

BRANDSTOFVERBRUIK EN GEDRAG VAN VERWARMINGSINSTALLATIES IN WONINGEN EN ANDERE GEBOUWEN

Ing. W. Adam

1. INLEIDING

In deze lezing wordt het brandstofverbruik van woningen en gebouwen behandeld aan de hand van een tweetal in opdracht uitgevoerde onderzoeken aan een aantal gebouwen met een onderling vergelijkbaar gebruikspatroon. In aansluiting daarop zullen enige praktijkervaringen worden meegedeeld van gevallen, waarin een te hoog brandstofverbruik werd geconstateerd.

Het eerste te bespreken onderzoek is uitgevoerd om richtwaarden te vinden, waarmee op een eenvoudige wijze het jaarlijkse brandstofverbruik van dit soort gebouwen geschat zou kunnen worden zonder dat een volledige transmissieberekening wordt gemaakt. Dit hield in dat het brandstofverbruik aan gemakkelijk definieerbare factoren gerelateerd zou moeten worden.

Dit maakte het noodzakelijk om van een groot aantal gebouwen het brandstofverbruik te verzamelen alsmede een aantal gegevens waaraan de verbruiken zouden kunnen worden gerelateerd.

Uit praktische overwegingen werd besloten de gegevens via een enquête te verzamelen en statistisch te verwerken.

Bij het tweede onderzoek waren veel minder gebouwen betrokken. Het doel van dit onderzoek was een schatting te maken van het normale brandstofverbruik van ieder gebouw met behulp van een aangepaste transmissieberekening. Deze gebouwen werden bezocht om ter plaatse een aantal gegevens op te nemen. Naast de schatting van het brandstofgebruik werd ook getracht de invloed van een aantal factoren op het brandstofgebruik te bepalen.

2. VERGELIJKING VAN DE GEBOUWEN ONDERLING

2.1 *Richtwaarden jaarlijks brandstofverbruik*

Aan de beheerders van de gebouwen zijn enquêteformulieren gezonden waarin informatie gevraagd werd betreffende

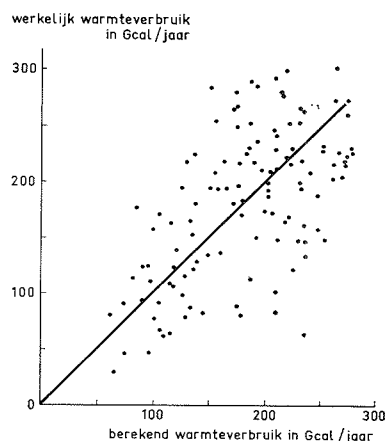


Fig. 1
Het verband tussen het werkelijke en het berekende jaarlijks warmteverbruik

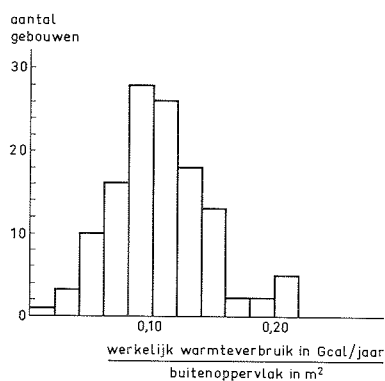


Fig. 2
De frequentieverdeling van het jaarlijks warmteverbruik per eenheid van buitenoppervlak

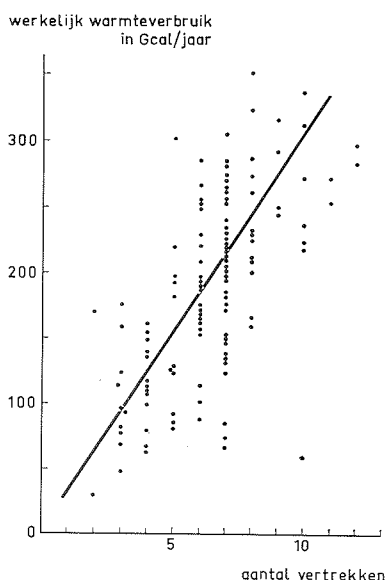


Fig. 3
Het verband tussen het werkelijke jaarlijkse warmteverbruik en het aantal vertrekken

de de constructie, de inrichting en de materialen van het gebouw. Tevens werden gegevens gevraagd over de samenstelling en het gebruik van de verwarmingsinstallatie. Uit de enquêteformulieren is een monster getrokken van 250 stuks. De verkregen gegevens zijn vervolgens statistisch verwerkt, waarbij het warmteverbruik aan diverse factoren is gerelateerd.

2.1.1 Werkelijk en berekend jaarlijks warmteverbruik

Met de gegevens van de enquête is een zeer vereenvoudigde transmissieberekening gemaakt. Hierbij zijn, door het ontbreken van gedetailleerde gegevens betreffende de oriëntatie en ligging van de gebouwen, de ventilatieverliezen buiten beschouwing gelaten.

Bij de berekening van het warmteverbruik werd bij het bepalen van het aantal graaddagen rekening gehouden met de nachtverlaging waarbij een gemiddelde buitentemperatuur van $9,6^{\circ}\text{C}$ overdag en $5,6^{\circ}\text{C}$'s nachts werd aangehouden.

In figuur 1 is het grafisch verband gegeven tussen het werkelijke jaarlijkse warmteverbruik en het berekende jaarlijkse warmteverbruik. De lijn geeft het gemiddelde weer. Uit deze grafiek, waarbij elk punt betrekking heeft op één bepaald gebouw, is te zien dat de waarden een grote spreiding ten opzichte van het gemiddelde vertonen. Een van de oorzaken van de grote spreiding is ongetwijfeld de onnauwkeurigheid van de berekende warmteverbruiken, veroorzaakt door de vereenvoudiging van de transmissieberekening.

