

Mads Mysen m.fl.

Energieffektiv ventilasjon – innføring av SFP

BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Mads Mysen m.fl.

Energieffektiv ventilasjon – innføring av SFP

Prosjektrapport 249 – 1999

Prosjektrapport 249
Mads Mysen m.fl.
Energieffektiv ventilasjon – innføring av SFP

Emneord: energiforbruk, ventilasjonsanlegg, aggregat, lyddemper

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0643-5

100 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Innmat:100 g Fortuna
Omslag: 200 g Cyclus

© Norges byggforskningsinstitutt 1999

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 00
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 42

Innhold

1. Bakgrunn for prosjektet	4
2. Sammendrag.....	5
3. Innledning.....	6
4. Målsetting og prosjektgjennomføring	6
5. Teknisk/økonomisk grunnlag.....	7
6. Resultater og diskusjon.....	10
7. Konklusjoner	19
8. Anbefalte normnivåer	21
9. Referanser	21

1. Bakgrunn for prosjektet

Det overordnede målet med prosjektet er å redusere energibehovet i norske bygninger. Prosjektet skal sette fokus på energieffektiv viftedrift ved hjelp av måltallet SFP. SFP står for Specific Fan Power (spesifikk vifte-effekt) og er et mål på den elektriske effekten som trengs for å transportere luft gjennom et ventilasjonsanlegg.

Norges byggforskningsinstitutt (NBI) og OPAK har tatt initiativet til prosjektet, mens Statsbygg, Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE) og Oslo Energi Enøk AS har finansiert prosjektet.

Prosjektutførende organisasjon har vært Norges byggforskningsinstitutt (NBI), som i nødvendig grad er tilført kompetanse fra en arbeidsgruppe der følgende firmaer/institusjoner har deltatt:

- Statsbygg ved Finn Valasjø
- OPAK AS ved Kristoffer Polak
- Gunnar Karlsen a.s ved Tom Krogsrud

Mads Mysen (NBI) har vært prosjektleder i arbeidsgruppen.

Den overordnede styringen av prosjektet er utført av en styringsgruppe. Følgende firmaer var representert i denne gruppen: Statsbygg, NVE, Oslo Energi Enøk AS, OPAK AS, Techno Consult AS, Gunnar Karlsen a.s og NBI.

Finn Valasjø (Statsbygg) har ledet arbeidet i styringsgruppen.

Norges byggforskningsinstitutt, 30. mars 1999
Mads Mysen, prosjektleder

2. Sammendrag

Krav til ventilasjonsanlegg har tradisjonelt vært rettet mot luftmengder, varmegjenvinning, støy og termisk komfort. En viktig ting har vært glemt: Energibehov til transport av ventilasjonsluft.

Energibehov til vifter utgjør 15 til 20 % av moderne næringsbyggs totale energibehov. Etterhvert som bygningsmassen fornyes vil totalt energibehov til viftedrift fordobles i løpet av 15 til 20 år hvis ingenting gjøres. Dette vil gi økt nasjonalt energibehov på 2 til 2,5 TWh, eller tilsvarende ca 4 nye Alta kraftverk.

Ved bevisst planlegging for å redusere trykkfall og optimalisere viftedriften, kan energibehovet til transport av ventilasjonsluft halveres i forhold til dagens normale behov i næringsbygg. De reduserte driftskostnadene vil forsvare merinvesteringene med normale lønnsomhetskriterier. Enkelte tiltak vil ofte være svært lønnsomme.

Bruk av måltallet SFP har vist seg som en effektiv måte for å forbedre planleggingen og utførelsen av ventilasjonsanlegg slik at energibehovet til viftedrift reduseres. SFP er et tall som angir forholdet mellom elektrisk effekt nødvendig for drift av vifter i et ventilasjonsanlegg, og den luftmengden som viftene bidrar til å skifte ut i de ventilerte lokaler.

SFP-verdien beregnes med følgende formel:

$$SFP = \frac{\sum P}{\dot{V}} \text{ [kW/m}^3\text{/s]}$$

Der

$\sum P$: Summen av alle vifteeffekter, [kW]

\dot{V} : Total sirkulert luftmengde (netto), [m³/s]. Her velges største luftmengde av tilluft og avtrekk.

Prosjektgruppen har anbefalt følgende normnivåer for forskjellige typer bygg:

- SFP < 2,0 for nye bygg med begrenset driftstid (under 4000 timer/år).
- SFP < 1,5 for nye bygg med døgkontinuerlig drift.
- for VAV-anlegg økes SFP med 1,0 ved maksimal luftmengde.
- SFP < 2,5 ved nyinnstallasjoner i eksisterende bygg.
- SFP < 4,0 ved nyinnstallasjoner i eksisterende bygg med spesielt trange tekniske rom og vanskelige føringer.

