

ENERGIRENOVERING AF VENTILATIONSANLÆG

Vejledning

Indledning

Vejledningen fokuserer på nogle områder, hvor det er muligt at stille standardiserede og absolutte krav. Vejledningen indeholder også anvendelseseksempler med simple beregnere, der kan hjælpe med at finde frem til den optimale energirenovering.

Endelig er der opstillet anbefalinger til kravspecifikationer ved udbud af renoveringsopgaver. Vejledningen er primært henvendt til teknisk personale, som arbejder med vedligeholdelse og projektering.

Retningslinjer og beregnere

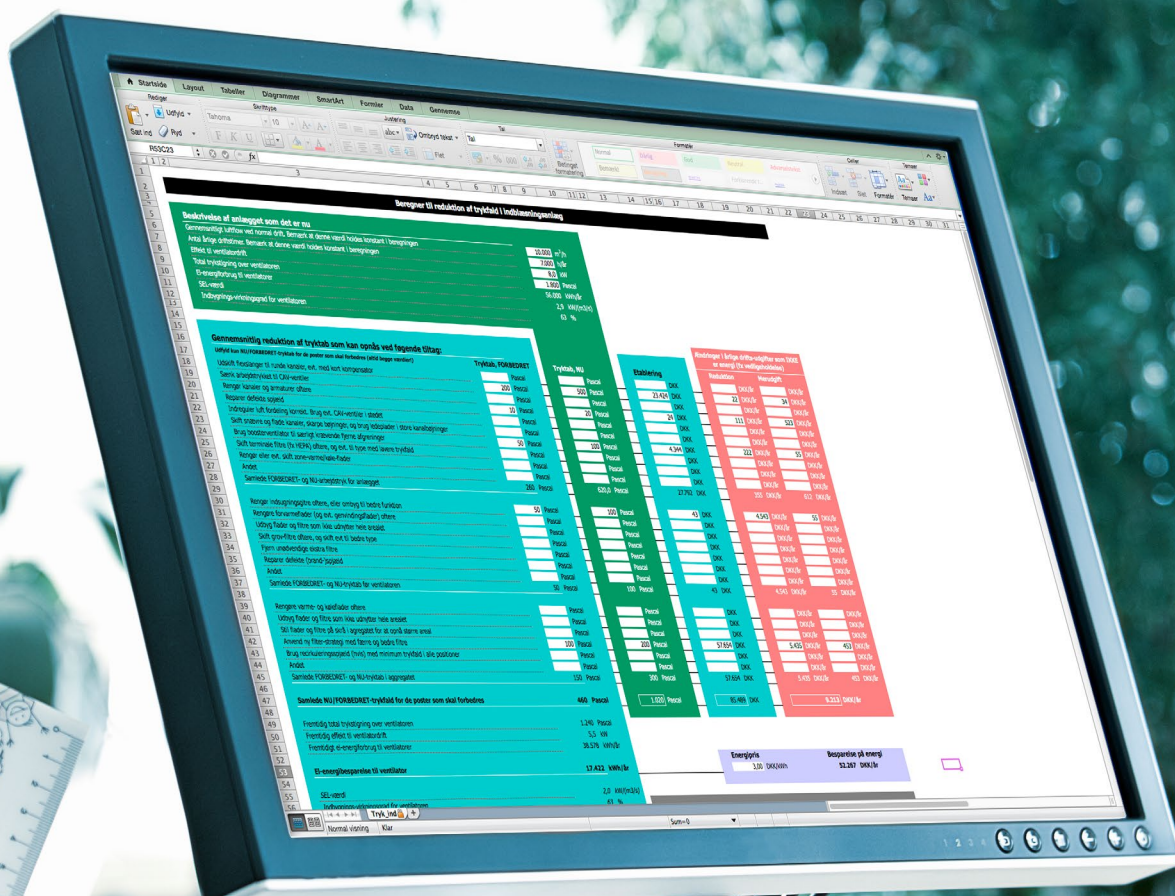
Vejledningen indeholder operationelle, listebaserede retningslinjer for reduktion af luftmængder og anlægstryk – både for indblæsning og udsugning. Retningslinjerne er opdelt på de anlægsdele, som ligger før og efter de pågældende ventilatorer.

For at understøtte retningslinjerne i vejledningen er der som supplement udviklet tre simple beregnere, som viser indflydelse og besparelser opnået ved summen af luftmængde- og trykreduktioner. Beregnerne er baseret på erfaringsværdier og nøje gennemregnede simuleringer.

- [Luftmængdeberegner](#)
- [Trykberegner indblæsning](#)
- [Trykberegner udsugning](#)

Retningslinjerne skal ses som en indledning til beregnerne, og der kan trækkes direkte paralleller mellem de enkelte punkter. For en del af indholdet om tryk findes der absolutte krav til målbare størrelser, som bør overholdes og skrives ind i commissioningkravene.

Varmegenvinding (især roterende vekslere) er også et meget vigtigt fokusområde, men det er behandlet særskilt i eksempelsamlingen "Energimæssige konsekvenser af hygiejnekrav".



