

Nieuwe Nederlandse comfortnormen nader bekeken

Normen en richtlijnen voor thermisch comfort, waaronder ISO 7730, worden voortdurend bijgewerkt en aangepast. Dit artikel geeft een beknopt overzicht van de voorgestelde aanpassingen aan ISO 7730 en geeft een beschrijving van een adaptieve temperatuurgrenswaarde indicator uit ISSO-publicatie 74. De nieuwe methoden zijn getoetst door middel van een casestudy bestaande uit thermische comfortmetingen en het bespreken van weergegevens. De methoden uit ISSO-publicatie 74 dienen ter vervanging van de huidige normen en richtlijnen die zijn gebaseerd op het PMV/PPD-model, maar blijken amper relevant voor Nederland en kennen een beperkt toepassingsgebied. De vraag blijft waarom we in Nederland geen aansluiting zoeken bij de herziene ISO 7730, de Europese norm op het gebied van thermisch comfort.

-door ir. J. van Hoof* en prof.dr.ir. J. Hensen*

Een comfortabel binnenmilieu is een belangrijk uitgangspunt bij het ontwerpen van gebouwen, aangezien een gemiddelde persoon 90 % van de tijd binnen is. Het binnenmilieu omvat alle fysische, chemische en biologische factoren die het welzijn en de gezondheid van de gebouwgebruikers beïnvloeden [1]. Dit artikel gaat over thermisch comfort, dat wordt omschreven als 'the state of mind, which expresses satisfaction with the thermal environment' [2]. Deze definitie is eenvoudig te begrijpen maar moeilijk te omvatten in fysische parameters. In Europese landen is ISO 7730 [3] (bekend als NEN-EN-ISO 7730) de huidige norm voor het evalueren van thermisch comfort, samen met de voornorm CR 1752 [4] (bekend als NPR-CR 1752). Hierin worden temperatuurgrenzen voorgeschreven waarbinnen een groot percentage gebouwgebruikers het binnenklimaat als acceptabel ervaart. Daarnaast zijn er in Neder-

land wettelijke eisen voor het thermische binnenmilieu op de arbeidsplaats (o.a. arbo-regels). Zo mag het binnenklimaat geen schade toebrengen aan de algehele gezondheidstoestand van de werknemers, en moet het binnenklimaat zo behaaglijk en gelijkmatig zijn als redelijkerwijs mogelijk is. Verder moet tocht worden vermeden [5]. Er zijn ook nog richtlijnen van de Rijksgebouwendienst [6] voor het evalueren van thermohygrisch comfort op werkplekken.

Normen over thermisch comfort, zoals ISO 7730, worden voortdurend bijgewerkt en aangepast [7]. In Nederland is daarnaast in ISSO-publicatie 74 een methode gepresenteerd die rekening houdt met thermische adaptatie [8,9]. Het doel van deze studie is om te onderzoeken of de wijzigingen aan de normen en richtlijnen relevant zijn. Dit wordt gedaan aan de hand van een casestudy en het bespreken van weergegevens.

VOORGESTELDE WIJZIGINGEN AAN ISO 7730

De belangrijkste verandering aan ISO 7730 is het onderscheid maken tussen drie verschillende kwaliteitsklassen voor algemeen thermisch comfort, zoals is weergegeven in Tabel 1. Deze klassen komen overeen met die in CR 1752 [4]. Deze klassen, die gelden voor 90, 80 en 70 % tevreden gebouwgebruikers, zijn wenselijk uit het oogpunt van economische haalbaarheid, technologische mogelijkheden, het milieu en arbeidsproductiviteit. Klasse A past bij gebouwen met een relatief gevoelige groep gebruikers of luxe kantoren. Klasse B komt overeen met een situatie die als gemiddeld tot goed zal worden ervaren door de gebouwgebruikers, en is identiek aan de criteria uit de huidige ISO 7730. Klasse C wordt in beginsel niet toegepast in een ontwerp-situatie voor nieuwe huisvesting en past bij bestaande gebouwen.

Ook voor plaatselijke onbehaaglijkheid worden eisen gesteld in drie klassen. De huidige criteria in ISO 7730 komen overeen met klasse B (die voor tocht met klasse A). Verder worden in de herziene ISO 7730 figuren opgenomen die de relatie tussen het percentage ontevreden en de verschillende vormen van plaatselijke onbehaaglijkheid tonen [7]. De herziene norm bevat voorts een diagram om de benodigde luchtsnelheid te bepalen indien men met verhoogde luchtsnelheden het effect van temperatuurstijgingen wil compenseren.

Indien gedurende de gehele werktijd aan de criteria voor thermisch comfort moet worden voldaan, zelfs tijdens extreme weersomstandigheden, zou de

* Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven

benodigde capaciteit van de klimaatinstallaties wel eens onevenredig groot kunnen worden. Economische en milieutechnische overwegingen hebben ertoe geleid dat de aanbevolen temperatuurgrenzen voor een bepaalde tijdsduur mogen worden overschreden. Voor een meerdaagse evaluatie van het thermische binnenklimaat – met gebruikmaking van computersimulaties – zal er in ISO 7730 een methode WEIGT-WEIGHTEDED [7] worden opgenomen, die vergelijkbaar is met de gewogen temperatuuroverschrijdingsuren (GTO) van de Rijksgebouwdienst [6]. De gangbare modellen voor thermisch comfort gaan uit van statische omstandigheden, terwijl het binnenklimaat vaak dynamisch is door interacties van het gebouw, buitenklimaat, gebouwgebruik en klimaatinstallaties. Er zullen in de herziene ISO 7730 geen criteria over dynamische thermische omstandigheden [10] worden opgenomen [7], in tegenstelling tot huidige ASHRAE Standard 55 [2] waarin eisen worden gesteld aan stapvormige, cyclische en geleidelijke operationele temperatuurstijgingen.

