd, för att den som blästrar inte ska skadas.

Ett specialfall av hus i huset är rena rum. Här ska luften vara särskilt ren, ofta uttryckt som maximalt antal partiklar av olika storlekar per luftvolym. Renheten uppnås med tilluftsfilter med hög avskiljningsgrad. För att undvika att föroreningar kommer in i renrummet råder övertryck.

Skyddsventilation

Där mycket farliga eller giftiga material hanteras är ofta den enda möjliga lösningen att helt kapsla in hanteringen. Det kan till exempel göras i form av dragskåp, till exempel handskbox eller säkerhetsbänk. Vid arbete i dem kan inte skadliga luftföroreningar spridas utanför det avgränsade utrymmet.



Exempel på handskbox, som är en typ av säkerhetsbänk, där luften tillförs i nedre delen av utrymmet och sugs ut i övre delen. Vid arbeten i handskbox sticks händerna in i handskar med lång krage som sitter monterade i den genomskinliga framsidan.

Hus i huset – tänk på följande:

- Den som arbetar i inbyggnaden, utsätts ofta för höga halter av luftföroreningar. Därför krävs ofta personlig skyddsutrustning.
- Om personlig skyddsutrustning används vid arbete i huset, är det viktigt att den inte tas av direkt när arbetet avslutats. Då är halterna fortfarande höga inuti huset. Ta av skyddsutrustningen utanför huset, eller efter en tid när luftföroreningarna hunnit ventileras ut (vilket ofta tar åtskilliga minuter).

Dragskåp

Dragskåp används framför allt på laboratorier, där små mängder av många olika kemikalier hanteras manuellt och där det finns behov av att arbeta på ett sådant sätt att all hantering görs på ett säkert sätt. Ett dragskåp är i princip ett skåp med fasta väggar och en öppning i form av en glaslucka som kan dras upp och ned efter behov. Dimensionerande för frånluftsflödet genom dragskåpen är att lufthastigheten in genom lucköppningen inte ska underskrida 0,5 m/sekund. Eftersom hastigheten minskar när lucköppningen ökar, är det viktigt att bestämma hur mycket dragskåpsluckan som mest behöver öppnas. Om lufthastigheten in genom luckan blir för hög kan det bildas virvlar, vilka ökar risken för utläckage av föroreningar. Lufthastigheten bör därför inte överskrida 1,0 m/sekund. Det är viktigt att lufthastigheten är jämn över hela öppningen, för att dragskåpet ska fungera bra. Om frånluften tas ut från dragskåpet på ett sådant sätt att lufthastigheten varierar över öppningen, finns risk för utläckage av förorenad luft. Också om det bildas virvlar framför den som arbetar vid dragskåpet, kan förorenad luft läcka ut på samma sätt som vid arbete med sprutskåp.

Att dragskåpsventilation fungerar väl är viktigt för att dragskåp ska skydda mot oönskad exponering. Därför ska det finnas något kontrollsystem som visar om frånluftsflödet blir för lågt. Om dragskåp används för arbete med sådana ämnen som kan förorsaka livsfara eller ge allvarlig skada, akut såväl som kronisk, ska kontrollsystemet larma om luftflödet blir för lågt. Dragskåpsventilation ska kontrolleras minst en gång per år och oftare om speciellt farliga kemikalier hanteras eller speciellt farligt arbete utförs i dragskåpen. Bland annat ska lufthastigheten mätas vid flera punkter i lucköppningen. Det är lämpligt att i samband med en sådan mätning markera vid vilken maximal öppning som dragskåpet fungerar på avsett sätt alternativt spärra luckan så att den inte kan öppnas mer. I en standard (SS-EN 14175-4:2004) beskrivs möjliga mätmetoder för kontroll av dragskåpsfunktion.

Dragskåp – tänk på följande:

- Lufthastigheten genom dragskåpets öppning ska vara mellan 0,5 och 1,0 m/sekund när luckan är i de positioner den brukar vara när arbete utförs.
- Om luckan öppnas mycket, finns risk att lufthastigheten underskrider 0,5 m/s och då ökar risken för utläckage av föroreningar.
- Luftflödet i lucköppningen får inte störas av drag, luftströmmar från dörrar, tilluftsdon eller från verksamhet i lokalen.
- Luftflödet i lucköppningen kan störas så att det blir utläckage av föroreningar
  - om lufthastigheten varierar över lucköppningen
  - om man arbetar eller rör sig med yviga rörelser framför lucköppningen
  - om lufthastigheten i lucköppningen blir så hög (över 1,0 m/s) att luftflödet blir turbulent.

Exempel på processventilation inom några verksamheter

I det följande beskrivs några exempel på process- och industriventilation vid vanliga industriella verksamheter som ger luftföroreningar. De ventilationsmetoder som beskrivs kan också ge idéer om processventilation i andra verksamheter. De exempel vi valt är följande:

- metallbearbetning
- svetsning och termisk skärning
- blästring
- sprutlackering och sprutmålning
- träbearbetning
- storkök.

Generellt för dessa miljöer gäller att de ska ha fläktstyrd ventilation som är utformad så att

- halterna av luftföroreningar blir låga i vistelsezonen
- spridning av luftföroreningar till arbetslokalen begränsas
- spridning av luftföroreningar till intilliggande lokaler hindras.

På internet går det att hitta ventilationstekniska lösningar för de flesta branscher. Observera att riskbedömningar bakom dessa lösningar och därmed dimensionering av åtgärder kan variera mellan olika länder. Det är inte helt ovanligt att ett svenskt gränsvärde är lägre än i flera andra länder och därmed är kanske de föreslagna åtgärderna inte alltid tillräckliga. Det finns givetvis även enstaka sidor med mindre bra lösningar. Välj därför i första hand förslag från arbetsmiljömyndigheter, större arbetsmiljöorganisationer och internationella branschorganisationer och andra internationella samarbeten.

Metallbearbetning

Vid skärande bearbetning av metaller uppstår luftföroreningar dels från materialet som bearbetas, dels från kyl- och smörjmedel som används. En kombination av några av följande ventilationslösningar brukar användas:

- Punktutsug som placeras mycket nära bearbetningen.
- Huv som placeras ovanför eller bakom maskinen.
- Kåpa som till större delen omsluter bearbetningen.
- Inkapsling (inkåpning) innebär att större delen av maskinen byggs in. Öppningar mellan föroreningskällan och omgivningen ska vara så små som möjligt.