Fokusområder

Reduktion af luftmængder

Reduktion af luftmængder er et vigtigt fokusområde, fordi det giver store besparelser på både el og varme ved selv moderate indsatser. Tætning af rum, hvor der er krav om trykbarrierer (f.eks. operationsstuer og laboratorier), samt tætning af kanaler, armaturer og aggregater, fører alle til bedre udnyttelse af den producerede ventilationsluft. Simple tilpasninger, såsom præcis behovsanalyse og korrekt opmåling af rum i forhold til den krævede luftmængde, er også enkle muligheder for reduktion.

Forskellige former for VAV (i stedet for CAV) og tidsstyring i forhold til behov er mere komplicerede værktøjer til luftmængdereduktion. Udvidet brug af filter-fan-units, zoneflader og andet lokalt placeret luftbehandlingsudstyr kan også reducere behovet for transport af store luftmængder.

Reduktion af tryk og tryktab

Reduktion af tryk og tryktab i ventilationsanlæggene er også et vigtigt fokusområde. En ny filterstrategi kan være en god ide, både ift. energi og filtrering. Filtre med lavere tryktab og bedre virkning i bedre kombinationer bør altid overvejes, herunder kontrol af om flader og filtre altid udnytter det fulde areal i aggregaterne. Hvis det generelle tryk er bestemt af enkelte grene med behov for højt tryk, kan det være en god ide at benytte støjsvage boosterventilatorer. På vedligeholdelsessiden bør rengøring og tætning af kanaler, armaturer og aggregater altid være i fokus.

Virkningsgrad

Andre fokusområder er ventilatorer med bedre virkningsgrad og mindre støj. Korrekt valg (tolkning af lovgivningskrav), evt. variabel styring af alle setpunkter, og brug af zonevarme- og zonekøleflader, hvor der stilles særlige krav, kan give store besparelser på varme og køling. Øgede muligheder for frikøling er ofte en ekstra gevinst ved valg af mere lempelige køletemperaturer.

Commissioning

Som en del af commissioning bør der altid stilles energioptimale krav til:

- filtre
- tæthed af rum, kanaler og aggregater
- ventilatorers virkningsgrad
- varmegenvinding
- temperaturgrænser
- frikøling

Commissioning af nye og ombyggede anlæg skal altid omfatte afprøvning og måling af alle forhold, som påvirker energiforbruget i driften af anlægget.



Reducer luftmængde

Opgave:

Reducer den totale luftmængde, som anlægget transporterer. Når luftmængden er optimeret, er det en god ide bagefter at se på mulighederne for trykoptimering.

Hvad er det?

Luftmængden måles pr tidsenhed, ofte i m³/h.

Produktion af en luftmængde er ventilatorens egentlige opgave. Det er det tryk, som ventilatoren frembringer, der resulterer i luftmængden.

Hvad gør det?

Luftmængden sørger for, at det korrekte indeklima kan opretholdes i et afgrænset rum.

Det ventilerede rum udsættes for forskellige rumbelastninger, såsom solindfald, varmetab, støvpartikler, fordampning, gasser, etc.

Energiforbrug

Energiforbruget består af el til ventilatorer, varme til opvarmning og evt. befugtning, samt el til køling og evt. affugtning.

Reduktion af luftmængden giver store besparelser på både el til ventilatorer og til opvarmning og køling af den transporterede luft.

Bemærk dog at besparelserne på el til ventilatorer ikke er så store i praksis som i teorien.

I mange tilfælde falder forbruget nærmere i 2. potens end i 3.

Måling

Hovedluftmængden bestemmes ved at måle luft-hastigheden traverserende i hovedkanalen, enten med et varmtråds-/vingehjulsanemometer, eller pitotrør.

Derefter beregnes luftmængden ved at gange luft-hastigheden med kanalens areal på målestedet.

Husk altid at måle tryk og temperatur ved samme lejlighed.

