

Varmegjennvinnere i ventilasjonsanlegg for småhus



Norges
byggforsknings
institutt 1983

Særtrykk 276

NBIs feltundersøkelser av tre forskjellige varmegjennvinningsanlegg i småhus har vist at de årlige besparelser avhenger av varmevekslerens effektivitet og størrelsen på de luftmengdene som skal behandles. Tette hus vil gi større grad av kontrollert ventilasjon og dermed større lønnsomhet. Besparelsene, som varierte fra 1450 kWh til 5450 kWh, var størst i et meget tett hus på 118 m², der den mekaniske ventilasjonen var 0,54 luftomsetninger pr. time. Den økonomiske lønnsomheten, som er beregnet etter nåverdi-metoden med kalkulasjonsrente 7%, viste at bare huset med størst besparelse var økonomisk rentabel. Samtlige beboere var gjennomgående fornøyd med anleggene og mente at luftkvaliteten var blitt bedre enn da husene hadde naturlig ventilasjon.

For å undersøke den energiøkonomiske berettigelsen av varmegjennvinnere i ventilasjonsanlegg for småhus, har NBI gjennom fyringssesongen 1981/82 undersøkt tre ulike typer varmevekslere, montert i bebodde hus i Oslo-området. I ett av husene ble varmegjennvinningsanlegget montert i byggeperioden. For de øvrige ble anleggene montert ett—to år etter innflytting. Huseierne hadde lagt stor vekt på å gjøre husene så tette som mulig. Tetthetsmålinger som NBI gjorde før måleperioden viste at de stort sett tilfredsstilte byggeforskriftenes krav til tetthet.

Tabell 1 viser en oversikt med hensyn til byggedata, spesifikt varmetap, oppvarmingsform, lekkasjetall og type varmeveksler.

Beskrivelse av varmegjennvinningsanleggene — kostnader

Hus A har en periodisk regenerativ

varmeveksler som består av to separate varmevekslerkassetter, et spjeldhus og to vifter (fig. 1). Hver kasettdel består av flere parallelle og korrugerte aluminiumsplater som vekselvis avgir varme til kald tilførselsluft eller opptar varme fra avtrekkslufta. Vekslingen skjer ved hjelp av et spjeld som skifter stilling hver minutt. De separate viftene for tilluft og avtrekksluft er tilkoblet tyristor for trinnløs turtallsregulering. Om tilluftstemperaturen etter varmeveksleren faller under 10—12° C, brytes strømmen til tilluftsvifta og aggregatet fungerer da som et rent avtrekkssystem. Ved normale driftsforhold vil det ikke være fare for frysing eller kondens, og aggregatet er derfor ikke utstyrt med elektrisk varmeelement. Komfyrhetta er ikke tilknyttet anlegget, men har egen vifte hvor lufta resirkulerer via et kullfilter.

Hus B har en platevarmeveksler som består av mange små alu-

miniumslameller som danner skille mellom tilluft og avtrekksluft (fig. 2). Varme overføres med varmeledning gjennom skilleplattene. For å hindre kondens eller rimdannelse ved lave utetemperaturer, er aggregatet utstyrt med varmelement som kobles inn om tilluftstemperaturen blir lavere enn ca. 11° C. Ved ekstremt lave utetemperaturer vil tilluftsviften være i drift periodevis. Viftene er tilkoblet tyristor for trinnløs hastighetsregulering.

Hus C har roterende varmeveksler hvor rotorhjulet består av korrugerte aluminiumsplater som danner mange små kanaler som luft strømmer gjennom (fig. 3). Varme overføres ved at den ene halvdel av rotorhjulet oppvarmes av luft fra avtrekkskanalen, dreier rundt en halv omgang og så avgir varmen til den

Normalt vil det ikke være noen fare for kondens eller rimdannelse, og aggregatet er derfor ikke utstyrt med elektrisk varmeelement. Viftene er tilkoblet tyristor for trinnløs hastighetsregulering.

I hovedkanalene er innsatt motorstyrte spjeld som gjør det mulig å stenge av ventilasjonen fra deler av huset slik at bare soverommene ventileres (nattventilasjon).

