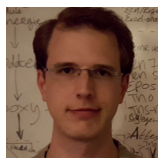


NEN 7120 IS TE IJKEN

Bij professionals in de bouw die regelmatig met de EPC rekenen, is bekend dat de uitkomsten van het EPC rekenmodel niet overeenkomen met het werkelijk verbruik. Tijdens het afstudeeronderzoek van Jonathan de Vries zijn energieprestaties doorgerekend van bijna vijfduizend bestaande woningen. Deze woningen waren opgenomen in opdracht van het ministerie van BZK in 2012 tijdens het Woon Onderzoek Nederland. De uitgebreide energetische woningopname bevatte ook een enquête over het bewonersgedrag en het gasverbruik van de afgelopen zeven jaren. Daarmee kon het EPC rekenmodel, van origine alleen bedoeld voor nieuwbouw maar in 2015 ook bruikbaar gemaakt voor bestaande bouw, op onderdelen worden geijkt. Tijdens het afstudeeronderzoek bleek deze aanpassing enigszins onvolledig. De met het nieuwe model berekende verbruiken weken namelijk nog sterker af van de werkelijke dan de berekende verbruiken volgens het oude rekenmodel voor bestaande woningen, de ISSO 82. Om uiteindelijk enigszins degelijke uitspraken over terugverdientijden van energetische renovatiemaatregelen te kunnen doen, heeft De Vries met hulp van René de Bakker van Epos BV gepoogd het rekenmodel op enkele punten bij te stellen, zodat de theoretische verbruiken dichter bij de werkelijke kwamen.



ing. J.M. (Jonathan) de Vries, Susteen, Den Haag



ir. M. (René) de Bakker, Epos Energie-Prestatie Advies BV, Delft



dr. drs. ir. C. M. (Christoph) Ravessloot, Hogeschool Inholland, Alkmaar

EPG: ENERGIEPRESTATIE VOOR GEBOUWEN

Al sinds 1 december 1995 kennen we in Nederland de energie-prestatie regelgeving, de eerste regelgeving waar bij vanwege de complexiteit van het berekeningsverloop het gebruik van computersoftware onontkoombaar werd. Er is in al die jaren niet veel veranderd; nog steeds vormt de berekening van de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) één van de grootste reken-exercities voor de indiener van een bouwaanvraag. Het belang van de EPC groeit: de Energie Index, de EPC voor bestaande woningen, kan sinds mei 2016 bijvoorbeeld de hoogte van de huur bepalen via de Energie Prestatie Vergoeding en bij sommige banken het rentepercentage van de hypotheek. In hoeverre geeft de uitkomst van een EPC-berekening nu een indicatie van het werkelijk energieverbruik?

In theorie wordt in de EPC-berekening grofweg het te verwachten casco energieverbruik berekend in MJ per m² vloeroppervlak per jaar. Het concurrerende Duitse rekenmodel PHPP doet dit ook en wordt daarbij regelmatig geijkt op praktijk verbruiken, maar dat is met “onze” EPG nooit consequent doorgezet. Althans, niet voor de NEN 7120 in combinatie met het Nader Voorschrift (NV), de in januari 2015 van kracht geworden norm voor bestaande woningen (NEN 7120 + NV). Het oude rekenmodel voor bestaande bouw (ISSO 82) is eerder al wel op grote datasets woningen losgelaten, waar het rekenmodel voor met name woningen met een slechter label, al sterk bleek af te wijken van het feitelijk verbruik [1].

In het afstudeeronderzoek van auteur Jonathan de Vries kwam de relatie tussen de berekende energieprestatie en het werkelijk energieverbruik van bestaande woningbouw al snel centraal te staan. Dit kwam voort uit de wens om voor bewoners nu eindelijk eens iets gefundeerd te kunnen zeggen over een te verwachten terugverdientijd bij het nemen van energetische maatregelen. Het vertalen van de data van vijfduizend bestaande woningen en het maken van de koppeling tussen berekend en werkelijk

verbruik bleek taaie materie die met Epoxy, de geattesteerde EPC-software van Epos BV uit Delft, hanteerbaar kon worden gemaakt.

