

Retningslinier for dimensionering af energieffektive ventilationsanlæg med varmegenvinding

Elsparefondens anbefaling af det samlede anlæg (aggregat og kanalsystem), forudsætter at nærværende retningslinier er fulgt.

Dimensioneringen skal primært overholde bygningsreglementets krav.

Ventilationsberegners resultatudskrift angiver kun beregningsværdier for anlæg, der opfylder bygningsreglementets krav i det ønskede arbejds punkt.

Ventilationsanlægget kan medvirke til at opretholde et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima. (Bygningsreglementets kapitel 6.)

I forhold til naturlig ventilation uden (varmegenvinding) kan der i nye tætte huse opnås en betydelig energibesparelse ved anvendelse af ventilationsanlæg med varmegenvinding. Tallet fremgår af edb-beregningen.

Det luftskifte på 0,35 l/s per m² som bygningsreglementet BR08 kræver uden hensyntagen til rumhøjden, svarer til et luftskifte på ½ gang i timen ved 2,5 m rumhøjde og vil normalt sikre et fornuftigt atmosfærisk indeklima ved et normalt aktivitetsniveau i boligen (=acceptabel friskhed af luft, når der ikke ryges, ikke tørres tøj i stuerne mv).

BR08 kapitel 6.3.1.2 nævner begrebet udsugning fra kælderrum. Da der ikke er tale om opvarmede opholdsrum med balanceret ventilation må kælderrum ikke tilsluttes boligventilationsanlægget.

Luftskifte

Et luftskifte på ½ gang i timen kan dog ikke køle rummene i en varm sommerperiode. Her skal der på sædvanlig vis benyttes udvendig solafskærmning, åbning af vinduer mv.

Stort Anlæg

Ventilationsberegners resultatudskrift angiver kun beregningsværdier for anlæg, hvis luftydelse (normalt ved lavt modtryk) maksimalt er 3 gange det ønskede.

Dette er en service over for brugerne, der derved undgår at vælge et anlæg, hvis energiøkonomi er god, men hvis tilbagebetalingstid er for lang.

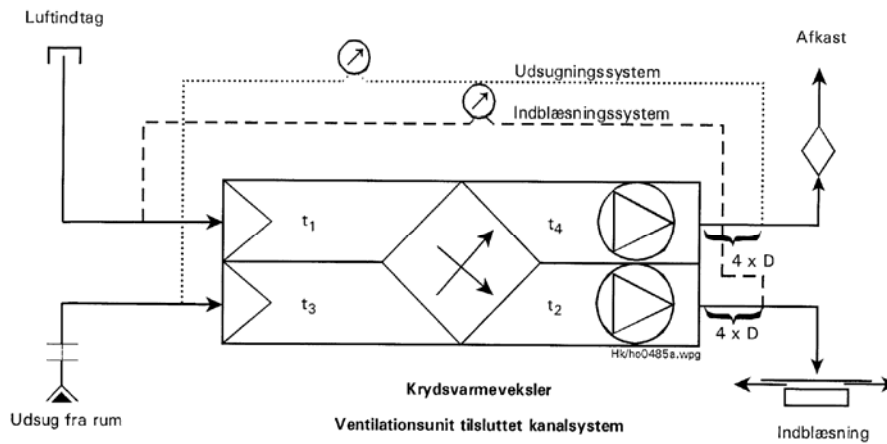
Hvis brugerne ønsker at få energidata for anlæg, hvis maksimale ydelse er større end 3 gange det ønskede, marker da checkboks ”Medtag store anlæg”

Dimensioneringsvejledningen omfatter primært krav til kanalstørrelser og udformning af hensyn til energiforbrug.

