

1/26/84

Rapportnummer: 84.11.K.



adres Stieltjesweg 1
2628 CK Delft
postadres Postbus 155
2600 AD Delft
telefoon 015-788020
telex 38091

Bibl. Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage
25 JULI 1984

Handberekeningsmethode ten behoeve van de bepaling
van het energiegebruik voor verwarming in woningen.

door: ir. H.A.L. van Dijk
ir. H.J. Nicolaas

Lezing in het kader van de PATO-leergang:
"Beperking van het energiegebruik in woningen,
van curatie naar preventie".
20 en 21 februari 1984

TECHNISCH FYSISCH DIENST
TNO-THD
DELFT

1. INLEIDING

Door de Technisch Physische Dienst INO-TH is een eenvoudig hanteerbare rekenmethode ontwikkeld om met de hand de warmtebehoefte van een woning te bepalen. Deze methode is een verdere uitdieping van de resultaten van het onderzoek "Het weren en benutten van zonnewarmte door raamsystemen" dat wij in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer hebben uitgevoerd.

In genoemd onderzoek werd de nadruk gelegd op het ontwikkelen van een methode waarmee voor elk willekeurig raamsysteem, met de nadruk op systemen van wisselende samenstelling (zonwering, gordijnen etc.), op betrekkelijk eenvoudige wijze de netto warmte-opbrengst gedurende een gemiddeld stookseizoen bepaald kan worden.

Deze handberekeningsmethode is afgeleid uit een vergelijking van de uitkomsten van een stationaire methode zonder het dynamische gedrag van de woning daarin te betrekken, met die van een dynamische methode, waarbij het dynamische gedrag wel wordt meegenomen. Het bleek mogelijk te zijn om de stationaire berekening op basis van slechts enkele grootheden zodanig te corrigeren dat voor zeer uiteenlopende in de praktijk voorkomende situaties de uitkomsten met vrij grote nauwkeurigheid overeenkomen met de uitkomsten van dynamische berekeningen. Zowel bij de stationaire als uiteraard bij de dynamische berekeningen worden de schakeling van de zonwering en nachtelijke isolatie van de raamsystemen onder invloed van de zonnestraling en van het bewonersgedrag en de gewenste thermische binnencondities meegenomen. Hiertoe dienen dan ook bepaalde uitgangspunten gekozen te worden.

De hantering van deze rekenmethode is uiteraard gebonden aan de randvoorwaarden die door deze uitgangspunten worden aangegeven.

2. DE WARMTEHUISHOUDING VAN WONINGEN

2.1 Inleiding

Het energieverbruik voor verwarming van woningen en gebouwen wordt enerzijds bepaald door het warmteverlies door transmissie via de buitenomhulling en door ventilatie, anderzijds door de warmtewinst van zontoetreding door de ramen en van interne warmteproductie (personen, verlichting, apparaten). Vervolgens speelt het rendement van de verwarmingsinstallatie een rol. Achtereenvolgens zullen de verschillende elementen uit deze warmtebalans worden behandeld.

Dynamische effecten worden hierbij buiten beschouwing gelaten. Het zal duidelijk zijn dat bij de vergelijking van de aldus berekende warmtestromen met de uitkomsten van dynamische berekeningen juist de dynamische effecten een cruciale rol zullen gaan spelen: in werkelijkheid zal door het warmte-accumulerend vermogen van de wanden en vloeren, de vertrekluchttemperatuur bij toepassing van nachtverlaging niet sprongsgewijs dalen naar de temperatuur die met de thermostaat is ingesteld. Afhankelijk van de massa van de woning en van het isolatieniveau zal hier enige tijd mee gemoeid zijn. Ook kan overdag door een grote zontoetreding of interne warmteproductie de vertrekluchttemperatuur tot hogere waarden stijgen dan bij de stationaire berekening wordt aangenomen. Ook de lengte van het stookseizoen wordt hierdoor beïnvloed.