DE DATA: MODULE ENERGIE WOON 2012

De overheid geeft sinds 1965 ongeveer elke zes jaar opdracht tot het uitvoeren van een duizend tot vijftien-duizend woningopnames. De eerste keren in het kader van krottruiming en stadsvernieuwing, waarbij per woning enkele uren werd besteed aan het maken van bouwtekeningen van de woning [2]. Tegenwoordig hebben de woningopnames een energetische focus. Deze woningopnames maken sinds het jaar 2000 deel uit van een breder onderzoek, het Woon Onderzoek Nederland (WoON). Het WoON richt zich middels een enquête in eerste instantie op de woonwensen van ongeveer 70.000 Nederlanders en biedt als moederonderzoek de optie om mee te doen aan verschillende dochteronderzoeken, zoals de Verhuismodule of de Energiemodule.

Vanuit het moederonderzoek uit 2012 hadden meer dan 12.000 respondenten aangegeven mee te willen doen aan de Energiemodule. Dat gaf ruim de mogelijkheid om een representatieve dataset te vormen van de huidige Nederlandse bebouwde woonomgeving. De module Energie 2012 bestond naast de enquête over woonwensen uit het moederonderzoek, uit drie aanvullende onderdelen:

- enquête over bewonersgedrag;
- woningopname;
- controle opname (steekproefsgewijs).

Enquête: deze was gericht op het (energetische) bewonersgedrag met vragen over bijvoorbeeld het gebruik van douche en bad, en thermostaatinstellingen per dagdeel van de week. Een voorwaarde voor verdere deelname aan het onderzoek (de woningopname) was dat deze bewonersenquête volledig was afgerond.

Woningopname: het energetische deel van de woningopname was nagenoeg gelijk aan de destijds geldende EPA ►

methodiek. Daarnaast was ook een bouwkundige opname inbegrepen (conditiemeting, NEN 2767) en zijn bij huurwoningen variabelen opgenomen die van belang zijn voor het Woning Waardering Stelsel.

Controleopname: om de kwaliteit van de opnames te waarborgen en inspecteurs waar nodig gedurende de opnameperiode te corrigeren, zijn 10% van de woningopnames door een concurrerende marktpartij gekeurd met een controle opname.

Op die manier is van de 12.000 welwillende respondenten uit het moederonderzoek van 4.790 respondenten de woning opgenomen, waarvan 490 een controle opname hebben gehad.

Het interessante aan deze dataset is dat naast bovengenoemde voorwaarden voor deelname, ook het werkelijk energieverbruik van de woning bekend moest zijn. Het (gestandaardiseerde) gas- en elektraverbruik van 2004 tot en met 2010 zijn via netwerkbeheerders en het CBS aan de woningrecords gekoppeld. Hoewel niet voor alle woningen gasverbruiken van alle zeven jaren zijn ingevuld - onder andere vanwege een bouwjaar jonger dan 2004, verhuizingen en stadsverwarming - is dit voor 3.841 van de genoemde 4790 woningen wel het geval. Kortom, deze dataset vormt een ware EPC-goudmijn [5].

DATAVERWERKING

Het adagium “garbage in is garbage out” was gedurende de data-analyse en verwerking voortdurend een leidend motto. Er waren meerdere keuzemomenten hoe om te gaan met mogelijk vervuilende elementen in de dataset.

