

## Beoordeling op energie, kosten, betrouwbaarheid en gebruikersaspecten

# Woning-ventilatiesystemen

*IEA Annex 27 geeft een aantal simpele beoordelingsinstrumenten waarmee inzicht kan worden verkregen in de eigenschappen van woningventilatiesystemen. In drie artikelen wordt nader ingegaan op de resultaten van Annex 27. In het eerste artikel (pagina 10 van deze uitgave) worden de opzet en achtergronden van Annex 27 alsmede de toepassingen in Nederland toegelicht. In het tweede artikel (pagina 18) is ingegaan op beoordelingsmodellen voor binnenluchtkwaliteit, thermisch comfort en geluid. In dit derde en tevens laatste artikel wordt ingegaan op de aspecten energiegebruik, kosten, betrouwbaarheid en gebruikersaspecten.*

*-door Peter Op 't Veld\* en Wil de Gids\*\**

**H**oewel de waardering van ventilatiesystemen vooral door de aspecten binnenluchtkwaliteit, comfort en geluid worden bepaald blijkt in de praktijk dat de investeringskosten uiteindelijk de doorslag geven bij de uiteindelijke keuze, voorop gesteld dat het ventilatiesysteem aan de (basis)eisen vanuit de regelgeving voldoet [3]. Wat men zich echter niet realiseert is dat de investeringskosten slechts een klein gedeelte vormen van de totale kosten over de gehele levensduur van het systeem. Tijdens het gebruik spelen ook andere kosten mee, zoals kosten voor energie, onderhoud van het systeem en onderhoud ten gevolge van klachten. Ook de betrouwbaarheid van een ventilatiesysteem en gebruikersaspecten spelen hierbij een belangrijke rol. De tools uit Annex 27 laten zien dat deze operationele kosten uiteindelijk bepalend zijn in de werkelijke, netto contant gemaakte kosten van een ventilatiesysteem. Ook wordt inzicht gegeven in de betrouwbaarheid van ventilatiesystemen en de betekenis hiervan op het handhaven van de beoogde prestaties van de binnenluchtkwaliteit en op de invloed op de onderhoudskosten.

### BEOORDELING OP ENERGIEGEBRUIK

Ventilatie heeft een belangrijke invloed op het totale energiegebruik voor ruimteverwarming. In zeer energie-efficiënte woningen kan dit aandeel oplopen tot 40 à 50%. Er bestaat een directe relatie tussen de hoeveelheid ventilatie, de binnenluchtkwaliteit en het energiegebruik. Grofweg gezegd, twee keer zoveel ventilatie met buitenlucht leidt tot een halvering van het aantal klachten over de luchtkwaliteit maar leidt ook tot een verdubbeling van het energiegebruik. Kortom, er bestaat een spanningsveld tussen gezond wonen (binnenluchtkwaliteit) en energiebesparing. Ondanks dit alles blijken energiegebruik en energiekosten in de praktijk nauwelijks een factor te zijn waarop ventilatiesystemen worden beoordeeld. Een van de oorzaken is dat het energiegebruik tengevolge van ventilatie vaak niet direct bekend of inzichtelijk is. Vaak zijn gedetailleerde berekeningen nodig om de invloed van ventilatie en infiltratie op het totale energiegebruik in te schatten. Het energiegebruik door ventilatie is immers afhankelijk van veel aspecten. Uiteindelijk wordt het energiegebruik bepaald door de totale volumestroom (lucht-

uitwisseling binnen en buiten) en de daartoe benodigde hulpenergie. Eventuele warmtewinsten zoals door warmterugwinning of voorverwarming door de zon verminderen de ventilatieverliezen. Hoe deze totale volumestroom tot stand komt is echter een complex proces. De volumestromen door een woning zijn afhankelijk van de grootte van de drijvende krachten (het beschikbare drukverschil), de luchtdoorlatendheid van de woning en de grootte en het gebruik van de ventilatievoorzieningen door de bewoners. Om, ondanks deze complexe relatie, toch snel een betrouwbare schatting te maken van het totale energiegebruik voor ventilatie (ventilatieverliezen en hulpenergie), alsmede van de kosten voor energie, is in Annex 27 door TNO-Bouw het programma "EnerVent" ontwikkeld.

In dit model zijn alle relevante parameters opgenomen zoals:

- de gemiddelde windsnelheid;
- de mate van windbeschutting;
- het gebruik van de ventilatievoorzieningen zoals, roosters, ramen en ventilatoren;
- binnen- en buitentemperatuur;
- luchtdoorlatendheid;
- gebruik van warmterugwinning of voorverwarming;
- type en gebruik van ventilatoren.

Als basisinvoer dient men de woning, het ventilatiesysteem en het klimaat te definiëren. Hierbij worden o.a. opgegeven: de debieten en, indien van toepassing, het rendement van warmterugwinning, de luchtdoorlatendheid, het gebruik van ventilatievoorzieningen en het klimaat. De debieten kunnen als vaste waarden worden ingegeven of

\* Cauberg Huygen Raadgevende Ingenieurs BV

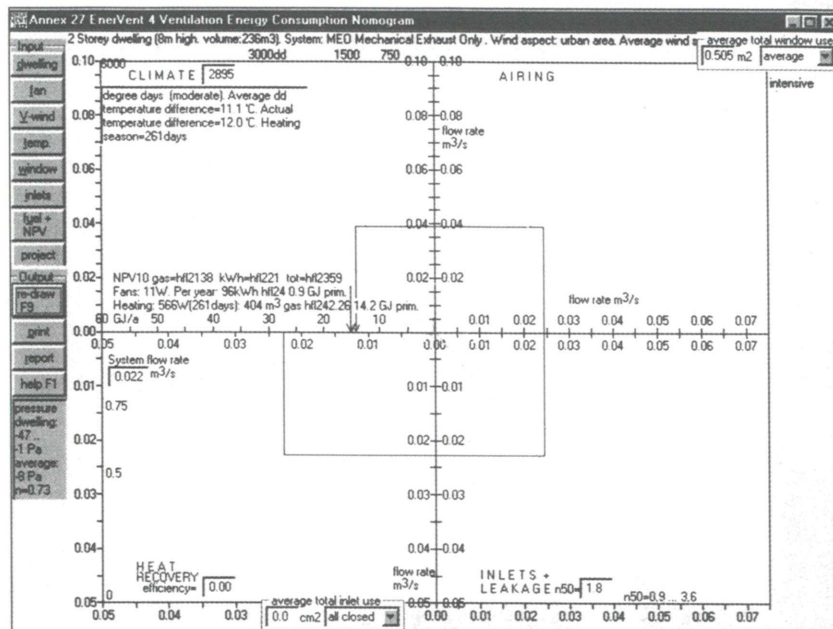
\*\* TNO-Bouw

Artikel naar aanleiding van de TVVL/ISSO-lezingendag 'Ventileren moet' op 7 december 1999