Deze effecten worden in hoofdstuk 3 beschouwd wanneer de stationaire warmtestromen worden vergeleken met de uitkomsten van dynamische berekeningen.

2.2 Bruto warmtestromen door het raam

Het raamsysteem, waaronder verstaan wordt de combinatie van beglazing, zonwering en isolatieschermen, neemt een gedeelte van de verliesposten (transmissie) en een gedeelte van de winstposten (zontoetreding) van de beschouwde woning of het vertrek voor zijn rekening.

Het warmteverlies per m^2 raamsysteem en per graad temperatuurverschil binnen-buiten wordt aangegeven door de warmtedoorgangscoefficiënt of k-waarde

$$k = \frac{\text{warmtestroomdichtheid door het raamsysteem}}{\text{verschil tussen binnen- en buitentemperatuur}} \quad (W/m^2K)$$

In de normale k-waarde is het effect van de zonbestraling niet begrepen. Dit laatstgenoemde effect wordt beschreven door de zogenaamde zontoetredingsfactor ZTA, die als volgt is gedefinieerd

$$ZTA = \frac{\text{door het raamsysteem binnenkomende zonne-energie}}{\text{van buiten op het raamsysteem vallende zonne-energie}}$$

De warmtetransmissie (q_{tr}) door een raamsysteem kan dus op elk moment worden beschreven met behulp van de buitentemperatuur (T_e), de vertrektemperatuur (T_i) en de eigenschappen van het betreffende raamsysteem (k-waarde):

$$q_{tr} = k \cdot (T_i - T_e) \quad (W/m^2) \quad (1)$$

De zontoetreding (q_{toe}) wordt beschreven met behulp van de hoeveelheid opvallende zonnestraling (q_z) en de raamsysteemeigenschappen (ZTA-waarde):

$$q_{toe} = ZTA \cdot q_z \quad (W/m^2) \quad (2)$$

Welke getallen op een bepaald moment in (1) en (2) ingevuld moeten worden hangt af van de instelling van de binnentemperatuur (T_i), van het gegeven buitenklimaat (T_e , q_z per oriëntatie) en van het raamsysteem dat op dat moment in functie is (met/zonder zonwering, met/zonder gordijnen e.d.*).

De binnentemperatuur hangt af van de wijze van regeling van de installatie. Indien we uitgaan van een eigen thermostatische regeling voor de betreffende ruimte, dan is de instelling van de thermostaat bepalend voor T_i .

De hoeveelheid zonnestraling en de buitentemperatuur kunnen uit gegevens van het KNMI afgeleid worden, b.v. voor een gemiddeld stookseizoen.

Teneinde de wijze van bediening van de thermostaat, zonwering en isolatieschermen in rekening te brengen is een in dagperioden ingedeeld gemiddeld stookseizoen geconstrueerd, op basis van uurlijkse KNMI-gegevens van het station De Bilt voor alle dagen in het stookseizoen van oktober 1964 tot mei 1965. De betreffende meteo-databanden van het KNMI zijn, voorzien van een omrekening van zonnestraling op een horizontaal vlak naar die op verticale vlakken, bij de IPD in gebruik als gemiddeld stookseizoen bij dynamische berekeningen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de uitgangspunten die werden gehanteerd bij de indeling in dagperioden, alsmede voor elke dagperiode en voor 12 oriëntaties het aantal uren dat deze dagperiode (j) gesignaleerd is gedurende het beschouwde seizoen (hj), de gemiddelde buitentemperatuur (T_{ej}) en de gemiddelde opvallende zonnestraling q_{zj} .

De gekozen uitgangspunten zijn gebaseerd op een veel voorkomende situatie in woningen.