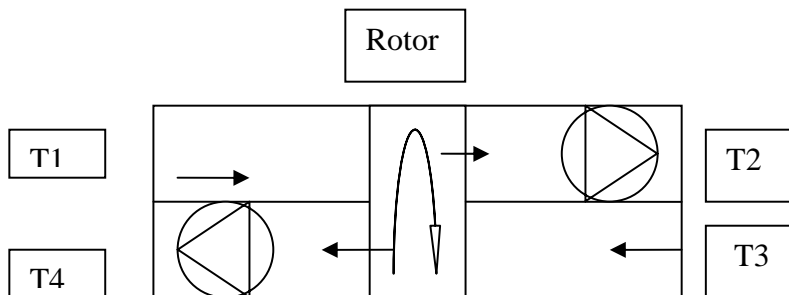
Tillige findes en installationsvejledning.

Generelt - det samlede anlæg

Ud over retningslinjerne i denne vejledning bør fabrikanternes vejledninger følges, ligesom dimensionering skal være i overensstemmelse med DS 447, og anlægget skal opfylde kravene i Bygningsreglementet BR08.



Principskitse af ventilationsanlæg med krydsveksler og kanalføring, idet der kun er vist 1 betjent rum.



Principskitse af samme ventilationsanlæg, idet ventilationsaggregatet nu er forsynet med en roterende veksler. (Kanaler mv. er ikke vist)

Terminologi

Ydelser mv. :

q = luftstrøm, måles i m^3/h eller l/s , $q = q_{\text{ind}} = q_{\text{ud}}$.

Omregning: $1 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$

dp eller H , er ventilationsunittens trykdifferens over korresponderende stutse, måles i [Pa]

SFP (Specific fan power) = SEL (Specifikt el-forbrug) samlet elforbrug (af begge ventilatorer + automatik) til lufttransport, (J/m^3 udeluft), dog uden drivmotor til rotor, pumpe etc.

Bygningsreglementet BR08 stiller krav om et maksimalt elforbrug til boligventilation på $1200 \text{ J}/\text{m}^3$.

Dette svarer eksempelvis til, at et anlæg, der yder $q=180 \text{ m}^3/\text{h}$ maksimalt må bruge $60 \text{ W} = q/3$

Bygningsreglementet BR08 stiller også krav om en veksler virkningsgrad på $0,65 = 65 \%$

Man må kun anvende tør virkningsgrad i beregningsprogrammet "ventilationsberegner".

Eta (η) tør temperaturvirkningsgrad for varmeveksler [0..1].

Programmet anvender et beregningsudtryk på formen $\eta = C_0 + C_1 \cdot q + C_2 \cdot q^2$.
 η bør gælde ved omtrentlig udetemperatur t_1 på $+4\text{ }^\circ\text{C}$ svarende til middeltemperaturen i fyringssæsonen og en udsugningstemperatur t_3 på ca. $23\text{ }^\circ\text{C}$

Temperaturvirkningsgraden angiver hvor meget indblæsningsluften stiger i temperatur ved passage af veksleren i forhold til den disponible maksimale temperaturdifferens.

$\eta = (t_2 - t_1) / (t_3 - t_1)$, se ovenstående tegning. Bygningsreglementet forlanger at virkningsgraden skal være mindst $0,65 = 65\%$

Energiforbrug

Vægtet energiforbrug svarer til års-elforbrug $\times 2,5$ + årsvarmeforbrug [kWh/år].

Varmeforbruget svarer til indblæsningstemperatur = udsugningstemperatur = $20\text{ }^\circ\text{C}$

Vægtet energiforbrug og energiudgiften i kroner kan beregnes ved hjælp af programmet.

Øvrige krav

Anlægget skal i installeret stand overholde bygningsreglementet krav til støj fra installationer

Unitten skal overholde EN 308 mht. lækage mellem luftstrømme

Ventilationsaggregatet

Lyddæmpning

For at undgå ubehagelige lydpåvirkninger i de betjente rum monteres lyddæmper på indblæsnings- og udsugningskanalsystemet imellem aggregatet og de første indblæsnings-/udsugningsarmaturer.