Bransjen trenger å utvikle kompetanse, produkter og produktkjennskap for å oppnå disse anbefalte normnivåene. I en introduksjonsfase over et par år er det derfor fornuftig å legge SFP-kravene 0,5 høyere.

3. Innledning

Forbruket av elektrisk energi til vifter i yrkesbygg og boliger er i dag anslått til ca 2,25 TWh/år. Kravene til inneklime har gradvis gitt økte luftmengder og målinger viser at energibehov til vifter i moderne næringsbygg utgjør 15 til 20 % av byggets totale energibehov. Etterhvert som bygningsmassen fornyes medfører dette at forbruket av elektrisk energi til viftedrift vil fordobles i løpet av 15 til 20 år hvis ingenting gjøres.

For å dekke det økte energibehovet til viftedrift, trenger vi en kraftutbygging tilsvarende omtrent 4 nye Altakraftverk i denne perioden.

Erfaringer fra utlandet tilsier at moderate investeringer i ventilasjonsanlegg som bidrar til redusert trykkfall og optimal viftedrift, kan redusere energibehovet med 50 %. Med moderate investeringer menes her slike som vil tjene seg inn i løpet av 3 år basert på normale økonomiske lønnsomhetsbetraktninger.

4. Målsetting og prosjektgjennomføring

Arbeidsgruppen har hatt følgende målsetting med arbeidet:

- dokumentere behov for å innføre SFP i Norge.
- definere hvordan SFP skal måles.
- foreslå normnivåer som underlag for byggherrekrav ved nybygg, eller referanse ved bedømmelse av eksisterende anlegg.

Prosjektet er gjennomført med følgende delmål:

- **Erfaringsinnhenting fra andre land hvor dette er innført**
Det gjelder i første rekke Sverige som ved hjelp av SFP har satt fokus på energieffektiv viftedrift siden 1991.
- **Definere hvordan SFP skal måles**
Presise og kontrollerbare krav til SFP må baseres på en entydig definisjon og måleanvisning. Arbeidsgruppen har utarbeidet et forslag til måleanvisning.
- **Gjennomføre feltmålinger**
Dette ble gjort for å kartlegge tilstanden i eksisterende bygg og for å teste ut målemetoden.
- **Gjennomføre intervju-undersøkelse**
Dette ble gjort for å avdekke hvilke holdninger, kunnskap og behov bransjen har i forhold til en innføring av SFP.
- **Foreslå normnivåer**
Basert på feltmålinger, erfaringsinnhenting fra naboland og bransjens holdninger til energieffektiv viftedrift, skulle arbeidsgruppen anbefale normnivåer for SFP for forskjellige typer anlegg.

5. Teknisk/økonomisk grunnlag

SFP er et tall som angir forholdet mellom elektrisk effekt nødvendig for drift av vifter i et ventilasjonsanlegg, og den luftmengden som viftene bidrar til å skifte ut i de ventilerte lokaler.

SFP-verdien beregnes med følgende formel:

$$SFP = \frac{\sum P}{\dot{V}} \text{ [kW/m}^3\text{/s]}$$

Der

$\sum P$: Summen av alle vifteeffekter, [kW]

\dot{V} : Total sirkulert luftmengde (netto), [m³/s]. Her velges største luftmengde av tilluft og avtrekk.

$$\text{Da } \sum P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} \text{ [kW]}$$

Kan SFP også uttrykkes som:

$$SFP = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_{tot}}{\dot{V} \cdot \eta_{tot}} = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} \text{ [kPa]}$$

Der

Δp_{tot} : Totaltrykkfallet (sum trykkfall i tilluft og avtrekk) i anlegget, [kPa].

η_{tot} : Viftesystemets totale virkningsgrad

Viftesystemets totale virkningsgrad er videre lik:

$$\eta_{tot} = \eta_m \cdot \eta_d \cdot \eta_v$$

Der

η_m : motorens virkningsgrad

η_d : driftoverføringens virkningsgrad

η_v : viftens virkningsgrad

I tillegg kan trykkfallet mellom to punkter uttrykkes som:

$$\Delta p_{1-2} = kv^2 \text{ [Pa]}$$

Der

k: konstant

v: lufthastigheten [m/s]

Eksempel:

Vi benytter en overdimensjonert asynkronmotor med virkningsgrad på 63 % og vifte med foroverbøyde skovler med en virkningsgrad på 67 % og kilremdrift med virkningsgrad på 94 %. Hva blir total virkninggrad?

Svar: $\eta_{tot} = 0,63 \cdot 0,67 \cdot 0,94 = 0,40$ dvs 40 %

Vi har et anlegg med totaltrykkfall på 2000 Pa (sum tilluft og avtrekk). Hva blir SFP-verdien?

Svar:

$$SFP = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$$

Totaltrykkfallet er fordelt mellom kanalnett og aggregat med 1000 Pa på hver. Ved å endre overgangen mellom aggregat og kanalnett, gå over til bend i stedet for avstikk langs kritisk vei, klarer vi å redusere kanaltrykket til 600 Pa, slik at totaltrykkfallet blir 1600 Pa. Hva blir SFP nå?