Bovendien wordt het werkelijke warmteverbruik beïnvloed door een aantal factoren die niet in de berekening konden worden opgenomen. Deze factoren zijn onder andere: het gebruiksrendement van de ketels, de regeling van de installatie, de behandeling en het onderhoud van de installatie en de grootte van het geïnstalleerd vermogen.

Uitgaande van de enquête zal het brandstofverbruik over een stookseizoen, berekend met behulp van een vereenvoudigde transmissieberekening, in veel gevallen aanmerkelijk afwijken van het werkelijk brandstofverbruik en moet daarom als richtlijn met veel voorzichtigheid worden gehanteerd.

2.1.2 Werkelijk jaarlijks warmteverbruik en gebouweigenschappen

In figuur 2 is het werkelijke brandstofverbruik als functie van het totale buitenoppervlak van het gebouw weergegeven. Onder het totale buitenoppervlak wordt het dakoppervlak, de buitenmuren inclusief ramen en deuren en de vloer van de begane grond gerekend. Gemiddeld wordt per m^2 $0,106$ Gcal/jaar gevonden.

Omdat het gebruiksdoel van de gebouwen gelijk is en daardoor de afmetingen van de vertrekken waarschijnlijk vergelijkbaar zijn werd nagegaan of een richtwaarde kan worden gehanteerd voor het warmteverbruik per vertrek. In figuur 3 is het resultaat weergegeven. Het gemiddelde jaarlijkse warmteverbruik per vertrek is 30 Gcal/jaar.

Ook de relatie tussen het warmteverbruik en het bouwvolume zou een richtwaarde kunnen opleveren. Daarom is in figuur 4 in een histogram het verband weergegeven tussen het brandstofverbruik en het bouwvolume. Gemiddeld bedraagt het jaarlijkse warmteverbruik per m³ 0,0658 Gcal/jaar

2.1.3 Werkelijk jaarlijks warmteverbruik en opgegeven installatievermogen

De genoemde relatie is in de figuren 5 en 6 weergegeven. De gemiddelde waarde bedraagt 1,42 Gcal/jaar per Mcal/h geïnstalleerd vermogen. Het werkelijk jaarlijks warmteverbruik gedeeld door het geïnstalleerd vermogen geeft het aantal stookuren per stookseizoen wanneer verondersteld wordt dat de ketel uitsluitend op vollast in bedrijf is geweest.

In de uitgevoerde berekeningen werd de duur van het stookseizoen gesteld op 280 dagen per jaar of 6720 uur/jaar. Gemiddeld is de installatie $\frac{1420 \times 100}{6720} = 21,2\%$ in

bedrijf geweest. Deze waarde geldt voor het seizoen waarop de gegevens betrekking hebben. Bij ketels met modulerende regeling of met een hoog-laagregeling is het werkelijk aantal bedrijfsuren hoger omdat gedurende een groot gedeelte van het seizoen de installatie op laagstand in bedrijf zal zijn.

2.1.4 Samenvatting

In de relaties, vermeld onder 2.1.1 en 2.1.2 is een tamelijk grote spreiding te verwachten door de reeds genoemde onnauwkeurigheden en doordat sommige gekozen parameters slechts in beperkte mate bepalend zijn voor de warmteverliezen van een gebouw.

Dat echter het werkelijk brandstofverbruik ten opzichte van het installatievermogen een grote spreiding vertoont doet vermoeden dat in vele gevallen het jaarlijkse brandstofverbruik niet alleen wordt bepaald door de warmteverliezen waarop een transmissieberekening en vervolgens de keuze van het installatievermogen zijn gebaseerd, maar dat ook andere factoren van invloed zijn op het brandstofgebruik.

Als mogelijke oorzaken voor de grote spreiding kunnen genoemd worden:

- Het gebruikspatroon van het gebouw. Hoewel van de bij het onderzoek betrokken gebouwen de gebruikspatronen vergelijkbaar zijn kan het afzonderlijke brandstofverbruik afwijken van het gemiddelde door verschillen in ventilatie.

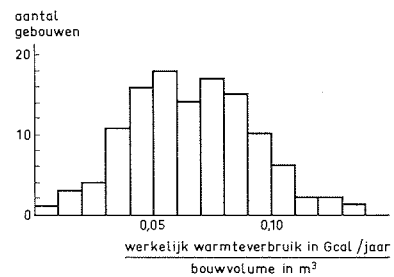


Fig. 4
De frequentieverdeling van het werkelijke jaarlijkse warmteverbruik per eenheid van bouwvolume

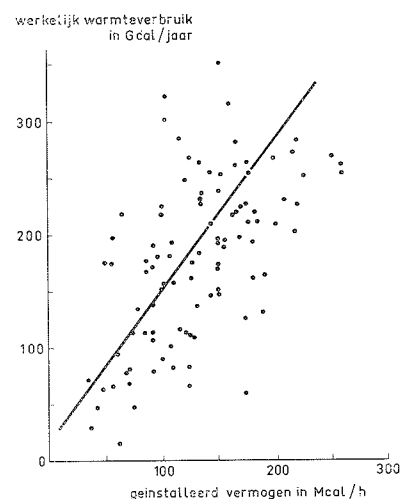


Fig. 5
Het verband tussen het werkelijke jaarlijkse warmteverbruik en het geïnstalleerde vermogen