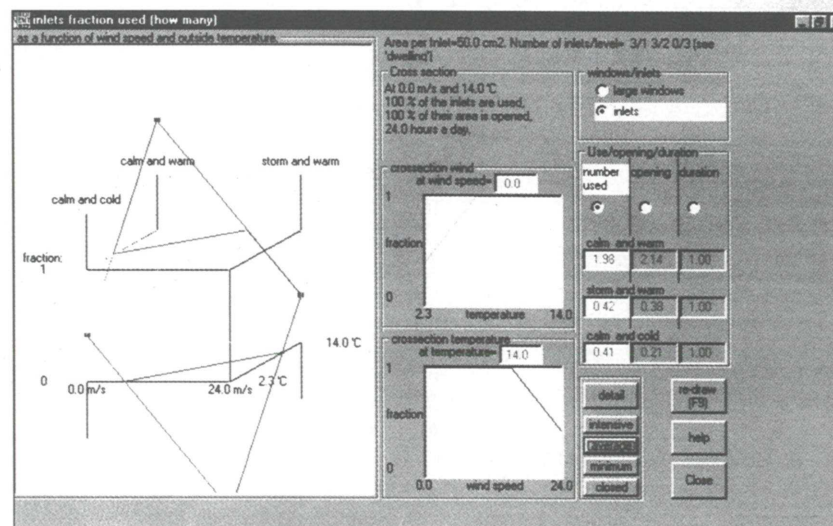
“indirect” door middel van het definiëren van aantal en grootte van ventilatie-openingen, alsmede van de mate van beschutting. Ook bij de bepaling van de infiltratieverliezen wordt de invloed van de mate van beschutting meegenomen alsmede de verdeling van de lekken over de gebouwschil. Een dynamisch ventilatiemodel berekent vervolgens de optredende volumestromen. Ook gebruikersinvloeden kunnen worden opgegeven, bijvoorbeeld het gebruik van ventilatoren (aantal uren hoog/laag) en het gebruik van ventilatie-openingen en spuivoorzieningen. Voor de klimaatgegevens geeft het programma defaultwaarden voor drie verschillende klimaattypes (koud, gematigd, mild). Daarnaast kunnen windsnelheid en buitentemperatuur ook worden ingegeven. Tenslotte kunnen ook de energiedrager en de brandstofprijzen worden ingegeven om een inzicht te krijgen in de uiteindelijke energiekosten. Het programma berekent vervolgens het energiegebruik voor ventilatie (dat wil zeggen het opwarmen van de binnenkomende lucht) en de benodigde hulpenergie. Tevens worden de energiekosten als netto contante waarden over een periode van 10 jaar gegeven.

Het programma EnerVent is een zeer gebruiksvriendelijk programma dat de gevolgen van ventilatie en de daarbij behorende parameters op het energiegebruik duidelijk maakt door middel van nomogrammen die op het computerscherm worden gegeven. In figuur 1.1 is een voorbeeld van een dergelijk nomogram gegeven. De lijnen in het nomogram worden door het programma bepaald en laten de stappen zien hoe het energiegebruik wordt bepaald. Startend vanaf de linker x-as met een systeemdebiet (in dit geval 22 dm<sup>3</sup>/s) wordt naar beneden gegaan voor de invloed van warmteterugwinning (in dit geval 0%). Vervolgens wordt naar rechts het debiet voor infiltratie en het gebruik van roosters toegevoegd. De “n50” lijnen (als maat voor de infiltratie) worden bepaald aan de hand van de ligging/beschutting en de verdeling van lekken. Figuur 1.2. laat een invoerveld zien voor het gebruik van ventilatie-openingen. Vanaf het snijpunt met de van toepassing zijnde n50 waarde wordt naar boven gegaan waar het debiet tengevolge van het gebruik van ramen wordt toegevoegd.



Nomogram energiegebruik voor ventilatie EnerVent

-FIGUUR 1.1-



Voorbeeld invoerveld gebruik van ventilatie-openingen

-FIGUUR 1.2-

Vanaf het snijpunt wordt naar links het snijpunt gezocht met de lijn met de van toepassing gaaddagen (in het voorbeeld 2895 gd) om vervolgens naar beneden op de x-as het energiegebruik in GJ af te lezen. Tevens worden het elektriciteitsverbruik voor ventilatoren en de energiekosten gegeven.

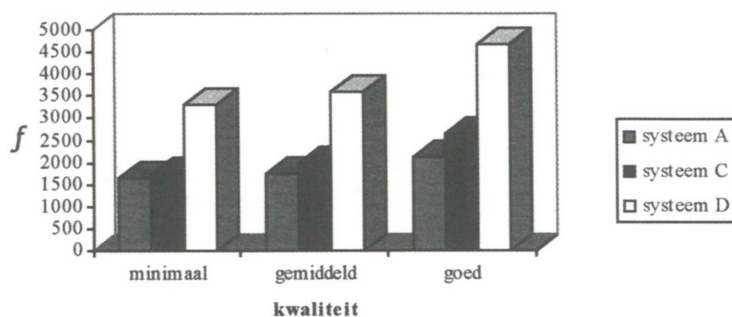
### BEOORDELING OP KOSTEN

Bij de bepaling en de beoordeling van de kosten van een ventilatiesysteem wordt in het algemeen alleen gekeken naar de initiële kosten, dat wil zeggen de kosten van aanschaf. Er zijn echter ook andere kosten die van belang zijn om bij de afweging te betrekken: bijvoorbeeld de kosten van onderhoud van het ventilatiesysteem en die van het