Svar:

$$SFP = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{1,6}{0,4} = 4 \text{ kW/m}^3/\text{s}$$

Ved å gå opp en aggregatstørrelse reduserer vi hastigheten gjennom aggregatet med 30 %. Hva blir trykkfallet over aggregatet og total SFP-verdi nå?

Svar:

Ny hastighet v_2 blir $0,7v_1$. Nytt trykkfall blir da:

$$\Delta p_2 = k \cdot 0,7^2 \cdot v_1^2 = 0,49 \cdot \Delta p_1 \approx 500 [\text{Pa}]$$
$$SFP = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{1,1}{0,4} = 2,75 \text{ kW/m}^3/\text{s}$$

Vi har mulighet til å skifte til en direkte-drevet EC-motor med virkningsgrad på 88 % og en vifte med bakoverbøyde skovler med virkningsgrad på 82 %. Hva blir total virkningsgrad og SFP-verdi nå?

Svar:

$$\eta_{tot} = 0,88 \cdot 0,82 = 0,72$$
$$SFP = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{1,1}{0,72} = 1,53$$

Hva blir reduserte driftskostnader for et anlegg på 10800 m³/h og driftstid på henholdsvis 3000 og 8760 timer og el.energi pris på 0,5 kr/kWh når SFP reduseres fra 5 til 1,53?

Svar:

$$\text{Besparelse} = (SFP_1 - SFP_2) \cdot q_v \cdot \text{timer} \cdot \text{energipris}$$

3000 driftstimer gir besparelse på 15.600 kr/år.

8760 driftstimer gir besparelse på 45.600 kr/år.

Den totale merinvesteringen i ventilasjonsanlegget pga tiltakene er i størrelsesorden 40.000,- til 80.000,-. I tillegg kommer evt. merkostnad til prosjektering.

Andre fordeler med tiltakene:

- Redusert hastighet gjennom aggregatet vil gi bedre virkningsgrad på varmegjenvinner og høyere ytelse over kjøle-/ varmebatterier med mulighet for å redusere antall dyp som vil redusere kostnader og trykkfall ytterligere.
- Endring i lydgenerering i forhold til lufthastighet i kanalnett følger sammenhengen /1/:

$$\Delta L_w = 10 \log(v_2 / v_1)^5 [dB]$$

Hvor:

ΔL_w = Endring i lydeffektnivå [dB]

v_1 = Opprinnelig lufthastighet [m/s]

v_2 = Ny lufthastighet [m/s]

Dette betyr at en hastighetsreduksjon på 25 % vil redusere generert støy med ca 5dB som tilsvarer omtrent dempningen i en 0,5 m lydfelle om dempningen gjelder for dB(A) /1/.

I praksis betyr dette at anlegg med relativt lav SFP har lite problemer med ventilasjonsstøy og redusert behov for lydfeller i anlegget.

6. Resultater og diskusjon

6.1 Erfaringsinnhenting

Sverige

I Sverige fant man at forbruket av elektrisk energi fra begynnelsen av 1950 tallet frem til i dag, økte mens det totale energibehov ble redusert. Et nærmere studium viste at næringsbygg bygd i 1988 brukte 35 % mer elektrisk energi enn tilsvarende bygg bygd i 1981 /1/. Dette ble ansett som svært uheldig fordi forholdet mellom utvunnet arbeid (elektrisitet) og tilført varme i et varmekraftverk er ca 40 %. Dette innebærer at elektrisk energi må betraktes som en høyverdig energiform som bør beholdes elspesifikke formål som motordrift og belysning.

Konklusjonen på dette studiet ble (oversatt):

- 1) Det kan ikke forsvares å bare la det elektriske forbruket øke. Ulike tiltak som begrenser økningen kommer i fremtiden til å få større interesse. Særlig interessant er det å begrense det raskt økende forbruket av elektrisk kraft til drift av næringsbygg.
- 2) Det vil bli et sterkere økonomisk incitament for energiøkonomisering i fremtiden.

Man fant videre at forholdet mellom elektrisk energiforbruk til vifter og energibehov til luftoppvarming hadde økt fra ca 0,2 på 50-tallet til ca 1 på 90-tallet. Man antok at det var mulighet for mer energieffektiv viftedrift. Dette ledet frem til doktoravhandlingen til Lennart Jagemar, ENERGIEKONOMI, Val av flåkter och kanalutforming av 1991 /1/, og R2 utgivelsen Klassinndelade luftdistribusjonssystem.

