

Warmtegebruik Nesselande

Bandbreedte van de warmtevraag

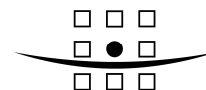
Eneco Energie

6 september 2006

Definitief rapport

9R9474.B1

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
GEBOUWINSTALLATIES

Wijchenseweg 132
Postbus 112
6500 AC Nijmegen
+31 (0)24 366 75 75 Telefoon
+31 (0) 24 3667 570 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Warmtegebruik Nesselande
	Bandbreedte van de warmtevraag
Verkorte documenttitel	Bandbreedte warmtevraag
Status	Definitief rapport
Datum	6 september 2006
Projectnaam	Ongevraagd warmtegebruik Nesselande
Projectnummer	9R9474.B1
Opdrachtgever	Eneco Energie
	Guus van Leerdam
Referentie	9R9474.B1/R005/EVD/Nijm3

Auteur(s)	Eric van Deursen
Collegiale toets	Piet Uijen
Datum/paraaf	
Vrijgegeven door	Eric van Deursen
Datum/paraaf	

SAMENVATTING

In het voorliggende rapport wordt de analyse van de bandbreedte van de warmtevraag van woningen aangesloten op het stadsverwarmingnet in de nieuwbouwwijk Nesselande van de gemeente Rotterdam gepresenteerd. Het onderzoek is als volgt aangepakt.

- De prognose van de bandbreedte wordt afgeleid van de energieprestatie van de woningen. De bepaling van de energieprestatie is in een Nederlandse Norm vastgelegd. De werking van deze norm wordt besproken in hoofdstuk 2.
- De bij de Bouwaanvraag ingediende berekeningen van de energieprestatie zijn opgevraagd en daarmee worden de woningen qua grootte en qua eigenschappen getypeerd. Dit wordt in hoofdstuk 3 besproken.
- Vervolgens worden de woningen qua energiegebruik en warmtegebruik getypeerd in hoofdstuk 4 en wordt de verwachte bandbreedte vastgesteld.
- De werkelijke warmtegebruiken komen in hoofdstuk 5 aan bod en nagegaan wordt hoe dit statistisch getypeerd kan worden door het onderscheiden van systematische en / of toevallige verschijnselen.
- Ten slotte worden in hoofdstuk 6 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

De conclusies uit het onderzoek naar de bandbreedte levert een te verwachten warmtegebruik van:

- 24 tot 45GJ/jaar voor ruimteverwarming.
- 6 tot 20GJ/jaar voor warm tapwater.
- 0 tot 17GJ/jaar voor bouwvocht (bij nieuwe woningen).
- 30 tot 82GJ/jaar warmtegebruik totaal.

De conclusie uit de statistische analyse van het warmtegebruik levert op dat:

- Er 42 zeer hoge gebruiken onverklaard zijn.
- Er minder gebruiken aan de bovengrens (van 82GJ) liggen dan verwacht.
- Er veel gebruiken als zeer laag te typeren zijn.

De aanbeveling is om steekproeven te nemen uit de drie groepen die in de statistische analyse werden onderscheiden. Voor het nemen van circa 30 steekproeven wordt voorgesteld om:

- 20 steekproeven uit de groep van 42 statistisch) verworpen gebruiken te nemen.
- 5 steekproeven uit de groep van < 82GJ te nemen.
- 5 steekproeven uit de groep van < 25GJ te nemen.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 WERKING VAN NEN 5128	2
2.1 Forfaitaire waarden	2
2.2 Invloeden op de warmtevraag	3
3 TYPERING WONINGEN NESSELANDE	5
4 TYPERING ENERGIEGEBRUIK	6
4.1 Primair energiegebruik	6
4.2 Bruto warmtevraag	7
4.3 Warm tapwater	7
4.4 Droogstoken	8
4.5 Bandbreedte warmtevraag	9
5 OPGENOMEN WARMTEGEBRUIK	10
5.1 Toegepaste statistiek	10
5.2 Typering opgenomen warmtegebruik	11
5.3 Normeren van het warmtegebruik	12
5.3.1 Gebruiksperiode	13
5.3.2 Buitentemperatuur	13
5.3.3 Zonnestraling	14
5.3.4 Bouwvocht	14
5.4 Genormeerd warmtegebruik	15
5.5 Verschillen	17
6 CONCLUSIE EN AANBEVELING	19

TABELLEN

Tabel 2-1	Invloeden op energieprestatie en warmtevraag	4
Tabel 3-1	Energetische parameters woningen Nesselande	5
Tabel 4-1	Primair energiegebruik woningen Nesselande	6
Tabel 4-2	Bruto warmtevraag woningen Nesselande	7
Tabel 4-3	Warmtegebruik per tapbeurt	7
Tabel 4-4	Warmtegebruik voor tappen per week	8
Tabel 4-5	Warmtegebruik voor tappen per jaar	8
Tabel 4-6	Schatting warmtegebruik voor bouwvocht	9

FIGUREN

Figuur 5-1	Dichtheidsverdeling warmtegebruik	11
Figuur 5-2	Kansverdeling warmtegebruik	12
Figuur 5-3	Gebruiksduur versus eindopname	13

Figuur 5-4	Graaddagen van Zestienhoven	14
Figuur 5-5	Zonnestraling van Zestienhoven	14
Figuur 5-6	Invloed droogstoken	15
Figuur 5-7	Kansverdeling genormeerd warmtegebruik	15
Figuur 5-8	Correlatie als functie van aantal verwerpingen	16
Figuur 5-9	Dichtheidsverdeling bij 42 verworpen gebruiken	16
Figuur 5-10	Dichtheidsverdeling bij 200 verworpen gebruiken	17
Figuur 5-11	Kansverdeling bij 42 verworpen gebruiken	17
Figuur 5-12	Verschillen bij 42 verworpen waarden	18

FORMULES

Formule 1	Definitie EPC	6
Formule 2	Definitie energieprestatie	6
Formule 3	Componenten energieprestatie	6

VERKLARING AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

Parameter	Betekenis
A_v	Het totale verlies(gevende)oppervlak van een woning in m^2
$\Sigma A_{v,U,a}$	Het totale specifieke verlies van een woning in watt/K (per graad temperatuurverschil binnen – buiten)
ΣA_{glas}	Het totale glasoppervlak (van belang voor de passieve bijdrage van binnenvallende zonnestraling)
$q_{v10;sp}$	De luchtinfiltratie bij een drukverschil van 10Pa uitgedrukt in liter/uur/ m^2 gebruiksoppervlak (A_g)
A_g	Het gebruiksoppervlak in m^2
q_v	De luchtinfiltratie bij een drukverschil van 10 Pa in liter/uur
η_{wtw}	Het rendement van de warmterugwinning (dit komt in Nesselande niet voor)
A_v/A_g	Quotiënt van verliesoppervlak en gebruiksoppervlak; in NEN 5128 een belangrijke parameter.
EPC	Het quotiënt van het berekende energiegebruik en het energiegebruik bij EPC=1 (volgens NEN 5128)
q_{pres}	Het totale specifieke energiegebruik van een woning (in MJ/ m^2 gebruiksoppervlak A_g).
Q_{pres}	Energieprestatie; het totale energiegebruik van een woning (in dit rapport in GJ)
$Q_{pr;el}$	Het aan elektriciteitsgebruik toe te rekenen energiegebruik (in GJ)
$Q_{pr;tap}$	Het aan warm tapwatergebruik toe te rekenen energiegebruik (in GJ)
$Q_{pr;rv}$	Het aan ruimteverwarming toe te rekenen energiegebruik (in GJ)
$Q_{br;tap}$	Het bruto warmtegebruik voor warm tapwater (dit gaat door de warmtemeter; in GJ)
$Q_{br;rv}$	Het bruto warmtegebruik voor ruimteverwarming (dit gaat door de warmtemeter; in GJ)
$Q_{br,w}$	Het totale bruto warmtegebruik (dit gaat door de warmtemeter; in GJ)
TRY	“Test Reference Year” van de Bilt
J	De joule is de eenheid van energie, afgekort met J.
kJ	Eenheid van energie. 1 kJ = 1.000 J
MJ	Eenheid van energie. 1 MJ = 1.000 kJ
GJ	Eenheid van energie. 1 GJ = 1.000 MJ

1

INLEIDING

Eneco Energie heeft klachten over hoge nota's / hoog warmtegebruik ontvangen van bewoners van woningen aangesloten op het stadsverwarmingnet in de nieuwbouwwijk Nesselande van de gemeente Rotterdam. Een aantal bewoners heeft een werkgroep stadsverwarming opgericht (als onderdeel van bewonersvereniging Wonio) en als groep contact gezocht met Eneco Energie.

De werkgroep en Eneco Energie hebben besloten om gezamenlijk een traject in te gaan waarbij Eneco Energie zich zal inzetten om de problemen van de klant te verhelpen. De eerste stap in dit traject is het (theoretisch) vaststellen van de warmtevraag van de woningen en de bandbreedte waarbinnen dit zich zal kunnen bewegen.