Met behulp van deze gegevens kan het bruto warmteverlies en de bruto warmtewinst door een raam voor een gemiddeld stookseizoen eenvoudig worden berekend door de betreffende warmtestromen volgens (1) en (2) voor elke van de vier dagperioden afzonderlijk te bepalen en te vermenigvuldigen met het betreffende aantal uren (hj) voor die periode:

Bruto Warmte Transmissie:

$$BWT = k_1 \cdot h_1 (T_i - \bar{T}_e)_1 + \dots + k_4 \cdot h_4 (T_i - \bar{T}_e)_4 \quad (\text{Wh/m}^2) \quad (3)$$

Bruto Zon Toetreding:

$$BZT = ZTA_1 \cdot h_1 \cdot Q_{z1} + \dots + ZTA_4 \cdot h_4 \cdot Q_{z4} \quad (\text{Wh/m}^2) \quad (4)$$

De index 1, 2, 3, 4 slaat hierbij dus op de onderscheiden dagperioden (zie tabel 1. De warmtestromen gelden steeds voor 1 m² oppervlakte.

Men merke op dat voor deze stationaire berekeningen de volgende aan-namen impliciet zijn verwerkt:

- alle dagen van de periode 1 oktober t/m 30 april worden zonder onderscheid meegenomen bij de bepaling van BWT en BZI;
- de minimum binnentemperatuur is ook metterdaad steeds de heersende temperatuur;
- de oppervlaktetemperatuur van de wanden is gelijk aan de vertrek-luchttemperatuur.

2.3 Bruto warmtestromen door de niet-transparante buitenomhulling

Bij berekenen van de bruto-warmtestroom door de niet-transparante buitenomhulling (buitenwanden en dak zonder glas) wordt de zontoe-treding hier verwaarloosd. De bruto warmtetransmissie door de buiten-wanden en het dak kan op overeenkomstige wijze als bij de raamsystemen worden gedefinieerd door de BWT over alle uren van het stookseizoen.

$$BWT = k \cdot \{h_1 (T_i - \bar{T}_{e1}) + \dots + h_4 (T_i - \bar{T}_{e4})\} \quad (\text{Wh/m}^2) \quad (5)$$

2.4 Het warmteverlies door ventilatie

In de stationaire berekeningsmethode kan het warmteverlies door venti-latie op gelijke wijze worden bepaald als het transmissie warmtever-lies door de niet-transparante buitenomhulling:

$$BWV = 0,336 \cdot \{V_1 \cdot h_1 (T_i - \bar{T}_{e1}) + \dots + V_4 \cdot h_4 (T_i - \bar{T}_{e4})\} \quad (\text{Wh/m}^2) \quad (6)$$

waarin V het aantal m³ lucht voorstelt waarmee het vertrek of de woning met onbehandelde buitenlucht in één uur wordt geventileerd.*

In de factor 0,336 zit de warmtecapaciteit van de op te warmen lucht besloten.

* de verdeling in de dagperioden hoeft hier niet persé parallel te lopen aan de dagindeling van tabel 1.

2.5 De interne warmteproduktie

De warmteproduktie door interne bronnen als personen, verlichting, koken en huishoudelijke apparaten levert een positieve bijdrage aan de warmtehuishouding van de woning in het stookseizoen. Deze warmteproduktie (IW) kan, voor zover zij de woning ten goede komt en niet direct weer verdwijnt (riool, plaatselijke afzuiging), zonder meer bij de stationaire berekening van de warmtebehoefte worden ingevoerd:

$$IW = h_1 \cdot \bar{q}_{I1} + \dots + h_4 \cdot \bar{q}_{I4} \quad (Wh) \quad (7)$$

waarin $\bar{q}_I$ de in het betreffende dagperiode* gemiddelde interne warmteproduktie (W).

2.6 Warmtebalans

Nu de verschillende elementen van de warmtebalans over een heel stookseizoen bekend zijn zou de laatste ontbrekende term, de door de stookinstallatie te dekken warmtebehoefte, kunnen worden bepaald door eenvoudig het verschil te nemen tussen alle uitgaande en binnenkomende warmtestromen. Maar zoals reeds eerder beschreven wordt de te berekenen warmtebehoefte beïnvloed door het dynamische karakter van de warmtehuishouding zodat in dit hoofdstuk volstaan zal worden met het bijeengaren van alle uitgaande en alle binnenkomende warmtestromen.