Her ble begrepet SFP innført og innlemmet i kvalitetsklasser med betegnelsen VAS (Ventilation – Air Conditioning System). Det ble innført tre hovedklasser:

- VAS 1500 med SFP på maksimum 1,5
- VAS 2500 med SFP på maksimum 2,5
- VAS 4000 med SFP på maksimum 4,0

Anlegg med SFP mindre enn 1,0 får betegnelsen *effektivt system*, mens anlegg med SFP høyere enn 4 blir ikke VAS-klassifisert.

VAS-klassene gjelder for såkalte CAV-anlegg (Constant Air Volume), for VAV-anlegg (Variable Air Volume) gjelder SFP-verdiene for 80 % av maksimal luftmengde.

VAS-klassifiseringen ble svært raskt tatt i bruk av den svenske byggebransjen. Til å begynne med var det vanlig å benytte VAS 2500 ved nybygg og VAS 4000 ved rehabilitering. Etterhvert som de prosjekterende og utførende har blitt fortrolig med sammenhengen mellom løsninger og resulterende SFP-verdi, og byggherrene har sett lønnsomheten ved en lav SFP-verdi, har utviklingen gått mot stadig lavere SFP-verdi. I dag oppnås

normalt SFP på 1,5 til 2,0 for nybygg og 2,0 til 2,5 ved nyinnstallasjoner i eksisterende bygg (rehabilitering).

I forhold til en antatt SFP-verdi på 3 til 6 før fokusering på energieffektiv viftedrift, betyr dette omtrent en halvering av energibehovet til viftedrift. Dette er gjennomført uten at man har stilt myndighetskrav til SFP.

Danmark

I det danske bygningsreglementet av 1995 (BR95) benyttes betegnelsen SEL med enheten kJ/m^3 (lik $\text{kW/m}^3/\text{s}$). Høyeste tillatte SFP (SEL) verdi er 2,5 ved CAV-anlegg og 3,2 ved VAV-anlegg (maksimal luftmengde). Bestemmelsen gjelder for nybygg og nyinstallasjoner i eksisterende bygninger.

Statens Byggeforskningsinstitutt har utgitt en egen anvisning (SBI- anvisning 188) som omhandler kravnivå, målemetode og anleggsutforming.

6.2 Feltmålinger

6.2.1 Målebygg og gjennomføring

I dette prosjektet er målemetoden testet ut og evaluert i 4 representative bygg. Følgende bygg ble valgt:

- Øvre Slottsgate 2B
- Østensjøvn. 15D
- Verkseier Furulunds vei 46
- Slemdalsvn. 5 Politihøgskolen byggtrinn III

Målebyggene har en størrelse på 2.000 til 6.000 m^2 . Ventilasjonsanleggene var relativt oversiktlige og tilgjengelige.

En forutsetning for økonomisk støtte fra Oslo Energi AS var beliggenhet i Oslo-området. Enøk-rapporter er utarbeidet parallelt med denne rapporten.

Feltundersøkelsen skulle gi grunnlag for å analysere SFP-verdien i disse byggene.

For å gjøre dette måtte vi utføre følgende målinger:

Luftmengdemåling

Alle luftmengdemålingene ble gjort etter gjeldende fellesnordiske målemetoder for luftmengder i ventilasjonsanlegg.

I Østensjøveien 15D og Verkseier Furulunds vei 46 ble netto luftmengde målt. I de andre byggene ble hovedluftmengdene i vifterom målt. Beregning av netto luftmengder til rommene ble basert på antatt lekkasje i kanalnettet.

Trykkmåling

Statisk trykkøkning over vifta ble målt og dynamisk trykk i vifteutløpet ble beregnet basert på teoretisk middelshastighet i vifteutløpet. Dette ga oss et tilnærmet totaltrykk minus reelt trykktap i vifteinnløp og vifteutløp. Vi gir denne betegnelsen $p_{\text{målt}}$. Det ble i tillegg målt trykkfall over filter og statisk trykk før og etter aggregatet.

Vifteturfall

Der hvor det var mulig ble vifteturallet målt. Ved hjelp av turtallet og totalluftmengden kunne vi finne antatt totaltrykk i viftediagrammet. Vi gir denne betegnelsen p_{maks} . Differansen mellom p_{maks} og $p_{målt}$ utgjør da trykktapet i vifteinnløp og vifteutløp, denne er i tabell 6.1 gitt betegnelsen "Viftetap".

Det ville også vært mulig å finne vifteturallet ved hjelp av påstemplet omdreiningstall på motor og multiplisere med vekslingsforholdet (diameter vifteboss/diameter motorboss). Dette vil gi et teoretisk vifteturall som sansynligvis stemmer overrens med virkelig turtall for nyere anlegg.

Effektmåling

Virkelig tilført effekt til drift av vifter (aktiv effekt) ble målt direkte med en energianalysator. Denne målte også $\cos(\varphi)$.

6.2.2 Resultater

Vi fant det mest riktig å basere viftesystemets totale virkningsgrad på totaltrykkfall avlest fra viftediagrammet basert på målt luftmengde og turtall. I Øvre Slottsgt 2B er vifteturallet ukjent, derfor ble viftetap her satt lik gjennomsnittlig viftetap for de andre systemene.

