



Planbureau voor de Leefomgeving

REFERENTIEVERBRUIK WARMTE WONINGEN II

Ontwikkeling van de methode voor het schatten van de warmtevraag van woningen

Boris van Beijnum, Wessel Poorthuis, Lydia Geijtenbeek en Ruud van den Wijngaart
08-10-2025

PBL



Colofon

Referentieverbruik warmte woningen II

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2025
PBL-publicatienummer: 5629

Contact

boris.vanbeijnum@pbl.nl

Auteurs

Boris van Beijnum, Wessel Poorthuis, Lydia Geijtenbeek en Ruud van den Wijngaart

Met dank aan

De auteurs bedanken Susanne Marr (CBS) voor haar inzet bij de doorontwikkeling van de methode achter het Referentieverbruik en Steven Heshusius (PBL) voor zijn werkzaamheden in relatie tot de gemeentebestanden.

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: van Beijnum et al. (2025), *Referentieverbruik warmte woningen II*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Disclaimer

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan, kan het PBL geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn het PBL, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

Inhoud

Colofon	2
Contact	2
Auteurs	2
Met dank aan	2
Toegankelijkheid	2
Disclaimer	2
1 Inleiding	4
1.1 Leeswijzer	6
2 Wat is het Referentieverbruik?	7
2.1 Methode Referentieverbruik op hoofdlijnen en voorbeeldberekening	9
2.1.1 Methode Referentieverbruik op hoofdlijnen en voorbeeldberekening	10
2.2 Waarvoor is het Referentieverbruik geschikt?	15
2.3 Positionering Referentieverbruik in een breder model- en informatielandschap	15
2.4 Referentieverbruik I: eenvoudige lineaire regressie	15
3 Doel, uitgangspunten en methode Referentieverbruik II	18
3.1 Referentieverbruik II: meervoudige lineaire regressie	19
3.1.1 Methodeaanpassingen Referentieverbruik II	21
3.1.2 Aanpassing lokale praktijkfactor	22
3.1.3 Andere toepassing SJV-extra correctie in combinatie met de lokale praktijkfactor	23
3.2 Effect zonnepanelen op het gasverbruik	23
3.3 Verschil resultaten vervolgstudie	25
4 Gebruikmaken van het Referentieverbruik	27
4.1 Dataset met Referentieverbruiken voor elke gemeente, de 'gemeentebestanden'	27
4.1.1 Bijsluiter en gebruikershandleiding	28
4.1.2 Onzekerheidsbandbreedte resultaten Referentieverbruik II	28
Referenties	30
Bijlagen	31
B1 Beschrijving Referentieverbruik I en II	31
B1.1 Het Referentieverbruik I model	31
B1.2 Het Referentieverbruik II model	31
B1.3 Onderzoeken voor verbetering van het model	32
B2 Overzicht statistisch relevante parameters warmteverbruik	39
B3 Geschatte en daadwerkelijke warmtevraag voor woningen met zon-pv	41
B4 Vergelijking tussen echte en geschatte warmtevraag, volgens beide modellen	43
B5 Vergelijking tussen de modellen	45
B6 Geschatte en daadwerkelijke warmtevraag voor woningen met vereenvoudigde (VEL) labels	51

1 Inleiding

Voor de transitie naar een aardgasvrije woningvoorraad is het van belang om een goed beeld te hebben van het gasverbruik van gebouwen. Het gasverbruik van gebouwen, voor verwarming, warm tapwater en koken, bepaalt namelijk in hoge mate de opgave waar we voor staan in de zogenoemde warmtetransitie. Omdat verwarming (van de ruimtes in het gebouw en van water) het grootste deel van het gasverbruik beslaat en we de nadruk willen leggen op de daadwerkelijke behoefte en niet op de energiedrager, spreken we in deze studie veelal over de 'warmtevraag' als aanduiding van de maatschappelijke behoefte en over de warmtetransitie als de maatschappelijke opgave achter het aardgasvrij maken.

Met de 'Referentieverbruik-methode' is het mogelijk om de (functionele) warmtevraag van individuele woningen te schatten op basis van het gemiddelde gemeten gasverbruik van vergelijkbare woningen. Het onderzoek waar deze publicatie onderdeel van uitmaakt is het project 'Referentieverbruik warmte woningen'. Met de term 'Referentieverbruik' wordt de warmtevraagschatting conform de Referentieverbruik-methode voor een individuele woning bedoeld. Wanneer wordt gerefereerd aan de individuele schattingen van meerdere woningen met de Referentieverbruik-methode spreken we van de 'Referentieverbruiken' van woningen.

De Referentieverbruik-methode geeft een schatting van de warmtevraag op het niveau van het individuele verblijfsobject (vbo-niveau). Het feit dat Referentieverbruiken op vbo-niveau worden bepaald, maakt dat de resultaten goed hanteerbaar zijn voor studies op diverse aggregatieniveaus. Denk hierbij aan: gemeentelijk, nationaal of voor een specifiek warmtekavel. De Referentieverbruik-methode biedt daarmee een startpunt voor bijvoorbeeld warmteprogramma's van gemeenten of studies door andere partijen. De Referentieverbruik-methode geeft een inschatting voor de warmtevraag van een woning op basis van gemiddelde statistische data van woningen met vergelijkbare kenmerken, waarbij rekening wordt gehouden met de grootte van de woning. Deze schatting geeft een gemiddeld beeld voor Nederland, maar houdt ook rekening met regionale verschillen in klimaat en lokale factoren die de warmtevraag beïnvloeden. Naast klimaatcorrecties, bevat de Referentieverbruik-methode een correctiefactor voor deze lokale verschillen, die wordt aangeduid als de 'lokale praktijkfactor'.

Bij het vaststellen van de Referentieverbruiken wordt ook rekening gehouden met privacywetgeving. Het gemeten gasverbruik van huishoudens valt namelijk onder de algemene verordening persoonsgegevens (AVG): dit betekent dat het energieverbruik van individuele huishoudens niet publiek toegankelijk is. Toch zijn realistische schattingen van de warmtevraag onmisbaar voor analyses van verduurzamingsmogelijkheden van woningen.. De Referentieverbruik-methode geeft daarom niet het gemeten gasverbruik van een huishouden, maar een schatting van de totale warmtevraag per individuele woning in Nederland. Dit wordt gedaan door kentallen van de gemiddelde warmtevraag voor verschillende groepen woningen te combineren met publiek toegankelijke woningkenmerken. Het werkelijke (gemeten) verbruik van een huishouden kan niet op basis van de schattingen worden herleid. Tegelijkertijd geeft de Referentieverbruik-methode wel een plausibele schatting van het verbruik van groepen woningen, indien voldoende woningen worden samengevoegd voor analyse: voor individuele woningen zijn in de praktijk nog grote afwijkingen mogelijk, onder andere door verschillen in bewonersgedrag.

De warmtevraag van individuele woningen is een persoonsgegeven, ook als het gaat om een modelschatting. Echter: omdat de Referentieverbruik-methode alleen gebruik maakt van

publiek toegankelijke informatie wordt de verwerking van het Referentieverbruik gezien als een ‘openbaar persoonsgegeven’, vergelijkbaar met [de WOZ-waarde per woning](#) of [het energielabel per woning](#).

Deze studie is een vervolg op de eerste Referentieverbruikstudie die is gepubliceerd in 2023 (van Beijnum et al., 2023) in het kader van het samenwerkingsprogramma ‘Verbetering van de Informatievoorziening voor de Energietransitie (VIVET)’¹. De berekening van de Referentieverbruiken was in eerste instantie eenmalig. Omdat het energieverbruik van huishoudens zich echter zal blijven ontwikkelen, kan het nodig zijn om opnieuw Referentieverbruiken vast te stellen op basis van recentere meetgegevens. Daarom is deze vervolgstudie, die in dit achtergronddocument wordt beschreven, opgezet door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Deze studie is gericht op methodeverbetering, waarbij onder andere is onderzocht hoe de berekening van de warmtevraag aangepast kan worden, zodat deze robuuster wordt en minder handmatige stappen vereist. Het wordt hierdoor makkelijker om het Referentieverbruik van verschillende jaren te berekenen, dus met meetgegevens van het gasverbruik van verschillende statistiekjaren.

De belangrijkste verandering in de vervolgstudie zit in de methode waarmee deze kengetallen worden afgeleid van de meetgegevens voor het gasverbruik. In de oorspronkelijke studie werden kengetallen voor de warmtevraag voor ruimteverwarming afgeleid met een eenvoudige lineaire regressieanalyse, uitgevoerd per groep woning met een specifieke combinatie van kenmerken. In de voorliggende vervolgstudie wordt gebruik gemaakt van meervoudige lineaire regressie waarbij het effect van individuele woningkenmerken én combinaties van bepaalde woningkenmerken wordt vastgesteld op basis van de gehele dataset. Hoewel de Referentieverbruik-methode is doorontwikkeld en vereenvoudigd, wordt nog steeds gebruik gemaakt van meetgegevens van het energieverbruik uit 2020. De woningen en bijbehorende verbruiksstatistieken waar de methode op is gebaseerd zijn dus niet veranderd ten opzichte van de oorspronkelijke publicatie in 2023 en ook de resultaten van de methode zijn vergelijkbaar met de resultaten van de oorspronkelijke methode.

Naast methodische verbeteringen is in de voorliggende studie ook een correctiemogelijkheid opgenomen voor de aanwezigheid van zonnepanelen. Correctiemogelijkheden voor de aanwezigheid van zonnepanelen zijn van belang omdat de Referentieverbruik-methode (indirect) gebruik maakt van het energielabel als proxy voor de isolatiekwaliteit van een woning, bij het schatten van de warmtevraag voor ruimteverwarming. In de bepalingmethode van het energielabel wordt de aanwezigheid van zonnepanelen en zonneboilers echter positief gewaardeerd; in andere woorden: indien een woning beschikt over zonnepanelen of een zonneboiler krijgt deze een beter energielabel². Dat kan bijvoorbeeld betekenen dat de gebouwschil van een woning met energielabel C met zonnepanelen, van mindere isolatiekwaliteit is dan de gebouwschil van een vergelijkbare woning met energielabel C zonder zonnepanelen. Gezien de toename van het aantal woningen met zonnepanelen, is daarom in een aanvullende analyse onderzocht in hoeverre de aanwezigheid van zonnepanelen de schatting van de warmtevraag met de Referentieverbruik-methode beïnvloed.

¹ Voor meer informatie, zie de [VIVET webpagina op de website van het PBL](#)

² De totstandkoming van het energielabel is van diverse factoren afhankelijk. Naast de isolatiekwaliteit van de gebouwschil zijn dit de (verwarmings)installaties, de compactheid van de woning (wat samenhangt met de warmteverliesoppervlakte) en de aanwezigheid van zonnepanelen of zonneboilers.

Voor het leesgemak refereren we aan de methode van de oorspronkelijke Referentieverbruikstudie uit 2023 (van Beijnum et al., 2023) als ‘Referentieverbruik I’. De methode die we in dit vervolgrapport beschrijven noemen we ‘Referentieverbruik II’.

1.1 Leeswijzer

Dit rapport gaat beknopt in op de verschillen in resultaten tussen Referentieverbruik I en II. Het CBS en het PBL hebben intensief samengewerkt in de doorontwikkeling van de Referentieverbruik-methode. De regressiecoëfficiënten voor de ruimteverwarmingsvraag zijn berekend door het CBS. Het PBL maakt de methode en de resultaten toegankelijk in de vorm van een dataproduct: ‘de gemeentebestanden’. Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- In hoofdstuk 2 wordt uitgelegd wat het Referentieverbruik is en hoe de methode op hoofdlijnen werkt. Verder wordt uitgelegd voor welke toepassingen de Referentieverbruik-methode kan worden gebruikt en hoe de methode moet worden begrepen in een breder model- en informatielandschap. Tot slot wordt in een aparte paragraaf specifiek ingegaan op de bepalingmethode van de regressiecoëfficiënten voor de ruimteverwarmingsvraag voor Referentieverbruik I.
- In hoofdstuk 3 wordt dieper ingegaan op het doel en de uitgangspunten van de vervolgstudie. Verder wordt dieper ingegaan op de methodeaanpassingen in Referentieverbruik II en worden de resultaten beschreven van een aanvullende analyse, waarin het effect van zonnepanelen op de warmtevraag van woningen is onderzocht. Tot slot wordt ingegaan op de verschillen in resultaten die het gevolg zijn van de methode-aanpassingen.
- In hoofdstuk 4 wordt uitgelegd hoe gemeenten en andere partijen in de warmtetransitie gebruik kunnen maken van de resultaten van Referentieverbruik II in de vorm van de zogeheten ‘gemeentebestanden’.

2 Wat is het Referentieverbruik?

Nederland heeft ongeveer 8 miljoen woningen, met elk zijn eigen energieverbruik. In analyses voor de energietransitie is het van belang een beeld te hebben van het energieverbruik van deze woningen. Het exacte verbruik van elk huishouden is niet openbaar bekend, daarom is een inschatting nodig wat dit verbruik is en hoe zich dat zou kunnen ontwikkelen.

Het energieverbruik van de meeste huishoudens in Nederland bestaat op dit moment uit gas- en elektriciteitsverbruik. Gas wordt vooral ingezet voor verwarming (van het huis en water) en in mindere mate voor koken. Elektriciteit wordt voor diverse toepassingen gebruikt. De verwarmingskant van het energieverbruik bestaat daarbij grofweg uit de volgende onderdelen:

- De vraag naar warmte voor het verwarmen van ruimtes in een woning, aangeduid als ruimteverwarming. Dit heeft over het algemeen het grootste aandeel in de totale warmtevraag van een woning
- De vraag naar warmte voor het verwarmen van warm water voor douchen of afwassen. Dit wordt aangeduid als de warmtevraag voor warm tapwater
- De gasvraag voor koken

Voor alle drie deze onderdelen bestaat een zogeheten³ ‘functionele vraag’ naar warmte: daarmee wordt de functioneel gebruikte energie bedoeld voor de beoogde toepassing (lees: ruimteverwarming, warm tapwater of koken), exclusief eventuele energieverliezen in de installaties. De functionele warmtevraag kan met verschillende energiedragers worden ingevuld, indien de woning over de juiste installaties beschikt. Zo kan in de warmtevraag worden voorzien met aardgas, via een HR-ketel, of met elektriciteit en omgevingswarmte door middel van een all-electric warmtepomp. Als energieverliezen in installaties worden meegenomen in de schatting van de warmtevraag, spreken we van de ‘metervraag’. De metervraag voor een bepaalde functie kan worden uitgedrukt in de behoefte aan een bepaalde energiedrager, zoals de hoeveelheid kWh elektriciteitsverbruik indien gebruik wordt gemaakt van een all-electric warmtepomp voor verwarming of het aantal m³ gasverbruik indien gebruik wordt gemaakt van een HR-ketel. Met de term ‘warmtevraag’ kan daarom de functionele vraag of de metervraag worden bedoeld, afhankelijk van of de verliezen in de installaties worden meegenomen.

Voor het gasverbruik voor de functies warm tapwater en koken wordt in de Referentieverbruik-methode gebruik gemaakt van kengetallen die eerder zijn vastgesteld door TNO voor Referentieverbruik I (van Beijnum et al., 2023). Het gasverbruik voor warm tapwater en koken wordt omgerekend naar functionele vraag, gebruikmakend van de rendementen van respectievelijk een HR-ketel voor warm tapwater en een gasfornuis (van der Molen et al., 2021). Kengetallen voor de functionele vraag voor ruimteverwarming worden ten behoeve van de Referentieverbruik-methode afgeleid van gemeten gasverbruiken van het CBS, onder andere gebruikmakend van het rendement van een HR-ketel.

³ Let op: in de terminologie van het PBL spreken we van ‘functionele vraag’ en ‘metervraag’. De terminologie kan echter verschillen per organisatie. In de terminologie van de huidige bepalingmethode van het energielabel (de NTA8800) wordt de term ‘netto warmtebehoefte’ gebruikt voor de functionele vraag.

De Referentieverbruik-methode is gericht op woningen die de warmtevraag invullen met aardgas en omdat de methode meestal wordt gebruikt om de totale metervraag— voor de functies ruimteverwarming, warm tapwater en koken— in te schatten in de vorm van een aardgasbehoefte, spreken we in dit rapport verder van het (gemeten) ‘gasverbruik’ van woningen in plaats van de warmtevraag⁴. Voor individuele functies (ruimteverwarming, warm tapwater en koken) spreken we nog wel van een (functionele) warmtevraag. De geschatte functionele vraag voor ruimteverwarming korten we verder af tot de ‘ruimteverwarmingsvraag’.

Zoals in de inleiding beschreven, is de ruimteverwarmingsvraag gebaseerd op het gemiddelde gemeten gasverbruik van groepen woningen met vergelijkbare woningkenmerken. De gehanteerde woningkenmerken zijn:

- Woningtype (W): vrijstaand, 2-onder-1-kap, rijwoning hoek, rijwoning tussen, meergezins (appartementen)
- Bouwperiode (B): elf verschillende bouwperiodes
- Eigendomstype (E): koop, particuliere huur of sociale huur
- De isolatiekwaliteit in de vorm van een schillabel (S): A tot en met G, met een aparte categorie voor woningen waarvan het label niet bekend is (zie onderstaand tekstkader ‘schillabel versus energielabel’ voor uitleg over het schillabel)
- Oppervlakte (O): als indicatie voor de grootte van de woning

Tabel 1 geeft een overzicht van de woningkenmerken (per kolom). De oppervlakte van de woning staat niet in de tabel, maar wordt gebruikt als onafhankelijke variabele in de regressieanalyse om tot regressiecoëfficiënten te komen voor de ruimteverwarmingsvraag. Het tekstkader onder Tabel 1 geeft uitleg over het schillabel en hoe het schillabel moet worden begrepen in relatie tot het meer algemeen bekende ‘energielabel’.

Tabel 1
Overzicht woningkenmerken

Woningtype (W)	Bouwperiode (B)	Eigendomstype (E)	Schillabel (S)
Vrijstaand	Tot en met 1945	Koop	A
2-onder-1-kap	1965-1991	Particuliere huur	B
Rijwoning hoekwoning	1975-1991	Sociale huur	C
Rijwoning tussenwoning	1992-2005		D
Appartement in een woongebouw tot en met 4 verdiepingen	1996-1999		E
Appartement in een woongebouw met 5 verdiepingen of meer	2000-2005		F
	2006-2010		G

⁴ Hoewel de Referentieverbruik-methode meestal wordt gebruikt om de gasbehoefte te berekenen kan de methode in bredere zin gebruikt worden om de transitieopgave in te schatten en daarmee de hoeveelheid energie die andere energiedragers moeten leveren in een aardgasvrij scenario bij ongewijzigde vraag.