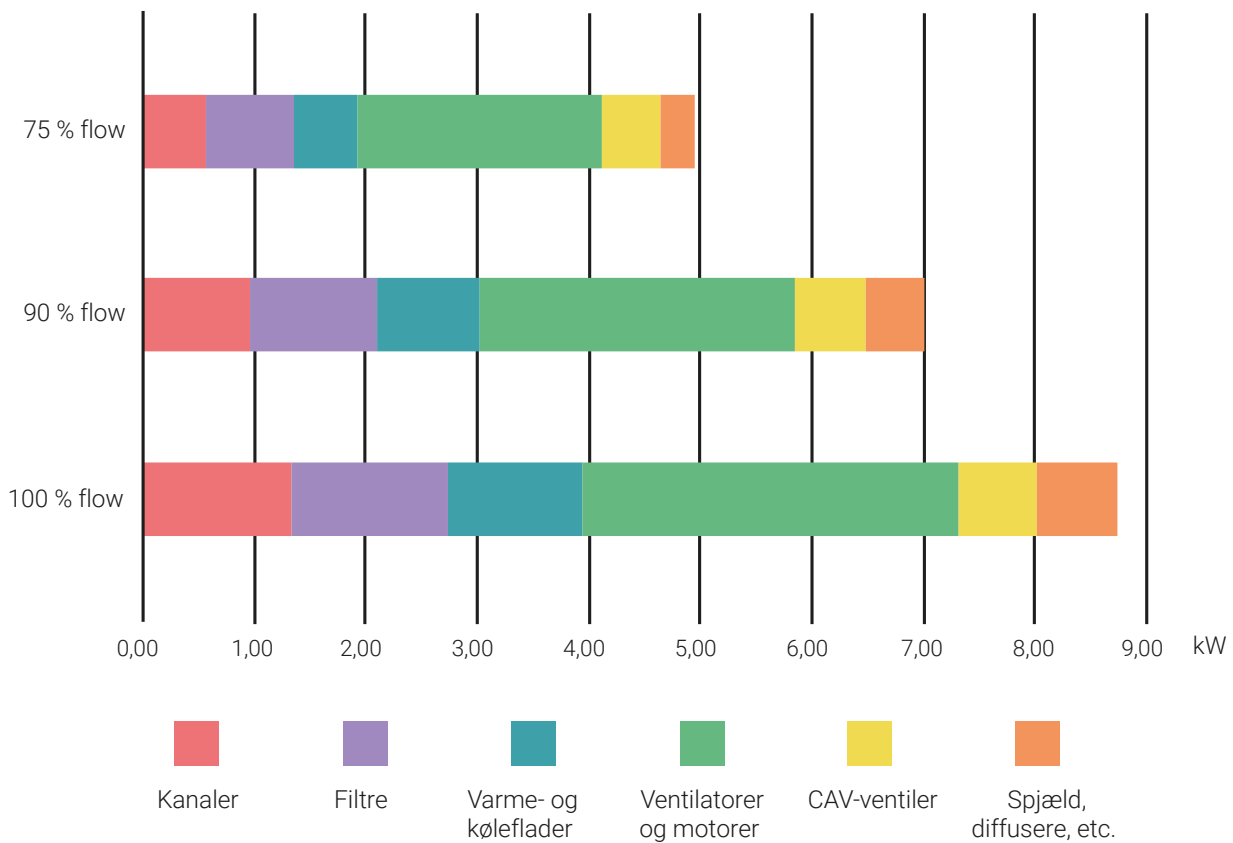
Beregningsværktøj

Af hensyn til simplificering er der som udgangspunkt regnet med balancerede anlæg, hvor tilført luft er lig med udsuget luft.

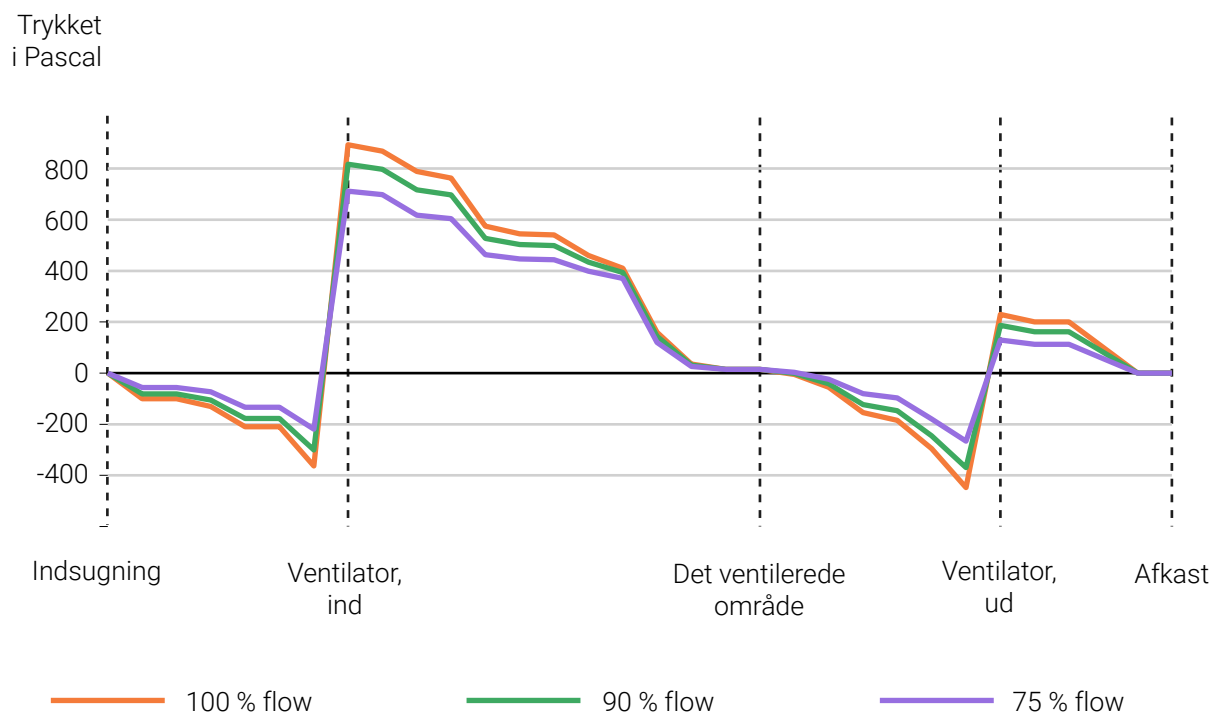
► [Luftmængdeberegner](#)