DE IN ISSO-PUBLICATIE 74 VOORGESTELDE ATG-METHODE

De huidige in Nederland gehanteerde methode om de thermische comfort-

prestatie over een langere tijd te bepalen is de in de jaren '80 door de Rijksgebouwdienst ontwikkelde GTO-methode [6]. Nadelen van deze methode zijn de complexiteit en het vereiste gebruik van computerberekeningen. Op basis van onderzoeksresultaten [11], is een adaptief thermisch-comfortmodel ontwikkeld als vervanger van de GTO-methode. Deze Adaptieve Temperatuurgrenswaarden-methode (ATG), die beschreven staat in ISSO-publicatie 74 [8,9], kan zowel worden gebruikt voor ontwerpdoelinden als voor het beoordelen van bestaande gebouwen bij reguliere werkzaamheden en kleding. Het PMV/PPD-model van Fanger blijft echter in gebruik voor situaties met een uitzonderlijk hoog metabolisme of kledingweerstand.

De veronderstelling dat mensen in een warm klimaat de voorkeur geven aan hogere binnentemperaturen dan mensen in een koud klimaat [11,12,13] ligt ten grondslag aan de ATG-methode. De Dear et al. [11] toonden aan dat gebruikers van gebouwen met airconditioning tweemaal zo gevoelig zijn voor temperatuurveranderingen als gebruikers van natuurlijk geventileerde gebouwen. Gebruikers van natuurlijk geventileerde gebouwen, die zijn blootgesteld aan variabele thermische omstandigheden, lijken toleranter te zijn voor een grotere bandbreedte van tempera-

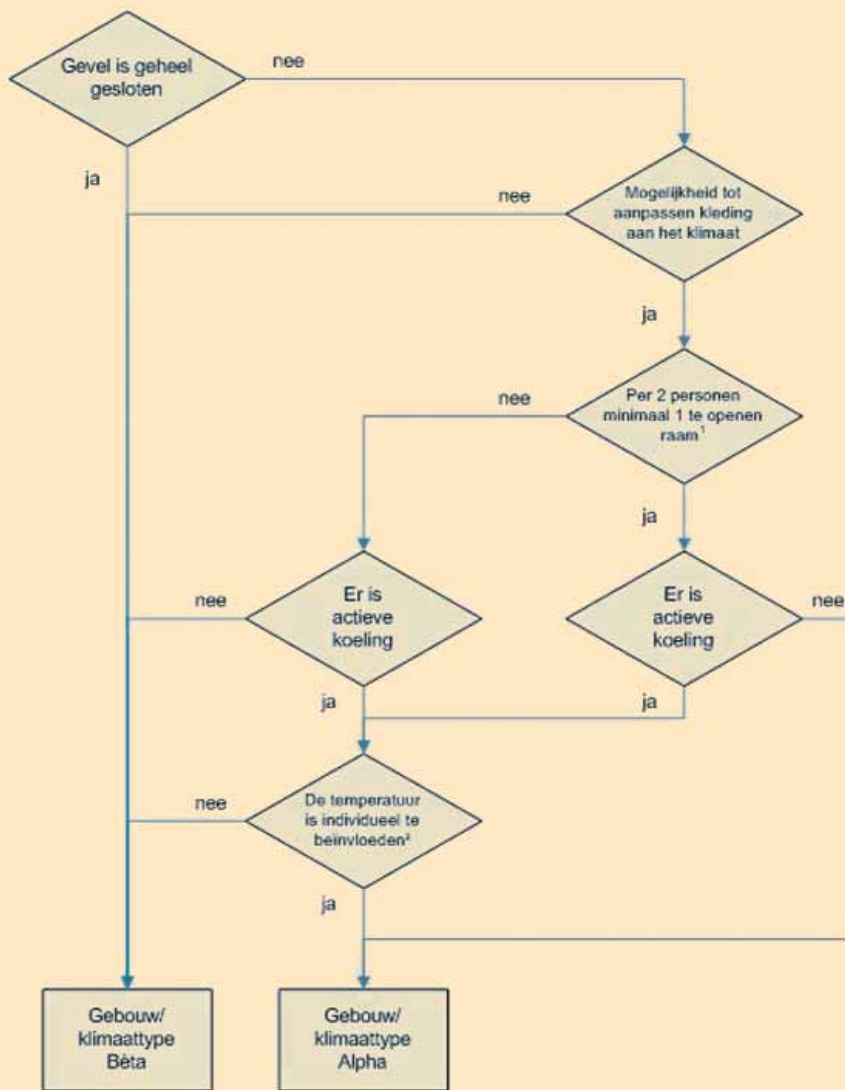
turen door gedragsmatige (aanpassen van kleding en activiteitsniveau) en psychologische adaptatie. In hun huidige vorm maken ISO 7730, ASHRAE Standard 55 en CR 1752 [2-4] geen onderscheid tussen verschillend geklimatiseerde gebouwen.

De ATG-methode maakt onderscheid tussen twee typen gebouwen: type Alpha met een hoge graad van persoonlijke regelbaarheid en type Bèta met een lage graad. Het onderscheid tussen deze twee typen kan worden gemaakt aan de hand van een flowchart afgebeeld in figuur 1. De methode kan worden gebruikt voor het karakteriseren van het momentane thermisch comfort in een bepaalde ruimte of gebouw, en de comfortprestatie over een langere tijd. De modellen voor Alpha- en Bèta-gebouwen zijn gebaseerd op de gewogen gemiddelde buitentemperatuur ($T_{e,ref}$). Voor het toepassen van de ATG-methode moet deze gewogen gemiddelde buitentemperatuur tussen -5 en 30 °C liggen. Tijdens het stookseizoen, als $T_{e,ref}$ lager is dan $10-12$ °C, zijn dezelfde comfortcriteria van toepassing op zowel Alpha- als Bèta-gebouwen, omdat beide typen gebouwen dan meestal worden verwarmd. Als de gewogen gemiddelde buitentemperatuur hoger is dan $10-12$ °C, stijgen de comforttemperaturen voor de gebruikers van Alpha-gebouwen

Klasse	Algemeen comfort		Operatieve temperatuur (°C)		Plaatselijke onbehaaglijkheid									
	PPD (%)	PMV (-)	Winter (1,0 clo - 1,2 met)	Zomer (0,5 clo - 1,2 met)	Tochtbeoordeling (DR) (%)	PD Vert. Temp.verschil (%)	Vert. Temp.verschil (K)	Vloertemperatuur (°C)	PD Warme of koude vloer (%)	PD Stralingsasymmetrie (%)	Stralingsasymmetrie Warm plafond (K)	Stralingsasymmetrie Koude plafond (K)	Stralingsasymmetrie Koude wand (K)	Stralingsasymmetrie Warme wand (K)
A	< 6	-0,2/0,2	21,0/ 23,0	23,5/ 25,5	< 15	< 3	< 2	19/29	< 10	< 5	< 5	< 14	< 10	< 23
B	< 10	-0,5/0,5	20,0 /24,0	23,0 /26,0	< 20	< 5	< 3	19/29	< 10	< 5	< 5	< 14	< 10	< 23
C	< 15	-0,7/0,7	19,0/ 25,0	22,0/ 27,0	< 25	< 10	< 4	17 /31	< 15	< 10	< 7	< 18	< 13	< 35

Criteria voor PMV, PPD, operationele temperatuur en plaatselijke onbehaaglijkheid in de herziene ISO 7730 [4] per kwaliteitsklasse.