Vanligen handlar det om att skräddarsy lösningar efter den aktuella maskinen och bearbetningen.

Svetsning och termisk skärning

Vid svetsning bildas det rök och gas som beror på svetsmetod, tillsatsmaterial, grundmaterial och eventuell ytbeläggning. För svetsarbeten och termisk skärning finns mer detaljerade regler som också berör ventilation. Bland annat föreskrivs att svets- och skärarbeten ska planeras och utföras så att exponeringen för svetsrök blir så låg som möjligt. Det effektivaste sättet att ventilera vid svetsning eller termisk skärning är att förse utrustningen med integrerat utsug. Då fångas den bildade röken upp nära källan och förhållandevis lite rök sprids till arbetsplatsen, om utsuget är väl utformat. Tyvärr finns

det inte integrerade svetsutsug till alla svetsmetoder. När integrerade utsug inte finns eller av något skäl inte kan användas, finns det andra alternativ.

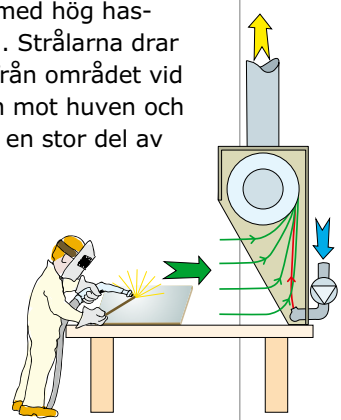
För att ventilera bort svetsrök, välj mellan följande:

- Flyttbara utsug typ punktutsug. Lämpligt frånluftsflöde är 200–300 l/s (700–1 100 m³/h). För att ventilationen vid svetsning ska fungera väl, krävs att den fångar in svetsröken över hela den yta där svetsning kan förekomma. Det är viktigt att utsugen flyttas vartefter svetsningen flyttas. Om detta inte görs, ger utsugen inget skydd.
- Fast bord med utsugshuv eller kåpa. Det finns ventilationslösningar med fasta utsug som fångar in de stigande luftföroreningarna. Det finns också utrustningar som fungerar med ejektorverkan.

Vid svetsning fungerar deplacerande ventilation bra för allmänventilationen. En del av frånluften tas ut via punktutsug. För att ta hand om värme och föroreningar som läckt förbi punktutsug, bör frånluft tas ut vid taket.

Ejektorverkan

I nedre bakre kanten av huven tillförs luftstrålar med hög hastighet. Luftstrålarna är riktade uppåt, mot fläkten. Strålarna drar med sig luft, så kallad ejektorverkan. Luften tas från området vid bordet, vilket skapar en luftström längs bordet, in mot huven och sedan upp mot utsuget. Utan luftstrålarna, skulle en stor del av luften tagits från området vid huvens övre kant, och ventilationen vid arbetsplatsen skulle blivit betydligt sämre. Eftersom luftstrålarna finns längs hela huvens bakre vägg, blir det en jämn strömning utmed hela bordet in mot huven. Eftersom huven har en betydligt större yta än de mindre flyttbara utsugen kan så stora flöden som 1 000 l/s behövas.



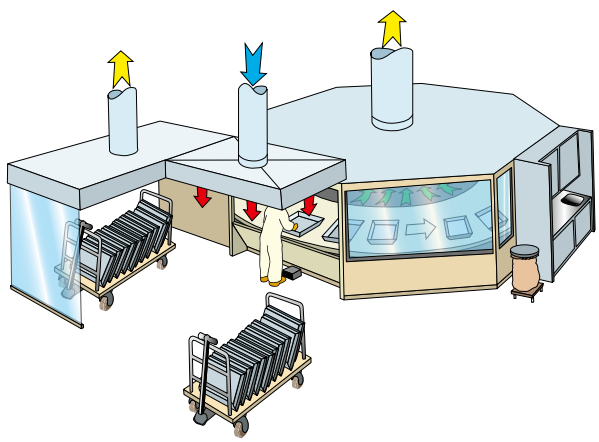
Blästring

Vid blästring används blästermedel som består av tunga partiklar. Vid manuell blästring måste operatören ha skyddsmask med tillförsel av frisk luft. Blästring görs i ett slutet utrymme med separat ventilation. Utrymmet ventileras så att luftströmmen samverkar med partiklarnas rörelse. Det innebär att luft lämpligen tillförs vid taket och sugs ut vid golvet.

Sprutlackering och sprutmålning

Sprutlackering och sprutmålning kräver rätt ventilation för att arbetsmiljön ska bli bra. Vid sprutmålning alstras vanligen stora mängder luftföroreningar i form av färgdimma och gaser. Vid manuell sprutlackering är ventilationsproblemen svåra att lösa. Operatörens andningsluft kan bli godtagbar med andningsskydd, men den förorenade luften får inte heller spridas till intilliggande utrymmen. Sprutlackering och sprutmålning ska normalt ske i sprutrum, sprutbox, sprutskåp eller annat särskilt anpassat utrymme. I sprutrum kan vertikal luftströmning användas. Luften blåses in vid taket och frånluften sugs ut vid golvet.

Om de lack och färger som används innehåller lösningsmedel, kommer ångor att avges vid torkningen. För att hindra att dessa ångor sprids till den som lackerar eller sprutmålar eller till angränsande lokaler, bör torkningen göras i ett särskilt torkrum med god ventilation. Tiden innan målade eller lackerade detaljer placeras i torkrummet bör vara så kort som möjligt.



Exempel på arbetsplats för sprutlackering i dragskåp utformad som en karusell.

Prevent – Ventilation på arbetsplatsen

Träbearbetning

Träbearbetning kan innefatta många olika verksamheter, men ofta handlar det om sågande, hyvlande, fräsande samt slipande maskinell bearbetning. Verksamheterna ger luftföroreningar i form av förhållandevis stora partiklar. Dessa partiklar, som spån och trädamm, kan med fördel fångas in direkt vid källan med punktutsug och med huvar kring maskinerna. I princip innebär det att utsug vid

- bandsågning placeras under bordet
- cirkelsågning ansluts till en spånhuv över och under bordet
- hyvling placeras ovanför eller på sidan om bearbetningen
- borrning placeras vid sidan av bearbetningen
- svarvning placeras bakom arbetsstycket
- slipning med bandslip placeras åt båda håll i bandets längdriktning
- limning placeras med punktutsug ovanför.