Gedefinieerd worden:

Q_{uit} = totaal bruto transmissieverlies door de buitenomhulling en de ramen + bruto warmteverlies door ventilatie.

Q_{in} = totale bruto zontoetreding door de ramen + interne warmteproduktie.

In formulevorm:

$$\begin{aligned} Q_{uit} &= A_{r1} \cdot BWT_{r1} + A_{r2} \cdot BWT_{r2} + \dots \text{ (transm.raam)} \\ &+ A_c \cdot BWT_c \quad \text{ (transm. overige)} \quad (8) \\ &+ BWV \quad \text{ (ventilatie)} \end{aligned}$$

* de verdeling in de dagperioden hoeft hier niet persé parallel te lopen aan de dagindeling van tabel 1.

$$Q_{in} = A_{r1} \cdot BZT_{r1} + A_{r2} \cdot BZT_{r2} + \dots \text{ (zontoetreding ramen)}$$

$$+ IW \quad \quad \quad \text{(interne warmte)} \quad (9)$$

waarin:

$A_{r1}, A_{r2}, \dots$: verschillende* raamoppervlakken (m^2), met bruto warmtetransmissie $BWT_{r1}, BWT_{r2}, \dots$ berekend volgens (3), bruto zontoetreding $BZT_{r1}, BZT_{r2}, \dots$ berekend volgens (4);

A_c : totaal oppervlak van de gehele niet-transparante buitenomhulling (m^2), met gemiddelde k-waarde = k_c , waaruit bruto warmtetransmissie BWT_c berekend volgens (5);

BWV : bruto warmteverlies door ventilatie, berekend volgens (6);

IW : interne warmteproductie volgens (7).

* oriëntatie-afhankelijk!

3. VERGELIJKING STATIONAIRE EN DYNAMISCHE BEREKENINGEN; ONTWIKKELING VAN EEN HANDBEREKENINGSMETHODE VOOR DE BEPALING VAN DE WARMTEBEHOEFTE

De verschillende elementen uit de warmtebalans van de woning of het beschouwde vertrek kunnen nu worden berekend.

Er is echter één element waarmee in reële situaties nog rekening moet worden gehouden: door de accumulatie van warmte in de gebouwmassa is bij nachtverlaging de gemiddelde vertrektemperatuur 's nachts dikwijls veel hoger dan de ingestelde thermostaatstand waarmee hierboven gerekend is. Daartegenover staat, dat juist bij geringe gebouwmassa de temperatuur overdag dikwijls ver boven de thermostaatinstelling uit kan stijgen. Dit is het geval b.v. wanneer de binnenkomende zonnewarmte de warmteverliezen van het gebouw overtreft (figuur 1). Dit laatste betekent in feite dat het stookseizoen in de praktijk dikwijls korter zal zijn dan de periode oktober tot mei waarmee de bruto warmtestromen werden berekend. Hoeveel korter zal globaal gesproken afhangen van de verhouding tussen de hoeveelheden warmte die de woning verlaten en de hoeveelheid warmte die aan de woning ten goede komt ten gevolge van interne warmteproductie en zoninstraling, dus van Q_{in}/Q_{uit} .

Om de reële warmtebehoefte te krijgen, moet hiervoor dan ook een correctie aangebracht worden op de bruto warmtestromen.

Hiertoe werden de hierboven beschreven bruto warmtestromen uitgebreid vergeleken met de uitkomsten van computerberekeningen waarbij het reële thermische gedrag van gebouwen uurlijks berekend kan worden.