Reducer luftmængde - Fremgangsmåde

- 1 Start med at kortlægge anvendelsen af rummene med ventilation.
- 2 Find de anbefalede luftskifter, som svarer til de reelle anvendelser.
- 3 Mål de nuværende luftmængder og effektoptag til ventilatorer.
- 4 Find det årlige energiforbrug for opvarmning og køling. Det vil oftest være et estimat af den andel, som bruges til netop dette anlæg.
- 5 Find de rum, som sætter de højeste krav til luftskifte, og prioriter dem først.
- 6 Brug beregneren til at se, om tiltagene er lønsomme.
- 7 Følgende punkter er typiske indsatsområder til reduktion af luftmængden:
 - a. Tilpas luftmængden, så luftskiftet passer til den nuværende anvendelse.
 - b. Sørg for, at luftskifte og luftmængde er beregnet ud fra den reelle rumvolumen.
 - c. Sørg for, at tætte aggregater og kanaler.
 - d. Sørg for, at tætte rum med krav om opretholdelse af tryk. Test med blowerdoor før og efter.
 - e. Monter frekvensomformere, så luftmængden kan styres præcist til den ønskede værdi.
 - f. Styr ventilatorer i forhold til procesudsug (fx stinkskebe), så der altid er det samme samlede luftskifte.
 - g. Overvej filter fan-enheder i stedet for recirkulation over hovedanlægget.
 - h. Overvej fan coils til køling i stedet for store mængder kold luft fra hovedanlægget.
 - i. Overvej radiatorer, gulvvarme eller caloriferer til opvarmning i stedet for store mængder varm luft fra hovedanlægget.



Figur 1: Effekt afsat i de enkelte komponenter i et balanceret ventilationsanlæg ved fuldt og reduceret flow



Figur 2: Trykforhold gennem balanceret ventilationsanlæg ved reduceret flow. Trykkene for de enkelte komponenter er vist i luftens retning

Reducer trykstigning i indblæsning

Opgave:

Reducer trykstigningen over indblæsningsventilatoren.

Hvad er det?

Trykstigningen er den trykforskel, som findes mellem tilgang og afgang på selve ventilatoren.

Hvad gør det?

Trykstigningen er det, som driver luftstrømmen, og som skal overvinde modstanden i tilgang, aggregat og anlæggets forgreninger.

Energiforhold

Der er en næsten lineær sammenhæng mellem trykket, og det arbejde som ventilatoren skal yde.

Måling

En trykmåler som måler trykforskellen mellem tilgang og afgang.

Beregningsværktøj

- Anlægsopbygning varierer i praksis ret meget. Det gælder f.eks. rækkefølgen af komponenternes placering i aggregat og kanaler. Der er her lavet en generel betragtning.
- For at undgå kompleksitet er der i beregningsværktøjet kun arbejdet med begrebet "statisk tryk".

► [Trykberegner indblæsning](#)

Delemner

Opdel den nødvendige trykstigning i summen af følgende tryk, i den rækkefølge de kommer i luftens retning:

Tryktabet før aggregatet (før ventilatoren)

Hvad er det: Tabet opstår som følge af luftstrømmens passage gennem de modstande, som findes i tilgangen: Gitre, kanaler, filtre, spjæld, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem indsugningen til ventilatoren og den omgivende atmosfæriske luft. Dette tryk er altid negativt.

Tryktabet i aggregatet (efter ventilatoren)

Hvad er det: Tabet opstår som følge af luftstrømmens passage gennem de modstande, som findes i aggregatet: Filtre, genvindingsflade, varme- og køleflader, lyddæmper, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem trykket lige efter ventilatoren og anlæggets arbejdstryk i hovedkanalen.

Anlæggets arbejdstryk (efter aggregatet)

Hvad er det: Arbejdstrykket er det tryk som findes i hovedkanalen, umiddelbart efter indblæsningsaggregatet.

Hvad gør det: Trykket er det, som driver luftstrømmen ude i anlægget. Det skal derfor overvinde modstanden i hovedkanal, forgreninger, spjæld, armaturer, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem det indre af hovedkanalen og den omgivende atmosfæriske luft. Dette tryk er altid positivt.

Særligt: Trykket skal i visse tilfælde også drive selvvirkende volumenstrømsventiler, samt sørge for et eventuelt overtryk i de ventilerede rum.