Vid träbearbetning och lackeringsarbeten kan det ibland vara fördelaktigt med ett hus i huset, det vill säga att bygga in verksamheten. Det innebär att arbetsprocessen avskärmas och förses med separat ventilation till det avskärmade utrymmet. Fördelen är att luftföroreningarna inte sprids utanför det utrymme där de alstras. Specialventilationen kan anpassas effektivt och lokalt, utan att det påverkar ventilationen i industrilokalen i övrigt.

Storkök

I storkök alstras det mycket värme, vattenånga, matos och andra ångor från spisar, ugnar och diskmaskiner. Effektiv ventilation krävs för att klimatet i storköket ska bli acceptabelt.

Huvudprincipen för ventilation i storkök är att uppåtstigande, förorenad, fuktig och varm luft fångas in med huvar och kåpor. För att ventilera så effektivt som möjligt, bör ventilationen kombineras med åtgärder vid källorna, det vill säga vid diskmaskiner och ugnar. För att dessa inte ska avge mycket värme bör de värmeisoleras. Diskmaskiner

kan också förses med separat ventilation, direkt ansluten till maskinens hölje. Luftflödet genom huvar och kåpor dimensioneras så att all uppåtstigande luft transporteras bort via huvar och kåpor. Om diskmaskiner och ugnar är väl isolerade och om diskmaskiner har utsug anslutet till höljet, kan luftflödet genom huvar och kåpor minskas, med bibehållet god ventilationseffektivitet.

Regler

I Arbetsmiljölagen anges att ”De arbetshygieniska förhållandena när det gäller luft … skall vara tillfredsställande”. Ventilation är en viktig förutsättning för att klara detta lagkrav men är inte den åtgärd som ska väljas i första hand. Viktigast är att arbetet planeras och ordnas så att luftföroreningar inte uppkommer på arbetsplatsen eller att halterna blir så låga som möjligt. Arbetsmiljöverket anger att åtgärder vid källan ska prioriteras. Processventilation krävs när åtgärder vid källan inte är möjliga eller inte ger tillräckligt bra effekt. Avsnittet om översikt av lagar och regler handlar om de regler som gäller för utformning av ventilation. Dessa regler gäller också för process- och industriventilation när inte ytterligare krav ställs på ventilationen.

Utformning av arbetsplatser

I föreskrifterna *Utformning av arbetsplatser* finns regler som är viktiga vid utformning av processventilation. Några sådana regler är följande:

- Luft från lokaler med luftföroreningar får inte via återluft eller överluft föras till andra lokaler där luftföroreningarna normalt inte alstras.
- Ventilationen ska ordnas så att spridning av luftföroreningar till andra arbetsplatser begränsas. Spridning av föroreningar från en lokal till angränsande lokaler som överluft kan begränsas genom undertryck.
- Om processventilation är viktig för att det inte ska uppkomma farliga halter av luftföroreningar, ska det finnas någon form av kontrollsystem som visar ventilationens funktion. Där det finns risk för livsfara eller allvarlig skada om processventilation inte fungerar, ska kontrollsystemet kopplas till larm.

Frånluft från fast installerat utsug som innehåller ämnen som är upptagna i grupp A eller B i bilaga 1 till Arbetsmiljöverkets föreskrifter om kemiska riskkällor, biologiska agens i riskklass 3 eller 4 enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om mikrobiologiska arbetsmiljörisker (smitta, toxinpåverkan, överkänslighet eller svetsrök) får inte återföras via återluft eller cirkulationsluft. För en del processutrustning finns särskilda krav. Dessa tas upp i samband med respektive utrustning.

Kemiska riskkällor

I föreskrifterna om kemiska riskkällor finns regler för verksamheter där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan förekomma. I sådana miljöer behövs normalt sett processventilation. Halten luftföroreningar i inandningsluften ska vara godtagbar med hänsyn till gällande hygieniska gränsvärden. Föreskrifterna anger också att halten luftföroreningar i andningszonen ska vara så låga som det är praktiskt möjligt. Det innebär att även om halten föroreningar ligger under gränsvärdet, men kan minskas med ekonomiskt rimliga åtgärder, ska dessa åtgärder vidtas. I föreskrifterna ställs krav på att det ska finnas dokumentation, information om eventuella ventilationstekniska åtgärder till exempel punktutsug.

Föreskrifterna innehåller inga detaljerade tekniska krav på hur ventilationen ska utformas. I leverantörens säkerhetsdatablad ska riskerna vid hantering och vilka åtgärder som krävs för säker hantering framgå. Byte och omhändertagande av frånluftfilter kan behöva särskilda instruktioner och filtret märkas om det kan innehålla hälsofarliga ämnen. Även kanaler som innehåller hälsofarliga ämnen ska märkas.

Hygieniska gränsvärden

Gränsvärden finns för flera hundra olika ämnen. Hygieniska gränsvärden anger högsta godtagbara genomsnittshalt (tidsvägt medelvärde) av luftföroreningar i inandningsluften. För de luftföroreningar som har ett gränsvärde finns en gränsvärdeslista i Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön. Ett hygieniskt gränsvärde kan vara

- nivågränsvärde, medelvärdet av exponeringen under en arbetsdag (8 timmar)
- korttidsgränsvärde, medelvärdet för exponering under en kort tidsperiod (5-15 minuter).

Halten luftföroreningar ska kontrolleras genom bedömning av exponeringen och vid behov genom mätning. Om ett gränsvärde överskrids, ska åtgärder vidtas. Om exponering för flera ämnen med likartade effekter förekommer samtidigt, ska exponeringen för dessa ämnen vägas samman.

Maskiner

Enligt föreskrifterna krävs att maskiner ska vara konstruerade, tillverkade och/eller utrustade på sådant sätt att risker orsakade av gaser, damm och ånga från maskiner kan undvikas.