Woningtype (W)	Bouwperiode (B)	Eigendomstype (E)	Schillabel (S)
	2011-2014		
	2015-2020		
	2021 en later		

Schillabel versus energielabel

In de officiële bepalingmethode van het energielabel (voorheen NEN7120NV, sinds 1 januari 2021 de NTA8800) zijn meerdere factoren van invloed op de totstandkoming van het energielabel. Naast de isolatiekwaliteit van de gebouwschil, spelen ook de verwarmingsinstallaties voor ruimteverwarming en warm tapwater, de aanwezigheid van zonnepanelen of zonneboilers en de compactheid van de woning een rol. De ‘compactheid’ van een woning zegt iets over de oppervlakte van de woning die in contact staat met de buitenomgeving, zoals de vloer, muren en het dak en waardoorheen de woning warmte verliest.

Bij het vaststellen van de kengetallen voor ruimteverwarming wordt in de Referentieverbruik-methode rekening gehouden met de kwaliteit van isolatie. Gezien bovenstaande, wordt in het Referentieverbruik niet direct gewerkt met energielabels als proxy voor de isolatiekwaliteit, maar met zogeheten ‘schillabels’. Om deze labels te bepalen worden in de regressieanalyse afbakeningen gemaakt in de woningen die meegenomen worden in de analyse. Ten eerste worden alleen woningen meegenomen die gebruik maken van aardgas voor ruimteverwarming en warm tapwater. Woningen op een warmtenet of een all-electric warmtepomp worden dus niet meegenomen. Ten tweede worden woningen uitgesloten indien ze beschikken over zonnepanelen of een zonneboiler. Door alleen woningen te analyseren die gebruik maken van een HR-ketel voor ruimteverwarming en door woningen met zonnepanelen of een zonneboiler buiten beschouwing te laten, kan met relatieve zekerheid het schillabel worden aangenomen als indicatie voor (alleen) de kwaliteit van de gebouwschil.

In de onderbouwing van Referentieverbruik I (van Beijnum et al., 2023) wordt uitgebreider uitleg gegeven over de woningkenmerken en de selectie van de onderzoekspopulatie voor de lineaire regressie. Voor een grondige uitleg verwijzen we daarom naar die publicatie. In onderstaande paragrafen wordt beknopt uitgelegd hoe de schatting van het gasverbruik van woningen tot stand komt, voor welke toepassingen de Referentieverbruik-methode kan worden gebruikt en hoe de methode moet worden begrepen in een breder model- en informatielandschap. In een aparte paragraaf wordt specifiek ingegaan op de lineaire regressieanalyse zoals die werd toegepast in Referentieverbruik I. In hoofdstuk 3 wordt dieper ingegaan op methodologische ontwikkeling en de wijzigingen in de overgang naar Referentieverbruik II.

2.1 Methode Referentieverbruik op hoofdlijnen en voorbeeldberekening

Het grootste deel van het gasverbruik van een woning (circa 80-85% afgaande op de kengetallen die in de Referentieverbruik-methode worden gebruikt) wordt ingezet om ruimtes te verwarmen. De ruimteverwarmingsvraag wordt ingeschat met een lineaire regressieanalyse op basis van woningkenmerken, door het CBS uitgevoerd op de CBS-microdata uit het jaar 2020. In Referentieverbruik I werd een lineaire analyse uitgevoerd per ‘groep’ woningen met vergelijkbare

woningkenmerken. De woningkenmerken waarop de groepen waren gebaseerd waren het woningtype, bouwperiode, eigendomstype, schillabel en de oppervlakte (zie Tabel 1 aan het begin van dit hoofdstuk). De resultaten van de lineaire regressie zijn een startwaarde en een richtingscomponent per groep, waarbij de gehele set van deze resultaten wordt aangeduid als 'regressiecoëfficiënten'. In dit rapport komen ook andere regressiecoëfficiënten voor (zoals voor het bepalen van de huishoudgrootte): wanneer wordt geschreven over 'regressiecoëfficiënten' zonder verdere aanduiding dan worden de regressiecoëfficiënten voor de warmtevraag voor ruimteverwarming bedoeld, tenzij anders aangegeven.

In totaal zijn er bijna 5,5 miljoen woningen meegenomen in de onderzoekspopulatie voor de lineaire regressieanalyse. De woningen die niet zijn meegenomen in de regressieanalyse zijn woningen die geen gebruik maken van aardgas voor ruimteverwarming en warm tapwater of beschikken over zonnepanelen en/of zonneboilers. Door die woningen buiten beschouwing te laten kunnen we aannemen dat het energielabel vooral samenhangt met de isolatiekwaliteit, zonder invloed van de installaties (zie het tekstkader over het schillabel in de voorgaande paragraaf).

In het Referentieverbruik worden regressiecoëfficiënten voor de ruimteverwarmingsvraag gerelateerd aan woningkenmerken. Die regressiecoëfficiënten worden vervolgens gebruikt om schattingen te doen voor het (gemiddelde) gasverbruik van individuele woningen. De Referentieverbruikmethode bestaat dus uit twee stappen:

1. Het bepalen van de regressiecoëfficiënten op basis van CBS-microdata door middel van een lineaire regressieanalyse. Hiervoor wordt eerst het geschatte gasverbruik voor koken en warm tapwater (zie van Beijnum et al., 2023) in mindering gebracht op het totale gemeten gasverbruik. Het gasverbruik voor koken en warm tapwater is onder andere afhankelijk van de huishoudgrootte: de huishoudgrootte is ook beschikbaar in de microdata van het CBS.
2. Het gebruik van de regressiecoëfficiënten in het Referentieverbruik schattingsmodel voor het totale gasverbruik van een woning. De regressiecoëfficiënten worden gekoppeld aan een woning op basis van de woningkenmerken die zijn gebruikt in de lineaire regressie van stap 1. Om tot een totale schatting te komen van het gasverbruik wordt de schatting voor het gasverbruik voor koken en warm tapwater weer opgeteld bij de schatting voor ruimteverwarming.

In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe de methode van het Referentieverbruik op hoofdlijnen werkt, waarbij ook een voorbeeldberekening wordt gegeven.

2.1.1 Methode Referentieverbruik op hoofdlijnen en voorbeeldberekening

In deze paragraaf wordt beknopt beschreven hoe regressiecoëfficiënten middels een lineaire regressieanalyse worden afgeleid voor de ruimteverwarmingsvraag. Waarom en hoe de lineaire regressie methode is gewijzigd tussen Referentieverbruik I en II wordt beschreven in hoofdstuk 3. Daarna wordt beschreven hoe de regressiecoëfficiënten worden gebruikt in een schatting van het totale gasverbruik van een woning (het Referentieverbruik), inclusief een schatting van het gasverbruik voor warm tapwater en koken. Om de berekening te illustreren wordt in een tekstkader aan het einde van de paragraaf een rekenvoorbeeld gegeven.

De CBS-microdata bevat gegevens op woningniveau over het gemeten gasverbruik, de woningkenmerken en het aantal bewoners. Het PBL heeft toegang tot deze gegevens voor analysetoepassingen via een beschermde 'remote acces' omgeving van het CBS. De informatie waar PBL toegang tot heeft gekregen via de remote acces omgeving, kan niet worden geëxporteerd zonder toestemming van het CBS.

Het vaststellen van regressiecoëfficiënten voor de ruimteverwarmingsvraag middels lineaire regressie

Om de ruimteverwarmingsvraag te berekenen worden de volgende stappen doorlopen:

- 1) Vaststellen gasverbruik voor ruimteverwarming per woning. Startpunt is het totale gemeten gasverbruik per woning⁵. Hierop worden generieke kengetallen in mindering gebracht voor het gasverbruik voor koken en warm tapwater. Het uitgangspunt voor warm tapwater is hierbij afhankelijk van huishoudgrootte en de oppervlakte van de woning, voor koken is deze afhankelijk van huishoudgrootte, oppervlakte en bouwperiode. De methode voor het bepalen van de generieke kengetallen voor het gasverbruik voor warm tapwater en koken wordt uitgelegd in (van Beijnum et al., 2023).
- 2) Correctie voor klimaatfactoren. Na stap 1 is alleen het gasverbruik over dat wordt ingezet voor ruimteverwarming. Dit gasverbruik wordt gecorrigeerd voor de invloeden van klimaat. Hierbij gaat het om verschillen in gasverbruik tussen verschillende regio's, bijvoorbeeld het verschil in temperatuur tussen het binnenland en de kustgebieden. Deze correctie wordt gedaan met behulp van ruimtelijke klimaatfactoren die zijn afgeleid van KNMI-data (van Bommel 2019).
- 3) Omrekening naar functionele warmtevraag. Het gasverbruik uit stap 2 kan vervolgens worden omgezet naar een functionele warmtevraag van een woning (dat wil zeggen: exclusief de verliezen in de warmte-installatie) door te corrigeren voor het rendement van de verwarmingsinstallatie. Voor deze berekening wordt uitgegaan van het (jaar)gemiddelde rendement van een HR-ketel (van der Molen et al., 2021).
- 4) Opstellen lineaire regressiecoëfficiënten. De functionele warmtevraag voor ruimteverwarming van de individuele woningen wordt vervolgens gebruikt om regressiecoëfficiënten af te leiden voor de ruimteverwarmingsvraag door middel van lineaire regressie. De warmtevraag voor ruimteverwarming wordt daarbij— naast de eerdergenoemde woningkenmerken— afhankelijk gemaakt van de grootte van de woning in de vorm van de oppervlakte.
- 5) Export regressiecoëfficiënten uit CBS-microdataomgeving. De regressiecoëfficiënten zijn geëxporteerd uit de beschermde remote access omgeving van het CBS en kunnen vervolgens worden gebruikt in een schattingsmodel voor de verwarmingsvraag van woningen. De microdata waar de regressiecoëfficiënten op zijn gebaseerd zijn dan niet meer toegankelijk en kunnen ook niet afgeleid worden uit de regressiecoëfficiënten die zijn geëxporteerd.

⁵ De berekeningen zijn gebaseerd op het 'standaardjaarverbruik' (SJV), dat is het gemeten gasverbruik dat door de netbeheerders is gecorrigeerd naar een 'normaal' klimaatjaar (correctie voor schommelingen in het jaarlijkse energieverbruik). De klimaatcorrectie van het standaardjaarverbruik van de netbeheerders wijkt iets af van de klimaatcorrectie die het PBL hanteert. Daarom wordt nog een 'SJV-extra' correctie gebruikt, die wordt beschreven in (van Beijnum et al. 2023).

Het gebruik van de regressiecoëfficiënten in het Referentieverbruik schattingsmodel

De regressiecoëfficiënten die in de beschermde remote access omgeving zijn vastgesteld (zie bovenstaande tekst), worden gebruikt in een model om tot een schatting te komen van het totale gasverbruik van een woning: het Referentieverbruik. Hiervoor worden de volgende stappen doorlopen: regressiecoëfficiënten

1. De woningkenmerken uit tabel 1 zijn per woning publiek toegankelijk. De Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) bevat informatie over woningtype, bouwjaar en oppervlakte van de woningen⁶. De EP-online database bevat informatie over de afgemelde energielabels van woningen⁷. Het eigendomstype wordt bij benadering bepaald op basis van twee databestanden, die niet jaarlijks geactualiseerd worden, waarin de verdeling wordt weergegeven van woningen in corporatiebezit (wat wordt aangenomen als sociale huur) en woningen in particuliere huur (EZK 2020; EZK 2021). Woningen die niet binnen deze categorieën vallen worden aangenomen als koopwoningen.
2. De woningkenmerken kunnen worden gekoppeld aan de regressiecoëfficiënten om tot een schatting te komen van de warmtevraag voor ruimteverwarming. De schatting is dan nog gebaseerd op het landelijke gemiddelde van woningen met vergelijkbare kenmerken. Om tot een schatting te komen van het totale gasverbruik (wat aan gas moet worden aangeleverd door de netbeheerder) kunnen de stappen van de lineaire regressieanalyse die in het vorige deel is beschreven, andersom worden doorlopen:
 - a. De functionele vraag voor ruimteverwarming wordt dan weer omgerekend door verliezen in de installatie weer mee te nemen.
 - b. Ook kan de schatting voor de warmtevraag voor ruimteverwarming worden (terug)gecorrigeerd voor het lokale klimaat.
3. Het gasverbruik voor warm tapwater en koken wordt weer bij de warmtevraag voor ruimteverwarming opgeteld. Bij het bepalen van de regressiecoëfficiënten voor ruimteverwarming in de remote access omgeving van het CBS was de huishoudgrootte per woning beschikbaar. De huishoudgrootte is echter niet beschikbaar buiten de remote access omgeving. Bij de schatting van het totale gasverbruik wordt daarom gebruik gemaakt van kengetallen voor de huishoudgrootte, die zijn vastgesteld voor Referentieverbruik I⁸.
4. De schatting voor het totale gasverbruik van een individuele woning wordt in een laatste stap nog vermenigvuldigd met een lokale praktijkfactor op een hoog resolutieniveau, om te corrigeren voor lokale effecten op de warmtevraag die geen onderdeel uitmaken van de schattingsmethode (denk aan bewonersgedrag, leegstand van woningen, etc.).

⁶ Voor meer informatie, zie de [webpagina Basisregistratie Adressen en Gebouwen op de website van het kadaster](#).

⁷ Voor meer informatie, zie de [website van de officiële landelijke database waarin energielabels en energieprestatie-indicatoren van gebouwen zijn opgenomen \(EP-online\)](#).

⁸ Een schatting van de huishoudgrootte is nodig om de warmtevraag voor warm tapwater en koken te kunnen bepalen. Voor dezelfde groepen woningen zijn in het Referentieverbruik I project ook regressiecoëfficiënten afgeleid voor de huishoudgrootte. Daarvoor zijn vergelijkbare lineaire regressieanalyses uitgevoerd als voor de kengetallen voor ruimteverwarming. In het Referentieverbruik I project zijn kengetallen voor de huishoudgrootte vastgesteld per combinatie van woningtype, bouwperiode, eigendomstype en energielabel. In het Referentieverbruik II project wordt een gewogen gemiddelde genomen per woningtype van diezelfde kengetallen.

Met een 'hoog resolutieniveau' bedoelen we dat de correctie met de lokale praktijkfactor plaatsvindt op een kleinschalig aggregatieniveau, dus niet op het niveau van een land of provincie, maar op het niveau van wijken of buurten. De lokale praktijkfactor is vastgesteld door het CBS, door op een hoog resolutieniveau de gemiddelde schatting voor een groep woningen te vergelijken met het gemiddelde gemeten praktijkverbruik. De lokale praktijkfactor wordt bepaald op groepen van tenminste vijftig woningen, waardoor de schatting met de Referentieverbruik-methode niet kan worden teruggeleid tot individuele woningen.

Zie het tekstkader op de volgende pagina voor een voorbeeldberekening met de Referentieverbruik-methode.

Voorbeeldberekening Referentieverbruik

Met de Referentieverbruik-methode wordt bijvoorbeeld een inschatting gemaakt van het gasverbruik voor een woning met de volgende woningenkenmerken: rijwoning (tussen); sociale huur; uit bouwperiode 1975 tot en met 1991; met energielabel C en een oppervlakte van 101 vierkante meter in buurt XYZ. Omdat we niet zeker weten over welke installaties de woning beschikt, kunnen we hier niet spreken van een 'schillabel'. De resultaten in het rekenvoorbeeld voor het geschatte gasverbruik worden gegeven in m³ aardgas; de functionele warmtevraag (exclusief de verliezen in de installaties) wordt gegeven in GJ energie.

Uit de regressieanalyse volgt dat een woning met deze kenmerken een 'vaste' component heeft voor de warmtevraag voor ruimteverwarming van circa 7 GJ/jaar en een 'variabele' oppervlakte-afhankelijke component van circa 0.2 GJ/ m²/jaar. De gasverbruiken voor warm tapwater en koken komen uit van Beijnum et al. (2023). De gebruikte rendementen komen uit van der Molen et al. (2021). Het functioneel jaarlijkse warmteverbruik voor ruimteverwarming van deze woning wordt ingeschat met de volgende berekening:

$$\begin{aligned} \text{Functionele vraag ruimteverwarming} &= \\ \text{oppervlakte} * \text{oppervlakte afhankelijke component} + \text{constante} &= \\ 101 * 0.2 + 7 &= \\ 26 \text{ GJ} \end{aligned}$$

De functionele vraag ruimteverwarming kan worden omgerekend naar het gasverbruik voor ruimteverwarming met het rendement van een HR-ketel (104%) en de energie-inhoud van aardgas (0,03165 GJ/m³). Aangenomen dat de woning in de Bilt staat (in het midden van Nederland) en daarom is een ruimtelijke klimaatcorrectie niet nodig (klimaatfactor = 1):

$$\begin{aligned} \text{Gasverbruik ruimteverwarming} &= \\ \text{functionele vraag ruimteverwarming} / \text{rendement HR-ketel} / \text{onderwaarde energie-inhoud aardgas} &= \\ 26 / 1.04 / 0.03165 &= \\ 794 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Om tot een totaal gasverbruik te komen, kan de warmtevraag voor warm tapwater en koken worden opgeteld bij het gasverbruik voor ruimteverwarming. Uitgaande van een geschatte gezinsgrootte van drie personen is de berekening als volgt:

$$\begin{aligned} \text{Totaal gasverbruik} &= \\ \text{Gasverbruik ruimteverwarming} + \text{gasverbruik warm tapwater} + \text{gasverbruik koken} &= \\ 794 + 275 + 34 &= 1103 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

In een groep van vijftig rijwoningen in buurt XYZ waar deze woning staat, geeft de lokale praktijkfactoren van het CBS aan dat er circa 10% meer warmte wordt verbruikt dan verwacht op basis van de resultaten van het schattingsmodel. Het totale gasverbruik wordt daarom nog gecorrigeerd met de lokale praktijkfactor:

$$\begin{aligned} \text{Gecorrigeerde totale gasverbruik van deze woning (Referentieverbruik)} &= \\ \text{Geschat totaal gasverbruik} * \text{lokale praktijkfactor} &= \\ 1103 * 1.1 &= 1213 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.2 Waarvoor is het Referentieverbruik geschikt?