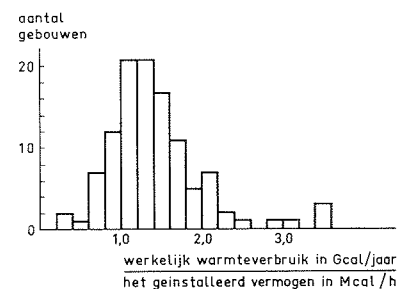


Fig. 6
De frequentieverdeling van het werkelijke jaarlijkse warmteverbruik per eenheid van geïnstalleerd vermogen

- De wijze waarop de installatie geregeld wordt.
- De keuze van het geïnstalleerd vermogen. Naarmate het geïnstalleerd vermogen groter wordt ten opzichte van de werkelijke warmtebehoefte daalt het gebruiksrendement.
- De toestand waarin de installatie verkeert en de invloed daarvan op het rendement. In de praktijk is gebleken dat in een aantal gevallen reeds belangrijke brandstofbesparingen mogelijk zouden zijn door meer aandacht te besteden aan het onderhoud van de installatie.

2.2 *Onderzoek naar factoren die het brandstofverbruik beïnvloeden*

Het tweede onderzoek vond plaats aan 51 andere gebouwen, met ongeveer hetzelfde gebruikspatroon als de gebouwen van het eerste onderzoek. In tegenstelling tot de hiervoor besproken enquête werd bij dit onderzoek elk gebouw bezocht. Dit maakte het mogelijk alle gewenste gegevens ter plaatse op te nemen. Zodoende kon een nauwkeuriger benadering van de warmteverliezen van de gebouwen en het daaruit berekende jaarlijkse brandstofverbruik worden verkregen. Ook was het mogelijk om de gebruikstijden en de regeling van de installaties in de berekeningen te betrekken.

De berekening van het brandstofverbruik over een stookseizoen is uitgevoerd met behulp van het berekende warmteverlies Q_h van het gebouw en het aantal graaddagen van het stookseizoen. Het warmteverlies is berekend volgens de methode, aangegeven in DIN 4701-1959.

Voor de bepaling van het aantal graaddagen over het stookseizoen werd een gemiddelde etmaaltemperatuur van 7,6°C aangehouden. Omdat het om installaties en gebouwen ging waarbij vaak nachtverlaging en weekendverlaging werd toegepast werd de gemiddelde dagtemperatuur gesteld op 9,6°C over het tijdvak van 07.00 tot 19.00 uur en de gemiddelde nachttemperatuur op 5,6°C gedurende het resterende deel van het etmaal.

Bij de berekening werd er verder van uitgegaan dat het wekelijkse verwarmingsprogramma gedurende het stookseizoen onveranderd bleef.

Het aantal graaddagen in een seizoen dat bepalend is voor het brandstofverbruik is als volgt te berekenen:

$$\text{Aantal graaduren/week} = SU_d(t_{bd} - t_{ud}) + SU_n(t_{bn} - t_{un})$$

waarin

SU_d = aantal stookuren per week op dagstand

SU_n = aantal stookuren per week op nachtstand

t_{bd} = basistemperatuur overdag

t_{bn} = basistemperatuur 's nachts

t_{ud} = gemiddelde buitentemperatuur overdag

t_{un} = gemiddelde buitentemperatuur 's nachts

Het aantal graaddagen is dan

$$G_d = \frac{\text{aantal graaduren/week}}{24} \times \frac{\text{aantal stookdagen}}{7}$$

Het brandstofverbruik per jaar wordt vervolgens berekend met

$$B = 24 \cdot P \cdot G_d \cdot \frac{Q_h \cdot 100}{H \cdot \eta \cdot \Delta t_{\max}}$$

B = het brandstofverbruik per seizoen

P = toeslagfactor in verband met nachtverlaging

G_d = aantal graaddagen in het stookseizoen

Q_h = berekend warmteverlies van het gebouw

H = calorische waarde van de brandstof

η = het rendement van de installatie in %

Δt_{\max} = het maximaal in rekening gebrachte verschil in binnen- en buitentemperatuur.

Het op deze wijze berekende jaarlijkse brandstofverbruik werd vergeleken met het werkelijk jaarlijkse brandstofverbruik. In figuur 7 is een histogram weergegeven waarin het werkelijk jaarlijks brandstofverbruik ten opzichte van het berekend jaarlijks brandstofverbruik is weergegeven. In deze figuur zijn ook de overeenkomstige gegevens opgenomen van het eerste onderzoek, dat uitsluitend gebaseerd was op een enquête.

Het histogram van het tweede onderzoek is gearceerd. De resultaten van het eerste onderzoek vertonen een aanzienlijk grotere spreiding dan de resultaten van het tweede onderzoek. Daaruit blijkt dat de berekening van het jaarlijks brandstofverbruik, zoals bij het tweede onderzoek uitgevoerd, de nauwkeurigheid ten goede komt. De gemiddelde waarde is lager dan bij het eerste onderzoek hetgeen voortvloeit uit het verschil in de berekeningsmethode van het brandstofverbruik.