Speciella verksamheter

Det finns föreskrifter som rör speciella verksamheter och som innehåller detaljer eller råd som rör utformning av ventilation. Exempel på sådana föreskrifter är

- anestesigaser
- kylda livsmedelslokaler
- reparation och service av fordon och fordonsmotorer
- kvartshaltigt damm
- asbest
- berg- och gruvarbete
- blybatterier.

Erfarenheter av industriventilation

Förebygg problem med bra tillsyn och underhåll

Även om service och tillsyn av process- och industriventilationen utförs av något serviceföretag, är det bra om någon inom det egna företaget vet hur den ska fungera och kan kontrollera att den fungerar som avsett. Dessutom behövs regelbundna byten eller tömning av behållare med avskilt stoft, byten av frånluftsfilter och rengöring av kanaler. Ibland finns det indikeringar för när det är dags för service och skötsel.

Viktigt att känna till är att det finns

- automatik som styr ventilationen och hur den automatiken fungerar
- tryckmätare i kanaler som ska läsas av och vilka värden de bör visa (så kallade börvärden).

Man bör också känna till vad som händer tryckmässigt i rummen när till exempel processventilationen startas. Tryckskillnader driver luftflöden och kan också driva varm, kall eller förorenad luft till oönskade ställen. Frånluften från processventilation kan innehålla betydligt fler partiklar än frånluft från komfortventilation. Partiklar kan avsättas i frånluftskanalerna, på ställen där luftflödet snabbt ändrar riktning eller hastighet, till exempel i tvära krökar. Om mycket partiklar avsätts, minskar flödet i kanalerna. Dessutom finns risk för brand, om partiklarna är brännbara och om glödande partiklar, till exempel från svetsning, förekommer i frånluften.

Omblandande och deplacerande ventilation

Dessa två ventilationsprinciper fungerar inte alltid som avsett. Läs mer om vad som är viktigt för att de ska fungera bra i avsnittet om vanliga problem och åtgärder och använd också den översikt som finns i slutet av boken.

För låg temperatur

För låg rumstemperatur är ganska vanligt i stora öppna industrilokaler. Vid omblandande ventilation kan det bero på att den

värmda tilluften inte kan tillföras tillräckligt bra i lokalen.

Om förvärmd luft tillförs med för låg hastighet, når den inte vistelsezonen och omblandningen med lokalluften blir dålig. Det beror på att den värmda luften är lättare än den kalla rumsluften och därför stiger mot taket.

För låg temperatur kan också bero på att tilluften är underdimensionerad och inte räcker till för att kompensera för den frånluft som ventileras ut. I dessa fall tas luften in i arbetslokalen via springor och öppningar. Den inströmmande luften har utetemperatur och upplevs speciellt vintertid som kalldrag och kan också skapa ett kallt klimat i lokalen.

För hög temperatur

Det är också vanligt med för hög temperatur, speciellt på sommaren. Det kan vara ett tecken på att kylfunktionen behöver ses över. Att låta fläktar gå nattetid så att nattluften kyler byggnadens stomme är ett enkelt sätt att kyla lokalen om ventilationssystemet inte innehåller någon kylfunktion. I lokaler med hög värmebelastning, till exempel från värmealstrande maskiner eller processer, krävs en noggrann dimensionering av till- och frånluft och väl genomtänkt placering av till- och frånluftsdon för att skapa ett bra klimat. Dessutom behövs processventilation som fångar in varm luft innan den hinner spridas ut i lokalen.

Föroreningar sprids mellan utrymmen

Fel tryckbalans mellan olika delar i lokalen eller olika utrymmen kan vålla problem. Luftföroreningar kan då följa med luftrörelserna från ett utrymme till ett annat. För att undersöka tryckbalansen kan mätning göras av tryckskillnader mellan olika rum. Ett enklare sätt att studera hur luften rör sig är att använda rökpuffar. Om lukt sprider sig från verksamheter i intilliggande utrymmen är det ett tecken på fel tryckbalans. Vid kraftiga vindar utomhus kan luftens rörelse mellan lokalerna inomhus påverkas, särskilt om fasaderna och öppningarna mellan olika lokaler är stora.

Felsökning – processventilation

Om inte processventilationen fungerar som den ska måste en undersökning göras. Ett enkelt sätt att undersöka hur luften rör sig, är att använda rök. Röken rör sig på samma sätt som luften och ungefär på samma sätt som de föroreningar som bildas. Med rök är det lätt att se till exempel hur punktutsug fungerar, hur väl föroreningar fångas in, om det förekommer läckage från en inkapsling och vilka luftströmmar som finns i lokalen. Röktester ger en översiktlig bild av hur ventilationen fungerar, men kan behöva kompletteras med utförligare mätningar. Den som har tillgång till mätutrustning, kan mäta upp luftflöden och kontrollera tryckskillnader. Avlästa tryckskillnader jämförs sedan med börvärden. Med instrument för mätning av luftföroreningar görs läcksökning för att noggrannare kontrollera funktionen hos ventilationen.

Upphandling

Rekommenderade funktionskrav

Vid upphandling av ventilation, kan man välja mellan att ställa krav på luftflöden och utformning av ventilationen (teknisk kravspecifikation) eller på ventilationens funktion.

Innan ni ställer funktionskrav, fundera över vad som är viktigt:

- Hur kommer er verksamhet att utvecklas under det kommande decenniet? Kommer ni att flytta på förorenande eller värmealstrande processer? Kommer verksamheten att förändras, till exempel genom att produktionen ökar? Detta har stor betydelse för hur flexibel industriventilationen behöver vara. Dimensionera ventilationen så att luftflödena kan ökas, det vill säga att det finns reservkapacitet.
- Hur höga temperaturer kan accepteras och hur ofta får höga temperaturer förekomma (till exempel max 10 arbetsdagar per år)? De krav ni ställer kan innebära att kylanordningar behöver installeras och medför extrakostnader. Höga temperaturer minskar produktiviteten – det kan löna sig att se till att klimatet är bra.

- Temperaturen är viktig för trivseln, komforten och för produktiviteten. Om finmotoriskt arbete (precisionsarbete) förekommer, ska temperaturen vara 20–24 grader, vilket är lämpligt för sådant arbete. Vid lägre temperaturer tappar man i precision och kan inte jobba lika bra och effektivt. Vid tungt och ansträngande arbete kan temperaturen vara lägre.