Het Referentieverbruik is met name geschikt voor gemeenten en andere betrokkenen bij de warmtetransitie in de gebouwde omgeving die willen ramen hoeveel aardgas er wordt gebruikt in een groep van meerdere woningen en over een langere periode.

Door het Referentieverbruik te combineren met de kosten van isolatie, alternatieve warmte-installaties en andere energiebronnen kan ook inzicht worden verkregen in de (meer)kosten van het aardgasvrij maken van woningen. Dit is alleen verantwoord mogelijk als meerdere woningen op een voldoende hoog aggregatieniveau bij elkaar worden genomen en er rekening wordt gehouden met onzekerheden in de gebruikte wiskundige modellen. Het gemeten gasverbruik van individuele woningen kan immers sterk afwijken van het Referentieverbruik door afwijkende bouwconstructies en een niet gemiddeld gedrag van bewoners of samenstelling van het huishouden.

2.3 Positionering Referentieverbruik in een breder model- en informatielandschap

Naast de Referentieverbruik-methode bestaan er ook andere methoden om tot een (gemiddelde) schatting te komen van de warmtevraag van woningen en de energiebesparing bij isolatiemaatregelen. In van Beijnum et al. (2024) wordt uitgebreid uitleg gegeven over de verschillende soorten berekeningen van de warmtevraag en besparingen door isolatie en de verschillende soorten resultaten voor de warmtevraag.

Schattingen voor mogelijke energiebesparing door isolatiemaatregelen zijn erg onzeker, vooral omdat er nog weinig onderzoek is gedaan naar het effect van isolatiemaatregelen in dezelfde woningen en bij gelijkblijvende bewoners over een langere periode. Daarom wordt aanbevolen om bij schattingen voor de energiebesparing door isolatie, met de Referentieverbruik-methode of anderszins, te werken met bandbreedtes⁹.

2.4 Referentieverbruik I: eenvoudige lineaire regressie

Een belangrijk kenmerk van de Referentieverbruik I methode was dat de regressiecoëfficiënten voor de functionele ruimteverwarmingsvraag (zie stap 4 'opstellen lineaire regressiecoëfficiënten' in de vorige paragraaf) werden vastgesteld met een eenvoudige lineaire regressie. In het Referentieverbruik I werden groepen woningen samengenomen op basis van vergelijkbare woningkenmerken (woningtype, bouwperiode, eigendomstype en schillabel). Er werden aparte groepen gemaakt voor woningen zonder afgemeld energielabel; die groepen waren alleen gebaseerd op het woningtype, de bouwperiode en het eigendomstype.

⁹In de actualisatie van de Startanalyse aardgasvrije buurten wordt daarom een gevoeligheidsanalyse aangeboden voor de energiebesparing met het bouwfysische Hestia model (van Beijnum et al. 2025). Inzichten van de gevoeligheidsanalyses worden beschreven in kernrapport bij de actualisatie van de Startanalyse aardgasvrije buurten (van Polen et al. 2025).

Voor iedere groep woningen, werden regressiecoëfficiënten afgeleid voor de warmtevraag met een eenvoudig lineair regressiemodel. Per groep woningen resulteerde dit in één onafhankelijke variabele (oppervlakte) en één afhankelijke (de warmtevraag voor ruimteverwarming). De eenvoudige lineaire regressieformule krijgt de standaardvorm van formule 1:

Formule 1

$$y = ax + b + \varepsilon$$

In deze formule is y de warmtevraag van een woning voor ruimteverwarming, a geeft de oppervlakte-afhankelijke hellingshoek, x geeft de oppervlakte van de woning, b geeft de constante (intercept) en de epsilon geeft de errorterm. De errorterm vormt het verschil tussen de schatting en de werkelijke (gemeten) waarde: in de errorterm zit alles wat niet door het model (en de bijbehorende woningkenmerken) wordt verklaard, zoals gedrag van de bewoners, gezinssamenstelling, afwijkende bouwconstructies, meetfouten bij het vaststellen van de warmtevraag, etc.

Bij het samenstellen van de groepen voor de eenvoudige lineaire regressie werd altijd een minimumgrens gehanteerd van vijftig woningen, om te voldoen aan de privacy vereisten. Het nadeel van deze benadering is dat het mogelijk wordt dat groepen woningen met een bepaalde combinatie van kenmerken niet voorkomen in de regressieresultaten van Referentieverbruik I. Het aantal observaties voor de groep is dan kleiner dan vijftig woningen. Dit gaat bijvoorbeeld (maar niet uitsluitend) om:

- Woningen die recent zijn gebouwd maar een relatief slecht energielabel hebben gekregen. Op basis van de bouwvoorschriften zouden er geen energielabels slechter dan label B voor moeten komen, maar in de data komen toch enkele gevallen voor. Voor deze woningen kan geen inschatting gemaakt worden met de Referentieverbruik I methode.
- Vooroorlogse woningen met een relatief goed energielabel (label A). Het vergt doorgaans ingrijpende maatregelen om vooroorlogse woningen vergaand te isoleren, omdat deze woningen vaak geen of een te smalle spouw hebben. Om die reden is bijvoorbeeld de Isolatiestandaard voor vooroorlogse woningen minder strikt (RVO 2024). Het kan in de praktijk echter voorkomen dat huiseigenaren er toch voor kiezen om hun vooroorlogse woning (met binnen- of buitengevelisolatie) vergaand te isoleren. Dit is echter nu nog een beperkte groep en daardoor is het met de Referentieverbruik I methode niet mogelijk een inschatting te maken.

Ondanks dat de groep met een specifieke combinatie van kenmerken niet voorkomt in de onderzoekspopulatie, kan een woning met die kenmerken wel (incidenteel) voorkomen in de totale Nederlandse woningvoorraad: daarom werden wel handmatig regressiecoëfficiënten vastgesteld voor de warmtevraag voor ruimteverwarming op basis van imputaties van nabije waarden (van Beijnum et al. 2023).

Verder kan het bij een eenvoudige lineaire regressieanalyse voorkomen dat regressielijnen elkaar kruisen voor groepen met hetzelfde woningtype, bouwperiode en eigendomstype, maar met een ander energielabel. Dit strookt niet met de praktijk, waar we over het algemeen verwachten dat het energieverbruik afneemt bij verbetering van de isolatiekwaliteit van een woning. In het Referentieverbruik I-project zijn bewerkingen gedaan om te voorkomen dat regressielijnen elkaar kunnen kruisen, zodat de geschatte functionele vraag voor ruimteverwarming van een goed label in principe altijd lager is dan van een slecht label bij gelijke woningkenmerken.

Handmatige imputaties en bewerkingen zijn niet wenselijk voor mogelijke toekomstige projecten, waarin de Referentieverbruiken worden geactualiseerd op basis van meer recente meetgegevens van de warmtevraag. Daarom is besloten om te verkennen of de methodiek verfijnd kan worden. Dat heeft geresulteerd in Referentieverbruik II.

3 Doel, uitgangspunten en methode Referentieverbruik II

In hoofdstuk 2 is de Referentieverbruik-methodiek beschreven. Het belangrijkste verschil tussen Referentieverbruik I en II zit in de methode van de lineaire regressie om tot regressiecoëfficiënten te komen voor de warmtevraag voor ruimteverwarming (zie ‘Het vaststellen van regressiecoëfficiënten voor de ruimteverwarmingsvraag middels lineaire regressie’ in paragraaf 2.1.1). In Referentieverbruik I werden de regressiecoëfficiënten vastgesteld met een eenvoudige lineaire regressie methode, uitgevoerd per groep woning met een specifieke combinatie van kenmerken (zoals beschreven in paragraaf 2.4). In Referentieverbruik II is gekozen voor een benadering met een meer eenvoudige lineaire regressie, waarbij het effect van de individuele woningkenmerken én combinaties van bepaalde woningkenmerken wordt vastgesteld op basis van de gehele dataset. In feite gaat het om twee vormen van lineaire regressie die op dezelfde wiskundige principes zijn gebaseerd, maar anders worden toegepast.

In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op het doel, de uitgangspunten en de methode achter Referentieverbruik II. In een aanvullende analyse zijn bovendien correctiefactoren bepaald waarmee de schatting van het Referentieverbruik van een woning kan worden gecorrigeerd voor de aanwezigheid van zonnepanelen: in een aparte paragraaf wordt beschreven hoe de resultaten van die analyse kunnen worden gebruikt in combinatie met resultaten voor het gasverbruik van Referentieverbruik II. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk wordt beknopt beschreven hoe de resultaten van het Referentieverbruik II model zich verhouden tot de resultaten van het Referentieverbruik I model.

Doel en uitgangspunten vervolgstudie

Zoals beschreven in paragraaf 2.4 gebruikt Referentieverbruik I een eenvoudige lineaire regressie om regressiecoëfficiënten te bepalen voor de ruimteverwarmingsvraag. Daardoor moesten sommige woninggegevens handmatig worden geïmputeerd op basis van nabije waarden, vooral bij zeldzame combinaties van woningkenmerken. Handmatige imputaties en bewerkingen zijn niet wenselijk voor mogelijke toekomstige projecten, waarin de Referentieverbruiken worden geactualiseerd op basis van meer recente meetgegevens van de warmtevraag. Het doel van de vervolgstudie is daarom gericht op het minimaliseren van handmatige bewerkingen. De volgende uitgangspunten waren leidend in de methodiekontwikkeling:

1. We streven naar een model met grote voorspelkracht dat nochtans relatief eenvoudig is.
2. De statistische populatie waarop het Referentieverbruik II model is toegepast bestaat uit dezelfde woningen als het Referentieverbruik I model. De eigenschappen zijn beschreven in paragraaf 6.2.1 van (van Beijnum et al., 2023). Het gaat bijvoorbeeld om woningen met als voornaamste warmtebron gas, die bewoond zijn, geen extreem hoog of laag energieverbruik hebben en niet beschikken over zonnepanelen of zonneboilers.
3. De data van het aardgasverbruik en de woningkenmerken zijn hetzelfde als in het Referentieverbruik I model en betreffen de situatie in het jaar 2020. Nb: omdat er in 2020 nog geen NTA-labels waren, gebruiken we deze niet.
4. Het model gebruikt alleen variabelen die openbaar zijn en/of eenvoudig bruikbaar voor gemeenten. Het model is vooral gebaseerd op de volgende woningkenmerken:

Bouwperiode, Woningtype, energielabel en oppervlakte. Hierbij zijn de woningkenmerken onderverdeeld in categorieën. Het aantal categorieën is 11 voor Bouwjaar, 6 voor Woningtype en 8 voor energielabel. De oppervlakte is een continue variabele en wordt gegeven in het aantal vierkante meter. Variabelen voor eigendom woning (E) of labeltype nemen we alleen mee als aparte parameter als het model er aantoonbaar beter van wordt.

Door gebruik te maken van een meervoudige lineaire regressie methode in plaats van een enkelvoudige voor het bepalen van de regressiecoëfficiënten voor de functionele ruimteverwarmingsvraag, wordt aan bovenstaand doel en uitgangspunten van de vervolgstudie voldaan: dat wordt uitgelegd in de volgende paragraaf. Kengetallen voor het gasverbruik voor warm tapwater en koken zijn gelijk gebleven tussen Referentieverbruik I en II

3.1 Referentieverbruik II: meervoudige lineaire regressie

In de Referentieverbruik II vervolgstudie is met een meervoudige lineaire regressie methode de invloed van individuele woningkenmerk én combinaties van woningkenmerken onderzocht op de gehele populatie. Het Referentieverbruik II schattingsmodel kent nog steeds één afhankelijke variabele (de warmtevraag voor ruimteverwarming), maar meerdere onafhankelijke variabelen: de (combinaties van) woningkenmerken krijgen een eigen coëfficiënt in het schattingsmodel. Dit levert diverse constante coëfficiënten en variabele coëfficiënten (interactietermen).

De variabele coëfficiënten zijn oppervlakte-afhankelijk: de warmtevraag voor ruimteverwarming neemt toe bij een grotere oppervlakte. Uiteindelijk kunnen vergelijkbare regressiecoëfficiënten worden verkregen per groep woningen met een bepaalde woningcombinatie zoals in Referentieverbruik I, door de constante coëfficiënten bij elkaar op te tellen, evenals de variabele coëfficiënten. Voor woningen zonder energielabel is (weer) een aparte labelcategorie opgenomen.

In theorie is het mogelijk om de invloed van alle combinaties van woningkenmerken te onderzoeken. Dat maakt het aantal coëfficiënten echter groot, terwijl de schatting niet noodzakelijkerwijs verbetert. Het CBS heeft onderzocht in hoeverre het toevoegen van combinaties van woningkenmerken leidt tot een betere kwaliteit van de voorspellende waarde van het model. De indicator die we daarvoor gebruiken is de ‘verklaarde variantie’ ofwel de ‘gecorrigeerde R-kwadraat’. Het (voor)onderzoek naar een bruikbaar aantal interacties van woningkenmerken wordt beschreven in bijlage B1. Uiteindelijk bleek een meervoudig lineair regressiemodel met combinaties van maximaal drie woningkenmerken een vergelijkbare variantie in de schattingen te verklaren als een model met vier kenmerken (volledige interactie van alle woningkenmerken). Daarom beperken we ons in dit onderzoek tot een meervoudig regressie model met maximaal drie interacties van woningkenmerken.

In onderstaand tekstkader geven we een voorbeeldformule om te illustreren hoe de meervoudige lineaire regressiemethode werkt die wordt gehanteerd in het Referentieverbruik II project. De formule in het voorbeeld is niet de werkelijke meervoudige regressieformule van Referentieverbruik II en is slechts bedoeld ter illustratie.

Illustratief voorbeeld meervoudige lineaire regressie

Bij een meervoudige lineaire regressie worden berekeningen gedaan in relatie tot een referentiecategorie. Regressiecoëfficiënten worden bij de referentie opgeteld, indien ze van toepassing zijn. Om te bepalen of ze al dan niet worden meegenomen in de berekening wordt gebruik gemaakt van binaire 'dummyvariabelen' (ook wel 'indicatorvariabelen' genoemd): de variabele is gelijk aan 1 indien van toepassing, anders is de dummyvariabele gelijk aan 0. In onderstaand voorbeeld gaan we voor het gemak uit van twee woningkenmerken: het woningtype en de bouwperiode. Stel dat we onderscheid maken in drie bouwperiodes (in de werkelijke analyse zijn er elf bouwperiodes): gebouwd voor 1930, gebouwd tussen 1930 en 1970 en gebouwd na 1970. Voor de referentiecategorie gaan we uit van een rijwoning, gebouwd voor 1930, wat resulteert in een dummyvariabele voor de overige twee bouwperiodes:

$D_1 = 1$ als de rijwoning is gebouwd tussen 1930 en 1970, in alle andere gevallen is deze gelijk aan 0
 $D_2 = 1$ als de rijwoning is gebouwd na 1970, in alle andere gevallen is deze gelijk aan 0

De meervoudige lineaire regressieformule in dit voorbeeld heeft de volgende vorm:

$$y = ax + b + c_1D_1 + c_2D_2 + d_1(x * D_1) + d_2(x * D_2) + \varepsilon$$

In de formule geeft a de helling en b de intercept voor de referentiecategorie (in dit voorbeeld een rijwoning gebouwd voor 1930). De coëfficiënten met de D_1 dummyvariabele laten zien hoeveel een rijwoning, gebouwd tussen 1930 en 1970 méér verbruikt (zowel in de oppervlakte-afhankelijke helling als in de intercept) ten opzichte van de referentiecategorie (gebouwd voor 1930). Idem voor de D_2 dummyvariabele die hetzelfde laat zien voor rijwoningen, gebouwd na 1970. Stel nu dat we de warmtevraag voor ruimteverwarming willen schatten van een rijwoning gebouwd tussen 1930 en 1970. De dummyvariabele D_1 krijgt dan de waarde 1. De dummyvariabele D_2 krijgt waarde 0. De standaardformule krijgt dan de volgende vorm, welke uiteindelijk vergelijkbaar is met de regressiecoëfficiënten als in Referentieverbruik I:

$$y = (a + d_1) \cdot x + (b + c_1) + \varepsilon$$

Door gebruik te maken van een meervoudige lineaire regressie methode in plaats van een enkelvoudige, wordt aan het doel van de vervolgstudie vervolgstudie voldaan:

- Hoewel een meervoudig lineair regressiemodel meer regressiecoëfficiënten oplevert, kunnen regressiecoëfficiënten die statistisch niet relevant zijn buiten beschouwing worden gelaten: dit levert statistisch gezien een eenvoudiger en robuuster model op met minder ruis.
- Het model wordt eenvoudiger in interpretatie en gebruik omdat het beter laat zien welke specifieke (combinaties van) woningkenmerken van invloed zijn op de warmtevraag.
- Met een meervoudige lineaire regressieanalyse zijn handmatige nabewerkingen niet nodig:
 - Omdat de invloed van ieder individueel woningkenmerk (en combinaties van kenmerken) op de warmtevraag van een woning beschikbaar is, komen er geen groepen meer voor waarvoor regressiecoëfficiënten (handmatig) moeten worden geïmputeerd.

Door lineaire regressiecoëfficiënten buiten beschouwing te laten waarbij het energielabel interacteert met de oppervlakte, heeft het energielabel geen effect meer op de oppervlakte-afhankelijke hellingshoek. Regressielijnen lopen daardoor altijd parallel binnen een groep woningen van hetzelfde type, bouwperiode en eigendomstype, maar met verschillend schillabel.