Tabell 6.2.2a viser resultatene fra feltmålingene.

Bygg	System	Luftmengde (m ³ /s)	Viftetap (Pa)	Totaltrykk (Pa)	Trykk agg. (Pa)	Trykk kanal (Pa)	SFP kWs/m ³	Viftesystemets tot. virk.grad
Politi høyskolen III	36.01	2,15	560	2647	467	2180	4,90	54 %
	36.02	1,99	175	1119	451	668	2,62	43 %
	36.03	1,72	110	640	306	334	1,85	35 %
	36.04	2,49	10	888	366	522	2,80	32 %
GK-huset	36.01	2,44	570	1903	707	1196	3,55	54 %
Secura Basberg	36.01	2,86	265	1830	816	1014	3,91	47 %
	36.02	2,60	220	1629	790	839	3,79	43 %
Øvre Slottsgate 2B	36.02	2,34	270	1762	1082	680	3,78	47 %
	36.03	4,45	270	2267	1035	1232	4,40	52 %
	36.04	0,97	270	833	254	579	2,28	37 %
Gjennomsnitt		2,40	272	1552	627	924	3,39	44 %

Ventilasjonsystemene hadde en gjennomsnittlig SFP-verdi på 3,4.

Veid gjennomsnitt i forhold til luftmengde gir SFP lik 3,6 ($\Sigma P / \Sigma V$).

Gjennomsnittlig virkningsgrad for viftesystemet var 44 % som er 5-10 % lavere enn forventet.

Viftesystemets virkningsgrad er analysert i tabell 6.2.2b. Vi har her benyttet brutto luftmengde.

Tabell 6.2.2b

Bygg	System	Luft- mengde (m ³ /s)	Vifte- effekt KW	Total- trykk (Pa)	η_{tot}	η_v	η_d	η_m	Cos (φ)
Politi høyskolen III	36.01 til	2,26	4,88	1250	58 %	82 %	90 %	79 %	0,60
	36.01 av	1,72	5,10	1397	47 %	77 %	90 %	68 %	0,62
	36.02 til	2,10	2,11	470	47 %	75 %	85 %	73 %	0,29
	36.02 av	1,91	2,59	649	48 %	80 %	85 %	70 %	0,35
	36.03 til	1,40	1,42	294	<u>29 %</u>	80 %	85 %	43 %	0,21
	36.03 av	1,82	1,76	346	<u>36 %</u>	75 %	85 %	56 %	0,35
	36.04 til	2,29	3,04	484	<u>37 %</u>	75 %	90 %	54 %	0,43
	36.04 av	2,63	3,27	404	<u>32 %</u>	60 %	90 %	60 %	0,44
GK-huset	36.01 til	2,57	5,29	1200	58 %	82 %	90 %	79 %	0,63
	36.01 av	2,57	3,37	703	54 %	82 %	90 %	73 %	0,64
Secura Basberg	36.01 til	2,97	4,41	861	58 %	68 %	90 %	95 %	0,66
	36.01 av	3,00	6,78	969	43 %	66 %	90 %	72 %	0,77
	36.02 til	2,56	4,00	785	50 %	65 %	90 %	86 %	0,76
	36.02 av	2,73	5,86	844	39 %	65 %	90 %	67 %	0,79
Øvre Slottsgate 2B	36.02 til	2,45	5,67	918	40 %				
	36.02 av	2,45	3,17	574	44 %				
	36.03 til	4,68	11,94	1095	43 %				
	36.03 av	4,68	7,63	902	55 %				
	36.04 til	0,95	0,90	353	37 %	56 %	90 %	74 %	0,28
	36.04 av	1,02	1,31	480	37 %	52 %	90 %	80 %	0,51
Gjennomsnitt	0,00	2,44	4,23	749	45 %	71 %	90 %	70 %	0,52

Analysen er ikke gjennomført for system 36.02 og 36.03 i Øvre Slottsgate 2B fordi vi ikke har funnet viftediagram for disse viftene.

Det ble benyttet vifter med bakoverbøyde skovler med god virkningsgrad i Politi høyskolen III og i GK-huset. På bakgrunn av dette hadde system 36.03 og 36.04 i Politi høyskolen meget dårlig virkningsgrad i forhold til potensiale.

6.2.3 Diskusjon

Kanalnett

Trykkfall i kanalnett var 924 Pa i gjennomsnitt totalt for tilluft og avtrekk. Dette tilsvarer et SFP-bidrag på 1,84 kW/m³/s ved en virkningsgrad på 50 %. I Sverige er trykkfallet i kanalnett i nye anlegg ca halvparten (400 til 600 Pa).