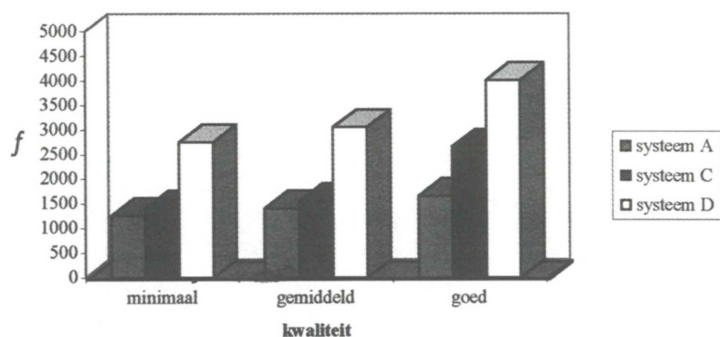
onderhoud van de woning in relatie tot de kwaliteit van het ventilatiesysteem. Ook spelen de kosten van het energiegebruik van een ventilatiesysteem een belangrijke rol in de totale kosten. De factor kosten in de keuze van een ventilatiesysteem is nogal moeilijk in te schatten, omdat de verschillende soorten kosten, alsmede de opbrengsten van een aantal investeringen, niet altijd bij dezelfde partij hoeven te liggen. Uit een onderzoek naar beslissingsfactoren voor ventilatiesystemen in de praktijk bleek bijvoorbeeld dat bij woningcorporaties door de mensen die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud en beheer geheel anders tegen kosten wordt aangekeken dan door degenen die verantwoordelijk zijn voor de projectrealisatie. Een probleem hierbij is dat



### investeringskosten (f) ventilatiesystemen eengezinswoningen



### investeringskosten (f) ventilatiesystemen meergezinswoningen



#### Toelichting:

**Systeem A en C; kwaliteit "goed": inclusief goede kwaliteit zelfregelende toevoerroosters**  
**Systeem C meergezins; kwaliteit "gemiddeld": centrale afzuiging**  
**Systeem C en D meergezins; kwaliteit "goed": individuele systemen**  
**Systeem D; kwaliteit "goed": wtw tegenstroomwisselaar 90%**  
**Kwaliteit uitvoering: zie tabel 1.**

#### Globale investeringskosten ventilatiesystemen

-FIGUUR 2-

doorgaans goed inzicht te verkrijgen is in de initiële kosten maar dat er nauwelijks inzicht is te krijgen in de operationele kosten.

Ook bij de kosten voor het energiegebruik van een ventilatiesysteem kunnen er verschillende situaties optreden. Zo zullen bij een verhuursituatie de revenuen van de investeringen bij de bewoner en niet bij de investeerder terecht komen in tegenstelling tot een situatie van een eigenaar/bewoner. Desondanks blijken de energiekosten geen belangrijke beslissingsfactor in een keuze van een ventilatiesysteem te vormen. Ook hier geldt dat hoegenaamd geen inzicht bestaat in deze kosten. Bepaling van de energiekosten van de ventilatie (ventilatieverliezen en ventilatoren) wordt in Annex 27 gedaan door het EnerVent2 programma.

In principe zijn de totale kosten van een ventilatiesysteem dus als volgt opgebouwd:

- investeringskosten;
- onderhoudskosten;
- planmatig onderhoud;
- niet-planmatig onderhoud;
- energiekosten (zie EnerVent-programma)

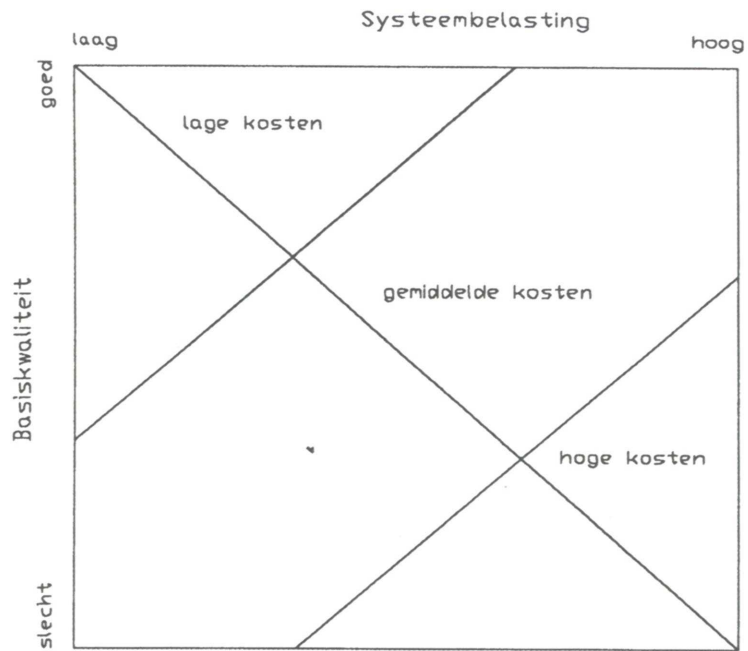
De investeringskosten zijn aan de hand van opgaven van de ventilatie-industrie in de diverse landen redelijkerwijs in te schatten. In figuur 2 is een overzicht gegeven van de globale investeringskosten voor ventilatiesystemen waarbij een differentiatie is gemaakt naar kwaliteit van componenten en uitvoering. De prijzen zijn slechts indicatief, prijspeil 1998. Deze omvatten zowel toevoorzieningen als afvoorzieningen en zijn inclusief montage en installatiekosten. Opvallend was dat er geen grote verschillen bestonden in de investeringskosten tussen de verschillende deelnemende landen in Annex 27. In Annex 27 is vooral onderzocht hoe een nader inzicht kan worden verkregen

in de onderhoudskosten. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen kosten voor planmatig en niet-planmatig onderhoud. Onder planmatig onderhoud worden verstaan de activiteiten die binnen bepaalde tijdsintervallen nodig zijn om een bepaalde prestatie (dat wil zeggen, een gedefinieerde mate van betrouwbaarheid) te waarborgen. Onder niet-planmatig onderhoud worden verstaan alle activiteiten die nodig zijn om storingen, klachten, schade aan het ventilatiesysteem alsmede alle ventilatiegerelateerde gebouwklachten te verhelpen. Vooral de laatste factor, schaden en klachten aan een gebouw en inventaris, ontstaan vanwege een slecht ventilatiesysteem, blijken weliswaar een belangrijke maar vooral een moeilijk in te schatten post te zijn. Ondanks dat blijkt bij gebouwbeheerders het besef aanwezig te zijn dat er duidelijk een relatie moest bestaan tussen de kwaliteit, het gebruik en de belasting van het ventilatiesysteem en de kosten van niet-planmatig onderhoud. Probleem is echter deze kosten te kapitaliseren.

Toch gaat het hier om kosten die voor een woningbeheerder bij de afweging van het toe te passen ventilatiesysteem van doorslaggevend belang kunnen zijn. Is een ventilatiesysteem slecht van kwaliteit of geeft het snel aanleiding tot een verkeerd gebruik door bewoners, dan neemt al snel de kans op schade door slecht ventileren toe. Hierdoor kunnen vocht- en schimmelproblemen ontstaan. De kosten door dergelijke klachten kunnen al snel zo hoog oplopen dat woningcorporaties maatregelen zullen nemen.

