



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEJLEDNING Funktionsafprøvning af mekaniske ventilationsanlæg i enfamiliehuse



Scan koden og
TILMELD dig vores
NYHEDSBREV

INDHOLD

Anlæg i enfamiliehuse skal funktionsafprøves	3
Funktionsafprøvning af ventilationsanlæg	
Test 1 - Kontrol af luftmængder	4
Test 2 - Kontrol af specifikt el-forbrug (SFP-faktor)	6
Test 3 - Kontrol af automatik	9
Test 4 - Kontrol af temperaturvirkningsgrad	11
Registreringskemaer	
Test 1	13
Test 2	15
Test 3	17
Test 4	19
Sådan udføres målinger på ventilationsanlæg	
Måling af luftmængder	21
Måling af temperaturer	21
Måling af effektoptag	21
Måleskemaer	24
Krav til måleudstyr	25

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udgivet september 2019

ANLÆG I ENFAMILIEHUSE SKAL FUNKTIONSAFPRØVES

Denne vejledning handler om, hvordan man funktionsafprøver ventilationsanlæg i enfamiliehuse.

Funktionsafprøvning er lovpligtig

I henhold til Bygningsreglementet kap 22 § 450 skal der gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationsanlæg før ibrugtagning. For nyopførte bygninger skal dokumentation af funktionsafprøvningen indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.

Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget fungerer godt ved at overholde bygningsreglementets krav til:

- Luftmængder (nominel luftstrøm) overholder kravene i BR18
- Specifikt elforbrug til lufttransport (SFP-værdi)
- Eventuel behovsstyring, som skal fungere efter hensigten

Ifølge bygningsreglementet §421, skal ventilationsanlæg projekteres, udføres, indreguleres og afleveres som anvist i DS 447, Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer.

Vejledning om funktionsafprøvning af ventilationsanlæg er derfor baseret på kravene i DS 447.

Hvad får du i denne vejledning?

I denne vejledning får du beskrivelser af en række relevante funktionsafprøvninger, som fortæller, hvad det er relevant at måle på, når den afsluttende funktionsafprøvning skal gennemføres. Samtidig får du via testbeskrivelser input til, hvilke krav der er relevante for ventilationsanlæg i enfamiliehuse.

Vejledningen indeholder beskrivelser af test, måle-metoder og tjeklister. Der er beskrevet fire forskellige typer af test:

- Test 1 - Kontrol af luftmængder
- Test 2 - Kontrol af specifikt elforbrug (SFP-faktor)
- Test 3 - Kontrol af automatik
- Test 4 - Kontrol af temperaturvirkningsgrad for varme genvindingsenhed

Det er ifølge BR18 ikke lovpligtigt at gennemføre test 4, mens test 1 til 3 er lovpligtige.

Udtørring af bygninger

Udtørring af bygninger eksempelvis som følge af over-ventilation er noteret som et stigende problem i byggebranchen og hos bygningsejere. Hvis anlægget overholder kravet til udelufttilførsel i Bygningsreglementet (BR18) på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal, overventileres der ikke. Dette undersøges i test 1 "Kontrol af luftmængder".

Test nr. 1	Kontrol af luftmængder	
Anlægs nr.:	Udført af:	Dato:
Lovkrav	I Bygningsreglement 2018 kap. 22 § 443 stk. 1 står der: ”I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation”. I stk. 2 står der: ”Boligens grundluftskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Uden for opvarmningssæsonen kan indblæsning erstattes af udelufttilførsel gennem vinduer, udeluftventiler og lignende”. I stk. 3 står der: ”Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning. Udsugningen skal kunne forøges til mindst 20 l/s”. I stk. 4 står der: ”Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s”.	
Definition	Bolighedens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.	
Målepunkter	Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter: - Hovedluftmængder (grundluftskifte) opgjort via traversmålinger i hovedkanaler - Delluftmængder (forcerede luftmængder) opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på armaturer med håndholdt måletragt	
Principskitse		