- TABEL 1 -



Keuzeschema ter bepaling van het gebouwtype Alpha of Bèta [8].

- FIGUUR 1-

meer dan voor Bèta-gebruikers. De ondergrenzen die zijn gesteld aan operationele binnentemperatuur in Alpha-gebouwen zijn echter gelijk aan die voor Bèta-gebouwen.

Toelichting figuur 1

1.) Voorwaarden: (i) Per mogelijk in te delen travee, één te openen raam van circa 0,5 m², voor gebouwen

die mechanisch worden geventileerd of waar door hoge geluidbelasting, windbelasting of luchtverontreiniging het frequente gebruik van de ramen voor spuiventilatie niet goed mogelijk is, (ii) de ramen zijn door de gebruikers van de travee onafhankelijk van elkaar te bedienen, (iii) er is voorzien in een windvaste raam-uitzetter met een regelbare kierstand.

2.) Voorwaarden: (i) Een regelbereik van ±3K rond de ontwerpwaarde, (ii) feedback zodra de instelling wordt gewijzigd, (iii) een effectieve responsietijd van minimaal 1K per 30 minuten, (iv) feedback wanneer de gewijzigde instelwaarde is bereikt.

Opmerking algemeen: De afgebeelde figuur (Figuur 15 in ISSO 74) komt niet overeen met figuur 1 in dezelfde publicatie. Figuur 1 leidt bij positieve beantwoording van de vraag “per twee personen één raam” enkel naar gebouwtype Alpha.

Toelichting tabel 2:

‡ Uitgaande van $1,0 < M < 1,4$ met en $0,5 < I_{cl} < 0,9$ clo. In bijzondere omstandigheden, zoals laboratoria en speelkeukens, mogen de grenswaarden worden gecorrigeerd met $\Delta T = -6(I_{cl} - 0,7) - 8(M - 1,4)$, indien het metabolisme tussen 1,4 en 4,0 met, en de kledingweerstand tussen 0,7 en 2,0 clo ligt.

† Voor Alpha-gebouwen ($T_{e,ref} > \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$) is de ondergrens van operationele temperatuur gelijk aan de criteria voor Alpha-gebouwen ($T_{e,ref} < \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$)!

Bij de beoordeling van het momentane thermisch comfort wordt de gemeten operationele temperatuur in een bepaalde ruimte vergeleken met temperatuurgrenzen die zijn gesteld voor Alpha- of Bèta-gebouwen. Dit zijn bepaalde temperatuurgebieden die zijn gesteld voor verschillende klassen voor 90, 80 en 65 % tevredenen, die zijn gecentreerd rond de neutrale temperatuur. Deze temperaturen worden berekend met behulp van $T_{e,ref}$, zoals is weergegeven in tabel 2. De comfortprestatie over een langere tijd wordt bepaald door de hoeveelheid tijd waarin een ruimte wordt gebruikt, te vergelijken

Klasse	Tevredenen (%)	Gebouwtype en bandbreedten binnentemperatuur†	
		Alpha ($T_{e,ref} < \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$) & Bèta	Alpha ($T_{e,ref} > \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$)
		$T_{neutraal} = 21,45 + 0,11 \cdot T_{e,ref}$	$T_{neutraal} = 17,8 + 0,31 \cdot T_{e,ref}$
A	90	$T_{neutraal} \pm 1,25 \text{ K}$	bovengrens† = $T_{neutraal} + 2,5 \text{ K}$
B	80	$T_{neutraal} \pm 2,0 \text{ K}$	bovengrens† = $T_{neutraal} + 3,5 \text{ K}$
C	65	$T_{neutraal} \pm 2,5 \text{ K}$	bovengrens† = $T_{neutraal} + 4,2 \text{ K}$

Criteria voor acceptabele operationele temperatuur per kwaliteitsklasse voor type Alpha en Bèta gebouwen [8].

- TABEL 2-

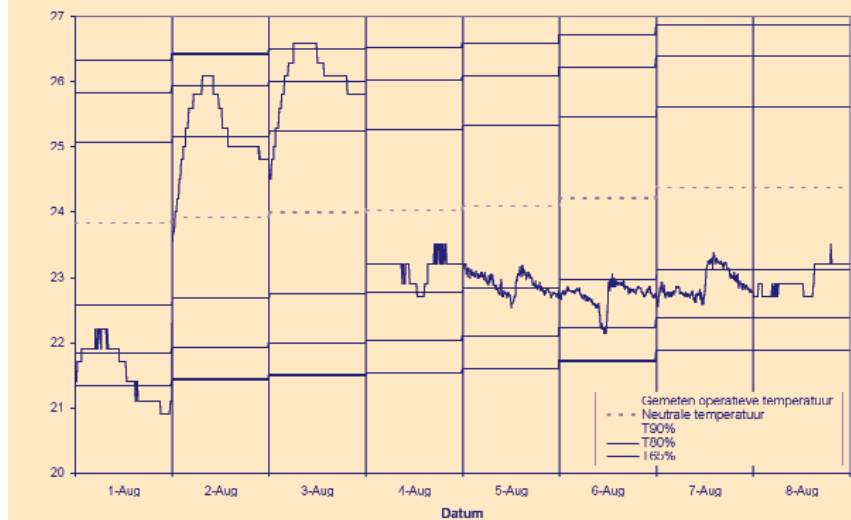
met de gemeten operatieve temperatuur. Indien de gemeten operatieve temperatuur de grenzen die voor een bepaalde klasse zijn gesteld niet overschrijdt, dan wordt de comfortprestatie als zodanig geïnclassificeerd. Om het aantal overschrijdingsuren te kunnen beoordelen is een vertaling van meetresultaten gedurende een korte periode (1 à 2 weken) naar een heel zomerhalfjaar niet strikt noodzakelijk. Bij het simuleren van de gebouwprestatie wordt gebruik gemaakt van een bepaald referentiejaar en levert een kortdurende meting voldoende gegevens op voor een risicobeschouwing of het gebouw al dan niet voldoet aan de gevraagde prestatie. Een echte beoordeling kan alleen plaatsvinden op basis van een op meetresultaten gefitte simulatieberekening.