Om nader inzicht te krijgen in de totale onderhoudskosten is een onderzoek verricht naar de kosten voor planmatig onderhoud en klachtenonderhoud bij een aantal woningcorporaties (4). Ook de Nederlandse ventilatie-industrie, verenigd in de VLA, heeft een belangrijke bijdrage aan dit onderzoek geleverd door een gedetailleerd inzicht te geven in levensduur van componenten en gewenste onderhoudscycli. Uiteindelijk heeft dit geleid tot een eerste inschatting van kosten voor onderhoud, de gewenste onderhoudscycli en de invloed van de kwaliteit van installaties, gebouweigenschappen en belasting van het ventilatiesysteem door gebruikers. Een belangrijke factor die invloed heeft op de onderhoudskosten van een wo-

ning is de mate waarin de woning wordt gebruikt: de zogenoemde 'gebruiksbelasting' die mede de onderhoudsbehoefte bepaalt. Een ventilatiesysteem zal tijdens zijn levensduur op een bepaalde wijze kunnen worden belast. Zo is het voor te stellen dat bij een verhuursituatie met een hoge mutatiegraad de belasting veel hoger zal zijn dan bij een situatie met een eigenaar/bewoner. In het eerste geval zullen bewoners vaak nauwelijks moeite nemen om een systeem op de juiste wijze te gebruiken, een handleiding te lezen (indien aanwezig!) en bepaalde onderdelen zelf te onderhouden en te reinigen. Bij het ontwerp en de keuze van een ventilatiesysteem moet daarmee rekening worden gehouden. Met andere woorden, een ventilatiesysteem zal in een dergelijke situatie een zekere mate van robuustheid moeten hebben. Daarnaast is ook het type en de kwaliteit van een ventilatiesysteem van belang. Bij mechanische afzuiging met natuurlijke toevoer bestaat er eerder de kans dat de luchttoevoer niet of onvoldoende wordt gebruikt. Dit gebeurt vooral bij harde wind en lage buitentemperaturen. Gebalanceerde ventilatie maar ook geavanceerdere natuurlijke toevoersystemen geven minder aanleiding tot onjuist gebruik door bewoners. Deze systemen vragen echter wel meer aandacht voor onderhoud. In figuur 3



Relatie basiskwaliteit, gebruiksbelasting en onderhoudskosten

-FIGUUR 3-

is de relatie tussen de kwaliteit van het gekozen ventilatiesysteem en de systeembelasting globaal grafisch weergegeven.

Uit figuur 3 wordt duidelijk dat de totale kosten complex in elkaar zitten. De keuze voor een systeem met een slechte basiskwaliteit, in een situatie

waarin het systeem een lage systeembelasting ondervindt, kan economisch gezien een goede keuze zijn. Andersom kan een kwalitatief zeer goed systeem door verkeerd gebruik en slecht onderhoud hoge kosten met zich mee brengen. Het beoordelingsmodel voor kosten

Installatieonderdeel	Basiskwaliteit		
	goed	voldoende	slecht
ventilatie-unit (ventilatiesysteem C en D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• makkelijk toegankelijk</li> <li>• geluidsisolerend bevestigd</li> <li>• geen luchtlekken</li> <li>• hoog rendement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• normaal toegankelijk</li> <li>• flexibel bevestigd</li> <li>• interne luchtlekkage &lt; 5%</li> <li>• normaal rendement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moeilijk toegankelijk</li> <li>• geen geluidwerende voorzieningen</li> <li>• interne luchtlekkage &gt; 5%</li> <li>• laag rendement</li> </ul>
kanalen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• goed kanalenontwerp</li> <li>• korte kanaallengten</li> <li>• geen scherpe bochten</li> <li>• geen flexibele kanalen</li> <li>• luchtdicht</li> <li>• aandacht voor geluid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weinig bochten</li> <li>• weinig flexibele kanalen</li> <li>• redelijk luchtdicht</li> <li>• aandacht voor geluid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grote kanaallengten</li> <li>• veel bochten</li> <li>• flexibele kanalen</li> <li>• luchtlekkage</li> <li>• geen aandacht voor geluid</li> </ul>
roosters	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eenvoudig reinigbaar</li> <li>• aandacht voor thermisch comfort</li> <li>• zelf-regulerende roosters (druk en temperatuur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reinigbaar</li> <li>• regelbaar en afsluitbaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• niet reinigbaar</li> <li>• niet regelbaar</li> </ul>
Initiële kosten	□□□	□□	□

Omschrijving basiskwaliteit ventilatiesystemen

-TABEL 1-



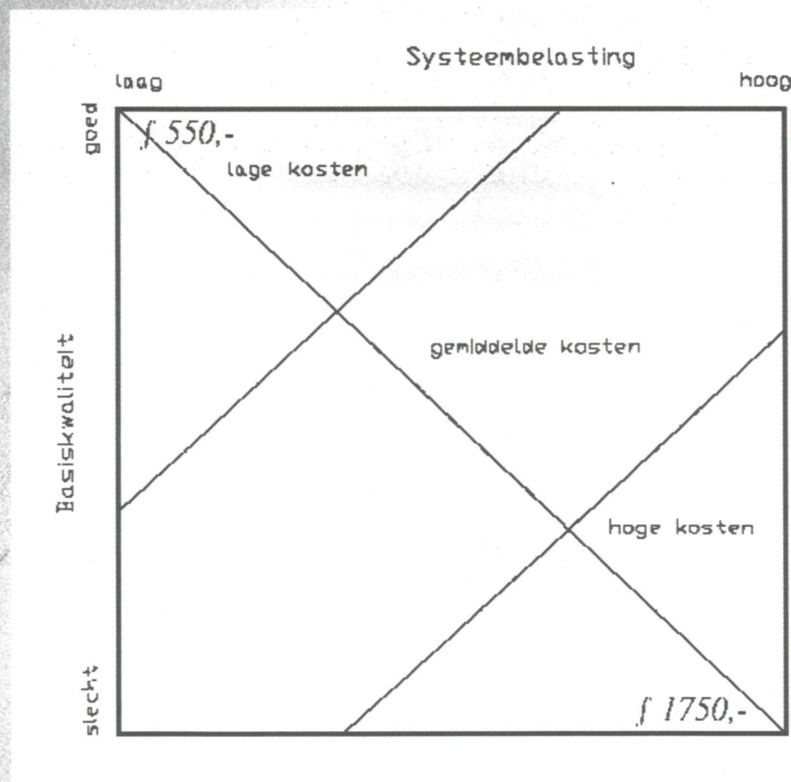
Gebruik van het systeem	Belasting van het systeem		
	laag	gemiddeld	hoog
handleiding en gebruiksinstructie	mondelinge instructie en schriftelijke handleiding	schriftelijke handleiding	geen handleiding en instructie
reinigingsschema van unit en roosters (systeem C en D)	maandelijks	4 x per jaar	geen reiniging
gebruik van unit	volgens instructie	in het algemeen volgens handleiding	fout
Onderhoudskosten ventilatiesysteem	□	□□	□□□