Det A-vægtede lydtrykniveau fra ventilationssystemet i boligens rum må ikke overstige 30 dB(A)

Til lyddæmpning anvendes kanallyddæmper for at holde et lavt tryktab i

anlægget. Der er her ikke taget stilling til eventuelle gener ved lydtransmission via kanalsystem fra rum til rum.

Måling af luftstrøm

Målesteder for måling af hovedluftstrømme skal være tilgængelige evt. ved let aftagelig isolering

For at kunne måle luftstrømmen i indblæsnings = tilluftsystem, (DS447) og udsugningssystem=

fralufts-system skal der monteres en målebøjning eller et målekryds på indblæsnings- og

udsugningskanalsystemet imellem aggregatet og de første afgreninger. Såfremt aggregatet har indbyggede målepunkter for luftstrøm kan dette udelades.

Efteropvarmning

Da varmeveksleren ikke kan genvinde al varmen i udsugningsluften, vil indblæsningsluften i vinterperioden være koldere end rumtemperaturen. Hvis temperaturvirkningsgraden $< 0,8$ må det påregnes at det er nødvendigt vælge en unit med indbygget eftervarmeplade af komfortmæssige hensyn.

Vandeftervarmeplade:

Vandeftervarme fladen skal sikres imod frostsprængning, dette gøres ved at montere en

frosttermostat på vandeftervarmepladens lameller kombineret med en frostsikringspumpe, der

mindst skal køre ved ude temperaturer over $5\text{ }^\circ\text{C}$. Vandtilslutning skal udføres af en autoriseret

VVS installatør.

El-eftervarmeblade:

Denne er generelt ikke acceptabel i energieffektive ventilationsanlæg.

Føleren til styring af el-varmebladen monteres i indblæsningskanalen, men ikke nærmere end ca. 500 mm, da den ellers kan blive påvirket af strålevarme, og dermed vise forkert.

Frostløsning

I ventilationsberegner indgår løsningen hvor en føler i udsugningsluften drosler indsugningen ned afhængigt af udetemperaturen. Dette er et kendt veldokumenteret styringsprincip.

Armaturer for indblæsning og udsugning

Armaturer for indblæsning og udsugning skal vælges så det A-vægtede lydtrykniveau fra ventilationssystemet i boligens rum ikke overstiger 30dB (A) Ved valg af armaturet skal tages hensyn til støj fra kanalsystemet så ovenstående overholdes.

Armaturer med tilhørende fordelingsboks dimensioneres så en fornuftig opblanding med rumluft kan opnås, ved en passende start-indblæsningshastighed, dog må det samlede tryktab ved passage af boks og armatur ikke overstige 20-30 Pa af hensyn til energiforbruget.

Armaturer til indblæsning skal vælges således at indblæsningsluften opblandes tilstrækkeligt med rumluften og så lufthastigheden i opholdzonen ikke overstiger 0,15 m/s.

Samlinger mellem kanal og armatur skal udføres lufttætte.

Kanalsystem

Dimensionering af kanalsystem

Kanalsystemets dimensioner skal være i overensstemmelse med hjælpeskemaet for valg af kanaldimension (se nedenfor), så de anbefalede hastigheder i kanalsystemet ikke overskrides. Der dimensioneres ud fra en lav lufthastighed for at sikre et lavt elforbrug og for at undgå støj. Det aktuelle tryktab og elforbrug kan let eftermåles på det samlede installerede anlæg, så det kan konstateres om anlægget på disse områder opfylder Elsparefondens krav.

Det er installatørens ansvar at udforme kanalsystemet så trykbehovet ikke overstiger den angivne trykdifferens i data-arket, f.eks 70 Pa. (læses 70 Pascal) over korresponderende stutse ved den angivne luftydelse.