Om te beginnen, de woningopnames waren vereenvoudigd door de oriëntaties van beglazing niet op te nemen, evenals de collectieve installaties van meergezinswoningen. Verder is de bij de woningopnames toegepaste EPA-methodiek inmiddels verouderd. Nu, conform NV, dienen bijvoorbeeld ook de oriëntaties van alle constructiedelen opgenomen te worden. Vervolgens waren er wat omissies, in de vorm van enkele tientallen onduidelijke situaties (met zelfs een tiental tegenstrijdigheden) en als onvoldoende beoordeelde EPA-opnames: de woningopnames van een aantal inspecteurs werden ten opzichte van andere inspecteurs door controleurs vaker als onvoldoende

beoordeeld. Aangenomen was eerst dat dat deze er met de pet naar gooiden, maar uit nadere analyse bleek onverwacht dat inspecteurs die de opname gedetailleerder registreerden vaker een onvoldoende scoorden. Gebrek aan tijd en werkdruk lijkt daarmee mede een verklaring voor de onvoldoendes.

Verder waren er op de verleende data al imputaties uitgevoerd: de computer vult dan lege waarden in op basis van vergelijkbare records. Het invullen van de aanwezigheid van isolatie op basis van conditiemetingen van vergelijkbare woningen is bijvoorbeeld veelvuldig toegepast.

WOON»EPOXY

Na ruim een halfjaar data-analyses en programmeren was de WoON»Epoxy Updater geboren. Met deze zelfgeschreven interface is de door het ministerie van BZK verleende geanonimiseerde data naar believen - met energetische maatregelen op de woning toegepast of met aangepaste rekenmethodes - te vertalen naar invoer voor Epoxy. Epoxy heeft een commandline-structuur, wat het geautomatiseerd doorrekenen van de datasets snel en eenvoudig maakt: met een minuut of tien is de gehele Energiemodule door de Updater vertaald en door Epoxy doorgerekend. Het gebruik van eigen software (naar behoefte aanpasbaar), mogelijkheid tot snelle doorrekening en enkele andere dataverwerkers maakten de controle op de data optimaal.

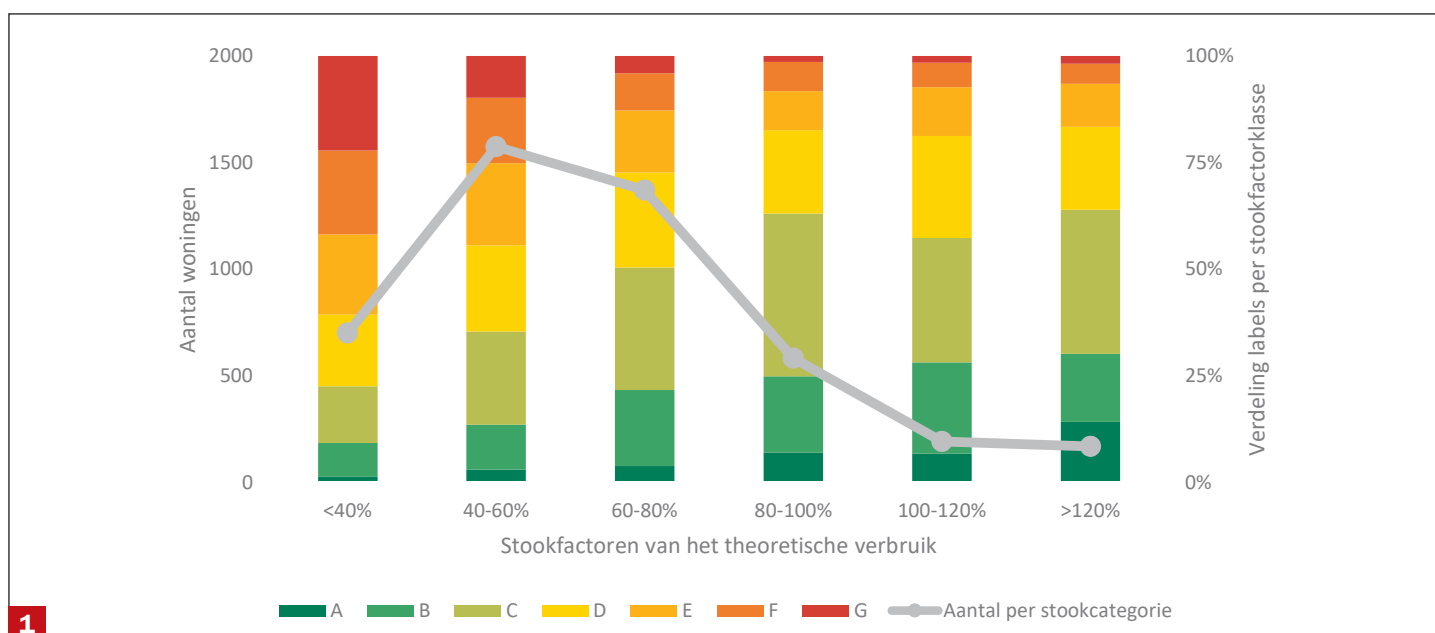
Die controle loont. Neem bijvoorbeeld de in de eerste paragraaf genoemde vraag over eventuele discrepantie tussen het berekende verbruik en het werkelijke. In tabel 1 zijn deze tegenover elkaar gezet.