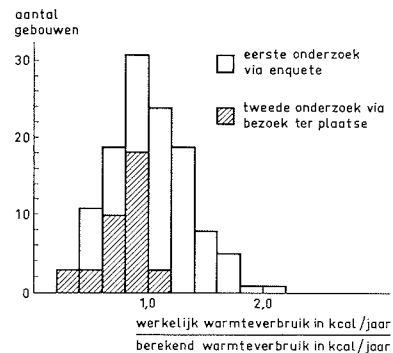


Fig. 7
De frequentieverdeling van het werkelijke warmteverbruik per eenheid van het berekende jaarlijkse warmteverbruik

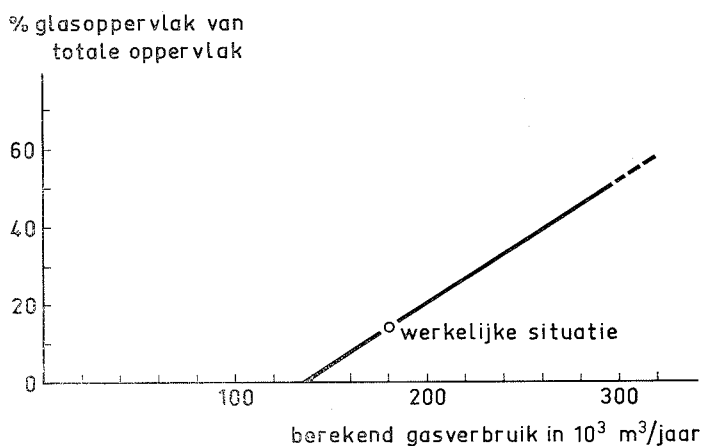
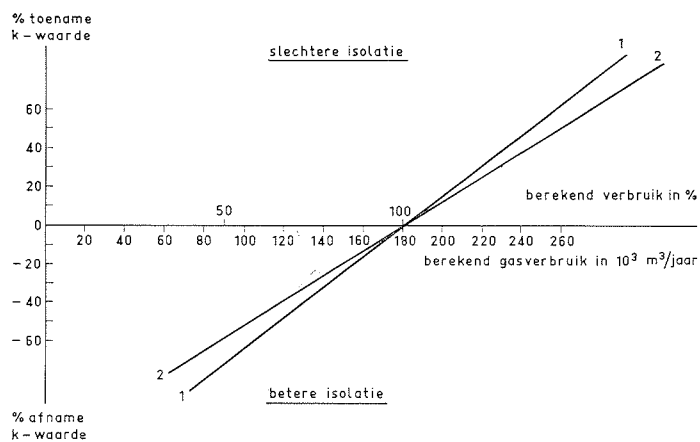


Fig. 8
De invloed van het glasoppervlak op het brandstofverbruik betrekking hebbende op het als voorbeeld gebruikte gebouw

Fig. 9
De invloed van het warmte-isolerend vermogen op het brandstofverbruik voor het als voorbeeld gebruikte gebouw

1. De k -waarde van het glas verandert niet
2. De k -waarde van het glas varieert procentueel evenveel als de k -waarden van de muren, daken en vloeren



Met hantering van de ontwikkelde berekeningsmethode werd van een der gebouwen de invloed van een aantal factoren op het berekende brandstofverbruik vastgesteld.

2.2.1 Warmte-isolerend vermogen

Wanneer het glasoppervlak verandert en men veronderstelt dat de k -waarde van glas constant blijft, dan neemt het transmissieverlies lineair toe of af met het glasoppervlak. Veronderstellen we dat het glasoppervlak gevarieerd wordt door het aantal ramen te variëren, dan nemen ook de spleetverliezen ongeveer lineair toe of af met het glasoppervlak. In figuur 8 is het berekende verbruik weergegeven als functie van het glasoppervlak. De met een cirkeltje gemerkte situatie is de werkelijke situatie bij het gebouw, dat voor deze berekening als voorbeeld werd gekozen.

Om een indruk te krijgen van de kwantitatieve invloed van de warmte-isolatie op het warmteverbruik zijn de twee volgende situaties gefingeerd:

- Er wordt een spouw dak- en vloerisolatie toegepast waarbij de k -waarde van glas gelijk blijft terwijl de andere k -waarden procentueel gevarieerd worden.
- Alle k -waarden variëren procentueel, dus ook die van glas, afgezien van de uitvoerbaarheid.

Voor deze situaties werden de brandstofverbruiken berekend. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 9.

2.2.2 Aantal verwarmingsuren en de temperatuurregeling

In vele, vooral grote, verwarmingsinstallaties, is tegenwoordig een zogenaamde dag-nachtregeling aanwezig. Daarbij wordt de binnentemperatuur 's nachts lager ingesteld dan overdag. Aangezien in het algemeen de overtuiging bestaat dat daarmee een aanzienlijke brandstofbesparing wordt verkregen werd in het kader van het thans

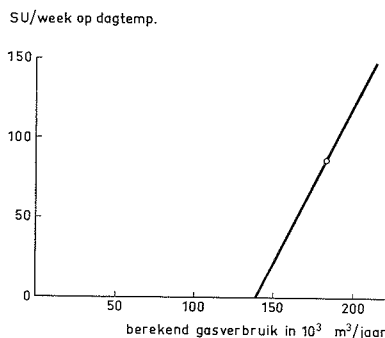


Fig. 10
De invloed van het aantal stookuren (SU) per week op dagtemperatuur, op het brandstofverbruik voor het als voorbeeld gebruikte gebouw

besproken onderzoek getracht de mogelijke besparing te schatten met behulp van de hiervoor besproken berekeningsmethode.

In figuur 10 is aangegeven in welke mate het brandstofverbruik kan variëren in afhankelijkheid van het aantal verwarmingsuren op de dagtemperatuur. Is dit aantal nihil geworden dan wordt het brandstofverbruik uitsluitend bepaald door een voortdurende verwarming op de nachttemperatuur.

In figuur 11 kan het te verwachten brandstofverbruik worden afgelezen bij verschillende dag- en nachttemperaturen. De verhouding tussen het aantal daguren en het aantal nachturen is daarbij constant gehouden. Ook is aangenomen dat de buitentemperatuur in de beschouwde perioden constant is. Het blijkt dat het brandstofverbruik vermindert met 21% door de nachttemperatuur te verlagen van 20°C tot 15°C.