De stigende temperaturvirkningsgrader bevirker stigende vandudskillelse, dog undtagen ved rotorvekslere. Kanalstrækning for fugtig luft bør derfor have faldende forløb (ikke opadgående) ved passage af varmeveksler for at forbedre afløb fra veksler og hindre tilbageløb til udsugningsfilter, der kan blive fugtigt, muldnet og få et forhøjet tryktab. Bypasspjæld bør vælges til en type, der har glidende regulering (ikke on/off).

Kanaldimensioneringsskema

Arbejdskopi
marts.2007

Dimensioneringsskema

Kanaldimensioner for boligventilation

Nødvendige kanaldimensioner. Eks: ved en kanalhastighed på 2,5 m/s og 6,5 udsugningsenheder skal bruges dimensionen $\varnothing 182\text{mm}$ der rundes op til $\varnothing 200\text{ mm}$

	Antal udsugningsenheder	Udsuget luftstrøm, m^3/h	Maksimalde lufthastigheder [m/s]												Antal udsugningsenheder	Udsuget luftstrøm, m^3/h	
			1,5	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3	3,5	4				
$\varnothing 80\text{ mm}$																	
$\varnothing 100\text{ mm}$	1,0	36	92	84	80	76	73	71	70	67	65	60	56	1,0	36		
$\varnothing 125\text{ mm}$	1,5	54	113	103	98	93	89	87	86	83	80	74	69	1,5	54		
	2,0	72	130	119	113	108	103	101	99	95	92	85	80	2,0	72		
	2,5	90	146	133	126	120	115	113	111	107	103	95	89	2,5	90		
$\varnothing 160\text{ mm}$	3,0	108	160	146	138	132	126	124	121	117	113	104	98	3,0	108		
	3,5	126	172	157	149	142	136	134	131	126	122	113	106	3,5	126		
	4,0	144	184	168	160	152	146	143	140	135	130	121	113	4,0	144		
	4,5	162	195	178	169	161	155	151	148	143	138	128	120	4,5	162		
	5,0	180	206	188	178	170	163	160	156	151	146	135	126	5,0	180		
$\varnothing 200\text{ mm}$	5,5	198	216	197	187	178	171	167	164	158	153	141	132	5,5	198		
	6,0	216	226	206	195	186	178	175	171	165	160	148	138	6,0	216		
	6,5	234	235	214	203	194	186	182	178	172	166	154	144	6,5	234		
	7,0	252	244	223	211	201	193	189	185	178	172	160	149	7,0	252		
	7,5	270	252	230	219	208	199	195	192	185	178	165	155	7,5	270		
$\varnothing 250\text{ mm}$	8,0	288	261	238	226	215	206	202	198	191	184	171	160	8,0	288		
	8,5	306	269	245	233	222	212	208	204	197	190	176	164	8,5	306		
	9,0	324	276	252	239	228	219	214	210	202	195	181	169	9,0	324		
	9,5	342	284	259	246	234	224	220	216	208	201	186	174	9,5	342		
	10,0	360	291	266	252	241	230	226	221	213	206	191	178	10,0	360		
	10,5	378	299	273	259	247	236	231	227	219	211	195	183	10,5	378		
	11,0	396	306	279	265	252	242	237	232	224	216	200	187	11,0	396		
	11,5	414	312	285	271	258	247	242	237	229	221	205	191	11,5	414		
	12,0	432	319	291	276	264	252	247	242	234	226	209	195	12,0	432		
	12,5	450	326	297	282	269	258	252	247	238	230	213	199	12,5	450		
$\varnothing 315\text{ mm}$	13,0	468	332	303	288	274	263	257	252	243	235	217	203	13,0	468		
	13,5	486	339	309	293	280	268	262	257	248	239	222	207	13,5	486		
	14,0	504	345	315	299	285	273	267	262	252	244	226	211	14,0	504		
	14,5	522	351	320	304	290	277	272	266	257	248	230	215	14,5	522		
	15,0	540	357	326	309	295	282	276	271	261	252	234	219	15,0	540		
	15,5	558	363	331	314	300	287	281	276	265	256	237	222	15,5	558		
	16,0	576	369	336	319	304	291	285	280	270	261	241	226	16,0	576		
	16,5	594	374	342	324	309	296	290	284	274	265	245	229	16,5	594		
	17,0	612	380	347	329	314	300	294	289	278	269	249	233	17,0	612		
	17,5	630	385	352	334	318	305	299	293	282	273	252	236	17,5	630		