Omdat de ATG-methode is gebaseerd op uitkomsten van veldstudies, waarbij de thermische sensatie van gebouwgebruiker als totaal is beschouwd, combineert de methode zowel algemeen comfort als plaatselijke onbehaaglijkheid. Deze plaatselijke onbehaaglijkheid hoeft dus niet langer apart te worden beschouwd. Aan variaties in luchtsnelheid en relatieve vochtigheid worden geen aparte eisen gesteld. Het blijkt dat deze parameters voldoende in het onderliggende model zijn verdisconteerd [8]. De veronderstelling dat plaatselijk onbehaaglijkheid in de praktijk een groot percentage klachten met zich zou meebrengen kan niet worden onderbouwd [12].

CASESTUDY

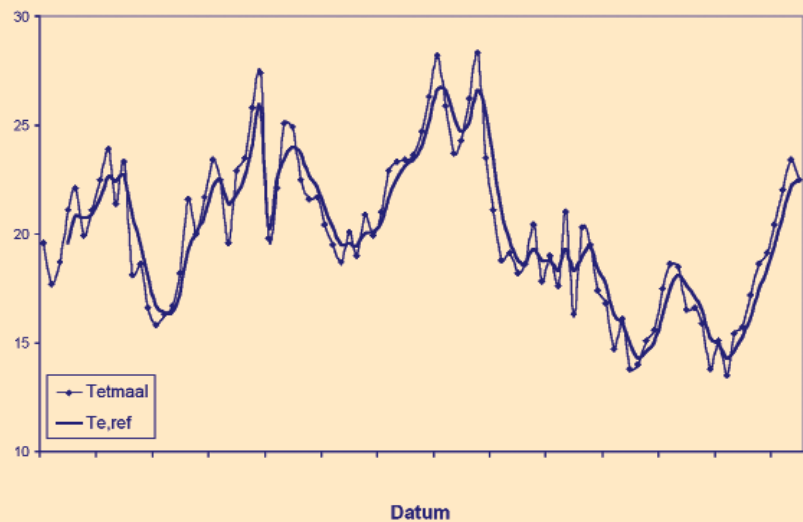
In de zomer van 2003 is een casestudy uitgevoerd in een kantoorruimte in Eindhoven, waarbij het thermische binnenklimaat is geëvalueerd met de ATG-methode. Los daarvan is plaatselijke thermische onbehaaglijkheid geëvalueerd aan de hand van de in de herziene ISO 7730 gestelde eisen. Hoewel de herziene ISO 7730 geen criteria over dynamische thermische omstandigheden stelt, zijn deze wel onderzocht in overeenstemming met de eisen in ASHRAE Standard 55 [2].

De geëvalueerde kantoorruimte is op het oosten georiënteerd, en heeft een oppervlakte van 69 m² met een hoogte van 4,5 m. De wanden bestaan uit glas en inbouwkasten. Er zijn vier werk-



Voorbeeldevaluatie van het comfort in het kantoor gedurende de hittegolf begin augustus 2003.

- FIGUUR 2-



Luchttemperaturen in Eindhoven van juni tot september 2003.

- FIGUUR 3-

plekken opgesteld in het midden van de ruimte. Verse, gekoelde lucht wordt toegevoerd in de ruimte via twee wervelroosters in het plafond. Lucht wordt mechanisch afgevoerd via afzuigroosters in het plafond die zich nabij de gevel bevinden. In deze gevel bevinden zich geen te openen ramen. De zonwering in de ruimte bestaat uit een rolluik en semi-transparante doeken. De ruimte kan worden gekwalificeerd als type Bèta.

Van 16 juni tot 21 september 2003 is de buitenluchttemperatuur geregistreerd. Voor het kantoor zijn operatieve tem-

peratuur, tochtbeoordeling (DR) en verticale temperatuurverschillen bepaald nabij een werkplek. Stralingsasymmetrie en vloertemperatuur zijn buiten beschouwing gelaten. Voor iedere dag zijn de maximum- en minimumtemperatuur bepaald om hieruit de gemiddelde etmaaltemperatuur ($T_{e,ref}$) te berekenen, waarmee de gewogen gemiddelde buitentemperatuur ($T_{e,ref}$) bepaald wordt. Hierbij worden de gemiddelde etmaaltemperaturen van vier opeenvolgende dagen gebruikt, die in weging afnemen naarmate de tijd vordert [8].

$$T_{e,ref} = \frac{T_{vandaag} + 0,8 \cdot T_{gisteren} + 0,4 \cdot T_{eergisteren} + 0,2 \cdot T_{eer-eergisteren}}{2,4}$$

Voor de evaluatie van de comfortprestatie zijn uit de $T_{e,ref}$ de operationele temperatuurgrenzen voor 90, 80 en 65 % tevreden berekend. Figuur 2 toont de tijdens kantooruren (08:30-18:00) gemeten operationele temperatuur, die is vergeleken met de op basis van de ATG-methode berekende operationele temperatuurgrenzen.

Toelichting figuur 2:

Bij deze beoordeling voor de type Bèta ruimte mogen 2 en 3 augustus buiten beschouwing worden gelaten (week-einde). De evaluatie toont een lage gemeten operationele temperatuur, die grotendeels valt binnen de grenzen van klasse B, met uitzondering van de situatie op 1 augustus. Het adaptieve model laat lagere operationele temperaturen toe dan ISO 7730.

