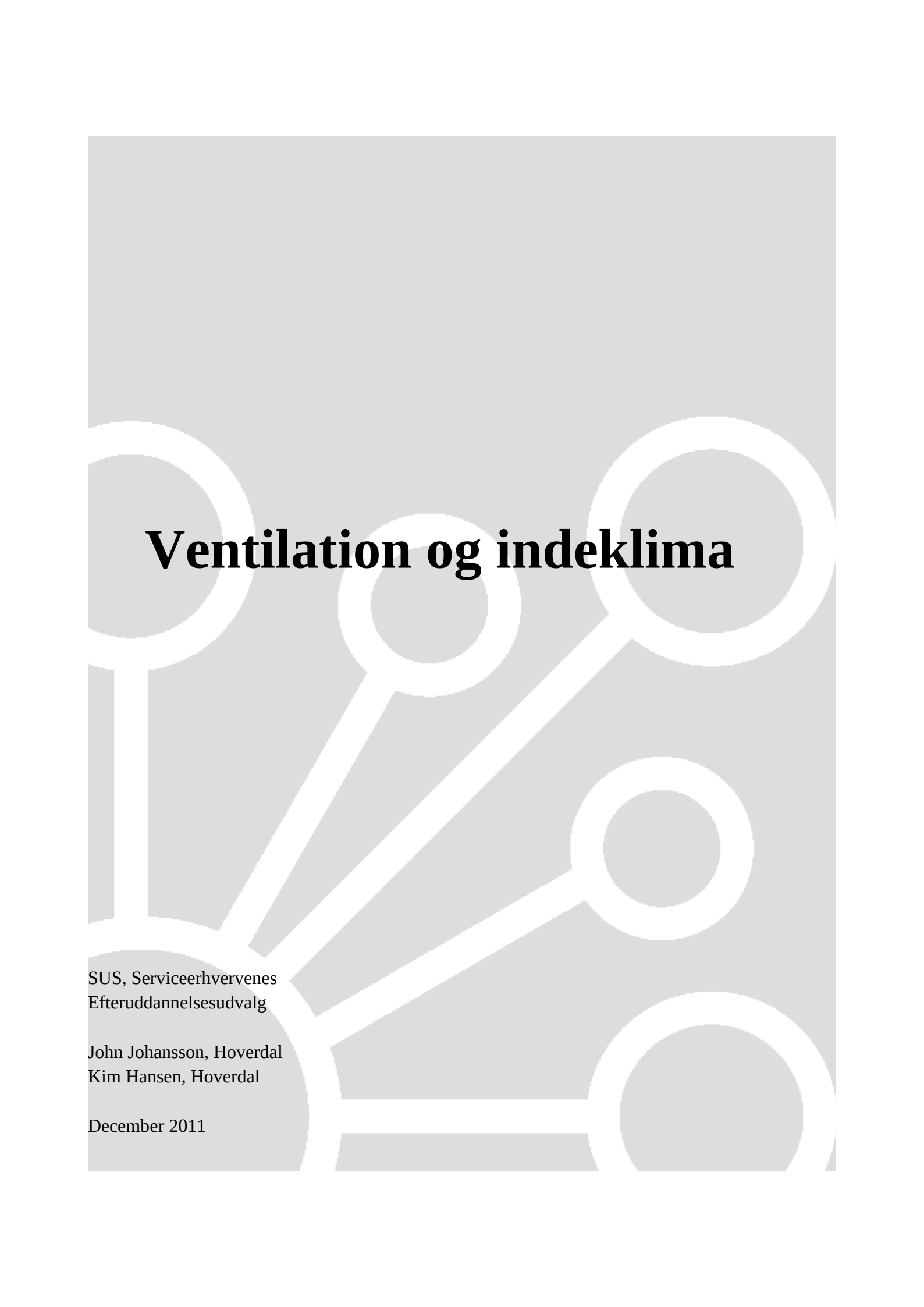




Ventilation og indeklima

SUS, Serviceerhvervenes
Efteruddannelsesudvalg

John Johansson, Hoverdal
Kim Hansen, Hoverdal

December 2011



Indholdsfortegnelse

Indledning.....	5
Kravspekifikation til miljørigtigt indeklima.....	8
Indeklima	8
Måleenheder	12
Komponenter.....	22
Service	27
Temperaturstyring.....	36
Kondensafløb.....	37
Armaturer	44
Boligventilation.....	48
Energiforbrug	53
Reduktion af luftmængde.....	57
Vurderinger af temperaturvirkningsgraden for varmegenvindingsaggregatet.....	57
Drift- og vedligeholdelse	59
VENT - eftersyn på aggregater	61
Energieftersyn af ventilations- og klimaanlæg.....	61
Måling af tryk.....	64
Måling af lufthastighed	66
Udstyr til lufthastighedsmåling	68
Luftstrømsmåling i kanaler	70
Luftstrømsmåling ved ventilationsåbninger	73
Trykmåling over armatur	76
Indreguleringsmetoder.....	76
Forberedelser før indregulering	77
Orienterende målinger.....	81
Indregulering efter proportionalmetoden	82
Teoretisk grundlag	82
Metodens anvendelse i praksis.....	83
Fremgangsmåde ved indregulering af et ventilationsanlæg.....	86



Ventilation og Indeklima

Variabelt volumensystem (VAV-anlæg)	90
Kontroludsugningsanlæg	92
Indreguleringsskemaer	93
MÅLESYSTEMER - OMSÆTNINGTABELLER	95



Ventilation og Indeklima

© Børne- og Undervisningsministeriet. (december 2011). Materialet er udviklet af Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg i samarbejde med John Johansson, Hoverdal og Kim Hansen, Hoverdal. Materialet kan frit kopieres med angivelse af kilde.

SUS

Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg

Vermundsgade 1

2100 København Ø.

Tlf. 32 54 50 55

www.susudd.dk

sus@sus-udd.dk



Indledning

I gennemsnit opholder vi os 90% af tiden indendørs, og "indtager" mellem 25 og 30 kg luft i døgnet. Det er derfor ikke uden grund, at der er fokus på et godt og sundt indeklima.

Med stadig større udgifter til energi samt fokus på udledning af CO₂ til atmosfæren er det vigtigt, at effektiviteten på vore ventilations- og udsugningsanlæg er så høj som muligt.

Dette kompendium er tænkt som et supplement til undervisningen for personer der har, eller skal have, tilsyn med ventilationsanlæg i private og offentlige bygninger.



Ventilation og Indeklima

Temperatur

Det sværeste indeklimatemæssigt er at kontrollere temperaturen i bygningen. Lykkes det, er mange problemer løst. Jo mindre temperaturen varierer fra anbefalet temperatur, des bedre er det. Men det er umuligt at fastholde en konstant temperatur. Kategori A svarer til, at temperaturen svinger minimalt og ved B og C tillades større udsving.

Jo større varmelastningen er i bygningen, des mere svinger temperaturen og energiforbruget stiger kraftigt. Det er optimalt at vælge kategori A i forhold til indeklima og CO₂ udslip, men det kan sætte begrænsninger for byggeriet og den daglige brug af lokalerne.

Luftkvalitet

Det er relativt nemt at sikre luftkvaliteten i kategori A. Signalværdien er positiv og det vægter meget hos brugerne. Der skal mindre luft til at stabilisere luftkvaliteten end temperaturen. I de fleste tilfælde bør man vælge kategori A, ofte ændrer det ikke projektet at vælge en lavere kategori.

Støj fra ventilationsanlæg

Det er en forudsætning, at lufthastighederne er lave, hvis man ønsker miljørigtigt indeklima. Sidegevinsten er, at støjen er nem at håndtere, da den stiger med øgede lufthastigheder. Det er naturligt at vælge kategori A for støj, når målsætningen er miljørigtigt indeklima.

Transportenergi

Den eneste energi, som bruges for at håndtere den friske udeluft, er energi til ventilatorerne, så luften kan flyttes rundt i bygningen. Det er muligt at sikre en optimal indblæsningsstemperatur uden trækgener ved varmegenvinding. Når bygningen er blevet for varm i løbet af dagen, kan den afkøles ved at cirkulere den kolde udeluft rundt om nat-ten, hvor bygningen alligevel står tom.

Kategori A for transportenergi kan lade sig gøre, hvis ventilationsanlægget blot skal sikre luftkvaliteten. Hvis ventilationen skal bruges til at stabilisere de høje temperaturer om sommeren, skal der vælges kategori B eller C.

Transportenergien er lav, hvis transportvejen for luften er kort og lufthastighederne er lave i kanalerne. Det er vigtigt, at teknikrummet ligger centralt og at der er afsat plads til kanalføringen rundt i bygningen.

Det er også vigtigt, at det antal timer, hvor anlægget kører med maksimal ydelse, er mindst mulig. Den automatiske regulering sikrer, at der ventileres, når der er behov. Det optimerer både energiforbruget og indeklimaet.



Ventilation og Indeklima

Eksempel:

Tabellen viser de fysiske parametre, når der vælges kategori A, B eller C.

Enmandskontor	Kategori A	Kategori B	Kategori C
Temperatur	21-23 °C vinter 23,5-25,5 °C sommer	20-24 °C vinter 23-26 °C sommer	19-25 °C vinter 22-27 °C sommer
Luftkvalitet – CO ₂	800 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Støj	30dB(A)	35 dB(A)	40 dB(A)

Ovenstående eksempel gælder enmandskontor. Indeklimaværdierne kan ændre sig ved andre rumtyper. Som det fremgår af eksemplet, kan man se, at jo lavere kategori man vælger, vil kravene til en nøjagtig regulering blive tilsvarende mindre.

Dialog med rådgiverne om miljørigtigt indeklima

Dialogen med rådgiverne er vigtig, da det tidligt i projektet afgøres, hvad der er muligt, når alle ønsker til byggeriet er afvejet. Det vigtigste er, at der findes et kompromis, som sikrer et fornuftigt indeklimaet og at det opretholdes ved et lavt energiforbrug. Det er denne proces, som sikrer bygherren et miljørigtigt indeklima.

Fire krav ved miljørigtigt indeklima

Fire krav vedrører både indeklima og ventilation men også varmebelastningen i bygningen:

- Temperatur
- Luftkvalitet
- Træk
- Støj

Konceptet ved miljørigtigt indeklima er, at kølestrategien er begrænset til natkøling, hvor kold udeluft kan cirkuleres rundt i bygningen for at køle. For at overholde kravene til temperaturen skal tilladte varmebelastning fastlægges. Jo lavere den er, des mindre energi anvendes der i bygningen og des mindre er transportenergien til at stabilisere de høje sommertemperaturer.

Varmetabet gennem klimaskærmen i fyringssæsonen fastlægges ved at vælge lavenergi-klasse 1 eller 2, som er beskrevet i bygningsreglement, mens miljørigtigt indeklima naturligt sætter rammerne for miljørigtig adfærd på arbejdspladsen.

Systemet, som regulerer indeklimaet, kan også bruges til miljøregnskab for hele bygningen med dataopfølgning på lokalaniveau. Løsningerne findes som standard. Det er bygherre og rådgivere som sammen fremtidssikrer bygningen i forhold til klima og indeklima.



Kravspecifikation til miljørigtigt indeklima

I henhold til DS 1752, "Ventilation i bygninger - projekteringskriterier for indeklima", kan bygherre have følgende krav:

- | | |
|-------------------------------|------------|
| • Atmosfærisk indeklima: | Kategori A |
| • Termisk indeklima: | Kategori B |
| • Støj fra ventilationsanlæg: | Kategori A |

Krav til overskridelse af det termiske indeklima

Når bygherre og rådgivere er blevet enige om kravene til miljørigtigt indeklima, skal rådgiverne angive, hvor mange timer temperaturen må overskrides i arbejdstiden. Det gælder for både sommer og vinter.

Indeklima

"Bygninger skal ventileres. Ventilationssystemer skal projekteres, udføres, drives og vedligeholdes, så de i benyttelsestiden mindst yder de tilsigtede ydelser." (bygningsreglementet)

Ventilation er nødvendig for opretholdelse af menneskets velbefindende og bevarelse af bygninger. Formålet med et effektivt ventilationsanlæg er derfor, at opnå et ønsket komfortniveau med dertil hørende luftkvalitet ved anvendelse af et minimum af energi. Dette opnås ved at installere et effektivt ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Nogle væsentlige indeklimafaktorer der påvirker mennesket er:

- termisk miljø, når det har betydning for varmeballancen
- atmosfærisk miljø, når det har betydning for åndedrættet og lugtesansen
- akustisk miljø, når det har betydning for lydopfattelsen
- optisk miljø, når det har betydning for lysopfattelsen

Menneskers varmereguleringssystem forsøger hele tiden at holde en konstant temperatur på ca. 37°C. For at legemstemperaturen kan holdes konstant, skal den varme som produceres være lig den varme som afgives til omgivelserne.

Menneskets opfattelse af omgivelserne er afhængig af følgende faktorer:

- beklædning (clo)
- aktivitetsniveau (met)
- lufttemperatur (°C)
- middelstrålingstemperatur (°C)
- lufthastighed (m/sek)



Ventilation og Indeklima

Den samlede indflydelse fra disse faktorer beskrives ved hjælp af komfortindekser:

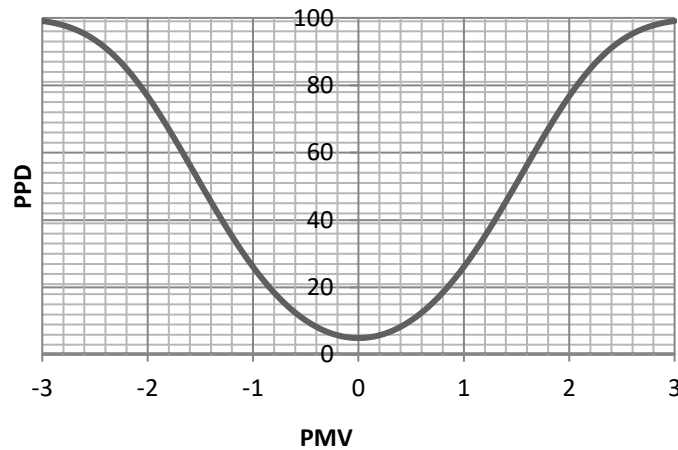


Illustration: Kim Hansen, Hoverdal

PMV- og PPD-indeks

PMV-indekset er en forkortelse af **Predicted Mean Vote** (forventet middelvotering). Det forudsiger middelværdien af de vorteringer, som en større gruppe vil afgive, når de udsættes for samme termiske miljø.

PPD-indekset er en forkortelse for **Predicted Percentage of Dissatisfied** (forventet procent utilfredse). Dette giver en kvantitativ forudsigelse af antallet af personer, der vil være utilfredse med de termiske omgivelser, når PMV-indekset er bestemt kan PPD-indekset aflæses af diagrammet. Det anbefales, at PPD-indekset holdes under 10% hvilket svarer til :

$$(-0,5 < \text{PMV} < +0,5).$$

Med en $\text{PMV} = 0$ fås optimal operativ temperatur som en funktion af beklædning og aktivitet. Den optimale operative temperatur og det acceptable temperaturinterval er afhængig af aktiviteten og den anvendte beklædning.



Ventilation og Indeklima

Værdierne for den aktuelle aktivitet og en beklædnings varmeisolans fås af nedenstående skemaer:

AKTIVITET	STOFSKIFTE	
	W/m ²	Met
Liggende	46	0,8
Siddende, afslappet	58	1,0
Stående, afslappet	70	1,2
Stillesiddende aktivitet (kontor, hjem, skole, laboratorium)	70	1,2
Stående aktivitet (forretning, laboratorium, let industri)	93	1,6
Stående aktivitet (ekspedient, husarbejde, arbejde ved maskine)	116	2,0
Middelstor fysisk aktivitet (tungt arbejde ved maskine, værkstedsarbejde)	165	2,8
Stofskifte ved forskellig fysisk aktivitet Gengivet efter DS 7730		



Ventilation og Indeklima

BEKLÆDNING	I _{cl}	
	[m ² x K/W]	[Clo-værdi]
Nøgen	0	0
Shorts	0,015	0,1
Almindelig tropisk beklædning: Underbukser, shorts, skjorte med korte ærmer, tynde sokker og sandaler	0,045	0,3
Let sommerbeklædning: Underbukser, lange letvægtsbenklæder, skjorte med korte ærmer, tynde sokker og sko.	0,08	0,5
Almindelig arbejdsbeklædning: Let undertøj, skjorte med lange ærmer, benklæder, jakke eller sweater, med lange ærmer, tykke sokker og sko	0,11	0,7
Almindelig vinterbeklædning: Undertøj, skjorte med lange ærmer, benklæder, jakke eller sweater med lange ærmer, tykke sokker og sko	0,16	1,0
Kraftig indendørs beklædning: Undertøj med lange ben og ærmer, skjorte, jakkesæt med vest, tykke sokker og tunge sko	0,23	1,5



Ventilation og Indeklima

Måleenheder

Met = Metabolisme, stofskifte og aktivitetsniveau

Angiver alle den varmeeffekt, som afgives fra en person til omgivelserne. De angives i SI-systemet i W/m^2 hudoverflade eller i enheden met. Aktivitetsniveauet i hvile (siddende roligt i en magelig stol) er $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$.

Clo-værdi = Beklædningens isoleringsevne

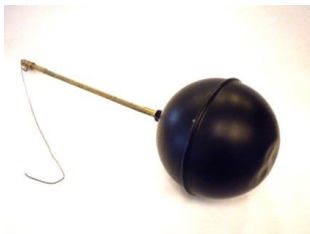
Angives som regel i en særlig enhed clo. $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$, som er isoleringsevnen af en mandlig indendørs vinterbeklædning med både jakke og vest.

Operativ temperatur (t_o)

Optimal operativ temperatur svarer til et PMV-indeks = 0. Den operative temperatur og det acceptable temperaturinterval er afhængig af aktiviteten og den anvendte beklædning.

Middelstrålingstemperatur (t_r)

Middelstrålingstemperaturen er et gennemsnit af overfladernes temperatur, afvejet efter overfladernes areal, placering og evne til at optage varme. Eller strålingsudvekslingen mellem en person og et rums overflader.



Globetemperatur

Globetemperaturen er temperaturen i en sort kugle med en diameter på 150 mm, ophængt i rummet. Ved lufthastigheder under 0,15 m/s er den lig med den operative temperatur (t_o).

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Komfortområde

Udnytter man mulighederne for at tilpasse påklædningen til klimaet, kan man angive et område for temperaturen, hvori de fleste mennesker kan være tilfredse.

Komfortkrav til andre faktorer

Der er stor individuel forskel på, hvordan det enkelte menneske opfatter de andre faktorer som, påvirker opfattelsen af komfort:

- lufthastighed
- luftfugtighed
- temperaturændringer
- temperaturgradient



Ventilation og Indeklima

Målsætning for indeklima DS 1752	Kategori A	Kategori B	Kategori C
CO2 % under	800 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Ventilationsrate pr. person	10 l/s	8 l/s	4,5 l/s
Temperatur vinter 22 °C	± 1,0	± 2,0	± 3,0
Temperatur sommer 24,5 °C	± 1,0	± 1,5	± 2,5
Vertikal lufttemperaturgradient	< 2	< 3	< 4
Strålingsasymetri			
varm loft	< 5	< 5	< 7
kold væg	< 10	< 10	< 13
kold loft	< 14	< 14	< 18
varm væg	< 23	< 23	< 35



Ventilation og Indeklima

Lufthastighed

Der er stor individuel forskel på ved hvilke lufthastigheder, der klages over træk. En del mennesker er meget følsomme for luftbevægelser, når luftbevægelserne ikke er konstante, men ændre sig med en vis hastighed.

Det er altså ikke kun lufthastigheden men også dens fluktuationer, der er afgørende for personers opfattelse af træk.

En øvre acceptabel grænse for lufthastighed angives til 0,15 m/sek. ved stillesiddende aktivitet. For personer i bevægelse kan lufthastigheder på op til 0,4 m/sek. accepteres. Omvendt vil lufthastigheder lavere end 0,05 m/sek. opfattes som dårlig og trykkende.

Indblæsningsforhold

Træk, d.v.s. uønsket afkøling på grund af luftbevægelser er den hyppigst forekommende gene og en meget stor del af de berettigede klager over træk kan føres tilbage til en forkert dimensionering af indblæsningsarmaturerne.

Indblæsnings- og udsugningsarmaturer skal dimensioneres og placeres, så ventilationsluften ved den nominelle volumenstrøm*) fordeler sig på en sådan måde, at det tilsigtede atmosfæriske og termiske klima opnås i opholdszonen og at den ønskede middelværdi af lufthastigheden overholdes.

*) Det ventilationsanlægget, komponenten, ventilen eller taghætten er dimensioneret til.
(Opgivne, dimensionerede eller påtrykte volumenstrøm fra rådgiver eller bygherre)

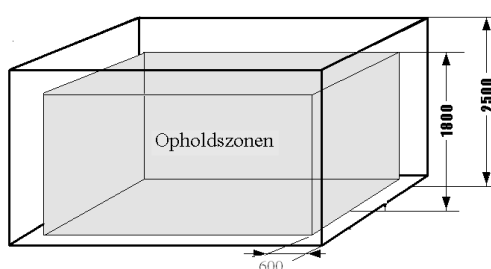


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Den korrekte fordeling af lufthastigheder og temperaturer i opholdszonen sker primært ved hjælp af indblæsningsarmaturer. Der er imidlertid store individuelle forskelle på de personer, der opholder sig i de ventilerede rum, så det må forventes og accepteres, som det tidligere er beskrevet, at uanset de valgte lufthastigheder vil der være en vis mængde klager over det termiske klima og over de forekommende middellufthastigheder.



Ventilation og Indeklima

Ved relative lufthastigheder lavere end 0,05 m/s kan der opstå problemer med afgivelse af varme og fugt fra kroppen og luften føles dårlig og trykkende, uanset at betingelserne for termisk komfort er til stede.

Grænser for acceptabel maksimal lufthastighed er yderst vanskelig at angive og som et almindeligt komfortkriterium anføres indgangshastighed i opholdszonen til 0,2 m/s ved en operativ temperatur på 20°C.

Forholdet mellem den operative temperatur og lufthastighed angives i diagramform. Ud af diagrammet kan den tilladte lufthastighed aflæses for forskellige lokaler i relation til den operative temperatur.

Den operative temperatur kan bestemmes af følgende formel:

$$T_o = \frac{\text{Rumtemperatur} - \text{Middelstrålingstemperatur}}{2}$$

I et normalt rum afviger lufttemperaturen +/- (0,3 – 1) °C fra den operative temperatur på grund af indflydelse fra varme respektive kolde flader.

Eksempel på anvendelse af diagrammet:

I et kontor, som er dimensioneret for en operativ temperatur på 23 °C og en lufthastighed i opholdszonen på 0,3 – 0,35 m/s, sænkes rumtemperaturen til 20 °C på grund af energibesparelser. Dette medfører for høj lufthastighed i rummet i forhold til temperaturen med trækgener til følge.