tekn inst. Nov 2006 EHH

1 wc = 1 bryggers = 1 udsugningsenhed

(1 udsugningsenhed = $10\text{ l/s} = 36\text{ m}^3/\text{h}$)

1 bad evt incl wc = 1,5 udsugningsenhed

1 køkken = 2 udsugningsenheder

Udsugning sker iht BR08 fra fugtige rum. Indblæsning i opholds- og soverum, således at der er luftbalance. Hvis der skal udsuges mere end de fugtige rum kræver, sker dette fordelt over det øvrige hus, gerne fra evt. forældresoverum.

Luftindtag og afkast

Afkastriste- og luftindtag skal have en dimension der er mindst 1 dimension større end den kanal den betjener, da disse komponenter erfaringsmæssigt har stort tryktab. Dette gælder ikke mindst populære riste med brede lameller som i sig selv har et reduceret gennemløbsareal, som derfor skal bruges to dimensioner større end kanalen de betjener.

Friskluft og udsugnings taghætter/ riste skal placeres med mindst 3 meters afstand for at afkastluften ikke bliver suget ind igen. Det er desuden bedst at friskluft indtaget sidder på en nordvendt væg eller tag.

For at undgå uønsket opvarmning af luften om sommeren bør luftindtaget om muligt placeres på nordsiden i en lodret vægflade, og mindst ½ meter over en eventuel mørk flade. Hvis det ikke kan lade sig gøre at få frisk luften fra en nordvendt væg eller lignende, bør man sikre sig at friskluftindtaget sidder højest muligt. Gerne en 1 meter over taget.

Alle kanaltilslutninger bør udføres med et lige kanalstykke før afgreninger eller bøjninger for at undgå ekstra tryktab. Såfremt fabrikantens anvisninger ikke angiver den nødvendige lige kanalstrækning ved tilslutning, kan en lige rørstrækning på 4 gange rørdiameteren anvendes. For aggregater indbygget i skabe skal de ekstra tryktab i forbindelse med ekstra bøjninger indgå i vurderingen af aggregatets energiforbrug.

Udform anlægget så det er let at indregulere og vælg armaturer der er lette at indregulere. Gør måle- og indreguleringsstedet tilgængeligt.

Kanalsystemet skal være enkelt og symmetrisk, Det kan gøre at luftbalancen opnås uden indreguleringsspjæld ud over det der sidder i armaturet
Dimensioner luftmængden til de enkelte udsugnings- og indblæsningsarmaturer ved anvendelse af systemets minimums kanaldimensioner og dermed opnå lave tryktab.



Eksempel på spærfod med plads til føring af ventilationskanaler (BYG-DTU R-069).
Foto. (BYG-DTU R-069).

Vejledende kanaludformning

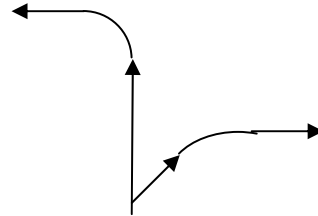
Mindst de sidste 3 T-afgreninger på fordelingskanalen længst væk fra forsyningskanalen skal være af type sadel-afgrening (afrundet bygget afgrening, der har reduceret tryktab).