Gebruik van het systeem	Belasting van het gebouw		
	laag	gemiddeld	hoog
ventilatiegedrag	zorgvuldig gebruik, voldoende ventilatie	regelmatig gebruik	incidenteel gebruik, onvoldoende ventilatie
reiniging van gevelroosters (systeem A en C)	regelmatig	1 x per jaar	geen reiniging
Onderhoudskosten gebouw	□	□□	□□□

#### Belasting door gebruik

-TABEL 2-



Onderhoudskosten-relatiediagram gebalanceerde ventilatie in eengezinswoning

-FIGUUR 4-

uit Annex 27 start met een inschatting van de basiskwaliteit van het systeem aan de hand van een aantal kwalitatieve omschrijvingen. In tabel 1 zijn aandachtspunten gegeven over de basis-

kwaliteit van het ventilatiesysteem en de belasting van het ventilatiesysteem en het gebouw door de wijze van gebruik van het systeem.

De invloed die dit heeft op de initiële

kosten, die hiermee gemeoid zijn, is als volgt aangegeven:

- hoge kosten
- gemiddelde kosten
- lage kosten

Dezelfde waarderingscodes worden aangegeven in tabel 2, waarin de relatie tussen de te verwachten kosten voor onderhoud en de belasting door het gebruik van een ventilatiesysteem in kwalitatieve omschrijvingen wordt gegeven.

Uit de tabellen 1 en 2 kan nu, aan de hand van de kwalitatieve beschrijvingen, worden afgeleid wat de basiskwaliteit voor gebouw en installaties en de te verwachten gebruiksbelasting van het ventilatiesysteem is. Uit een aantal diagrammen, gebaseerd op het principe van figuur 3, kan vervolgens een indicatie worden verkregen van het benodigde onderhoud, om de uitgangsprestaties van het systeem te handhaven. Let hierbij op dat de kwalificatie 'laag onderhoudsniveau' niet betekent een 'slecht onderhoudsniveau'! Met andere woorden: indien meer geïnvesteerd wordt in de basiskwaliteit of indien er maatregelen worden genomen om de gebruiksbelasting te verminderen (goede voorlichting!) dan heeft dat zijn posi-



Onderhoudskosten	Planmatig	Klachten	Totaal
Laag	500	50	550
Gemiddeld	1100	50	1150
Hoog	1650	100	1750

Gehanteerde uitgangspunten voor de kostenbepaling:

- Rente : 7,5 procent
- Inflatie : 3,5 procent
- Periode : 30 jaar
- Prijspeil : 1998
- Prijzen op onderaannemersniveau, exclusief BTW

Verwachte onderhoudskosten uitgedrukt als LCC over 30 jaar (f) voor gebalanceerde ventilatie

-TABEL 3-

tieve weerslag in het benodigde onderhoud. Anderzijds zullen slechte systemen met een hoge gebruiksbelasting leiden tot meer onderhoud. In figuur 4 is een voorbeeld van een onderhoudskosten-relatiediagram gegeven voor een gebalanceerd ventilatiesysteem, toegepast in een eengezinswoning.

In tabel 3 staan de kosten voor het onderhoud, uitgesplitst naar planmatig en klachten, gegeven als LCC (life cycle costs) over 30 jaar.

Vervolgens kan, indien de benodigde onderhoudsklasse of kosten zijn afgeleid uit figuur 4, een schatting worden gedaan van het te verwachten onderhoud. Hierbij worden voor een aantal essentiële onderhoudsactiviteiten de frequenties genoemd waarin deze activiteiten moeten plaatsvinden. In tabel 4 is een voorbeeld gegeven van de benodigde onderhoudsactiviteiten voor een gebalanceerd ventilatiesysteem in een eengezinswoning.

In het kostenbeoordelingsmodel uit Annex 27 worden een aantal van dergelijke diagrammen en tabellen met gewenste onderhoudscycli voor verschillende ventilatiesystemen gegeven.

## BETROUWBAARHEID

De betrouwbaarheid van een ventilatiesysteem is gedefinieerd als de kans dat het gekozen ventilatiesysteem presteert op een acceptabele manier voor een bepaald gebouw, in een bepaald klimaat, tussen de geplande onderhoudsbeurten [6]. Hierbij kan de betrouwbaarheid van het systeem onder verschillende condities worden beschouwd en de betrouwbaarheid van het systeem op de lange duur (30 jaar). De betrouwbaarheid van een ventilatiesysteem is uiteindelijk bepalend of de beoogde prestaties ten aanzien van de te realiseren debieten, en daarmee dus de luchtkwaliteit ook daadwerkelijk worden

ACTIVITEITEN	Onderhoudscyclus (om de x jaar)			
	Benodigde onderhoudsklasse	Laag	Gemiddeld	Hoog
<b>Installatie:</b>				
• controlemeting debieten		9	6	6
• reinigen afzuigroosters		1)	6	6
• controlemeting debiet en werking afzuigkap		9	6	6
• inspectie kanalen		9	9	6
• reiniging kanalen		6	3	3
• reiniging ventilatoren		—	18	18
• vervanging roosters		9	6	6
• controle regelingen		—	—	6
• controle naverwarmer, vorstbeveiliging, condens		1)	1)	6
• vervanging filters		6	6	6
• reiniging toevoerroosters		—	18	15
• reiniging warmtewisselaar		18	15	12
• vervanging afzuigkap				
• vervanging ventilator				

### Gebouw:

niet van toepassing

1) Onderhoudsactiviteit uitgevoerd door de

Benodigde onderhoudsactiviteiten gebalanceerde ventilatie

TABEL 4:

gehaald. Daarnaast bestaat er een directe relatie tussen betrouwbaarheid, de mate van onderhoud en de onderhoudskosten. Bij de keuze voor een bepaald ventilatiesysteem dient de betrouwbaarheid van het ventilatiesysteem dan ook te worden overwogen. Bij het begrip betrouwbaarheid zijn twee verschillende aspecten te onderscheiden:

- *De betrouwbaarheid van het systeem (handhaving debieten) onder verschillende condities*

Een ventilatiesysteem dient onder verschillende klimatologische omstandigheden bepaalde prestaties te kunnen leveren om aan de eisen over de gewenste binnenluchtkwaliteit te kunnen voldoen.