- De prognose van de bandbreedte wordt afgeleid van de energieprestatie van de woningen. De bepaling van de energieprestatie is in een Nederlandse Norm vastgelegd. De werking van deze norm wordt besproken in hoofdstuk 2.
- De bij de Bouwaanvraag ingediende berekeningen van de energieprestatie zijn opgevraagd en daarmee worden de woningen qua grootte en qua eigenschappen getypeerd. Dit wordt in hoofdstuk 3 besproken.
- Vervolgens worden de woningen qua energiegebruik en warmtegebruik getypeerd in hoofdstuk 4 en wordt de verwachte bandbreedte vastgesteld.
- De werkelijke warmtegebruiken komen in hoofdstuk 5 aan bod en nagegaan wordt hoe dit statistisch getypeerd kan worden door het onderscheiden van systematische en / of toevallige verschijnselen.
- Ten slotte worden in hoofdstuk 6 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 WERKING VAN NEN 5128

Vanaf 1996 schrijft de overheid in het Bouwbesluit de minimale energieprestatie van woningen voor. Sindsdien zijn de eisen stap voor stap aangescherpt. In de wijk Nesselande moesten de woningen voldoen aan EPC = 1 of lager. Vanaf 1 januari 2006 moeten woningen voldoen aan EPC = 0,8 of lager.

Bij het beoordelen van het (gemeten) warmtegebruik is de verleiding groot dit af te meten aan de norm waarin de bepaling van de energieprestatie is vastgelegd; dat is de norm NEN 5128 en in samenhang daarmee de Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 5129. Voor de warmtewoningen in Nesselande is deze vergelijking door Royal Haskoning in opdracht van Eneco Energie gemaakt. In dit rapport, bedoeld ter informatie voor de bewoners, wordt uitgelegd hoe de analyse is uitgevoerd en wat daaruit geconcludeerd mag worden.

In NEN 5128 worden voor alle, aan een woning toe te rekenen energiegebruiken, rekenregels gegeven om het primaire (fossiele) energiegebruik te kunnen vaststellen. Het door het gebruik van een woning optredende warmtegebruik en elektriciteitsgebruik wordt dus uitgedrukt in brandstof. Bij een aardgaswoning komt brandstof (via de gasmeter) de woning binnen. Bij een warmtewoning is dit niet het geval. Er moet rekening gehouden worden met de conversie van brandstof naar warmte en met warmteverlies, die zich beide buiten de woning afspelen.

Woningen worden op velerlei wijzen gebruikt. Denk maar aan alleenstaanden, grote gezinnen, jonge echtparen, bejaarden, veel in bad, weinig onder de douche, thermostaat altijd laag et cetera. De norm NEN 5128 kan geen rekening houden met dit soort verschillen en is zo ook niet bedoeld. De norm is uitsluitend bedoeld een oordeel te geven over de energiezuinigheid van de woning met inbegrip van installaties en overige voorzieningen, die als woninggebonden kunnen worden beschouwd.

2.1 Forfaitaire waarden

Voor het door gedrag beïnvloede energiegebruik worden in NEN 5128 waarden opgelegd (forfaitaire waarden). Op de keper beschouwd wordt dit in de norm heel vaak gedaan en dit roept dan ook de vraag op of de toets van het gemeten gebruik aan de norm wel aan de orde is. We kijken wat er in de norm, qua forfaitaire waarden, gebeurt.

1. Ruimtetemperatuur

Warmtegebruik voor ruimteverwarming wordt bepaald door de ingestelde temperatuur op de ruimtethermostaat of op de thermostaatkranen van de radiatoren. Bovendien wordt de temperatuur van ruimten waar de ingestelde temperatuur lager is dan die van het hoofdwoonvertrek beïnvloed door naastliggende ruimten als gevolg van de lage weerstand van binnenwanden en binnenvloeren. De norm houdt daarmee geen rekening en hanteert een gemiddelde temperatuur voor alle verwarmde ruimten van 18°C.

2. Buitentemperatuur

Dit warmtegebruik voor ruimteverwarming wordt ook bepaald door de buitentemperatuur. De norm houdt (uiteraard) geen rekening met het werkelijk optredende en steeds veranderende buitenklimaat. Ze hanteert de gemiddelde buitentemperatuur over het stookseizoen en die wordt genomen uit het TRY (het

testreferentiejaar van De Bilt) over de periode van 1 oktober tot 1 mei. Uit de norm blijkt dat de zo gedefinieerde gemiddelde buitentemperatuur 5°C is.

3. Vrijkomende warmte

In woningen komt warmte vrij door aanwezigheid van personen en door ingeschakelde elektrische apparatuur zoals verlichting, ijskast, wasmachine, radio, televisie, computer, stofzuiger et cetera. In de norm wordt dit onderkend en er wordt daarom met een interne warmtebron gerekend van 110MJ/m²/jaar betrokken op het gebruiksoppervlak van de woning. Voor de woningen in Nesselande (met gebruiksoppervlak van 101 tot 183m²) komt dit neer op 11 tot 20GJ/jaar. Deze vrijkomende warmte kan niet allemaal benut worden en de norm geeft dan ook een methode om de benuttinggraad te schatten. Deze waarde geldt voor het stookseizoen (van 7 maanden) omdat immers de warmtevraag voor ruimteverwarming alleen op die periode betrekking heeft. Het komt er op neer dat de norm rekent met 6watt/m² als continue warmtebron. Dat is dus 600 tot 1.100watt voor de woningen in Nesselande en dat is eigenlijk wel veel.

4. Zoninstraling

Zoninstraling door glas veroorzaakt een passieve bijdrage aan de warmtebehoefte en dit levert warmtewinst zoals dit ook voor personen en elektrische apparatuur het geval is. De norm houdt rekening met het zonaanbod gedurende het stookseizoen volgens het TRY, met het glasoppervlak, met de oriëntatie daarvan, met schaduw door overstekken en met een correctie voor het doorgelaten deel van de straling (de ZTA-waarde). De in rekening te brengen hoeveelheid binnenvallende zonnestraling wordt bepaald door het werkelijke zonaanbod in de desbetreffende meetperiode, door het type zonwering en door de wijze van bediening van de zonwering.

5. Warm tapwater

Gebruik van warm tapwater wordt in de norm gerelateerd aan het gebruiksoppervlak. Er wordt gerekend met een vaste waarde van 68MJ/m²/jaar waarop een distributierendement binnen de woning wordt betrokken. Meestal wordt met het forfaitaire rendement gerekend en dan blijkt de bruto vraag 92MJ/m²/jaar te zijn. De door de normcommissie gedane keuze (van een vaste waarde per m²) is wel te begrijpen, maar voor het analyseren van het werkelijk optredende warmtegebruik hebben we daar niet veel aan. Juist het gebruik van warm tapwater wordt door gezinssamenstelling en door gedrag bepaald.

Gelukkig blijft er nog wel wat over wat we kunnen gebruiken, maar bovenstaande punten illustreren de betrekkelijkheid van de toepassing van de norm voor het verklaren van gemeten (en afgerekende) warmtegebruiken. Met deze waarschuwing in het achterhoofd gaan we de norm toch gebruiken.

2.2 Invloeden op de warmtevraag

In de norm wordt zo goed mogelijk getracht om voor een woning de warmtebalans op te stellen. Er worden, bij het invullen van het rekenprogramma (dat is de NPR 5129), allerlei gegevens gevraagd die de woning energetisch typeren. Het gaat om afmeting, warmteweerstand, ventilatie, oriëntatie en dergelijke. Daarmee is een warmteverliesberekening op te zetten en die is representatief als het werkelijk opgetreden buitenklimaat wordt gebruikt, waar in de norm voor het buitenklimaat een

forfaitaire waarde gebruikt wordt. Er blijven altijd onzekerheden over, maar daarmee valt te leven als de spreiding die daardoor ontstaat binnen aanvaardbare grenzen blijft.

Gedrag blijft in de norm vrijwel buiten beschouwing. Dat kan niet anders zolang er over gezinssamenstelling, werksituatie, gebruik verwarmingsinstallatie, gebruik van elektrische apparatuur, tapgedrag en dergelijke niets bekend is. Moet dit in de analyse worden meegenomen, dan is er een enquête nodig bij de bewoners om de toepasselijke parameters te kunnen vaststellen.

In de volgende tabel staan de invloeden gerubriceerd die bij het opstellen van de warmtebalans een rol spelen. We maken gebruik van de waarden die bekend zijn en van de vrijheidsgraden die dan nog overblijven.

Invloed	Dim	NEN 5128	Klimaat	Gedrag
Verliesoppervlak x U x a-waarde	W/K	X		
Glasoppervlak	m ²	X		
Oriëntatie glasoppervlak	graden	X		
Beschaduwing van glas	graden	X		
Luchtdoorlatendheid (bij 10Pa)	L/s/m ²	qv		
Luchtinfiltratie (bij 10Pa)	L/s	qv x Ag		
Wijze mechanische ventilatie	W/K	X		
Warmterugwinning ventilatielucht	%	X		
Rendement warmteverdeelsysteem	%	X		
Rendement tapleidingen	%	X		
Temperatuur buitenlucht	°C	5	X	
Zonnestraling	MJ/jaar	1200 x Agl	X	
Windsnelheid	m/s		X	
Windrichting	graden		X	
Stand ventilator	W/K	keuze		X
Interne warmtebronnen	MJ/jaar	110 x Ag		X
Instelling ruimtetemperatuur	°C	18		X
Gebruik warm tapwater	MJ/jaar	68 x Ag		X
Luchten	W/K			X
Wel of niet thuis (vacantie, werk)	°C			X
Bediening zonwering en gordijnen	W/K			X

Tabel 2-1 Invloeden op energieprestatie en warmtevraag

In deze tabel staat, in de drie meest rechtse kolommen, aangegeven of er invloed is.