For at afhjælpe generne må ventilationsanlægget og indblæsningsarmaturer derfor ændres, så den anbefalede sluthastighed ca. 0,18 m/s ikke overskrides.

Luftfugtighed

Fugtighedens indflydelse på den termiske komfort er lille. Ved stigende temperaturer, hvor en stor del af varmen skal afgives ved svedning, stiger fugtighedens indflydelse. Den bør i så fald være lavere end 60 – 70 %.

Fugtigheden opstår ved mange forskellige ting og ved høj luftfugtighed er der grobund for råd, svamp og allergisygdomme, som kan forringe indeklimaet og ødelægge bygningen og dens isoleringsevne.

Mennesket afgiver ca. 40g vanddamp pr. time, hvis det befinder sig i hvile og op til ca. 300g vanddamp ved høj aktivitet.

Ved badning er der en meget stor vanddampproduktion, fra 700g. pr. time ved karbad og op til ca. 2.600g pr. time ved brusebad.

Fra tørring af centrifugeret tøj afgives der 50 – 100g vanddamp pr. time.



Ventilation og Indeklima

Madlavning og køkkenarbejde afgiver ca. 600 – 1000g pr. time.

Blomster afgiver også vanddamp og dette vel at mærke 24 timer i døgnet. Man kan regne med mellem 5 og 20g vanddamp pr. time.

For en boligenhed med 4 personer kan der regnes med en total vanddamproduktion på 12 – 15 kg pr. døgn, der skal ventileres væk.

Bestemmelse af luftfugtighed



Luftens fugtighed kan bestemmes ved hjælp af en elektronisk fugtighedsmåler, denne måler er samtidig i stand til at bestemme det aktuelle dugpunkt.

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Luftkvalitet

Luftkvalitet, eller det atmosfæriske indeklima, omfatter alle de ikke-termiske aspekter ved indeluften. I industrilokaler eksisterer der grænseværdier for forureninger fastsat af arbejdstilsynet. De er fastsat ud fra, hvor meget forurening voksne må udsættes for på en 8 timers arbejdsdag. Der er ikke fastlagt grænseværdier for forureninger i boliger, institutioner, kontorer m.v..

Koncentrationer i nærheden af grænseværdierne vil ikke være acceptabel. Selv om der ikke er fastlagt faste grænseværdier, eksisterer der en vis viden om effekten af de hyppigst forekommende forureningskomponenter i de små koncentrationer, der normalt er tale om:

- bioeffluenter fra mennesker
- tobaksrøg
- radon
- luftfugtighed
- forbrændingsprodukter
- partikler og fibre
- bakterier og vira



Ventilation og Indeklima

Bioeffluenter

Mennesker forurener luften med bioeffluenter, dvs. luftarter og partikler fra det menneskelige legeme. Mennesket forbruger oxygen (ilt) til stofskifte og mindsker derfor iltindholdet i rumluften. Der skal imidlertid store ændringer til før mennesket kan mærke, at iltindholdet falder.



Menneskets egenafgivelse af kuldioxid CO_2 er et større problem. En voksen person afgiver i udåndingsluften ca. 4% CO_2 , grænseværdien for en arbejdsplads er på 0,5%. Et menneske i hvile afgiver ca. 15 liter CO_2 pr. time og ved aktivitet op til 45 liter CO_2 pr. time.

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Udeluften indeholder 0,035% CO_2 . For at opretholde 0,5% skal der tilføres 1 l/s udeluft pr. stillesiddende person.

Det er små udeluftmængder, der skal tilføres af hensyn til menneskets forurening af luften med CO_2 , men der afgives imidlertid et stort antal bioeffluenter blandt andet sved, bakterier, nedbrydningsprodukter fra huden og fra fordøjelsen i mundhulen, mave og tarm. Antallet af bioeffluenter er varierende og afhænger i øvrigt af hygiejne og aktivitet. Bioeffluenter er ikke giftige, men lugten kan virke stærkt generende.

Den bedste metode til at bestemme mængden af bioeffluenter er CO_2 . CO_2 er den der næst efter vanddamp afgives i størst mængde og den er let at måle.

Aktivitet	CO_2 l/h/kg
Hvilende	0,17
Siddende	0,26
Stående	0,30
Gående	0,35

CO_2 – udåndingen fra et menneske per kg kropsvægt



Ventilation og Indeklima

Tobaksrøg

Røg fra tobaksrygning har været den dominerende forurening, der har dannet grundlaget for dimensionering af ventilationsanlæg.

Tobaksrøg omfatter flere tusinde kemiske forbindelser, men koncentrationen udtrykkes lettest ved at angive forøgelsen af CO₂ eller af partikler. Undersøgelser viste, at det var nødvendigt at ventilere med 120 m udeluft pr. cigaret for at opnå færre end 20 % utilfredse.

Da tobaksrygning i størsteparten af vore kontorer og institutioner ikke længere er tilladt, er det muligt at nedsætte ventilationsraten væsentligt i eksisterende anlæg, for på den måde at nedsætte energiforbruget.

Mikroorganismer

En ubehagelig mikroorganisme i forbindelse med indeklimaet er husstøvmiden. Den er ikke større end 0,1 – 0,4 mm.. Husstøvmiden lever primært af hudskæl fra mennesker og trives i polstrede møbler, gulvtæpper og sengen.

Hvis man indånder dens affaldsstoffer i store mængder, kan det fremkalde allergi.

Husstøvmiden bekæmpes ved at holde luftfugtigheden under 45 % RF i så stor en del af året som muligt.

Skadelige dampe

Bygninger er opbygget af mange forskellige materialer, hvoraf en stor del afgiver mere eller mindre skadelige dampe. Disse dampe fra f.eks. tæpper, maling fugemasse, møbler og gardiner skal holdes på et minimum for ikke at ødelægge indeklimaet.

Der skal holdes et mindste udeluftskifte på 5 gange pr. time, svarende til 0,35 l/s pr. m².

Radon

Radon er en radioaktiv luftart, der i værste tilfælde kan være kræftfremkaldende. Luften befinder sig i små mængder overalt i jordskorpen og kan trænge ind i bygninger gennem jordoverfladen. Ved manglende udelufttilførsel stiger radonkoncentrationen i rumluften.

Acceptable termiske omgivelser

Termisk komfort er en tilstand, hvor personer føler sig termisk tilfredse med de fysiske omgivelser. Utilfredshed kan forårsages af for varme eller for kolde omgivelser, som det udtrykkes med PPM og PPD. Men utilfredshed kan også opstå som følge af uønsket opvarmning eller afkøling af en bestemt del af kroppen – lokalt ubehag.

På grund af individuelle forskelle, er det ikke muligt at skabe et termisk miljø, der tilfredsstiller alle.

Der vil altid være en procentdel, som er utilfredse med de termiske omgivelser. Men det er muligt at beskrive termiske omgivelser med anbefalede komfortkrav, hvor de forventes at være acceptable for mindst 80 % af en gruppe.

Der kan være årsager (økonomi, energibesparelser) til at fastsætte lavere komfortkrav, således at færre end 80 % af en gruppe er tilfredse. (bygningsskategori A-B og C)



Ventilation og Indeklima

Luftskifte og udelufttilførsel

Udelufttilførslen bør ud fra en energimæssig betragtning holdes så lav som muligt. Ligeledes skal den kunne begrænses, når lokaler ikke benyttes eller når de ventilationskrævende aktiviteter er nedsat.

Udeluftbehovet (basisventilationen) bestemmes af forureningsmængden i form af lugt fra personer, der opholder sig i rummet, tobaksrøg, luftforurenende processer eller afgasning fra bygningsmaterialer eller inventar.

Mennesket ændrer sammensætning af den omgivende luft, bl.a. ved at forbruge ilt og afgive CO₂ (kuldioxid). Der vil derfor altid være et behov for at tilføre udeluft til rum, hvori der opholder sig personer, idet luftens indhold af ilt og CO₂ skal holdes på et niveau, så åndedrættet kan foregå ubesværet.

Luftskiftet i beboelsesbygninger

Det følgende afsnit er et uddrag af de krav, bygningsreglementet BR10 angiver til ventilation.

Ventilation

I ethvert beboelsesrum og enhver boligenhed skal der totalt være en volumenstrøm på 0,3 l/sek pr. m² opvarmede etageareal ved en rumhøjde på 2,5 m, svarende til et samlet luftskifte på mindst 0,5 gange i timen. Boligenheden skal ventileres med et mekanisk ventilationsanlæg eller ved naturlig ventilation.

Naturlig ventilation fungerer ved at luft tilføres via ventiler i ydervægge og fjernes via den naturlige opdrift gennem aftrækskanaler fra køkken og bad/ wc over tag.

Opholdsrum

Tilførsel af udeluft: Oplukkeligt vindue, lem eller yderdør og en eller flere udeluftventiler med en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Bade og wc-rum

Tilførsel af luft: åbning på mindst 100 cm² mod adgangsrum. Desuden - hvis rummet er mod ydervæg - oplukkeligt vindue, lem eller yderdør. Fjernelse af indeluft: Aftrækskanal med kanaltværsnit på mindst 200 cm².

Særskilt wc-rum

Tilførsel af luft: åbning på mindst 100 cm² mod adgangsrum.

Desuden - hvis rummet er mod ydervæg - oplukkeligt vindue, lem eller yderdør.

Fjernelse af indeluft: aftrækskanal med kanaltværsnit på mindst 200 cm².



Ventilation og Indeklima

Hvis boligen er udstyret med mekanisk ventilation, skal luftskiftet i køkken og baderum, wc-rum, bryggers og lignende rum kunne forøges mindst til følgende: I køkken skal der kunne udsuges en volumenstrøm på 20 l/s og fra baderum og wc-rum skal der udsuges mindst 15 l/s.

I særskilt wc-rum, bryggers og kælderrum udsuges en volumenstrøm på 10 l/s.

Luftskifte i andre bygninger end beboelsesbygninger

Det gælder f.eks. for institutioner for pasning af børn som vuggestuer, børnehaver, skolefritidsordninger, fritidshjem, dagcentre og andre institutioner med lignende formål.

Ventilationsraten for opholdsrummene er ikke i sig selv tilstrækkelig til under alle forhold at sikre at CO₂ indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. CO₂. Derfor bør ventilationsanlæg indrettes med variabel ydelse afhængig af belastningen, så luftskiftet er højere i de rum, hvor belastningen er størst og mindre i rum, hvor der er mindre behov. Ventilationsraten for bygningen er specificeret under den forudsætning, at der anvendes lavforurenende byggematerialer. Ved lavforurenende byggematerialer forstås byggematerialer, der er omfattet af Dansk Indeklima Mærkning samt materialer, der opfylder betingelserne for at blive mærket efter ordningen.

Opholdsrum i daginstitutioner skal ventileres med et ventilationsanlæg, der omfatter såvel indblæsning som udsugning og varmegenvinding. Ventilationen skal sikre et godt og sundt indeklima. Indblæsningen med udeluft og udsugningen skal være mindst 3 l/s pr. barn og mindst 5 l/s pr. voksen, samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Samtidig skal det sikres, at CO₂ indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. CO₂. Hvis der benyttes ventilationsanlæg med behovsstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal.

Ventilationsraten for normalklasserummene er ikke i sig selv tilstrækkelig til under alle forhold at sikre at CO₂ indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. CO₂. Derfor bør ventilationsanlæg indrettes med variabel ydelse i afhængighed af belastningen, så luftskiftet er højere i de rum, hvor belastningen er størst og mindre i rum, hvor der er mindre behov.

Undervisningsrum i skoler og lignende skal ventileres med et ventilationsanlæg, der omfatter såvel indblæsning som udsugning og varmegenvinding.

Indblæsningen med udeluft og udsugningen skal i normalklasserum være mindst 5 l/s pr. person, samt 0,35 l/s pr. m² gulv. Samtidig skal det sikres, at CO₂ indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. CO₂.



Ventilation og Indeklima

Hvis der benyttes et ventilationsanlæg med behovsstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal.

Ved benyttelse af særlige byggetekniske tiltag, som fx større rumvolumener pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder muligheder for tværventilation, kan kravet om mekanisk ventilation fraviges under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima.

Naturlig ventilation kan i visse tilfælde dække behovet, i andre tilfælde bør der stilles krav om hybrid eller mekanisk ventilation for at opnå et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima. Rum, hvor ventilationsbehovet kan dækkes med naturlig ventilation, kan f.eks. være kontorrum, hotelværelser og visse typer forretningslokaler. Rum, der kræver særlige opmærksomhed ved naturlig ventilation og som kan kræve hybrid eller mekanisk ventilation, kan f.eks. være kontorrum til mange personer, forsamlingslokaler, møderum, kantiner, restauranter og rum på hospitaler. Ventilationens størrelse kan f.eks. fastlægges på grundlag af DS 447, Norm for mekaniske ventilationsanlæg.

Affaldsrum

Affaldsrum skal ventileres med et ventilationsanlæg, der enten skal være et udsugningsanlæg kombineret med åbninger til det fri eller et indblæsnings- og udsugningsanlæg. Kravene til ventilationen er:

- Tilførsel af udeluft ved rist eller åbning til det fri ved gulv. Åbningarealet skal kunne tilføres en volumenstrøm svarende til den udsugede volumenstrøm. Ved benyttelse af indblæsningsanlæg skal den indblæste volumenstrøm svare til den udsugede volumenstrøm.
- Udsugning skal ske med en volumenstrøm på 1 l/sek. pr. affaldsbeholder, dog mindst 15 l/sek.

Affaldsskakter

Kravene til ventilation af affaldsskakter er:

- Tilførsel af udeluft fra det fri ved gulv med et areal på 25 cm² pr. skarnboks.
- Udsugning med en volumenstrøm på 80 l/sek. når en indkastningslåge eller dør til skarnboks er åben.

Andre rum

For andre rum end de ovenfor nævnte skal ventilationsanlægget dimensionering godkendes af kommunalbestyrelsen.



Komponenter

Et ventilationsanlæg opbygges af mange delkomponenter, som eksempel ventilator, spjæld, indblæsnings- og udsugningsåbninger, varmeblade med tilhørende reguleringsventil, reguleringsudstyr m.m. En forudsætning for at anlægget skal fungere tilfredsstillende er, at systemet er rigtigt dimensioneret og at komponenterne kan fungere sammen i systemet

Luftindtag og luftafkast

Luftindtaget skal være placeret således, at kortslutning med luftafkast undgås, hvilket vil sige, at indtaget ikke bør placeres i den fremherskende vindretning for afkaståbninger. Det bør være placeret mindst 0,15 m over terræn. I trafikerede områder mindst 5 m over terræn.

Luftafkastet bør være placeret således, at afkastluften ledes direkte til det fri. For etagebyggeri skal dette ske over tag og i passende afstand fra luftindtag, vinduer og opholdsarealer.

Luftindtaget skal være konstrueret således, at nedbør ikke trænger ind i ventilationsanlægget.

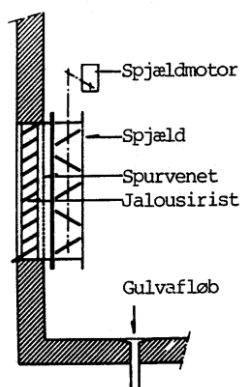


Illustration: Lindab Ventilation A/S

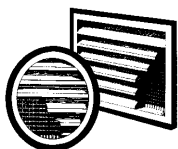


Foto: Lindab Ventilation A/S



Ventilation og Indeklima

Er risten placeret i terrænniveau, skal rensning af ristens gæller foretages ofte (i efteråret måske op til flere gange dagligt). Ved placering højere oppe vil det ofte være tilstrækkeligt at tilse denne komponent en gang i kvartalet.



Er der spurvenet bag ved risten, kan dette net være årsag til store tryktab og dermed faldende luftvolume. Nettet skal derfor rengøres med de samme intervaller, som er gældende for indtagsristen.

Illustration: Lindab Ventilation A/S

Afkastristen skal renses med jævne mellemrum alt afhængig af, hvor forurenet den afkastede luft er.

Rengøringsarbejdet gennemføres med en kombination af trykluft, vand og børste – afhængig af belastning og tilsmudsningsgrad.

Filtre



Den luft, som suges ind i et klimaanlæg fra det frie (udeluft), indeholder en vis mængde urenheder. Mængden vil være afhængig af omgivelsernes karakter, men som en gennemsnitsværdi kan der regnes med 0,1 til 0,2 mg/m³.

Posefilter

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Det er hovedsagelig partikler større end 10µm, der forårsager synlig tilsmudsning. Partikler mindre end 10µm betragtes som sundhedsfarlige, fordi partiklerne ved indånding føres ned i lungerne.



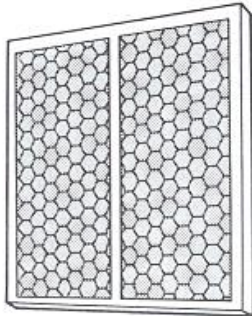
Nedenfor: eksempler på filtertyper



V-cellefilter
Foto: Kim Hansen, Hoverdal



Posefilter
Foto: kim Hansen, Hoverdal



Panelfilter
Illustration: Lindab Ventilation A/S



Kanalfilter
Illustration: Lindab Ventilation A/S



Ventilation og Indeklima

Filtre kan herefter opdeles i 3 klasser:

Grovfiltre	G 1 G 2 G 3 G 4	Er fremstillet af syntetiske fibre, glasfiber eller specielt imprægneret bomuld. Filtreringen er kun effektiv for partikler større end 4-5 μm Lufthastigheden bør maks. være 2,5 m/sek., da udskilningsgraden reduceres kraftigt ved større hastigheder. Begyndelsestryktab over filtret bør være ca. 30 Pa og sluttrykket over filtret bør ikke være større end ca. 130 Pa.
Finfiltre	F 5 F 6 F 7 F 8 F 9	Er almindeligvis fremstillet af glasfiber eller syntetiske fibre. God filtrering af partikler større end 0,1 μm. Lufthastigheden gennem filtrets frontareal bør højst være 2-3 m/se. af hensyn til tryktabet. Begyndelsestryktabet over filtret bør være 50-100 Pa. Sluttryktabet over filtret bør normalt ikke vælges større end 200-500 Pa.
Mikrofiltre	H 10 H 11 H 12 H 13 U 14	Fremstilles af glasfibre med separator af papir, plast eller aluminium. Filteret er effektivt over for partikler større end 0,01 μm. Lufthastigheden gennem filtrets frontareal bør højst være omkring 0,5-1,0 m/sek. Begyndelsestryktabet over filtret er den angivne volumenstrøm 250 Pa. Sluttryktabet over filtret vælges afhængigt af den ønskede levetid og driftsøkonomi.



Ventilation og Indeklima

	Generelt	Anvendelsesområde
G 1	Beskytter mod ophobning af tekstilfibre og insekter. Ineffektiv til udskillelse af røg, blomsterstøv og partikler, som forårsager pletter, f.eks. sod, olietåge.	• Varmevekslere, befugtere og ventilatorer. • Indblæsningsanlæg med ringe krav til luftrensning. • Vinduesaggreager.
G2	Tilstrækkeligt effektivt mod blomsterstøv.	• Varmt- og koldtluftagregater • Indblæsningsanlæg til: Transformatorstationer, garager, almindelige industrilokaler og andre rum med ringe krav til filtreringen.
G 3	Ineffektiv mod røg og partikler som forårsager pletter, f.eks. sod	• Som forfilter for finfilter. • Varmluftanlæg i parcelhuse.
G4	Begrænset virkning mod røg og sværende partikler	• Som ovenfor • Indblæsning i køkkener og sprøjtemalerum
F 5	Udskilning af blomsterstøv (pollen) og finere atmosfærisk støv.	• Indblæsnings og patielle- anlæg for skoler.
F 6	Væsentlig reduktion af partikler som forårsager pletter, sod. Ineffektiv mod tobaksrøg	• Ventilationsanlæg til kirker, varehuse, idrætshaller, skoler, hoteller m.fl. • Levnedsmiddelforretninger.
F 7	Effektivt mod alle typer støv incl. partikler som forårsager pletter, sod og olietåge. Delvist virksomt mod tobaksrøg. Den høje virkningsgrad er delvist virksom mod bakterier.	• Anlæg som ovenfor men hvor der er større krav til renhed. • Levnedsmiddelindustrien, laboratorier, hospitalsstuer, kontorbygninger, teatre, slagterier, Tv-studier, edb-rum.
F 8	Meget effektiv mod partikler som forårsager pletter såsom sod og olietåge. Meget effektiv mod bakterier. Ret effektiv mod tobaksrøg.	• Operationsstuer, steriliseringsrum, optiske og elektroniske fabrikationslokaler, laboratorier. • Indblæsning for edb-udstyr.
F 9		



Service

I DS 447 er angivet, at alle komponenter, der kræver pasning og vedligeholdelse, skal være let tilgængelige og skal monteres sådan, at arbejdet kan foregå på en sikkerheds- og hensigtsmæssig forsvarlig måde.

Aggregaterne er mærket på en måde, der gør det let at forstå funktion og betjening.

Der skal ligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion samt et sæt hovedtegninger med angivelse af måle- og kontrolpunkter.

Et filter bør være udstyret med filtervagt, som viser, hvornår udskiftning eller rengøring skal foregå.

Engangsfiltre, der har en stor støvakkumuleringssevne udskiftes og bortkastes, når tryktabet over filtret har nået den maksimalt tilladelige værdi.

For **grovfiltre** bør sluttrykket normalt ikke vælges større end **ca. 110-130 Pa**. Levetiden varierer fra fabrikat til fabrikat. Som en grov tommelfingerregel kan regnes med en levetid på 4 til 6 mdr.

For **finfiltre** bør sluttryktabet normalt ikke vælges større end **200-250 Pa**. Afhængig af filterklasse og støvbelastning kan regnes med en levetid på 5-6000 timer.

Som tommelfingerregel kan filtret sidde til sluttrykfaldet målt over filtret er 150 Pa over starttrykfaldet.

Spjæld

Afhængig af hvad spjæld i ventilationsanlæg skal bruges til, kan de inddeles i:

- Reguleringspjæld
- Brandspjæld
- Røgspjæld
- Afspærringspjæld
- Overtrykspjæld
- Indreguleringspjæld



Ventilation og Indeklima

Reguleringsspjæld

Reguleringsspjæld anvendes, hvor der ønskes en automatisk regulering af luftstrømmen (volumenstrømme) f.eks. i forbindelse med blandekammer, by-pass eller luftstrømmen til og fra rum.

Ved kanaldimensioner op til 300mm anvendes pladespjæld, medens der ved dimensioner over 300mm anvendes jalouispjæld enten med parallelgående eller modsatgående blade.

Brandspjæld

Myndighederne kræver, at der i henhold til brandlovgivningen skal sikres mod brandspredning via ventilationsanlæg (DS 428).

Brandspjæld skal lukke, når luftens temperatur ved smelteledet eller temperaturføleren er 70 °C.