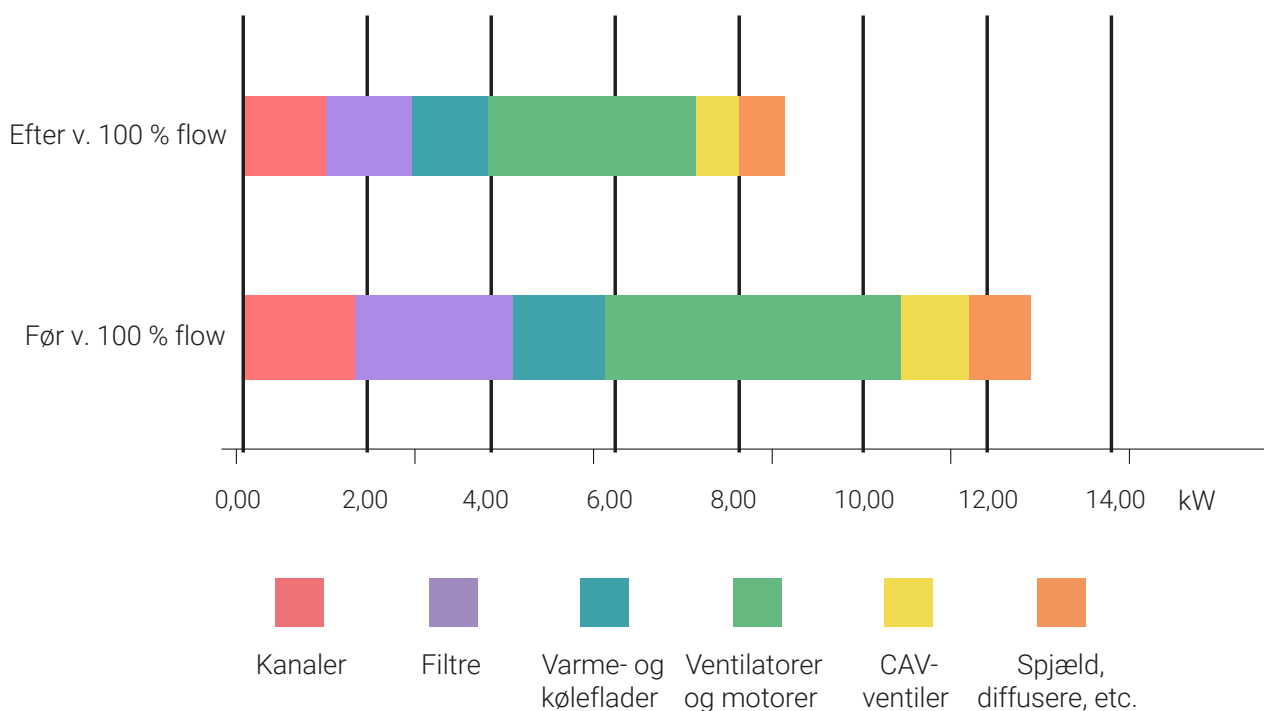
Reducer trykstigning i indblæsning

- Fremgangsmåde

- 1 Fastlæg den nødvendige maksimale luftstrøm ud fra en behovsanalyse.
- 2 Hvis det eksisterende anlægs luftstrøm er for stor eller for lille, bør det bringes i orden, inden der foretages trykreduktioner.
- 3 Sørg for, at anlægget nemt kan trykstyres. Det gøres bedst med en frekvensomformer.
- 4 Reducer anlæggets arbejdstryk til det nødvendige og tilstrækkelige. Find og prioriter de steder, som sætter de højeste trykkrav, og reducer derfra:
 - a. Udskift flexslanger til runde kanaler, evt. med kort kompensator
 - b. Sænk arbejdsstrykket til volustater
 - c. Rengør kanaler og armaturer ofte
 - d. Reparer defekte spjæld
 - e. Indreguler luftfordeling korrekt. Brug evt. CAV-spjæld i stedet
 - f. Udskift snævre og flade kanaler, skarpe bøjninger, og brug ledeplader i store kanalbøjninger
 - g. Brug en boosterventilator til særligt krævende fjerne afgreninger
 - h. Skift terminale filtre ofte, evt. til en type med lavere trykfald
 - i. Rengør eller skift zonevarme-/zonekøleflader
- 5 Reducer tryktabet før ventilatoren:
 - a. Rengør indsugningsgitre ofte, eller ombyg til bedre funktion
 - b. Rengør forvarmeplader (og evt. genvindingsflader) ofte
 - c. Udbyg flader og filtre, som ikke udnytter hele arealet
 - d. Skift grovfiltre ofte, og skift evt. til en bedre type
 - e. Fjern unødvendige ekstra filtre
 - f. Reparer defekte spjæld, herunder brandspjæld
- 6 Reducer tryktabet i aggregatet:
 - a. Rengør varme- og køleflader ofte
 - b. Udbyg flader og filtre, som ikke udnytter hele arealet
 - c. Stil flader og filtre på skrå i aggregatet for at opnå større areal
 - d. Anvend ny filterstrategi med færre og bedre filtre
 - e. Brug recirkulerings-spjæld med minimum trykfald i alle positioner



Figur 3: Trykforhold gennem et balanceret ventilationsanlæg før og efter trykreduktioner i indblæsningsdelen. Trykkene for de enkelte komponenter er vist i luftens retning.



Figur 4: Effekt afsat i de enkelte komponenter i et balanceret ventilationsanlæg før og efter trykreduktion i både indblæsning og udsugning

Reducer trykstigning i udsugning

Opgave:

Reducer trykstigningen over udsugningsventilatoren.