Hiermede is nu een eenvoudige berekeningsmethode gecreëerd waarmee met de hand de warmtebehoefte kan worden berekend uit de volgens hoofdstuk 2 berekende stationaire warmtestromen plus twee correctiefactoren voor het in rekening brengen van het dynamische karakter van de warmtehuishouding:

$$WB = a \cdot Q_{uit} - b \cdot Q_{in} \text{ (kWh/jaar)}$$

De waarden voor de correctiefactoren a en b zijn te vinden in tabel 2. Tenlotte kan nog een duidelijk voordeel van de benadering volgens (11) en (12) worden geschetst: vergelijking (12) kan ook worden gezien als een optelling van de afzonderlijke warmtestromen zoals ventilatie, transmissie door ramen, idem door overige constructies, zontoetreding door ramen en interne warmteproductie, elk vermenigvuldigd met de bijbehorende weegfactor a of b. Zo geldt nu b.v. voor de netto warmteopbrengst (NWO) door één m² van een bepaald raam:

$$NWO = -(a \cdot BWT - b \cdot BZT) \quad (\text{kWh/m}^2 \text{ jaar}) \quad (10)$$

4. HET GEBRUIK VAN DE METHODE VOOR HET BEREKENEN VAN HET ENERGIEVERBRUIK VOOR DE VERWARMING BIJ EENGEZINSWONINGEN

4.1 Beschrijving van de methode

In het voorgaande hoofdstuk is aangetoond dat de warmtebehoefte van een eengezins- of flatwoning eenvoudig met de hand kan worden berekend met de vergelijking $WB = a \cdot Q_{uit} - b \cdot Q_{in}$, gebruik makend van de tabellen 1 en 2. Het dynamische gedrag van de woning, de zoninstraling, de interne warmteproductie en het bewonersgedrag zijn in deze methode betrokken. De condities waarbij geschakeld wordt met eventuele zonwering en/of gordijnen en de uren waarover eventuele nachtverlaging wordt ingesteld zijn hiertoe vastgelegd in een dagindeling die is toegespitst op woningen. Deze dagindeling is in tabel 1 gegeven en behelst globaal:

- dagperiode m.b.t. thermostaat van 07.00 uur tot 23.00 uur;
- nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur;
- eventuele zonwering neer als de opvallende hoeveelheid zonnestraling hoger is dan 300 W/m^2 op de beschouwde gevel;
- eventuele nachtelijke isolatie (b.v. luiken, gordijnen, zonwering met gesloten lamellen) gesloten tussen zonsondergang, tot 07.00 uur.

NB: de keuze van raamtype, zonwering, gordijnen of luiken, evenals de hoogte van de ingestelde binnentemperatuur is hierbij dus nog vrij!

Daar de coëfficiënten a en b alleen afhankelijk zijn van de gebouw-massa en de nachtverlaging en niet van de overige specifieke woning-kenmerken, kunnen voor elk onderdeel van de woning ook desgewenst apart de bruto warmtestromen bepaald worden, waarbij het netto effect voor het gehele stookseizoen gelijk is aan het met de coëfficiënten a en b gewogen verschil tussen de bruto uitgaande en de bruto binnenkomende totale hoeveelheid warmte.

De voornaamste beperking in deze rekenmethode zijn:

- de berekening is alleen geldig voor de hierboven geschetste dagindeling
- de resultaten gelden voor een klimatologisch gemiddeld jaar
- de correctiefactoren a en b gelden niet meer als t.g.v. zoninstraling de warmtebehoefte van de woning tot minimale proporties is teruggebracht

- bij stijging van de vertrektemperatuur boven de met de thermostaat ingestelde waarde wordt niet extra met buitenlucht geventileerd door bijvoorbeeld de ramen te openen.
- voor andere dan de hier aangegeven condities is overigens de rekenmethode op zich nog geldig, alleen de daarbij behorende waarden voor de correctiefactoren a en b zijn onbekend.