Aggregat

Trykkfall i aggregatet var 627 Pa i gjennomsnitt totalt for tilluft og avtrekk. Dette tilsvarer et SFP-bidrag på 1,25 kW/m³/s ved en virkningsgrad på 50 %

Alle ventilasjonsaggregatene i Politihøyskolen og 36.04 i Øvre Slottsgata 2B var dimensjonert svært romslig i forhold til hva vi forventer i eksisterende anlegg, vi tror derfor at det målte gjennomsnittet er lavere enn det egentlige gjennomsnittet i nyere norske næringsbygg.

Viftens virkningsgrad

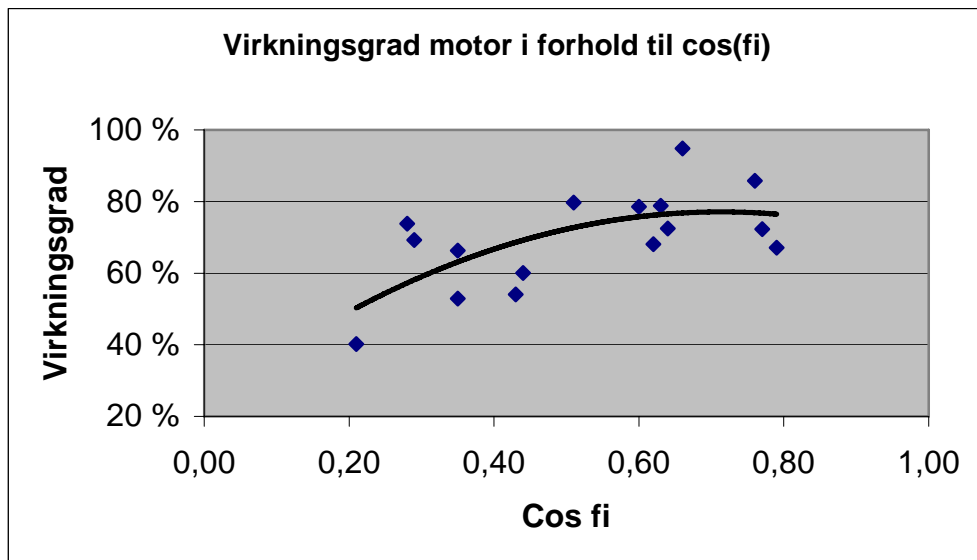
De fleste viftene var meget bra eller brukbart dimensjonert i forhold til reelt behov. Alle viftene i GK-huset og hos Secura Basberg lå tilnærmet på sitt optimale driftspunkt. Det samme gjaldt ca halvparten av viftene ved Politihøyskolen og i Øvre Slottgate 2 (her er kun to vifter analysert). De andre viftene hadde et driftspunkt som ligger 7-8 % under optimal virkningsgrad med unntak av avtrekkssviften til Politihøyskolens system 36.04 som ligger hele 22 % under optimalt driftspunkt.

Vi har grunn til å tro at trykksfallsberegning av ventilasjonsanlegg bare unntaksvis gjennomføres for moderne anlegg og at uttak av vifter og motorer dermed baseres på antatte trykkfall. Vi tror derfor at andelen feildimensjonerte vifter kan være større enn det feltmålingene tilsier.

Motorens virkningsgrad

Vi har ikke kunnet måle motorens virkningsgrad, men måling av svært lav $\cos(\varphi)$ indikerer at mange motorer var så overdimensjonerte at de fikk lav virkningsgrad. Analysen i tabell 6.2.2b som er basert på avlest virkningsgrad på vifte og antatt virkningsgrad på driftsoverføring, bekrefter dette. Figur 6.2.3a viser sammenhengen mellom $\cos(\varphi)$ og antatt virkningsgrad for motorene utfra tabell 6.2.

Det viser seg at ved en $\cos(\varphi)$ lavere enn 0,5 synker virkningsgraden markert. Denne sammenhengen støttes av tilsvarende studier /1/.



Figur 6.2.3a
Beregnet motorvirkningsgrad og $\cos(\varphi)$ for de viftene som er med i prosjektet.

De målte $\cos(\varphi)$ verdiene lå for øvrig ofte langt under det vi forventet. Det viste seg at det i praksis var umulig å anslå $\cos(\varphi)$. Den må måles.

Kraftoverføringens virkningsgrad

Kraftoverføringens virkningsgrad angir hvor mye av motorens akseffekt som overføres vifteakslingen. Denne virkningsgraden er svært vanskelig å måle i felt. Virkningsgraden er avhengig av type kraftoverføring (kilremdrift, flatremdrift eller direkte drift) og motoreffekt.

Som underlag for analysen har vi benyttet følgende sammenhenger hentet fra /4/.

Motoreffekt [kW]	η_d
>3	85 %
3-10	90 %

Sammenhengene gjelder for kilremdrift. Alle ventilasjonssystemene hadde kilremdrift.