I nye anlæg er det ikke længere tilladt at bruge brandspjæld med smelteled.

Røgspjæld



Røgspjæld anbringes, hvor der i henhold til lovgivningen kræves sikring mod røgspredning.

Motoren er forsynet med en forspændt fjeder, som lukker for spjældet ved spændingssvigt.

Foto: Lindab Ventilation A/S

Afspærringsspjæld/driftsspjæld

Disse spjæld arbejder efter on/off-princippet og der stilles ingen krav til reguleringskarakteristik. Deres funktion i anlægget kan være:



- at lukke for indtag og afkast når anlægget stopper
- at lukke for indtag og afkast ved frostalarm
- at lukke for indtag ved brandalarm
- at lukke for returkanal ved stop af anlægget

Foto: Lindab Ventilation A/S



Overtryksspjæld

Overtryksspjæld anvendes for at hindre luftpassage ved stilstand, d.v.s., at først, når der er opbygget et svagt undertryk, åbner spjældet og giver fri passage for ventilatorens luftstrøm.

Indreguleringsspjæld

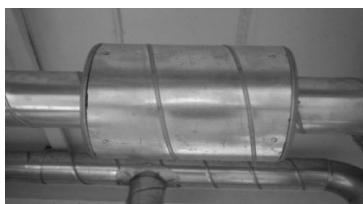
Indreguleringsspjæld anbringes i kanalsystemet hvor, der er behov for at kunne etablere balance i volumenstrømmene. Dette gøres ved at indsætte modstande (indregulerings-spjæld) på udvalgte steder i kanalsystemet.

Spjældene nedenfor er udstyret med skala og målestuds, til brug ved indregulering og efterkontrol af luftmængder.



Foto: Lindab Ventilation A/S

Lyddæmper



I ventilationsanlæg vil det næsten altid være nødvendigt med en lyddæmpning.

Lyddæmpere kan være udført af et perforeret rør omsluttet af mineraluld og en kappe eller de kan være udført i rektangulære kasser med lydbafler.

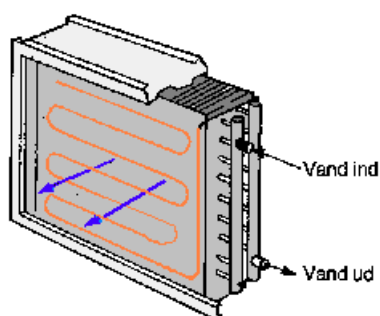
Foto: Kim Hansen, Hoverdal



Varmeflader

Lamelvarmeflader er opbygget af et antal rør med påsatte lameller og indbygget i en pladeramme. Rørene sammenkobles ved hjælp af bøjninger til rørslinger og tilsluttes tilgangs- og afgangssamlerør.

Når varmefladen anvendes for opvarmning af luft med tilgangstemperaturer under 0 °C, må man være opmærksom på frostfaren.



Risikoen for, at varmefladen fryser, opstår, når vandets gennemstrømningshastighed reduceres eller ophører. Når tilførslen af varme ophører, skal ventilatoren standses og der skal træffes foranstaltninger til at hindre, at varmefladen udsættes for frost. Frostfaren elimineres mest effektivt, ved at varmefladen konstant gennemstrømmes af den fulde vandmængde svarende til fuld belastning.

Illustration: John Johansson, Hoverdal

Regulering af varmeydelsen bør foretages ved at regulere på vandets fremløbstemperatur, f. eks. ved at arrangere separat kredsløb med en shuntregulering og egen pumpe for hver varmeflade.

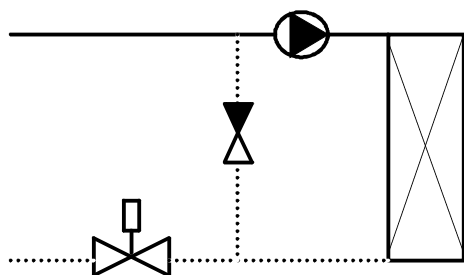
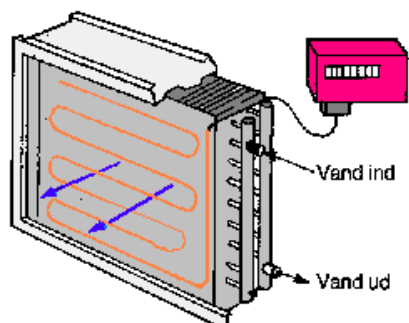


Illustration: John Johansson, Hoverdal

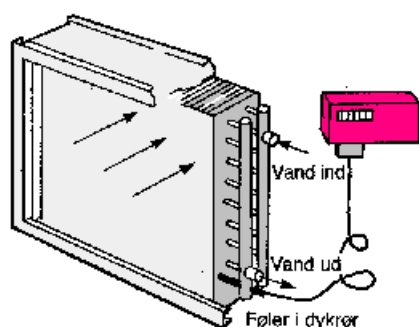


Frostbeskyttelse



Den mest benyttede metode til at frostbeskytte en varmeplade er at montere et dampfyldt kapillarrør på 5-6 m, som aktiveres hvis blot ca. 30 cm. bliver koldt, selvom den øvrige længde stadig er varm. Følerhuset skal være monteret varmt og i toppen af varmepladen. Kapillarrøret skal være "syet" pænt på varmepladen og dække denne helt. Indstilling 5 – 7°C.

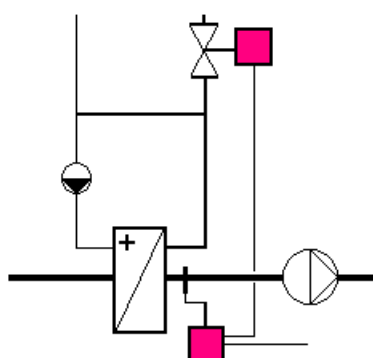
Illustration: John Johansson, Hoverdal



En anden mulighed til frostsikring er en punktføler anbragt inde i et af de rør, der er i luftstrømmen.

Illustration: John Johansson, Hoverdal

Funktion



Frosttermostater standser ventilatoren, åbner motorventilen til varmepladen, lukker friskluftspjældet og giver alarm.

Hvis der er monteret stilstandstermostat, er denne kun indkoblet ved stop af anlægget. Føleren er placeret foran varmepladen og hvis temperaturen falder til under den indstillede værdi, tvangsåbner varmeventilen.

Illustration: John Johansson, Hoverdal

Kuldenedfald i kanalerne kan aktivere en frosttermostat.



Køleflader

Anlæg for køling af indblæsningsluften må kun installeres, når tilfredsstillende indeklimaforhold opnås energiøkonomisk hensigtsmæssigt. Installation af køling forudsætter, at andre foranstaltninger, fx. solafskærmning og fjernelse af varmeudvikling fra maskiner, belysning m.v. ikke er tilstrækkeligt til at opretholde af tilfredsstillende forhold.

Service

Varme- og køleflader kræver kun lidt pasning, men for at undgå reduktion af anlæggets ydelse skal fladerne efterses og eventuelt renses ca. 1 gang årligt.

Behovet for rengøring konstateres ved:

- at sammenligne det aktuelle trykfald på luftsiden med trykfaldet ved ren flade
- at gennemlyse fladen

Rengøring foretages med stoppet ventilator, og kan ske enten ved én eller flere metoder:

- rengøring ved børstning og efterfølgende støvsugning
- renblæsning med trykluft og efterfølgende støvsugning
- fastsiddende belægninger kan løsnes med en træpind
- spuling med vand
- ved fedtbelagte varmeplader benyttes et fedtopløsende middel før spulingen

I forbindelse med rengøringen kontrolleres fladerne for utætheder og korrosion. Hvis lamellerne er beskadiget, kan de som regel repareres med en specialkam. Ved større skader på kobberrør og samlerør må fladerne repareres på værksted.

Hvis bygningen skal stå uopvarmet i en længere periode om vinteren, skal systemet tømmes for vand. Aftapning af vandet i en varmeplade og køleplade med frostbeskyttelse kan foretages ved at åbne udluftningshanen og fjerne rørproppen ved siden af nederste rørtilslutning. Eventuelt anvendes trykluftudblæsning for at få alt vand ud af rørene.



Ventilation og Indeklima

Varmegenvinding

Ventilationsanlæg skal udføres med varmegenvinding med en temperaturvirkningsgrad på mindst 70 %.

Ved villaventilationsanlæg er kravet 80 %.

Kravet kan dog fraviges, når afkastningsluftens overskud af varme ikke på rimelig måde kan udnyttes. Varmegenvinderen kan kombineres med en varmepumpe til varmegenvinding. Denne skal have en COP på minimum 3,6 i opvarmningstilstand (heating mode).

Oversigt over varmegenvindingssystemer

	Temperaturvirkningsgrad varm/fugt	Overføring af fugt	Bevægelige dele	Filter foran	Rengøring	Overføring af forurening fra afkast
Returluft	100/100	JA	JA	JA/NEJ	NEJ	JA
Roterende varmeveksler	85/85 %	JA	JA	JA	JA	JA
Væskeskoblede batterier	50-65 %	NEJ	JA	JA	JA	NEJ
Krydsvarmeveksler	50-65 %	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ
Modstrømsveksler	85%	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ

Væskeskoblede batterier

Hvis luftkanalerne ligger langt fra hinanden, kan man ofte med fordel anvende varmevekslere. Varmeoverføringen sker ved, at en væske (ofte en glykoloopløsning), der har et passende lavt frysepunkt, cirkulerer mellem de to genvindingsflader.

Rørsystemet er forsynet med ekspansionsbeholder, reguleringsventil, sikkerhedsventil, manometer, udluftsventil, påfyldningsventil termometre og en cirkulationspumpe.

Temperaturvirkningsgraden falder ved for store lufthastigheder gennem batterierne. Ligeledes har den cirkulerende væske indflydelse på temperaturvirkningsgraden. Som tommelfingerregel kan regnes med, at temperaturvirkningsgraden falder med 1 % for hver 10 % glykol, der er i den cirkulerende væske.



Roterende vekslere

Den roterende varmeveksler (regenerative) kan overføre såvel varme som fugtighed.

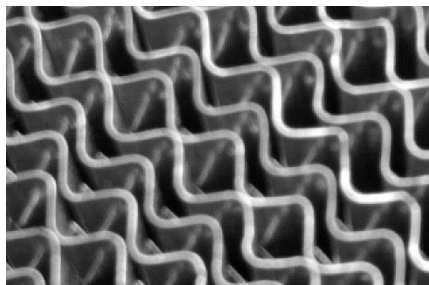


Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Den består af en cylindrisk rotor, der er opbygget med et meget stort antal små porøse kanaler, der er parallelle med luftstømmens retning.

Rotoren drejes af en gearmotor med enten variabelt eller konstant omdrejningstal og regulering sker ved ændring af omdrejningshastigheden eller ved by-pass spjæld på luftsiden.

For at undgå, at friskluften iblandes mere eller mindre forurenet afkastluft, er veksleren forsynet med såkaldt renblæsningssektor.

Service

Roterende varmevekslere er til en vis grad selvrensende, hvilket hovedsagelig skyldes, at luftretningen i de små kanaler ændres ca. hvert 3 sek. ved omdrejningstal på 10 o/min.. Skulle rensning blive nødvendig, kan samme fremgangsmåde anvendes som for krydsvarmeveksleren.

I roterende varmeveksler vil der forekomme lækage mellem de to halvdele. Lækagen skyldes, at tætningslisterne mod rotorens endeflader ikke slutter tæt og at der er forskelligt tryk mellem luftstrømmene.

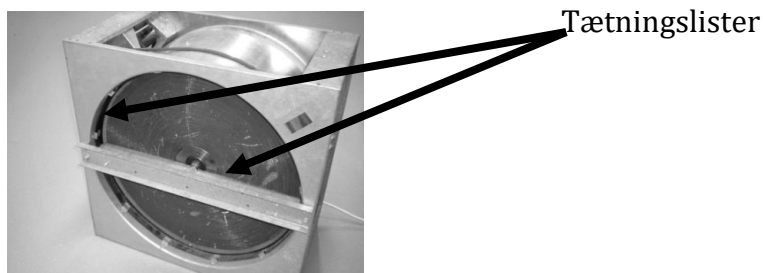


Foto: Kim Hansen, Hoverdal



Ventilation og Indeklima

Når tætningslisterne bliver slidt eller bliver stive, skal de udskiftes.

Remmen (kæden) holdes normalt automatisk spændt ved, at motorkonsollen er op-hængt med forspændte fjedre eller trækket er forsynet med separate remspændere. Slidte remme skal udskiftes.

Når renblæsningssektoren er korrekt justeret under hensyn til de herskende tryk, sker der en fuldstændig udblæsning af rotoren, så den ikke overfører afkastluft (forurening).

Krydsvarmeveksler



Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Krydsvarmeveksleren består af et antal, kor-rugerede (bølgede) kvadratiske plader i et an-tal der er nødvendigt for, at den ønskede luft-mængde kan ledes igennem ved en passende hastighed. Varmeveksleren indskydes i kana-lerne for udeluft og afkastluft på en sådan må-de, at afkastluften strømmer på den ene side af pladerne, medens friskluften strømmer på den anden side.

Flere varmevekslere kan, når det er nødven-digt, monteres i serie eller parallel.

Hvis der er risiko for, at den koldeste luftstrøm kommer under dugpunktstemperaturen, skal der sørges effektivt for bortledning af kondensvand.

I anlæg, hvor den bundne varme frigøres ved vanddampens afkøling under dugpunktet og dermed kondensere, overføres der ikke fugtighed, da de to luftstrømme er adskilt.

Bunden i varmeveksleren er udført som en drypbakke med afløb for kondensvand.

Varmeblokken kan udtages for rengøring. For at undgå tilsmudsning, især når/hvis der udskilles vand, skal der anbringes filter i kanalen foran varmeveksleren.

Krydsvarmeveksler med by-pass.

Der er to grunde til, at der eventuelt vælges by-pass i forbindelse med krydsvarmeveks-ler:

- temperaturstyring
- optøning af krydsvarmeveksleren om vinteren



Temperaturstyring

I den varme årstid kan det ofte forekomme, at rumtemperaturen f.eks. på grund af solstråling er højere end udetemperaturen. I sådanne tilfælde vil by-pass spjældet åbne og jalousispjældet vil lukke for veksleren. Derved føres friskluften uden om veksleren og opvarmes ikke men føres direkte ind i det rum, som skal køles.

Optøning af krydsvarmeveksleren om vinteren

For at by-pass spjældet kan bruges til optøning, skal veksleren være forsynet med en trykvagt. Hvis der dannes is på vekslerens udsugningsside, vil tryktabet i veksleren langsomt stige. Normalt skal trykvagten være indstillet på 150 Pa over det nominelle tryk. Overskrides dette tryk i veksleren, åbner by-pass, så den kolde friskluft bliver ført forbi veksleren, som optøs ved hjælp af den varme udsugningsluft.

Ved afisning føres som beskrevet, den samlede luftmængde forbi veksleren. Dette betyder, at der i den periode, der afises, ledes kold luft direkte ind til varmefladen som i denne periode skal levere ekstra meget energi. For at undgå dette er visse typer krydsvekslere sektionsoptelt.

En afdækningsplade føres langsomt ved hjælp af en motor over veksleren, som afises stykke for stykke. Alternativt kan jalousispjældet over veksleren være opdelt i flere sektioner, hvoraf et af spjældene hele tiden er lukket, så en del af veksleren hele tiden afises.



Kondensafløb

Afkastluft med høj relativ fugtighed kan give anledning til kondensvand ved passage af veksleren. Ligeledes udkondenseres der vand, hvis anlægget er forsynet med varmepumpe. Dette vand opsamles i en indbygget vandbakke.

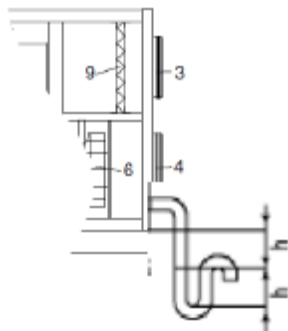


Illustration: Lindab A/S

I anlæg, hvor der udkondenseres vand, skal der monteres en vandlås i afløbsrøret svarende til undertrykket, så der ikke suges falsk luft ind gennem afløbsrøret. Den effektive vandlåshøjde h (mm) skal være større end det maksimale undertryk i aggregatet. ($1\text{ mm WS} = 10\text{ Pa}$).

Højdeforskellen mellem afløbsstuds og vandlåsudløb skal også have højden h .

Efter længere tids stilstand skal vandlåsen efterfyldes med vand.

Returluft

Returluft anvendes kun, når ventilationsanlægget anvendes til opvarmning eller køling.

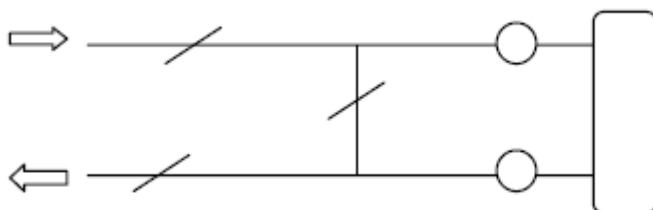


Illustration: Kim Hansen, Hoverdal



Ventilation og Indeklima

Ventilatorer

En centrifugalventilator (radialventilator) består af et spiralformet hus med suge- og trykside og et løbehjul.

Løbehjulet kan have fremadbøjede (F-hjul) eller bagudbøjede skovle (B-hjul), der giver ventilatoren forskellige karakteristiske egenskaber.

Radialventilatorerne kan være remtrukne eller direkte koblet til en motor.



Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Ventilatorer med fremadbøjede skovle leverer relativt store luftmængder med høje tryk ved et lavt omdrejningstal.

På grund af det lave omdrejningstal ligger støjniveauet forholdsvis lavt.

Ventilator type benyttes først og fremmest ved

- anlæg, hvor der er et konstant trykfald
- anlæg, hvor der er store volumenvariationer gennem f.eks. åbning og lukning af udblæsningsåbninger.
- anlæg, hvor der er krav om lavt støjniveau.



Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Ventilator med bagudbøjede skovle, er velegnet til at overvinde høje tryktab. Samtidig ligger ventilatorens virkningsgrad væsentlig højere end ved fremadbøjede skovle.

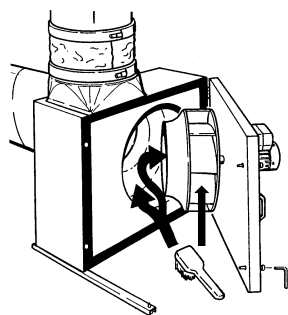
Ventilator benyttes først og fremmest ved

- anlæg, hvor der er forholdsvis store trykssvingninger som f.eks. finfiltre og blandedele.
- anlæg, der har store tryktab
- anlæg, der skal have en høj effektivitet

Denne type ventilator har almindeligvis en virkningsgrad på op til 85 %.



Service



I mange tilfælde kan ventilatoren køre i årevis uden at blive tilsmudset, men udsugningsventilatorer, som suger fra snavsede rum, kan efterhånden blive belagt med fedtet snavs.

Så længe dette snavs sidder jævnt fordelt på løbehjulet, sker der kun det, at ventilatorens kapacitet bliver forringet. Men bliver noget af snavset, på grund af centrifugalkraften pludselig slynget af, opstår der vibrationer med fare for ødelæggelse.

Illustration: Lindab Ventilation A/S

Fra fabrikken er ventilatorhjulet omhyggeligt afbalanceret for at sikre vibrationsfri drift. Hvis der under driften opstår rystelser, skyldes det som regel støvaflejringer på hjulet og rystelserne vil da ophøre efter rengøring.

Nødvendig rengøring kan foretages med støvsuger eventuelt kombineret med børstning og afskrabning. Ved fedtholdig belægning benyttes fedtopløsende middel kombineret med afvaskning.

Fleksible forbindelser mellem ventilator og kanaler kontrolleres for tæthed og sammenstrykning. Der må ikke være direkte kontakt mellem ventilator og kanalsystemet og den fleksible forbindelse må ikke være strakt helt ud. Utætte forbindelser skal udskiftes.

Er ventilatoren opstillet på svingningsdæmpere, kontrolleres det, om disse kan arbejde uhindret og ikke er revnede eller på anden måde ødelagt.

Beskadigede svingningsdæmpere skal udskiftes, da der kan opstå lydproblemer. Ved opstart kontrolleres det, om ventilatoren har korrekt rotationsretning.



Ventilation og Indeklima

Remme

Ved remtrukne ventilatorer skal remmenes tilstand og stramning til stadighed overvåges. Som en almindelig regel for, hvor stramme remme skal være, kan anføres, at hvis man med hånden sætter remmene i svingninger, skal disse føles "levende". Virker svingningerne "døde", er remmene for slappe.

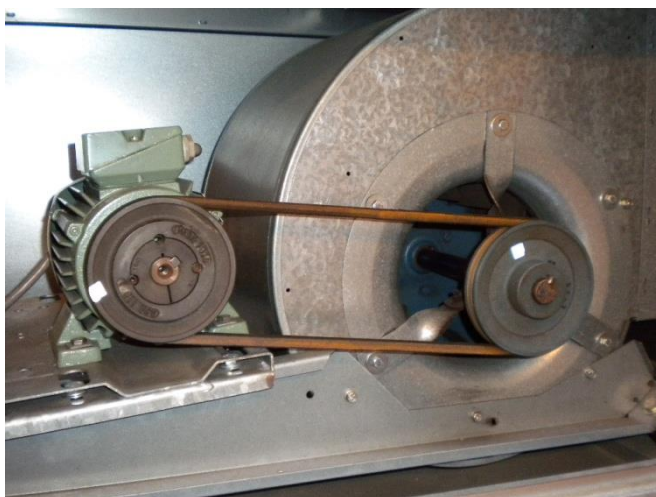


Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Når nye remme har kørt et stykke tid, sætter de sig i sporene, hvorved remspændingen mindskes. De skal derfor efter et stykke tid efterspændes.

En mere nøjagtig måde at måle remspændingen på er at anvende et specielt måleapparat til måling af remspænding. Centerafstanden måles i mm..

Centerafstanden ganges med 0,015 og resultatet giver remmens nedbøjning i mm.

Hvis en rem er slidt og skal udskiftes og remtrækket består af flere remme, er det nødvendigt at udskifte alle remme.

Driftsøkonomi

Ventilationsanlæg dimensioneres ofte ud fra max. belastning, som dog sjældent er det driftsområde, hvor anlægget kører hele tiden. Derfor kan det være nødvendigt af hensyn til reduktion af energiforbruget at behovsstyre ventilationsanlægget.



Ventilation og Indeklima

Anlægstyper

Ventilations- og/eller klimaanlæg er sammensat af følgende dele:

Luftbehandlingsdelen f.eks. en central (agregat), hvorfra der føres kanaler (kanalsystemet) til de respektive rum og forbindes med indblæsnings- og udsugningsarmaturer og en reguleringsdel, som omfatter styring af eksempelvis temperatur, fugt og luft.