3.1.1 Methodeaanpassingen Referentieverbruik II

In de meervoudige lineaire regressieanalyse om tot regressiecoëfficiënten te komen voor ruimteverwarming, zijn in het Referentieverbruik II model enkele methodische aanpassingen gedaan ten opzichte van het Referentieverbruik I model. De methodische aanpassingen worden hieronder beschreven:

1. Andere labelvariabele¹⁰:
 - In het Referentieverbruik I model werden alle woningcombinaties apart bekeken voor twee labeltypes: (1) gecertificeerde labels (NEN) vastgesteld door een expert vanaf 2014 en (2) vereenvoudigde labels (VEL) of labels van voor 2015. In het Referentieverbruik II model zijn enkel twee losse termen opgenomen voor eenvoudig (VEL) ten opzichte van expert (NEN), in andere woorden: de NEN energielabels zitten in het Referentiescenario, waarna in aparte termen wordt vastgesteld of de afwijking van het VEL energielabel significant is. In het Referentieverbruik II model kijken we alleen naar energielabels vanaf 2014 omdat oudere labels per 2024 verlopen zijn en daarmee niet meer openbaar¹¹.
 - In het Referentieverbruik I model was er een aparte categorie >A voor A+, A++, A+++ en A++++. In het Referentieverbruik II model nemen we A-labels samen met A+ labels.
2. Geen volledige interactie meer van alle kenmerken. Meer specifiek:
 - Drievoudig versus 4-voudig. Zoals in het begin van dit hoofdstuk is uitgelegd werden in het Referentieverbruik I-model telkens vier kenmerken met elkaar gecombineerd om een groep of emmertje vast te stellen (W, B, S, E, zie Tabel 1). Omdat die groepen werden vastgesteld voor twee onderzoekspopulaties (namelijk labels vastgesteld door een expert vanaf 2014 en vereenvoudigde labels of labels van voor 2015) kun je zelfs spreken van vijf kenmerken per groep (W, B, S, E en labeltype). Voor elke groep (emmertje) werd het verband met de oppervlakte (O) geschat. In het Referentieverbruik II model worden steeds maximaal 3 kenmerken gecombineerd: W, B, en L en W, B en O, zodat elke woning in twee overlappende cellen zit.
 - In het Referentieverbruik I model werd voor alle cellen onderscheid gemaakt naar type eigendom (E), ofwel koop, corporatiehuur en overige huur. In het Referentieverbruik II model zijn enkel twee losse termen met eigendom meegenomen.

Aan de methodeaanpassingen tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II zijn diverse (deel)onderzoeken voorafgegaan. In bijlage B1 worden de diverse deelonderzoeken beschreven en hoe deze van invloed zijn geweest op de totstandkoming van Referentieverbruik II.

¹⁰ Om het verschil in labelvariabele zichtbaar te maken hanteren we S (Schillabel) voor de oude labelindeling inclusief verouderde labels en aparte categorie A+ of beter, en L (Label) voor de nieuwe labelindeling met alleen actuele labels en alle A- energielabels samengevoegd.

¹¹ Een energielabel is 10 jaar geldig

In bijlage B2 is een lijst opgenomen van alle regressiecoëfficiënten die onderdeel uitmaken van het Referentieverbruik II meervoudige lineaire regressiemodel. Ook de berekening van de lokale praktijkfactor is aangepast. Dat wordt in de volgende paragraaf beschreven.

3.1.2 Aanpassing lokale praktijkfactor

De lokale praktijkfactor wordt gebruikt om te corrigeren voor andere factoren die van invloed zijn op het warmteverbruik, maar die niet of onvoldoende zijn ondergebracht in de eerdergenoemde woningkenmerken. Denk bijvoorbeeld aan de staat van het onderhoud van een gebouw of het gedrag van (groepen) bewoners. De lokale praktijkfactor is ten opzichte van het Referentieverbruik I op twee punten aangepast. De eerste is in de vorm, het tweede in het gebruik.

Ten eerste de vorm. In het Referentieverbruik I is de lokale praktijkfactor gebaseerd op een koppeling op de aggregatieniveaus:

- De gemeente
- De gemeente en de wijk
- De gemeente, de wijk en het woningtype
- De gemeente, de wijk, het woningtype en het eigendomstype

De bij een woning behorende lokale praktijkfactor wordt op het kleinst mogelijke aggregatieniveau opgezocht. Er moet echter altijd worden voldaan aan de privacywetgeving, wat betekent dat groepen woningen— waarvoor de schatting met de lokale praktijkfactor wordt gecorrigeerd naar het gemeten gemiddelde— niet te klein mogen zijn. Om tot het Referentieverbruik te komen corrigeren we daarom het geschatte gasverbruik met de lokale praktijkfactor voor groepen van tenminste 50 woningen. Als er vanwege privacyoverwegingen geen factor bekend is voor dat aggregatieniveau, wordt een niveau hoger gebruikt. In het Referentieverbruik II zijn de aggregatieniveaus voor het opzoeken van de lokale praktijkfactor aangepast.

De nieuwe indeling is:

- De gemeente
- De gemeente en de wijk
- De gemeente, de wijk en de buurt
- De gemeente, de wijk, de buurt en het woningtype

Er is voor gekozen om ruimtelijk een grotere resolutie te verkrijgen ten koste van het eigendomstype. Een grotere ruimtelijke resolutie is wenselijk, omdat er binnen wijken, tussen buurten, socio-economische verschillen kunnen zijn. Dit is precies het type verschil waar de lokale praktijkfactor voor corrigeert. Het eigendomstype is als aggregatieniveau verwijderd omdat van veel woningen het eigendom geen openbare informatie is. Hierdoor moet er gebruik worden gemaakt van schattingen. Door het eigendomstype niet meer mee te nemen als aggregatieniveau, is de lokale praktijkfactor in het Referentieverbruik II geheel afhankelijk van woningeigenschappen waarvoor openbare data beschikbaar zijn.

Het tweede punt waarop de lokale praktijkfactor afwijkt van de evenknie in het Referentieverbruik I, is dat ditmaal het geschatte gasverbruik moet worden gedeeld door de lokale praktijkfactor, in plaats van dat deze twee vermenigvuldigd moeten worden. Dit is een gevolg van een wijziging in de berekening van de lokale praktijkfactor.

3.1.3 Andere toepassing SJV-extra correctie in combinatie met de lokale praktijkfactor

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zijn de regressiecoëfficiënten gebaseerd op het ‘standaardjaarverbruik’ (SJV) van de netbeheerders. Het standaardjaarverbruik geeft het gemeten gasverbruik, dat door de netbeheerders is gecorrigeerd naar een ‘normaal’ klimaatjaar. De methode van de netbeheerders om te corrigeren voor de jaarlijkse schommelingen in het klimaat wijkt af van de methode die wordt gehanteerd door het PBL. Daarom werd in Referentieverbruik I een extra correctiefactor geïntroduceerd voor het standaardjaarverbruik ‘de SJV-extra correctie’ (van Beijnum et al., 2023). In het Referentieverbruik I project werd de SJV-extra correctie toegepast op de regressiecoëfficiënten. Daarna werden de lokale praktijkfactoren vastgesteld om de gemiddelde schattingen met de Referentieverbruik-methode te corrigeren richting het gemiddelde gemeten standaardjaarverbruik van de netbeheerders. Door de lokale praktijkfactoren vast te stellen ná het verwerken van de SJV-extra correctie in de regressiecoëfficiënten, maakt de lokale praktijkfactor het effect van de SJV-extra correctie ongedaan in het eindresultaat. Na toepassing van de lokale praktijkfactor (bijvoorbeeld op het aggregatieniveau van de gemeente) kwam het gemiddelde van de Referentieverbruiken daarmee overeen met het gemiddelde van de standaardjaarverbruiken van de netbeheerders, voor de woningen die onderdeel uitmaken van de onderzoekspopulatie. Deze volgorde werd gehanteerd om het eindresultaat zoveel mogelijk aan te laten sluiten bij de CBS-registraties.

In Referentieverbruik II is ervoor gekozen om in het eindresultaat meer aan te sluiten bij de PBL-uitgangspunten voor een gemiddeld klimaatjaar. Daarom zijn eerst de lokale praktijkfactoren vastgesteld, gebruikmakend van de regressiecoëfficiënten die zijn afgeleid van de standaardjaarverbruiken van de netbeheerders (exclusief SJV-extra correctie). Daarna pas is de SJV-extra correctie verwerkt in de regressiecoëfficiënten. Daarmee komt het gemiddelde van de Referentieverbruiken, na toepassing van de lokale praktijkfactoren, lager uit dan het gemiddelde van de standaardjaarverbruiken van de netbeheerders (circa 8% voor het aandeel ruimteverwarming in de totale gasvraag).

3.2 Effect zonnepanelen op het gasverbruik

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 worden niet alle woningen meegenomen in de lineaire regressie-analyse: woningen met zonnepanelen worden buiten beschouwing gelaten omdat de aanwezigheid van zonnepanelen in een woning van invloed is op de totstandkoming van het energielabel. In de Referentieverbruik-methode wordt het energielabel gebruikt ter indicatie van de isolatiekwaliteit van een woning. De aanwezigheid van zonnepanelen maakt die interpretatie van het energielabel minder zuiver. Om wel een gevoel te krijgen hoe het energieverbruik van woningen met zonnepanelen afwijkt van de schatting met de Referentieverbruik-methode, heeft het CBS het gemiddelde gasverbruik van woningen met zonnepanelen, dat is geschat met de Referentieverbruik-methode, vergeleken met het gemeten praktijkverbruik. Dat levert correctiefactoren op, waarmee de schattingen met de Referentieverbruik-methode kunnen worden gecorrigeerd voor woningen met zonnepanelen.

Er zijn verschillende redenen waarom er een verschil zou kunnen zijn in het gasverbruik, indien er zonnepanelen aanwezig zijn, namelijk:

1. Zonnepanelen tellen mee in het energielabel: als bij het vaststellen van een energielabel al zonnepanelen aanwezig waren, krijgt de woning gemiddeld gezien een gunstiger label.

Dat betekent dat de isolatiewaarde van een woning met zonnepanelen gemiddeld slechter is dan van een woning met hetzelfde label maar zonder zonnepanelen.

2. Als een zonnepaneel is aangelegd nadat het label is vastgesteld, is het mogelijk dat de woning behalve zonnepanelen ook een betere isolatie heeft gekregen. Bijvoorbeeld een woning die opgeknapt wordt na aankoop, waarbij het dak wordt geïsoleerd samen met de installatie van zonnepanelen.
3. Mogelijk hebben huishoudens met zonnepanelen andere achtergrondkenmerken of ander gedrag. Zo kunnen huiseigenaren met zonnepanelen milieubewuster zijn waardoor ze mogelijk zuiniger omgaan met energie.

In het eerste geval verwachten we dat het gemeten gasverbruik van woningen met een zonnepaneel hoger is dan het Referentieverbruik, aangezien de isolatie slechter is dan het label doet vermoeden. In het tweede gevallen is de woning juist beter geïsoleerd dan je op basis van het label zou verwachten, en is het gebruik lager. Ook in het derde geval verwachten we dat het gemeten gasverbruik lager is dan het Referentieverbruik.

In deze aanvullende analyse wordt het gemeten gasverbruik van woningen met zonnepanelen vergeleken met het geschatte gemiddelde gasverbruik voor diezelfde woningen met Referentieverbruik II. Vervolgens wordt het verschil bepaald tussen het gemiddelde van het waargenomen gasverbruik en het gemiddelde van de schatting. Die vergelijking wordt gemaakt op verschillende niveaus, namelijk:

- Het energielabel
- Woningtype
- Bouwperiode
- Oppervlakteklasse
- Eigendom
- Expert label (NEN) versus eenvoudig label (VEL)

Bijlage B3 toont de uitkomsten van deze vergelijking. Zie ter illustratie onderstaande Tabel 2: daarin worden de resultaten van de vergelijking gegeven tussen het waargenomen gasverbruik en het geschatte gasverbruik met de Referentieverbruik II methode per energielabel voor woningen met zonnepanelen. Het gasverbruik van woningen met zonnepanelen is vrijwel altijd lager dan de schattingen met de Referentieverbruik II methode, vooral voor woningen met een ongunstig of onbekend energielabel. In de andere tabellen in bijlage B3 zien we verder dat de verschillen tussen waargenomen en geschatte gasverbruik groot zijn bij oudere woningen en grote woningen. Alleen bij zeer kleine woningen (met een oppervlakte tot 50 m²), lijken woningen met zonnepanelen iets meer warmte te verbruiken. Gemiddeld gezien verbruiken woningen met zonnepanelen 114 m³ gas per jaar minder dan verwacht in de modelberekening voor woningen zonder zonnepanelen.

Tabel 2
Vergelijking tussen gemiddeld waargenomen en geschatte gasverbruik per energielabel voor woningen met zonnepanelen

	Waargenomen warmtevraag (m ³)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m ³)	Vershil schat- ting- waarne- ming (m ³)	Woningen (aan- tal)
A	983	1.019	36	271.947
B	1.169	1.215	46	91.433
C	1.214	1.293	79	112.756

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Vershil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
D	1.385	1.484	99	31.418
E	1.483	1.602	119	15.734
F	1.605	1.766	161	10.002
G	1.650	1.825	174	8.079
Onbekend	1.340	1.517	177	492.951

Conclusie

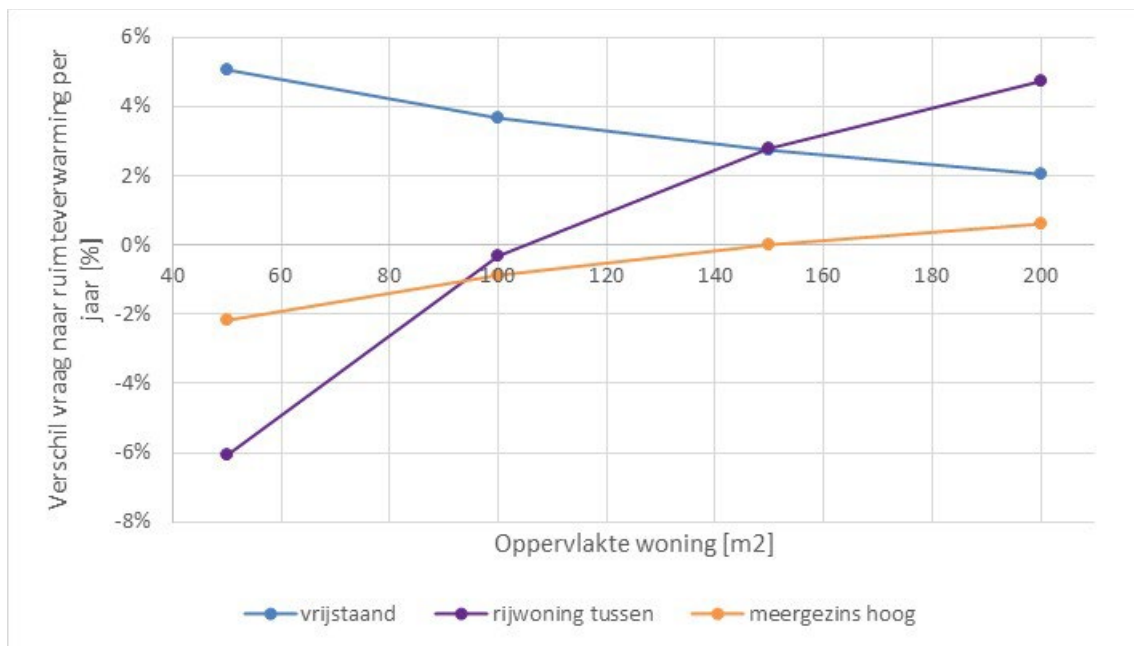
Bij woningen met zonnepanelen is de schatting van Referentieverbruik II te hoog. De tabellen in bijlage B4 kunnen eventueel gebruikt worden om de Referentieverbruiken voor woningen met een zonnepaneel naar beneden bij te stellen.

3.3 Verschil resultaten vervolgstudie

Zoals in de voorgaande hoofdstukken beschreven, zijn de verschillen tussen Referentieverbruik I en II rekenkundig gezien niet groot. Als de verlopen energielabels buiten beschouwing worden gelaten, geeft de Referentieverbruik II methode gemiddeld gezien iets betere schattingen (waar het de verklaarde variantie betreft). In bijlage B4 worden de uitkomsten van het Referentieverbruik I- en Referentieverbruik II model met elkaar vergeleken en afgezet tegen het gemeten energieverbruik. In bijlage B5 is een andere kwantitatieve vergelijking opgenomen tussen Referentieverbruik I en II, waarin de procentuele verschillen tussen de uitkomsten van de modellen zijn opgenomen per woningtype. Ter illustratie is in Figuur 1 het procentuele verschil in uitkomsten opgenomen tussen Referentieverbruik I en II voor twee veelvoorkomende woningtypen: meergezinswoningen en rijwoningen met energielabel C. Vrijstaande woningen zijn ook aan de figuur toegevoegd omdat die vaak een (relatief) groot verbruik hebben ten opzichte van de andere woningtypen. Figuur 1 laat zien dat de schatting met Referentieverbruik II hoger uitkomt (circa 6 %) voor vrijstaande woningen bij lage oppervlakten dan Referentieverbruik I. Voor rijwoningen en meergezinswoningen ligt de schatting bij lage oppervlakten juist iets lager volgens Referentieverbruik II ten opzichte van Referentieverbruik I. Bij grotere oppervlakten geeft het Referentieverbruik II een hogere warmtevraag bij woningtypen met label C. Bij veelvoorkomende oppervlakten (tussen de 80 en 120 vierkante meter) is het verschil tussen de modellen kleiner dan 4%.

Figuur 1

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor energielabel C



Over het algemeen is te zien dat de verschillen veelal kleiner dan plus of min 10% zijn, met enkele uitschieters richting de 20% bij zeer kleine, of juist zeer grote woningoppervlakten. Conform de verwachting zijn de verschillen in resultaten tussen de beide modellen klein.

4 Gebruikmaken van het Referentieverbruik

Schattingen voor de warmtevraag van woningen op basis van de Referentieverbruik II methode worden op diverse manieren beschikbaar gesteld. In de meest directe vorm worden de schattingen beschikbaar gesteld in de vorm van flexibele Excelbestanden, de zogeheten ‘gemeentebestanden’. De Referentieverbruik II methode ligt verder aan de basis van schattingen voor de warmtevraag van woningen in de actualisatie van de Startanalyse aardgasvrije buurten, die in maart 2025 is gepubliceerd: die toepassing wordt toegelicht in de documentatie bij de Startanalyse (van Polen et al., 2025; van Beijnum et al. 2025). In dit hoofdstuk wordt het gebruik van de Referentieverbruik II methode in de gemeentebestanden uitgelegd, zodat duidelijk is wat de verschillen zijn met Referentieverbruik I.