De in het kantoor gemeten verticale luchttemperatuurverschillen tussen hoofd- en enkelhoogte zijn kleiner dan 1,0 K. Dit correspondeert met een percentage ontevreden van kleiner dan 3 %. De gemiddelde luchtsnelheden tijdens de evaluatie lagen tussen 0,4 m/s en 0,8 m/s. De gemiddelde tochtbeoordeling (DR) lag tussen 47 % en 63 %. Deze niveaus zijn erg hoog, en ver boven de criteria die zijn gesteld in de herziene versie van ISO 7730 voor klasse A (DR < 15 %).

Bij de evaluatie zijn geen onacceptabele operationele temperatuurcycli gevonden. Te grote operationele temperatuurstijging kwam hooguit drie keer per werkdag voor. Geen van deze stijgingen die groter was dan 0,5 K/h, steeg boven de kritische operationele temperatuurgrens van 26,5 °C.

DISCUSSIE

Een van de vernieuwingen in de herziene ISO 7730 en ISSO-publicatie 74 is het onderscheiden van drie kwaliteitsklassen voor algemeen, plaatselijk en adaptief thermisch comfort. Het is opmerkelijk dat het percentage tevreden voor klasse C in ISSO-publicatie 74 65 % bedraagt, terwijl dit in de herziene ISO 7730 70 % is. Hiermee wordt in Nederland dus afgeweken van een internationaal gangbaar percentage tevreden. Hoewel de evaluatie van het thermische binnenklimaat heeft aangetoond dat er ook in Nederland gebouwen zijn waar ontoelaatbare operationele temperatuurstijgingen

plaatsvinden, zijn er in tegenstelling tot in de USA geen eisen voor de twee beschouwde dynamische thermische omstandigheden. Wellicht moeten er in een toekomstige versie van ISO7730 criteria worden opgenomen met betrekking hierop in het belang van de gebouwgebruiker.

De ATG-methode heeft als rekenkundige voordelen ten opzichte van het PMV/PPD-model [1] een beperkt aantal invoerparameters en de afwezigheid van iteratieve berekeningen. Een nadeel is echter dat de methode enkel voor kantoren en werkplekken kan worden toegepast, terwijl het PMV/PPD-model voor bijna alle gebouwen wordt gebruikt. Het niet afzonderlijk beschouwen van plaatselijke onbehaaglijkheid is een zwakte van de ATG-methode, wat mede blijkt uit de uitgevoerde tochtevaluatie. Het is aanbevelingswaardig om plaatselijke onbehaaglijkheid te blijven evalueren. De afwezigheid van luchtsnelheid als afzonderlijke invoerparameter is nadelig indien bij hoge luchtsnelheden de operationele temperatuur wordt berekend als gemiddelde van lucht- en stralings-temperatuur.

Omdat de ATG-methode alleen geldig is voor reguliere kledingweerstand en metabolisme, blijft in deze methode het PMV/PPD-model in gebruik voor situaties met hogere niveaus. Dit is in echter strijd met de bevindingen van Nicol en Humphreys [14], die aantoonde dat juist voor hoge met- en clo-waarden het PMV/PPD-model niet valide is. Wellicht worden richtlijnen en normen in de toekomst wel gebaseerd op een verbeterd model dat rekening houdt met adaptatie, zoals voorgesteld door Fanger en Toftum [15]. Het PMV/PPD-model is wel valide gebleken voor gebouwen met aiconditioning nabij de comfortzone [14], en de vraag rijst dan ook waarom dit model niet in gebruik blijft voor het evalueren van Bèta-gebouwen die zijn uitgerust met airconditioning. Daarbij komt nog het geringe aantal Alpha-kantoren in Nederland, waar mensen een grote mate van individuele regelbaarheid genieten, (geschat op minder dan 50) ten opzichte van de overgrote meerderheid Bèta-gebouwen.

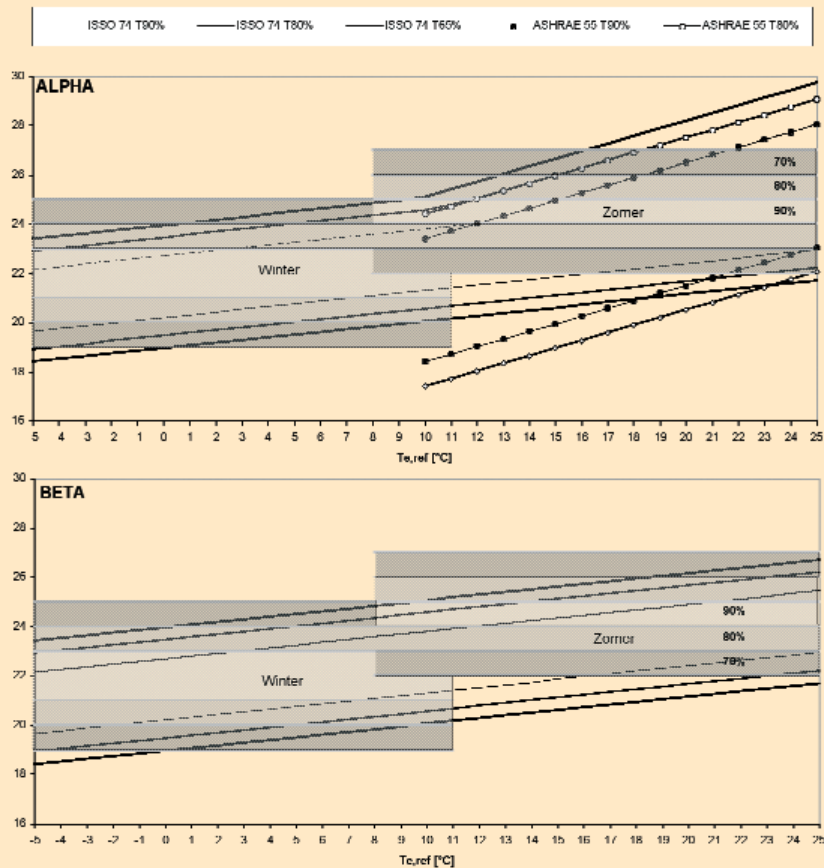
De Amerikaanse norm ASHRAE Standard 55 introduceert een Adaptive

Comfort Standard (ACS) voor natuurlijk geventileerde gebouwen. Deze ACS geldt als optionele methode en gaat uit van maandgemiddelde temperaturen [13]. Er wordt in de herziene Standard 55 geen model opgenomen voor gebouwen met hybride ventilatie of met volledige conditionering. De herziene ISO 7730 introduceert in ieder geval geen enkel adaptief model maar staat toe dat in de zomer het thermische binnenmilieu in natuurlijk geventileerde gebouwen met een hoge mate van individuele regelbaarheid binnen de grenzen van klasse C valt [7].