I tillegg er virkningsgraden avhengig av forholdet mellom motoreffekt og merkeeffekt. Figur 6.2.3b viser hvordan kraftoverføringens (remvåkselens) virkningsgrad avhenger av belastning og merkeeffekt /1/. Vi ser at også kraftoverføringens virkningsgrad reduseres ved overdimensjonerte motorer.

Figur 6.2.3b

Kraftoverføringens virkningsgrad som funksjon av motorens merkeeffekt for vifter i ABB Miljø (tidligere Viftefabrikken) KDA og VLA-aggregat. Kurvene representerer ulike forhold mellom motorens virkelige effekt og merkeeffekt.

6.3 Intervju-undersøkelse

Det er foretatt en omfattende intervju-undersøkelse i bransjen, i hovedsak rettet mot byggherrer, arkitekter, rådgivende byggherrer VVS, ventilasjonsentreprenører og ventilasjonsleverandører. Det ble sendt ut ca 110 skjemaer hvorav ca 40 ble returnert. Følgende resultater var spesielt interessante i forhold til en innføring av SFP:

- 47 % var ikke overrasket over høyt energibehov til viftedrift
- Ingen mente det ble tatt særlig hensyn til energieffektiv viftedrift
- Alle ville prioritere lav SFP basert på lønnsomhet
- 51 % mente man bør ha myndighetskrav til SFP
- 68 % trodde ikke SFP-krav påvirket byggeprosessen i stor grad
- Økonomi + bedre anlegg var de viktigste argumentene for å benytte SFP.

På spørsmålet:

14) Hva mener du er hovedårsaken til at enkelte ventilasjonsanlegg har unødvendig høyt energiforbruk til viftedrift?

Svarte (det var mulig å krysse av for mer en ett svar):

- 54 % manglende kunnskaper
- 38 % feil/mangelfull prosjektering
- 36 % at tekniske føringsveier ble planlagt for trange
- 33 % manglende krav
- 26 % lav energipris
- 8 % mange endringer i byggeprosessen

En del spørsmål hadde åpne felter med mulighet for å spesifisere meninger. Herunder følger et utdrag av disse:

12) *Har du motforestillinger mot å innføre krav til SFP-verdi? Hvis ja, hvilke?*

- Stilles det krav må også ansvarsforholdet avklares.
- Pålegg slår alltid skjevt ut. Tiltak som gir lønnsomhet er bedre.
- Må finne en optimal balanse mellom investeringsutgifter og forholdet til driftskostnader.
- De fleste er for lite flinke til å se helseaspektet, derfor er jeg redd for at det blir press for lavere luftmengder igjen.

15) *Hva tror du blir hovedutfordringen i planleggingen av et bygg med "lav" SFP?*

- Spre tilstrekkelig kunnskap.
- Øke kunnskapsnivå og bevisstgjøre alle impliserte parter i prosessen: Byggherre, rådgiver, entreprenør, osv.
- RIV må med i byggeprosessen tidligere enn i dag-samtidig med ARK-ellers kan ikke RIV settes som ansvarlig for lovt SFP krav.
- Finne riktig nivå for krav til dokumentasjon og etterprøving.
- Bedre kompetanse på kanalføring, kursing i generell kanalføringsløsninger/kursing om trykkfall og forhold etter/foran vifte.
- Få store nok aggregatrom, kanaltrykkfallet er lite i forhold til tapet i aggregatet.
- Prosjekteringsprosessen må forbedres.
- Gjeninnføring av planlegging/prosjektering.

7. Konklusjoner

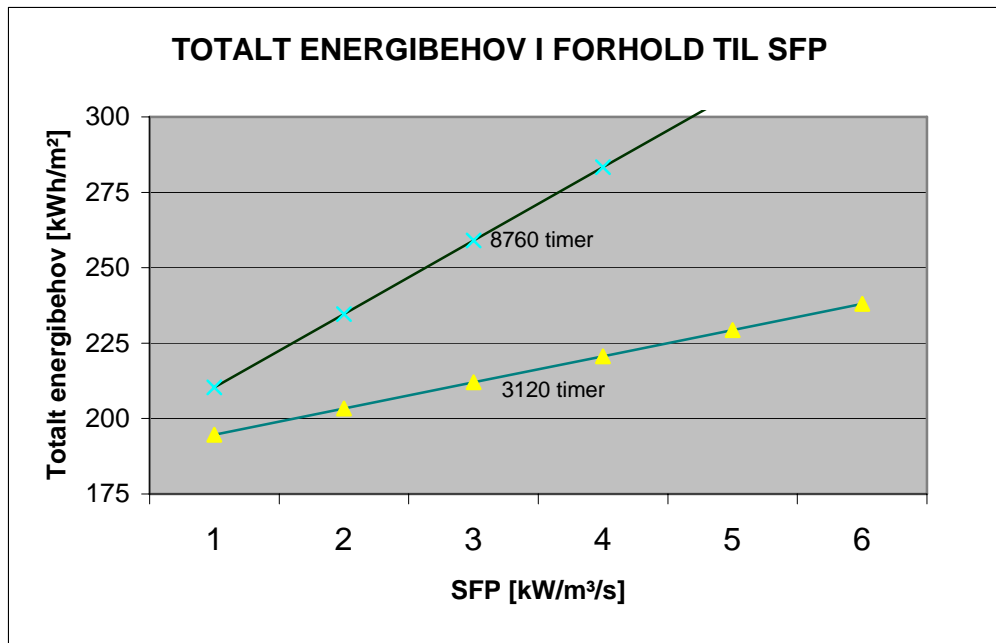
SFP ble målt til 3,4 kW/m³/s i gjennomsnitt. Fire av ventilasjonsanleggene hadde lav lufthastighet i hovedkanaler og meget romslige aggregater, noe som ikke er representativt. Vi har derfor grunn til å tro at gjennomsnittlig SFP i norske næringsbygg ligger nærmere 4 kW/m³/s.