Process- och industriventilation installeras för att säkerställa god luftkvalitet. Därför är det motiverat att ställa krav på en luftkvalitet som ventilationen ska uppfylla. Att formulera dessa krav är dock inte enkelt. Dessutom räcker det inte att ställa krav. Man måste också kunna kontrollera att kraven uppfylls genom mätningar. Att enbart ställa krav på att inte överskrida det hygieniska gränsvärdet är inte tillräckligt. Det hygieniska gränsvärdet anger nivån för en möjlig godtagbar luftkvalitet, det vill säga det är inte målet vid dimensionering av ventilationstekniska åtgärder. Helst ska marginalen till gränsvärdet vara så god att man inte riskerar att komma över gränsvärdet vid störningar i verksamheten. I en del miljöer som är relativt rena utom vid en viss process, kan halter runt gränsvärdet uppfattas som mycket störande och som dålig luftkvalitet. När ni ska ställa krav på luftkvalitet i samband med upphandling av ventilation, rådgör med till exempel yrkeshygieniker eller arbetsmiljöingenjörer inom företagshälsovården.

Funktionskrav för industriventilation

I tabellen på nästa sida finns exempel på funktionskrav som kan ställas på allmänventilation och processventilation i industrilokaler. Kraven behöver anpassas efter verksamheten och de önskemål och behov som finns.

Lufttemperaturer	Fysiskt arbete, verkstad Vinter: 17–20 °C Sommar: max 27 °C Mindre ansträngande arbete Vinter: 20–24 °C Sommar: 22–26 °C. Överskridande av temperaturer högst 10 dygn/år
Golvets yttemperatur	Minst 16 °C
Lufthastighet	Högst 0,20 m/s under uppvärmnings-säsong, annars högst 0,25 m/s
Ventilationseffektivitet	Ventilationsindex över 100 %
Luftutbyteseffektivitet	Deplacerande ventilation minst 50 % Omblandande ventilation minst 40 %
Buller	I lokaler med mycket annat buller ska ventilationssystemet ge max 60 dB(A). I lokaler för samtal och telefonsamtal ska ventilationssystemet ge max 40 dB(A). Ljudnivåerna för dB(C) (lågfrekvent ljud) bör inte överstiga dB(A)-nivåerna med mer än 15 dB.
Underhåll och service	Det finns krav på att kanaler för tilluft ska hållas rena. Tilluftskanalerna ska vara försedda med rensluckor. Det ska finnas utrymme runt fläktar och kanaler, så att det är lätt att komma åt i samband med underhåll och service.

Funktionskrav för processventilation

I tabellen på nästa sida ges några exempel på funktionskrav som kan ställas på processventilation. Processventilation ska utformas, metod väljas och lufthastigheter i kanalerna dimensioneras med avseende på halten luftföroreningar.

Ljudnivå	Ljud från processventilationen max 50 dB(A) i produktionslokaler. Ljudnivån i sughuv eller munstycke får inte överstiga 75 dB(A) i operatörens vistelsezon.
Effektivitet	Hur stor del av föroreningarna ska utsugen fånga in? Effektivitet kan mätas och kan till exempel vara minst 90 %. Mätning görs med spårgas och kan göras även innan lokaler tas i bruk.
Frånluftskanaler	Anslutningar, övergångar och förgreningar bör göras mjuka och strömlinjeformade så att partiklar inte fastnar och avsätts i kanalsystemet. (Normal komfortventilation har ofta vinkelräta anslutningar.)

Upphandling av maskiner

Vid köp av maskiner eller utrustning som avger luftföroreningar när de används, är det viktigt att kontrollera om de är förberedda för att ansluta till processventilation och har rätt dimensioner. Ofta finns sådan utrustning som tillbehör. Om man missar att köpa tillbehör till maskiner eller missar att köpa maskiner som är förberedda för att anslutas till processventilation, till exempel handhållna maskiner med integrerade utsug, kan det vara svårt och innebära extra kostnader att åtgärda i efterhand. Några exempel:

- Vid inköp av snickerimaskiner, se till att det finns kåpor och färdiga anslutningar för integrerade utsug intill eller runt verktyget.
- Vid inköp av MIG-svets, se till att den levereras med integrerat utsug eller att utsug kan monteras på.
- Vid inköp av blandare för kemikalier eller tråg, till exempel degblandare till bageri, se till att blandaren/tråget är försett med lock och förberett för anslutning till processventilation.