- Uit de 1^e kolom blijkt de werking van NEN 5128. De waarden die we nodig hebben zullen blijken uit de door de dienst Stedenbouw, Wonen en Verkeer verstrekte gegevens over de energieprestatie van de woningen in Nesselande.
- Uit de 2^e kolom blijkt op welke onderdelen het buitenklimaat meedoet. Indien het buitenklimaat niet gelijk is aan het TRY, dan zijn correcties noodzakelijk.
- Uit de 3^e kolom blijkt op welke onderdelen gedrag van bewoners meedoet. Gedrag is een belangrijke invloedsparameter voor het warmtegebruik.

3 TYPERING WONINGEN NESSELANDE

Bij de dienst Stedenbouw, Wonen en Verkeer van de gemeente Rotterdam zijn de bij de bouwaanvraag ingediende EPC-berekeningen opgevraagd. Daaruit hebben we een (representatieve) selectie gemaakt. Representatief wil in dit geval zeggen dat we niet alle berekeningen hebben meegenomen, maar een selectie van woningen hebben gemaakt die de gehele bandbreedte van het normatieve energiegebruik doorlopen. De in NEN 5128 toepasselijke parameters van de geselecteerde woningen zijn de volgende.

Parameter NEN 5128	A_g	A_v	A_v/A_g	$\Sigma A_v U_a$	ΣA_{glas}	$q_{v10;sp}$	q_v
Woningtype Dimensie	m^2	m^2	1	W/K	m^2	$dm^3/s/m^2$	dm^3/s
Tussenwoning (20 D woningen)	114,3	215,1	1,88	93,1	21,9	1,00	114,3
Hoekwoning (20 D woningen)	114,3	261,2	2,29	113,7	27,1	1,00	114,3
Standaard hoekwoning Plataan	114,3	227,6	1,99	97,6	22,9	1,00	114,3
Tussenwoning met uitbouw woonkamer	132,3	215,6	1,63	93,2	21,9	1,00	132,3
Woningtype 4B (45 woningen)	101,4	186,1	1,84	93,2	18,2	1,43	145,0
Woningtype B+ (51 lintwoningen)	156,6	320,1	2,04	134,6	23,8	1,28	200,0
Woningtype U-vrij (51 lintwoningen)	168,2	399,4	2,37	165,8	28,4	1,19	200,0
Woningtype B+ var-1200 optie 2 (51 lw)	170,1	351,9	2,07	167,3	27,2	1,18	200,0
Woning type U kop met optie 3 (51 lw)	179,8	377,9	2,10	167,3	34,9	1,11	200,0
Woning type U kop met optie 1 (51 lw)	183,3	365,4	1,99	169,0	39,1	1,09	200,0

Tabel 3-1 Energetische parameters woningen Nesselande

Een verklaring van de in de tabel opgenomen parameters is terug te vinden in de lijst van afkortingen en symbolen (na de inhoudsopgave). We zien in de tabel het volgende:

- De woningen variëren qua gebruiksoppervlak van 101,4 tot 183,3m². Het gaat hier om vrij grote woningen.
- Het verliesoppervlak varieert van 186,1 tot 399,4m².
- Het warmteverlies per graad temperatuurverschil varieert van 93,1 tot 169 W/K. In de norm wordt dit vermenigvuldigd met een gemiddeld temperatuurverschil van $18 - 5 = 13K$ en met een stookseizoen van 212 dagen. Zodoende varieert het normatieve warmteverlies door de schil hier van 22,2 tot 40,2 GJ per jaar. Let op dat dit niet het enige verlies is; er komt nog ventilatieverlies bij. Verder zijn er weer aftrekposten vanwege interne energie en passieve zonne-energie.
- Voor het normatieve specifieke energiegebruik is de verhouding van beide oppervlakken belangrijk; die varieert van 1,63 tot 2,37.
- De luchtdoorlatendheid van de woningen varieert van 1 tot 1,43 liter/s/m².

Er is nergens gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning voorzien en de desbetreffende parameter is daarom in de tabel niet opgenomen.

We gebruiken deze kengetallen voor het bepalen van het primaire energiegebruik en van het bruto warmtegebruik.

4 TYPERING ENERGIEGEBRUIK

We maken bij het typeren van de woningen onderscheid in primair energiegebruik (brandstof volgens NEN 5128) en in bruto warmtegebruik (gaat door de warmtemeter).

4.1 Primair energiegebruik

De EPC van een woning is, volgens NEN 5128, als volgt gedefinieerd:

$$EPC = \frac{Q_{pres}}{330 \cdot A_g + 65 \cdot A_v}$$

Formule 1 Definitie EPC

Als we A_g , A_v en de EPC kennen, dan ligt de energieprestatie (in MJ) vast, dus:

$$Q_{pres} = EPC \cdot (330 \cdot A_g + 65 \cdot A_v)$$

Formule 2 Definitie energieprestatie

De energieprestatie is samengesteld uit de volgende componenten:

$$Q_{pres} = Q_{verw} + Q_{hulp} + Q_{vent} + Q_{verl} + Q_{tap}$$

Formule 3 Componenten energieprestatie

Hulpenergie en energie voor ventilatie en verlichting zijn forfaitaire waarden en daarom kunnen we de aan ruimteverwarming en aan warm tapwater toe te rekenen hoeveelheid energie bepalen. In de volgende tabel hebben we dat gedaan voor de geselecteerde woningen. In de norm wordt de prestatie in MJ uitgedrukt. Wij gebruiken de eenheid GJ omdat dit de tariefgrondslag is voor gemeten en af te rekenen warmtegebruik.

Parameter NEN 5128	EPC	q_{pres}	Q_{pres}	$Q_{pr;el}$	$Q_{pr;tap}$	$Q_{pr;rv}$
Woningtype Dimensie	1	MJ/m ²	GJ	GJ	GJ	GJ
Tussenwoning (20 D woningen)	0,98	443	50,7	8,2	13,1	29,3
Hoekwoning (20 D woningen)	0,99	474	54,2	8,2	13,1	32,8
Standaard hoekwoning Plataan	0,98	450	51,5	8,2	13,1	30,1
Tussenwoning met uitbouw woonkamer	0,97	423	55,9	9,5	15,1	31,3
Woningtype 4B (45 woningen)	0,94	422	42,8	7,3	11,6	23,9
Woningtype B+ (51 lintwoningen)	0,91	421	66,0	11,3	17,9	36,8
Woningtype U-vrij (51 lintwoningen)	0,93	450	75,8	12,1	19,3	44,4
Woningtype B+ var-1200 optie 2 (51 lw)	0,92	427	72,7	12,2	19,5	41,0
Woning type U kop met optie 3 (51 lw)	0,91	425	76,3	12,9	20,6	42,8
Woning type U kop met optie 1 (51 lw)	0,90	414	75,8	13,2	21,0	41,6

Tabel 4-1 Primair energiegebruik woningen Nesselande

Passen we dus NEN 5128 toe, dan zien we dat het primaire energiegebruik voor ruimteverwarming (volgens de norm) zal variëren van 23,9 tot 44,4GJ per jaar. Voor warm tapwater zal het primaire energiegebruik variëren van 11,6 tot 21,0GJ per jaar. Genoemde getalswaarden zijn in de tabel met gele achtergrond gemarkeerd (grijs uiteraard vanuit een zwart-wit printer).

4.2 Bruto warmtevraag

Het primaire energiegebruik volgens de norm kan worden teruggerekend naar bruto warmtevraag (ter plaatse van de warmtemeter) door de conversierendementen daarop toe te passen. Voor externe warmtelevering is dat (in de norm) erg overzichtelijk. Het rendement voor verwarming is 100% (zowel voor ruimteverwarming als voor warm tapwater). Voor warm tapwater dient volgens de norm een correctiefactor van 80% toegepast te worden. De resultaten zijn in de volgende tabel weergegeven.