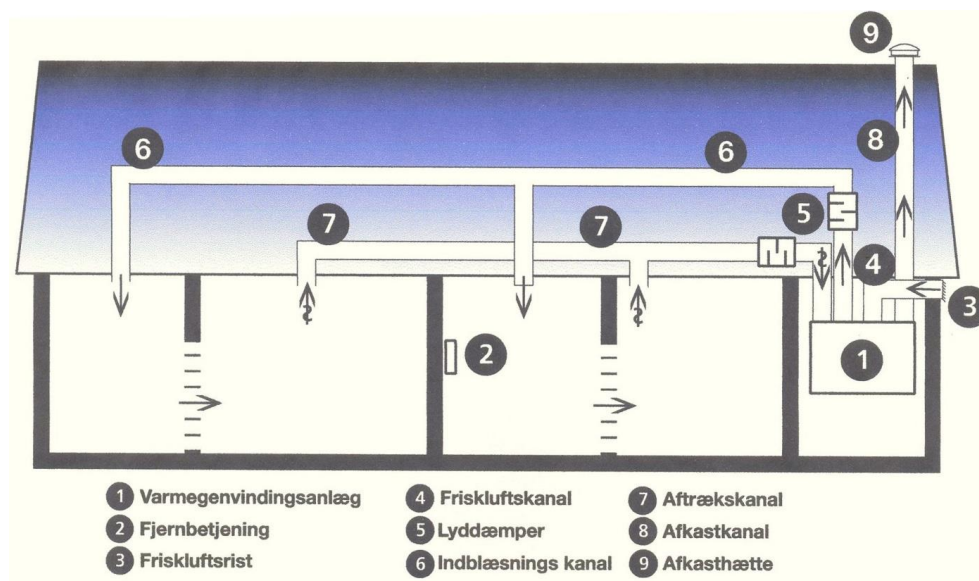


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Til at beskrive et anlæg entydigt sammenfattes ofte nogle af anlæggets tekniske egenskaber således:

Klimaanlæg/VAV/dyse/fuldstændig opblanding.

Hvilket betyder, at det er et klimaanlæg med Variabel indblæst Volumenstrøm (luftmængde), der gennem dyser giver en fuldstændig opblanding.

Ventilationsanlæg (udsugning)/CAV/ventiler/opblanding.

Hvilket betyder, at det er et ventilationsanlæg med konstant udsuget volumenstrøm (CAV) udsugningsventiler – ”opblanding” henviser til, at der er konstant tilstrømning af luft fra omgivelserne.

Ventilationsanlæg (udsugning)/DCV/ventiler/opblanding.

Hvilket betyder, at det er et ventilationsanlæg med variabel udsuget volumenstrøm (DCV) udsugningsventiler, hvor CO₂ niveauet er bestemmende for ventilationsraten.



Ventilation og Indeklima

Eksempler på ventilationsaggregater:



Foto: Lindab Ventilation A/S



Foto: Lindab Ventilation A/S

Hybrid ventilation

Hybridventilation, er transport og udskiftning af luft med det formål at forbedre luftkvaliteten, ved udnyttelse af såvel naturlige som mekaniske drivkræfter. Nogle typer hybridventilation er baseret på i nogle perioder at fungerer ved hjælp af naturlige drivkræfter og i andre perioder ved hjælp af mekaniske drivkræfter. Ved andre typer af hybridventilation reguleres ydelsen af mekaniske drivkræfter (ventilatorer) kontinuerligt op eller ned, i takt med at de naturlige drivkræfter svækkes eller øges.

Fortrængningsventilation

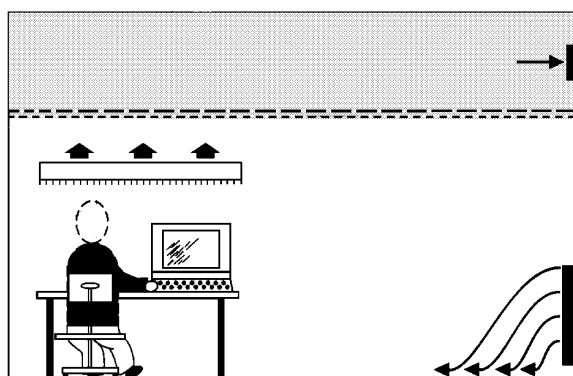


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Ved fortrængningsventilation er de termiske kræfter fra varmekilderne i rummet, der styrer luftfordelingen. Luften tilføres rummet direkte i opholdszonen i gulvniveau – med lav hastighed og undertemperatur. Luften udbreder sig over hele gulvet og fortrænger den varme forurenede luft, som føres til loftet af konvektionsstrømme fra varmekilderne. Udsugningen sker ved loftet, hvor der danner sig et varmt forurenende lag.

Ventilationseffekten ved fortrængningsventilation er på grund af lagdeling større end ved opblandingsventilation. Den forøgede ventilationseffekt betyder, at der kan spares køleeffekt eller tilsvarende udnytte udeluftens køleeffekt bedre.

Fortrængningsventilation kan under normale forhold ikke anvendes til opvarmning.



Opblandingsventilation

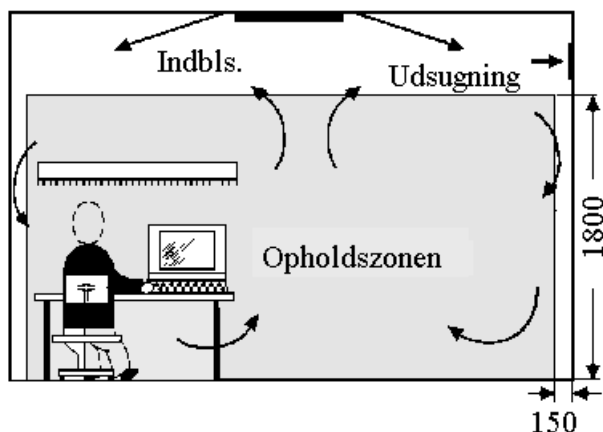


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Ved opblandingsventilation tilføres luften med relativ stor hastighed uden for opholdszonen som regel fra loft eller væg. Den store indblæsningshastighed medfører, at der medrives en betydelig mængde rumluft. Indblæsningshastigheden bør holdes på et niveau, der sikrer, at opblandingen er effektiv og at hastigheden er faldet til det ønskede niveau inden strålerne når opholdszonen. Dette stiller krav til indblæsningsarmaturets effektivitet med hensyn til indblæsningshastighed og opblanding.

Ved indblæsning af luft med overtemperatur – d.v.s. højere end rumluftens temperatur, kræver det en betydelig energi at tvinge luften ned i opholdszonen, da luften er lettere end rumluften. Kravet til indblæsningshastighed stiger med loftshøjden og stigende overtemperatur. Ved stor loftshøjde er det som regel nødvendigt at blæse luften direkte lodret nedad.

Kontrolventilationsanlæg

Kontrolventilationsanlæg er et ventilationsanlæg bestående af mekanisk udsugning og åbninger til det fri, f.eks. udeluftventiler. Anlægget anvendes, hvor der stilles særlige krav til tryktabet over udsugningsarmaturene.



Foto: Lindab Ventilation A/S



Armaturer

Rundrørsrist

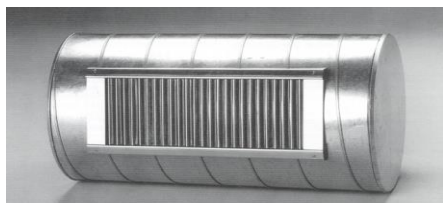


Foto: Lindab Ventilation A/S

Rundrørsristen anvendes både som indblæsnings- og udsugningsarmatur. På bagsiden kan den være forsynet med stilbare lameller så luftstrålen ved indblæsning kan styres i den ønskede retning. Endvidere kan den leveres med et indstilleligt spjæld på bagsiden, som fordeler luften ud over hele riste arealet.

VAV-diffusor



Foto: Lindab Ventilation A/S

Fælles for alle VAV-anlæg gælder, at de varierer volumenstrømmene (luftmængden) afhængig af behovene. VAV-anlæg kan udføres både med fortrængningsventilation og med opblandingsventilation, evt. begge principper i begge anlæg.

Variationerne i volumenstrømmen (luftstrømmen) frembringes af spjæld, udformet som runde eller firkantede kanalspjæld eller ved hjælp af motoriserede indblæsningsarmaturer.

VAV-diffusor for indblæsning af varierende volumenstrøm (luftmængde). Der er et indbygget motorspjæld, som sidder i selve diffusoren. Spjældstillingen kan styres direkte fra en rumtermostat eller CTS-anlæg.

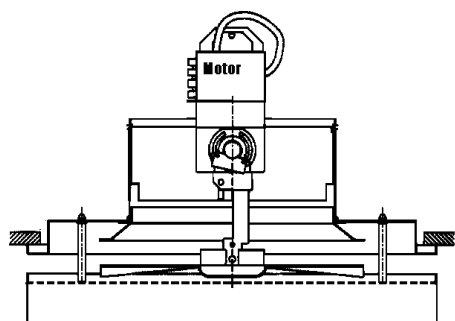


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Fortrængningsarmatur



Ventilation og Indeklima



Armaturer til fortrængningsventilation bør aldrig være placeret lige ved siden af en varmekilde f.eks. radiator eller lignende, da det vil forstyrre systemet.

Armaturerernes placering i rummet og en for stor volumenstrøm gennem armaturet forøger nærzonearealet, som er det område omkring armaturet, hvor der ikke kan forventes acceptable klimatiske forhold.

Foto: Lindab Ventilation A/S

Kontrolventil udsugning



Foto: Lindab Ventilation A/S

Kontrolventil for udsugning, monteres direkte i spirorør ved hjælp af en standardbajonetfatning.

Volumenstrømmen indstilles ved hjælp af den drejelige koniske indsats, som kan skrues ud eller ind afhængig af den ønskede volumenstrøm.

Indstillingen sker ved en trykfaldsmåling (totaltrykfald) over armaturet. Man måler den koniske indsats position $\pm$ mm.. Herefter anvendes det af producenten udarbejdede diagram for bestemmelse af volumenstrømmen (luftmængden).

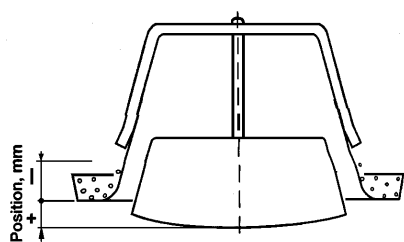


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Indblæsningsdyser



Ventilation og Indeklima



Gummidyser anvendes bl.a. til komfortventilation i maskinrum, industrihaller og sportshaller.

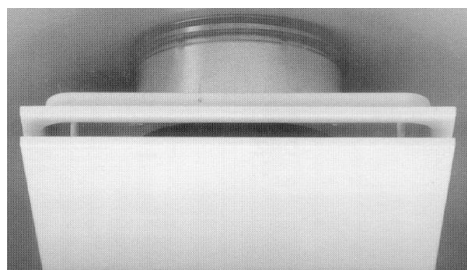
Gummidysen er drejelig med henblik på at retningsbestemme luftstrømmen, den kan monteres direkte i rør.

Foto: Lindab Ventilation A/S



Drejelig indblæsningsdyse til indblæsning i større lokaler som sportshaller, industrihaller m.m. hvor der ønskes en lang kastelængde. Dysen kan drejes frit i alle retninger.

Foto: Lindab Ventilation A/S



Loftsdiffusor anvendes til såvel indblæsning som udsugning. Den kan fås med tilbehør så luftmønsteret kan tilpasses det aktuelle behov.

Armaturet kan kombineres med en trykfordelerboks, når den anvendes som indblæsningsarmatur. Trykfordelerboksen anvendes til at give en jævn ensartet luftfordeling ved diffusorer med rund tilslutning.

Foto: Lindab Ventilation A/S

Indblæsningsmønstre for loftsdiffusor

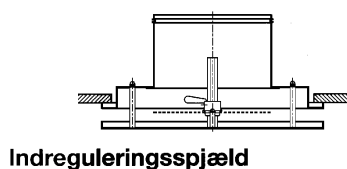


Flerspaltet armatur er konstrueret således, at luften tilføres gennem spalter mellem flere diffusorringe. Disse kan ligge plant med udløbstværsnittet eller nedbygget under hinanden.

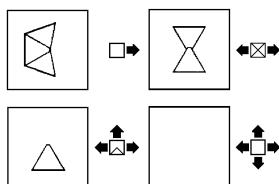
Flerspaltede armaturer kan anvendes både til over- som undertempereret luft.

Foto: Lindab Ventilation A/S

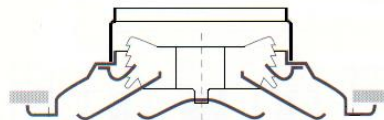
Indstilling af diffusoren ved horisontal og vertikal indblæsning.



Indreguleringsspjæld



Horisontal



Vertikal

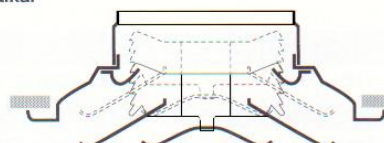


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Illustration: Lindab Ventilation A/S

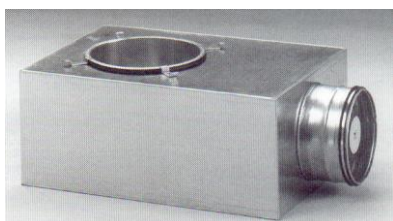


Foto: Lindab Ventilation A/S

Trykfordelerbokse anvendes sammen med diffusorer og riste. Disse bokse sikre jævn tilgangshastighed, indeholder lyddæmpning og fjernbetjent indreguleringsspjæld der ikke påvirker tilgangshastigheden ved ændring af spjældet. Trykfordelerbokse har et indbygget spjæld og måleblænde, som anvendes i forbindelse med indregulering af ventilationsanlægget.

Emhætter

Emhætter udsuger luften gennem et fedtfilter, der er udført af metal eller vaskbart kunststof. Mange emhætter er naturligvis tilpasset bygningsreglementets krav, da de anvendes i køkkener for etageboliger og har derfor indbygget en luftventil, der muliggør præcis forindstilling af den ønskede luftmængde og tryktab.

Med det indstillelige spjæld er det muligt at indstille grundventilation og modstand i spjældet, så det modsvarer bygningsreglementets krav.



Boligventilation

Boligventilation er nødvendigt for opretholdelse af menneskets velbefindende og bevarelse af bygningen.

Menneskets velbefindende er naturligvis det vigtigste, men økonomisk set er både menneskets sundhedstilstand og bygningsbevarelse af stor betydning.

Formålet med et effektivt ventilationsanlæg er at opnå et ønsket komfortniveau med dertil hørende luftkvalitet ved anvendelse af et minimum af energi.

Af energiøkonomiske og komfortmæssige årsager skal boligen være højsoleret og tæt og det nødvendige luftskifte skal derfor tilvejebringes med et mekanisk ventilationsanlæg.

Den ældste og simpleste form for ventilation af beboelsesejendomme er naturlig ventilation gennem udluftningskanaler, hvor massefyldeforskellen (densiteten) på den udvendige kølige luft og den indvendige varmere luft anvendes.

Denne simple form for naturlig ventilation af boliger kræver for etageejendomme, at hvert lejemål har sin egen kanal ført over tag.

For at sikre en nogenlunde konstant indblæsning og udsugning af luft i de ventilerede rum ved boligventilation for fleretageejendom, anvendes enkelt centraludsugningsanlæg for køkken og badeværelse.

Udsugningen foretages med en ventilator anbragt på loftet, der tilsluttes emhætte i køkken og kontrolventil i badeværelse.

Ventilatoren kører konstant på grundventilation.

Udeluften tilføres boligen med udeluftventiler f.eks. i ydervægge.

Er bygningen placeret ud mod stærkt trafikerede områder, vil udeluftkanaler ofte/bør være ført separat fra taget.

Erstatningsluften indsuges gennem udeluftventiler f.eks. placeret under vinduer bag ved en radiator eller gennem ventiler monteret i væg med indbygget spjæld og filter.



Eksempler på udeluftventiler:

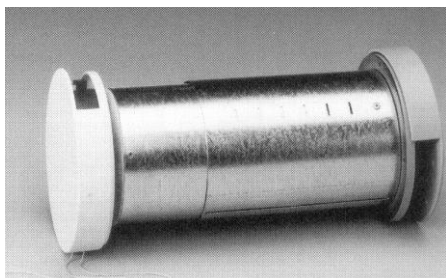


Foto: Lindab Ventilation A/S

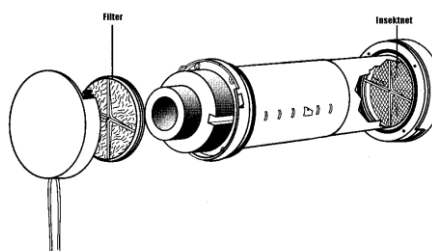


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Brandsikring af ventilationsanlæg

Normen DS 428 - brandteknisk vejledning indeholder regler og krav til opnåelse af en forsvarlig sikkerhed og funktion af ventilationsanlæg.

Formålet med normen er at sikre, at mekaniske ventilationsanlæg indrettes, udføres og vedligeholdes på en sådan måde, at risikoen for brands opståen, udvikling og spredning som følge af anlægget minimeres.

DS 428 er gældende for alle bygninger. Brandsikringen af ventilationssystemer skal i dag reagerer på de første tegn på brand nemlig røg. Der er derfor krav om røgdetektering, enten af kanalsystemet eller i rum via ABA-anlæg (automatisk brandalarmerings anlæg), der aktiverer spjæld og evt. røgventilator. Automatisk brandalarmering ABA må gerne anvendes til aktivering.

Spjældtyper

Brand- og røgspjæld. Er et isoleret spjæld forsynet med en brandtermostat 70 °C som sikrer mod spredning af både røg og brand - (spring-return) og er strømløst lukket.

Flamme- og røgspjæld. Er et uisolret spjæld med brandtermostat 70 °C, som sikrer mod spredning af røg og flammer - (spring-return) og er strømløst lukket.

Røgspjæld. Er et uisolret spjæld, som sikrer mod spredning af røg - (spring-return) og er strømløst lukket.



Røgevakueringspjæld. Er et uisolaret pjæld, som sikrer mod spredning af røg. - (spring-return) og er strømløst åbent.

Der skal foreligge en drift- og vedligeholdelsesinstruktion indeholdende information om:

- brandtætninger ved gennembrydninger
- brandisolering
- komponenters brandmodstandsevne
- placering af brand-, flamme-, røg-, kontra- og røgevakueringspjæld samt røgventilator incl. dokumentation af deres funktionsduelighed
- placering af brandautomatik
- måling af undertryk i brandceller med røgventilator i drift samt lukkede døre kun for røgventilerede systemer

Sikring mod røgspredning

Kanalsystemet skal være udformet, så risikoen for røgspredning mellem brandceller inden for samme brandsektion samt mellem brandceller i forskellige brandsektioner ikke forøges.

Ved røgventileret kanalsystem forstås, at kanalsystemet udformes og dimensioneres så der skabes rimelig sikkerhed for, at røg og forbrændingsprodukter, der er trængt ind i kanalsystemet, ikke spredes til øvrige brandceller men ledes til det fri over tag.

Et røgventileret kanalsystem bør udføres så røg i anlægget bortledes til det fri over tag med en rimelig sikkerhed og uden brug af ventilator.

Der skal ved sikring mod røgspredning tages højde for trykstigningen i en brandcelle under en brand og for røgens opdrift på grund af den højere temperatur.

Brandcelle = et eller flere rum i højst 2 etager, adskilt fra andre rum eller bygninger af BD-bygningsdel 60. Etagearealet af en brandcelle i 2 etager må højst være 150 m².

Brandsektion = en eller flere brandceller adskilt fra andre brandsektioner af BS-bygningsdel 60. Maximalt bebygget areal pr. brandsektion = 600 m².



Automatik

Brandtermostater



Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Sikkerhed mod røgspredning fra eller via et ventilationsrum sker ved anbringelse af f.eks. brandtermostater.

I indblæsningsanlæg anbringes en 70 °C brandtermostat eller røgdetektor umiddelbart efter ventilatoren. Ved aktivering stopper brandtermostaten indblæsningsanlægget.

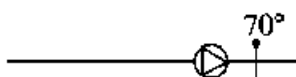


Illustration: John Johansson, Hoverdal

I indblæsning- og udsugningsanlæg med returforbindelse anbringes et røgspjæld i returforbindelsen og samt en 40 °C brandtermostat eller røgdetektor umiddelbart før udsugningsventilatoren og returforbindelsen. Ved aktivering stopper brandtermostaten eller røgdetektoren indblæsningsanlægget. Udsugningsanlægget kan eventuelt stoppes. Indblæsningsanlægget sikres med en brandtermostat 70 °C umiddelbart efter ventilatoren.

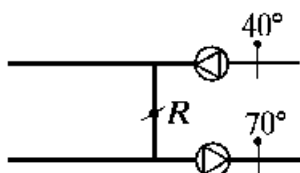


Illustration: John Johansson; Hoverdal

Indblæsnings- og udsugningsanlæg skal sikres som ovenfor, hvis der er mulighed for lækage i varmegenvindingskomponenterne mellem indblæsning- og udsugningssiden. Er dette ikke muligt, sikres kun med brandtermostat 70 °C i indblæsning.

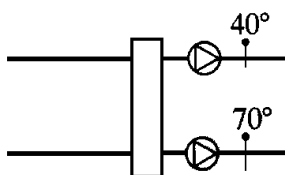


Illustration: John Johansson, hoverdal



Test og fejlkontrol

På ventilationsanlæg med ABA skal anlæggets automatik selv foretage en test af brandspjæld:

- funktionstest af spjæld hver 7. dag
- funktionstest af røgventilator hver 7. dag

Frostvagt (krydsvarmeveksler)

En differenstrykpressostat, som er anbragt over en krydsvarmeveksler, fungerer som frostvagt. Stiger trykket over veksleren på grund af isdannelse til over den indstillede værdi, åbnes et by-passspjæl. Når trykket efter afrimning er faldet til den normale værdi, lukkes by-passspjældet igen.

Frostvagt (varmeblade)



Hvis temperaturen på frosttermostaten falder til under 5 °C, stopper ventilationsanlægget, spjældene lukker og motorventilen til varmebladen åbner helt. Hvis frosttermostaten er udstyret med automatisk reset, går anlægget automatisk i gang igen, når temperaturen er steget til f.eks. over 8 °C. Hvis frosttermostaten er forsynet med manuel reset, skal anlægget manuelt resættes på frostvagten.

Foto: kim Hansen, Hoverdal

Filtervagt



Filtervagterne afgiver signal, hvis tryktabet over filteret overskrider den indstillede værdi.

Foto: Kim Hansen, Hoverdal



Energiforbrug

Den største del af energiforbruget i et ventilationsanlæg anvendes til opvarmning af erstatningsluften.