Översikt

– vad klagomål på ventelation kan bero på och möjliga orsaker

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
Det känns som om det är dåligt med syre.	Luften är för varm. Kontrollera temperaturen. Bör vara under 24 °C under uppvärmningssäsongen. (Syrebrist är knappast ett problem på vanliga arbetsplatser, men kan förekomma i små slutna utrymmen som tankar och cisterner.)	Sänk temperaturen i lokalerna.
	Ventilationen är underdimensionerad och luftflödena räcker inte till för den verksamhet som finns och de personer som vistas i lokalen.	Låt en ventilationskonsult eller företagshälsovården mäta upp ventilationen.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
Luften känns dålig – alla typer av ventilation.	Fungerar ventilationen? Kontrollera att det kommer in luft genom tilluftsventiler, till exempel med handen, en tunn pappersremsa eller med ett hårstrå. Kontrollera att det går ut luft genom frånluftsventiler, sätt ett papper eller en näsduk för ventilen, de ska sugas fast där. Är luftflödena inte märkbara, kan till exempel fläkten ha stannat.	Låt en ventilationskonsult åtgärda de brister ni upptäckt eller se över ventilationen.
	Luften är för varm. Kontrollera temperaturen. Bör vara under 24 °C under uppvärmningssäsongen.	Sänk temperaturen i lokalerna.
	Luftföroreningar	Vidta åtgärder så att det inte bildas eller sprids luftföroreningar.
	Ventilationen är underdimensionerad och luftflödena räcker inte till för den verksamhet som finns och de personer som vistas i lokalen.	Låt en ventilationskonsult eller företagshälsovården mäta upp ventilationen och luftens fukthalt inne och ute.
	Ventilationen har inte underhållits. Då försämras funktionen och luftflödena minskar.	Undersök hur underhållet sköts och om funktionen kontrollerats. Fungerar inte underhållet, så behöver det förbättras.
	Lokalen används av fler personer än ventilationen är dimensionerad för. Kontrollera koldioxidhalten som inte bör överskrida 1 000 ppm.	Om koldioxidhalten överskrider 1 000 ppm, låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder för att öka luftflödena.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Luftflödena är tillräckliga i lokalen, men luftutbyteseffektiviteten är dålig, till exempel för att det finns en kortslutning mellan till- och frånluft. Kontrollera hur luften rör sig med hjälp av rök.	Rikta om tilluftsdonet och kontrollera med rök om ventilationen blivit effektivare.
	Har någon störts mycket av ventilationen och försökt åtgärda problemet på egen hand, till exempel genom att täppa för tilluftsdon? Detta kan påverka luftflödena i andra rum.	Öppna tilltäppta ventiler och låt en ventilationskonsult justera in ventilationssystemet. Åtgärda de problem som gjorde att ventilationssystemet förändrades av någon enskild.
	Den tilluft som tas in är förorenad. Det kan till exempel bero på kortslutning mellan avluft och intag av tilluft till ventilationssystemet.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
Luften känns dålig – deplacerande ventilation.	Tilluften tillförs inte undertempererad. Tilluften stiger uppåt istället för att ventilera vistelsezonen. Mät tilluftens temperatur. Den ska vara någon eller några grader under rummets temperatur.	Låt en ventilationskonsult justera in ventilationen så att tilluften blir undertempererad. Kontrollera att den undertempererade tilluften inte upplevs som dragig och att ventilationen fungerar som tänkt.
	Det är för lågt i tak, vilket gör att zonen med förorenad luft som ska ligga under taket når ner till vistelsezonen. Rumshöjden bör vara minst 2,4 m i lokaler med låg person- och värmebelastning.	Det är tveksamt om det går att få deplacerande ventilation att fungera bra i lokalen. Kalla in en ventilationskonsult för att åtgärda ventilationen.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Tilluften når inte fram till alla delar av lokalen utan vissa delar ventileras knappast alls. Detta kan bero på att ventilationen är underdimensionerad eller att tilluftsdonen inte har placerats ut så att tilluften når ut i hela lokalen. Kontrollera genom att släppa ut rök vid tilluftsdonen och kontrollera att röken når ut till alla delar av lokalen.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder för att öka luftflödena eller förbättra luftutbyteseffektiviteten.
Det luktar av sådant som vi inte själva arbetar med – ventilationen sprider lukter.	Kortslutning mellan avluft och tilluft (utanför fastigheten). Kontrollera var avluften släpps ut och om det är möjligt att avluft kan komma in med tilluften, till exempel under vissa vindförhållanden.	Utsläppet av avluft måste flyttas, till exempel till en högre nivå än tilluftsintaget.
	Kortslutning mellan avluft och tilluft inuti kanalsystemet. Förekommer till exempel om det är fel tryckförhållanden i en roterande värmeväxlare (högre tryck på avluftssidan än på tilluftssidan).	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Luft sprids okontrollerat i fastigheten, så att förorenad luft från en verksamhet sprids till andra verksamheter. Detta kan bero på att övertryck i en del av fastigheten driver luftströmmar till andra delar, till exempel via hisschakt, öppna dörrar eller portar.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Det luktar rök. Om någon röker, sprids röken lätt till angränsande rum, eftersom det finns ett stort luftutbyte mellan rum och korridorer.	Ingen ska mot sin vilja behöva utsättas för rök på arbetsplatsen. Förbjud rökning på arbetsplatsen eller tillåt rökning endast i utrymmen som det inte kan spridas rök från.
Luften känns torr.	Luften är för varm. Kontrollera temperaturen. Bör vara under 24 °C under uppvärmningssäsongen. (Människor har svårt att bedöma vilken luftfuktighet det är, om det inte är extremt torrt eller fuktigt.)	Sänk temperaturen i lokalerna.
	Det finns föroreningar, till exempel damm i luften, som gör att luften upplevs som torr.	Flera åtgärder är tänkbara. Behöver städningen förbättras? Finns dammkällor som behöver åtgärdas, så att de inte sprider damm?
Det är för varmt.	Mät temperaturen. Den bör vara högst 24 °C under uppvärmningssäsongen.	Sänk temperaturen i lokalerna.
	Det finns varm utrustning som avger värme.	Byt utrustning mot ny och energisnålare som avger mindre värme eller låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder för att ventilera ut värmen nära den varma utrustningen.
	Lokalerna värms upp av solen.	Skärma av solinstrålningen, till exempel med markiser eller persienner för fönstren.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Det är sommar och temperaturen inne är normalt högre än utomhus. Det finns ingen kylning av lokalerna.	Skärma av solinstrålningen, till exempel med markiser eller persienner för fönstren. Ventilera fastigheten under natten, så att den kyls ner. Skaffa bordsfläktar till dem som besväras av värmen. Överväg om ni ska installera kylning av lokalerna.
Det är för kallt.	Mät temperaturen. Vid stillasittande arbete bör den inte understiga 20 °C. Vid rörligt arbete kan något lägre temperaturer accepteras.	Höj temperaturen i lokalerna.
	Det kan finnas kalla ytor som upplevs som att de kyler ner, även om temperaturmätning visar acceptabla temperaturer. Klimatet upplevs som kallare än vad en vanlig termometer visar.	Låt företagshälsovården eller en ventilationskonsult mäta strålningstemperaturen (eller isolera de kalla ytor som finns, sätt element under fönster etc.).
	Det finns drag som upplevs som kalldrag. Draget kan bero på kallras vid fönster, vid oisolerade väggar eller tak eller drag från öppna dörrar eller portar. Kontrollera till exempel med rök om det förekommer drag.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Ventilationen är inte tillräckligt balanserad. Frånluftsflödet är betydligt större än tilluftsflödet. Speciellt vintertid läcker det in kall uteluft genom dörrar och andra springor och öppningar. Är det tungt att öppna dörrar, tyder det på att det är ett undertryck i lokalen.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
Det är för kallt – deplacerande ventilation.	Arbetsplatserna är placerade för nära deplacerande don.	Arbetsplatser bör placeras minst lika långt bort från donet som donet är högt.
	Tilluften är alltför undertempererad, vilket gör att det blir kallt i vistelsezonerna. Mät temperaturen. Undertempereringen är viktig för att ventilationen ska fungera väl.	Låt en ventilationskonsult justera in ventilationen så att tilluften blir undertempererad med några få grader. Kontrollera att den undertempererade tilluften inte upplevs som dragig och att ventilationen fungerar som tänkt.
	Tilluftsdon för deplacerande tilluft har blockerats, så att den undertempererade tilluftsströmmen från donen upplevs som drag. När donen blockeras, ökar hastigheten på luftströmmen när den ska passera genom mindre öppningar. En luftström som är undertempererad och har hög hastighet upplevs som dragig.	Ta bort det som blockerar luften från tilluftsdonen. Vidta åtgärder så att tilluften inte skapar drag, till exempel genom att flytta arbetsplatser eller höja tilluftstemperaturen något. Höj inte för mycket. För att deplacerande ventilation ska fungera, måste tilluften ha lägre temperatur än lokalen.
Det drar.	Drag kan bero på kallras vid fönster, vid oisolerade väggar eller tak.	Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Kontrollera tilluftsdonen i angränsande rum. Har någon tejpat för eller blockerat don? Det styr i så fall över mer luft till angränsande rum som kan få dragproblem.	Ta bort det som blockerar tilluftsdonen och låt en ventilationskonsult kontrollera ventilationen. Följ upp hur ventilationen fungerar och åtgärda eventuella problem. Förklara hur ventilationen är tänkt att fungera och vad som görs åt problemen.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Tilluften är feldimensionerad, vilket innebär att lufthastigheten i tilluftsströmmen är för hög där människor vistas.	Kontrollera hur luften rör sig och rikta eventuellt om tilluftsdonen. Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Tilluften är för kall. En kall luftström upplevs som drag, även om hastigheten inte är så hög. Känn med handen på tilluftsdonet om donet är kallt. Mät vid behov temperaturen i tilluften.	Kan temperaturen på tilluften ökas? Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Ventilationen är inte balanserad. Frånluftsflödet är betydligt större än tilluftsflödet. Speciellt vintertid läcker det in mycket kall uteluft genom dörrar och andra springor och öppningar. Om kall luft läcker in, upplevs det som drag.	Låt en ventilationskonsult kontrollera ventilationen och föreslå åtgärder.
	Dörrar mellan utrymmen med olika temperaturer eller ytterdörr eller port har öppnats. Temperaturskillnaden skapar luftströmmar som upplevs som drag, speciellt om luften utomhus eller i det andra utrymmet är kallare.	En möjlig åtgärd för portar och ytterdörrar är att förse dem med luftslussar.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
Ventilationen bullrar.	I rum i närheten av fläktrummet bullrar det och/eller hörs (ja nästan känns i kroppen) ett mycket dovt ljud. Fläkten sprider buller. Den kan också sprida stomljud (ljud som fortplantas i byggnadsstommen).	Kontrollera om fläkten tjuter eller har något annat missljud. Då behöver den lagas. En mindre högvarvig fläkt kan genom lägre hastighet minska turbulensen och därmed bullret. Stomljud åtgärdas genom att ställa fläkten på vibrationsisolering.
	Det hörs ett väsljud från ventilationskanalerna. Lufthastigheten i kanalerna är för hög/kanalerna är för smala. Ljudet minskar om hastigheten minskas eller kanaldimensionen ökas.	Eventuellt kan ljuddämpare i kanalerna minska problemet. Låt en ventilationskonsult föreslå åtgärder.
	Det bullrar från ventilationskanalerna. Kontrollera om kanalerna har många tvära krökar. Om lufthastigheten i sådana krökar är för hög bullrar det.	Åtgärdas genom att byta ut tvära kanalkrökar mot krökar med cirka 30 graders vinkel.
	Ljudet från fläkten sprids via ventilationskanalerna.	Sätt in ljuddämpare eller strypspjäll i kanalerna.
	Det låter från en ventilationskanal. Kontrollera om kanalen har kontakt med byggnadsstommen och överför vibrationer till den (så kallat stomljud).	Vibrationsisolera kanalen.
	Orsak okänd.	Kartlägg bullerkällorna genom bullermätningar.