- *Betrouwbaarheid van het systeem op*

*de lange duur:*

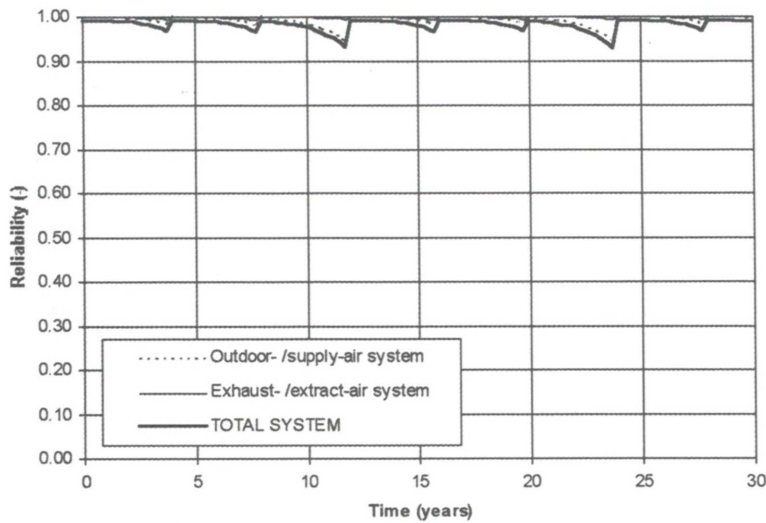
De betrouwbaarheid op de lange duur wordt bepaald door de volgende aspecten:

- de kwaliteit van het systeem;
- het onderhoud van het systeem;
- gebruikersinvloed.

Zowel natuurlijke als mechanische ventilatiesystemen zijn opgebouwd uit een aantal mechanische en elektrische componenten, zoals regelbare en afsluitbare roosters, ventilatoren, elektrische motoren, regelingen, etc. Al deze componenten kunnen defect raken, waardoor een storing in het systeem optreedt.

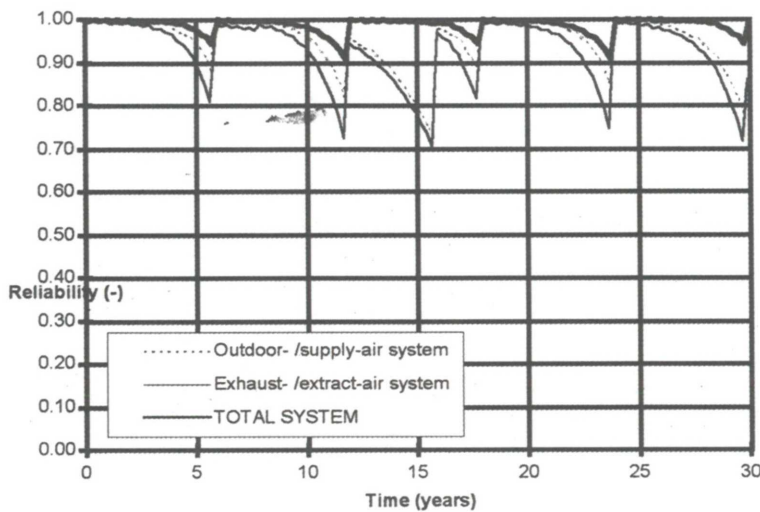
Bij het verouderen van de componenten van het systeem wordt de kans op storingen groter. Deze storingen wor-





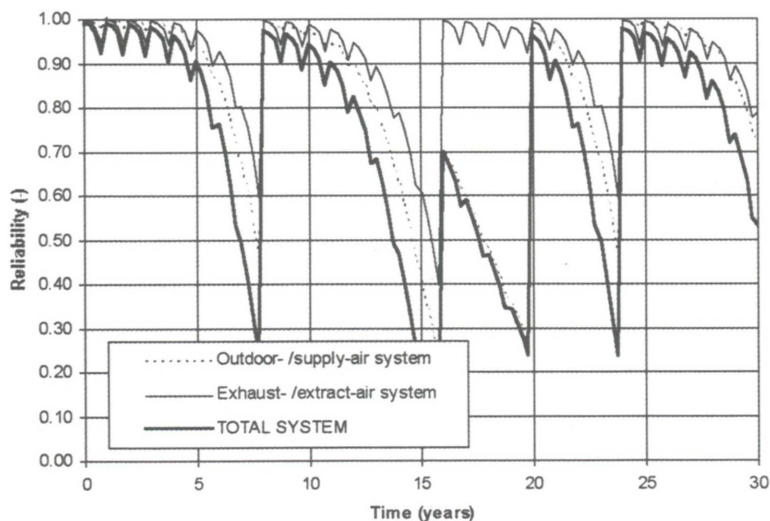
Betrouwbaarheid gebalanceerd ventilatiesysteem, hoog onderhoudsniveau

-FIGUUR 5.1-



Betrouwbaarheid gebalanceerd ventilatiesysteem, gemiddeld onderhoudsniveau

-FIGUUR 5.2-



Betrouwbaarheid gebalanceerd ventilatiesysteem, laag onderhoudsniveau

-FIGUUR 5.3-

den voornamelijk bepaald door de kwaliteit van het systeem en van het onderhoud van het systeem. In figuur 5 is de betrouwbaarheid van een gebalanceerd ventilatiesysteem gegeven met een gemiddeld kwaliteitsniveau bij drie verschillende onderhoudsniveaus, te weten , hoog, gemiddeld en laag. Duidelijk is te zien hoe de betrouwbaarheid van het systeem negatief wordt beïnvloed als er te weinig onderhoud wordt gepleegd. Men dient zich hierbij te realiseren dat de begrippen "hoog" en "laag" onderhoudsniveau iets anders betekenen dan in het beoordelingsmodel voor de kosten. In de kostenbeoordelingsmodellen leiden de niveaus hoog-midden-laag tot eenzelfde betrouwbaarheid van de systemen. Deze kwalificaties worden immers bepaald door de uitgangskwaliteit en de belasting van het systeem. Hoe beter de kwaliteit, of hoe lager de belasting, des te lager het onderhoudsniveau kan zijn. In figuur 5 is te zien wat de consequenties zijn indien van deze gewenste onderhoudsniveaus wordt afgeweken.