Det årlige energiforbrug til opvarmning af 1 m³ erstatningsluft til 20 °C er ca. 36 kWh/år.

Ved samme luftmængde i forskellige systemer vil energiforbruget derfor være ens. Af denne grund er det meget vigtigt at fokusere på driftsformer, behovsstyring, effektive emhætter og armaturer samt korrekt placering af kontrolventiler og udeluftventiler, da disse forhold kan mindske den årlige erstatningsluftmængde uden at luftkvaliteten forringes.

Ventilatorens effektivitet har naturligvis også stor betydning, selv om energiforbruget til ventilatordriften er mindre end energiforbruget til opvarmning af erstatningsluften, men det er en parameter som har indflydelse på valg af ventilator.

Et boligventilationssystem med en central ventilator har lavere energiforbrug end et tilsvarende system med separat et-rumsventilatorer. Det mest energiøkonomiske centraludsugningssystem opnås ved at anvende en central ventilator med motor med frekvensregulering og styret af en konstanttrykregulator.

Bygningsreglementet foreskriver, at ventilationsanlæg skal forsynes med effektive energigenvindingsaggregater. Kravet kan kun fraviges, når afkastluftens overskud af varme ikke på rimelig måde kan udnyttes.



Ventilation og Indeklima

SFP-værdi

Bygningsreglementets angivelser af det maksimale elforbrug angives som det specifikke ventilator elforbrug (**SFP**).

Det defineres som ventilatorens eller ventilatorernes optagne effekt divideret med den luftstrøm, som føres ind i bygningen og ud igen.

2100 W/m ³ pr. sec.	VAV-Anlæg	Variabel luftydelse
1800 W/m ³ pr. sec.	CAV- Anlæg	Konstant luftydelse
800 W/m ³ pr. sec.	Udsugningsanlæg	
1000 W/m ³ pr. sec.	Villaventilation	

Ventilationsanlæggets el-effektivitetsfaktor måles i W/m³/s. For et CAV-anlæg er den lig med indblæsning- og udsugningsventilatorernes optagne effekt i Watt divideret med luftstrømmen i m³/s.

Gennem optimal valg af komponenter og udformning af anlæg kan SFP- værdien reduceres til 1 kW/m³/s.

Bestemmelserne vedrørende SFP- værdier gælder ikke anlæg til industrielle processer.

Anlæggets el-effektivitet

For at vurdere et ventilationsanlægs elforbrug skal den specifikke el-effektivitet beregnes.

Er den specifikke el-effektivitet høj, kan det enten skyldes, at tryktabet i anlægget er højt eller at ventilationsaggregatets totalvirkningsgrad er lav.



Ventilation og Indeklima

Nøgletal for ventilationsanlæg med konstant luftmængde (CAV). Det ses af tabellen, at der kan forventes meget forskellige elforbrug for ventilationsanlæg med samme luftmængde.

Endvidere kan det ses, at der bør stilles krav om meget lave elforbrug ved nye anlæg.

Anlægstype	Specifik el (W/m ³ /s)		Tryktab (Pa)		Total virkningsgrad	
	Forventes	Tilstræbes	Forventes	Tilstræbes	Forventes	Tilstræbes
Simpel udsugning	440 – 4500	150 – 1000	200 – 700	100 – 400	0,15 – 0,5	0,4 – 0,65
Udsugning med varmegenvinding	600 – 6000	300 – 1500	300 – 900	200 – 400	0,15 – 0,5	0,4 – 0,65
Indblæsning med opvarmning	600 – 5000	300 – 1200	300 – 800	200 – 500	0,15 – 0,5	0,4 – 0,65
Indblæsning med opvarmning og varmegenvinding	800 – 6700	500 – 1500	400 – 1000	300 – 600	0,15 – 0,5	0,4 – 0,65

Energibesparelser

En række forhold har indflydelse på et ventilations- og/eller et klimaanlægs energiforbrug:

- **Drifttid**
 - Startes/stoppes anlægget automatisk
 - Er uret indstillet korrekt
 - Fungerer f.eks. en bevægelsesføler korrekt
- **Volumenstrøm**
 - Er den indblæste og/eller den udsugede luftmængde korrekt
- **Motorvirkningsgrad**
 - Er anlægget forsynet med energisparemotor (det bør undersøges, om en udskiftning vil være rentabel)
- **Remtrækkets virkningsgrad**
 - Er remmene slidte eller slappe
 - Er remskiven slidt



Ventilation og Indeklima

- **Ventilatorvirkningsgrad**
 - Har ventilatoren F - eller B-hjul
 - Det bør overvejes om en udskiftning til B-hjul er rentabel
- **Systemvirkningsgrad**
 - Er der et stykke lige kanalstykke før ventilatoren
 - Er der uhensigtsmæssig kanalføring m.v.
- **Varmegenvinding**
 - Hvis der ikke er varmegenvinding og temperaturen er 5 °C højere end indblæsningstemperaturen, kan det være rentabelt at etablere varmegenvinding
- **Varmefladerregulering**
 - Pendler reguleringsventilen
 - Kan der aflæses varierende indblæsningstemperatur i kanalen
- **Indstillingsværdier for temperaturreguleringen**
 - Er indstillingsværdierne i overensstemmelse med de fastsatte værdier
- **Vedligeholdes anlægget regelmæssigt**
 - Faste rutiner skal være etableret

Besparelse ved at udskifte gammel ventilator med ny lavenergiventilator.

Beregningen er foretaget på den rene elpris (www.spareventilator.dk).

Der er forskellige afgifter, abonnementer o.l. fra selskab til selskab.

Ventilatortype	Gammel ventilator ▼	Lavenergiventilator ▼
Virkningsgrad	50 %	80 %
Pris på el	45 øre/kWh	45 øre/kWh
Krævet effekttilførsel til luften	3,5	3,5
Nødvendig til ført effekt	$3,5 \text{ kW} / 0,5 = 7,0 \text{ kW}$	$3,5 \text{ kW} / 0,8 = 4,4 \text{ kW}$
Årlig driftstid	6000 timer	6000 timer
Eludgift pr. år	$7 \cdot 6000 \cdot 0,45 = 18.900 \text{ kr.}$	$4,4 \cdot 6000 \cdot 0,45 = 11.880 \text{ kr.}$
Årlig besparelse	7.200 kr.	



Reduktion af luftmængde

- Hvis luftmængden sænkes 10 %, så falder elforbruget til lufttransport rundt i bygningen med 30 %.
- Hvis luftmængden sænkes 20 %, så falder elforbruget til lufttransport rundt i bygningen med 50 %.
- Hvis luftmængden sænkes med 20 %, så falder varmemeforbruget med samme 20 % samtidig reduceres luftbevægelser i lokalerne med 30 %, og det kan reducerer problemer med træk.

Vurderinger af temperaturvirkningsgraden for varmegenvindingsaggregatet

I nedenstående tabel ses de opnåelige temperaturvirkningsgrader for varmegenvindingsaggregaterne:

Type	Opnåelig temperaturvirkningsgrad [%]
Recirkulering (returluft)	100
Krydsvarmeveksler	50 – 65
Væskeskoblede batterier	40 – 60
Roterende varmeveksler	70 – 80
Modstrømsveksler	70 – 85



Ventilation og Indeklima

Målebøjning

Som fast målestation for volumenstrøm (luftmængde) i cirkulære kanaler, kan anvendes en målebøjning. Målebøjningen er forsynet med stutse, der gør det muligt at måle differenstrykket mellem trykket i bøjningens nakke og i dens kværk.



Volumenstrømmen bestemmes herefter ved hjælp af et af leverandøren udfærdiget diagram.

Ved anvendelse af en målebøjning forekommer der ikke forøgelse af tryktabet i anlægget.

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

Måleusikkerheden, der afhænger af tilløbsforholdene, opgives til 5%.

Indstiksflowmeter

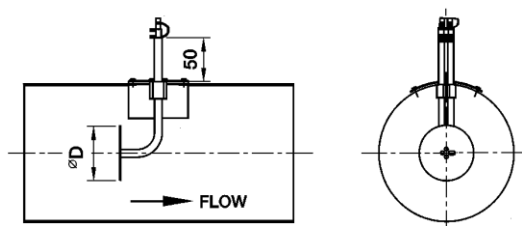


Illustration: Lindab Ventilation A/S

Indstiksflowmeter anvendes som fast målestation for volumenstrøm i cirkulære kanaler. Differenstrykket over blænden udtages fra to stutse og volumenstrømmen (luftmængden) bestemmes ved hjælp af et tilhørende kurvekonstater som medleveres af leverandøren.

Måleusikkerheden, der afhænger af tilløbsforholdene, opgives til 5 – 10 %.

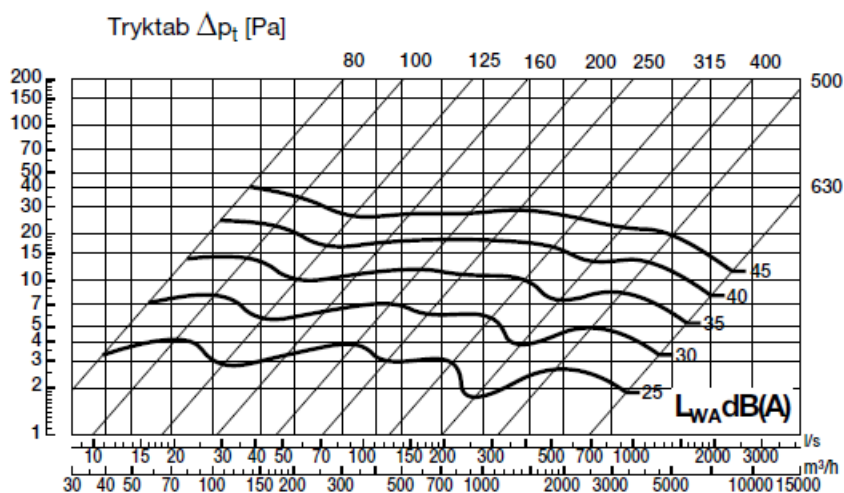


Illustration: Lindab Ventilation A/S



Drift- og vedligeholdelse

Ventilationsanlæg må afprøves, passes og vedligeholdes på en sådan måde, at de til stadighed fungerer tilfredsstillende med så små udgifter som muligt til drift og vedligeholdelse.

I DS 447 står drifts- og vedligeholdelsesinstruktioner. Der skal foreligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion samt at der er et sæt hovedtegninger med alle måle- og kontrolpunkter anført.

Driftsinstruktionerne kan være opbygget i flere niveauer, hvor man bevæger sig fra et mere overordnet niveau til et mere detaljeret niveau. I hvert niveau angives oplysninger fælles for de efterfølgende niveauer, således at gentagelser i instruktionerne begrænses mest muligt.

Drifts- og vedligeholdelsesrutinerne bør sikre en hensigtsmæssig arbejdsgang for de tidsbestemte operationer og sikre det fornødne tilsyn med anlægget, så driftsforstyrrelser undgås og der opnås en energioekonomisk drift. Driftsrutinerne skal omfatte aktuelle driftstider om, hvad der skal vedligeholdes og tidsintervaller for udførelsen.

Anlæggets vedligeholdelse

Den nødvendige vedligeholdelse samt intervaller, med hvilke vedligeholdelse skal foretages, bør angives i en samlet oversigt for anlægget.

Oversigten opstilles i skemaform, hvor de enkelte komponenter og deres vedligeholdelseskrævende dele opføres. Vedligeholdelsesintervallerne angives og der henvises til instruktioner for udførelse af vedligeholdelse.

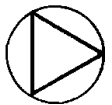
Oversigten udformes på grundlag af erfaringer hos fabrikanter, entreprenører mv. I driftsfasen bør den revideres løbende, hvis erfaringer på stedet afviger fra oversigtens angivelser.



Ventilation og Indeklima

Eksempel på oversigt for vedligeholdelse

Vedligeholdelsesoversigt

Komponent	Pos	Operation	Instruktion nr	Ugentlig	1. mdr.	3. mdr.	6. mdr.	År	Bemærkninger
 VT 3.1 VT 3.2	1.1 1.2 1.3 1.4	Kileremme Rengøring Smøring Eftersyn	1			X	X	X X	
 SP 3.1-3.2 SP 3.3-3.4	2.1 2.2 2.3 2.4	Funktion Rengøring Smøring Eftersyn	2			X		X X X	
 FT 3.1	3.1 3.2 3.4	Rensning Udskiftning Eftersyn	3			X		X X	
 X-W 3.1	4.1 4.2 4.3	Trykfaldsmåling Rensning Eftersyn	4				X	X X	Efter max. trykfald V.3. Rensning

Vedligeholdelsesinstruktion

POS	Interval	Operation	Instruktion
1.1	3 mdr.	Kileremme	Ventilatoren stoppes. Kileremmenes tilstand skal kontrolleres. Remme skal være hele og uden revner og opflossede. Revne, flossede eller på nogen måde beskadigede remme udskiftes, (se komponentspecifikation), Remmene skal være stramme – se monteringsanvisning, under reservedelsliste.
1.2	6 mdr.	Rengøring	Ventilatoren stoppes. Den indvendige del af ventilatorkassen støvsuges. Er der belægninger på blæserhjulet, skal disse fjernes med en stiv børste samt støvsuges.



Brugerinstruktion

For de dele af ventilationsanlægget, der forventes vedligeholdt af brugeren eller af rengøringspersonalet men på driftspersonalets foranledning, bør der udarbejdes en brugerinstruktion.

VENT - eftersyn på aggregater

Det er en forudsætning, at der er foretaget luftmængdemålinger i m³/h og at oplysningen findes på mærkaten med reference til tryk i Pa, effekt i kW, ampere eller anden sammenlignelig reference.

Kontrol af

- spjæld
- varmegenvinding
- køleflade
- varmefflade
- befugter
- ventilator/motor

Energieftersyn af ventilations- og klimaanlæg

I Danmark er det lovpligtigt at få udført energieftersyn af større ventilationsanlæg hvert 5. år.

Den lovpligtige ordning er implementeret på baggrund af EU's bygningsdirektiv og Lov om fremme af energibesparelser i bygninger. Eftersynsordningen er beskrevet i bekendtgørelse nr. 1104 af 20. september 2007 om eftersyn af ventilations- og klimaanlæg.

Formål med energieftersynet

Formålet med eftersynet er at fremme økonomisk rentable besparelser og øge energieffektiviteten i ventilations- og klimaanlæg. Erfaringer fra bl.a. Elsparefondens ventilationsstjek og energiselskabernes energirådgivning viser, at der selv for nyere anlæg kan opnås betydelige energibesparelser ved at tilpasse driftstider, volumenstrømme og temperaturer til behovet i de lokaler, der ventileres og eventuelt køles. Dertil kommer besparelser ved bedre vedligehold og ved anlægsændringer som eksempelvis udskiftning af ventilatorer eller etablering af varmegenvinding, hvis det ikke findes.



Hvilke anlæg er omfattet?

Et ventilationsanlæg er omfattet af ordningen, hvis summen af mærkepladeeffekterne for ventilationsmotorerne i indblæsning og udsugning er 5 kW eller derover. Har anlægget kun udsugning, gælder de 5 kW for ventilatormotoren i udsugningen. For klimaanlæg gælder, at et anlæg er omfattet af ordningen, hvis mærkepladeeffekten for kompresormotoren er 5 kW eller derover.

Ventilations- og klimaanlæg skal efterses mindst hvert femte år. Ordningen indføres over fem år, så anlæg i store bygninger efterses først.

Ventilations- og klimaanlæg i bygninger til erhvervsmæssig produktion i forbindelse med industri, håndværk, landbrug, gartneri o. l. er undtaget fra ordningen.

Indholdet i energieftersynet

Det lovpligtige energieftersyn af ventilations- og klimaanlæg omfatter en registrering af grundoplysninger om anlægget, inspektion af anlæggets driftstilstand og et måleprogram. Målingerne vedrører ventilatorernes optagne effekter og anlæggets volumenstrømme, trykforhold og temperaturer. Ud fra målingerne vurderes anlæggets energieffektivitet og der udarbejdes en række gode råd samt egentlige besparelsesforslag med angivelse af størrelsen af energibesparelsen og økonomien i besparelsen. Resultatet af eftersynet sammenfattes i en rapport til anlæggets ejer/bruger.

De typiske eftersynspunkter der udføres af certificerede VENT-firmaer (firmaer, der er certificerede af *VENT – sekretariatet* ved teknologisk institut) er:

- Tilsmudsning
- Spjæld
- Filter
- Varmegenvinding
- Køleflader
- Varmeflader
- Funktionsafprøvning af stop
- Funktionsafprøvning af frostalarm
- Funktionsafprøvning af brandtermostater
- Varme - og luftregulering

Som udgangspunkt kan listen også bruges på anlæg < 5kW

Omfanget af eftersynet på de enkelte ventilationskomponenter kan findes i afsnittet "Komponenter" under hver enkelt komponent.



Vedligeholdelsessystemer

Med forebyggende vedligeholdelse er det muligt ved periodiske og systematiske foranstaltninger at forebygge fejl og i tide at opdage, hvor der er risiko for havari og hvor der forekommer unormalt slid.

Man kan derfor skelne mellem:

- **Forebyggende vedligeholdelse**, det vil sige vedligeholdelse, der skal forebygge fejl.
- **Afhjælpende vedligeholdelse**, det vil sige afhjælpning af konstaterede fejl.
- **Renovering**, det vil sige omfattende reparationer på grund af slid.

Herudover kan vedligeholdelsesfunktionen omfatte en række arbejder, som egentlig ikke direkte er vedligeholdelse f.eks. ændringer, moderniserings- og montagearbejder af forskellig art.

Alt i alt vil gevinsten ved at ofre drift og vedligeholdelse af ventilationsanlæg tilstrækkelig opmærksomhed vise sig i form af:

- øget driftssikkerhed
- længere levetid
- mindre reparationsomkostninger
- lavere frekvens af store reparationer
- mindre energiforbrug

DS 447, Norm for mekaniske ventilationsanlæg (Dansk Standard, 2005a) indeholder bestemmelser vedrørende projektering, udførelse, afprøvning og drift af mekaniske ventilationsanlæg. Formålet med standarden er at sikre, at mekaniske ventilationsanlæg indrettes, udføres og kan vedligeholdes på en teknisk og hygiejnisk forsvarlig måde, bl.a. under hensyntagen til energieffektivitet.

Kilde: bygningsreglementet

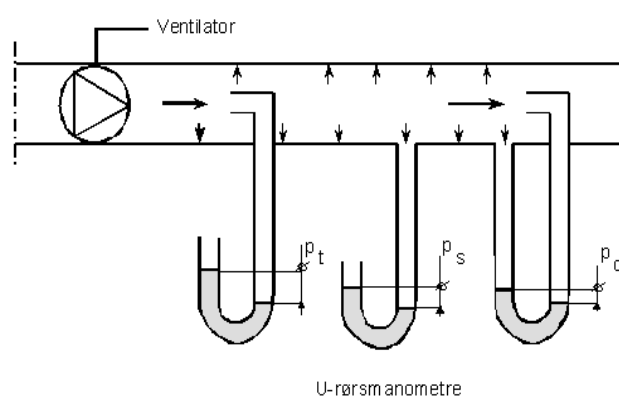
Drifts- og vedligeholdelsesrutiner bør sikre en hensigtsmæssig arbejdsgang for de tidsbestemte operationer, og sikre fornødent tilsyn med anlægget, så driftsforstyrrelser undgås og at der opnås den mest energiøkonomiske drift. Driftsrutinerne omfatter aktuelle driftstider og hvad der skal vedligeholdes samt hvor ofte og hvordan vedligeholdelsen skal udføres.



Måling af tryk

Totalt, statisk og dynamisk tryk

Det totale tryk p_t , på et givent sted i en ventilationskanal er summen af det statiske tryk p_s , og det dynamiske tryk p_d . Undertiden kaldes det dynamiske tryk for hastigheds-trykket. Det dynamiske tryk virker i luftstrømmens retning, og er et mål for den bevægelsesenergi, der er i luftstrømmen. Det statiske tryk er ens i alle retninger og er trykket i forhold til atmosfæretrykket. Det dynamiske tryk er altid positivt, det statiske tryk og det totale tryk kan være såvel positivt som negativt, dvs. over eller under atmosfæretrykket.



Figur 1

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Manometer

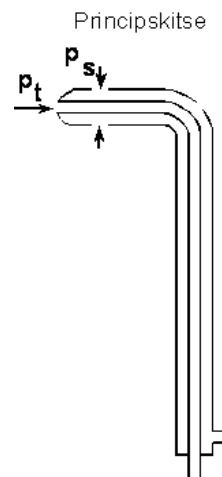
Trykmåling udføres ved hjælp af manometer. Det statiske tryk i forhold til omgivelserne kan måles ved at føre manometerledningen til et lille hul i en kanalvæg, der er parallel med luftstrømmens retning.



Pitotrør

Det dynamiske tryk bestemmes i praksis ved hjælp af et pitotrør, der er en sonde udført som et vinkelbøjet dobbeltrør.

Det yderste rør har slidser eller huller i siden til måling af det statiske tryk, og det andet rør fører til sondens spids, hvor det totale tryk måles. De to rør forbindes til hver sin side af et manometer, hvorved det dynamiske tryk aflæses direkte. Pitotrøret kan tillige anvendes ved bestemmelse af totalt eller statisk tryk. I hvert tilfælde må pitotrøret forbindes til manometeret, så udslaget bliver positivt.



Figur 2

Illustration: John Johansson, Hoverdel



Måling af lufthastighed

Ventilationskanaler

Til måling af lufthastighed i ventilationskanaler og ved ventilationsåbninger anvendes normalt følgende instrumenter:

- pitotrør og manometer
- et statisk manometer
- lille vingehjulsanemometer i kanaler
- stort vingehjulsanemometer i stort tværsnit, luftindtag mv.
- varmetrådsanemometer

Pitotrør og manometer

Med pitotrør og manometer kan man som nævnt bestemme det dynamiske tryk p_d (Pa) og dermed luftens hastighed idet

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v^2$$

hvor v er hastigheden i m/s og ρ massefylden i kg/m³. Hastigheden bestemmes af:

$$v = \sqrt{\frac{2 p_d}{\rho}} = c \sqrt{p_d}$$

hvor c er en faktor, der afhænger af temperaturen, det absolutte tryk. Hvis p_d måles i mm VS er c omtrent = 4 ved almindeligt forekommende tryk og temperaturer (15 °C, 760 mm Hg og 50% relativ fugtighed). Udtrykket:

$$p_d = \frac{v^2}{16} \text{ mm VS,}$$

hvor v er i m/s er en anden form for at skrive dette meget benyttede udtryk på. Om-sætningen mellem et målt dynamisk tryk i mm VS og den dertil svarende lufthastighed for 20 °C.