Vad människor klagar på	Möjlig orsak	Möjlig åtgärd
	Har någon störts mycket av ventilationen och försökt åtgärda problemet på egen hand, till exempel genom att täppa för tilluftsdon? Detta kan öka luftflödena i andra rum och ökade luftflöden kan alstra störande ljud.	Öppna tilltäppta ventiler och justera in ventilationssystemet. Åtgärda de problem som gjorde att ventilationssystemet förändrades av någon enskild.
Jag blir sjuk av att vistas i lokalerna. Jag tror det beror på luften och att ventilationen inte fungerar.	Det kan finnas något i luften som ger allergiska besvär, till exempel astma.	Undersök om det finns något ämne i lokalerna som kan ge upphov till astma. Kanske behöver städningen förbättras för att minska dammhalten i luften. Kanske behövs effektivare rening av tilluften.
	Finns befuktning av luften? I luftfuktare som innehåller stillastående vatten, kan det börja växa mikroorganismer. Inandning av luft som innehåller stora mängder mikroorganismer kan orsaka så kallad luftfuktarfeber som senare (efter några timmar) orsakar en febertopp.	Byt till en luftfuktare som det inte kan växa bakterier i.
	Är huset ett så kallat sjukt hus?	En utredning av till exempel företagshälsovården kan visa om det är ett sjukt hus.

Underlag inför projektering eller ombyggnad av ventilation

Här följer några allmänt hållna frågor som beställare med flera bör ta ställning till vid ny- eller ombyggnad av ventilationsanläggning. Hur ventilationen ska utformas måste lösas i varje enskilt fall. Frågorna nedan ger en bra grund för de val som ska göras.

Använd svaren på frågorna som underlag vid projektering och beställning av ny ventilation som är anpassad till de behov och förutsättningar som finns på arbetsplatsen.