Parameter NEN 5128	$Q_{br,tap}$	$Q_{br,rv}$	$Q_{br,w}$
Woningtype Dimensie	GJ	GJ	GJ
Tussenwoning (20 D woningen)	10,5	29,3	39,8
Hoekwoning (20 D woningen)	10,5	32,8	43,3
Standaard hoekwoning Plataan	10,5	30,1	40,6
Tussenwoning met uitbouw woonkamer	12,1	31,3	43,4
Woningtype 4B (45 woningen)	9,3	23,9	33,2
Woningtype B+ (51 lintwoningen)	14,3	36,8	51,1
Woningtype U-vrij (51 lintwoningen)	15,4	44,4	59,8
Woningtype B+ var-1200 optie 2 (51 lw)	15,6	41,0	56,5
Woning type U kop met optie 3 (51 lw)	16,5	42,8	59,3
Woning type U kop met optie 1 (51 lw)	16,8	41,6	58,4

Tabel 4-2 Bruto warmtevraag woningen Nesselande

Passen we dus NEN 5128 toe, dan zien we dat het bruto warmtegebruik voor ruimteverwarming (ter plaatse van de warmtemeter) zal variëren van 23,9 tot 44,4 GJ per jaar. Voor warm tapwater zal het bruto warmtegebruik variëren van 9,3 tot 16,8 GJ per jaar. Het totale bruto warmtegebruik varieert zodoende van 33,2 tot 59,8 GJ per jaar. Genoemde getalswaarden zijn in de tabel weer met gele achtergrond gemarkeerd.

4.3 Warm tapwater

Gebruik van warm tapwater wordt in de norm forfaitair behandeld en opgehangen aan het gebruiksoppervlak van een woning; zo werkt dit in de praktijk natuurlijk niet. Wat mogen we daarvan in werkelijkheid dan verwachten? Dat wordt doorslaggevend bepaald door gedrag.

In onderstaande tabel zijn een aantal warm water tapsoorten benoemd. Per tapsoort is aangegeven hoeveel warmte er wordt gebruikt per tapbeurt.

	Dimensie	Douche	Douche	Bad	Afwas	Poetsen	Toestel	Totaal
Per tapping	Debiet	liter/min	5	10	15	5	10	
	Temperatuur	°C	38	38	38	40	40	
	Vermogen	kW	9,8	19,6	29,4	10,5	21,0	0,04
	Duur	minuten	5	15	11	2	1	
	Volume	liter	25	150	165	10	10	
	Energie	MJ/keer	2,94	17,64	19,40	1,26	1,26	42,50

Tabel 4-3 Warmtegebruik per tapbeurt

Volwassenen douchen zuinig (5 liter/minuut) en zijn snel klaar (5 minuten) en gebruiken zo 2,94MJ per keer. Kinderen maken er een feest van (10 liter/minuut) en blijven langer onder de douche staan (15 minuten) en gebruiken zo 17,64MJ per keer. Voor het vullen van een bad is 165liter nodig; dat kost 19,4MJ per keer. Voor afwassen en poetsen (een emmer met warm water) wordt per keer 1,26MJ gebruikt. Met deze tapbeurten stellen we een week samen. Dat kan er goed als volgt uitzien.

		Dimensie	Douche	Douche	Bad	Afwas	Poetsen	Toestel	Totaal
Per week	Aantal	keer	7	7	2	14	10		
	Duur	uren	0,58	1,75	0,37	0,47	0,17		
	Volume	liter	175	1.050	330	140	100		
	Energie	MJ/week	20,6	123,5	38,8	17,6	12,6		213,1

Tabel 4-4 Warmtegebruik voor tappen per week

Er wordt door één kind en één volwassene iedere dag een douche genomen en in het weekeind wordt er twee keer een bad genomen. Er wordt twee maal per dag afgewassen en er wordt op werkdagen gepoetst waarvoor ook warm water nodig is. Met deze modelweek stellen we een jaar samen.

		Dimensie	Douche	Douche	Bad	Afwas	Poetsen	Toestel	Totaal
Per jaar	Aantal	keer	336	336	96	672	480		
	Duur	uren	28,0	84,0	17,6	22,4	8,0	8.760	
	Volume	m3	8,4	50,4	15,8	6,7	4,8		
	Netto energie	GJ/jaar	0,99	5,93	1,86	0,85	0,60		10,23
	Systeemrendement	1	74%	74%	74%	74%	74%		68%
	Bruto energie	GJ/jaar	1,33	8,01	2,52	1,14	0,82	1,26	15,08

Tabel 4-5 Warmtegebruik voor tappen per jaar

In dit geval bestaat het jaar uit 48 weken; het gezin is gedurende 4 weken met vakantie. Er treden nog verliezen op door tapleidingen in de woning en door het taptoestel in de afleverzet. Het gezin van deze tabel heeft een bruto tapgebruik van 15GJ/jaar. Daarvan is 3,6GJ/jaar verlies door leidingen in de woning en ruim 1,26GJ/jaar verlies van het taptoestel (de afleverzet). Zie dus dat een tapgebruik van 9 tot 17GJ/jaar (zoals volgens de norm voor woningen in Nesselande van toepassing) nog niet zo gek is.

Met bovenstaande tabellen (vooral Tabel 4-3 Warmtegebruik per tapbeurt) kan ieder voor zich (in Nesselande) zijn eigen warmtegebruik, voor warm water tappen, schatten.

4.4 Droogstoken

Het gaat in Nesselande om nieuwe woningen en daarin zit nog bouwvocht als ze in gebruik genomen worden. We maken daarom een schatting van het effect daarvan op het warmtegebruik voor ruimteverwarming.

Voor het opwarmen van 1 liter water van 10 naar 20°C is 0,042MJ warmte nodig. Voor het verdampen van 1 liter water is 2,258MJ warmte nodig. Als bouwvocht verwijderd moet worden met warmte dan is daarvoor dus circa 2,3MJ per liter bouwvocht nodig.

De vraag is nu om hoeveel bouwvocht het gaat en óf dit wel allemaal ten koste gaat van warmte. Dat is afhankelijk van het tijdstip van opleveren en van de moeite die door de aannemer is gedaan om vocht door middel van ventilatie af te voeren gedurende de bouwperiode. Dat weten we allemaal niet, dus we maken een schatting.

Bouwvocht zit in beton, in metselwerk en in pleisterwerk. Metselwerk in het buitenblad van een buitenmuur doet (vrijwel) niet mee omdat dit aan de buitenkant van de isolatie zit. Metselwerk in het binnenblad van een buitenmuur doet maar weinig mee omdat vochttransport vrijwel geheel van binnen naar buiten plaatsvindt. Het gaat dus in hoofdzaak om de vloeren en de binnenmuren. Het volume aan bouwmaterialen is afhankelijk van de grootte van een woning. We nemen de tabel met geselecteerde woningen en schatten als volgt:

- Vloeren zijn gelijk aan A_g en zijn 0,25m dik
- Binnenwanden zijn gebaseerd op een kameroppervlak van gemiddeld 25m², een verdiepinghoogte van 2,5m en een dikte van 0,14m.
- Buitenwanden zijn gebaseerd op A_v minus A_{glas} , voor 50% gemetseld, hebben een dikte van 0,125m en doen voor 50% mee (vocht naar buiten).
- Het bouwvolume bevat 10 % vocht bij oplevering.

Zo kunnen we de volgende tabel maken.

Vloeren / wanden	vloeren	binnenmuur	buitenmuur	vocht	warmte	
Woningtype	Dimensie	m ³	m ³	m ³	liter	GJ
Tussenwoning (20 D woningen)		28,6	16,0	2,1	4.670	10,7
Hoekwoning (20 D woningen)		28,6	16,0	2,8	4.734	10,9
Standaard hoekwoning Plataan		28,6	16,0	2,3	4.688	10,8
Tussenwoning met uitbouw woonkamer		33,1	18,5	2,0	5.359	12,3
Woningtype 4B (45 woningen)		25,4	14,2	1,8	4.138	9,5
Woningtype B+ (51 lintwoningen)		39,2	21,9	3,4	6.450	14,8
Woningtype U-vrij (51 lintwoningen)		42,1	23,5	4,5	7.008	16,1
Woningtype B+ var-1200 optie 2 (51 lw)		42,5	23,8	3,7	7.008	16,1
Woning type U kop met optie 3 (51 lw)		45,0	25,2	4,0	7.408	17,0
Woning type U kop met optie 1 (51 lw)		45,8	25,7	3,7	7.515	17,3

Tabel 4-6 Schatting warmtegebruik voor bouwvocht

Als dus het aanwezige bouwvocht volledig met warmte moet worden afgevoerd, dan is daarvoor 9,5 tot 17,3GJ noodzakelijk. Gezegd kan worden dat voor woningen die in september werden opgeleverd de berekende warmtehoeveelheid geheel ten laste van de warmterekening moet zijn gegaan. Woningen die in maart werden opgeleverd zullen er vrijwel geen last van hebben gehad omdat ventilatie in de zomermaanden geen warmtevraag (door de meter) oplevert. Zodoende nemen we deze post voor 0 tot 100% mee in de bepaling van de bandbreedte van de warmtevraag.

4.5 Bandbreedte warmtevraag

Met een slag om de arm (vanwege onvoorspelbaar gedrag) concluderen we voor de woningen in Nesselande het volgende:

Het te verwachten warmtegebruik ligt tussen:

- 24 tot 45GJ/jaar voor ruimteverwarming,
- 6 tot 20GJ/jaar voor warm tapwater,
- 0 tot 17GJ/jaar voor bouwvocht (bij nieuwe woningen)
- 30 tot 82GJ/jaar warmtegebruik totaal.

Met de hierboven gegeven bandbreedte zullen de steekproeven en zal de enquête opgezet moeten worden.