Hieruit blijkt dat voor een gemengde set bestaande woningen het verbruik met een factor 1,7 te hoog wordt ingeschat. Verder ingezoomd op deze schrijnende discrepantie blijkt uit figuur 1 dat dit niet alleen opgaat voor woningen met slechtere labels. Twintig procent van de woningen die slechts veertig procent van het berekende verbruik stookt (of nog minder, stookfactor <40%) heeft bijvoorbeeld een energielabel C of beter.

De verdelingslijn van het aantal woningen in de dataset (lijn, linkeras) laat zien dat het verbruik voor maar een beperkt aantal woningen wel juist wordt ingeschat. Een sterke indicatie dat het EPG-model, van origine bedoelt

Tabel 1: Energie Index met gemiddeld bouwjaar en berekend en werkelijk gasverbruik van de beschikbare woningen met verschillende filters

Omschrijving (gefilterde) dataset	Aantal woningen	Gem bouwjaar	Energie Index		Theoretisch gasverbruik (m ³)		Geregistreerd gasverbruik (m ³)	
			Gemiddeld	Standaard deviatie	Gemiddeld	Standaard deviatie	Gemiddeld	Standaard deviatie
Geen filter	4.790	1967	1,949	0,550	2.849	1.537	1.664	768
Alle 7 jaren gasverbruik bekend	3.841	1966	1,964	0,524	2.947	1.492	1.697	755
5 beste inspecteurs (minste onvoldoendes)	1.637	1967	1,956	0,569	2.896	1.465	1.681	752
Na controle voldoende bevonden (bouwkundig en energetisch)	307	1973	1,883	0,512	2.520	1.406	1.569	752
Filters 1,2 en 3 gecombineerd	100	1968	1,948	0,482	2.796	1.346	1.622	687



De verdeling van energielabels binnen verschillende stookfactor categorieën met de verdeling van het aantal woningen per stookfactor categorie. Energielabels berekend op basis van oude ISSO methodiek. $\text{Stookfactor} = (\text{werkelijk verbruik} / \text{theoretisch verbruik}) \times 100$

voor nieuwbouw, nog niet helemaal juist is afgesteld op bestaande bouw.

In tabel 1 is nog de berekende gemiddelde Energie Index uitgezet en de hieruit volgende standaarddeviatie, na toepassing van steeds verschillende filters. Het blijkt dat deze niet al teveel van elkaar verschillen. Alhoewel op basis van tabel 1 en figuur 1 weinig niets te zeggen is over de invloed van de imputaties en andere genoemde factoren, mag met de vergelijking van de datasets in tabel 1 statistisch gezien in ieder geval wel worden verwacht dat het geheel van de woningdata voldoende consistent is om er het EPG-rekenmodel mee te kunnen iken.