2.2.3 Ketelrendement

In figuur 12 is het brandstofverbruik als functie van het ketelrendement uitgezet voor het beschouwde gebouw.

Het rendement van de installatie, gemeten over een bepaalde periode, wijkt af van de rendementen zoals die bij vollast gemeten worden. Enkele oorzaken hiervoor zijn:

- Het veelvuldig schakelen van de brandstoftoevoer waardoor bij elke keer dat de brandstoftoevoer uitgeschakeld wordt een gering ventilatieverlies plaatsvindt.
- Het verlies tijdens stilstand door warmte-afgifte van de ketel aan de omgeving.

Op andere oorzaken van lagere rendementen wordt bij de regeling van de installatie ingegaan.

2.2.4 Geïnstalleerd vermogen als functie van het berekende totale warmteverlies

Met de gehanteerde berekeningsmethode werd voor een aantal gebouwen berekend welk warmteverbruik te verwachten is bij de condities die ten grondslag liggen aan de normale transmissieberekening.

Deze warmteverbruiken zijn in de figuren 13a en 13b uitgezet tegen de overeenkomstige geïnstalleerde ketelvermogens. In figuur 13a zijn de schalen langs de assen beide lineair, in figuur 13b beide logaritmisch. In het dubbel-logaritmisch diagram komt een gelijke verticale afstand overal in het diagram overeen met eenzelfde procentueel verschil. De meest waarschijnlijke functie is aangegeven met een gestreepte lijn. Zou in alle gevallen het geïnstalleerd ketelvermogen juist overeenkomen met de als maximaal beschouwde warmtebehoefte, dan volgt daaruit een functie die is aangegeven met een getrokken lijn. Volgens deze beschouwing blijkt dat in vele gevallen een groter vermogen is geïnstalleerd dan nodig is.

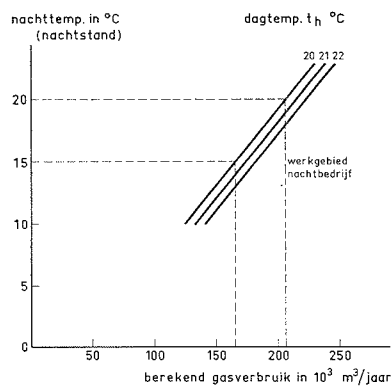


Fig. 11
De invloed van het niveau van de nachttemperatuur op het brandstofverbruik voor het als voorbeeld gebruikte gebouw

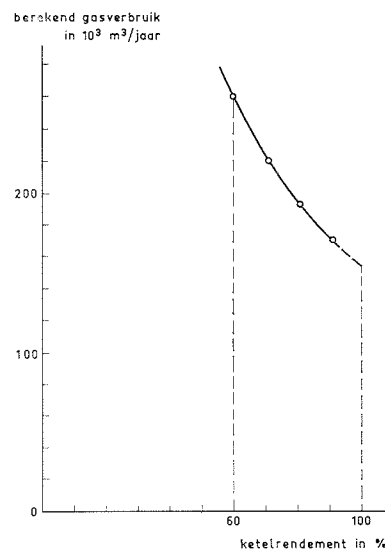


Fig. 12
Het brandstofverbruik als functie van het ketelrendement voor het als voorbeeld gebruikte gebouw

2.2.5 Samenvatting

De verschillende resultaten zijn samengevat in figuur 14 waarmee het te verwachten jaarlijkse brandstofverbruik, voor een gemiddelde etmaalt temperatuur van $7,6^{\circ}\text{C}$ bepaald kan worden, afhankelijk van het aantal stookuren, de ruimtetemperatuur overdag, de ruimtetemperatuur 's nachts, het temperatuurverschil en het rendement van de stookinstallatie. Tevens is het mogelijk om de invloed van de diverse factoren of een combinatie ervan op het brandstofverbruik vast te stellen.

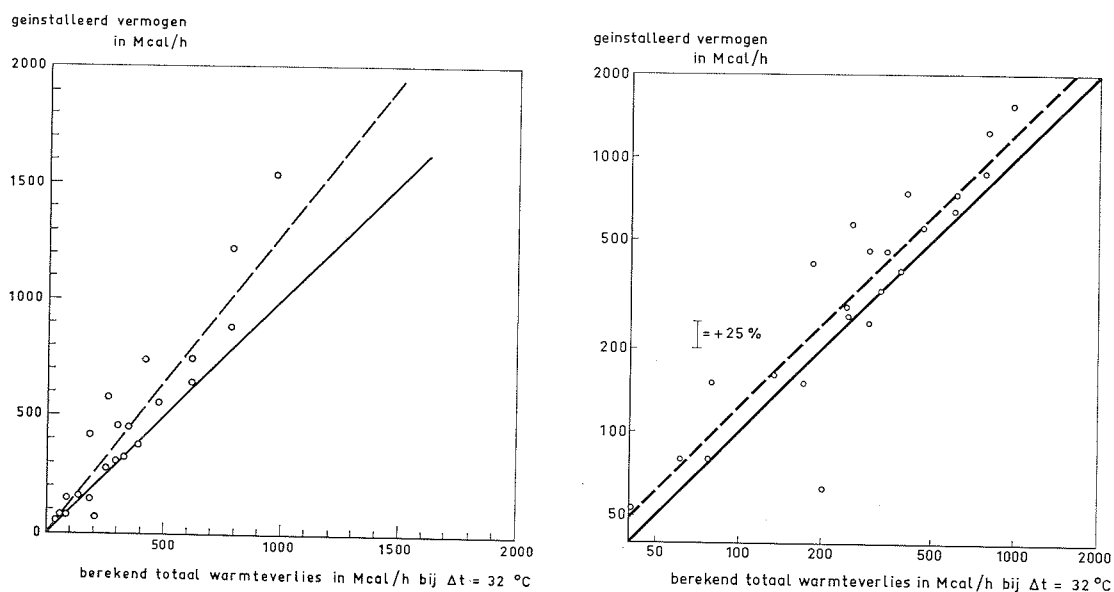
Voor het gebouw dat reeds eerder als voorbeeld diende zal nu aan de hand van de grafiek bepaald worden wat het jaarlijks brandstofverbruik zal zijn, wat de mogelijkheden zijn om brandstof te besparen en welke besparing daarmee bereikt wordt.