Ventilation og Indeklima

pd	v	pd	v	pd	v	pd	v	pd	v	pd	v	pd	v
[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]	[Pa]	[m/s]
1,0	1,29	18,5	5,54	35,5	7,68	52,5	9,34	78	11,4	112	13,6	146	15,6
1,5	1,58	19,0	5,62	36,0	7,73	53,0	9,38	79	11,5	113	13,7	147	15,6
2,0	1,82	19,5	5,69	36,5	7,78	53,5	9,42	80	11,5	114	13,8	148	15,7
2,5	2,04	20,0	5,76	37,0	7,84	54,0	9,47	81	11,6	115	13,8	149	15,7
3,0	2,23	20,5	5,83	37,5	7,89	54,5	9,51	82	11,7	116	13,9	150	15,8
3,5	2,41	21,0	5,90	38,0	7,94	55,0	9,56	83	11,7	117	13,9	151	15,8
4,0	2,58	21,5	5,97	38,5	7,99	55,5	9,60	84	11,8	118	14,0	152	15,9
4,5	2,73	22,0	6,04	39,0	8,05	56,0	9,64	85	11,9	119	14,1	153	15,9
5,0	2,88	22,5	6,11	39,5	8,10	56,5	9,68	86	11,9	120	14,1	154	16,0
5,5	3,02	23,0	6,18	40,0	8,15	57,0	9,73	87	12,0	121	14,2	155	16,0
6,0	3,16	23,5	6,25	40,5	8,20	57,5	9,77	88	12,1	122	14,2	156	16,1
6,5	3,28	24,0	6,31	41,0	8,25	58,0	9,81	89	12,2	123	14,3	157	16,1
7,0	3,41	24,5	6,38	41,5	8,30	58,5	9,85	90	12,2	124	14,3	158	16,2
7,5	3,53	25,0	6,44	42,0	8,35	59,0	9,90	91	12,3	125	14,4	159	16,2
8,0	3,64	25,5	6,51	42,5	8,40	59,5	9,94	92	12,4	126	14,5	160	16,3
8,5	3,76	26,0	6,57	43,0	8,45	60,0	9,98	93	12,4	127	14,5	161	16,3
9,0	3,87	26,5	6,63	43,5	8,50	60,5	10,02	94	12,5	128	14,6	162	16,4
9,5	3,97	27,0	6,69	44,0	8,55	61,0	10,06	95	12,6	129	14,6	163	16,4
10,0	4,07	27,5	6,76	44,5	8,60	62,0	10,15	96	12,6	130	14,7	164	16,5
10,5	4,18	28,0	6,82	45,0	8,64	63,0	10,23	97	12,7	131	14,7	165	16,6
11,0	4,27	28,5	6,88	45,5	8,69	64,0	10,31	98	12,8	132	14,8	166	16,6
11,5	4,37	29,0	6,94	46,0	8,74	65,0	10,39	99	12,8	133	14,9	167	16,7
12,0	4,46	29,5	7,00	46,5	8,79	66,0	10,47	100	12,9	134	14,9	168	16,7
12,5	4,56	30,0	7,06	47,0	8,83	67,0	10,55	101	12,9	135	15,0	169	16,7
13,0	4,65	30,5	7,12	47,5	8,88	68,0	10,62	102	13,0	136	15,0	170	16,8
13,5	4,73	31,0	7,17	48,0	8,93	69,0	10,70	103	13,1	137	15,1	171	16,8
14,0	4,82	31,5	7,23	48,5	8,97	70,0	10,78	104	13,1	138	15,1	172	16,9
14,5	4,91	32,0	7,29	49,0	9,02	71,0	10,86	105	13,2	139	15,2	173	16,9
15,0	4,99	32,5	7,35	49,5	9,07	72,0	10,93	106	13,3	140	15,2	174	17,0
15,5	5,07	33,0	7,40	50,0	9,11	73,0	11,01	107	13,3	141	15,3	175	17,0
16,0	5,15	33,5	7,46	50,5	9,16	74,0	11,08	108	13,4	142	15,4	176	17,1
16,5	5,23	34,0	7,51	51,0	9,20	75,0	11,16	109	13,5	143	15,4	177	17,1
17,0	5,31	34,5	7,57	51,5	9,25	76,0	11,23	110	13,5	144	15,5	178	17,2
17,5	5,39	35,0	7,62	52,0	9,29	77,0	11,31	111	13,6	145	15,5	179	17,2
18,0	5,47	35,5	7,68	52,5	9,34	78,0	11,38	112	13,6	146	15,6	180	17,3

Tabel: John Johansson, Hoverdal

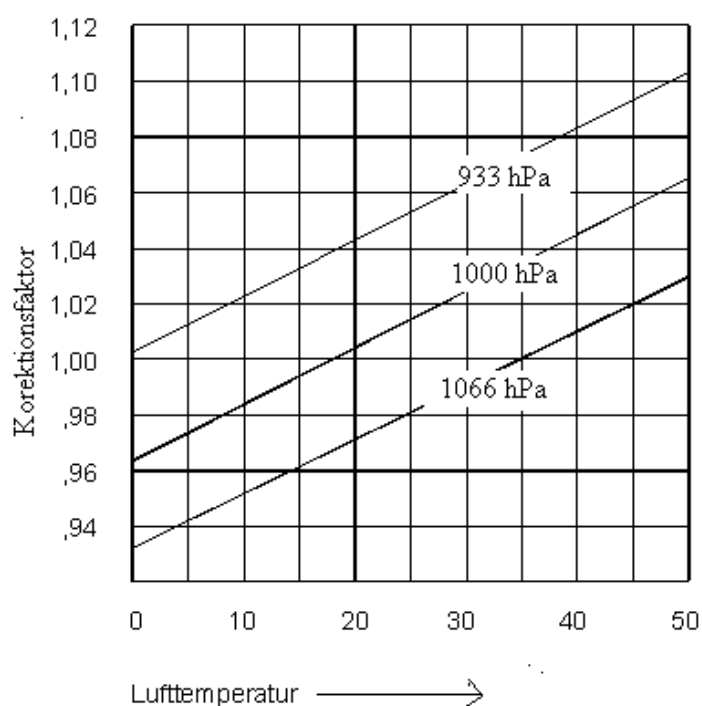
Bestemmelse lufthastighed v (m/s), når det dynamiske tryk p_d (Pa) er kendt. Tabellen gælder ved 20°C, 760 mm Hg, tør luft. Ved traversering over tværsnit **omsættes alle p_d -er først til hastigheder**, hvis sum dernæst divideres med antallet af målepunkter. (Forkert resultat opnås ved at tage middelværdi af p_d -er).

Det ses, at almindeligt forekommende hastigheder i ventilationsanlæg svarer til et dynamisk tryk på ganske få Pa og manometret sætter derfor en nedre grænse for hastighedsmålingen.



Udstyr til lufthastighedsmåling

Pitotrør og manometer er et simpelt og robust måleudstyr. Det er navnlig anvendeligt i forbindelse med måling af volumenstrøm i kanaler. Pitotrøret kan fås i forskellige størrelser og udformninger med en skaftlængde på 0,2 - 2 m og med en diameter fra 2 til 10 mm. Pitotrør med skyderinge for markering af aflæsningsdybde er praktiske i brug.



Figur 3

Illustration: John Johansson, Hoverdel



Varmetrådsanemometre

Den elektroniske løsning

I varmetrådsanemometre giver luftens afkøling af en opvarmet tråd et udtryk for hastigheden, idet den temperaturafhængige modstand måles i en Wheatstone bro med en uopvarmet tråd som reference. Hastigheden vises direkte på et viserinstrument i m/s. Målingen kan bygge enten direkte på varmetrådens modstandsændring eller indirekte på spændingsfaldet over modstanden, når den tilførte strøm holdes konstant. Endvidere anvendes et princip, hvor temperaturen af en opvarmet tråd måles med et termoelement, hvis referencetemperatur er luftens temperatur, idet termoelementsspændingen da er et udtryk for lufthastigheden. Nogle instrumenter kompenserer selv for lufttemperaturens indflydelse på målingen, ved andre må lufttemperaturen måles særskilt, og resultaterne må korrigeres ved hjælp af opgivne kurver se figur 3.



Varmetrådsanemometer med en føler, der er velegnet til måling i kanaler.

Foto: Kim Hansen, Hoverdal

De fleste instrumenter er temmelig retningsfølsomme.

Instrumenterne fås med måleområde op til 20-30 m/s. I mange tilfælde kan instrumenterne tilsluttes registrerende udstyr. De er normalt ikke egnede til måling af hastigheder under 0,2 - 0,3 m/s, da metaltrådens opvarmning vil forårsage en mærkbar luftbevægelse omkring tråden, den såkaldte egenkonvektion, der kan give en betydelig fejlvisning. Til måling af lave hastigheder, fx lufthastigheder i opholdsrum, må der anvendes instrumenter, der kompenserer for egenkonvektionen.

Forskellige eksempler på følere på varmetrådsanemometre. I den almindelige udførelse kan instrumenterne anvendes til måling i kanaler og ved ventilationsåbninger, og i mere specielle udformninger kan de som nævnt anvendes til måling af lave lufthastigheder i forbindelse med indeklimamålinger. I mange tilfælde vil varmetrådsanemometret være velegnet som afløser for pitotrøret ved måling af hastigheder under 2-3 m/s.



Luftstrømsmåling i kanaler

Luftstrømmen gennem en ventilationskanal bestemmes normalt ved at gange kanalens tværsnitsareal med middelhastigheden. I en kanal uden forstyrrelser i form af bøjninger, spjæld mv. har luftstrømmen ved fuldt udviklet strømning den maksimale hastighed i centrum og hastigheden 0 ved kanalvæggen. Middelhastigheden må almindeligvis bestemmes ved traversering, dvs. ved at måle hastigheden i flere punkter fordelt over kanaltværsnittet. Er der forstyrrelser i kanalen kan disse give anledning til betydelig skævhed i hastighedsprofilen, og af hensyn til nøjagtigheden må målingerne udføres i en passende afstand fra forstyrrelserne.

I cirkulære kanaler kan middelhastigheden i princippet bestemmes ved at måle hastigheden i et enkelt punkt, idet den under forudsætning af fuldt udviklet hastighedsprofil er lig med hastigheden i en afstand på 0,12 gange diameteren fra kanalvæggen. Der vil ligeledes under disse forudsætninger være et næsten konstant forhold mellem middelhastigheden og hastigheden i centrum, så middelhastigheden kan bestemmes ud fra en måling af hastigheden i centrum. I praksis er der imidlertid sjældent så lange lige kanaler uden forstyrrelser, at man kan regne med et fuldt udviklet hastighedsprofil, og man må derfor i almindelighed, også når der er tale om cirkulære kanaler, bestemme middelhastigheden ved traversering.

Traversmåling

En traversmåling i en kanal udføres ved at måle i flere punkter over kanaltværsnittet, i måleplanet, hvorefter middelhastigheden bestemmes ved at summere de målte hastigheder og dividere med antallet af målepunkter. Luftmængden bestemmes ved at gange middelhastigheden med tværsnitsarealet. Til målingerne bør så vidt muligt anvendes pitotrør og manometer; ved hastigheder under ca. 3 m/s må der anvendes et varmetrådsanemometer.

Målepunkter

Antallet af målepunkter over et tværsnit er afhængig af kanalens størrelse og af den grad af nøjagtighed, der ønskes. Ved at måle i mange punkter kan der opnås stor nøjagtighed, men målingerne bliver mere tidskrævende. Det gælder om at økonomisere med antallet af målepunkter og de nedenfor beskrevne metoder vil i almindelighed være tilstrækkelig nøjagtige, dvs. med en metodefejl på ca. 5%. Grove foreløbige målinger giver baggrund for at vurdere om antallet af målepunkter skal øges.



Ventilation og Indeklima

Rektangulære kanaler

Ved måling i rektangulære kanaler opdeles tværsnittet i målepunkter og hastigheden måles i disse. Antallet og placeringen af målepunkter fremgår af nedenstående tabel. Ved udregning af volumenstrømmen skal der korrigeres for:

Stående kanal ($L_1 > L_2$) = 0,94	($k=0,98$ hvis de mange huller med 4 eller 6 målepunkter er boret i den lange kanalside)
Liggende kanal ($L_1 < L_2$) = 0,98	
Kvadratisk tværsnit = 0,96	($k=0,94$ hvis linien med 4 eller 6 målepunkter er boret i den kortekanalside)

To dimensioneringsområder for L_2

1. $200 < L_2 < 300$
2. $400 < L_2 < 2000$

For område 1. gælder at: $a = 0,08 L_2$ $b = 0,43 L_2$ $c = 0,57 L_2$ $d = 0,92 L_2$

For område 2. gælder at: $a = 0,06 L_2$ $b = 0,235 L_2$ $c = 0,43 L_2$ $d = 0,57 L_2$
 $e = 0,765 L_2$ $b = 0,94 L_2$

$200 < L_1 \leq 400$

$400 < L_1 \leq 800$

$800 < L_1 \leq 2000$

L_2 (mm)	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
a	16	20	25	25	30	35	50	60	70	85	95	110	120
b	85	110	130	92	120	140	190	235	280	330	375	420	470
c	115	140	170	170	215	260	345	430	515	600	690	775	860
d	184	230	275	230	285	350	455	570	685	800	910	1025	1140
e	-	-	-	305	380	460	610	765	920	1070	1225	1380	1530
f	-	-	-	380	470	565	750	940	1130	1315	1505	1690	1880

Antal målepunkter i rektangulære kanaler med siderne L_1 og L_2 , målt i mm. Tabellen gælder kun for **rekommenderet plan**, dvs. forholdet mellem maksimal lufthastighed og hastighed i centrum af kanal og må ikke overskride 1,4 samt største hastighed må samtidigt ikke ligge nærmere end 0,1 d_h fra indvendig kanalvæg. For alternativ måleplan, se uddraget af NVG-norm vedhæftet opgave 5.

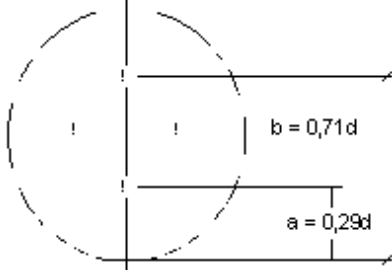
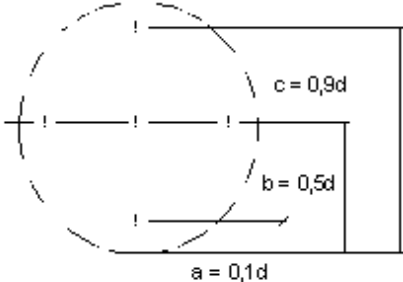
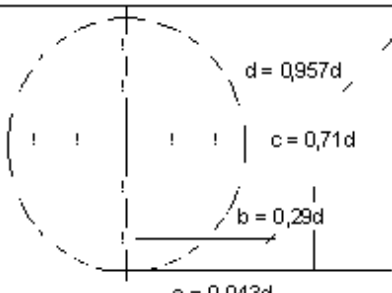
Tabel/illustration: John Johansson, Hoverdel



Ventilation og Indeklima

Cirkulære kanaler

Ved måling i cirkulære kanaler opdeles tværsnittet i målepunkter og hastigheden måles i disse. Der måles normalt på 2 (evt. 4) diametre, der står vinkelret på hinanden. Antallet og placeringen af målepunkter fremgår af nedenstående tabel. Det er vigtigt, at pitotrøret (eller anemometrets føler) holdes nøjagtigt i det angivne målepunkt, idet selv mindre afvigelse kan give væsentlige målefejl.

Nominal diameter mm	Måleplan	Målepunkternes placering mm			
		a	b	c	d
100 125 160		29 36 46	71 89 114		
200 250 315 400		20 25 32 40	100 125 160 200	180 225 283 360	
500 630 800 1000 1250		22 27 34 43 54	145 185 230 290 360	355 445 570 710 890	478 603 766 957 1196

Placering af målepunkter i cirkulære kanaltværsnit med diameter i forskellige størrelsesorden. Der måles i henholdsvis 4, 5 og 8 punkter.

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Placering af måleplanet

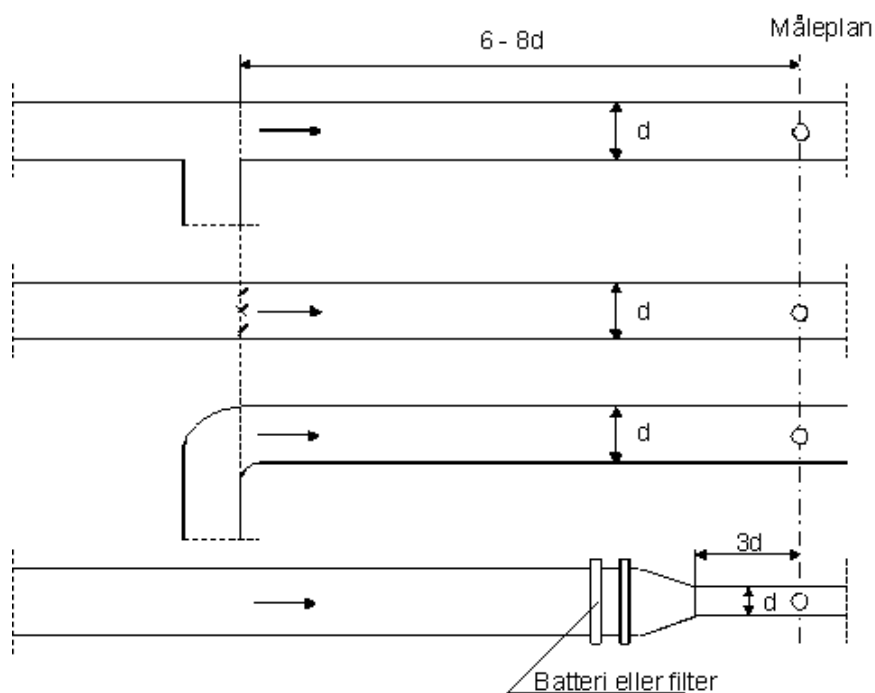


Ventilation og Indeklima

Strømningen skal være ensrettet jævn og ikke roterende på målestedet, hvilket først opnås i en afstand på 6-8 gange diameteren fra bøjninger, spjæld og andre forstyrrelser og med 2-3 gange diameteren til den næste enkeltmodstand. Figur 1.4c viser eksempler på placeringen af måleplanet efter forskellige typer af forstyrrelser. Efter aksial eller propelventilator må indsættes et pladekors med længde 2-3 gange kanaldiameter.

Vurdering af måleplanet

Det kan anbefales at foretage en grov, foreløbig måling til vurdering af hastighedsprofilen, inden den endelige måling udføres. I almindelighed gælder det, at et måleplan kan anvendes, når den største hastighed ikke forekommer nærmere kanalvæggen end 0,1 gange diameteren, og når den største hastighed er mindre end 1,4 gange hastigheden i centrum. Er disse betingelser ikke opfyldt, må der måles et andet sted i kanalsystemet, eller der må eventuelt måles i flere punkter over tværsnittet end angivet i tabellen.



Figur 4

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Eksempler på placeringen af måleplanet efter forskellige typer af forstyrrelser i ventilationskanaler. Strømningen er i almindelighed først tilstrækkeligt uforstyrret i en afstand på 6-8 gange diameteren fra bøjninger etc., og der bør være en afstand på 2-3 gange diameteren til den næste enkeltmodstand.

Luftstrømsmåling ved ventilationsåbninger



Luftstrømmen gennem en ventilationsåbning kan bestemmes med stor sikkerhed, hvis strømmen kan måles med pitotrør i et specielt udformet kanalstykke der holdes umiddelbart foran åbningen (måletragt). Hvis det er uundgåeligt at måle over cirkulære luftindtag kan der benyttes korrektionsfaktorer der findes i "Ventilation Ståbi - afsnit måleteori". I bedste fald, når der overalt er anvendt samme type og størrelser af armaturer og indbygningsforholdene er ens, skønnes fejlen ved bestemmelse af luftmængden gennem det enkelte armatur til omkring 10%. Er der stor forskel på armaturstørrelse, indbygningsmåde, lufthastigheder mv., kan målefejlen være betydeligt større.

Tragtmåling

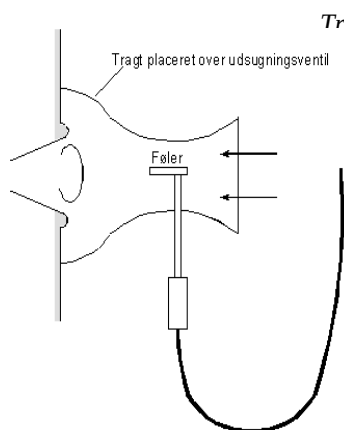
Luftmængderne gennem indblæsnings- og udsugningsåbninger kan i mange tilfælde med fordel bestemmes ved hjælp af et anemometer i en tragt, der kan omslutte åbningen. Tragte er velegnede til måling på runde og kvadratiske åbninger, fx. anemostater og udsugningsventiler, og de er især nyttige, hvis der skal måles på mange ens armaturer, eller hvis det er vanskeligt at bestemme middelhastigheden over armaturerne.

Udformning af tragte

Tragten vil øge modstanden for luftstrømmen gennem armaturet, og den bør derfor være udformet, så modstanden bliver mindst mulig. På den anden side skal hastigheden gennem tragten være så høj, at luftstrømmen på målestedet er jævn og hastigheden så stor, at den kan måles uden vaskelighed, fx. i området 2-5 m/s.

Færdige og kalibrerede tragte

Tragte med anemometre leveres fabriksfremstillede og kalibrerede, så man på en kurve kan aflæse luftmængden, i afhængighed af anemometervisningen eller direkte på instrumentets skala. Figur 5 viser et eksempel på en tragt til måling på udsugningsventiler. Tragten er udformet som en venturidyse, hvorved opnås, at hastigheden i centrum bliver veldefineret og af en passende størrelse samtidig med, at trykfaldet er lavest muligt. Det bemærkes, at kurver, der gælder for måling på udsugningsåbninger, ikke umiddelbart kan anvendes ved måling på indblæsningsåbninger og omvendt.



Tragt til måling på udsugningsventiler. Tragten er udformet som en venturidyse, hvorved opnås, at hastigheden i centrum bliver veldefineret og af en passende størrelse samtidig med, at trykfaldet er lavest muligt.

Figur 5

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Individuelle tragte

I mange tilfælde kan det være hensigtsmæssige



selv at fremstille en tragt, der netop egner sig til en bestemt måleopgave. Tragten udformes, så armaturet kan omsluttet helt, og i øvrigt efter de tidligere nævnte retningslinier. Anemometrets føler fikseres i centrum på det snævreste sted i tragten og med volumenstrømmen gennem armaturet proportional hastighed aflæses på anemometret. Forholdet mellem volumenstrøm og instrumentering bestemmes ved laboratoriemålinger, idet anemometervisningen anvendes som karakteristisk middelhastighed for armaturet.