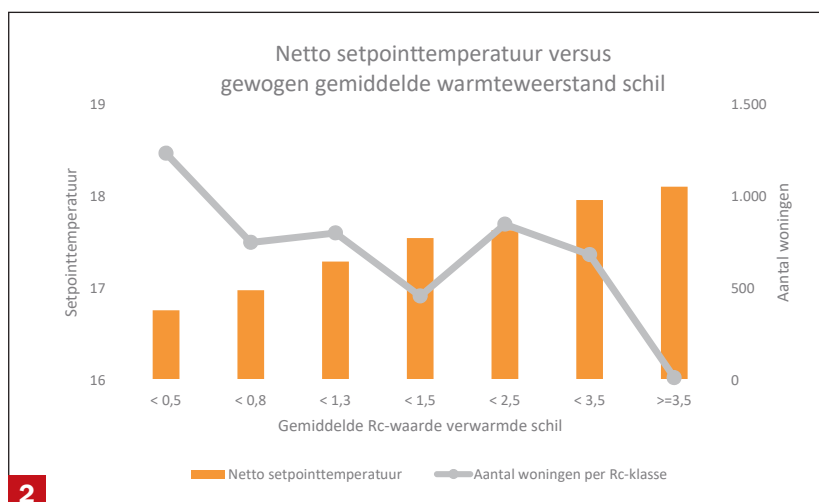
Een gelukkige bijkomstigheid bij het onderzoek is dat de gewogen gemiddelde maandtemperatuur van de zeven bekende verbruiks jaren nagenoeg exact overeenkomt met die van het klimaatjaar waar de EPG mee rekent (0,05 procent verschil in aantal graaddagen). Daar zal de discrepantie in verbruiken dus in ieder geval niet vandaan komen.

MOGELIJKE VERKLARINGEN VOOR AFWIJINGEN

Wij denken dat er kwalitatief wel wat te zeggen is over de oorzaak van de afwijking in het berekende gasverbruik. Wij benoemen hier drie mogelijke oorzaken.

Netto setpointtemperatuur

Momenteel is in het rekenmodel een corrigerende aftrek op de setpointtemperatuur opgenomen voor het gegeven dat het in het slaapgedeelte van een woning vaak kouder is dan in de leefruimte. Die corrigerende aftrek resulteert met de forfaitaire "bruto" setpointtemperatuur van 20 graden in een "netto" setpointtemperatuur, welke voor alle 4.790 woningen weergegeven is in figuur 2, ingedeeld naar de gewogen gemiddelde warmteweerstandsklassen van de thermische schil met het aantal woningen in de dataset per klasse. Uit deze figuur blijkt dat de gecorrigeerde temperatuur voor zeer slecht geïsoleerde wonin-

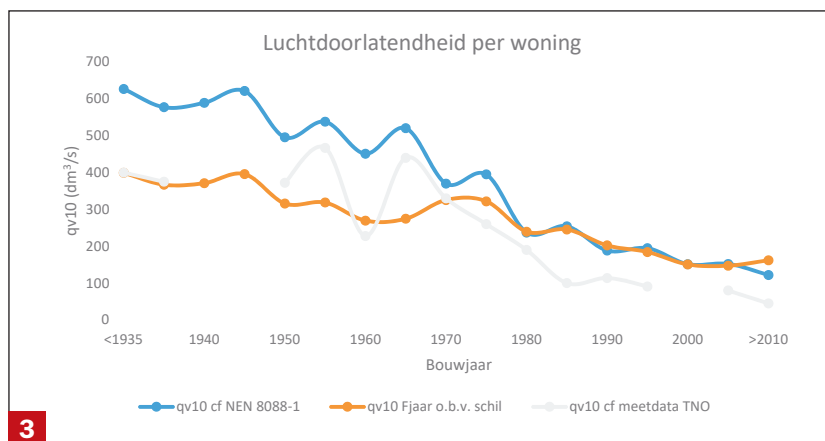


Berekende gecorrigeerde setpointtemperatuur uitgezet naar de gewogen gemiddelde R_c -waarde van de thermische gebouwschil