Undgå T-rørs fordeling (indløb fra stamme og 180 graders fordeling på indblæsningssystem) og erstat dette af 45 graders påstik på hovedgren (se tegning)

Undgå skarpkantet
T-fordeling



Brug i stedet 45° afgrening +
45°+90° bøjning

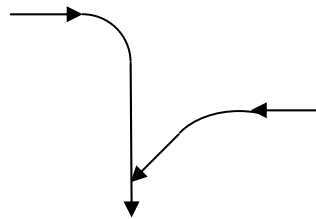


Undgå T-rørs sammenløb (180 graders modsat rettede tilløb og udløb via stamme på udsugningssystem) og erstat dette af 45 graders påstik på hovedgren (se tegning)

Undgå T-sammenløb



Brug i stedet 45° sammenløb
+ 45° + 90° bøjning



- Luftindtagshætte og luftafkastrist af traditionel udformning med højt tryktab. Begge armaturer skal vælges én dimension større (25 % større diameter) end hovedkanalen de betjener. F.eks. vil en hovedkanal på \varnothing 250 mm kræve armaturer på \varnothing 315 mm eller udføres som 2 samtidigt virkende armaturer i samme dimension som hovedkanalen. Denne regel skal tillige sikre at tryktabet ikke stiger efter eventuel udskiftning af tagarmatur i forbindelse med vedligeholdelse.
- Kanaldimensionerne skal vælges efter manuel beregning eller ved hjælp af et kanalberegningsprogram, kombineret med praktiske erfaringer om beregningsnøjagtighed (fx fra eftermålinger). Beregningsresultatet tillægges ca. 25 % for ekstra tryktab begrundet med indregulerings unøjagtighed.
- For at undgå uoprettelige fejl ved dimensionering af kanaler og samlestykker bør der rundes op i stedet for ned på kanaldimensionering. Dette gælder især hvis der er tvivl om den endelige udformning af kanalsystemet.

- En dimension større (= 25 % større diameter) reducerer tryktabet i kanalsystemet ekskl. armaturer til ca. 40 % af det oprindelige.
- Brug kanaldimensionsskemaet, som er et enkelt redskab til valg af dimension ud fra luftstrøm og lufthastighed. Undgå kanalhastigheder over 3,0 m/s pga. støj og tryktab.
- Kanalsystemets tryktab skal være lavt langs den strømningsvej, der passerer flest samlestykker (fittings) fra ventilationsunit til fjernest betjente armatur, og som tillige ofte har størst længde målt langs kanalen.

Materialer

T-rør og 90-graders bøjninger i metalkanaler og lige kanaler kan fås i standarddimensionerne 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400 mm osv.

Der må af hensyn til tryktab og brand ikke bruge fleksslanger i kanalsystemet.

Indregulering

Ventilationsanlæggets kanalsystem indreguleres på følgende måde:

- ved hjælp af **proportional- indreguleringsmetoden** (der tillige er den hurtigste metode)
- således at hvert armatur har den ønskede luftstrøm
- således at luften fordeles med mindst mulig trykydelse af ventilatoren
- således at der er præcis **balanceret** ventilation, dvs. ens massestrømme ind/ud. Dette har stor betydning for anlæggets energiforbrug. (aldrig overtryk i bygninger da det kan medføre at fugt presses ud i konstruktionerne.
- hovedluftstrømmene skal ske i henhold til gængs praksis indstilles med en energibesparende metode, hvor ventilatorens omdrejningstal justeres, (normalt med elektronisk styring) og ikke ved hjælp af drøvlespjæld.
- Indreguleringsrapport:
 1. målte luftstrømme for alle armaturer og de to hovedluftstrømme skal angives.
 2. øjebliksværdi for eleffekt (W) forbrug skal måles og angives
 3. aktuel SFP-værdi skal beregnes og angives $SFP = w/q \cdot 3600$ q målt i m³/h
 4. statisk trykdifferens mellem korresponderende stutse skal angives.

Tips

- Armaturer placeret nærmest ventilationsuniten har alt afhængig af den valgte indreguleringsform størst risiko for at give støjgener
- Hvis anlæggets armaturer er kanalføringsmæssigt er gruppevis er symmetrisk opbygget kan indreguleringsarbejdet forenkles.