De Alpha- en Bèta-modellen uit ISSO-publicatie 74, evenals de ACS uit de herziene ASHRAE Standard 55 en de operationele temperatuurranges uit de herziene ISO 7730 zijn weergegeven in figuur 4. Ter vergelijking zijn Alpha-gebouwen gelijkgesteld aan natuurlijk geventileerde gebouwen [11] en Bèta-gebouwen met volledig geconditioneerde gebouwen [11]. Het blijkt dat bij Alpha-gebouwen sterk wordt afgeweken van de internationale consensus. Zo is de ondergrens die is gesteld aan de operationele temperatuur gelijk aan die voor Bèta-gebouwen, terwijl men hiervoor in ASHRAE Standard 55 ondergrenzen voor natuurlijk geventileerde gebouwen hanteert. Overigens is de ACS enkel toepasbaar tussen 10 en 33 °C. Ook bij Bèta-gebouwen wijkt men af van de internationale consensus door een adaptief model in te voeren voor dit bouwtype. Het onderzoeksrapport van De Dear et al. [11] bevatte een model voor geconditioneerde gebouwen, maar dit is in een later stadium na een langdurig proces van het verkrijgen van consensus volledig geschrapt. Voor beide bouwtypen blijft het PMV/PPD-model internationaal in gebruik. Alleen in de USA komt er voor natuurlijk geventileerde gebouwen een optioneel adaptief model.

Toelichting figuur 4:

De grijze zones geven de 90, 80 en 70 % acceptatie aan voor operationele temperatuur in de winter en de zomer (op basis van 0,5 / 1,0 clo en 1,2 met) volgens de herziene ISO 7730. De Alpha-figuur toont voorts de optionele ACS uit ASHRAE Standard 55, waarvan de ondergrens niet overeenkomstig is met de ondergrens voor Alpha-gebouwen.



Overzicht van temperatuurzones in kantoor situaties voor gebouwtype Alpha en Beta [8] op basis van de totale thermische sensatie.

- FIGUUR 4 -

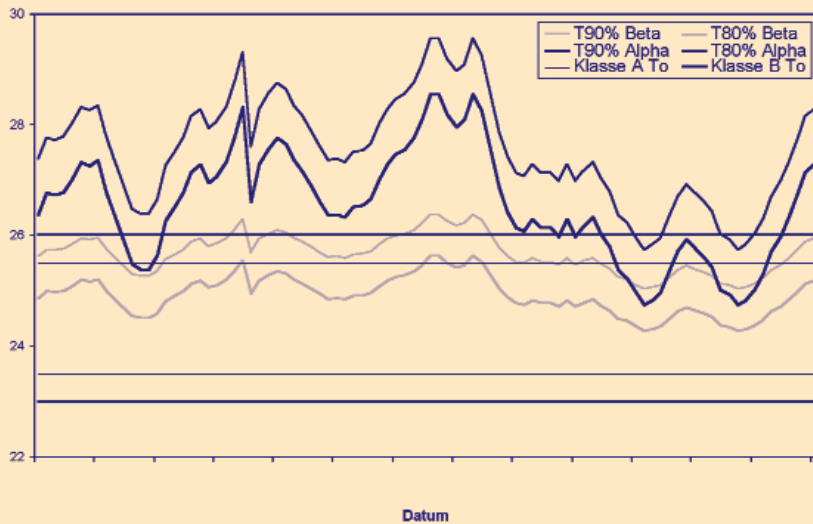
$T_{e,ref} >$	1964	1976	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
10	172	171	194	198	171	171	176	190	173	185	176	190	195	200
11	157	160	175	179	149	154	172	165	162	157	165	171	183	181
12	136	147	155	154	1320	148	161	140	150	128	147	156	168	165
13	125	130	136	127	110	138	134	116	138	107	135	138	148	147
14	99	113	118	98	93	131	104	90	127	85	118	118	123	130
15	79	94	101	77	77	117	83	75	100	67	97	99	108	103
16	57	68	86	57	63	105	51	60	83	49	76	67	87	76
17	34	59	65	40	44	76	30	49	57	34	65	36	62	49
18	21	52	47	27	32	49	9	40	52	20	47	20	45	24
19	11	42	30	18	21	27	4	35	42	9	28	12	24	14
20	6	23	10	12	13	11	2	27	35	5	23	9	17	5
21	4	20	5	4	6	5	1	19	21	2	13	5	11	2
22	1	10	3	2	4	1	0	17	14	2	7	2	4	2
23	0	7	0	2	2	0	0	9	6	1	4	0	0	2
24	0	6	0	1	0	0	0	3	3	0	1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cumulatieve verdeling van de $T_{e,ref}$ in 1964, 1976 en 1989 - 2000 [8]

- TABEL 3 -

Bij de ATG-methode begint het onderscheid tussen Alpha- en Beta-gebouwen een rol te spelen indien de gewogen gemiddelde buitentemperatuur hoger is dan 10-12 °C. In Nederland geldt dit van mei tot en met september, uitgaande van de langjarig gemiddelde temperaturen [16]. In Nederland zal de gewogen gemiddelde buitentemperatuur in de zomer amper 23 - 25 °C overschrijden, zoals blijkt uit Tabel 3. Het is niet nodig dat het toepassingsgebied van de ATG-methode voor Nederland verder gaat dan 25 °C. Er wordt met de figuren 2 en 3 uit ISSO-publicatie 74 de indruk gewekt dat deze hoge temperaturen wel voorkomen. De zelf geregistreerde $T_{e,ref}$, getoond in figuur 3, is op enkele dagen hoger dan 25 °C maar dit betreft onofficiële data. Het zelf meten van deze parameter is niet toegestaan volgens ISSO-publicatie 74.

In perioden wanneer de gemiddelde etmaalttemperatuur tussen 12 °C en 28 °C is, verschillen de uitkomsten van het PMV/PPD en het adaptieve model voor natuurlijk geventileerde gebouwen van De Dear en Brager [13] minder dan 1K. De Dear en Brager



De figuur toont de op basis van de Eindhoven gemeten $T_{e,ref}$ berekende neutrale en operatieve temperaturen voor 90 en 80 % tevreden voor type Alpha en Beta gebouwen, en de operatieve temperaturen voor klasse A en B volgens de herziene ISO 7730.