Test nr. 1 fortsat	Kontrol af luftmængder
Forudsætninger for test	For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres: • Der er udført en tæthedsprøvning, jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv, og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. • Motorernes omdrejningstal indstilles, således at ventilatorerne leverer den krævede luftmængde, jf. BR18 • Der foretages målinger af hovedluftmængderne fra ventilationsanlægget (grundluftskifte) • Der foretages målinger af udsugede luftmængder fra køkken, badeværelse og eventuelt toilet (forcedede luftmængder) Med hensyn til de forcedede luftmængder er det væsentligt at finde ud af, hvorledes de kan forceres. • I køkken sker det typisk, når emhætten tændes • I bade- og wc-rum sker det typisk via en fugtføler, eller når lyset tændes • I wc-rum uden bad og i bryggers sker det typisk, når lyset tændes
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Metode for måling og dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: • Hvilke forudsætninger og forhold, målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr, der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis: • Den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra kravet i BR18 • Den målte luftmængde fra/til et rum maksimalt ligger $\pm 10\%$ fra kravet i BR18 • Den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger $\pm 15\%$ fra kravet i BR18
Testens resultat	Er testens acceptkriterium opfyldt? Ja Nej
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlægget, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger.

Test nr. 2	Kontrol af specifikt el-forbrug (SFP-faktor)	
Anlægs nr.:	Udført af:	Dato:
Lovkrav	I Bygningsreglement 2018 kap. 22 § 438 står der: ”For ventilationsanlæg med konstant eller variabel luftydelse og varmegen- vinding, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m³ ved maksimalt tryktab.”	
Definition	Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af: • Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (P_i og P_u) • Den indblæste og udsugede luftmængde, der svarer til et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m² (q_{grund}) eller • Summen af de forcerede udsugede luftmængder fra køkken, badeværelse og eventuelt toilet Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel: $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{maks}} \left[\frac{W}{m^3/s} \right]$	
Målepunkter	Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter: • Luftmængder opgjort via traversmålinger i hovedkanaler eller via del-målinger på armaturer med måletragt • Effektoptag foretaget på motorernes hovedrelæer i styreskabet eller på motorernes klemkasser	
Principskitse	Diagrammet illustrerer princippet for et ventilationsanlæg. En central ventilationsenhed (indikat ved et ottekantet symbol) håndterer luftstrømmen. Friskluft (blå linje) indstrømmer fra venstre. Afkast (rød linje) indstrømmer fra bunden. Fraluft (rød linje) udstrømmer til højre. Tilluft (blå linje) udstrømmer til højre. Indblæsningsmotoren (Pi) og udsugningsmotoren (Pu) er vist med deres respektive tryk og effekt. Luftmængden qmaks er angivet ved Tilluft.	

Test nr. 2 fortsat	Kontrol af specifikt el-forbrug (SFP-faktor)
Forudsætninger for test:	For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SEL-værdi skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres: • Der er udført en tæthedsprøvning, jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv, og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Testens varighed	Testens varighed skønnes at udgøre 0,5 - 1 time. Denne test foretages i sammenhæng med test 1.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: • Hvilke forudsætninger og forhold, målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr, der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5 %.
Testens resultat	Er testens acceptkriterium opfyldt? Ja Nej

Test nr. 2 fortsat	Kontrol af specifikt el-forbrug (SFP-faktor)
Årsager til afvigelser	• Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyddæmpere, indtags- og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen • Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeplade m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen • Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat • Luftmængderne afviger fra dem, der var forudsat ved den oprindelige opgørelse af SFP-faktoren • Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg • Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag • Defekte komponenter