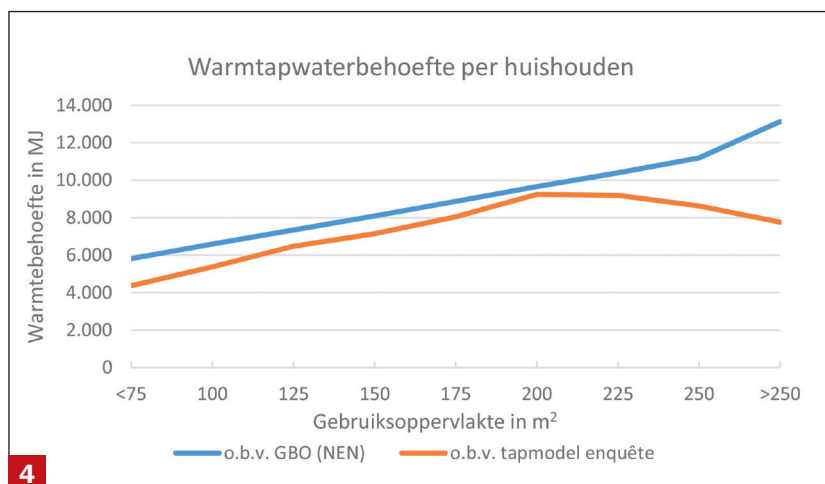
gen maar 1,25 graad scheelt met die van zeer goed geïsoleerde woningen. Naar ons idee zou deze correctie voor bestaande bouw wel eens een stuk hoger kunnen blijken te zijn dan voor de goed geïsoleerde nieuwbouw, waar de EPG oorspronkelijk voor geschreven is. Dat kan wel eens een kwart tot de helft van de graaddagen schelen. Merk bijvoorbeeld op dat het aantal woningen in de slechter geïsoleerde klassen opgeteld het overgrote deel van de sample vormt en dat deze groep zo waarschijnlijk zorgt voor de grootste afwijkingen, weergegeven in tabel 1 en figuur 1. De in de figuur 2 uitgedrukte correctie op de setpointtemperatuur zou er voor slecht geïsoleerde woningen dus heel anders uit moeten zien.

Benuttingsfactor zonnewarmte

In het EPG-rekenmodel is per 1 januari 2015 de benuttingsfactor van zonnewarmte van niet-transparante constructies flink teruggeschoefd. Wellicht aannemelijk voor goed geïsoleerde nieuwbouw, maar niet voor matig geïsoleerde bestaande bouw.



3 Infiltratiewaarde q_{v10} uitgezet naar bouwjaar volgens twee theoretische benaderingen en een benadering op basis van gemeten waarden



4 Forfaitaire versus waarschijnlijke warmtebehoefte voor warm tapwater

Infiltratie met bouwjaar

Het warmteverlies door infiltratie wordt vanuit de NEN 8088-1 voor bestaande woningen nogal pessimistisch ingeschat. Het lijkt erop dat de forfaitaire waarden veel te sterk gebaseerd zijn op het bouwjaar en te weinig gekeken wordt naar de overige energetische staat van de woning.

AANGEPASTE REKENMETHODE

Naast bovengenoemde punten, viel tijdens de dataverwerking op dat in de EPG voor bestaande woningen meerdere forfaitaire waarden pessimistisch worden ingeschat. Afwijkingen tussen het theoretische en het werkelijke verbruik werden zo wel verwacht. Toch waren de tijdens het onderzoek geconstateerde verschillen dermate groot (tabel 1), dat getracht is de berekening van de theoretische verbruiken beter aan te laten sluiten op de geregistreerde verbruiken, alvorens uitspraken te kunnen doen over besparingen en de daaruit volgende terugverdientijden, van energetische maatregelen. Omdat de data van de gedragsenquête voorhanden was, is naast de infiltratiewaarde en setpointtemperatuur ook ingezoomd op de warmtapwaterbehoefte – waarna op deze drie uiteindelijk aanpassingen zijn gedaan.