5 OPGENOMEN WARMTEGEBRUIK

Eneco Energie heeft gegevens ter beschikking gesteld van opgenomen meterstanden over de periode 19 mei 2005 tot 6 juni 2006. Het gaat dus om recente opnames van ongeveer één jaar. De (warmte)meters worden op verschillende manieren opgenomen. Bewoners kunnen de meterstand doorbellen of via Internet opgeven. Soms worden de meterstanden geschat om ze na 1 of 2 jaar definitief op te nemen en dan de verschillen met de geschatte waarden te verrekenen. Ten slotte worden ook de meterstanden opgenomen door meteropnemers van Eneco Energie. Het ter beschikking gestelde bestand kan als volgt getypeerd worden:

- Het gaat om 1417 opnameregels.
- Van 137 regels is de beginstand geschat.
- Van 1280 regels is de beginstand opgenomen.
- Alle eindstanden zijn opgenomen.
- Er zijn 38 regels die zakelijke klanten betreffen (winkels e.d.).
- Er zijn 131 regels met nulgebruik.

De zakelijke klanten moeten (per definitie) buiten beschouwing blijven. De nulgebruiken betreffen verkeerde opnames, meterwisseling o.i.d. en moeten eveneens buiten beschouwing blijven. De geschatte beginstanden zouden natuurlijk verkeerd geschat kunnen zijn. Dat hebben we gecontroleerd en dat blijkt wel mee te vallen. We laten die regels er daarom inzitten. Met de 1252 overgebleven opnames (van de 1417) gaan we aan de slag.

5.1 Toegepaste statistiek

Voor de analyse van het warmtegebruik passen we statistiek toe. Warmtegebruik is normaal verdeeld, als dat geheel door het toeval wordt bepaald. Het gaat erom dat als een aantal gezinnen van gelijke samenstelling, met hetzelfde leefpatroon, gedurende precies dezelfde periode in een volkomen identieke woning woont, hun warmtegebruik toch niet gelijk zal zijn. Wat bedoelen we daar nu mee? De klassieke vergelijking is de dobbelsteen (met zes uitkomsten). Waarom is het aantal ogen dat boven ligt niet altijd gelijk, terwijl de dobbelsteen volkomen symmetrisch is en niet verandert? Dat komt door de manier van vasthouden, door de snelheid van werpen, door de ongelijkmatigheid van het oppervlak waarover de dobbelsteen rolt et cetera. Het gaat om omstandigheden waarop we geen invloed hebben of die we niet kennen. Zo is het ook bij warmtegebruik.

Warmtegebruik wordt bepaald door de grootte van de woning, door de ligging van de woning, door de oriëntatie ten opzichte van de zon, door de samenstelling van het gezin dat er woont, door het tijdstip van opstaan, door het tijdstip van thuiskomen, door de uitstapjes in het weekend, door de instelling van de thermostaat, door het buitenklimaat, door het openzetten van de ramen in de slaapkamers om te luchten, door bouwvocht en ga zo maar door. Hoe brengen we daar nu enige orde in? Warmtegebruik is deels voorspelbaar. Het gaat erom dat als we alles wat voorspelbaar is kunnen beschrijven, de rest dus vanzelfsprekend onvoorspelbaar moet zijn, door het toeval wordt bepaald en normaal verdeeld moet zijn. Maar als we nu moeten vaststellen dat deze rest niet normaal verdeeld is? Dan is er kennelijk nog steeds iets systematisch aan de hand dat we niet op voorhand hebben kunnen voorspellen. En dat is waar we naar op zoek zijn.

We gaan dus het opgenomen warmtegebruik corrigeren (of normeren) met alles wat we weten of vermoeden. Na alle correcties houden we een toevalsvariabele over (althans

dat is de hypothese) en die moet normaal verdeeld zijn. Als dat niet het geval is, dan beschouwen we het verschil van de gevonden verdeling met de normaalverdeling. Het verschil moet ons de wetenschap geven over het (systematische) probleem waarover de bewoners bij Eneco Energie hebben geklaagd.

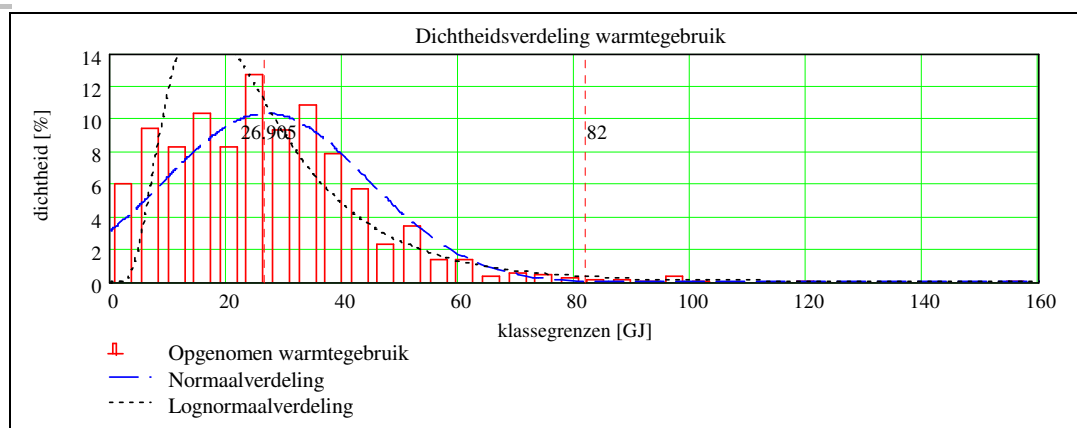
Welke variabele moet normaal verdeeld zijn? Daarover kan verschil van opvatting zijn. Het gaat erom dat energiegebruik niet kleiner dan nul is en dan kan dit feitelijk nooit normaal verdeeld zijn, omdat een normaalverdeling nu eenmaal oneindig doorloopt. We gebruiken daarom twee hypothesen, namelijk:

1. Het warmtegebruik (in GJ/jaar) is normaal verdeeld.
2. De logaritme van het warmtegebruik (in GJ/jaar) is normaal verdeeld; deze verdeling wordt lognormaalverdeling genoemd.

De 2^e hypothese is kansrijk omdat logaritmen (ook) niet kleiner dan nul kunnen zijn. We laten in de volgende hoofdstukken deze twee hypothesen aan bod komen.

5.2 Typering opgenomen warmtegebruik

Voor het typeren van het warmtegebruik maken we eerst een dichtheidsverdeling. De door Eneco Energie ter beschikking gestelde registratie betreft 1252 (overgebleven) regels en daarvan varieert het warmtegebruik van 0,04 tot 162,65GJ. Bij het maken van een dichtheidsverdeling is het gebruikelijk het aantal klassen gelijk te kiezen aan de wortel uit de populatie. Zo komen we aan 35,369 en dat worden 36 klassen. De breedte per klasse wordt dan 4,518GJ. De dichtheidsverdeling is als volgt.



Figuur 5-1 Dichtheidsverdeling warmtegebruik

Er zijn een aantal extreme waarden bij, namelijk 162,65GJ, 155GJ, 121,47GJ en 103GJ. Die vallen allemaal in een eigen klasse en leveren zo een dichtheid op van $1 / 1252 \times 100\% = 0,08\%$. Dat zien we niet terug in de afbeelding. Het gemiddelde bedraagt 26,905GJ. Dat is vrij laag en dat komt omdat er nogal wat klanten in het bestand zitten waarvoor de opnameperiode laag is. De spreiding is 17,444GJ en dat is hoog, gelet op het gemiddelde. Met deze statistische kengetallen is ook de normaalverdeling en de lognormaalverdeling getekend (zie de blauwe gestreepte lijn en de zwart gestippelde lijn). We hebben in de figuur meteen de bovengrens van de bandbreedte aangegeven. Het histogram en de verdelingen liggen niet op elkaar. De ongelijkheid kunnen we in drie kengetallen uitdrukken. Dat doen we hier alleen voor de normaalverdeling omdat die (op het oog) het beste past.

1. Scheefheid

Een normaalverdeling is symmetrisch. De scheefheid is dan nul. Bepalen we de scheefheid van het opgenomen gebruik dan is die 1,53 (dus positief) en dit betekent dat de meeste waarden in de buurt van de oorsprong liggen. Dat is te zien

2. Gepiekttheid

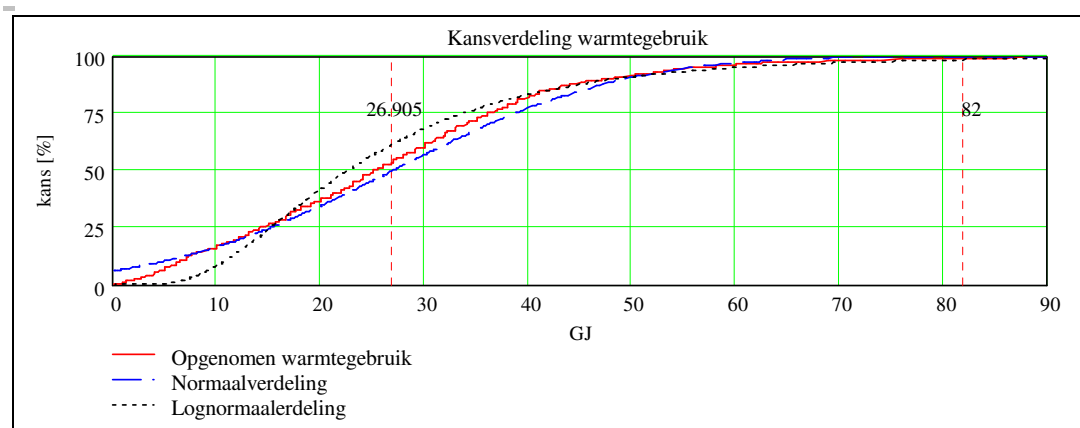
De gepiekttheid (de vorm) wordt afgemeten aan die van de normaalverdeling. Voor een normaalverdeling geldt een gepiekttheid van 1. Bepalen we dit van het opgenomen gebruik dan is die 6,465 (veel groter dan 1). De verdeling is sterk gepiekt en niet vlak. Ook dit kunnen we in de figuur zien.