Test nr. 3	Kontrol af automatik	
Anlægs nr.:	Udført af:	Dato:
Lovkrav	I Bygningsreglement 2018 kap. 22 stk. 421 står der: "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS 447 Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer."	
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt, samtidig med at krav til funktioner og indeklima er opfyldt.	
Målepunkter	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: • Indblæsningstemperatur • Hastighedsregulering (VAV), som typisk sker i trin	
Principskitse	Principskitse af et mekanisk ventilationssystem med automatik. Diagrammet viser luftstrømmen mellem Friskluft, Afkast, Fraluft og Tilluft. En REG (regulator) styrer systemet via VAV-ventiler og motorer (M). Målepunkter inkluderer temperatur (Ti) og tryk (PT).	
Forudsætninger	For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets behovsstyring skal følgende normalt være opfyldt: • Der er udført en tæthedsprøvning, jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447 kap. 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold	

Test nr. 3 fortsat	Kontrol af automatik
Omfang af test	Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. • Indstilling af setpunkt for ønsket indblæsningstemperatur, som sammenholdes med en måling af indblæsningstemperaturen • Ændringer af udsugningsventilatorens hastighed som samtidig skal give anledning til ændring af indblæsningsventilatorens hastighed
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: • Hvilke forudsætninger og forhold, målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr, der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at: • Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 10 % i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen) • Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen
Testens resultat	Er testens acceptkriterium opfyldt? Ja Nej
Årsager til afvigelser	Forskelle mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes: • Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter) • Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekt hastighedsregulering til motorerne m.m.)

Test nr. 4	Kontrol af temperaturvirkningsgrad	
Anlægs nr.:	Udført af:	Dato:
Lovkrav	I Bygningsreglement 2018 kap. 22 stk. 435 står der: ”Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80 pct.”	
Definition	Beregning af temperaturvirkningsgraden η_t for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af: • Udeluftens temperatur (T_1) • Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (T_2). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5 °C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sidder der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil. • Temperatur af udsugningsluften (T_3) Beregningsen foretages ved at benytte nedenstående formel: $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} [\%]$	
Målepunkter	Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter: Temperaturer registreret via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet.	
Principskitse		

Test nr. 4 fortsat	Kontrol af temperaturvirkningsgrad
Forudsætninger	For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets varmegenvindingsenhed skal følgende normalt være opfyldt: • Der er udført en tæthedsprøvning, jf. kravet i DS 447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv, og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding. Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperatur for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (T_1) og udsuget luft fra rummene (T_3) på ca. 10 - 15 °C. Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance mellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance på 3 %. En målt temperaturvirkningsgrad vil eksempelvis falde, hvis der er overskud af indblæst luft i forhold til den udsugede luftmængde. Temperaturerne skal endvidere måles midt på vekslerens flader.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver: • Hvilke forudsætninger og forhold, målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr, der er anvendt samt, hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen
Acceptkriterium	Overholdelse af krav i BR18
Testens resultat	Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 5 % under kravet i BR18.
Årsager til afvigelser	Er testens acceptkriterium opfyldt? Ja Nej

Registreringsskema til test 1

Funktionsafprøvning af luftmængder

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af, hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under

Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Hovedluftmængder (grundluftskifte)

Hovedluftmængder	Målt luftmængde [m ³ /h]	Projekteret luftmængde [m ³ /h]	Afvigelse [%]
Indblæsning			
Udsugning			

Delluftmængder (forcerede luftmængder)

Udsugning	Målt luftmængde [m ³ /h]	Projekteret luftmængde [m ³ /h]	Afvigelse [%]
Køkken			
Badeværelse			
WC 1			
WC 2			

Kommentarer

Registreringsskema til test 2

Funktionsafprøvning af SFP-faktor

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af, hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under

Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Driftsparameter		Enhed
Luftmængde (q_{maks})		m^3/s
Optagen effekt for motoren til indblæsnings-ventilatoren (P_i)		W
Optagen effekt for motoren til udsugnings-ventilatoren (P_u)		W

Beregning baseret på målinger	SFP-faktor [W/m ³ /s]
$SPF = \frac{P_i + P_u}{q_{maks}}$	

Beregnet SFP-faktor, SFP (beregn) [W/m ³ /s]	Projekteret SFP-faktor, SFP (proj.) [W/m ³ /s]	Afvigelse [%]