De betrouwbaarheid van het systeem over een periode van 30 jaar, afhankelijk van het niveau van onderhoud en het kwaliteitsniveau, is in tabellen 5, 6 en 7 voor de verschillende ventilatiesystemen weergegeven. De classificatie geschiedt weer in termen van '+' en '-' waarbij waardering afhankelijk is van de gemiddelde betrouwbaarheid en de minimale betrouwbaarheid. Het begrip 'betrouwbaarheid' is hierbij gedefinieerd als de kans dat het systeem de ontwerp prestaties in een bepaalde tijdsinterval kan handhaven.

In tabel 5 is de opzet van deze classificatie gegeven.

In de tabellen 6 en 7 is vervolgens de betrouwbaarheid als functie van het onderhoudsniveau, de kwaliteit en het type ventilatiesysteem gegeven voor eengezinswoningen en meergezinswoningen.

Technische kwaliteiten van het systeem kunnen als volgt worden omschreven:

- *lage kwaliteit*: Hierbij wordt voor een goedkoop systeem gekozen om de investeringskosten te beperken. Er is weinig aandacht voor toekomstig onderhoud en kosten;
- *gemiddelde kwaliteit*: Dit is een relatief goede standaardinstallatie die gekozen is op basis van een goed ontwerp. Er is aandacht voor toe-

Gemiddelde betrouwbaarheid	Minimale betrouwbaarheid									
	0,90-1,00	0,80-0,89	0,70-0,79	0,60-0,69	0,50-0,59	0,40-0,49	0,30-0,39	0,20-0,29	0,10-0,19	0,00-0,09
0,90-1,00	++	++	+	+	0	0	-	-	-	-
0,80-0,89		+	+	0	0	-	-	-	-	-
0,70-0,79			0	0	-	-	-	-	-	-
0,60-0,69				-	-	-	-	-	-	-
0,50-0,59					-	-	-	-	-	-
0,40-0,49						-	-	-	-	-
0,30-0,39							-	-	-	-
0,20-0,29								-	-	-
0,10-0,19									-	-
0,00-0,09										-

Niveau betrouwbaarheid: 0 voldoende betrouwbaarheid  
 ++ hoge betrouwbaarheid - matige betrouwbaarheid  
 + goede betrouwbaarheid - slechte betrouwbaarheid

#### Classificatie betrouwbaarheid ventilatiesystemen

-TABEL 5-

technische kwaliteit van het systeem	onderhoudsniveau		
	hoog	gemiddeld	laag
ventilatiesysteem A: natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer			
lage kwaliteit	++	++	-
gemiddelde kwaliteit	++	++	+
hoge kwaliteit	++	++	++
ventilatiesysteem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer			
lage kwaliteit	++	-	-
gemiddelde kwaliteit	++	++	-
hoge kwaliteit	++	++	+
ventilatiesysteem D: gebalanceerde ventilatie			
lage kwaliteit	+	-	-
gemiddelde kwaliteit	++	+	-
hoge kwaliteit	++	++	0

#### Relatie onderhoudsniveau, betrouwbaarheid en kwaliteit; meergezinswoningen

-TABEL 6-

komstig onderhoud en kosten, maar er is meer aandacht voor het minimaliseren van de investeringskosten;  
 - *hoge kwaliteit*: Hiervoor wordt het best beschikbare systeem zorgvuldig gekozen. Er is veel aandacht voor toekomstig onderhoudskosten. Er is

minder aandacht voor het minimaliseren van de investeringskosten.  
 Onderhoudsniveau:  
 - *hoog*: Het onderhoud wordt ca. 50-100% vaker uitgevoerd dan gebruikelijk is voor het gekozen systeem.  
 - *gemiddeld*: Het onderhoud wordt

uitgevoerd met een regelmaat die gebruikelijk is voor het gekozen systeem.  
 - *laag*: Het onderhoud wordt ca. 30-50% minder vaak uitgevoerd dan gebruikelijk is voor het gekozen systeem.



technische kwaliteit van het systeem	onderhoudsniveau		
	hoog	gemiddeld	laag
ventilatiesysteem A: natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer			
lage kwaliteit	++	+	-
gemiddelde kwaliteit	++	++	+
hoge kwaliteit	++	++	+
ventilatiesysteem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer			
lage kwaliteit	++	-	—
gemiddelde kwaliteit	++	++	-
hoge kwaliteit	++	++	+
ventilatiesysteem D: gebalanceerde ventilatie			
lage kwaliteit	+	—	—
gemiddelde kwaliteit	++	0	-
hoge kwaliteit	++	++	-

Relatie onderhoudsniveau, betrouwbaarheid en kwaliteit; eengezinswoningen

-TABEL 7-

### GEbruikersASPECTEN

In Annex 27 is bij de keuze van een bepaald ventilatiesysteem ook het bewonersgedrag en de wijze waarop bewoners met het ventilatiesysteem om (kunnen) gaan afgewogen.

Aspecten van bewonersgedrag zijn:

- *Gedrag*: hiertoe behoren onder andere het onderhouden van het systeem door de bewoner, de reacties van de gebruiker op storingen en de inrichting van de woning;
- Onder *levensstijl* worden koken, roken, hygiëne, huisdieren etc. verstaan. Onder het begrip 'herinrichting' wordt verstaan de tijdsintervallen tussen binnenschilder- en behangwerk en dergelijke;
- *Karakteristieken van gebruikers*: hiertoe behoren de betrokkenheid en de kennis van de bewoner van het systeem en de fysieke conditie van de gebruiker bij onderhoud en gebruik van het systeem.

Het gebruik van de woning, inclusief de ventilatievoorzieningen, heeft een sterke invloed op het functioneren van het ventilatiesysteem en daarmee op het binnenklimaat in de woning. Het activiteitsniveau van de bewoners kan variëren van slapen tot sporten. Ook de verontreinigingen van de binnenlucht, door koken, roken, planten,

doe-het-zelver etc., zijn van het gebruik afhankelijk. Tevens spelen de kennis en vaardigheden van de bewoner bij het gebruik en het onderhoud van het ventilatiesysteem een rol. Het ventilatiesysteem moet al deze situaties aankunnen. Het is uiteraard moeilijk om gebruikers- en bewonersaspecten in duidelijke kwantificeerbare grootheden uit te drukken en te beoordelen. Daarom is gekozen voor een meer kwalitatieve methodiek waarbij voor een aantal belangrijke aandachtspunten de mate van invloed op het functioneren van een ventilatiesysteem is uitgedrukt. In tabel 8 is de invloed van de verschillende gebruiksaspecten op het ventilatiesysteem gegeven.