- FIGUUR 5-

[13] vonden dat indien de buitentemperatuur boven $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ rees, operatieve temperaturen in natuurlijk geconditioneerde gebouwen regelmatig tot onacceptabele hoogte (rond $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) kwamen. Terwijl de neutrale temperaturen voor deze gebouwen berekend waren op $26 - 27\text{ }^{\circ}\text{C}$, blijkt dat deze niet in staat zijn om gedurende een groot deel van de dag thermisch comfort te bieden.

Bij gewogen gemiddelde buitentemperaturen tussen 23 en $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ zijn comforttemperaturen in Alpha-gebouwen 1 tot $1,5\text{K}$ hoger dan in Beta-gebouwen. In augustus 2003 werd dit verschil op maar liefst 14 dagen in De Bilt en 26 dagen in Vlissingen gehaald, waardoor in warme zomers de verschillen tussen Alpha en Beta gebouwen dus wel degelijk groter kunnen zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat de zee van invloed is op de grootte van de gewogen gemiddelde buitentemperatuur, getuige de warme nachten in Zeeland. De in figuur 3 weergegeven gewogen gemiddelde buitentemperatuur voor Eindhoven is wellicht zo hoog vanwege hogere nachttemperaturen in stedelijke omgevingen. Afgevraagd moet worden of bij de ATG-methode het verantwoord is met de gebruikelijke meteorologische temperatuurdata te rekenen en of de nachttemperatuur wel zo zwaar moet meetellen bij het bepalen van de gewogen gemiddelde buitentemperatuur.

De invoering van de ATG-methode kan de mogelijkheid bieden om zowel

energiegebruik als comfort te optimaliseren. Grootchalig gebruik van koeling kan immers leiden tot de ontwikkeling van een koelbehoefte onder de gebouwgebruikers, die een lagere temperatuur verwachten dan strikt noodzakelijk is voor goed thermisch comfort [11]. Simulaties door Hensen en Centnerova [17] voor zowel Nederland als Tsjechië, op basis van 90 % tevreden, toonden dat een adaptief model niet per se hoeft te leiden tot een verminderd energiegebruik. Hoewel natuurlijk geventileerde gebouwen een verminderd energiegebruik van 10 % toonden, waren in de winter de binnentemperaturen vaak onrealistisch laag. Voor geconditioneerde gebouwen werd zelfs een verhoging in energiegebruik van 10 % berekend.

In heel warme zomers, zoals 2003, zijn de grootste energiebesparingen mogelijk. Tot de warmste zomers van de afgelopen vijf eeuwen behoren vijf zomers van de afgelopen vijftien jaar [16]. Voor de ATG-simulaties wordt dan ook aanbevolen met het referentiejaar 1995 te rekenen [8]. Figuur 5 toont de neutrale temperaturen voor Alpha- en Beta-gebouwen op basis van de in Eindhoven gemeten $T_{e,ref}$. De operatieve temperaturen voor 90 en 80 % tevreden in Beta-gebouwen stijgen ondanks de warme zomer niet boven de grens van $25,5$ en $26,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, die gesteld is in de herziene ISO 7730 voor 90 en 80 % tevreden gebouwgebruikers. De neutrale temperatuur voor Beta-gebouwen is lager dan de

optimumtemperatuur; zelfs op de warmste dagen. Dit zou er juist op kunnen duiden dat voor type Beta-gebouwen meer koeling nodig is in de zomer, omdat de met de ATG-methode gevonden temperaturen lager zijn dan die gesteld zijn in ISO 7730. Voor type Alpha-gebouwen liggen de berekende binnentemperaturen dagelijks hoger dan $25,5$ en $26,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en wel met gemiddeld $1,5\text{K}$, met een maximum van $3,5\text{K}$. Deze toegestane verhoging van de binnentemperatuur kan leiden tot een lager energiegebruik voor koeling, indien het Alpha-gebouw daarover beschikt. De grootste stijgingen vinden plaats op warme dagen, die in Nederland echter gering in aantal zijn zoals blijkt uit tabel 3.

CONCLUSIE

De invoering van een adaptieve temperatuurgrenswaarde indicator (ATG) in ISSO-publicatie 74 is de opmerkelijkste vernieuwing op het gebied van normering en richtlijnen inzake thermisch comfort. De methode is bedoeld als vervanger van het PMV/PPD-model. Dit PMV/PPD-model kan worden toegepast in diverse bouwtypen. De ATG-methode maakt onderscheid tussen gebouwen met een hoge (Alpha) en lage graad (Beta) van persoonlijke beïnvloedingsmogelijkheid. Deze methode wijkt hiermee af van de modellen voor natuurlijk geventileerde en volledig geconditioneerde kantoorgebouwen door De Dear et al. [11], en een aangepaste variant voor natuurlijk geventileerde kantoorgebouwen, die na een langdurig proces van het bereiken van internationale consensus zal worden opgenomen als optionele methode in ASHRAE Standard 55 [13]. De modellen zijn ontwikkeld voor zittende activiteit in kantoren en zijn gebaseerd op maandgemiddelde temperaturen. Het toepassingsgebied van de ATG-methode bestrijkt ook werkplekken (laboratoria, spoelkeuken) en is daarom niet in overeenkomst met De Dear en Brager.

De ATG-methode gaat dus veel verder dan de invoering van adaptieve modellen in internationale normen. De nieuwe richtlijn voor Nederland wijkt af van de internationale consensus in bijvoorbeeld ISO 7730 en ASHRAE 55.

Het toepassingsgebied van de ATG-methode wijkt af van De Dear en

Brager ten opzichte van de invoerparameter 'gewogen gemiddelde buiten-temperatuur' en de range van -5 tot 30 °C. Deze parameter komt in Nederland niet boven 25 °C uit. Verschillen tussen binnentemperaturen in Alpha- en Beta-gebouwen treden op van mei tot en met september.