Omsætningsfaktoren

Faktoren vil være næsten konstant, idet der tilnærmelsesvis er proportionalitet mellem luftstrøm og centerhastighed. Den vil være afhængig af, om der måles på indblæsnings- eller udsugningsåbninger, men den er ikke væsentligt påvirket af mindre forskelle i armaturstørrelsen. Måles der relativt på anemostater med indstillelige lameller, skal de alle stilles enten så langt op eller så langt ned de kan komme, idet omsætningsfaktoren afhænger af indstillingen. Det er vigtigt, at tragten placeres på nøjagtig samme måde i forhold til armaturet, hver gang der måles.

Metodefejl

Praktiske erfaringer tyder på, at man skal være varsom med at anvende tragte til måling af *rektangulære indblæsningsåbninger*, idet der sjældent, formentlig på grund af skæv luftfordeling, opnås reproducerbare resultater. Der kan let opstå meget betydelige målefejl. Ved måling af kvadratiske eller cirkulære armaturer er resultaterne langt mere sikre.

Trykforholdene i kanalsystemet og dermed armaturets ydelse påvirkes normalt kun lidt, når målingen udføres med en tragt, der er udformet så strømningsmodstanden er lav.

Måles der på ensartede armaturer med næsten ens luftstrømme repræsenterer modstanden en nogenlunde konstant faktor, der vil indgå i omsætningsfaktoren for armaturet. Der er i så fald ingen problemer, når der er tale om relative målinger. Tragtenes indvirkning på luftmængden kan vurderes ved at måle ændringen af luftstrømmen (luft-hastigheden) i tilgangskanalen, når tragten sættes på.

Kalibreres tragt og instrument sammen med det armatur, der skal måles på, er metodefejlen som regel mindre end 5%.



Trykmåling over armatur

Lufstrømmen gennem et armatur kan i visse tilfælde bestemmes ved at måle trykfaldet over armaturet. Målingen udføres ved at måle trykket i et bestemt punkt bag armaturet, idet luftstrømmen så bestemmes af fabrikantens trykfaldsdiagram for armaturet. Metoden kan kun anvendes, såfremt fabrikanten har angivet præcist, hvordan trykmålingen skal udføres, og hvilken sonde der skal anvendes. Ved udførelsen af målingen må den anviste metode følges nøje. I enkelte tilfælde er armaturerne forsynet med et fast trykudtag for tilslutning af et manometer, det gælder bl.a. visse integrerede belysningsarmaturer. Metodefejlen er i bedste fald omkring 5% men den kan let blive betydeligt større, bl.a. hvis indbygningsforholdene afviger fra forholdene under kalibreringen eller på grund af fremstillingstolerancer og tilsmudsning.

Indreguleringsmetoder

Metode 1

Indreguleringen udføres ved systematisk relative luftmængdemålinger og spjældindstillinger idet man starter i systemets yderste grene. Metoden kaldes proportionalmetoden.

Metode 2

Indreguleringen foretages ved forindstilling af ventiler og spjæld på grenkanaler, idet deres position er bestemt på forhånd ved tryktabsberegning eller et givet stort tryktab. Grenkanalernes spjæld indreguleres efter proportionalmetoden. Metoden er en kombination af proportionalmetoden og forindstillingsmetoden.

Et væsentligt problem ved indregulering er, at indstilling af et spjæld i systemet ikke blot ændrer luftmængden i den pågældende gren, men også luftmængden i den øvrige del af systemet. Det vil normalt betyde, at et stort antal efterjusteringer er nødvendige for at opnå den endelige, og korrekte luftmængde, og for hver efterjustering skal luftmængden måles.

Metode 1, proportionalmetoden, bygger på en antagelse at ved fikserede modstande, er forholdet mellem luftmængderne efter en forgrening uafhængig af ændringer i den samlede luftmængde i stamkanalen til eller fra forgreningen. Dette kan anvendes til en systematisk indregulering, idet forholdet mellem de virkelige og de ønskede volumenstrømme i de enkelte grene successivt indstilles til samme værdi. Lettest er det når indreguleringen gælder forholdet mellem lufthastigheder i ens armaturer eller i lige store kanaler. Der måles med andre ord i dette tilfælde på en med volumenstrømmen proportional hastighed. Det er således ikke nødvendigt at foretage absolutte målinger ved indregulering. Når alle komponenter har samme ydelsesforhold i forhold til den projekterede, ændres hovedluftmængden ved ventilatoren til den korrekte, og alle lufttydelser bliver nu som ønsket.



Metode 2, i praksis vil man undertiden med fordel kunne kombinere forindstillingsmetoden og proportionalmetoden. Fx kan grupper af indblæsnings- og udsugningsåbninger projekteres, så indstilling kan foretages efter forindstillingsmetoden, mens grupperne indbyrdes indreguleres efter proportionalmetoden.

Det er ifølge DS 447 ventilationsentreprenøren der i forbindelse med udarbejdelse af arbejdestegninger placerer indreguleringsspjæld og målepunkter.

Forberedelser før indregulering

Forberedelser på tegnestuen

- Hvad står der i projektmaterialet?
- Hvilke informationer bør projektmaterialet som minimum indeholde?

For at indreguleringsarbejdet skal kunne gennemføres tilfredsstillende og indenfor en rimelig tidsramme, må planlægningen af indreguleringen og målinger starte allerede under projekteringen. Det er derfor vigtigt at entreprenøren gennemgår tegninger og beskrivelser grundigt for at kontrollere at alle indreguleringstekniske forhold er taget med.

Af projektmaterialet skal det klart fremgå, hvilke forhold den rådgivende ingeniør og ventilationsentreprenør er ansvarlig for i forbindelse med indreguleringen af ventilationsanlæggene. Det skal fremgå af projektmaterialet hvilke aktiviteter der er tilknyttet, eksempelvis tæthedsprøve og lignende.

Følgende punkter bør gennemgås i projektmaterialet:

- Krav til størrelser og tolerancer for nominelle luftmængder, både hovedluftmængder og luftmængder til alle armaturer. (DS 447 stk. 2.5 og SBI-anvisning nr. 102).
- Udeluftmængder, minimal/maksimal.
- Maksimale tilladelige luftmængder i opholdezonen.
- Kravet til de maksimale støjniveauer og lyddata skal findes og være tilgængelige for de anvendte armaturer.
- Kravet til ventilationsanlæggets lækage.
- Det er af stor betydning for indregulering at kanaler og komponenter ikke har stor lækage. Krav til tæthed og lækagemåling skal derfor være specificeret. Lækageprøvningen bør foretages mens kanaler og komponenter er tilgængelige.
- Indreguleringsmetode.
- Krav til kalibrering af anvendte instrumenter.
- Ventilationsanlæggets referencetilstand.



Ventilation og Indeklima

Der er mange faktorer, der påvirker luftfordelingen og luftmængdens størrelse. De projekterede luftmængder må derfor henføres til en for installationen og bygningen bestemt tilstand. For anlægget er det blandt andet filterets tilstand, drift af befugtningsanlægget, spjældstilling og drift af anlæg med fælles indtag eller afkast.

For bygningen er det faktorer som vindtryk og temperaturdifference mellem inde og ude, samt døres og vinduers stilling, da dette kan påvirke anlægget.

Til de opgivne projekterede luftmængder hører en bestemt fysisk tilstand for anlægget, bygning og omgivelser. Denne tilstand er anlæggets referencetilstand.

Ved afvigelser fra referencetilstanden skal disse opgives. Hovedluftmængden bør indreguleres ved referencetilstanden. Hvis temperaturen ikke er de projekterede, skal der indreguleres til de projekterede massestrømme.

Den aftalte referencetilstand skal benyttes ved senere afleveringsprøve.

Følgende forhold bør være specificeret ved angivelse af referencetilstanden:

For udeluften:

- lufttemperatur
- barometerstand
- vindstyrke
- vindretning

For anlægget:

- trykfald over filtre
- trykfald over køle/varmeflader
- trykfald over varmeveksler
- trykfald over befugter
- ventilationsomdrejningstal
- lufttemperatur efter ventilator
- udelufttemperatur
- spjældstillinger, blandespjæld
- påvirkninger af fælles indtag og afkast

For bygningen:

- om døre og vinduer skal være åbne eller lukket
- driftstilstand for fremmede anlæg

Målestedet

I projektmaterialet bør være specificeret, placering af alle målepunkter og faste målesteder. Deres nøjagtige placering skal være vist på tegninger. Der kan henvises til SBI-anvisning 102.



Målemetoder

Der bør i beskrivelsen være angivet hvilke målemetoder, som skal anvendes. Alle målinger skal udføres på en sådan måde, at måleproceduren er reproducerbar. Derfor bør benyttes en måleprocedure, som er bestemt på forhånd.

Ved måling af luftmængder bør benyttes metoder som angivet i SBI-anvisningen 102. Målemetoden skal vælges i hvert enkelt tilfælde uden fra hensynet til de tilladte afvigelser fra de projekterede værdier.

Summen af målefejl og de konstaterede afvigelser må ikke overstige den tilladte afvigelse. Hvis der ikke i projektet er angivet krav til maksimal afvigelse bør man regne med en afvigelse inkl. målefejl på $\pm 15\%$. Med hensyn til beregning af den sandsynlige målefejl, henvises til afsnittet Måleteknisk udstyr.

De her omtalte målinger er baseret på absolutte målinger (m^3/s). Luftmængderne i systemet kan også indreguleres ved at benytte relative målinger. Metoden kan være tidsbesparende, men man må i hvert tilfælde undersøge om metoden giver tilfredsstillende målenøjagtighed.

Instrumentering

I projektmaterialet bør være specificeret, hvilke instrumenter der benyttes til måling af lufthastigheder og luftmængder, og disse skal være kalibrerede. Står der ikke noget om kalibrering af andre benyttede instrumenter, bør disse være kalibreret og justeret og valgt ud fra hensyn til de angivne maksimale afvigelser for de målte størrelser som man kan tillade ifølge beskrivelsen.

Et og samme instrument bør anvendes til indregulering af hele anlægget, eller hele hovedafsnittet. Hovedgrensystemet bør dernæst indreguleres med et og samme instrument.

Imellem to kalibreringer bør dagens målinger indledes med at to instrumenter dagligt sammenlignes ved måling på samme målested af typiske hastigheder, således at eventuelle pludseligt indtrådte store afvigelser hurtigt opdages.

Armaturplacering

Det er vigtigt, at kontrollere armaturernes placering. Er de anbragt direkte i en fordelingskanal vil det forringe indreguleringsmulighederne. Indbygning af spjæld og ændret kanaludformning kan blive en nødvendig løsning.

Hvis der ikke er monteret indreguleringspjæld før armaturer, bør armaturvalget og kanaltryk-faldet kontrolleres (målediagrammer). Om nødvendig, monteres spjæld.

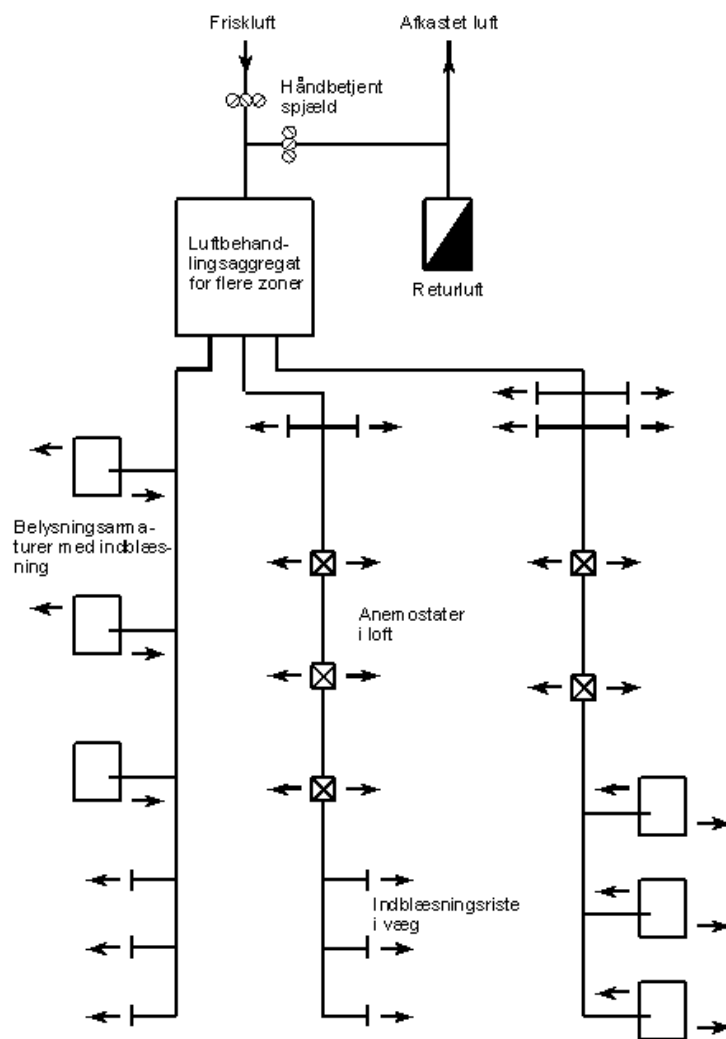
Der bør ikke være forskellige armaturer på samme kanalstreng.



Kanaludformning

Hvis kanaludformningen ikke er udført med symmetri i og mellem afgreningskanalerne, kan det blive nødvendigt at montere ekstra indreguleringsspjæld.

Nedenstående figur 6 viser et system, som ikke indreguleres ved en standardmetode, idet systemet ikke er sektioneret og forsynet med spjæld i et omfang, så relative målinger kan anvendes med fordel.



Figur 6

Illustration: John Johansson, Hoverdel



Ventilation og Indeklima

Orienterende målinger

Før selve indreguleringen kan påbegynde, må der udføres målinger af den samlede luftmængde, og luftmængden fra og til samtlige armaturer i anlægget.

Af måleresultaterne fra de orienterende målinger får man en tidlig information om eventuelle fejl og mangler i systemet.

Hvis målingerne afviger meget fra de projekterede værdier, kan dette skyldes:

- lækage i kanalsamlinger, armaturtilslutninger osv.
- blokering i kanal, lukket spjæld, fremmedlegemer (plastfolie)
- dårlig symmetri i anlægget, armaturplacering osv.
- fejl i kanaldimensioneringen

Hvis ventilatoren på højeste ydelsestrin, yder mere end den projekterede trykdifferens, men ikke den projekterede volumenstrøm er fejlen for høj kanal/systemmodstand.

Eventuelle fejl og mangler må udbedres før indreguleringen starter, og hvis der stadig er afvigelser i luftmængden mellem det målte og projekterede, må den rådgivende ingeniør afgøre, hvad der bør gøres eller om tolerancerne skal ændres.

Med baggrund i de orienterende målinger skal der udarbejdes en plan for indreguleringen. Planen skal redegøre for følgende:

- hvor i systemet indreguleringen skal begynde
- i hvilken rækkefølge der skal indreguleres
- hvilken kanal eller armatur der er indeks- og referencekanal/armatur.

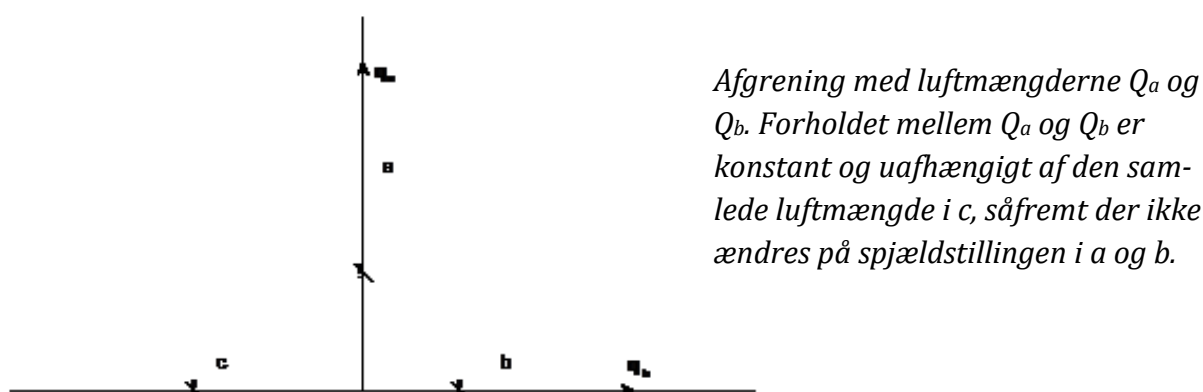
Indeks- og referencekanal/armatur afmærkes nu på alle tegninger og skemaer.



Indregulering efter proportionalmetoden

Teoretisk grundlag

Metoden bygger på det princip, at forholdet mellem luftmængderne i de to grenkanaler forbliver konstant selv om man ændrer luftmængden i hovedkanalen som er i forbindelse med disse afgreninger. Dette betyder, at luftmængden i hver af de to afgreninger vil reduceres med 20% hvis man ved hjælp af et reguleringspjæld i hovedkanalen reducerer totalluftmængden med 20% se nedenstående figur. Det samme vil gælde for samtlige armaturer og afgreningskanaler i anlægget, under forudsætning af at ingen modstande (spjæld eks. røres).



Figur 7

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Dette princip bliver benyttet til en systematisk fremgangsmåde for indreguleringen, idet luftmængden til de enkelte armaturer og afgreningskanaler gradvis indstilles til at give samme forhold til den projekterede luftmængde. Under indreguleringen vil det ikke være nødvendigt at foretage målinger af den virkelige luftmængde, men at udføre balancen på grundlag af relative målinger.

Metoden bygger på den forudsætning at der er et bestemt forhold (kvadratisk) mellem:

luftmængdeforandringen og trykforandringen i kanalsystemet.

$$\begin{array}{l} q = \text{luftmængde} \\ p = \text{tryk} \end{array} \quad \left(\frac{q_1}{q_2} \right)^2 = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{eller} \quad \frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}}$$

Ved store ændringer i luftmængderne og dermed hastigheden i kanalen er førnævnte forudsætning for at bruge proportionalmetoden af strømningstekniske årsag ikke opfyldt, og man bør normalt kun anvende metoden, når luftmængderne i systemet ligger inden for $\pm 50\%$ af den projekterede luftmængde.



Metodens anvendelse i praksis

I det følgende anvendes terminologien:

Armaturer

Enhver form for indblæsnings- eller udsugningsåbning.

Gruppe af armaturer

Riste, der betjenes af samme spjæld.

Referencearmatur

Det armatur der ligger længst væk fra ventilatoren.

Indeksarmatur

Det armatur der giver den mindste luftmængde i forhold til det projekterede (volumenstrømsforhold). Referencearmatur og indeksarmatur vil ofte være den samme.

Luftmængdeforhold/volumenstrømsforhold

Forholdet mellem den målte og de projekterede mængde.

Bi-grenkanal

Kanal med en gruppe armaturer som betjenes af samme spjæld.

Grenkanal

Kanal med flere bi-grenkanaler som betjenes af samme spjæld.

Delsystem

Større eller mindre del af ventilationssystemet som betjenes af samme spjæld.

Forholdstal (f)

Forholdet mellem målte og projekterede luftleverancer (luftmængde, lufthastighed, overtryk)



Indregulering af en afgrening

Afgrening skal indreguleres, så luftmængden gennem a og b bliver henholdsvis $Q_{a \text{ proj}}$ og $Q_{b \text{ proj}}$. Spjældene a og b skal i henhold til proportionalmetoden indstilles således at:

$$\frac{Q_{a \text{ målt}}}{Q_{b \text{ målt}}} = \frac{Q_{a \text{ proj}}}{Q_{b \text{ proj}}} \quad \text{eller} \quad \frac{Q_{a \text{ målt}}}{Q_{a \text{ proj}}} = \frac{Q_{b \text{ målt}}}{Q_{b \text{ proj}}}$$

Luftmængdeforholdene for gren a og b vil altså være lige store ved ændringer af total-luftmængden, når blot alle luftmængder ligger inden for $\pm 50\%$ af den projekterede værdi. Den systematiske fremgangsmåde bliver da:

1. Spjældene på grenene åbnes helt.
2. Luftmængderne Q_a og Q_b måles, og luftmængdeforholdet (målt/proj) beregnes for hver af grenene.
3. Spjæld a (eller b) lukkes så meget, at grenenes luftmængdeforhold er lige store.
4. Spjæld c indstilles derpå således, at $Q_{\text{målt}} = Q_{\text{proj}}$. Forholdet mellem grenenes luftmængde ændres ikke, når totalluftmængden ændres, så fremt indstillingen af spjæld a og b ikke ændres. Det fremgår, at **ingen afgrening må indreguleres, før alle spjæld længere væk fra ventilatoren på den pågældende gren er indstillet.**

Der kan også bruges den fremgangsmåde hvor luftmængdeindholdet benyttes:

$$\frac{Q_{a \text{ målt}}}{Q_{b \text{ målt}}} = \frac{Q_{a \text{ proj}}}{Q_{b \text{ proj}}}$$

1. Spjældene på grenene åbnes helt.
2. Luftmængderne Q_a og Q_b måles, og luftmængdeforholdet: beregnes

$$\frac{Q_{a \text{ proj}}}{Q_{b \text{ proj}}}$$

3. Spjæld a (eller b) lukkes så meget, at grenenes målte luftmængdeforhold er lig med det projekterede luftmængdeforhold.

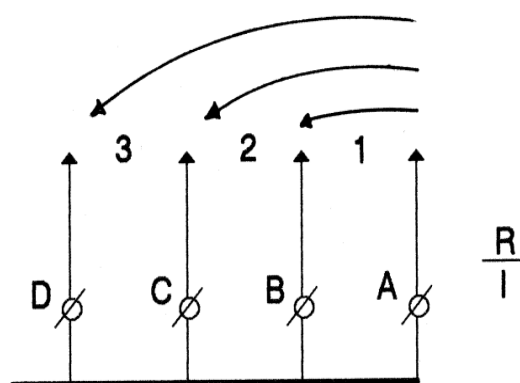


Ventilation og Indeklima

4. Spjæld c indstilles derpå således at $Q_{\text{målt}} = Q_{\text{proj}}$. Forholdet mellem grenenes luftmængde ændres ikke, når totalluftmængden ændres, såfremt indstillingen af spjæld a og b ikke ændres. Det fremgår, at **ingen afgrening må indreguleres, før alle spjæld længere væk fra ventilatoren på den pågældende gren er indstillet.**

Indregulering af gren med flere armaturer

Ved indregulering af en kanal med flere afgreninger anvendes det armatur, der ligger længst fra ventilatoren som referencearmatur.



Figur 8

Illustration: John Johansson, Hoverdel

Luftmængdeforholdet for kanalens øvrige armaturer sammenlignes med referencearmaturets luftmængdeforhold.

Figur 8 er et eksempel på gren med flere armaturer. A anvendes som referencearmatur, idet de øvrige armaturer sammenlignes med referencearmaturets luftmængdeforhold. Såfremt referencearmaturet giver det laveste luftmængdeforhold, kan hver af de øvrige grene indreguleres ved lukning af spjældet i den pågældende gren.