Toelichting op de begrippen van tabel 8:

- *Gebruikers invloed*: wijzigen instellingen, onklaar maken van het ventilatiesysteem, wijze van gebruiken van het systeem;
- *Onderhoud*: ventilatiesystemen zijn meer of minder gevoelig voor het schoonmaken van de ventielen en de filters of het vervangen van de filters;
- *Meubels en inrichting* kunnen de luchtstroom beïnvloeden. De meeste problemen worden veroorzaakt door gordijnen;
- *De reactie van de gebruiker* bij niet of slecht functioneren is van belang

bij het herstel van eventuele gebreken;

- *Hygiëne*: hieronder wordt niet het schoonmaken van het ventilatiesysteem verstaan, maar het gebruik van water en schoonmaakmiddelen.
- *Herinrichting*: Bij het opnieuw behangen of verven van de woning komen vocht en oplosmiddelen vrij.
- Onder *andere apparatuur* kunnen bijvoorbeeld koffiezetapparaten, stoomstrijkijzers etc. worden verstaan.
- *Betrokkenheid* bij het systeem en kennis van het ventilatiesysteem hebben invloed op het gebruik van het ventilatiesysteem
- Indien de *fysieke conditie* om het ventilatiesysteem te bedienen of te onderhouden ontbreekt, heeft dit invloed op het functioneren van het ventilatiesysteem.

Voor een bepaalde gebruikersgroep kunnen relevante gebruikersaspecten worden geselecteerd. De 'score' hiervan in de tabel kan leiden tot een 'keuze' voor een bepaald ventilatiesysteem, en geeft tegelijkertijd de aandachtspunten voor het gebruik aan.

Als voorbeeld: Voor oudere bewoners kan bijvoorbeeld als kenmerkende gebruikersaspecten worden aangegeven dat deze weinig van het ventilatiesysteem (willen) weten en voor het functioneren ervan zo min mogelijk han-



		System A Natuurlijke toe- voer en natuur- lijke afvoer	System C Natuurlijke toe- voer en mechani- sche afvoer	System D Gebalanceerde ventilatie met WTW
Gedrag	Gebruikersinvloed	□□	□	□
	Onderhoud	□	□	□□
	Meubilair en inrichting	□□□	□□	□□
	Reacties van de gebruiker	□	□	□□
Levensstijl	Koken	□□	□	□
	Roken	□□□	□□	□□
	Hygiëne	□□□	□□	□
	Herinrichting	□□	□	□
	Andere apparatuur	□	0	0
	Huisdieren	□□	□	□
	Planten	□	0	0
Karakteris- tieken van gebruikers	Betrokkenheid	□□	□	□
	Kennis	□□	□	□
	Fysieke conditie m.b.t. gebruik	□□	□	0
	Fysieke conditie m.b.t. onderhoud	□□	□	□
Invloed op het functioneren van het ventilatiesysteem: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Veel invloed <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Invloed <input type="checkbox"/> Enige/weinig invloed    0 Neutraal				

#### Relatie ventilatiesystemen en gebruikersaspecten

TABEL 8

delingen willen verrichten.

De keuze zou op grond hiervan kunnen vallen op een gebalanceerd ventilatiesysteem.

Uit dezelfde tabel volgt dan ook dat het onderhoud van het systeem extra aandacht nodig heeft en er bijvoorbeeld een onderhoudscontract afgesloten moet worden

#### VERDERE ONTWIKKELINGEN VAN IEA ANNEX 27

Uit deze artikelenreeks over de resultaten van IEA Annex 27 is af te leiden dat de meeste beoordelingsmodellen zogenaamde "paper-tools" zijn. Dat wil zeggen, het zijn modellen in de vorm van tabellen, nomogrammen, keuzematrices en dergelijke. Uitzondering hierop is het in dit artikel besproken EnerVent programma. Inmiddels is besloten dat ook alle andere beoordelingsmodellen zullen worden gepresenteerd als gebruiksvriendelijke computerprogramma's. Ook Nederland is hierbij betrokken en met name TNO-Bouw zal een belangrijke rol vervullen in de uiteindelijke totstandkoming van

deze programma's. Het ligt in de bedoeling dat de computerversies medio 2000 gereed zijn. De tools zullen voor Nederland naar het zich laat aanzien voor iedereen vrij beschikbaar zijn. De nu beschikbare informatie is vrij toegankelijk via de website van Lawrence Berkeley National Laboratories: [www.epb.lbl.gov/annex27](http://www.epb.lbl.gov/annex27). Daarnaast zal binnenkort ook een "populaire" Nederlandstalige versie van het eindrapport worden gepubliceerd.

#### LITERATUUR

1. Månsson, L-G, *Evaluation and demonstration of domestic ventilation systems - State of the Art*, IEA Annex 27, report A12:1995, Swedish Council for Building Research, Stockholm, 1995.
2. Månsson, L-G, *Simplified tools for evaluation and demonstration of domestic ventilation systems - Handbook (draft)*, IEA Annex 27, Stockholm, 1998.
3. Wolak, E.J.M., Brounts, H.M.J., *Onderzoek naar de acceptatie en besluitvorming over gebalanceerde*

*ventilatie in de woningbouw*, R&M, Heerlen, 1995

4. Liebrechts M., Persoon J., *Praktijkonderzoek onderhoud mechanische ventilatiesystemen*, Bouwhulp Beheeradvies B.V., Eindhoven, 12 maart 1997
5. Op 't Veld, P. Passlack-Zwaans C., *Simplified tools for LCC*, Cauberg-Huygen, Maastricht, 1998, [www.epb.lbl.gov/annex27](http://www.epb.lbl.gov/annex27)
6. Kronvall J., Ruud S., et al., *Reliability of domestic ventilation systems* J&W, Malmo, Zweden, [www.epb.lbl.gov/annex27](http://www.epb.lbl.gov/annex27)
7. Kronvall J., Ruud S., et al., *System safety analyses on the performance of mechanical ventilation systems*, Proceedings 18<sup>th</sup> AIVC conference, Athene, Griekenland, 1997
8. Op 't Veld P., Liebrechts M., *A simplified tool for the assessment of LCC*, Proceedings 18<sup>th</sup> AIVC conference, Athene, Griekenland, 1997