Hvad er det?

Trykstigningen er den trykforskel, som findes mellem tilgang og afgang på selve ventilatoren.

Hvad gør det?

Trykstigningen driver luftstrømmen og skal overvinde modstanden i anlæggets forgreninger, aggregat og afkast.

Energiforhold

Der er en næsten lineær sammenhæng mellem trykket og det arbejde, som ventilatoren skal yde.

Måling

En trykmåler som måler trykforskellen mellem tilgang og afgang.

Beregningsværktøj

- Anlægsopbygning varierer i praksis ret meget. Det gælder f.eks. rækkefølgen af komponenternes placering i aggregat og kanaler. Der er her lavet en generel betragtning.
- For at undgå kompleksitet er der her arbejdet med begrebet "statisk tryk". I praksis skal der arbejdes med totaltryk bestående af statisk og dynamisk tryk.

► [Trykberegner udsugning](#)

Delemner

Opdel den nødvendige trykstigning i summen af følgende tryk, i den rækkefølge de kommer i luftens retning:

Anlæggets arbejdstryk (før ventilatoren)

Hvad er det: Arbejdstrykket er det tryk, som findes i hovedkanalen, ofte lidt før udsugningsaggregatet.

Hvad gør det: Trykket driver luftstrømmen ude i anlægget og skal derfor overvinde modstanden i hovedkanal, forgreninger, spjæld, armaturer, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem hovedkanalen og den omgivende atmosfæriske luft. Dette tryk er altid negativt.

Særligt: Trykket skal i visse tilfælde også drive selvvirkende volumenstrømsventiler.

Tryktabet i aggregatet (efter ventilatoren)

Hvad er det: Tabet opstår som følge af luftstrømmens passage gennem de modstande, som findes i aggregatet: Filtre, genvindingsflade, lyddæmper, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem trykket lige efter ventilatoren og anlæggets arbejdstryk i hovedkanalen.

Tryktabet efter aggregatet (efter aggregatet)

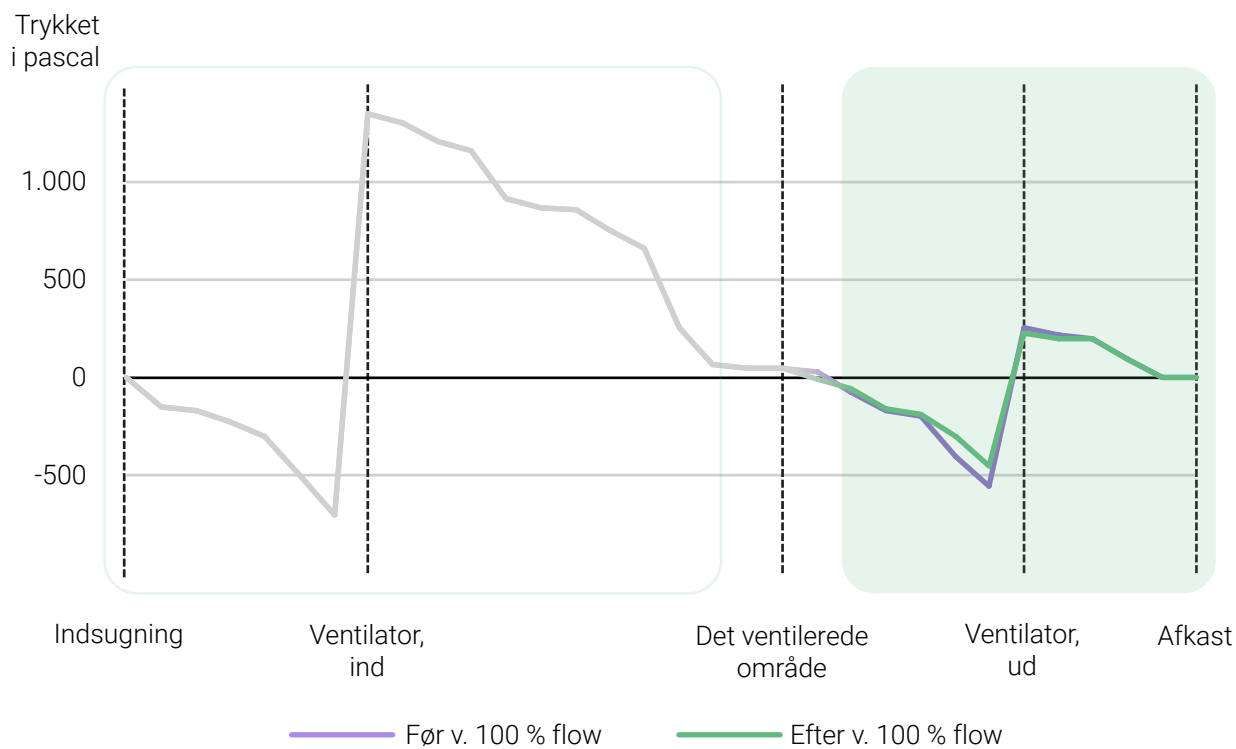
Hvad er det: Tabet opstår som følge af luftstrømmens passage gennem de modstande, som findes i afkastet: Kanaler, afkastskorsten, etc.