Anleggskostnader

Totale anleggskostnader, inkludert merverdiavgift, for aggregat og ventilasjonskanaler er vist i tabell 2.

Tallene i parentes er antatte priser. For samtlige hus er montasjetid og innregulering av anlegget vurdert å ta 25 timer om anlegget monteres under byggeperioden. For bestående hus vil montasjetiden bli vesentlig lengre. Andre typer anlegg kan gi høyere eller lavere kostnader enn det som fremgår av tabell 2. Til hus A var billigste tilbud for et komplett anlegg ferdig til bruk kr. 8100,— inkl. m.v.a.

Tabell 1.

Byggedata, oppvarmingsform og type varmeveksler	Hus A	Hus B	Hus C
Byggeår	1980	1978	1979
Netto areal, m ²	118	190	185
Oppvarmet volum, m ³	293	478	426
Antall etasjer	1½	2	3
Spesifikt varmetap, kW/°C	0,12	0,23	0,15
Lekkasjetall v/ 50 Pa	2,8	4,3	4,0
Oppvarmingsform	El + ved	El	El
Type varmeveksler	Regenerativ (Kammerveksler)	Rekuperativ (Plateveksler)	Regenerativ (Roterende)

96yj05745
ex2

nr 662.99
S
2 &
A: 697.9

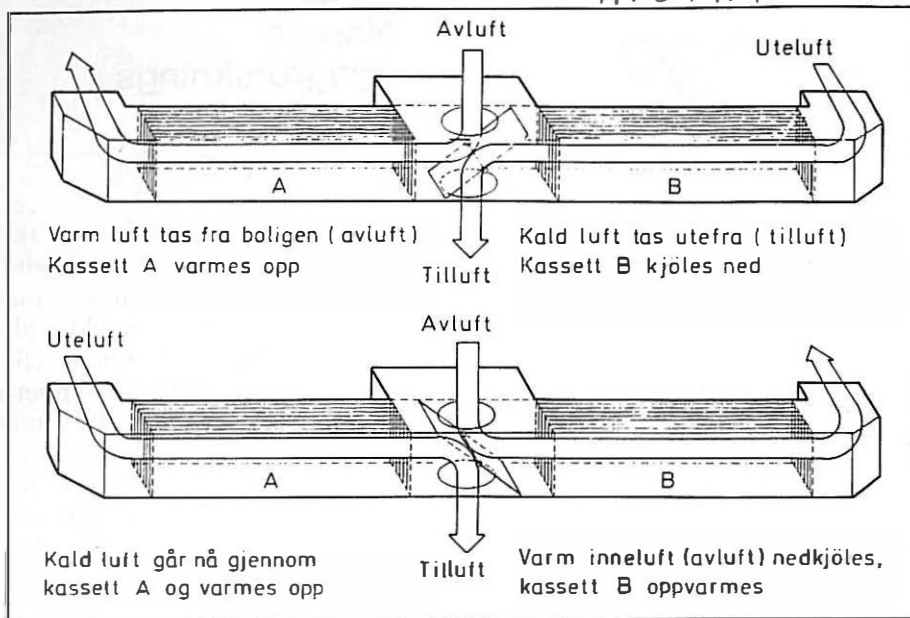


Fig. 1. Kammervarmeveksler i hus A.

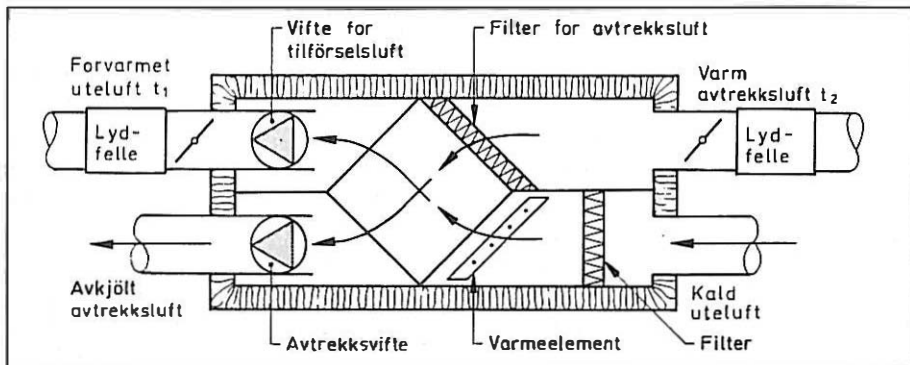


Fig. 2. Platevarmeveksler i hus B.