4.1 Dataset met Referentieverbruiken voor elke gemeente, de ‘gemeentebestanden’

De gemeentebestanden bevatten een overzicht van alle woningen in een gemeente, met gedetailleerde informatie over de woningkenmerken zoals het woningtype, de bouwperiode, het bij RVO-aafgemelde energielabel en de oppervlakte. Voor informatie over de gebouwkenmerken wordt gebruik gemaakt van de BAG (peildatum 1 mei 2025). Voor informatie over het energielabel wordt gebruik gemaakt van de energielabeldatabase EP-online (peildatum 1 mei 2025). Verder wordt in de gemeentebestanden voor iedere woning in de gemeente het warmteverbruik geschat conform de Referentieverbruik II methode. Eerder waren al gemeentebestanden gepubliceerd op basis van de Referentieverbruik I methode, die ‘oude’ gemeentebestanden blijven eveneens beschikbaar. We spreken van een ‘flexibel’ Excelbestand omdat gebruikers in staat zijn om aanpassingen te doen: zo kunnen regressiecoëfficiënten worden aangepast zodat ze beter aansluiten bij de specifieke lokale omstandigheden, kunnen installaties voor verwarming worden toegevoegd, of kan de isolatiekwaliteit van een woning (in de vorm van het energielabel) worden aangepast.

Hoewel de opzet van de gemeentebestanden voor het overgrote deel gelijk is gebleven tussen het Referentieverbruik I en II project, zijn er enkele andere belangrijke wijzigingen doorgevoerd, naast de actualisatie van de gebouw- en energielabelinformatie:

- De buurtindeling is veranderd. In de nieuwe gemeentebestanden wordt gebruik gemaakt van de recentere CBS2023 buurtindeling (referentie).
- Kengetallen met betrekking tot de eigenschappen van installaties zijn geactualiseerd en aangepast in de gemeentebestanden: hiervoor is gebruik gemaakt van informatie die is verzameld in het kader van de actualisatie van de Startanalyse aardgasvrije buurten (referentie naar kernrapport). De kengetallen van ASA2025 zijn overgenomen in de nieuwe gemeentebestanden. De kengetallen voor de installaties worden verantwoord in van Beijnum et al. (2025).
- De lokale praktijkfactor is aangepast (zie paragraaf 3.3.1).
- De schattingsmethode voor de huishoudgrootte is vereenvoudigd: deze schatting is nodig om het warmteverbruik voor warm tapwater en koken te bepalen.

De nieuwe schattingsmethode voor de huishoudgrootte wordt uitgelegd in de gebruikershandleiding die bij de gemeentebestanden wordt aangeboden.

- Formulestructuren zijn waar mogelijk vereenvoudigd en beter leesbaar gemaakt

4.1.1 Bijsluiter en gebruikershandleiding

Bij de gemeentebestanden op basis van de Referentieverbruik I methode werd een gebruikershandleiding in combinatie met een bijsluiter aangeboden die uitleg geeft over het gebruik van de gemeentebestanden en de aanpassingsmogelijkheden. Die gebruikershandleiding en bijsluiter zijn aangepast op basis van de wijzigingen van de gemeentebestanden voor Referentieverbruik II en zullen opnieuw beschikbaar worden gesteld. Het is belangrijk om bij het gebruik van Referentieverbruik-resultaten grondig kennis te nemen van deze bijsluiter.

4.1.2 Onzekerheidsbandbreedte resultaten Referentieverbruik II

Het is inmiddels duidelijk dat het Referentieverbruik niet het werkelijke verbruik geeft van een individuele woning. In de praktijk kan het gasverbruik afwijken door onder andere het specifieke gedrag van het huishouden, de staat van onderhoud van een woning en diverse andere factoren. Om de grote spreiding in het gasverbruik te illustreren wordt het (geanonimiseerde) gemeten gasverbruik gegeven voor woningen in drie groepen met veelvoorkomende woningkenmerken. Per groep zijn honderd willekeurig bepaalde metingen van de gasvraag opgenomen in de figuur, afgezet tegen de oppervlakte. De groepen zijn:

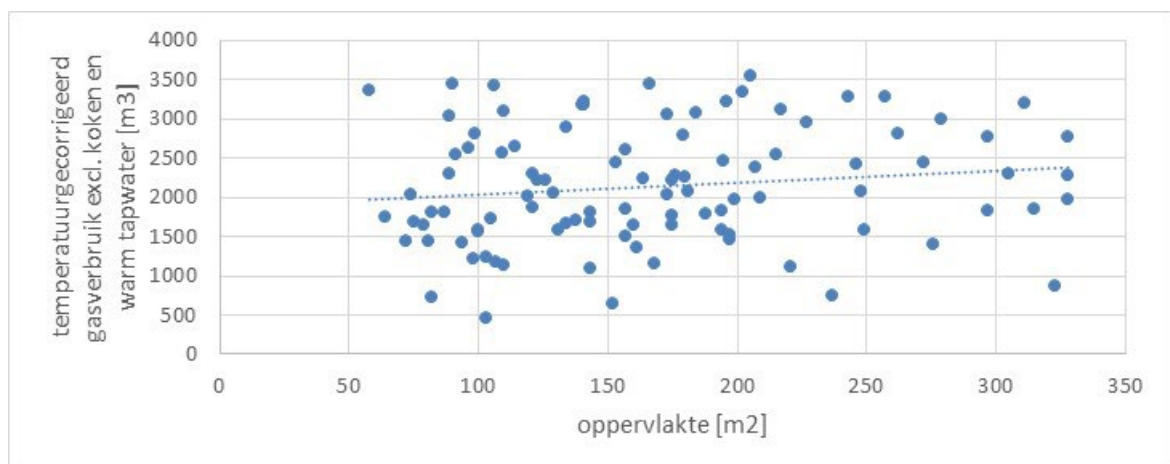
- Vrijstaand, onbekend schillabel, bouwjaar voor 1928, koop (Figuur 2)
- Rijwoning, VEL-label C, gebouwd tussen 1975-1991, koop (Figuur 3)

Appartement, NEN label A, gebouwd tussen 2006-2010, sociale huur (

- Figuur 4)

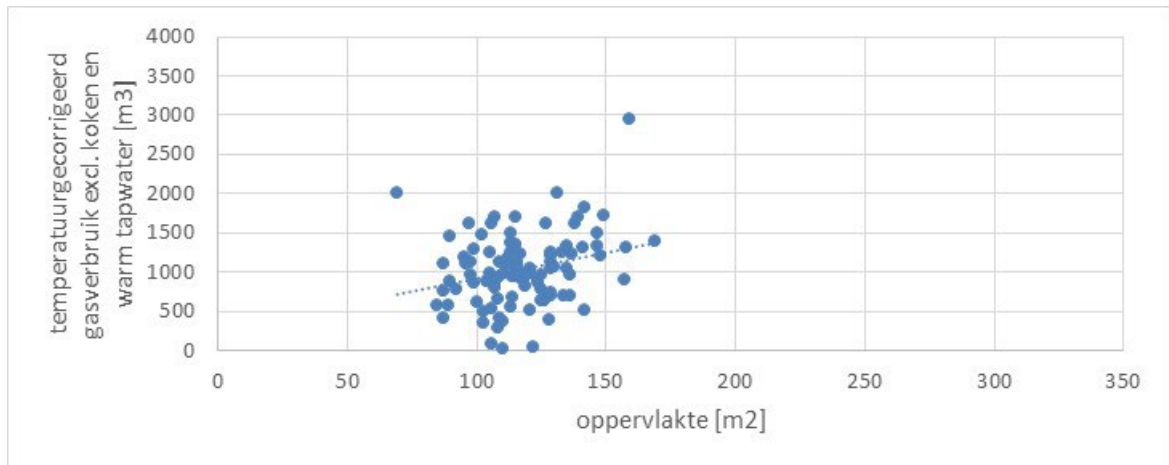
Figuur 2

Vrijstaand, onbekend schillabel, bouwjaar voor 1928, koop



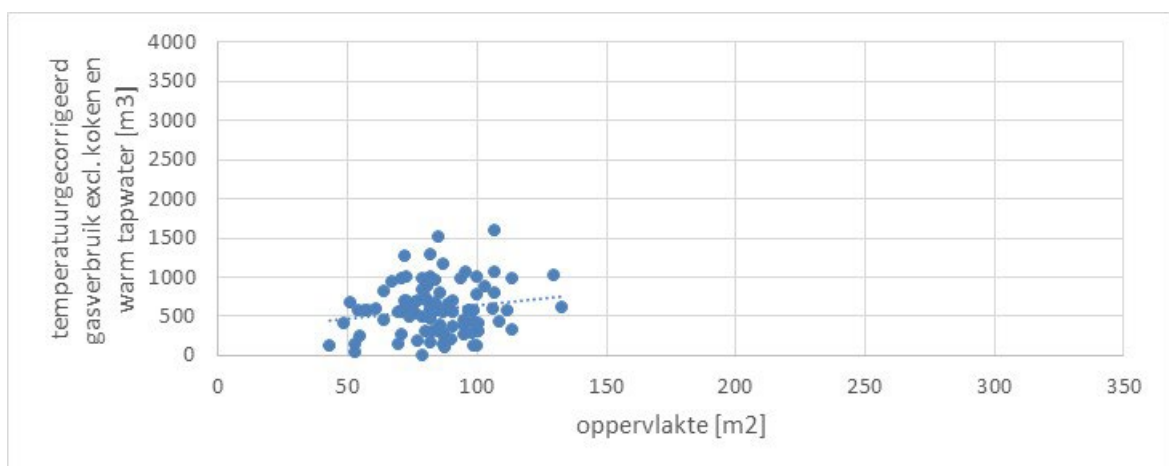
Deze figuur geeft het temperatuurgecorrigeerde gemeten gasverbruik voor honderd willekeurige woningen met dezelfde woningkenmerken, exclusief het geschatte gasverbruik voor koken en warm tapwater. De blauwe stippellijn geeft een lineaire regressielijn voor de selectie van woningen.

Figuur 3
Rijwoning, VEL-label C, gebouwd tussen 1975-1991, koop



Deze figuur geeft het temperatuurgecorrigeerde gemeten gasverbruik voor honderd willekeurige woningen met dezelfde woningkenmerken, exclusief het geschatte gasverbruik voor koken en warm tapwater. De blauwe stippellijn geeft een lineaire regressielijn voor de selectie van woningen.

Figuur 4
Appartement, NEN label A, gebouwd tussen 2006-2010, sociale huur



Deze figuur geeft het temperatuurgecorrigeerde gemeten gasverbruik voor honderd willekeurige woningen met dezelfde woningkenmerken, exclusief het geschatte gasverbruik voor koken en warm tapwater. De blauwe stippellijn geeft een lineaire regressielijn voor de selectie van woningen.

De figuren laten zien dat de spreiding van de warmtevraag van woningen met vergelijkbare kenmerken varieert van bijna 0 tot een tweevoud van de gemiddelde warmtevraag. Dit zie je zelfs bij woningen met vergelijkbare oppervlakte (als proxy voor de grootte van de woning). Het predictie-interval dat standaard werd aangeboden in de gemeentebestanden voor Referentieverbruik I en een indicatie geeft van de onzekerheidsbandbreedte voor de warmtevraagschatting voor een individuele woning, laat een vergelijkbaar beeld zien. In de gemeentebestanden voor Referentieverbruik II wordt daarom niet opnieuw een predictie-interval berekent, maar wordt een vereenvoudigde onzekerheidsbandbreedte aangeboden bij de individuele schattingen van de warmtevraag, die uiteenloopt van 0 tot een tweevoud van de geschatte warmtevraag. De bandbreedte laat zien dat de schatting van de warmtevraag voor individuele woningen sterk kan afwijken van de gemeten gasvraag en pas bruikbaar wordt als meerdere woningen voor analyse worden samengenomen.

Referenties

- Beijnum, B. van, van den Wijngaart, R. (2023), *Referentieverbruik warmte woningen; Achtergrondrapport*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, opgehaald van: https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-Referentieverbruik-warmte-woningen-achtergrondrapport_5168.pdf.
- Beijnum, B. van, van Polen, S., van den Wijngaart, R. (2024) *Consequenties van modelkeuzes voor het berekenen van energiebesparing door woningisolatie*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, opgehaald van: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-09/pbl-2024-consequenties-van-modelkeuzes-voor-het-berekenen-van-energiebesparing-door-woningisolatie_5441.pdf.
- Beijnum, B. van, van Polen, S., Poorthuis, W., Blok, J. (2025), *(Conceptversie) Verdieping op de actualisatie van de Startanalyse. Toelichting op de gehanteerde uitgangspunten in de 2025-versie van de Startanalyse*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Bemmel, B. van (2019), *Werkwijze aanmaak correctiekaarten klimaat obv KNMI 2014-scenario's tbv Vesta 3.3*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- EZK (2020), *Energielabels_PartVerhuur*, ez.maps.arcgis.com, geraadpleegd op 17 augustus 2022: <https://ez.maps.arcgis.com/home/item.html?id=e57568c80f6b4d4a93a1a6e0e196c173>.
- EZK (2021), *Energielabels CorporatieWoningen*, ez.maps.arcgis.com, geraadpleegd op 17 augustus 2022: <https://ez.maps.arcgis.com/home/item.html?id=059c8becfd1a49f58b3707915543d701>.
- Molen, F. van der et al., van Polen, S., van den Wijngaart, R., Tavares, J., van Bemmel, B., Langeveld, J., Hoogervorst, N. (2021). *Functioneel Ontwerp Hestia 1.0*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, opgehaald van: <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-functioneel-ontwerp-hestia-1.0-5196.pdf>.
- Molen, F. van der, Poorthuis, W., Zwamborn, A., Tigchelaar, C., Niessink, R., Rovers, V. (2023). *Functioneel Ontwerp Hestia 1.0*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, opgehaald van: <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-functioneel-ontwerp-hestia-1.0-5196.pdf>.
- Polen, S. van, Wetzels, W., van Beijnum, B., Poorthuis, W., Blok, J. (2025), *Actualisatie Startanalyse aardgasvrije buurten 2025; Kernrapport met de nationale resultaten op hoofdlijnen*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, opgehaald van: <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-03/pbl-2025-Actualisatie-Startanalyse-aardgasvrije-buurten-2025-5632.pdf>.
- RVO (2024), rvo.nl, *Standaard en streefwaarden voor woningisolatie*, geraadpleegd op 29-04-2025 via: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/standaard-streefwaarden-woningisolatie>.

Bijlagen

B1 Beschrijving Referentieverbruik I en II

In deze bijlage worden de diverse deelonderzoeken beschreven die van invloed zijn geweest op de totstandkoming van het Referentieverbruik II model. In de eerste twee paragrafen worden in meer detail de formules gegeven achter respectievelijk het Referentieverbruik I en II model. Daarna wordt per deelonderzoek beschreven hoe deze van invloed is geweest op de totstandkoming van de formule achter het Referentieverbruik II model.

B1.1 Het Referentieverbruik I model

In het Referentieverbruik I model was er voor elke woningcombinatie een aparte regressielijn van oppervlakte naar warmtevraag. Dit houdt in dat er een constante (alfa) en een lineaire trend (beta) in oppervlakte (O) zijn voor elke combinatie van (B)ouwperiode, (W)oningtype, (S)chillabel¹², en (E)igendom woning (B*W*S*E), en type energielabel¹³. Dit is equivalent aan het regressiemodel dat wordt beschreven met formule B1:

Formule B1

$$\text{Warmtevraag}_i = \alpha + \beta_{W,B,S,E,type} \cdot \text{Woning}_{W,B,S,E,type,i} + \gamma_{WW,B,S,E,type} \cdot \text{Woning}_{W,B,S,E,type,i} \cdot O_i + \varepsilon_i$$

Waarbij $\text{Woning}_{W,B,S,E,type,i}$ betekent dat er aparte dummyvariabelen¹⁴ zijn voor elke combinatie van B, W, S, E en labeltype. Voor een uitgebreide uitleg over de werking van het Referentieverbruik I model, zie van Beijnum & van den Wijngaart (2023).

B1.2 Het Referentieverbruik II model

Zoals in de hoofdttekst staat beschreven, bestaat het Referentieverbruik II model uit combinaties van maximaal drie kenmerken. Hierdoor is de complexiteit lager, en komt het minder vaak voor dat een parameter geschat wordt op slechts enkele waarnemingen. Verder is het model zo opgezet dat de lijnen voor verschillende labels binnen een bepaalde woningcombinatie elkaar niet kunnen snijden. Tot slot worden type eigendom en labeltype enkel nog als los kenmerk meegenomen, en niet in combinatie met de woningtypen. Hiermee heeft het model de vorm van formule B2:

¹² Hier staat S voor schillabel. In deze tekst gebruiken we S voor labels inclusief labels van voor 2015 met een aparte categorie “>A” voor labels A+, A++, A+++, en A++++ bevat., in tegenstelling tot L waarbij alleen labels vanaf 2015 zijn meegenomen en alle varianten van A-labels samengenomen zijn.

¹³ In dit model zijn er drie types energielabel, en wel: expertlabel (NEN) van 2015 of later, vereenvoudigd label (VEL) inclusief labels van voor 2015, of onbekend label.

¹⁴ Een dummyvariabele is een variabele die 0 of 1 is, afhankelijk of een eenheid (woning) in een bepaalde categorie valt. Zo heeft de dummyvariabele $\text{Woning}_{W=rij,B=tot\ 1945,S=D,E=koop,type=NAN,i}$ een waarde 1 voor koopwoningen i met bouwjaar tot 1945, een NEN-energielabel D, en een 0 voor alle andere woningen.

Formule B2

$$\text{Warmtevraag}_i = \alpha + \beta_{W,B,L} \cdot \text{Woning}_{W,B,L,i} + \gamma_{W,B} \cdot \text{Woning}_{W,B,i} \cdot O_i + \delta_E \cdot \text{Woning}_{E,i} + \theta_E \cdot \text{Woning}_{E,i} \cdot O_i + \vartheta_{vel} \cdot \text{Woning}_{vel,i} + \mu_{vel} \cdot \text{Woning}_{vel,i} \cdot O_i + \varepsilon_i$$

Met W=woningtype, B=bouwperiode, L=actueel label (NEN of VEL) inclusief categorie onbekend, O=woonoppervlakte, E=type eigendom (koop, sociale huur, overige verhuur of onbekend), vel=eenvoudig label (VEL).

Tot slot zijn bij het schatten van het model woningcombinaties van 3 kenmerken enkel meegenomen als deze significant waren. Alle regressiecoëfficiënten van het Referentieverbruik II model die statistisch relevant waren zijn opgenomen in bijlage B2.