3. Correlatiecoëfficiënt

De derde manier is om naar de correlatie te kijken tussen de werkelijke verdeling van de warmtevraag en de normaalverdeling van de warmtevraag, die idealiter op elkaar zouden moeten liggen. Dit wordt beoordeeld met de correlatiecoëfficiënt van beide verdelingen. Liggen de verdelingen op elkaar dan is de correlatiecoëfficiënt gelijk aan 1. In dit geval is de correlatiecoëfficiënt 99,66% en dat is vrij hoog.

Niet alle gebruikperiodes zijn gelijk zijn en daarom is de betekenis van de kengetallen (hier nog) niet groot.

De drie verdelingen kunnen we ook als kansverdeling weergegeven. We sorteren het gebruik en zetten dat uit tegen een schaal van 0 tot 100%. Dat gaat als volgt:



Figuur 5-2 Kansverdeling warmtegebruik

Hier zien we goed dat de normaalverdeling beter past op de verdeling van het warmtegebruik. Het bedrog zit hem in het oneindig doorlopen van de normaalverdeling. De weergegeven normaalverdeling kent negatieve gebruiken en die zijn er niet. Zie daarom ook dat de kans bij een warmtegebruik van 0GJ groter dan nul is; 6,18% om precies te zijn. Dat is ook de reden waarom we de lognormaalverdeling hier beproeven omdat die onder nul niet bestaat, net zoals het werkelijke warmtegebruik.

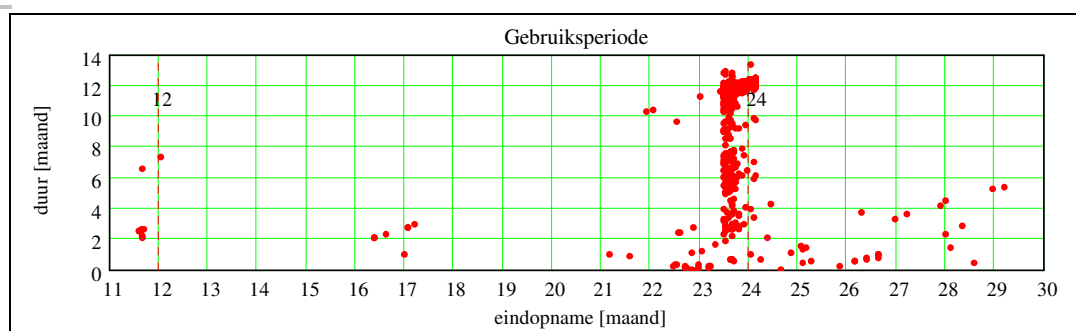
5.3 Normeren van het warmtegebruik

Voor normeren brengen we alle opgenomen gebruiken terug naar een gebruik dat met het buitenklimaat volgens NEN 5128 zou zijn vastgesteld, althans voor zover we daartoe in staat zijn. Er is op dit punt één moeilijkheid. We hebben weliswaar de berekeningen

van de EPC van de dienst Stedenbouw, Wonen en Verkeer ontvangen, maar bij welke adressen die horen weten we niet. We kunnen dus niet alles corrigeren zoals we dat zouden willen. De correcties, die we wél kunnen doorvoeren zijn de volgende.

5.3.1 Gebruiksperiode

De opname-intervallen zijn niet gelijk en de datum waarop de registratie eindigt (en begint) ook niet. Het beeld is als volgt.



Figuur 5-3 Gebruiksduur versus eindopname

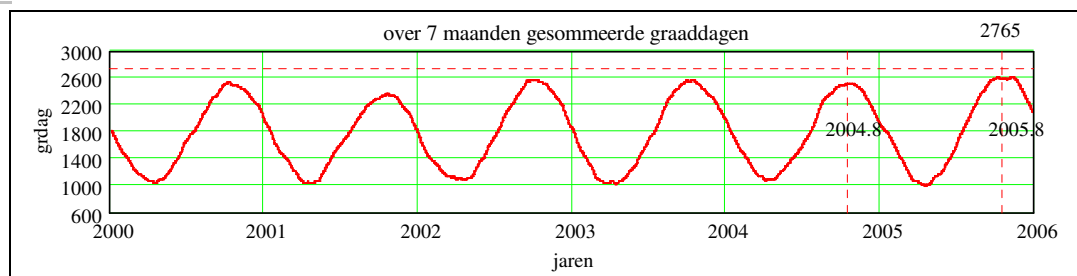
Deze figuur begint met maand 12 op 1 december 2004 en eindigt op 30 juni 2006 met maand 30. De maanden zijn dus doorgenummerd. De jaarwisselingen zijn, voor de duidelijkheid gemarkeerd op eind maand 12 en op eind maand 24. We zien dat de gebruikperiodes variëren van nul tot (haast) 14 maanden. Verreweg de meeste eindopnames hebben plaatsgevonden in december 2005, maar dus niet allemaal.

Posten in de warmtebalans, die zijn gerelateerd aan de duur van de gebruikperiode zijn warmtegebruik voor warm tapwater en interne warmtebronnen. We corrigeren deze posten met de gebruikperiode omdat dit type gebruik als ongeveer constant per dag verondersteld mag worden.

- Het tapgebruik stellen we (arbitrair) op 12GJ per jaar. Voor een gebruikperiode van 14 maanden corrigeren we het warmtegebruik dus met - 2GJ om op een jaargebruik uit te komen. Evenzo wordt een gebruikperiode van 2 maanden met + 10GJ gecorrigeerd om ook op een jaargebruik uit te komen.
- De interne warmtebronnen behandelen we in overeenstemming met NEN 5128 en dat is 110MJ/m², vrijkomend over een periode van 212 dagen. Dit komt overeen met 0,52MJ/m² gebruiksoppervlak per dag. Dit wordt alleen in rekening gebracht als er warmtevraag is.

5.3.2 Buitentemperatuur

In NEN 5128 is het stookseizoen 7 maanden (212 dagen) en is de gemiddelde buitentemperatuur 5°C. Er wordt dus gerekend met $(18 - 5) \times 212 = 2.765$ graaddagen. Voor het buitenklimaat in Nesseland kijken we naar Zestienhoven; dat ligt voldoende dichtbij. In de volgende figuur sommeren we het aantal graaddagen steeds over een periode van 7 maanden (212 dagen).

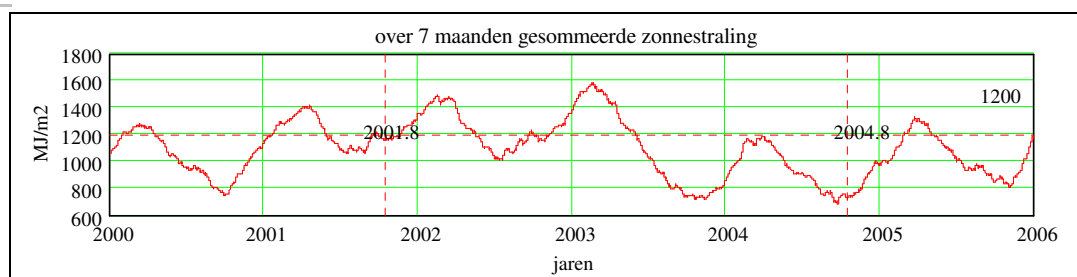


Figuur 5-4 Graaddagen van Zestienhoven

Het klimaat van Zestienhoven is gematigder dan het TRY. De gevonden maxima liggen op 2.520 graaddagen voor het stookseizoen 2004-2005 en 2.600 graaddagen voor het stookseizoen 2005-2006. We zullen voor deze maxima moeten corrigeren. Maar ook moeten we corrigeren voor woningen waarvan het opgenomen warmtegebruik buiten het stookseizoen valt. Dat kunnen we aan de hand van de buitentemperatuur van Zestienhoven prima bijhouden.

5.3.3 Zonnestraling

Passieve zonne-energie wordt in NEN 5128 in rekening gebracht met 1.200MJ/m² opvallende straling betrokken op zonbeschenen glasoppervlak, te rekenen gedurende een stookseizoen van 212 dagen. Dit komt overeen met 5,66MJ per m² zonbeschenen glasoppervlak per dag. We houden de analogie aan, maar gebruiken klimaatgegevens van Zestienhoven. In de volgende figuur sommeren we de zonnestraling op een gevel op het zuiden zoals dat afgeleid kan worden uit de meetgegevens van Zestienhoven.