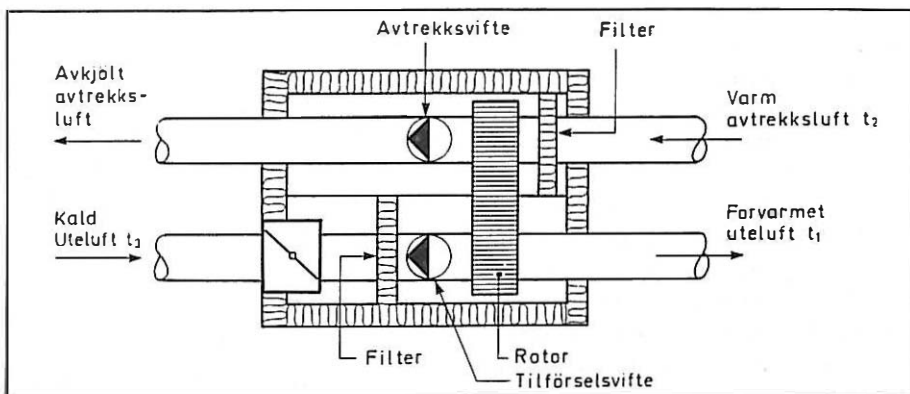


Fig. 3. Roterende varmeveksler i hus C.

Tabell 2.

	Hus A	Hus B	Hus C
Aggregat	7 200,—	5 424,—	6 480,—
Komfyrhette	1 152,—	1 410,—	852,—
2 stk. lyd-feller	732,—	624,—	624,—
Kanaler, ventiler og deler	2 091,—	4 700,—	(5 107,—)
Isolasjon	(200,—)	(250,—)	(250,—)
Elektrisk montasje	2 245,—	3 171,—	(1 800,—)
Pris for selvbyggere	13 620,—	15 579,—	15 113,—
Montasje, innregulering	(3 000,—)	(3 000,—)	(3 000,—)
Totale anleggskostnader	16 620,—	18 579,—	18 113,—

Måleresultater

Energiforbruk

Tabell 3 viser husenes energiforbruk i perioden fra 1/7 1981 til 1/7 1982. Energiforbrukt til varmeveksler i hus B inkluderer også varme tilført varmeelementet i aggregatet. På egen måler ble dette forbruket målt til 490 kWh/år.

Lydmålinger

Støynivået fra ventilasjonsanlegget ble målt i hus A og B. Resultatet fremgår av tabell 4 som viser lydnivå i dB(A), målt midt i rommene. Tallene i parentes er verdier for bakgrunnsstøy når anlegget er avslått.

Tabell 4.

Støynivå fra ventilasjonsanlegget.

Sted	Hus A dB(A)	Hus B dB(A)
Soverom 1	25 (20)	24 (15)
Soverom 2	26 (21)	24 (17)
Soverom 3	22	24 (19)
Stue	26 (26)	28 (19)
Kjøkken	33 (33)	—
TV-stue	—	24
Bad/WC	26 (26)	21 (17)

Resultatene må sies å være tilfredsstillende, sett i relasjon til byggeforskriftenes krav til støynivå fra tekniske installasjoner i flerfamiliehus (for eneboliger finnes ingen krav) på ≤ 30 dB(A) i oppholdsrom og ≤ 35 dB(A) i kjøkken. I hus B ble det i tillegg utført målinger for å se om lyd frembragt i ett rom forplantet seg til andre rom gjennom ventilasjonskanaler. Lydkilden ble her plassert i ett soverom og målt i et annet like ved. Mellom rommene er det to lettvegger med dører. Resultatet av målingene viste at det var konstruksjonen (spesielt dørene) som begrenset lydisolasjonen og ikke ventilasjonsanlegget.