Uit het onderzoek ter plaatse bleek dat gedurende 91 uren per week de binnentemperatuur was ingesteld op 20°C ($SU = 91$). In de resterende tijd werd de binnentemperatuur op 18°C gehouden.

Beschouwen we nu figuur 14 dan is op de positieve x-as op de onderste schaal het aantal stookuren op dagtemperatuur (SU) aangegeven. Volgt men de lijn, getrokken vanuit $SU = 91$ dan vindt men de daarbij behorende waarde $W = 12,8$.

Het brandstofverbruik per jaar is nu te berekenen door W te vermenigvuldigen met het berekend warmteverlies van het gebouw per graad Celcius temperatuurverschil ($Qh/\Delta t$). Het berekende transmissieverlies is $14,4 \times 10^3 \text{ kcal/h}^{\circ}\text{C}$. Nu volgt het brandstofverbruik per jaar uit $W \times Qh = 12,8 \times 14,4 \times 10^3 = 185.000 \text{ m}^3 \text{ aardgas per jaar}$.

Fig. 13
Het geïnstalleerd vermogen als functie van het berekende warmteverlies: links bij lineaire schaalverdeling, rechts bij logaritmische schaalverdeling



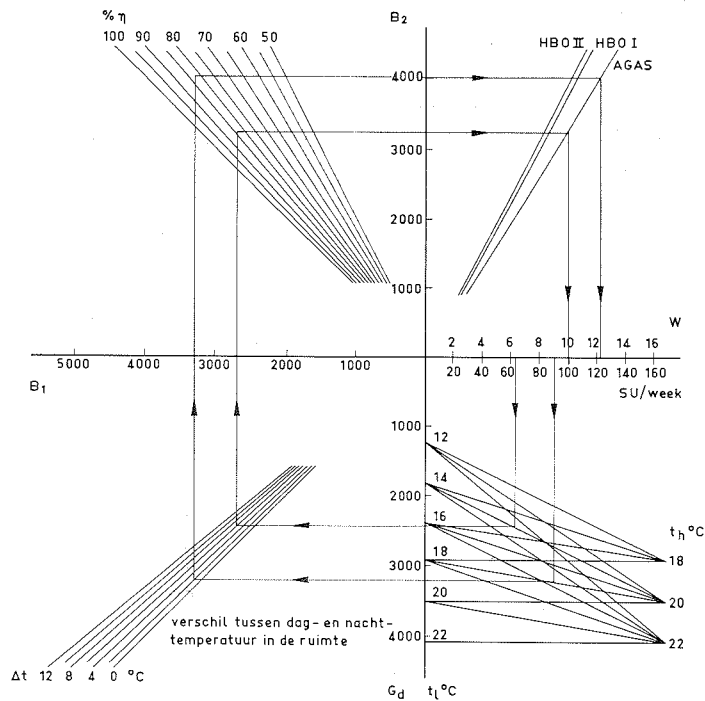


Fig. 14
Samengestelde grafiek voor het bepalen van het te verwachten brandstofverbruik per jaar, afhankelijk van SU , t_e , t_k , $\Delta t(\rho)$ en n , geldend voor een gemiddelde etmaaltemperatuur van $7,6^\circ\text{C}$

Het bleek uit nadere beschouwing van de gebruikstijden en de stooktijden in dit gebouw dat het aantal stookuren overdag teruggebracht zou kunnen worden van 91 naar 64 en de nachttemperatuur van 18°C naar 14°C .

Wanneer de grafiek nu met deze waarden geraadpleegd wordt blijkt dat de tussenwaarde $W = 10,3$ is.

Het jaarlijks brandstofverbruik zou men dus kunnen verminderen tot $W \times Qh = 10,3 \times 14,4 \times 10 \text{ m}^3 = 148.300 \text{ m}^3$ aardgas per jaar, hetgeen neerkomt op een besparing van 19,5%.

3. INVLOED VAN DE REGELING VAN DE INSTALLATIE OP HET BRANDSTOFVERBRUIK

Tijdens de energiekrisis zijn een aantal ideeën ontwikkeld op het gebied van bezuiniging van brandstof waarbij het isoleren van woningen en gebouwen een belangrijke plaats inneemt. Het is echter gebleken dat in veel gevallen reeds een aanzienlijke besparing kan worden verkregen door het gebouw en het gebruik dat er van gemaakt wordt eens nader te beschouwen. Ook een regelmatige controle van de stookinstallatie en daarbijbehorende regelingen kan preventief werken. In enkele gevallen zal men door een wijziging in een installatie grote besparingen kunnen bereiken.

Uit de resultaten van de controle van een groot aantal in-

installaties zijn een aantal voorbeelden aan te halen. Alvorens hiertoe over te gaan is het nuttig om een overzicht te geven van de in installaties meest toegepaste regelsystemen. Het accent ligt op installaties met warmwaterketels.