Giver referencearmaturet ikke de mindste luftmængdeforhold, kan den systematiske indregulering kun forsættes, hvis der indbygges et spjæld i kanalen umiddelbart efter det armatur, der giver det mindste luftmængdeforhold. Dette vil i praksis være en temmelig besværlig fremgangsmåde. Derfor findes på forhånd ved en hastig gennemmåling, det armatur, der giver det mindste forhold (risten kaldes indeksarmatur). Referencearmaturets spjæld indstilles, så luftmængdeforholdet bliver lig indeksarmaturets. Referencearmaturets spjæld må ikke lukkes mere end højst nødvendigt, og det bør tilstræbes, at indeksarmaturets spjæld efter indreguleringen står helt åben. Fremgangsmåden ved indregulering af en gren bliver da:

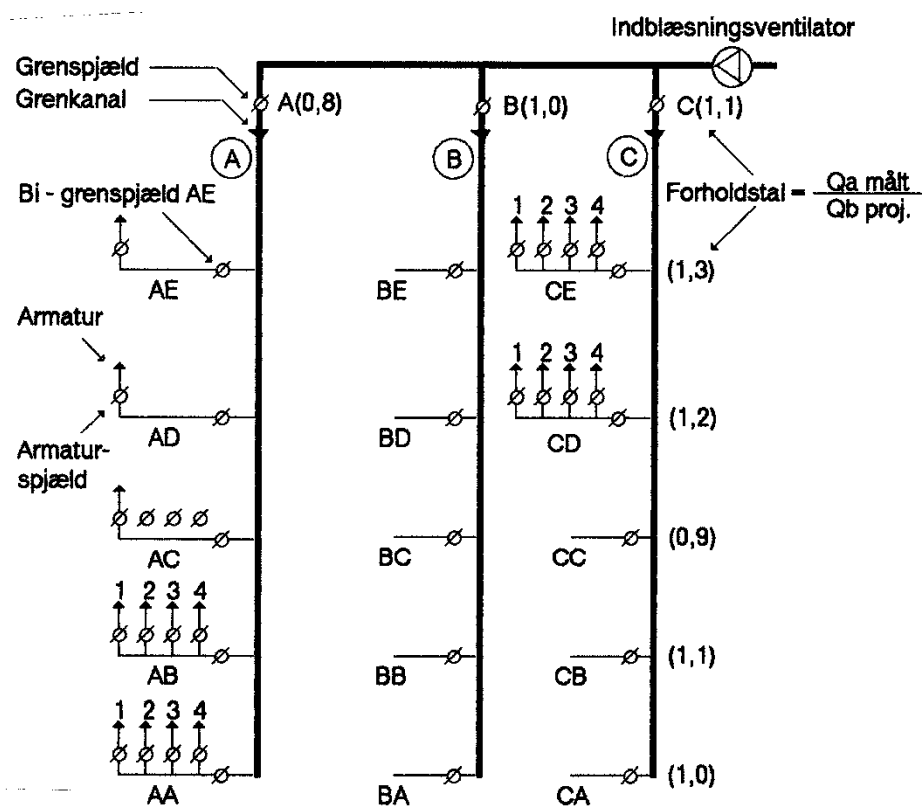


Ventilation og Indeklima

1. Samtlige spjæld åbnes helt.
2. Armaturet der giver det mindst luftmængdeforhold (indeksarmaturet) findes ved en hastig gennemmåling, fx C.
3. Referenceristen justeres, så at den giver samme luftmængdeforhold som indeksarmaturet.
4. B, C og D justeres ved sammenligning med A, så alle armaturer A-D giver samme luftmængdeforhold. **Bemærk** at forholdet for referencearmaturet ændres (stiger) ved justeringen af de øvrige armaturer. Efterhånden som forholdet ændres, indreguleres nye armaturer til det ændrede forhold, og de tidligere justerede spjæld følger med automatisk op med samme volumenstrømsforhold.

Fremgangsmåde ved indregulering af et ventilationsanlæg

Fremgangsmåden er beskrevet som en principbeskrivelse opbygget om anlægget vist i figur 9.



Figur 9

Illustration: John Johansson, Hoverdel



Hvor skal indreguleringen starte?

På grundlag af resultaterne af de orienterede målinger udarbejdes et arbejdsprogram for indreguleringen.

1. Indreguleringen bør normalt begynde på en grenkanal eller delsystem, som har højeste procentdel af den projekterede værdi, dvs. den af grenkanalerne, som har højest forholdstal. På figur 9 har grenkanal C højest forholdstal ($f = 1,1$ dvs. 10 % større luftmængde end projekteret for afgreningen).
2. Hvis procentdelen for afgreningen er højere end 50% af den projekterede værdi ($f \geq 1,5$), bør grenkanalspjældet lukkes ned, så luftmængden bliver lavere end dette niveau. Ved at starte balanceringen der hvor man har det højeste forholdstal, reduceres luftforbruget i disse grene, hvorved luftydelsen i de lavest forsyndede grene samtidig stiger. Luftydelseerne nærmer sig med andre ord de korrekte værdier.
3. Næste opgave er at finde frem til den bi-grenkanal på grenkanal C, som har de højeste forholdstal. På figuren har bi-grenkanal CE højest forholdstal. Indreguleringen bør starte på denne bi-grenkanal.
4. Det første som skal gøres, er at indregulere armaturerne på en bi-grenkanal, således at disse får samme forholdstal.
5. Efter at armaturerne på bi-grenkanal CE er indreguleret til at give samme procentandel af den projekterede luftmængde, skal man finde frem til den bi-grenkanal på gren C, som har det næsthøjeste forholdstal.

Efter at armaturerne er indreguleret, fortsættes systematisk med indregulering af armaturerne på den bi-grenkanal som har højest forholdstal osv.

Skal indreguleringen først begynde på udsugningsanlægget eller indblæsningsanlægget?

I princippet bør det anlæg, som har størst trykfald over armaturet indreguleres først, fordi det er mindst påvirket af de trykvariationer som ofte forekommer mellem rummene.

I et lavtryksanlæg vil man derfor oftest starte med at indregulere udsugningsanlægget først.



Indregulering af hovedluftmængden

Efter at hele systemet er indreguleret, mangler man kun at justere hovedluftmængden, sådan at alle armaturer får forholdstallet 1, hvilket vil sige den projekterede værdi $\pm$ tilladte afvigelse.

1. Før justeringen af hovedluftmængden foretages bør bygningen være klar til brug. Anlægget bringes op til de beskrevne referencetilstand og udeforholdene registreres.
2. Målingen bør foretages i hovedkanalen. Hvis der ikke opnås en pålidelig måling af hovedkanalen, kan den totale luftmængde bestemmes ved at lægge luftmængderne sammen i grenkanalerne.
3. Sammenlign den målte hovedluftmængde med den projekterede værdi. Hvis det er nødvendigt, må ventilatorens omdrejningstal justeres indtil hovedluftmængden ligger indenfor den specificerede tolerance. Resultatet fra den sidste måling noteres og indføres i skema/tabel, se under afsnittet "Indreguleringsskema.

Måling over eventuelle fastmonterede måleblænder/målebøjninger registreres.

I praksis har det vist sig, at blandt andet lækagen i anlægget ofte har en størrelse, så at man ikke kan opnå forholdstallet 1, det vil sige den projekterede værdi ved armaturerne i anlægget, selv om hovedluftmængden indstilles til den projekterede værdi.

Følgende fremgangsmåde må da benyttes:

- Vælg typiske armaturer i anlægget ud. Et af disse bør være armaturet længst væk fra ventilatoren.
- Indstil hovedluftmængden således, at forholdstallet bliver 1 for de udvalgte armaturer.
- Mål hovedluftmængden i hovedkanalen.

Når reguleringen af hovedluftmængden er færdig, vil alle afgreninger og armaturer i anlægget give de projekterede luftmængder inden for de aftalte tolerancer.

Slutresultaterne noteres i skema.



Ventilation og Indeklima

Følgende bør bemærkes ved regulering af hovedluftmængden:

- I anlæg med filtre, bør det kontrolleres, om det er rent, da snavs kan have indflydelse på hovedluftmængden. Anlæg med rent filter er den eneste tilstand som kan identificeres ude på anlægget. Derfor bør hovedluftmængden måles med rent filter. De opnåede resultater sammenlignes med et specificerede filtertrykfald. Det statiske trykfald over filteret skal måles og noteres på sammen tidspunkt som sidste måling af hovedluftmængden bliver foretaget.
- Hvis anlægget har automatisk reguleringsspjæld for regulering af fordelingen imellem hovedluftmængden og by-passluftmængden skal regulering og måling af hovedluftmængden udføres med de automatiske spjæld i en af yderstillingerne. Fordelinger og hovedluftmængde med de automatiske spjæld i andre yderstillinger må også undersøges. Karakteristikken for reguleringsspjældene vil nødvendigvis afgøre, hvilken ændring der sker i hovedluftmængden ved de forskellige spjældindstillinger.

Indreguleringsprocedure

Indreguleringsarbejdet inddeles i uafhængige operationer og bør være:

1. Indregulering af armaturer på hver bi-grenkanal
2. Indregulering af bi-grenkanaler
3. Indregulering af grenkanaler
4. Indstilling af totalluftmængden

Under indreguleringen skal også armaturerne på hver bi-grenkanal behandles, som en uafhængig gruppe. På samme måde skal bi-grenkanalerne og grenkanalerne betragtes som armatur på gren-respektiv hovedkanal og indreguleres indbyrdes, som om de var en gruppe armaturer.



Variabelt volumensystem (VAV-anlæg)

Anlægget benyttes fortrinsvis hvor der er væsentlig kølebehov. Der er mange forskellige varianter af variable volumensystemer, men de fleste har en eller flere volumenregulatorer som kontrollerer luftydelsen og i serie med denne en regulator for hvert enkelt rum som kan reducere luftmængden ned fra 100% til 20%.

1. Udsugningsanlægget skal være i drift.
2. Indstil anlægget til maksimal luftmængde. Dette kan gøres ved at dreje/indstille alle temperaturvælgere på minimum temperatur, hvilket svarer til fuld køling for anlægget. Alternativt kan indblæsningstemperaturen øges, og rumtemperaturen vil da stige og kalde på fuld luftmængde.

Spjæld for recirkulering, afkast og indtag må ikke være modulerende mens målingerne pågår.

3. Mål luftmængden og det statiske tryk over de bokse, der ligger henholdsvis længst fra ventilatoren og nærmest ventilatoren. Om nødvendigt justerer anlæggets totale luftmængde. Det statiske tilgangstryk skal ved bokse nærmest ventilatoren mindst være det foreskrevne minimum. Hvis minimumstrykket ikke er tilstede nedreguleres de øvrige luftforbrugere.
4. Gå til VAV-boksen nærmest ventilatoren.
 - Kontroller at termostaten som regulerer boksen er indstillet på fuld køling.
 - Mål luftmængden fra boksen fx ved hjælp af pitotrør. (Hvis de variable volumenbokse er udstyret med udtag for differenstrykmåling, kan man undlade at foretage målinger med pitotrør ved boksene). Luftmængden kan da bestemmes ved hjælp af trykmålingen og fabrikantens kapacitetsdiagram.
 - Kontroller at det statiske tryk foran boksen, eller trykfaldet over boksen ikke er mindre end det specificerede minimumsovertryk for at konstantregulatoren skal fungerer tilfredsstillende
 - Indreguler alle armaturer der er sluttet til boksens lavtryksside efter proportionalmetoden, som omtalte under "Indregulering af en afgrening".

Man skal være opmærksom på, at hvis anlægget er projekteret med en samtidighedsfaktor mindre end 1, vil man ikke samtidig få den fulde luftmængde på alle armaturerne.



Ventilation og Indeklima

Da boksene skal indreguleres til maksimal luftmængde ved mindst det af fabrikantens foreskrevne tilgangstryk, vil det være nødvendigt under indreguleringen at fraspærre et passende antal hovedgrene, da hovedanlæg normalt er dimensioneret til en samtidighedsfaktor på under 1, typisk 0,7.

5. Juster indblæsningsmønsteret på armaturerne, lås og mærk indreguleringsspjæld og armaturer.
6. Reguler termostaten fra fuld køling til fuld opvarmning og observer om boksen fungerer som ønsket.
7. Stil termostaten tilbage og fortsæt til næste VAV-boks
 - Indreguleringen for de resterende VAV-bokse er den samme som beskrevet ovenfor. I princippet skal indreguleringen foretages fra boksen nærmest ventilatoren (højeste statiske tryk) mod boksen længst fra ventilatoren (laveste statiske tryk).
 - Efter at boksene er indreguleret, måles det statiske tryk foran de bokse, som har laveste statiske tryk (indeksboksene) for at kontrollere at disse har det foreskrevne minimumstryk.
Alle termostater må under disse målinger kalde på fuld køling og systemet må være i modulerende stilling.
Juster ventilatorens kapacitet, sådan at indeksboksene har det nødvendige statiske tryk.

Kontroller også det statiske tryk foran indeksboksene ved at simulere normal filtermodstand i hovedanlægget ved fx delvis at tildække filteret.
 - Sammen med automatikentreprenøren justeres de statiske hoved tryk-kontrol på hovedgrenene som følger indblæsningsluftens tryk efter eventuelt reguleringsspjæld eller lignende.
 - Mål ventilatorens hovedluftmængde med pitotrør og kontroller at ventilatormotoren ikke er overbelastet.
 - Efter udsugningsanlægget er indreguleret, balanceres de to anlæg med hver anden.



Kontroludsugningsanlæg

Ventilationsanlæg i boligblokke har ofte symmetrisk og enkelt kanalføring. I udsugningssystemet vælges normalt ventiler med et trykfald på 100-150 Pa. Dette giver god balance i systemet og gør, at indreguleringsarbejdet på mindre anlæg ofte forenkles.

En del forhold er specielle for kontroludsugningsanlæg:

- Ventilerne bør før indreguleringen begynder, indstilles med et minimumstryk på 100 Pa ved den foreskrevne volumenstrøm (brandkrav DS 428).
- Kontroller at brandspjæld er åbne.
- Der bør være færrest mulige indreguleringsspjæld i kanalsystemet. Spjældene skal være af en type uden perforeret plade, der vil tilstoppes med øget modstand til følge.
- Hvis der ikke findes mekanisk indblæsning skal friskluftventilerne (spalteventiler eller lignende) være åbne under indreguleringen. Generelt gælder det for indregulering af både udsugning og indblæsning, at alle døre mod trappegang og ydre døre og vinduer skal være lukket. Dørene i lejligheden skal være åbne.
- Efter en orienterende måling på anlægget skal ventilatoren justeres til at yde omtrent den projekterede luftmængde, helst 10% mere end den projekterede værdi.
- Selve indreguleringsproceduren udføres efter proportionalmetoden, som beskrevet i afsnit 6.
- Alle grenkanalspjæld skal mærkes og låses
- Kontrolventilerne bør kunne låses



Indreguleringsskemaer

Resultaterne fra indreguleringen skal dokumenteres i en indreguleringsrapport.

Rapporten bør indeholde følgende oplysninger:

- Bygningens navn og adresse
- Bygherrens navn og adresse
- Rådgivende ingeniørs navn og adresse
- Ventilationsentreprenørens navn og adresse samt navnet på den der har udført arbejdet
- Hvilke ventilationsanlæg rapporten omfatter
- Dato og tid for indreguleringen
- Målemetode
- Instrumenttype og instrumentnummer, følertype og nummer hvis denne kan udskiftes
- Kalibreringsbevis for instrumenter, og dato for sidste kalibrering
- Projekterede værdier og maks. tilladte afvigelser for hovedluftmængde og luftmængde i alle armaturer
- Ved indregulering med forindstilling for spjæld og ventiler indføres i rapporten
- Indstillingsværdier for eventuelle drejeknapper (hastighedsvælgere etc.) med mindre disse holdbart angivet ved knappen
- Måleresultater, som bør omfatte:
 - angivelse af sandsynlig målefejl for alle beskrevne målemetoder
 - hovedluftmængde
 - de målte luftmængder for samtlige armaturer
 - luftmængden i alle kanaler, hvor der er foretaget målinger
 - for alle målte luftmængder skal afvigelsen i forhold til de projekterede værdier føres ind. De målte værdier, der ligger udenfor den maksimale tilladte afvigelse, skal understreges eller føres ud i sin egen kolonne. Årsagen til afvigelsen bør bemærkes.
- Tilstanden ved indreguleringen af hovedluftmængder
- Hvis der forekommer afvigelser fra referencetilstanden, skal disse indføres, og om nødvendigt omregnes til referencetilstanden



Ventilation og Indeklima

- For hver måling bør angives:
 - dato og tid
 - udetemperatur, barometerstand
 - vindforhold
 - tilstand af bygningen (døre og vinduers stilling)
 - andre forhold som kan have indflydelse på indreguleringen som eks. rækkefølgen af anlæggene som bliver indreguleret, og om andre anlæg i samme bygning har været i drift eller ikke, anføres også.



Ventilation og Indeklima

MÅLESYSTEMER - OMSÆTNINGTABELLER

Omsætning for tryk

	N/m ² = Pa	mbar	kp/cm ²	mm VS	mmHg	lb/sq in psi
N/m ² = Pa	1,0	10x10 ⁻⁶	10,2x10 ⁻⁶	0,102	7,5x10 ⁻³	0,145x10 ⁻³
Bar	100x10 ³	1000	1,02	10,2x10 ³	750	14,5
mbar	100	1,00	1,02x10 ⁻³	10,2	750x10 ⁻³	14,5x10 ⁻³
Kg/cm ²	98,1x10 ³	0,981	1,00	10,0x10 ³	736	14,22
mm VS	9,81	98,1x10 ⁻⁶	0,1x10 ⁻³	1.00	73,6x10 ⁻³	1,42x10 ⁻³
mm Hg	133,3	1,33x10 ⁻³	1,36x10 ⁻³	13,6	1,00	19,3x10 ⁻³
lb/sq in psi	6,897x10 ³	68,97x10 ⁻³	70,3x10 ⁻³	703	51,70	1.00

Omsætning for energi

	Joule J	Kilojoule kj	kWh	kcal	Btu	hkh
Joule J	1,00	10 ⁻³	0,278x10 ⁻⁶	0,239x10 ⁻³	0,948x10 ⁻³	0,378x10 ⁻³
Kilojoule J	1000	1,00	0,278x10 ⁻³	0,239	0,948	0,378x10 ⁻³
kWh	3,6x10 ⁶	36000	1,00	860	3410	1,36
kcal	4,19x10 ³	4,187	1,16x10 ⁻³	1,00	3,969	1,58x10 ⁻³
Btu	1,06x10 ³	1,055	0,293x10 ⁻³	0,252	1,00	0,399x10 ⁻³
hkh	2,65x10 ⁶	2650	0,736	643	2550	1,00



Ventilation og Indeklima

Links til sider om ventilation pr. januar 2012:

Firma	Omhandler	Link
Exhausto	Komponenter, Ventilationssystemer, undervisningsmaterialer	www.exhausto.dk
Indeklimaportalen	Branchearbejdsmiljørådet for undervisning og forskning.	www.indeklimaportalen.dk
Vent-ordningen	Ventilationseftersyn	www.vent.dk
Spareventilator	Beregning af besparelser ved udskiftning af gamle ventilatorer til nye	www.spareventilator.dk
Lindab	Komponenter, ventilationssystemer	www.lindab.dk
Energiforum	Videnbank om energibesparelser	www.energiforumdanmark.dk
Go'energi	Om energi i alle typer bygninger	www.goenergi.dk
Energistyrelsen	Om energi i DK	www.ens.dk



Ventilation og Indeklima

A	I
Acceptable termiske omgivelser 18	Indblæsningsdyser 46
Affaldsrum 21	Indblæsningsforhold 14
Affaldsskakter 21	Indeklima 8
Afspærringsspjæld/driftsspjæld 28	Indholdet i energieftersynet 62
Andre rum 21	Indregulering af hovedluftmængden 88
Anlæggets vedligeholdelse 59	Indregulering efter proportionalmetoden 82
Anlægstyper 41	Indreguleringsmetoder 76
Armaturer 44	Indreguleringsskemaer 93
Automatik 51	Indreguleringsspjæld 29
B	Indstiksflowmeter 58
Bade og wc-rum 19	K
Bestemmelse af luftfugtighed 16	Komfortkrav til andre faktorer 12
B-hjul 38	KOMPONENTER 22
Bioeffluenter 17	Kondensafløb 37
Boligventilation 48	Kontrolventil 45
Brandsikring af ventilationsanlæg 49	Kontrolventilationsanlæg 43
Brandspjæld 28	Krydsvarmeveksler 35
Brugerinstruktion 61	Køleflader 32
C	L
Cirkulære kanaler 72	Links 96
D	Luftfugtighed 14
Drift- og vedligeholdelse 59	Luftfugtighed 15
E	Luftindtag og luftafkast Se Komponenter... 22
Emhætter 47	Luftkvalitet 16
Energieftersyn 61	Luftskifte i andre bygninger end beboelsesbygninger... 20
Energiforbrug 53	Luftskifte og udelufttilførsel 19
F	Luftskiftet i beboelsesbygninger 19
F-hjul 33	Luftstrømsmåling i kanaler 70
Filtervagt 52	Luftstrømsmåling ved ventilationsåbninger 74
Filtre 23	Lyddæmper 29
Fortrængningsarmatur 45	M
Fortrængningsventilation 42	Metodefejl 75
Fremgangsmåde ved indregulering af et ventilationsanlæg 86	Mikroorganismer 18
Frostbeskyttelse 31	Målebøjning 58
Frostvagt 52	Målemetoder 79
G	Målepunkter 70
Globetemperatur 12	MÅLESYSTEMER - OMSÆTNINGTABELLER 95
H	Måling af lufthastighed 66
Hybrid ventilation 42	Måling af tryk 64
	N
	Naturlig ventilation 19
	Nøgletal 55



Ventilation og Indeklima

O	S
Opblandingsventilation 43	SFP-VÆRDI 54
Opholdsrum 19	Sikring mod røgspredning 50
Optøning af krydsvarmeveksleren 36	Skadelige dampe 18
Overtryksspjæld 29	Spjædtypeper 49
P	SPJÆLD 27
Pitotrør 65	Særskilt wc-rum 19
PMV- og PPD-indeks 9	T
R	Temperaturvirkningsgrad 33
Radon 18	Tobaksrøg 18
Reguleringsspjæld 28	Tragtmåling 74
Rektangulære kanaler 71	Traversmåling 70
Returluft 37	Trykfordelerboks 47
Riste <i>Se Komponenter</i> 23	V
Roterende vekslere 34	Varmeflader 30
Rundrørsrist 44	Varmegenvinding 33
Røgspjæld 28	varmegenvindingssystemer 33
	Varmetrådsanemometre 69
	VAV-diffusor 44
	Vedligeholdelsesoversigt 60
	Vedligeholdelsessystemer 63
	VENTILATORER 38
	VENT-ordning 62
	Vurdering af måleplanet 73
	Væskekoblede batterier 33