Måling av luftlekkasjer i ventilasjonsanlegget

I samtlige hus ble ventilasjonsanlegget tetthetsmålt ved et prøvetrykk på 400 Pa. Resultatene ble:

	Tilluftskanaler	Avluftskanaler
Hus A	3,49 m ³ /m ² ·h	6,09 m ³ /m ² ·h
Hus B	2,49 »	1,80 »
Hus C	2,15 »	4,05 »

I Norge finnes ingen krav til tetthet i varmegjenvinningsanlegg, men om en sammenligner

Tabell 3. Målt energiforbruk 1981/82.

Type forbruk	Hus A kWh	Hus B kWh	Hus C kWh
Oppvarming	*11 343	**22125	12061
Lys, el. utstyr	} 11 498	** 9 482	7 180
Varmtvann		} 5 378	3 576
Koking			417
Varmeveksler	869	969	862
Totalforbruk	23710	37954	24096

* Inkl. forbruk av ved på 667 kWh.

** Beregnet fordeling ut fra et totalforbruk på 31607 kWh.

Midlere innetemperatur i fyringssesongen var 21,5° C i hus A og B, samt 20,2° C i hus C.

med svensk VVS-AMA 72, bør denne være 1,58 m³/m²·h, som tilsvarende tetthetsklasse B. Når ingen av anleggene tilfredsstiller dette kravet, kan årsaken være utette forbindelser (og/eller luftoverføring i varmeveksleren). Dette er ikke undersøkt spesielt. I hus A, som har forholdsvis store luftlekkasjer, består kanalene av en kombinasjon av spirorør og fleksible aluminiumsrør. De siste er forholdsvis sårbare for mekaniske påkjenninger.

Måling av luftmengder

Luftmengdene var innregulert før målestart i samtlige hus. For å bestemme anleggets virkningsgrad, ble luftmengdene målt med 1/2 times intervaller i hver måleperiode. Resultatene viste hver gang minimale avvik i forhold til innregulerte verdier. Midlere luftmengder og ventilasjonsgrad for samtlige måleperioder under ett ble funnet å være:

	Tilførsel m ³ /h	Avtrekk m ³ /h	Ventilasjonsgrad oms/h
Hus A	155	157	0,54
Hus B	125	145	0,38
Hus C	84	74	0,20

For hus A og B er ventilasjonsgraden bestemt ut fra luftmengdene ved avtrekk, for hus C ved tilførsel. Den lave ventilasjonsgraden i hus C skyldes at ventilasjonen reduseres om natta og på dagen når beboerne er på arbeid. Ved nattventilasjon er ventilasjonsgraden 0,8 oms/h i soverommene. I brukstiden ellers (om kvelden) er ventilasjonsgraden 0,45 oms/h for hele huset.

Energi- og temperaturvirkningsgrad

Anleggenes energi (entalpi)- og temperaturvirkningsgrad er beregnet på bakgrunn av målinger av luftmengder, lufttemperaturer og fuktighetsinnhold i hovedkanalene. Målingene er foretatt tre ganger pr. hus ved forskjellig utetemperatur og vindforhold i fyringssesongen.

Midlere årsvirkningsgrad, korrigert for viftevarme og varmeavgitt fra varmeelement, ble funnet å være:

	Energi- virkningsgrad	Temperatur- virkningsgrad
Hus A	77 %	84 %
Hus B	47 %	59 %
Hus C	50 %	63 %

Energibesparelse

Den årlige energibesparelse ved bruk av varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg er beregnet teoretisk ved å foreta en varmebalanse i henhold til (1). I forhold til en mekanisk avtrekksventilasjon ga dette besparelsene som vist i tabell 5, for henholdsvis 1981/82 og et normalår.

I beregningene er det forutsatt at midlere avluftsmengder er de samme ved begge ventilasjonsformer. Det samme gjelder infiltra-

sjonsgraden, som er antatt å tilsvare et luftskifte på 0,15 oms/h.