Nog enkele opmerkingen:

- NB 1. Interpolaties tussen de situaties zonder en met nachtverlaging, voor met een kortere periode nachtverlaging en/of met een nachtverlaging op een hogere temperatuur dan 15 °C zijn globaal mogelijk. Voor situaties met een ingestelde nachtverlaging lager dan 15 °C moet in de berekening nachtverlaging op 15 °C worden genomen.
- NB 2. Een ingestelde nachtverlaging lager dan 15 °C zal in de praktijk doorgaans hetzelfde warmteverbruik per stookseizoen opleveren als een nachtverlaging tot 15 °C omdat deze ondergrens doorgaans vrijwel nooit bereikt wordt. Door ook in het eerdergenoemde geval bij de berekening 15 °C aan te houden wordt bereikt dat ook de berekende uitkomsten hetzelfde zijn. Dat dus de werkelijke binnentemperatuur 's nachts meestal hoger is, zit reeds verwerkt in de correctiefactoren. Hiervoor moet dus niet dubbel gecorrigeerd worden door bijvoorbeeld een hogere nachttemperatuur in rekening te brengen!
- NB 3. In deze rekenmethode wordt altijd het totaal aantal uren van het seizoen oktober tot mei in rekening gebracht (zie tabel 1 en vergelijking (3) en (4)). Dat in de praktijk de werkelijke lengte van het stookseizoen veelal korter is en afhangt van de verhouding tussen de warmteverliesposten en de warmtebronnen in het betreffende gebouw zit eveneens in de correctiefactoren verwerkt. Ook hiervoor moet dus niet dubbel gecorrigeerd worden door bijvoorbeeld minder uren in rekening te brengen.

5. VOORBEELDEN TOEGESPITST OP RAAMSYSTEMEN

5.1 Netto warmte-opbrengst van 17 raamsystemen

Zoals eerder (3) aangegeven, kan de ontwikkelde rekenmethode ook worden gebruikt om bepaalde elementen afzonderlijk te beschouwen.

Bij wijze van voorbeeld zijn voor een reeks toepasbare raamsystemen de netto warmte-opbrengsten op de hiervoor beschreven wijze bepaald, voor één bepaalde - veel voorkomende - verzameling van op woningen toegespitste condities (zie ook [2]).

De condities waarvoor deze NWO's gelden zijn (vergelijk 4.1):

- in de periode van 07.00 tot 23.00 uur wordt een minimale vertrektemperatuur van 20 °C ingesteld; het vertrek heeft hiertoe een eigen temperatuurregeling of het vertrek heeft een grote mate van warmte-uitwisseling met het vertrek waar zich een centrale thermostaat bevindt*;
- tussen 23.00 en 07.00 wordt nachtverlaging tot 15 °C toegepast;
- de bewoners laten de eventuele zonwering neer, indien de intensiteit van de opvallende zonnestraling groter is dan 300 W/m² op het betreffende vlak;
- eventuele gordijnen en/of luiken worden gesloten tussen zonsondergang.

De gegeven uitkomsten gelden niet voor houtskeletbouw.

Tevens zijn de netto-warmte-opbrengsten van een ongeïsoleerde en geïsoleerde spouwmuur bepaald. De zontoetreding is daarbij verwaarloosd. Indien de NWO van een bepaald raamsysteem groter (minder negatief) is dan die van de buitenmuur, dan levert een vergroting van het glasoppervlak onder de gegeven condities immers een energiebesparing op.

In figuur 2 zijn de resultaten gegeven. Deze resultaten zullen worden toegelicht. Binnenkort verschijnt een ISSO-publicatie waarin er tevens aandacht geschonken zal worden aan bijzondere details en de zomersituatie.

* In de praktijk betekent dit dat de resultaten van toepassing zijn
1) voor woonkamers met kamerthermostaat of thermostatische radiatorventielen (TRV), 2) voor kleinere wooneenheden met centrale thermostaat, waar in de verschillende vertrekken ongeveer dezelfde temperatuur heerst (grote uitwisseling) en 3) voor verwarmde overige vertrekken (studeer/slaapkamers) met een onafhankelijke regeling b.v. met TRV's.