Kommentarer

Registreringsskema til test 3

Funktionsafprøvning af automatik

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af, hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under

Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

	Enhed	Målt	Projekteret	Afvigelse [%]
Indblæsningstemperatur	[°C]			

Trin	Indblæst luft-mængde [m³/h]	Udsuget luft-mængde [m³/h]	Afvigelse [%]
1			
2			
3			
4			

Kommentarer

Registreringsskema til test 4

Funktionsafprøvning af temperaturvirkningsgrad

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:

Beskrivelse af, hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under

Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Driftstemperatur	Temperatur [°C]
Udeluftens temperatur (T_1)	
Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (T_2)	
Temperatur af udsugningsluften (T_3)	

Beregning på målinger af driftstemperaturer	Temperaturvirkningsgrad, η_t [%]
$\eta_t =$	

Beregnet temperaturvirkningsgrad, η_t (beregnet) [%]	Projekteret temperaturvirkningsgrad, η_t (proj.) [%]	Afvigelse [%]

Kommentarer

SÅDAN UDFØRES MÅLINGER PÅ VENTILATIONSANLÆG

Måling af luftmængder

Traversmåling i kanal

Luftmængden er produktet af lufthastigheden og tværsnitsarealet (typisk af en kanal).

Lufthastigheden måles normalt med et kalibreret varmetrådsanemometer i et måleplan som afhænger af kanalens dimensioner (se næste side).



Figur 1: Varmetrådsanemometer (måling af lufthastighed i kanal)

Måling i cirkulære kanaler

Målepunkterne placeres som vist i nedenstående figur.

Luftmængden bestemmes af:

$$qv = v_m \cdot A \cdot K \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

hvor

v_m er middelværdien af lufthastigheden [m/s]

A er kanaltværsnitsarealet [m²]

K er en korrektionsfaktor, der er:

0,96 for $d_n \leq 160$ mm

0,97 for $200 \leq d_n \leq 400$ mm

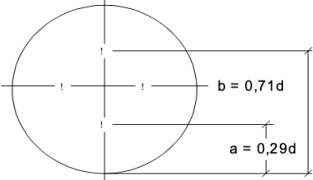
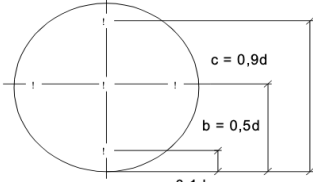
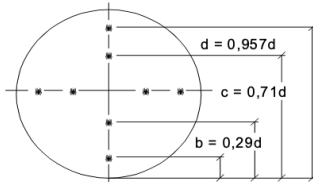
0,98 for $500 \leq d_n \leq 1.200$ mm

Metodefejlen er 4 - 6 %.

Med hensyn til figur 2 anbefaler Teknologisk Institut at anvende 5-punktsfordelingen til alle dimensioner mindre end 400 mm (diameter), hvis der er plads til instrumentet, da 4-punktsfordelingen ikke scanner lavhastighedsområdet nær væggene tilstrækkeligt og giver for høje luftstrømsværdier ved små kanaler.

For at benytte et anbefalet måleplan, skal strømmingen skal være ensartet 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.

Hvis strømmingen i måleplanet ikke er jævn, er det nødvendigt at foretage en alternativ måling.

diameter [mm]		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

Figur 2: Målepunkter i cirkulære kanaler (anbefalet måleplan)

Måling med håndholdt måletragt

Luftmængderne gennem indblæsnings- og udsugningsåbninger kan i mange tilfælde med fordel bestemmes ved hjælp af et anemometer i en håndholdt måletragt, der kan omslutte åbningen. Tragte er velegnede til måling på runde og kvadratiske åbninger, f.eks. 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.

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 3 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.