Når de årlige besparelsene i husene varierer, er årsaken ulik ventilasjonsgrad og at virkningsgraden for de ulike typene varmevekslere er forskjellig. I tillegg vil tette hus gi større grad av kontrollert ventilasjon og dermed større lønnsomhet. I svært utette hus vil de ukontrollerte luftlekkasjene gjennom bygningskonstruksjonen komme som et tillegg til den mekaniske ventilasjonen. Totalt vil dette føre til et større varmeforbruk fordi varmeveksleren da ikke behandler all luftmengden (den øvrige del forsvinner gjennom utettheter i konstruksjonen).

I hus C har det vært huseierens intensjon å spare energi ved å redusere ventilasjonen om natta og om dagen når ingen er hjemme. På grunnlag av målinger ble den gjennomsnittlige ventilasjon over døgnet så lav som 0,2 luftomsetninger pr. time. I forhold til en normal ventilasjon på 0,5 luftomsetninger pr. time kan den reduserte ventilasjonen i et normalår gi en besparelse på ca. 4600 kWh, mens tilleggsbesparelsen på grunn av varmegjenvinneren bare blir 1479 kWh/år.

Ettersom gevinsten ved redusert ventilasjon har direkte sammenheng med ventilasjonsformen — og ikke om ventilasjonsanlegget er utstyrt med varmeveksler eller ikke — kan de årlige besparelser dette representerer, ikke brukes til å nedskrive varmegjenvinningsaggregatet. Prisdifferansen mellom mekanisk til- og avtrekksventilasjon uten varmeveksler og samme anlegg med varmeveksler er imidlertid liten. Stort sett vil forskjellen tilsvare kostnadene til varmeveksleren minus kostnadene for to motorstyrte spjeld. For å

Tabell 5.

	Hus A		Hus B		Hus C	
	1981/82 kWh	Normalår kWh	1981/82 kWh	Normalår kWh	1981/82 kWh	Normalår kWh
Netto energiforbruk til oppvarming ved						
Ren mekanisk avtrekksventilasjon	16801	14539	25 405	23 438	13 511	12 206
Mekanisk ventilasjon med varmeveksler	11 343	10 548	22 125	20 621	12 061	10 727
Årlig besparelse	5 458	3 991	3 280	2 817	1 450	1 478
Midlere luftmengde m ³ /h	157		145		84	

oppnå fordelene både ved redusert ventilasjon og bruk av varmeveksler, kan det derfor være en god løsning å anskaffe et komplett ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner og supplere dette med nødvendig reguleringsutstyr for å kunne redusere ventilasjonen utenom brukstiden.

Økonomi

Anleggskostnadene for et ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning vil bestå av prisen på de enkelte komponenter og installasjonskostnader for å få anlegget i driftsmessig stand. Den økonomiske lønnsomheten er bestemt av de årlige energibesparelsene og merkostnader i forhold til andre ventilasjonsformer. Lønnsomheten kan beregnes ut fra forskjellige forutsetninger og metoder som for

andre typer investeringer. NBI har her brukt nåverdi-metoden. Ved denne metoden beregnes nåverdien av kostnader og inntekter (årlige besparelser). Investeringen er lønnsom om nåverdien av inntekter er større enn nåverdien av kostnader. Ved beregningene er det anvendt en kalkulasjonsrente på 7% og forventet økonomisk levetid er satt til 15 år. Energi-prisen er forutsatt å tilsvare 25 øre/kWh, og det er videre antatt en prisstigning for energi på 2%. Tabell 7 viser nåverdien for varmegjenvinningssystemene i husene, basert på energibesparelsen for 1981/82 og merkostnader i forhold til ren mekanisk avtrekksventilasjon.

Driftserfaringer

Erfaringene etter et års drift av

varmegjenvinningsanleggene er gjennomgående positive.

I hus A resirkulerer luften gjennom et aktivt kullfilter i kjøkkenheten. Under kokeperiodene har dette vist seg å være en lite heldig løsning. I perioder kan det bli så store mengder damp som blåses ut igjen etter filteret at det er nødvendig å ventilere ved å åpne vinduet. En betydelig bedre løsning er å kjøre luften direkte ut i friluft i kokeperiodene ved at komfyrheten tilknyttes separat kanal.