Måling: En trykmåler som måler forskellen mellem afgang fra ventilatoren og den omgivende atmosfæriske luft. Dette tryk er altid positivt.

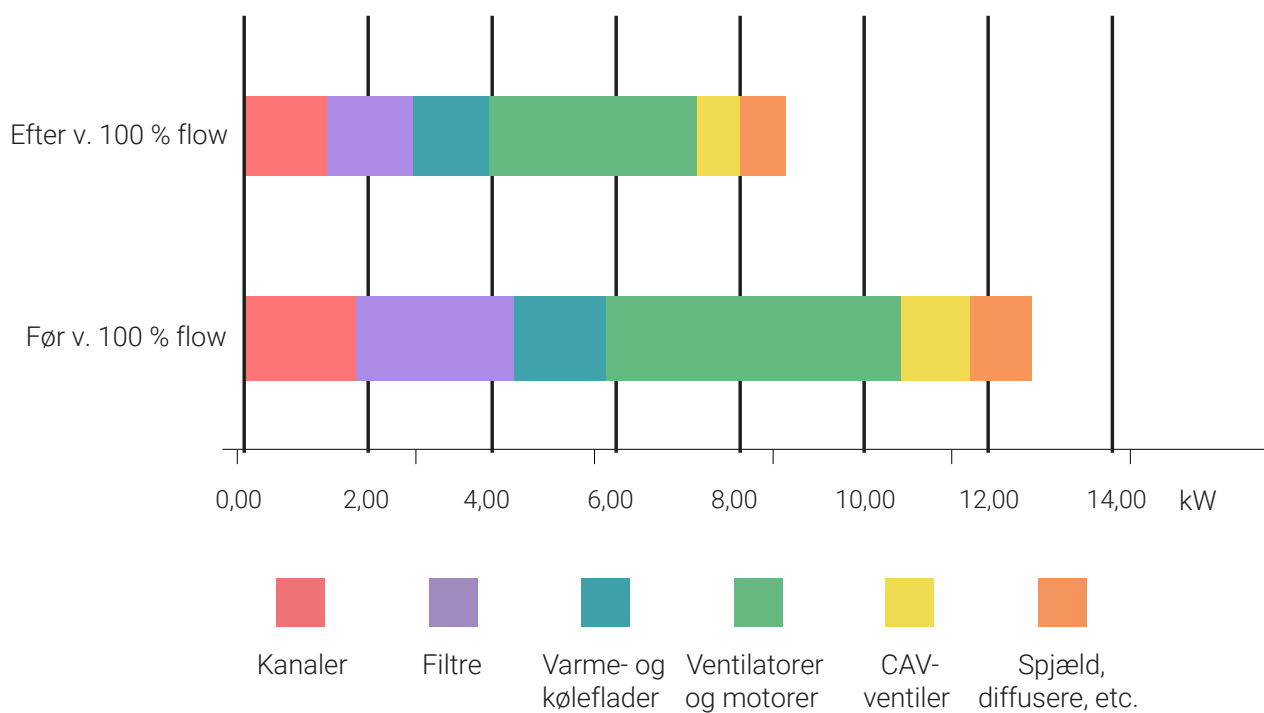
Reducer trykstigning i udsugning

- Fremgangsmåde

- 1 Fastlæg den nødvendige maksimale luftstrøm ud fra en behovsanalyse.
- 2 Hvis den eksisterende anlægsluftstrøm er for stor eller for lille, bør det bringes i orden, inden der foretages trykreduktioner.
- 3 Sørg for, at anlægget nemt kan trykstyres. Det gøres bedst med en frekvensomformer.
- 4 Reducer anlæggets arbejdstryk til det nødvendige og tilstrækkelige. Find og prioriter de steder, som sætter de højeste trykkrav, og reducer derfra:
 - a. Udskift flexlanger til runde kanaler, evt. med kort kompensator
 - b. Sænk arbejdstrykket til CAV-spjæld
 - c. Rengør kanaler og armaturer ofte
 - d. Reparer defekte spjæld
 - e. Indreguler luftfordeling korrekt. Brug evt. volustater i stedet
 - f. Udskift snævre og flade kanaler, skarpe bøjninger, og brug ledeplader i store kanalbøjninger
 - g. Brug en boosterventilator til særligt krævende fjerne afgreninger
- 5 Reducer tryktabet efter ventilatoren:
 - a. Fjern unødvendige ekstra filtre
 - b. Reparer defekte spjæld, herunder brandspjæld
 - c. Skift snævre og flade kanaler, skarpe bøjninger, og brug ledeplader i store kanalbøjninger
- 6 Reducer tryktabet i aggregatet:
 - a. Anvend ny filterstrategi med færre og bedre filtre
 - b. Brug recirkuleringsspjæld med minimum trykfald i alle positioner



Figur 5: Trykforhold gennem et balanceret ventilationsanlæg før og efter trykreduktioner i udsugningsdelen. Trykkene for de enkelte komponenter er vist i luftens retning.