B1.3 Onderzoeken voor verbetering van het model

In de hoofdstekst en de voorgaande paragrafen zijn de verschillen beschreven tussen de Referentieverbruik I- en de Referentieverbruik II methode. Diverse onderzoeken zijn voorafgegaan aan de wijzigingen in methode. De verschillende onderzoeken worden hieronder beschreven. Per onderzoek wordt beschreven hoe de bevindingen hebben geleid tot aanpassing van de modellering. De deelonderzoeken die worden beschreven zijn:

- (Aantal) interacties
- Voorkomen van kruisende lijnen
- Vergelijking met oud model (ofwel: welke eigenschappen worden overgenomen uit Referentieverbruik I)
- Het effect van de opnamemethode van een energielabel

Interacties

Het Referentieverbruik I model ging uit van een volledige interactie van de woningkenmerken, ofwel $B \cdot W \cdot L \cdot O$. Hierbij worden overeenkomsten tussen groepen genegeerd. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat 2-onder-1-kap woningen en hoekwoningen van een bepaald bouwjaar en label hetzelfde verband hebben tussen oppervlakte en warmtevraag. Het Referentieverbruik I model negeert dit, en maakt aparte schattingen. Door niet alle combinaties van woningkenmerken als dummyvariabele mee te nemen kan het Referentieverbruik II model beter generaliseren.

Om tot het Referentieverbruik II model te komen beschouwen we twee uitersten:

- Het ene uiterste is een model met enkel losse woningkenmerken. De onderliggende aanname daarvan is dat het effect van een kenmerk op de warmtevraag volledig losstaat van de andere kenmerken. Bijvoorbeeld: een tussenwoning verbruikt altijd 200 m³ meer dan een vergelijkbare hoekwoning, ongeacht bouwjaar of energielabel.
- Het andere uiterste is een model met volledige interactie. De onderliggende aanname is dat woningen met verschillende kenmerken niet te vergelijken zijn, zelfs al is er maar één kenmerk verschil. Je zegt dan bijvoorbeeld dat een hoek- en tussenwoning van dezelfde bouwperiode, energielabel en oppervlakte een compleet andere warmtevraag kunnen hebben.
- Beide uitersten zijn onwaarschijnlijk. In werkelijkheid lijken woningen die maar op één kenmerk verschillen meer op elkaar dan woningen die in meerdere kenmerken verschillen. Maar tegelijkertijd kan het effect van een ander kenmerk wel afhangen van de woning: het

verschil in warmtevraag tussen een villa en flat van voor 1945 zal bijvoorbeeld kleiner zijn dan bij nieuwe woningen.

Het liefst willen we op een goede plek tussen de twee uiterste in gaan zitten. Daarom hebben we verschillende niveaus van interacties getest: van een model met alleen losse termen, via een model met alle interacties van twee termen, alle interacties van 3 termen, tot een model met volledige interacties.

We vergelijken de modellen op complexiteit en verklaarde variantie:

- Als maatstaf voor complexiteit gebruiken we het verlies aan vrijheidsgraden; elke gecombineerde categorie van variabelen kost één vrijheidsgraad (minus 1). De variabele label heeft 8 categorieën en kost daarmee $8-1=7$ vrijheidsgraden. De combinatie van label en woningtype heeft 8×6 categorieën en kost $8 \times 6 - 1 = 47$ vrijheidsgraden. Hoe meer vrijheidsgraden, des te complexer is het model.
- Als maatstaf voor de verklaarde variantie kijken we naar de adjusted R^2 ; dit is net als R^2 een maat voor het deel van de variantie in de afhankelijke variabele (warmtevraag) die verklaard kan worden door het model. De R^2 van een model ligt tussen 0 en 1, waarbij 0 betekent dat er helemaal geen variantie kan worden verklaard en 1 betekent dat met het model de afhankelijke variabele volledig af te leiden is. De term adjusted betekent dat er gecorrigeerd is voor de automatische verhoging in R^2 die ontstaat als je verklarende variabelen aan het model toevoegt¹⁵.

Tabel 3 geeft een overzicht van de modellen inclusief complexiteit en verklaarde variantie. Ter vergelijking staat ook het model met enkel het label (L) en oppervlakte (O) erbij. Dit zou de voorspelkracht zijn als je enkel uitgaat van labels, zonder aanvullend model. Met enkel label is de voorspelkracht zeer zwak, maar label in combinatie met oppervlakte geeft al een redelijke voorspelling (adjusted $R^2=0,308$). Dit laatste model is bovendien vrij eenvoudig, en kost slechts 16 vrijheidsgraden (namelijk: 1 constante, 7 labeldummy's, en 8 interacties tussen label oppervlakte).

Een model met naast (L)abel en (O)ppervlakte ook (B)ouwperiode en (W)oningtype geeft een betere voorspelling. Als deze variabelen los van elkaar worden gebruikt (model: $W + B + L + O$) is de verklaarde variantie al van $R^2=0,411$ (ofwel 41,1% van de variantie in warmtevraag wordt voorspeld met het model) met een verlies van maar 24 vrijheidsgraden¹⁶ en dus nog steeds vrij eenvoudig. Als je alle variabelen met elkaar combineert (model: $W*B*L + W*B*L*O$) wordt de voorspelkracht marginaal hoger tot 0,423, maar neemt de complexiteit enorm toe met maar liefst 943 vrijheidsgraden¹⁷.

¹⁵ Nota bene: vanwege de grote populatie (ruim 3,5 miljoen woningen) geldt in bijna alle gevallen dat de adjusted R^2 gelijk is aan de R^2 .

¹⁶ Voor de berekening tellen we voor elke categorische variabele één referentiecategorie die weggelaten wordt. De berekening is dan $(6-1) + (11-1) + (8-1) + 1 = 23$. Nb: de intercept telt niet mee.

¹⁷ Voor de berekening nu één referentiecategorie voor de hele interactie. Voor interacties met oppervlakte is er geen referentiecategorie. Dit komt uit op $6*11*8-1 + 6*11*8 = 528*2 - 1 = 1055$. Het uiteindelijke aantal (943) is lager, omdat er 41 combinaties (van $W*B*L$) zijn die niet voorkomen (o waarnemingen), en nog eens 30 met maar 1 waarneming waardoor de interactie met oppervlakte ($W*B*L*O$) vervalt. Hierdoor komt het effectieve aantal vrijheidsgraden op $1055 - 2*41 - 30 = 1055 - 112 = 943$.

Tabel 3

Vergelijk modellen met kernvariabelen (W, B, L en O), van alleen label tot volledige interactie

Omschrijving van het model	Specificatie van het model (plus constante)	Complexiteit van het model (verlies aan vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R ²)
Alleen label	L	7	0,109
Label en oppervlakte	$L + L * O$	15	0,308
Alleen losse termen	$W + B + L + O$	23	0,411
Tweevoudige interacties	$W * B + W * L + W * O + B * L + B * O + L * O$	200	0,422
Drievoudige interacties	$W * B * L + W * B * O + W * L * O + B * L * O$	663	0,423
Volledige interactie	$W * B * L + W * B * L * O$	943	0,423

Uiteindelijk blijken modellen met maar 2 of 3 interacties (vrijwel) even goed te scoren als een volledig model, maar met minder complexiteit. Bij deze modellen valt elke woning in 2-4 overlappende woningcategorieën, die samen de uiteindelijke warmtevraag bepalen. Hiermee lijkt de warmtevraag van woningen die op maar één kenmerk verschillen minder. Bovendien zijn de woningcategorieën groter, waardoor de kans kleiner is dat een parameter op maar een paar waarnemingen geschat wordt.

Aanpassing modellering

In Referentieverbruik II gaan we uit van combinaties van 2 of 3 kenmerken, en geen volledige uitkruising.

Voorkomen van kruisende lijnen

Bij het Referentieverbruik I model heeft PBL voor alle combinaties van woningkenmerken grafieken gemaakt, met op de x-as de oppervlakte, op de y-as de geschatte warmtevraag, met voor elk label een aparte lijn. Het idee is dat lijnen van een ongunstiger label in het geheel op of boven lijnen van een gunstiger label liggen, dus de lijn voor G ligt boven F, F ligt boven E, enzovoorts. Dit bleek niet altijd het geval, zie van Beijnum & van den Wijngaart (2023).

In een regressievariant kan je de modellen zodanig opstellen dat kruisende lijnen niet voor kunnen komen. Hiervoor zijn twee opties:

1. Gelijke constante. In dit geval beginnen alle lijnen op hetzelfde punt van de y-as (bij $x=0$) en kruisen elkaar daar. Omdat twee lijnen maar één keer kunnen kruisen, is een latere kruising onmogelijk.
2. Gelijke helling/richtingscoëfficiënt. Hierdoor lopen de lijnen parallel, en snijden elkaar dus niet.

Voor beide varianten hebben we modellen met combinaties van 2 en 3 kenmerken getest (zie onderstaande Tabel 4). Het model met parallelle lijnen heeft van de modellen met 2 kenmerken de hoogste adjusted R², maar in de modellen met combinaties van 3 kenmerken hebben beiden varianten dezelfde verklaarde variantie. PBL heeft een lichte voorkeur voor parallelle lijnen.

Tabel 4
Overzicht van modellen zonder kruisende lijnen

Omschrijving van het model	Specificatie van het model	Complexiteit van het model (vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R ²)
Gelijke constante, tweevoudige interacties	W*B W*O B*O L*O	88	0,418
Gelijke constante, drievoudige interacties	W*B W*B*L*O	552	0,422
Gelijke helling, tweevoudige interacties	W*B W*L W*O B*L B*O	193	0,421
Gelijke helling, drievoudige interacties	W*B*L W*B*O	552	0,422

Aanpassing modellering

In Referentieverbruik II kiezen we een model waarin de lijnen van oppervlakte naar geschatte warmtevraag voor verschillende labels parallel lopen.

Vergelijking met oud model

We hebben de verklaarde variantie van het Referentieverbruik II model vergeleken met het Referentieverbruik I model. Hiervoor gebruiken we de schattingen die PBL heeft gemaakt.¹⁸ De verschillen tussen de modellen zijn:

- Het Referentieverbruik I model maakte aparte schattingen voor twee soorten labels: recente (vanaf 2015) NEN-labels en verouderde (tot en met 2014) labels of VEL-labels.
- Het Referentieverbruik I model gebruikte daarmee ook labels van vóór 2014 (samen met de VEL-labels). Labels vervallen echter na 10 jaar, en RVO publiceert enkel labels die nog geldig zijn. Dat betekent dat in 2024 alleen labels van 2014 of later geldig en als openbare data beschikbaar zijn.
- Het Referentieverbruik I model gebruikte een extra categorie voor labels A+ of beter. In combinatie met punt (i) betekent dit dat er effectief 17 labelcategorieën waren (8x nieuwe NEN, 8x oud of VEL, 1x onbekend).
- Het Referentieverbruik I model nam ook een volledige interactie mee van type eigendom, met categorieën koop, sociale huur, overige huur.
- Handmatige aanpassingen. Nb: deze betroffen vooral de imputatie van ontbrekende woningcombinaties en zullen daarom geen noemenswaardig effect hebben op de verklaarde variantie van het model.

In Tabel 5 vergelijken we het model met volledige interactie met het Referentieverbruik I model. Om het verschil in labelvariabele zichtbaar te maken hanteren we S (Schillabel) voor de oude

¹⁸ We hebben het Referentieverbruik I model proberen te schatten via één regressie, maar omdat het aantal vrijheidsgraden zeer groot is gaf dit performance problemen. De vorige keer was het model geschat als losse lineaire regressie met O voor elke combinatie van W*B*S*E. Dat zou voor deze exercitie te veel werk zijn geweest.

indeling en L (Label) voor de nieuwe. Er zijn twee verschillen tussen S en L: (1) bij S tellen verlopen labels (i.e. labels van vóór 2014) mee¹⁹, maar bij L zijn die op 'onbekend' gezet, (2) de labels A+ of beter zitten bij S in een aparte categorie >A, terwijl die bij L zijn samengevoegd met A. Voor een betere vergelijking met Tabel 3 zijn woningen met een eenvoudig (VEL) label buiten de populatie gehouden, en zijn onbekende labels een aparte categorie.

We zien dat het Referentieverbruik I model betere schattingen geeft dan het model met volledige interactie, met een R^2 van 0,429 ten opzichte van 0,423. De complexiteit is echter wel hoger, vanwege extra categorie in S en extra interactie met 3 groepen Eigendom E. Het Referentieverbruik I model is daardoor ongeveer 3,5x groter.²⁰

De betere schattingen van het oude PBL-model lijken vooral te komen door de keuze van S in plaats van L als labelvariabele. Immers, als we bij de volledige interactie labels L vervangen door S is de schatting al nagenoeg hetzelfde, in andere woorden: het effect van S komt doordat verouderde labels zijn meegenomen. Die labels zijn echter niet meer geldig en worden niet (meer) meegenomen in Referentieverbruik II. Verder blijkt dat een aparte categorie voor A+ en beter geen significante verbetering geeft. Dat sluit aan bij hoe vaak deze voorkomen: binnen de onderzoekspopulatie is 42% van de S-labels onbekend ten opzichte van 53% van de L-labels. Slechts 0,1% van de S-labels heeft categorie >A.

Wat betreft type eigendom, blijkt dat een model met S en losse termen met eigendom E al exact even goed is als het oude PBL-model. Uiteindelijk blijken alleen de termen E en E*O de verklaarde variantie meetbaar te verbeteren. Inderdaad is een model met volledige interactie iets beter als je E en E*O opneemt.

Tabel 5
Vergelijkingen met het Referentieverbruik I model door PBL

Omschrijving van het model	Specificatie van het model	Complexiteit van het model (vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R^2)
Oude schatting, dus inclusief verlopen labels en A+	$W*B*S*E + W*B*S*E*O$, incl. handmatige aanpassingen	Theoretisch: 3.563	0,429
Volledige interactie	$W*B*L + W*B*L*O$	943	0,423
Volledige interactie, inclusief verlopen labels en A+	$W*B*S + W*B*S*O$	1.155	0,428
Volledige interactie, inclusief verlopen labels en A+, en termen van E	$W*B*S + W*B*S*O + E + E*W + E*B + E*S + E*O$	1.205	0,429

¹⁹ Overigens geldt bij de Referentieverbruik I methode dat alleen expertlabels (NEN) van 2014 of later zijn gebruikt om de parameters van het model te schatten. Deze parameters zijn vervolgens in de gemeentebestanden voor alle woningen gebruikt, ook voor woningen met eenvoudige (VEL) labels of labels van voor 2014.

²⁰ Het gaat om maximaal $6*11*9*3*2-1 = 3.563$ vrijheidsgraden ten opzichte van maximaal 1.055 voor het volledige model met L en zonder E.

Omschrijving van het model	Specificatie van het model	Complexiteit van het model (vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R ²)
Volledige interactie, met E en E*O	$W*B*L + W*B*L*O + E + E*O$	947	0,424

Aanpassing modellering

Van het Referentieverbruik I model nemen we over dat het type eigendom (in beperkte vorm) meegaat. We nemen niet A+ mee omdat die weinig toevoegt, en gebruiken geen verlopen labels omdat dat ingaat tegen de uitgangspunten.

Het effect van de opnamemethode van een label

Als laatste hebben we onderzocht in hoeverre het belangrijk is om rekening te houden met hoe een label opgenomen is. Hierover zijn twee vragen. De eerste vraag is of de warmtevraag die hoort bij een NEN-label anders is dan bij een VEL-label²¹ en meer precies of het zinvol is om hier aparte modellen voor te gebruiken. De tweede vraag is of de schattingen voor de hele populatie beter worden als je enkel de NEN-labels gebruikt om het model te schatten. Nb: we gebruiken hier geen verlopen labels, omdat die geen open data zijn. Zie ook de uitgangspunten in hoofdstuk 3.

De eerste vraag hebben we onderzocht door drie varianten van een model te schatten op de hele populatie, en wel: (1) een model voor alle labels, (2) aparte modellen per labeltype, of (3) een model met een paar termen die verschillen per labeltype. Tabel 6 laat zien dat het voor de verklaarde variantie van de schattingen niet uitmaakt welke variant gekozen wordt, terwijl variant (2) wel aanzienlijk complexer is. Tussenvorm (3) is nauwelijks complexer dan de eenvoudigste variant (1), terwijl de termen vel en vel*O wel zeer significant zijn. Die kunnen we eventueel meenemen.

De tweede vraag hebben we onderzocht door modelparameters te schatten op data met enkel expertlabels (inclusief onbekende labels), en deze te gebruiken om de warmtevraag te schatten op de populatie van zowel expertlabels als VEL-labels²¹.

Tabel 6 laat zien dat de schattingen slechter zijn als je alleen NEN-labels gebruikt, mogelijk doordat bij sommige woningcombinaties te weinig NEN-labels voorkomen voor een goede schatting. Tot slot toont bijlage B6 de verschillen tussen geschatte en waargenomen warmtevraag voor woningen met een VEL-label. Gemiddeld is het verschil om3, en over de hele linie zijn deze klein.

Tabel 6

Modellen met onderscheid naar expert (NEN) en eenvoudige (VEL) labels

Omschrijving van het model	Populatie waarop model geschat is	Specificatie van het model	Complexiteit van het model (vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R ²)
Volledig model	Expert en vel	$W*B*L + W*B*O$	587	0,427
Aparte modellen voor NEN en VEL	Expert en vel	$W*B*L*vel + W*B*O*vel$	1.055	0,427

²¹ Een VEL-label of vereenvoudigd label is een label dat door een bewoner zelf is afgenomen op basis van een checklist. Dit was mogelijk tot eind 2020.

Omschrijving van het model	Populatie waarop model geschat is	Specificatie van het model	Complexiteit van het model (vrijheidsgraden)	Verklaarde variantie van de schattingen (adjusted R ²)
Model met termen vel en vel*O	Expert en vel	$W*B*L + W*B*O + vel + vel*O$	554	0,427
Volledig model	Alleen expert	$W*B*L + W*B*O$	552	0,426

Aanpassing modellering

De verklaarde variantie van de schatting is beter als we het model schatten op alle labels, en niet alleen op de expertlabels. Bovendien is het niet nodig om labeltype mee te nemen als kenmerk.