Både i hus A og B tok det noe tid for beboerne å tilvenne seg et mekanisk ventilasjonsanlegg. Anlegget måtte brukes en tid før de gjennom erfaring fant frem til riktig luftmengdefordeling til de respektive rommene. Dessuten var det til å begynne med noe fremmed å høre luftsus fra tilluftsventilene, selv om de hørtes svakt. I hus A ble det reagert på at en kunne høre når spjeldet i aggregatet skiftet stilling. Etter hvert er dette blitt en vane, og beboerne i hus A og B er i dag ikke plaget av sjenerende støy fra ventilene. I hus B var beboerne i den første tiden også plaget av støy som forplantet seg gjennom konstruksjonen fra aggregatet som er plassert på loftet over stuen. Også dette har de nå akseptert.

Etter endt måleperiode ble beboerne intervjuet m.h.t. egne erfaringer ved bruk av varmegjenvinningsanlegget. Av resultatene, som er gjengitt nedenfor, kan det være grunn til spesielt å trekke frem at samtlige var fornøyd med anlegget, og at de mente de nå hadde en betydelig bedre luftkvalitet enn før. Av negative ting ble det fra beboerne i hus A og B pekt på at avtrekket gjennom komfyrhetta var utilfredsstillende, og at mye damp gikk utenom denne i kokeperioden. I hus A, hvor kjøkkenheten har egen vifte, ble det i tillegg anført at denne hadde for høyt lydnivå. Når det gjelder luktoverføring fra kjøkken til andre rom gjennom ventilasjonsanlegget, har dette ikke vært merkbart i noen av husene.

Referanser

(1) Larsen, Bjørn Tore: Manuell metode for beregning av energiforbruk i boliger. NBI anvisning nr. 26, 1982.

Tabell 7.

Økonomisk lønnsomhet ved gjenvinningsanlegg beregnet etter nåverdimetoden	Hus A	Hus B	Hus C
a) Anleggskostnader, mek. ventilasjon med varmeveksler	kr. 16620	18579	18113
b) Anleggskostnader, mek. avtrekksvent. uten varmeveksler	» 5000*	6000	6000
c) Merkostnader a — b	» 11620	12579	12113
d) Årlig energibesparelse 1981/82	kWh 5458	3280	1450
e) Reduserte energikostnader, $0,25 \times d$	kr. 1365	820	363
f) Nåverdi av besparelse, $e \times 10,38$	» 14164	8512	3763
g) Nåverdi av merkostnader	» 11620	12579	12113
h) Prosjektens nåverdi, f—g	» + 2544	— 4067	— 8350

* Anbudene varierte fra kr. 3 200 til kr. 8 200 inkl. m.v.a.

Spørreskjema om ventilasjonsanlegget.

	Hus A		Hus B		Hus C	
	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei
Tilfredsstillende avtrekk fra kjøkkenheten		x		x ⁴⁾	x	
Tilfredsstillende avtrekk fra andre rom	x		x		x	
Tilfredsstillende luftkvalitet i stue	x		x		x	
Tilfredsstillende luftkvalitet i soverom	x ¹⁾		x ⁵⁾		x	
Støy fra kjøkkenheten	x			x		x
Støy fra innblåsning i stue		x ²⁾		x ⁶⁾		x
Støy fra innblåsning i soverom		x ³⁾		x		x ⁸⁾
Luktoverføring fra kjøkken til andre rom		x		x ⁷⁾		x
Trekk fra innblåsningen i noen rom		x		x		x

¹⁾ For varmt når vinduene er lukket (gir følelse av at luftkvaliteten ikke er god nok).

²⁾ Høres godt ved forsert ventilasjon.

³⁾ Høres godt ved forsert ventilasjon. Støy fra utblåsningsristene i gavlvegg.

⁴⁾ Trekker dårlig, mye damp går utenom.

⁵⁾ Bedre enn før, da det ble ventilert gjennom vinduer.

⁶⁾ Støy fra aggregatet.

⁷⁾ I stue når dør til kjøkken er åpen.

⁸⁾ Ikke sjenerende, men det høres.