Viftesystemets totale virkningsgrad var 44 %. Det tror vi er ganske representativt for eksisterende anlegg. Viftene var bra dimensjonert i forhold til reelt behov, men mange av motorene var kraftig overdimensjonert. Riktige dimensjonerte motorer ville alene ha økt den totale virkningsgraden fra 44 % til 50-55 %.

Ingen i bransjen mente det ble tatt særlig hensyn til energibehov til viftedrift selv om mange visste at dette utgjør 15-20 % av byggenes totale energibehov. Dette gjaldt særlig rådgiverne VVS som både har god kunnskap om energibehov til viftedrift og mulighetene til å redusere dette, men som likevel ikke klarer å ta hensyn til dette når nye næringsbygg planlegges.

Alle ville prioritere lav SFP basert på lønnsomhet. Svenskene har vist at SFP på 1,5 til 2,0 er lønnsomt. SFP bør derfor kunne innføres uten at det stilles myndighetskrav til SFP.

Figur 7 viser sammenhengen mellom SFP-verdi og et det totale energibehovet til et "normalbygg".



Figur 7. Sammenhengen mellom SFP-verdi og totalt energibehov for et næringsbygg. En kurve gjelder driftstid på 3120 timer som tilsvarer 12 timers drift på hverdager og en kurve gjelder for årskontinuerlig drift (8760 timer).

Det totale energibehovet er simulert ved hjelp av programmet EiB utfra følgende forutsetninger:

- U-verdi iht gjeldende Byggeforskrifter, vindusareal 20 % av gulvareal
- Varmeveksler med 70 % temperaturvirkningsgrad
- 19°C tilluftstemp. vinterdag og 17 °C tilluftstemp sommer og vinternatt
- Interne laster: Lys 14 W/m² (10 t/dag), utstyr 10 W/m² (8 t/dag), 14 m²/arbeidstager (8 t/dag)
- Lokal kjøling i alle kontorer/møterom

Vi mener at fokus på energieffektiv viftedrift kan redusere SFP-verdien fra 4 til 2 for nye næringsbygg. Dette vil redusere byggets totale energibehov med ca 10 % for et næringsbygg med normal driftstid.

8. Anbefalte normnivåer

For byggherren er SFP først og fremst et optimaliseringsverktøy. Optimal SFP er oppnådd når alle lønnsomme tiltak som reduseres SFP-verdien, er gjennomført. Optimal SFP er avhengig av prosjektforutsetningene. De anbefalte normnivåene må sees i lys av dette.

Arbeidsgruppen anbefaler følgende normnivåer:

- SFP < 2,0 for nye bygg med begrenset driftstid (under 4000 timer/år).
- SFP < 1,5 for nye bygg med døgnkontinuerlig drift.
- for VAV-anlegg økes SFP med 1,0 ved maksimal luftmengde.
- SFP < 2,5 ved nyinnstallasjoner i eksisterende bygg.
- SFP < 4,0 ved nyinnstallasjoner i eksisterende bygg med spesielt trange tekniske rom og vanskelige føringer.

Bransjen trenger å utvikle kompetanse, produkter og produktkjennskap for å oppnå disse anbefalte normnivåene. I en introduksjonsfase over et par år er det derfor fornuftig å legge SFP-kravene 0,5 høyere.

9. Referanser

- /1/ Jagemar, Lennart, ENERGIEKONOMI, Val av fläktar och kanalutforming, Document D10:1991, Chalmers tekniska högskole
- /2/ Klassindelade luftdistribusjonssystem, Riktlinjer och specifikationer, Svenska inneklimatinstitutet (Version 1.0).
- /3/ SBI anvisning 188 Ventilationsanlæg med lavt energiforbruk (1995).
- /4/ Stampe O.B, Glent Klimateknik, Glent & Co, Hvidovre, DK (1982)