Infiltratie op basis van warmteweerstand schil

De NEN 8088-1 dient als onderlegger voor de NEN 7120 onder andere voor het bepalen van het warmteverlies door infiltratie, de zogenaamde q_{v10} -waarde. De daarin

opgenomen bouwjaarcorrectiefactor F_{jaar} leek voor oudere woningen wel érg hoog uit te vallen. Daarop is in de Updater de optie ontwikkeld om het infiltratieverlies te berekenen met een F_{jaar} gebaseerd op de warmteweerstand van de thermische gebouwschil in plaats van sec op het oorspronkelijke bouwjaar (of laatste ingrijpende-renovatie jaar) van de woning. Het is immers aannemelijk dat de tochtwering van een woning min of meer meegroeit met de staat van de thermische gebouwschil – zoals bijvoorbeeld de beglazing.

Nader omschreven houdt dit alternatief in, dat aan de warmteweerstandswaarde van elk schildeel een bouwjaar wordt gekoppeld (omgedraaide ISSO 82/NV opnamemethodiek) dat vervolgens een eigen F_{jaar} factor krijgt (conform de NEN 8088). Daarna kan op basis van het oppervlak van de betreffende schildelen en weegfactoren per type schilonderdeel, een gewogen gemiddelde F_{jaar} -factor van de gehele woning worden bepaald.

TNO heeft een database met meetwaarden van de infiltratie die recent nog is aangevuld met luchtdichtheidsmetingen, gekoppeld aan het bouwjaar en bouwtype van de woning. Deze meetwaarden zijn vergeleken met de berekende waarden volgend uit de NEN 8088-1 methodiek respectievelijk die uit de alternatief bepaalde F_{jaar} . De alternatief berekende q_{v10} -waarden in figuur 3 lijkt met name voor oudere woningen meer in lijn liggen met de meetdata van TNO [3].

Tapwater: GBO versus enquête

Verder is op basis van de enquêtedata over het bewonersgedrag een waarschijnlijke warmtebehoefte voor tapwater gemodelleerd. Deze is gelegd naast meetdata van TNS Nipo/Vewin [4]. De EPG gaat uit van een lineair verband tussen de woninggrootte en deze tapbehoefte, maar uit het met de meetdata geijkte model blijkt een ander verband: ten eerste is de basis warmtebehoefte kleiner dan nu verondersteld en ten tweede gaat voor woningen groter dan 175 m² het lineaire verband verloren. Zie ook figuur 4.

Aardig detail: er bestaat een sterk verband tussen het aantal minuten dat men onder de douche staat en onder andere het inkomen: welvarende bewoners douchen korter. Ook al is het verschil over het gehele gemiddelde vrij klein (11 versus 8 minuten). Sociale huur versus koop, hoog versus laag inkomen, hogere versus lagere WOZ, etc.: telkens is hetzelfde verband te zien in het aantal doucheminuten dat men gemiddeld per huishouden per douchebeurt onder de douche staat. René de Bakker heeft vaak meegemaakt dat de aannemer bij de keuze voor de Comfort Warmwater (CW) klasse bij sociale woningbouw standaard gaat voor CW3, ook al kost CW4 soms slechts een tientje meer. Op deze manier zou het verschil in douchetijd verklaarbaar zijn vanuit het tapdebiet (hoeveelheid water uit douchekop) en daarmee eventueel vanuit de comfortklasse van het taptoestel.