Inför projektering och upphandling

1. Vilka inom företaget ska medverka i projekteringen (projektgrupp)? Glöm inte att skyddsombud ska delta vid planering av nya arbetslokaler.
2. Vad har projektgruppen för uppgifter? Till exempel formulera funktionskrav, frågor, diskutera med berörda inom företaget om lösningar för olika arbetsplatser, ta fram kravspecifikationer, granska förslag till lösningar.
3. Behöver projektgruppen förstärkas med någon person med djupare kunskaper om ventilation, till exempel arbetsmiljöingenjör från företagshälsovården eller kunnig konsult?
4. Vilka kontroller ska entreprenören (eller oberoende konsult) göra av det färdigbyggda ventilationssystemet och

vilka metoder ska användas? Ställ gärna krav på mätning av luftutbyteseffektivitet, som är ett mycket bättre mått på ventilationens funktion än luftflöden i kanalerna.

5. Vilken injusteringsmetod ska användas? Finns förutsättningar för att metoden ska kunna användas (möjlighet att mäta i erforderligt antal punkter)?
6. Är det klart vilket ansvar som ligger på beställaren (som också är arbetsgivare och byggherre) och hur arbetet ska drivas för att beställaren ska leva upp till sitt ansvar?

Allmänventilation

7. Vilka processer och arbetsplatser avger värme som ska ventileras bort och var i lokalen avges värme?
8. Kan behovet av att ventilera bort värme med allmänventilationen minskas genom andra åtgärder, till exempel skydd för solinstrålning eller isolering av varma ytor?
9. Vilket klimat (lufttemperatur, maximal lufthastighet) ska ventilationen ge?
10. Vilken luftkvalitet ska uppnås? Till exempel att koldioxidhalten inte ska överskrida 1 000 ppm i lokalen.
11. Vilka högsta sommartemperaturer respektive lägsta vintertemperaturer kan accepteras i lokalen med hänsyn till personalen och verksamheten? (Strikta krav innebär att kylning måste installeras.)
12. Vilka ljudnivåer kan accepteras från ventilationen?
13. Ska ventilationen innehålla värmeåtervinning?
14. Finns krav på att luften ska hålla en viss luftfuktighet?
15. Hur flexibel behöver ventilationen vara, med tanke på eventuella förändringar på tio års sikt?

Luftutbyteseffektivitet

16. Vilken typ av allmänventilation (omblandande eller deplacerande) ska väljas för att ventilationen ska bli så effektiv som möjligt, med tanke på förutsättningarna?

17. Hur ska tilluften utformas för att nå alla delar av lokalen?
18. Hur mycket frånluft krävs för att ventilera bort luftföroreningar som sprids allmänt i lokalen, till exempel koldioxid från utandningsluft?
19. Hur höga ska de projekterade luftflödena vara? Ska de ligga på den miniminivå som gäller eller högre, för att säkerställa att luftkvaliteten blir bra?
20. Ger de projekterade luftflödena tillräcklig luftutbyteseffektivitet (minst 40 % vid omblandande ventilation och 50 % vid deplacerande)?

Luftintag

21. Hur ska intaget av uteluft placeras
    a) så att luften som tas in är så ren som möjligt?
    b) så att det inte kan bli kortslutning mellan tilluftsintag och utsläpp av frånluft till exempel vid ogynnsamma vindförhållanden?
    c) för att tilluften inte ska vara onödigt varm sommartid? (Placering direkt över tak eller på ställen där det blir varmt när solen gassar är olämpliga.)
22. Vilken rening behövs av tilluften? Tänk på eventuella allergiker, krav på renhet, hur förorenad luften i omgivningen är till exempel om det är stadsmiljö.

Utformning av tilluft och frånluft

23. Var ska tilluftsdon respektive arbetsplatser placeras och vilken typ av tilluftsdon ska väljas för att tilluften inte ska ge drag och inte sprida förorenad luft i lokalen?
24. Är ventilationen dimensionerad så att till- och frånluftsflödena är lika stora eller ska frånluftsflödet vara större?
25. Vilken rening ska frånluften ha?

Luftrörelser mellan olika utrymmen

26. Är till- och frånluftsdon placerade så att luften i lokalen strömmar från renare utrymmen till smutsigare?
27. Driver eventuella tryckskillnader i lokalen luften i rätt riktning, från rent till smutsigt?

Utformning av ventilationssystemet, kanaler

28. Hur ska ventilationskanalerna kunna rensas?
29. Finns det så mycket luftföroreningar i frånluften eller är flödena så höga att speciell omsorg behöver läggas på kanalutformningen för att undvika avsättningar av föroreningar i kanaler eller buller? (Undvika raka hörn, istället mjuka, sneda påstick av kanaler.)

Processventilation

30. Vilka processer och arbetsplatser avger värme och luftföroreningar och var i lokalen avges de?
31. Kan behovet av processventilation minskas genom åtgärder så nära källan som möjligt för att minska spridningen av värme eller luftföroreningar?
32. Vilka arbetsplatser och processer kräver särskilda åtgärder i form processventilation?
33. Vilken ventilationsmetod bör användas med avseende på hur värmen och föroreningarna alstras, till exempel integrerade utsug i maskiner, punktutsug, avskärmning, inkapsling, hus i huset, sprutbox eller sprutskåp, dragskåp, skyddsventilation eller luftridåer?
34. Kontrollera i avsnittet om industriventilation om ventilationen utformats på rätt sätt.

Projektering för effektivt och enkelt underhåll

35. Hur ska ventilationssystemet utformas för att ge ett enkelt underhåll?

36. Finns det plats för arbete med filter vid filterbyte, fläktar, aggregat, komponenter och kanaler?
37. Hur ska ventilationssystemet dokumenteras?
38. Vem ska ansvara för kontroll, drift och underhåll?
39. Hur ska service- och driftpersonalen utbildas?
40. Hur ska kontroll, drift och underhåll dokumenteras?
41. Hur ska personalen informeras om ventilationen?

Styrning och reglering av ventilationen

42. Hur kan temperaturer, luftflöden och energiförbrukning styras och kontrolleras?
43. Kontrollera att det inte går att samtidigt värma och kyla luften. (Det förekommer ibland, speciellt i större och mer komplexa ventilationssystem och det drar onödigt mycket energi och kan skapa dragproblem.)