Bij het evalueren van gebouwen zijn locale weersgegevens voor het bepalen van de gewogen gemiddelde binnentemperaturen gewenst. Officiële gegevens zijn vaak afkomstig van stations buiten de gebouwde omgeving en wijken af van de buitentemperaturen waaraan mensen werkelijk blootgesteld staan.

De relevantie van de ATG-methode is überhaupt beperkt gezien het kleine aantal Alpha-kantoren in ons land dat verwaarloosbaar is ten opzichte van het aantal Beta-gebouwen.

Het blijft de vraag waarom een geheel nieuwe methodologie wordt geïntroduceerd voor een relatief klein aantal kantoorgebouwen en niet van toepassing is voor andersoortige gebouwen. Die slechts relevant is in een beperkt deel van het jaar, en waarbij de invoering op verschillende punten afwijkt van de internationale consensus op dit gebied.

Een nog relevantere vraag is wellicht waarom we in Nederland geen aansluiting zoeken bij de herziene ISO 7730 [7], die de Europese norm op dit gebied is. 

REFERENTIES

1. Fanger PO, *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1972
2. ASHRAE 55, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineering, Atlanta, 1992
3. ISO 7730, *Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*, International Standard Organisation, Geneva, 1994
4. CR 1752, *Ventilation for buildings - Design criteria for the indoor environment*, CEN, Brussel, 1998
5. Boerstra AC (editor), *Arbo themacahier 8 Binnenmilieu*, Sdu Uitgevers, 's-Gravenhage, 2003
6. *Bouwfysische kwaliteit Rijkshuisvesting, Wettelijke eisen en Rgd-richtlijnen*, VROM Rijksgebouwendienst, 's-Gravenhage, 1999
7. Olesen BW, Parsons KC, *Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730*, Energy and Buildings (2002) 34(6):537-548
8. ISSO-publicatie 74 *Thermische behaaglijkheid - eisen voor de binnentemperatuur in gebouwen*, Stichting ISSO, Rotterdam, 2004
9. Weele AM van, *Nieuwe eisen voor de binnentemperatuur, Adaptieve temperatuurgrenswaarden*, Verwarming en Ventilatie (2004) 61(7-8): 552-555
10. Hensen JLM, *Literature review on thermal comfort in transient conditions*, Building and Environment (1990) 25(4):309-316
11. Dear RJ de, Brager GS, Cooper D, *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*, Final Report ASHRAE RP- 884, 1997
12. Dear RJ de, Brager GS, *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*, ASHRAE Transactions (1998) 104(1A):145-167
13. Dear RJ de, Brager GS, *Thermal comfort in naturally ventilated buildings. revisions to ASHRAE Standard 55*, Energy and Buildings (2002) 34(6):549-561
14. Humphreys MA, Nicol JF, *The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments*, Energy and Buildings (2002) 34(6): 667-684
15. Fanger PO, Toftum J, *Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates*, Energy and Buildings (2002) 34(6): 533-536
16. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, , 2004
17. Hensen JLM, Centnerova L, *Energy simulation of traditional vs. adaptive thermal comfort for two moderate climate regions*, In: Nicol JF (editor), *Proceedings Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century*, 5-8 April 2001, Windsor, pp 78-91

Boekbespreking

RHEVA HANDLEIDING NR 1:

VERDRINGINGS- VENTILATIE IN NIET-INDUSTRIËLE TOEPASSINGEN

ISBN 90-5044-110-6

Uitgegeven als publicatie 900 door ATIC (de Belgische zusterorganisatie van TVVL), ISSO en TVVL, een in het Nederlands vertaalde handleiding van Rheva Guidebook No 1: "Displacement ventilation in non-industrial premises".

In dit ca. 100 pagina's tellende boekwerk wordt op een overzichtelijke manier met een veel-vuldig gebruik van duidelijke figuren in kleur de huidige kennis van verdringingsventilatie weergegeven. Beantwoording van de volgende vragen komt erin aan de orde:

- wat zijn de voordelen van verdringingsventilatie in niet-industriële toepassingen;
- wat zijn de beperkingen;
- wanneer zou verdringingsventilatie moeten worden toegepast en wanneer niet.

Daarbij zijn ontwerpvoorbeelden voor veel voorkomende bouwtypen opgenomen. De handleiding is vooral van belang voor ontwerpende installateurs en adviseurs.

Hoewel men in principe is uitgegaan van het gebruik van de eenheden volgens het SI-stelsel is er een uitzondering gemaakt voor lucht volumestroom. Die worden namelijk uitgedrukt in l/s in plaats van in m³/s, wat als een minpunt kan worden opgemerkt, omdat daardoor gemakkelijker fouten kunnen worden gemaakt. Dit kan het beste worden toegelicht aan de hand van een paar voorbeelden.

Zo wordt het oppervlak van een toevoerrooster aangeduid met A_v in m², de toevoerluchtvolumestroom met q_v in l/s en de snelheid in de toevoeropening met v_v in m/s. Met het gebruik van de liter als niet-SI-eenheid levert de daarbij vermelde formule $v_v = q_v/A_v$ een getalwaarde op die een factor 1000 te klein is. Bij het weergeven van de volumestroom in de SI-eenheid m³/s kan dit niet gebeuren. Een ander voorbeeld is de berekening van de temperatuuroename bij een warmte-toevoer van Q (in W) en een luchtdebiet van q (in l/s i.p.v. m³/s) volgens de formule:

(met t_e en t_s als de temperatuur in °C van respectievelijk de afzuiglucht en de toevoerlucht, c_p als de soortelijke warmte en ρ als de dichtheid van de lucht in kg/m³). Zou men hierin c_p volgens de opgenomen symbolenlijst in de SI-eenheid J/(kg.K) weergeven dan levert dat eveneens een getalwaarde op die een factor 1000 te klein is. Men heeft dat voorkomen door c_p in het opgenomen numerieke voorbeeld in kJ/(kg.K) weer te geven in plaats van in J/(kg.K). Het resultaat is dat dan wel het goede antwoord wordt gevonden maar het blijft via een kunst-greep.

Verder is het gebruik van verschillende benamingen voor hetzelfde begrip niet duidelijk. In de tekst wordt een "luchtvolumestroom" of "luchtdebiet" namelijk ook aangeduid met "luchtvoelheid", "luchtvolume" (wat toch heel iets anders is) en "ventilatiestroomsnelheid".

Ir. K. te Velde