- Regeling van de brandstoftoevoer door middel van een ruimtethermostaat of een serieschakeling van een ruimtethermostaat en een instelbare ketelwaterthermostaat.
- Regeling van de aanvoerwatertemperatuur door een ruimtethermostaat.
- Regeling van de brandstoftoevoer door een combinatie van een buitethermostaat en een ketelwaterthermostaat.
- Een weersafhankelijke regeling waarbij de aanvoerwatertemperatuur afhankelijk van de buitenluchttemperatuur wordt ingesteld van een 3 of 4 weg mengsysteem.

3.1 *Plaatsing ruimtethermostaat*

De ruimtethermostaat in combinatie met een aan-uitregeling op de brandstoftoevoer wordt op grote schaal toegepast in woonhuizen, maar komt ook voor in utiliteitsgebouwen.

In woonhuizen wordt de ruimtethermostaat aangebracht in het hoofdwoonvertrek waarin de behoefte aan een prettig klimaat het grootst is. De juiste plaatsing van de thermostaat is belangrijk in verband met de reacties van de thermostaat op andere invloeden dan de temperatuur van de vertrekklucht. Bevindt zich een ruimtethermostaat vlak naast een deur dan zal bij het openen van de deur de mogelijkheid bestaan dat uit de gang of hal koudere lucht langs de thermostaat strijkt waardoor de installatie in bedrijf komt. Een gewoonte om de deur van de woonkamer open te laten staan versterkt dit effect in hoge mate.

Bij utiliteitsgebouwen wordt dit eveneens aangetroffen. De mogelijkheden om de thermostaat op een verkeerde plaats aan te brengen zijn hier echter veel groter. In het afgelopen stookseizoen zijn installaties aangetroffen waarbij de thermostaat in de portiersloge gemonteerd was of in een andere ruimte waarin constant deuren geopend en gesloten worden. Deze plaatsing heeft tot gevolg dat het gehele gebouw op een te hoog niveau wordt verwarmd.

Een eveneens bij controles aangetroffen oorzaak van te hoge brandstofverbruiken is dat de radiatoren in de ruimte, waarin zich de thermostaat bevindt, afstaan zodat de thermostaat de vragende stand inneemt en de regeling door de ketelwaterthermostaat geschiedt. Is dit een maximaalthermostaat, dan wordt het gebouw op een veel te hoog niveau verwarmd. In dergelijke gevallen is een weersafhankelijke temperatuurregeling verantwoord.

3.2 *Weersafhankelijke regelingen*

In grotere gebouwen en gebouwencomplexen worden weersafhankelijke regelingen toegepast waarbij het water-

circuit vaak in groepen onderverdeeld is. Elke groep kan op de daarvoor geldende optimale stooklijn ingesteld worden. Ook bij deze systemen zijn door diverse oorzaken grotere hoeveelheden brandstof verbruikt dan strikt noodzakelijk zou zijn.

Een deel van de oorzaken is te wijten aan defecten in onderdelen van de installatie zoals mengkleppen, servomotoren en schakelklokken. De gebruikers kiezen dan vaak de gemakkelijkste weg door de regeling geheel of gedeeltelijk uit te schakelen en dan zodanig dat de warmtetoevoer naar het gebouw maximaal is.

Bij een aantal van de gecontroleerde installaties was de stooklijn te hoog afgesteld.

Ook door het buiten bedrijf stellen van delen van de installatie die langere tijd niet in gebruik zijn zou brandstof bespaard kunnen worden.

Enkele installaties werden aangetroffen waarvan de aanvoerwatertemperatuur van de groepen niet apart ingesteld kon worden. Hierdoor werd de installatie bedreven op de meest ongunstige situatie.

3.3 *Aanwezigheid en instelling schakelklok*

Gezien uit het oogpunt van zuinig stoken is een schakelklok waar dag-, nacht- en weekendbedrijf op ingesteld kan worden voordeliger dan wanneer dit met de hand geregeld moet worden.

Daarbij komt dat de tijdstippen van aanwarmen en van het ingaan van weekend- en nachtverlaging zodanig gekozen kunnen worden dat een optimaal gebruik van de installatie wordt gemaakt.

In een woning heeft het reeds zin om de plaatsing van een schakelklok te overwegen nu de brandstofprijzen in opgaande lijn zijn.

In een aantal gebouwen zijn echter situaties aangetroffen waar een schakelklok een noodzaak is. Het betreft hier vooral zakelijke gebouwen, fabrieken en scholen, waarbij de gebruikstijden vastliggen en waarin vooral 's avonds en in de weekenden brandstof bespaard kan worden door weekendverlaging toe te passen.

Veel gebouwen zijn reeds voorzien van een schakelklok. Ook hier kunnen zich in de praktijk situaties voordoen waarbij meer brandstof verbruikt wordt dan noodzakelijk is.

Enkele oorzaken voor te hoge verbruiken zijn:

- Er was een schakelklok gemonteerd waarop alleen nachtverlaging ingesteld kon worden, waardoor het gebouw zaterdags en zondags in de daguren op de hoge binnentemperatuur werd verwarmd.
- In een aantal gevallen werden defecte schakelklokken aangetroffen.
- De instelling van de klok blijkt nogal eens problemen op te leveren bij voorbeeld: de nachtverlaging is te hoog inge-

steld; de nachtverlaging gaat te laat in; de nachtverlaging is niet ingesteld zodat op dagbedrijf wordt geregeld; de klokken lopen voor of achter, soms een verschil van dagen waardoor in het weekend op het doordeweekse programma wordt gestookt.

Ook hieruit blijkt dat een regelmatige controle van de installatie kan bijdragen tot een zuiniger energieverbruik.