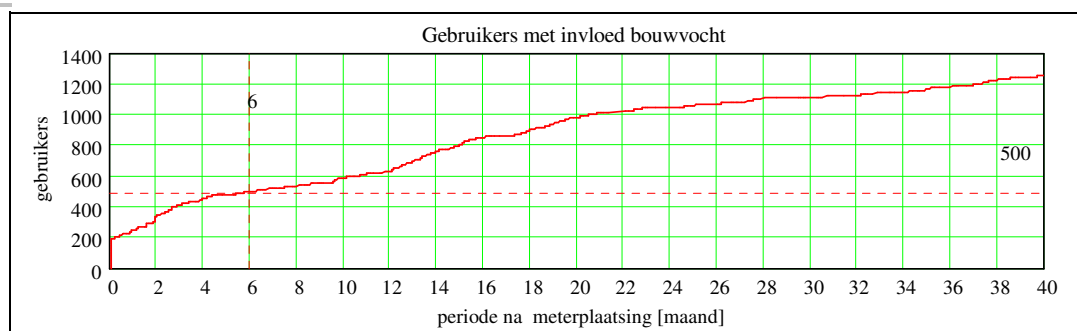


Figuur 5-5 Zonnestraling van Zestienhoven

Het effect is in NEN 5128 vrij groot als dat wordt afgemeten aan Zestienhoven. Zie dat het winterseizoen 2004-2005 een nogal bedekte periode heeft opgeleverd; de bijdrage van de zon bedraagt ongeveer 800MJ (vergelijk met 1200MJ voor het winterseizoen 2001-2002 en ook voor het TRY). We gebruiken 3% van het gebruiksoppervlak als direct beschenen en zondoorlatend glasoppervlak; dat komt neer op (orde) 4m² terwijl er 18 tot 40m² bruto glasoppervlak in de woningen zit. De passieve bijdrage van de zon wordt alleen in rekening gebracht als er warmtevraag is.

5.3.4 Bouwvocht

De hoeveelheid warmte gemoeid met te verwijderen bouwvocht meten we af aan de plaatsingsdatum van de warmtemeter. Dat is waarschijnlijk geen zuivere indicator, maar we hebben niet anders. Het beeld is als volgt.

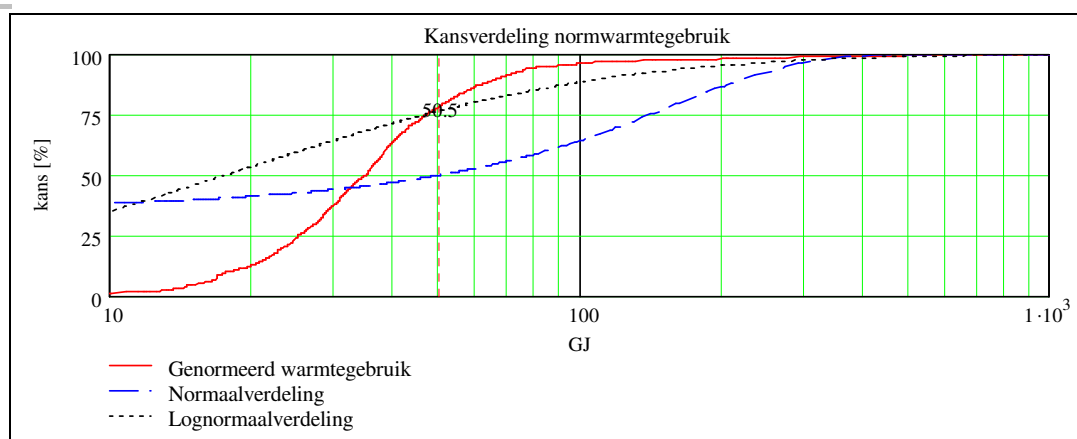


Figuur 5-6 Invloed droogstoken

De periode vanaf meterplaatsing tot aan de opname van de beginstand (in het door Eneco Energie ter beschikking gestelde bestand) loopt op tot haast 50 maanden. De 1^e meter is dan ook al op 28 augustus 2001 geplaatst. We gaan er vanuit dat droogstoken na een periode van een half jaar voorbij is. Daar hebben we dan ook een hulplijn in de figuur gezet. Het betreft 500 gebruikers (van de 1252) en dat is een niet te verwaarlozen aantal. De hoeveelheid warmte om bouwvocht te verwijderen is 9,5 tot 17,3GJ per woning. Omdat we niet weten waar de desbetreffende woningen zitten nemen we een gemiddelde van 13,4GJ. Het bouwvocht verdwijnt in 6 maanden en dat kost 73,4MJ per dag. Dit wordt alleen als correctie in rekening gebracht als de buitentemperatuur dan lager is dan 18°C (de grenstemperatuur voor het vaststellen van graaddagen). Als de beginstand van de warmtemeter wordt afgelezen 5 maanden na de plaatsingsdatum dan wordt met één maal 2,233GJ gecorrigeerd, maar ook alleen maar als dit de stookperiode betreft.

5.4 Genormeed warmtegebruik

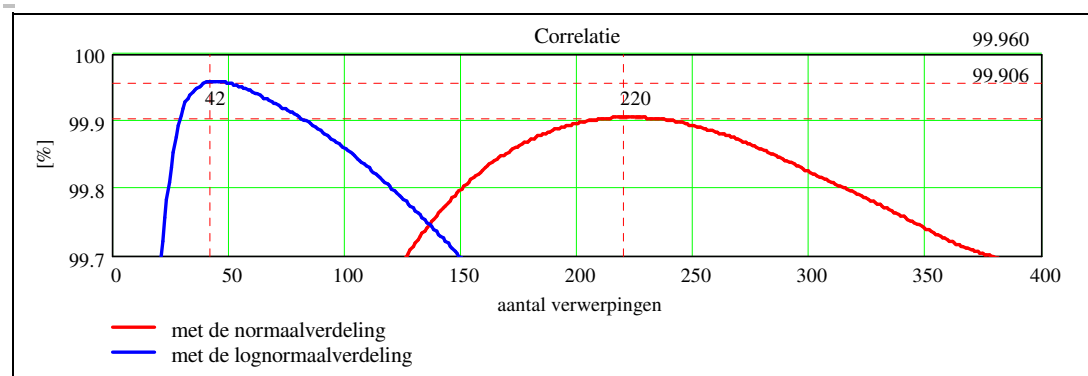
De kansverdeling van het genormeerde warmtegebruik ziet er nu als volgt uit.



Figuur 5-7 Kansverdeling genormeed warmtegebruik

Zie dat we de horizontale as met warmtegebruik logaritmisch hebben weergegeven. De grafiek zou anders niet te lezen zijn. Het gemiddelde bedraagt nu (maar liefst) 50,5GJ en er zitten dan ook een aantal extreme waarden in het genormeerde bestand. Die zijn zo hoog dat ze buiten de afgebeelde figuur vallen. Kijken we naar de kengetallen als scheefheid en gepiektheid dan zien we volkomen onzinnige waarden ontstaan. De correlatie met de normaalverdeling is 72,611% en dat is uiterst zwak gecorreleerd. De

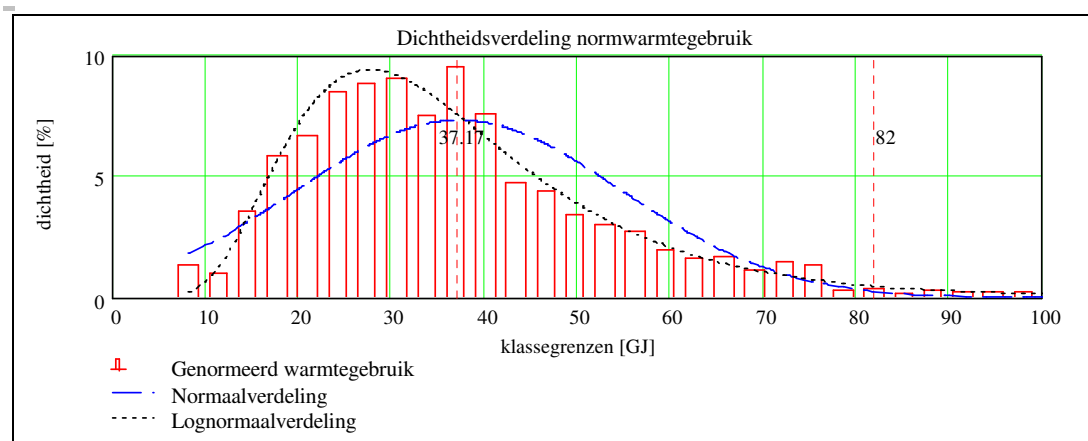
correlatie met de lognormaalverdeling is echter 96,217% en dat is hoopvol. Wat we dus gaan doen is extreme waarden verwerpen. Iedere verworpen waarde behoort (in beginsel) bij een adres die op de lijst van streekproeven moet komen. We houden de correlatie bij tijdens verwerpen van de extremen en dat levert dan het volgende beeld op.