Bruto setpoint

In de WoON»Epoxy Updater is tevens de optie in geprogrammeerd om de bruto setpoint van 20 graden op 18 en 16 te zetten. Het effect daarvan is groot en rekenen met

16 graden brengt de theoretische verbruiken over het gemiddelde grofweg gelijk met de geregistreerde verbruiken (iets lager). Rekenen met een lagere setpointtemperatuur doet recht aan het gegeven dat de voorgeschreven correctie op deze temperatuur niet hoog genoeg is, zoals ook hierboven bij 5.1 aangetoond. Echter, kan ook terecht worden gesteld dat deze eenvoudige ijkmaatregel, bijstelling naar 16 graden, onrecht doet aan de complexe onderdelen van het rekenmodel, zoals het bepalen van de netto setpointtemperatuur op basis van de energiebalans van de woning.

CONCLUSIE

Het rekenmodel NEN 7120 (EPG) + NV voor bestaande woningbouw heeft duidelijk een aantal zwakke plekken, die nader onderzoek en correctie behoeven. De stapeling van een aantal pessimistische forfaitaire waarden leidt voor de bestaande woningbouw in beginsel tot een berekend gasverbruik dat gemiddeld een factor 1,7 hoger ligt dan het werkelijke verbruik. Aspecten waarop de EPG norm herijkt zou moeten worden, zijn in ieder geval de veelal hoog ingeschatte forfaitaire q_{v10} -waarde en warm tapwaterbehoefte, en de zeer matige bijstelling van de (netto) setpointtemperatuur. Ook op andere aspecten is er ruimte voor verbetering. Gezien het maatschappelijk

belang - onder andere de nu gehanteerde Energieprestatie Vergoedingen - is het wenselijk dat een herijking niet al te lang gaat duren. Wellicht kan hier proactief op worden ingezet bij het eerstvolgende Woon Onderzoek Nederland. Met de juiste herijkingen kan de voorspellende waarde van het epc-rekenmodel waarschijnlijk zodanig worden verbeterd dat op basis van de nu bekende dataset, het berekende verbruik statistisch gezien niet meer dan 20% afwijkt van het werkelijk gemeten verbruik. ■

BRONNEN

- [1] Majcen, Daša; Itard, Laure C.M. en Visscher, Henk J., TVVL magazine, Energielabels en werkelijk energiegebruik, Technische Universiteit Delft, Onderzoeksinstituut OTB, 2013
- [2] Houben, J.M.J.F., Technische Universiteit Delft, Kwaliteitsbeleid voor de Nederlandse Woningvoorraad, 1989
- [3] Cornelissen, BouwWereld, Luchtdoorlatendheid van woningen, 1996
- [4] Thiel, L. van, VEWIN, Waterverbruik thuis 2010, TNS NIPO, januari 2011
- [5] Documentatie Woon Onderzoek Nederland module Energie 2012, eigendom van Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties



Groei, ambitie en toekomstvisie maakt dat wij per direct op zoek zijn naar een:

ADVISEUR / PROJECTLEIDER BOUWFYSICA, AKOESTIEK, BRANDVEILIGHEID EN DUURZAAMHEID

Wat ga je doen?

Met een enthousiast team werk je aan uiteenlopende, vaak complexe, (onderzoek-)projecten. Vanuit je bouwfysische expertise maak je berekeningen en/of voer je metingen uit die een onderbouwing zijn voor je schriftelijke of mondeling advies aan je opdrachtgever en in diverse projectteams. Jouw passie en talenten zorgen uiteindelijk voor de meest optimale oplossing.

Jouw profiel

- je hebt een afgeronde WO of HBO opleiding bouwkunde of vergelijkbaar, bijvoorbeeld building physics and services aan de TU/e
- je beschikt over enkele jaren relevante werkervaring bij een ingenieurs-/adviesbureau
- je hebt brede interesse voor het vakgebied en een passie voor duurzame toepassingen
- je beschikt over een echte teamplayer mentaliteit
- je werkt planmatig en bent resultaatgericht
- je bent communicatief en flexibel

Meer informatie? Kijk hiervoor op onze website: www.nelissenbv.nl. Naast informatie over de vacature tref je informatie aan over wie wij zijn, waar we voor staan en hoe je kunt solliciteren.