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



Figur 3: Måling med håndholdt måletragt

Måleskemaer

Målinger af lufthastigheder til beregning af luftmængder noteres i standardiserede måleskemaer. Der kan vælges måleskemaer til anbefalede luftmålinger, alternative luftmålinger eller luftmålinger på trykkudtag.



b2 = mm

a1 = mm

A = m²



d = mm

A = m²

Pkt. i kanal	Afstand	Aflæst værdi v	Instrument korrektion	Sande hastighed	Målte- og beregnede data	
	mm	m/s	m/s	m/s		
1		v1			Måleplan før / efter:	m
2		v2			Type:	
3		v3			Max hastighed målt:	m/s
4		v4			Hastighed målt i centrum	m/s
5		v5			Pendling v _{min} / v _{max} :	m/s m/s
6		v6			Instrumentfejl:	m ₁ %
7		v7			Metodefejl:	m ₂ %
8		v8			Aflæsningsfejl:	
9		v9			Skalainddeling	m _{3,1} %
10		v10			Svingende aflæsning	m _{3,2} %
11		v11			Sandsynlig Målefejl:	
12		v12			$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_{3,1}^2 + m_{3,2}^2}$	m %
13		v13			Korr. for kanalform:	k1
14		v14			Korrigeret hastighed:	
15		v15			V _m × k1	v _k m/s
16		v16				
17		v17				
18		v18				
19		v19			Hastighed målt med instrument med dataopsamling	Hastighed målt v _m m/s
20		v20				Korrigeret hastighed v _k m/s
21		v21				
22		v22				
23		v23				
24		v24				
				Middelhastighed v _m m/s		
				Volumenstrøm qv = v _k × A ± sandsynlig målefejl	m ³ /s ± %	
				Volumenstrøm qv = v _k × A ± sandsynlig målefejl - sidste eftersyn	m ³ /s ± %	

Figur 4: Måleskema til anbefalet luftmåling

Måling af temperaturer

Alle temperaturer i et ventilationssystem, uanset om det er indblæsningstemperatur, temperaturvirkningsgrad over varmegenvindingsenheden etc., skal måles med et kalibreret instrument for at sikre pålidelige resultater. Varmetrådsanemometer til måling lufthastigheden (se figur 1) kan anvendes til måling af lufttemperaturer.

Måling af effektoptag

Effektmålingen på motorerne kan foretages i ventilationsanlæggets strømforsyningsboks.

I figur 5 ses strømforsyningen til et ventilationsanlæg med fase, nul og jord.



Figur 5: Strømforsyningsboks til ventilationsanlæg

Krav til måleudstyr

Parameter	Måleområde	Maks. tilladt tolerance ¹⁾
Lufthastighed	0,3 - 15 m/s	± 3 % af målt værdi, dog mindst ± 0,1 m/s
Effektoptag	Ved måling skal der anvendes kalibrerede effektmålere, hvor det sikres, at den aktuelle måling falder indenfor instrumentets kalibrerede måleområde. Instrumentet skal kunne måle sand RMS	± 5 % af måleværdi
Lufttemperatur	-12 - 40 °C	± 1,0 °C

Tabel 1. Krav til måleudstyr

1) Ved "tolerance" forstås summen af kalibreringsusikkerhed og instrumentfejl. Kravene gælder for instrumentet inkl. følere.

Kalibrering

Måleudstyret skal være kalibreret inden for det seneste år.

Tjek energiløsninger

Tjek også energiløsninger og andre guider fra Videncenter for Energibesparelser i Bygninger på ByggeriOgEnergi.dk. Der er energiløsninger om alle typer af installationer, som beskriver, hvordan man udfører installationerne korrekt.

Om Videncentret for Energibesparelser i Bygninger

Videncentret for Energibesparelser i Bygninger - VEB - samler og formidler viden om konkrete og praktiske muligheder for at reducere energiforbruget i bygninger. Det sker ved, at Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger.

Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.

Vores logo - huset i flotte farver - er inspireret af termograferingsbilleder, der er et godt værktøj til at kortlægge energitabet i bygninger.



Videncentret for
Energibesparelser i Bygninger

www.ByggeriOgEnergi.dk • Tlf.: 7220 2555