Figuur 5-8 Correlatie als functie van aantal verwerpingen

We zien dat de correlatie met de lognormaalverdeling beduidend beter is dan met de normaalverdeling en dat hadden we feitelijk ook gehoopt, vanwege het feit dat er geen negatieve gebruiken bestaan bij de lognormaalverdeling. De maximale correlatie met de lognormaalverdeling is 99,960% met circa 40 verworpen (te hoge) gebruiken. De maximale correlatie met de normaalverdeling is 99,906% met circa 220 verworpen (te hoge) gebruiken.

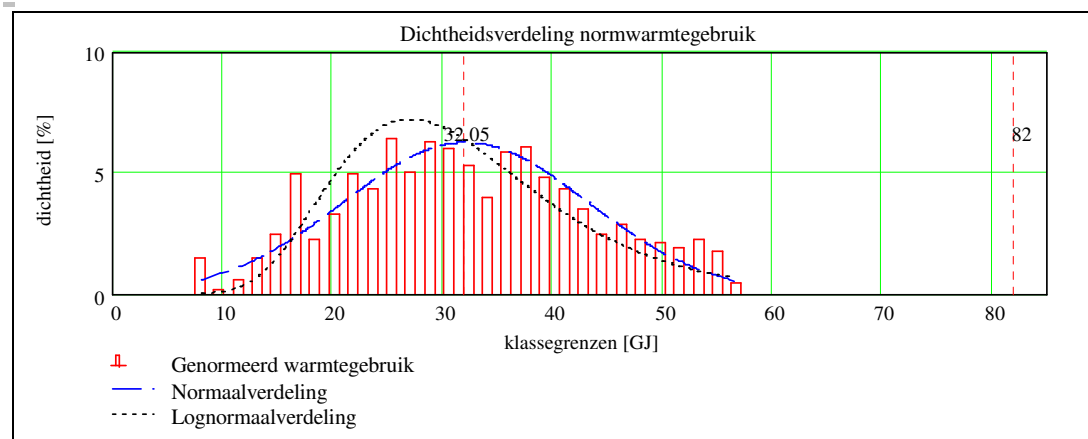
De vraag is nu hoeveel waarden we moeten verwerpen. Daar zijn we voorzichtig mee want het is natuurlijk niet te doen om de adressen van alle verworpen gebruiken te bezoeken en in de steekproef op te nemen. We laten zien wat er is gebeurd nadat 42 waarden zijn verworpen en de correlatie dus maximaal is.



Figuur 5-9 Dichtheidsverdeling bij 42 verworpen gebruiken

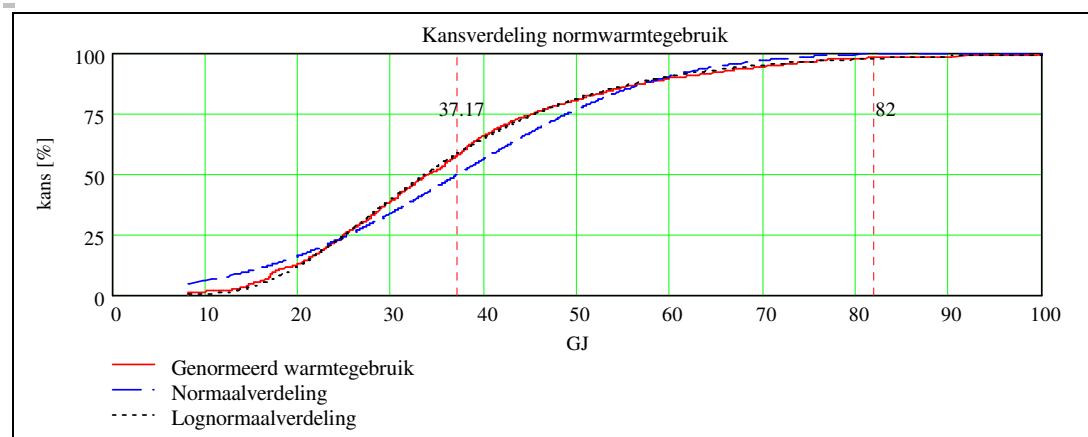
Het gemiddelde van dit gecorrigeerde bestand bedraagt nu 37,17GJ en dit gaat dus weer naar beneden omdat (te) hoge gebruiken worden verworpen. Let op dat nu het gemiddelde hoger is dan 26,905GJ van het opgenomen bestand en dat komt omdat we alle gebruiken hebben genormeerd op (precies) één jaar. Het maximale gebruik bedraagt nu 111,625GJ en alles daarboven is dus verworpen. Dit maximale gebruik

mogen we vergelijken met de eerder genoemde bovengrens van de bandbreedte. Die hebben we op 82GJ geschat. Er zitten dus nog steeds hogere gebruiken in het bestand dan we als grenswaarde redelijk hebben gevonden. Vervolgens laten zien wat er is gebeurt nadat 200 waarden zijn verworpen zoals zou moeten als de normaalverdeling representatief zou zijn.



Figuur 5-10 Dichtheidsverdeling bij 200 verworpen gebruiken

Hier zien we dat de er weliswaar ongeveer een normaalverdeling is ontstaan, maar het is verre van ideaal. We concluderen dat een lognormaalverdeling het warmtegebruik het beste beschrijft. We laten daarom de kansverdeling zien bij 42 verworpen gebruiken.



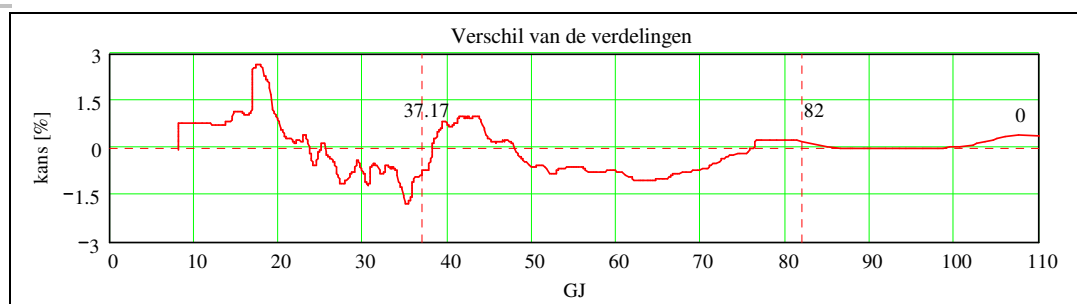
Figuur 5-11 Kansverdeling bij 42 verworpen gebruiken

Juist aan de kansverdelingen is de correlatie goed af te zien. De lognormaalverdeling blijkt de juiste verdeling te zijn.

5.5 Verschillen

De laatste stap in deze analyse is het vaststellen van de verschillen. Er zijn twee soorten verschillen.

- De 1^e soort wordt gevormd door de verworpen waarden en dat zijn er in dit geval 42.
- De 2^e soort wordt gevormd door de verschillen tussen de overblijvende opnames en de lognormaalverdeling. We trekken dus gewoon beide kansverdelingen van elkaar af. Het resultaat is als volgt.



Figuur 5-12 Verschillen bij 42 verworpen waarden

Er zijn vier groepen verschillen. Voor de kansverdeling van de genormeerde gebruiken ten opzichte van de lognormaalverdeling geldt:

1. Tot circa 25GJ ligt de verdeling erboven. Er zijn dus wat meer gebruiken die als zeer laag getypeerd kunnen worden.
2. Van circa 25GJ tot circa 48GJ wisselt het enigszins. In dit middengebied van het warmtegebruik denken we daaraan geen conclusies te moeten verbinden.
3. Van circa 48GJ tot circa 76GJ ligt de verdeling eronder. Er zijn dus wat minder gebruiken die tegen de 82GJ grens aanliggen.

6 CONCLUSIE EN AANBEVELING

De conclusies zijn als volgt.

Het onderzoek naar de bandbreedte levert een te verwachten warmtegebruik van:

- 24 tot 45GJ/jaar voor ruimteverwarming.
- 6 tot 20GJ/jaar voor warm tapwater.
- 0 tot 17GJ/jaar voor bouwvocht (bij nieuwe woningen).
- 30 tot 82GJ/jaar warmtegebruik totaal.

De statistische analyse van het opgenomen warmtegebruik levert op dat:

- Er 42 zeer hoge gebruiken onverklaard zijn.
- Er minder gebruiken aan de bovengrens (van 82GJ) liggen dan verwacht.
- Er veel gebruiken als zeer laag te typeren zijn.

Wij bevelen het volgende aan.

Wij stellen voor om de streekproeven te nemen uit de drie groepen die in de statistische analyse zijn getypeerd. Gezien het plan circa 30 steekproeven te nemen stellen we als verdeling voor:

- 20 steekproeven uit de groep van 42 statistisch) verworpen gebruiken..
- 5 steekproeven uit de groep van < 82GJ.
- 5 steekproeven uit de groep van < 25GJ.

In dit rapport nemen we nog geen gebruiksadressen op. Het gaat nu alleen om de methodiek. De lijst met gebruiksadressen waar we voorstellen de steekproef uit te voeren kan nu gemaakt worden.

=0=0=0=