B2 Overzicht statistisch relevante parameters warmteverbruik

In Tabel 7 zijn alle parameters op basis van drie woningkenmerken opgenomen die statistisch relevant zijn bij het schatten van de warmtevraag voor woningen. De afkortingen zijn als volgt opgebouwd:

- Eerst 3 of 4 hoofdletters over welke variabelen erin zitten, met O=oppervlakte, L=label, B=bouwperiode, W=woningtype.
- Daarna, voor alle categoriale variabelen (i.e. allesbehalve oppervlakte) letters of cijfers die aangeven wat de waarde is van de variabele
- Voorbeeld: BWLo3_rij_C betekent: Bouwperiode=03, Woningtype=rij, Label=C

Tabel 7
Overzicht statistisch relevante parameters warmteverbruik

OBWoo_m ho	OBWo8_ho ek	OBWo5_ho ek	BWLo7_mla _C	BWLo3_hoe k_F	BWLo4_mh o_D	BWLo1_k2o 1_C
OBWo1_mh o	OBWo7_k2 o1	OBWo5_rij	BWLo3_k2o 1_D	BWLo2_ml a_F	BWLo3_rij_ G	BWLo4_ho ek_C
OBWo4_rij	OBWo7_ho ek	OBWo5_k2 o1	BWLo0_rij_ F	BWLo8_ml a_C	BWLo5_mh o_D	BWLo1_k2o 1_C
BWLo2_ml a_C	BWLo3_rij_ F	OBWo6_ho ek	BWLo0_k2o 1_F	BWLo1_mla _G	BWLo1_mla _D	
BWLo2_mh o_C	OBWo9_rij	OBWo6_k2 o1	BWLo0_k2o 1_G	BWLo3_hoe k_A	BWLo0_mla _G	
BWLo3_mh o_D	BWLo4_ml a_C	OBWo6_mh o	BWLo1_mh o_B	BWLo7_mh o_A	BWLo2_rij_ G	
OBWo7_rij	BWLo3_mh o_C	BWLo2_mla _A	BWLo0_rij_ D	BWLo7_mla _B	BWLo2_hoe k_G	
OBWoo_ml a	BWLo3_mh o_B	BWLo5_mla _C	BWLo2_mla _D	BWLo8_k2 o1_D	BWLo2_mh o_G	
OBWo8_rij	BWLo4_k2 o1_D	OBWo9_ho ek	BWLo4_mla _E	BWLo4_k2o 1_A	BWLo1_rij_ F	
OBWo2_m ho	OBWo6_rij	BWLo2_hoe k_D	OBWo3_rij	BWLo9_mh o_D	BWLo1_k2o 1_F	
OBWo4_m ho	BWLo2_mh o_E	OBWo9_k2 o1	OBWo3_k2 o1	BWLo0_ml a_A	BWLo4_mla _F	
BWLo3_ml a_D	OBWo1_k2 o1	BWLo2_k2o 1_B	BWLo0_rij_ A	BWLo6_mh o_C	BWLo4_mh o_E	
OBWo2_ml a	OBWo1_rij	BWLo4_mla _B	BWLo0_rij_ B	BWLo1_k2o 1_G	BWLo7_mla _A	
BWLo0_mh o_C	OBWo1_ho ek	BWLo4_mh o_B	BWLo9_rij_ C	BWLo3_rij_ E	BWLo5_rij_ A	
BWLo0_mh o_A	OBWo1_ml a	BWLo2_hoe k_B	BWLo1_rij_ A	BWLo3_rij_ C	OBWoo_ho ek	

BWLo2_mh o_A	BWLo6_ml a_C	BWLo4_k2o 1_B	BWLo7_mh o_C	BWLo3_k2o 1_C	BWLo1_k2o 1_A
BWLo1_mh o_C	BWLo3_mla _B	BWLo4_hoe k_B	BWLo7_rij_ C	BWLo3_mla _C	BWLo1_k2o 1_E
BWLo4_rij_ C	BWLo3_rij_ B	BWLo3_k2o 1_A	BWLo4_hoe k_D	BWLo3_hoe k_C	BWLo0_k2o 1_E
BWLo0_mh o_B	BWLo4_rij_ B	BWLo2_rij_ A	BWLo0_mla _B	OBWo5_ml a	BWLo2_rij_ E
OBWo3_ho ek	BWLo7_rij_ B	BWLo7_mla _C	BWLo3_mh o_F	BWLo8_ml a_B	BWLo6_mh o_D
OBWo8_k2 o1	OBWo3_ml a	BWLo3_k2o 1_D	BWLo3_k2o 1_F	BWLo2_rij_ C	BWLo2_mh o_B
BWLo2_ml a_E	OBWo4_ml a	BWLo0_rij_ F	BWLo3_mla _F	BWLo3_k2o 1_B	BWLo7_hoe k_B
OBWoo_m ho	OBWo8_ho ek	OBWo5_ho ek	BWLo7_mla _C	BWLo3_hoe k_F	BWLo4_mh o_D

B3 Geschatte en daadwerkelijke warmtevraag voor woningen met zon-pv

Tabel 8

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per energielabel

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
A	983	1.019	36	271.947
B	1.169	1.215	46	91.433
C	1.214	1.293	79	112.756
D	1.385	1.484	99	31.418
E	1.483	1.602	119	15.734
F	1.605	1.766	161	10.002
G	1.650	1.825	174	8.079
Onbekend	1.340	1.517	177	492.951

Tabel 9

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per woningtype

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
Vrijstaand	1.724	1.918	194	214.748
2-onder-1 kap	1.342	1.486	143	152.332
hoekwoning	1.201	1.304	103	197.676
tussenwoning	1.016	1.099	83	395.939
appartement (t/m 4 etages)	735	753	18	52.173
appartement (v/a 5 etages)	702	728	26	21.452

Tabel 10

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per bouwperiode

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
Tot en met 1929	1.561	1.735	175	70.988
t/m 1929	1.527	1.731	205	49.003
1946 t/m 1964	1.243	1.382	139	132.203
1965 t/m 1974	1.267	1.395	128	176.094
1975 t/m 1991	1.218	1.325	106	289.032
1992 t/m 1995	1.248	1.347	98	62.929
1996 t/m 1999	1.211	1.307	96	56.8

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
2000 t/m 2005	1.183	1.279	96	56.136
2006 t/m 2010	1.135	1.223	87	39.764
2011 t/m 2014	953	1.023	69	19.888
2015 t/m 2020	796	823	27	81.483

Tabel 11

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per oppervlakteklasse

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
tot 50	585	538	-46	6.718
50 tot 75	723	734	12	40.815
75 tot 100	905	962	57	155.897
100 tot 150	1.111	1.235	123	503.51
150 tot 250	1.577	1.714	137	297.491
250 tot 500	2.170	2.377	207	29.889
500 of meer				0

Tabel 12

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per eigendomstype

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
Koop	1.311	1.451	141	805.733
Particuliere huur	1.012	1.086	74	27.408
Corporatie huur	915	929	14	201.179

Tabel 13

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag naar opnamesoort energielabel

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
Expert (NEN)	1.200	1.327	127	717.921
Eenvoudig (VEL)	1.285	1.370	84	316.399

B4 Vergelijking tussen echte en geschatte warmtevraag, volgens beide modellen

Tabel 14

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per energielabel

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Geschatte warmtevraag; oude methode (m3)	Woningen (aantal)
A	695	695	694	259.728
B	789	788	788	243.369
C	928	923	924	385.500
D	1.046	1.053	1.042	155.737
E	1.135	1.147	1.131	74.211
F	1.217	1.223	1.213	33.322
G	1.232	1.251	1.229	21.486
Onbekend	1.282	1.282	1.261	2.579.012

Tabel 15

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per woningtype

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Geschatte warmtevraag; oude methode (m3)	Woningen (aantal)
Vrijstaand	1.959	1.960	1.904	355.361
2-onder-1 kap	1.544	1.547	1.512	327.481
hoekwoning	1.347	1.348	1.329	536.106
tussenwoning	1.127	1.125	1.115	1.250.604
appartement (t/m 4 etages)	805	806	803	729.925
appartement (v/a 5 etages)	776	776	775	552.888

Tabel 16

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per bouwperiode

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Geschatte warmtevraag; oude methode (m3)	Woningen (aantal)
Tot en met 1929	1.320	1.323	1.305	481.954
t/m 1929	1.448	1.450	1.425	254.274
1946 t/m 1964	1.212	1.213	1.198	656.023
1965 t/m 1974	1.297	1.301	1.28	591.58
1975 t/m 1991	1.084	1.080	1.069	981.101
1992 t/m 1995	999	1.000	986	189.222
1996 t/m 1999	974	972	960	170.354

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Geschatte warm- tevraag; oude methode (m3)	Woningen (aan- tal)
2000 t/m 2005	946	942	931	162.893
2006 t/m 2010	846	843	835	151.645
2011 t/m 2014	737	741	728	73.146
2015 t/m 2020	715	728	704	40.173

Tabel 17

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per oppervlakteklasse

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Geschatte warm- tevraag; oude methode (m3)	Woningen (aan- tal)
tot 50	629	638	631	133.704
50 tot 75	785	785	783	630.766
75 tot 100	962	964	960	1.012.740
100 tot 150	1.260	1.264	1.245	1.477.269
150 tot 250	1.827	1.797	1.757	449.993
250 tot 500	2.371	2.452	2.380	47.893
500 of meer	.	.	.	0

B5 Vergelijking tussen de modellen

In deze paragraaf wordt dieper ingegaan op de rekenkundige verschillen tussen Referentieverbruik I en II. Verder wordt een indruk gegeven van hoe de resultaten van Referentieverbruik I en van Referentieverbruik II zich kwantitatief tot elkaar verhouden in relatie tot de schattingen voor de warmtevraag voor diverse woningtypen en schillabels.

Rekenkundige vergelijking

Bijlage 4 toont voor verschillende groepen woningen zowel de werkelijke warmtevraag, de oude schatting en de nieuwe schatting. Hierin is te zien dat de verschillen voor alle groepen woningen klein zijn.

Omdat de methode achter het energielabel geen open data is, voldoet dit niet aan de uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 2.1. Als de verouderde/ verlopen labels op 'Onbekend' worden gezet zijn de modellen vergelijkbaar in verklaarde variantie en zijn de schattingen van het Referentieverbruik II model iets beter, zie ook Tabel 5 in bijlage 1²². Indien de verouderde energielabels nog zouden worden meegenomen geeft het Referentieverbruik I model betere schattingen van de warmtevraag: de correlatie met de berekende warmtevraag is dan 65,5% voor de oude schatting en 56,1% voor de nieuwe.

Het Referentieverbruik I model was relatief complex, en bestond uit een volledige interactie van woningtype, bouwperiode, eigendom, label en labeltype²³, en trends voor oppervlakte (ofwel: $W*B*E*(S*type)*(1+O)$) gaf maximaal 6.731 vrijheidsgraden (ofwel: $6*11*3*(8+8+1)*2 - 1$). Al zullen het er in de praktijk minder zijn geweest doordat bepaalde combinaties niet voorkomen. Een volledig model zonder eigendom E, labeltype en met labels zonder aparte categorie voor A+ en beter (ofwel: $W*B*L*(1+O)$) heeft 1.055 vrijheidsgraden (ofwel: $6*11*8*2 - 1$).

Het Referentieverbruik II model bestaat uit alle combinaties van drie variabelen, exclusief combinaties met daarin zowel het label als de oppervlakte om kruisende lijnen te voorkomen. Daarnaast zijn er extra termen voor eigendom en VEL-labeltype. Tot slot zijn alle combinaties van drie kenmerken die niet significant zijn weggelaten: van de 1055 mogelijke combinaties blijven daardoor in de praktijk 943 over (zie Tabel 3 in bijlage 1). Om te voorkomen dat alle woningen in een niet-significante cel worden samengevoegd tot een restgroep, zijn ook alle combinaties van twee variabelen meegenomen. Voor woningen in een kleine groep hangt de schatting dus af van de groepen die twee kenmerken met de woning gemeen hebben. Het Referentieverbruik II model heeft daarmee maximaal 818 vrijheidsgraden²⁴, waarvan er uiteindelijk 330 overblijven omdat alleen de

²² Nota bene: dit gold enkel voor het *onderzoeksmodel*. In Vesta, Hestia en het gemeentebestand is alleen gewerkt met de resultaten gebaseerd op NEN-labels van na 2014.

²³ In het onderzoeksmodel van PBL werden aparte schattingen gemaakt voor twee groepen labels (1) NEN-labels vanaf 2015 en (2) NEN-labels tot 2015 of VEL-labels. Uiteindelijk is voor de berekening van de Referentieverbruiken, Vesta en Hestia alleen gebruik gemaakt van de geschatte coëfficiënten voor actuele NEN-labels.

²⁴ Het Referentieverbruik II model heeft daarmee de vorm: $W*B + W*L + W*O + B*L + B*O + W*B*L + W*B*O + E*(1+O) + vel*(1+O)$, met het volgende aantal vrijheidsgraden: $6*11 + 6*8 + 6*1 + 11*8 + 11*1 + 6*11*8 - 1 + 6*11 + 3*2 - 1 + 2 - 1 = 818$.

significante termen zijn meegenomen. De complexiteit gaat dus van ruim 5.000 naar ruim 300 vrijheidsgraden.

In bijlage B2 worden de uitkomsten van het Referentieverbruik I- en Referentieverbruik II model met elkaar vergeleken. Let wel: omdat in het Referentieverbruik I model ook labels van voor 2014 gebruikt zijn, zijn de schattingen gemiddeld gezien iets nauwkeuriger: die labels zijn in de praktijk echter verlopen.

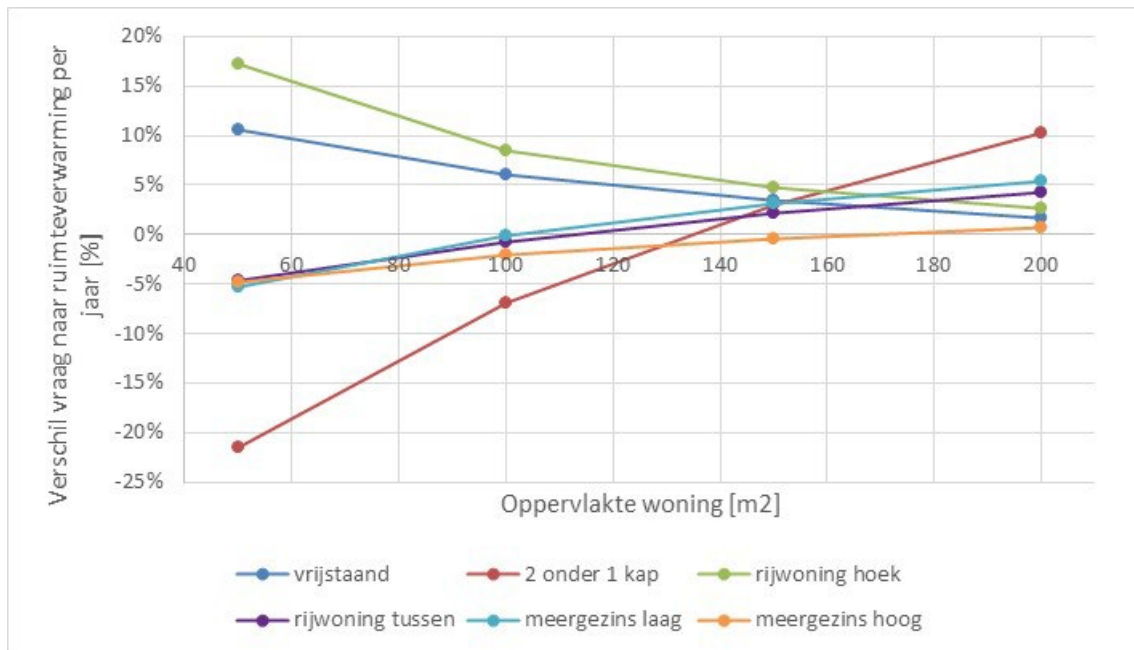
Kwantitatieve vergelijking

In onderstaande grafieken wordt per energielabel een vergelijking gegeven van de uitkomsten van de lineaire regressies van de twee modellen, voor vier verschillende oppervlaktes: 50 m², 100 m², 150 m², en 200 m². In iedere grafiek is per woningtype een lijn opgenomen. Deze lijnen geven het procentuele verschil tussen de uitkomsten van de modellen—afgezet tegen de schatting met het Referentieverbruik I-model—gebaseerd op het gewogen gemiddelde over eigendom en bouwperiode, zonder rekening te houden met de verdeling van gebruiksoppervlaktes over de populatie. Dat wil zeggen: dezelfde weging is toegepast op alle vier de verschillende oppervlaktes. De relatieve verschillen in de onderstaande figuren zijn niet representatief voor de verschillen op het niveau van een individuele woning. Desalniettemin geeft deze vergelijking een maat voor de overeenstemming tussen het Referentieverbruik I en het Referentieverbruik II. Let op: het bereik van de verticale as is niet gelijk tussen de grafieken.

Te zien is dat de verschillen veelal kleiner dan plus of min 10% zijn, met enkele uitschieters richting de 20% bij een oppervlakte van 50 m². Dit is het geval bij de eengezinswoningen, die veelal een groter oppervlakte hebben. Bij een kleiner dan gemiddeld oppervlakte is de constante term dominant. De verdeling van de bijdrage aan de warmtevraag tussen de constante en de oppervlakteafhankelijke term verschilt tussen het Referentieverbruik I en het Referentieverbruik II. Hierdoor treedt er bij een klein oppervlakte een relatief groot verschil op. Wanneer naar, voor deze woningtypen, meer gangbare oppervlaktes wordt gekeken, zijn de verschillen allen kleiner dan 10%. In Figuur 6 is bij 2 onder 1 kap woningen ook het omgekeerde effect te zien. Bij een groter dan gemiddeld oppervlakte, 200 m², wordt de oppervlakteafhankelijke term dominant, waardoor het verschil groter dan 20% wordt.