DAGPERIODEN	uren met veel opvallende zon			uren met weinig opvallende zon			avond		nacht	
gedefinieerd als: hoeveelheid opvallende zon (Qzon)	> 300 W/m ²			< 300 W/m ²			= 0 (tot 23 u.)		= 0 (23-7 u.)	
aannamen: thermostaat: evt. gordijnen: evt. zonwering:	hoog open neer			hoog open op			hoog dicht niet geschakeld		of hoog of laag = 15 °C dicht niet geschakeld	
Uit KNMI-gegevens volgt dan: (periode 1 oktober 1964 - 1 mei 1965)	gemidd. buiten temp. °C	gemidd. Qzon W/m ²	aantal uren	gemidd. buiten temp. °C	gemidd. Qzon W/m ²	aantal uren	gemidd. buiten temp. °C	aantal uren	gemidd. buiten temp. °C	aantal uren
180° (Zuid)	8,2	516	430	5,9	67	1637	4,3	1325	3,3	1696
210°	8,6	507	376	5,9	71	1691	4,3	1325	3,3	1696
240°	9,7	478	284	5,9	68	1783	4,3	1325	3,3	1696
270° (West)	10,9	425	155	6,0	76	1912	4,3	1325	3,3	1696
300°	12,7	318	61	6,2	68	2006	4,3	1325	3,3	1696
330°	-	-	0	6,4	64	2067	4,3	1325	3,3	1696
360° (Noord)	-	-	0	6,4	61	2067	4,3	1325	3,3	1696
30°	10,5	312	1	6,4	63	2066	4,3	1325	3,3	1696
60°	9,0	381	38	6,4	67	2029	4,3	1325	3,3	1696
90° (Oost)	7,4	452	140	6,3	69	1927	4,3	1325	3,3	1696
120°	7,3	487	282	6,3	65	1785	4,3	1325	3,3	1696
150°	7,4	521	372	6,2	67	1695	4,3	1325	3,3	1696

Stookseizoen = 212 dagen = 5088 uren; etmaal-gemiddelde buitentemperatuur $\bar{T}_e = 4,8$ °C.

Tabel 1: Overzicht van het in dagperioden ingedeeld stookseizoen, waarmee de bediening van thermostaat, zonwering en isolatiescherm in rekening gebracht kan worden; geldig voor woningen.

Tabel 2: Correctiefactoren t.b.v. de eenvoudige berekeningsmethode.
(Zie tekst, Hoofdstuk 3.).

situaties	a	b
1. normale gebouwmassa, nachtverlaging op 15 °C ingesteld	0,87	0,63
2. normale gebouwmassa geen nachtverlaging	0,82	0,63
3. geringe gebouwmassa	0,81	0,52

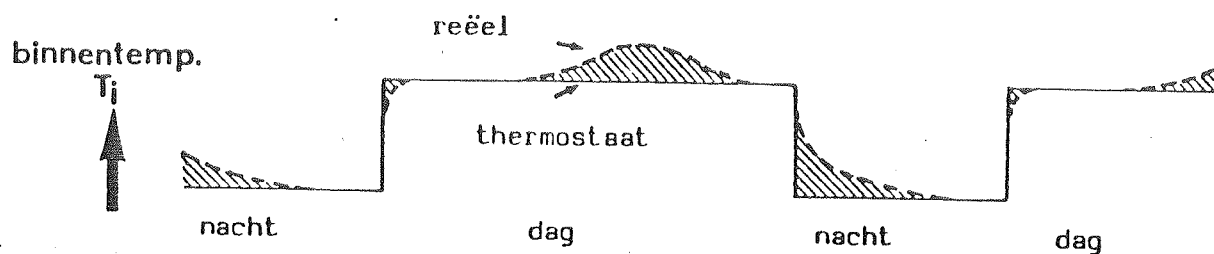


Fig. 1: De gemiddelde vertrektemperatuur kan overdag (zon) en bij nachtverlaging 's nachts dikwijls veel hoger liggen dan de thermostaatinstelling aangeeft. Hierdoor is een correctie nodig op de bruto warmtestromen om de reële Netto Warmte Opbrengst van een raam te krijgen.