3.4 *Ketelrendement*

Bij de gecontroleerde ketels is een van de meest voorkomende oorzaken in die gevallen waarbij een slecht rendement werd gemeten, een onjuist afgestelde brander of een vervuilde installatie, waardoor het rendement van de combinatie brander – ketel niet tot een optimale waarde komt.

Wanneer de installatie uit meer ketels bestaat worden in enkele gevallen bij een verminderde warmtevraag alle ketels op de laagstand geschakeld. Over het algemeen is het rendement op hoogstand hoger dan op laagstand en verdient het aanbeveling om bij voorbeeld één ketel op vollast in bedrijf te houden en de andere ketels uit te schakelen.

4. PRAKTISCHE VOORBEELDEN VAN TE HOGE JAARLIJKSE BRANDSTOFVERBRUIKEN

In een gebouwencomplex werd een verwarmingsinstallatie bestaande uit 3 ketels vervangen door een installatie bestaande uit 2 ketels waarbij het totaal vermogen van de nieuwe installatie 40% hoger werd dan het vermogen van de oude installatie.

Uit een overzicht van de jaarlijkse werkelijke brandstofverbruiken bleek, dat dit was toegenomen met 58%. Dit was de aanleiding voor een onderzoek naar de oorzaken van dit hogere verbruik. De geproduceerde warmte werd zowel voor het bereiden van maaltijden als voor de centrale verwarming gebruikt. Het aantal in het gebouw verblijvende personen had geen noemenswaardige wijziging ondergaan. Een onderzoek in de keuken leerde dat door modernisering een daling van het warmteverbruik te verwachten was. De toename van het brandstofverbruik was dus niet het gevolg van een grotere afname van warmte.

Bij een onderzoek in het ketelhuis werd vastgesteld:

- Met de oude installatie kon gedurende het grootste deel van het stookseizoen worden volstaan met één van de drie ketels.

Onder ongunstige omstandigheden daalde de stoomdruk tot een minimum. Het bijzetten van de tweede ketel vroeg meer tijd, dan de tijdsduur van de afnamepiek van stoom voor keukengebruik, zodat met ketel 1 werd volstaan.

Hieruit blijkt dat de oude installatie reeds aan de grote kant was. Doordat men slechts één ketel in bedrijf had werd met

een gunstig gebruiksrendement gewerkt daar de ketel met lange bedrijfstijden op vollast werkte.

Met de nieuwe installatie was één ketel geheel niet in bedrijf en de andere ketel kwam bij piekbelastingen zelden op de grote vlam.

De grotere verliezen worden in een dergelijk geval veroorzaakt doordat de verhouding van de bedrijfstijd tot de stilstandtijd kleiner wordt. De bedrijfstijden worden korter hetgeen een nadelige invloed heeft op het gebruiksrendement. Daarbij komt nog dat de verliezen, uitgedrukt in procenten vermenigvuldigd moeten worden met een hogere belasting, waardoor de werkelijke verliezen zeer nadelig beïnvloed worden. In het zomerseizoen wordt dit effect zeer versterkt daar de bedrijfstijden dan nog maar 20% van de cyclustijden bedragen. Hierbij gaat de ventilatie door de ketel een grote rol spelen vooral bij stoomketels waarbij de temperaturen van de ketel hoog blijven en de aangezogen lucht verwarmen.

Het aantal schakelingen wordt eveneens groter waardoor de ventilatieverliezen nog oplopen en tevens het materiaal van de ketel op temperatuur gebracht moet worden bij het opwarmen. Een ander verschil, dat eveneens een rol speelt, is dat de nieuwe ketel op laagstand brandt, waarbij het rendement enkele procenten lager ligt dan bij vollast.

In een ander geval bleek, dat na het plaatsen van twee gasketels met een totaal nominaal vermogen van 3.200 Mcal/h in plaats van de acht oliegestookte ketels met een totaal nominaal vermogen van 2.700 Mcal/h het brandstofverbruik te zijn toegenomen met 25%. Het watercircuit was ingedeeld in vijf groepen welke niet afzonderlijk geregeld konden worden. Tevens waren tegelijk met het vervangen van de ketels nieuwe terreinleidingen gelegd. Hier waren de volgende opmerkingen van kracht:

- De belasting van de installatie is beter te regelen met acht ketels dan met twee, waarbij één of meer ketels gedurende langere tijd op vollast kunnen blijven branden met een hoog gebruiksrendement.
- De terreinleidingen werden 's zomers op 70°C gehouden, hetgeen betekent dat daarvoor gedurende de zomer een ketel met een vermogen van 1.600 Mcal/h in bedrijf moest blijven waarbij de stilstandsverliezen een grote rol gaan spelen en het gebruiksrendement dus laag was.
- Het bleek dat soms het gehele gebouw op temperatuur werd gehouden omdat in één van de vertrekken werd vergaderd, daar de groepen niet afzonderlijk geregeld konden worden.

5. SLOTBESCHOUWING

De besproken onderzoeken hebben een aantal richtlijnen opgeleverd waarmee het mogelijk is om in de praktijk voorkomende situaties te beoordelen op het brandstofverbruik.

Uit alle verzamelde gegevens blijkt dat een regelmatige controle van de installaties gewenst is evenals een regelmatig onderhoud.

De controle dient niet tot de ketel beperkt te blijven.

De afstemming van de regeling op het praktisch gebruik dat van het gebouw gemaakt wordt is minstens even belangrijk.

De besparingen die hieruit kunnen voortvloeien zijn op zijn minst even belangrijk als de besparingen door middel van een betere isolatie van de gebouwen.