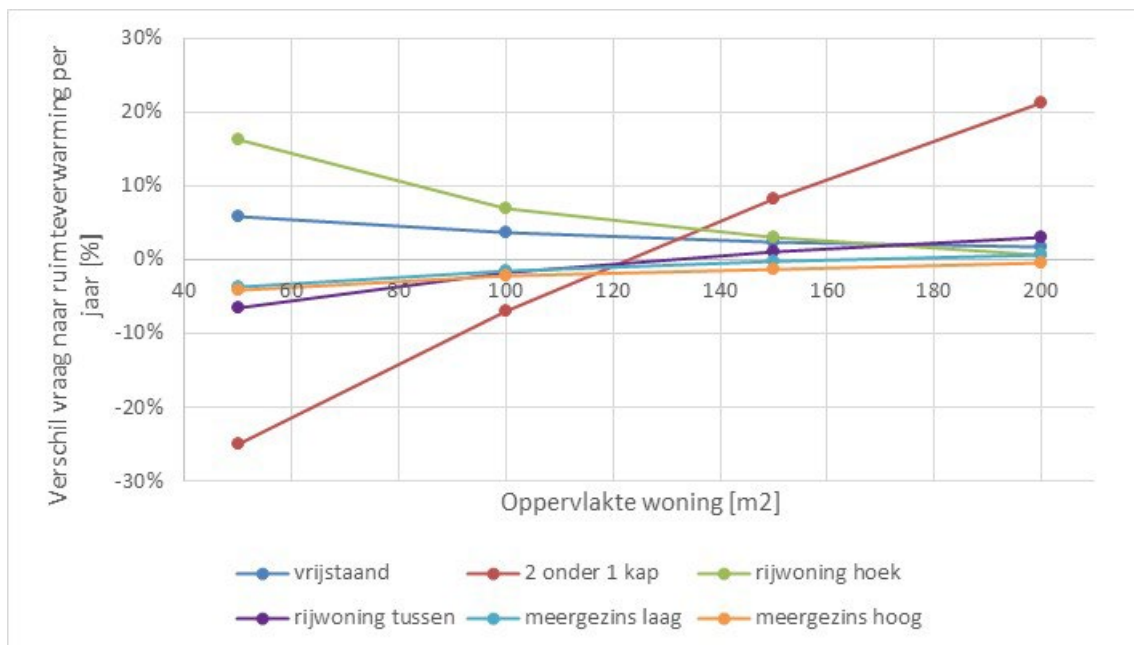
Figuur 5

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel A



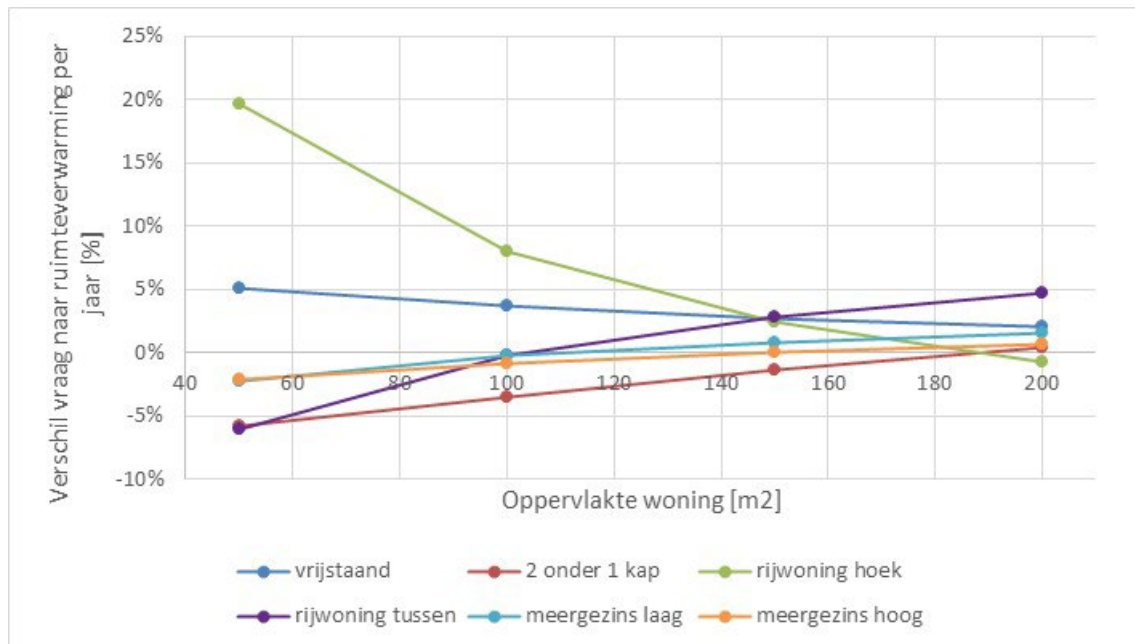
Figuur 6

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel B



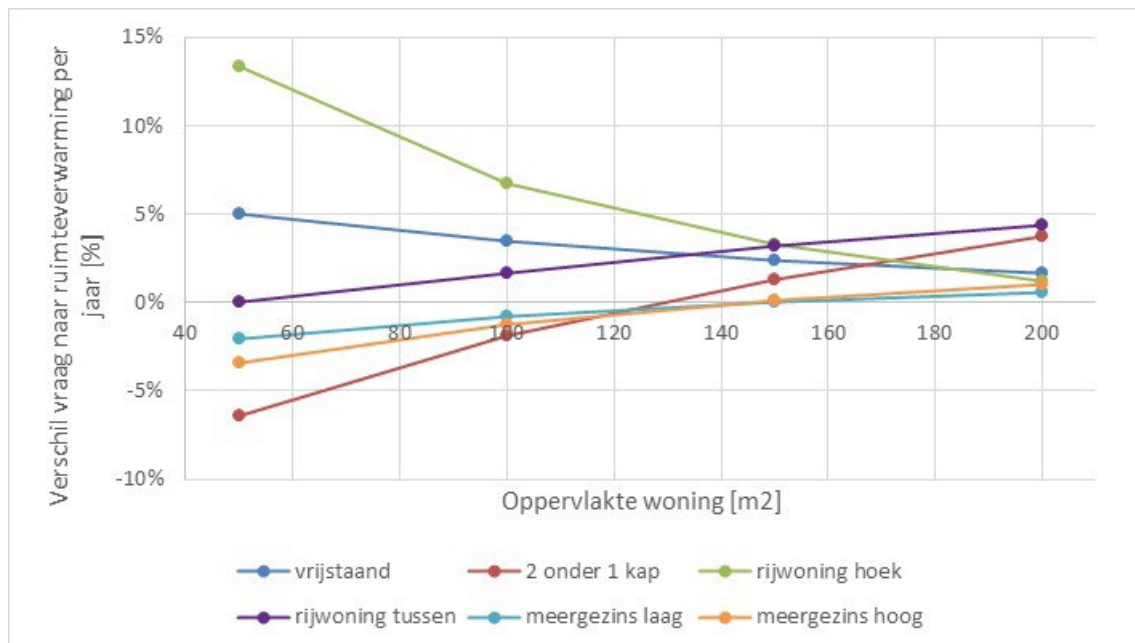
Figuur 7

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel C



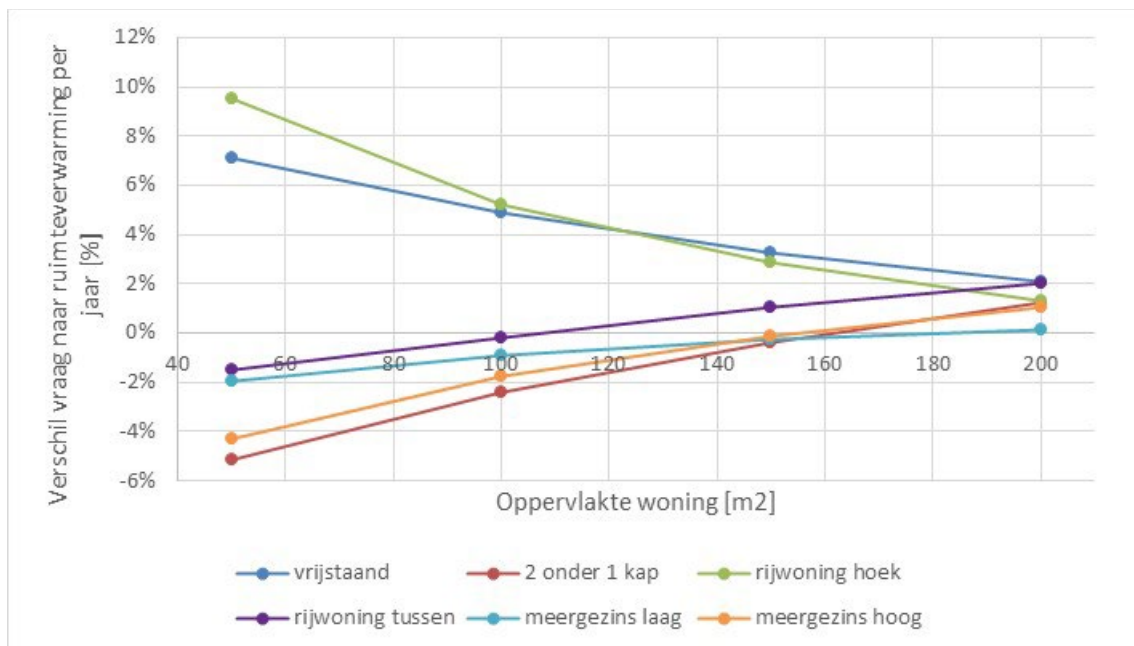
Figuur 8

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel D



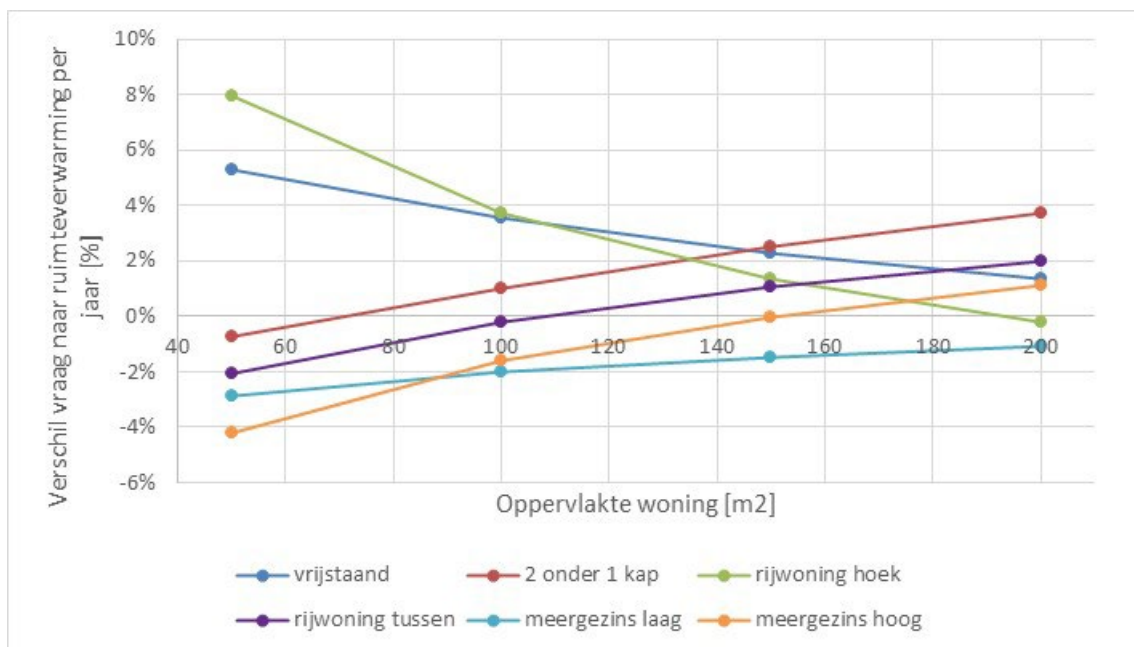
Figuur 9

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel E



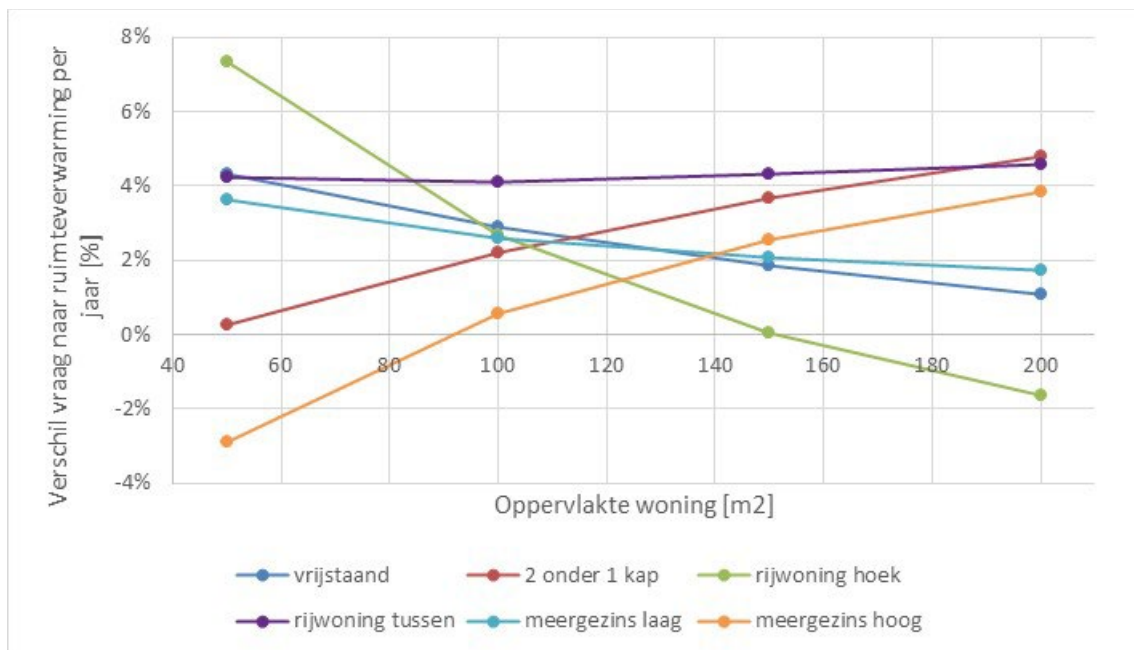
Figuur 10

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel F



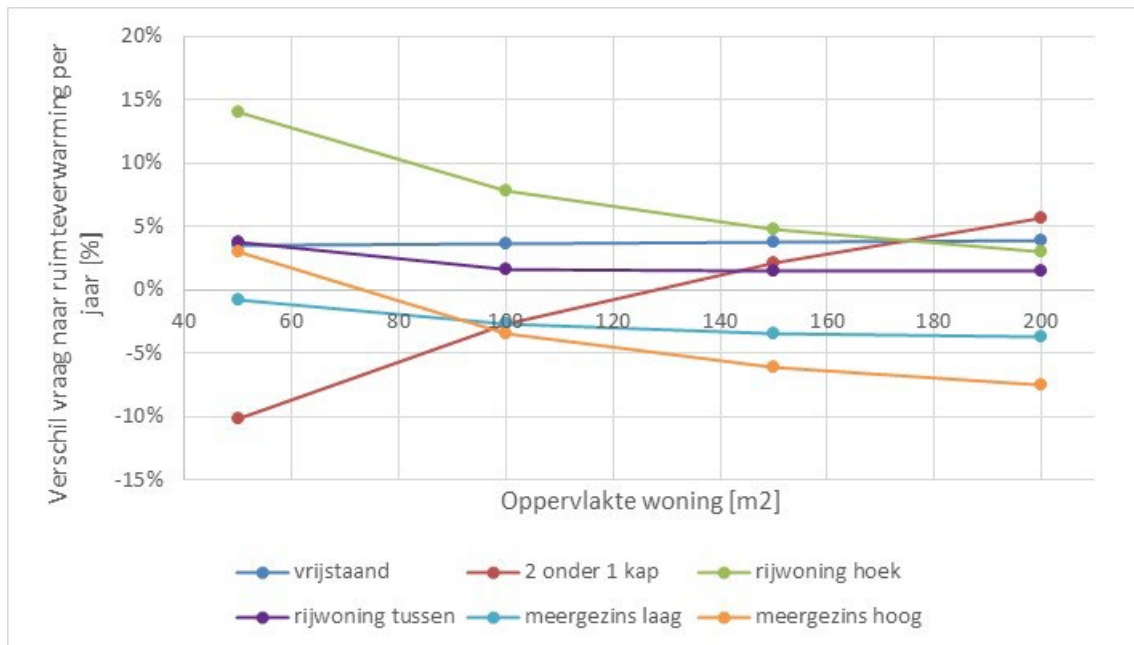
Figuur 11

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel G



Figuur 12

Vergelijking uitkomsten lineaire regressies tussen Referentieverbruik I en Referentieverbruik II voor schillabel N, geen afgemeld energielabel



B6 Geschatte en daadwerkelijke warmtevraag voor woningen met vereenvoudigde (VEL) labels

Tabel 18

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per energielabel

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
A	952	952	0	152.477
B	1.110	1.113	2	173.322
C	1.210	1.216	7	302.695
D	1.332	1.325	-7	138.575
E	1.368	1.359	-10	88.014
F	1.536	1.533	-2	72.954
G	1.541	1.535	-6	69.508
Onbekend				0

Tabel 19

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per woningtype

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
Vrijstaand	1.899	1.896	-3	134.043
2-onder-1 kap	1.511	1.502	-9	115.046
hoekwoning	1.361	1.359	-1	143.074
tussenwoning	1.121	1.126	6	365.038
appartement (t/m 4 etages)	847	842	-5	136.259
appartement (v/a 5 etages)	774	775	1	104.085

Tabel 20

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per bouwperiode

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warmtevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schatting- waarneming (m3)	Woningen (aantal)
Tot en met 1929	1.342	1.334	-8	140.399
t/m 1929	1.415	1.410	-5	93.580
1946 t/m 1964	1.335	1.328	-6	126.833
1965 t/m 1974	1.428	1.412	-17	124.429
1975 t/m 1991	1.220	1.238	18	227.451
1992 t/m 1995	1.167	1.164	-3	53.041

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
1996 t/m 1999	1.067	1.072	6	58.824
2000 t/m 2005	1.003	1.012	9	70.806
2006 t/m 2010	918	925	7	59.552
2011 t/m 2014	776	765	-11	22.372
2015 t/m 2020	743	717	-25	20.257

Tabel 21

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per oppervlakteklasse

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
tot 50	623	589	-34	20.277
50 tot 75	782	770	-11	93.952
75 tot 100	960	965	5	188.777
100 tot 150	1.209	1.221	11	479.254
150 tot 250	1.717	1.689	-28	196.642
250 tot 500	2.341	2.390	49	18.643
500 of meer				0

Tabel 22

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag per eigendomstype

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
Koop	1.292	1.296	4	843.548
Particuliere huur	919	896	-22	138.891
Corporatie huur	690	674	-16	15.106

Tabel 23

Vergelijking tussen gemiddelde waargenomen en geschatte warmtevraag naar opnamesoort energielabel

	Waargenomen warmtevraag (m3)	Geschatte warm- tevraag; nieuwe methode (m3)	Verschil schat- ting- waarne- ming (m3)	Woningen (aan- tal)
Expert (NEN)				0
Eenvoudig (VEL)	1.231	1.231	0	997.545