RAAMSYSTEEM				NETTO WARMTEOPBRENGST NWO (kWh)										W		ZTA		k-WAARDEN IN W/(m².K)		
TYPE	BEGLAZING	ZONWERING	ISOLATIE	400	300	200	100	0	100	200	300	400	Z	W	ZTA _Z	ZTA _W	k _Z	k _W	k _N	
1	ENKEL BLANK GLAS	GEEN	GEEN			0,07							Z	M	0,80	0,80	5,9	5,9	5,9	
2	ALS 1	JALOEZIEEN, AAN BEIDE ZIJDEN LICHT KLEUR LAMELHOEK 45°	GEEN										Z	V	0,46	0,80	5,6	5,9	5,9	
3	ALS 1	ALS 2	JALOEZIEEN, AAN BEIDE ZIJDEN LICHT KLEUR LAMELHOEK 80°										Z	M	0,46	0,80	5,6	5,9	4,4	
4	ALS 1	JALOEZIEEN ZWART/BLANK (ε = 0,07) LAMELHOEK 45°	JALOEZIEEN ZWART/BLANK (ε = 0,07) LAMELHOEK 80°										Z	V	0,47	0,80	5,9	4,9	3,6	
5	ALS 1	GEEN	GOED SLUITEND NORMAAL GORDIJN										Z	M	0,80	0,80	5,9	5,9	3,8	
6	ALS 1	GEEN	GOED SLUITEND GORDIJN MET AL-COATING AAN BUITENZIJDE (ε = 0,1)										Z	V	0,80	0,80	5,9	5,9	2,4	
7	ALS 1	ALS 4	JALOEZIEEN ALS 4, MET GORDIJN ALS 6, DOCH IN PLOOIEN EN NIET SLUITEND										Z	V	0,47	0,80	4,9	5,9	2,8	
8	ENKEL BLANK GLAS COATING AAN BUITENZIJDE (ε = 0,2)	ALS 4	ALS 7										Z	M	0,50	0,71	3,6	3,3	2,1	
9	ALS 1	REFLECTIE, ABSORPTIE EN DOORLATENDHEID ALS 4	LAMELLEN ALS 4, DOCH MET VERHOOGDE WARMTEWEERSTAND										Z	V	0,47	0,80	4,8	5,9	2,6	
10	DUBBEL BLANK GLAS	GEEN	GEEN										Z	M	0,70	0,70	3,2	3,2	3,2	
11	ALS 10	ALS 2	GEEN										Z	V	0,48	0,70	3,1	3,2	3,2	
12	ALS 10	ALS 4	ALS 6										Z	V	0,49	0,70	2,9	3,2	2,0	
13	DUBBEL BLANK GLAS MET LAGE k-WAARDE	GEEN	GEEN										Z	V	0,66	0,66	1,8	1,8	1,8	
14	DRIEVOUTIG BLANK GLAS	GEEN	GEEN										Z	V	0,57	0,57	2,2	2,2	2,2	
15	ALS 14	ALS 4	ALS 4										Z	V	0,46	0,57	2,0	2,2	1,8	
16	ALS 10	ALS 9	ALS 9										Z	V	0,47	0,70	2,9	3,2	1,9	
17	ALS 10	GEEN	ROLLUIK MET VERHOOGDE WARMTEWEERSTAND										Z	V	0,70	0,70	3,2	3,2	2,1	
18	ONGEISOLEERDE SPOLWUUR	GEEN	CONSTANT k = 1,8 W/m².K										Z	V	-	-	1,8	1,8	1,8	
19	GEISOLEERDE SPOLWUUR	GEEN	CONSTANT k = 0,6 W/m².K										Z	V	-	-	0,6	0,6	0,6	

Fig. 2: De netto warmte-opbrengst NWO van een aantal raamsystemen in woningen voor de oriëntatie zuid, west, oost en noord, alsmede de hierbij gebruikte waarden van de diverse zontoetredingsfactoren en k-waarden; waarden gelden voor de condities zoals in hoofdstuk 5 gegeven. Waarden per m^2 glasoppervlak, per stookseizoen.