Figur 4: Effekt afsat i de enkelt komponenter i et balanceret ventilationsanlæg før og efter trykreduktion i både indblæsning og udsugning

Anbefalede data for komponenter

Ud over kravene i det til enhver tid gældende bygningsreglement, anbefales det at bruge følgende minimumskrav til komponenter installeret i ventilationsanlæg:

Komponent	Hændelse	Minimumskrav
Afkast til det fri, fx skorsten		40 Pa
CAV-ventil skal kunne arbejde ved minimum		50 Pa
G3 Grovfilter	Trykfald når der er nyt filter	25 Pa
G4 Grovfilter	Trykfald når der er nyt filter	25 Pa
F6 Finfilter	Trykfald når der er nyt filter	100 Pa
F7 Finfilter	Trykfald når der er nyt filter	100 Pa
F9 finfilter	Trykfald når der er nyt filter	125 Pa
HEPA i diffusere	Trykfald når der er nyt filter	125 Pa
HEPA/ULPA	Trykfald når der er nyt filter	150 Pa
Lyddæmper	Trykfald når der er nyt filter	40 Pa
Hovedkanaler	Trykfald når der er nyt filter	0,5 Pa/m
Fordelingskanaler	Trykfald når der er nyt filter	1,0 Pa/m
Køleflade, < 30kW/(m ³ /s),	Trykfald for luften	80 Pa
	Trykfald i væskekredsen	15 kPa
Køle- og affugtningsflade, > 30kW/(m ³ /s)	Trykfald for luften	130 Pa
	Trykfald i væskekredsen	25 kPa
Varmeflade/eftervarmeflade	Trykfald for luften	25 Pa
	Trykfald i væskekredsen	10 kPa
Varmegenvinding, væskekoblet, for én flade	Trykfald for luften	120 Pa
	Trykfald i væskekredsen	50 kPa
Varmegenvinding, væskekoblet	Temperaturvirkningsgrad	65 %
Varmegenvinding, roterende	Rotortrykfald	150 Pa
	Temperaturvirkningsgrad	85 %

Inddeling i anlægstyper

Beregninger af besparelser er ret afhængige af anlæggenes bestykning og byggemåde. Følgende inddeling er derfor anvendt i beregningsværktøjet:

Anlægstype

Ældre type svært bestykket anlæg m. remtræk, HEPA-filtre, CAV-ventiler, væskekoblet genvinding og fugtstyring.

Ældre type normalt anlæg med remtræk, alm. filtre, rotorveksler og brede temperaturgrænser.

Ældre type helt simpelt anlæg m. remtræk, ingen eller få filtre, fx udsugning.

Ny type svært bestykket anlæg m. direkte drev, HEPA-filtre, CAV-ventiler, væskekoblet genvinding og fugtstyring.

Ny type normalt anlæg m. direkte drev, alm. filtre, rotorveksler og brede temperaturgrænser.

Ny type helt simpelt anlæg m. direkte drev, ingen eller få filtre, fx udsugning.

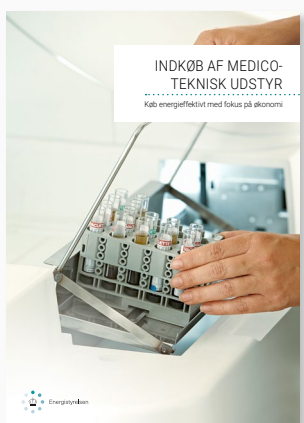
Nyt materiale



Energiforbrug og hygiejne på hospitaler

Denne teoretiske eksempelsamlings formål er at inspirere hospitalerne til at gennemføre energibesparende tiltag indenfor områder hvor hygiejnemæssige forhold har høj prioritet.

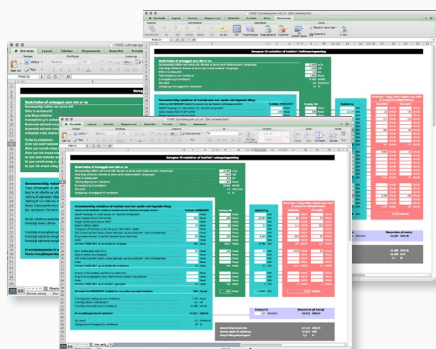
➤ [Download vejledningen](#)



Indkøb af medicoteknisk udstyr

Denne vejledning er primært henvendt til regionernes indkøbere af medicoteknisk udstyr. Den fokuserer på de økonomiske gevinster, der er at hente ved at vælge et energieffektivt produkt. Vejledningen skal ikke ses som en erstatning for den eksisterende vejledning "Indkøb af Medicoudstyr – sæt energien i fokus", men som et supplement.

➤ [Download vejledningen](#)



Ventilationsberegnerne

For at understøtte retningslinjerne i vejledningen om energirenovering af ventilationsanlæg er der som supplement udviklet tre simple beregnere, som viser indflydelse og besparelser opnået ved summen af luftmængde- og trykreduktioner. Beregnerne er baseret på erfaringsværdier og nøje gennemregnede simuleringer.

- [Luftmængdeberegner](#)
- [Trykberegner indblæsning](#)
- [Trykberegner udsugning](#)