

Impenetrable infiltration

Air permeability of Dutch dwellings

Bram Entrop [1], **Jan Hensen** [2], **Marcel Loomans** [2], **Ron Brons** [3], **Alex Veldhoff** [4], **Jan Averink** [4]

[1] *University of Twente, Faculty of Engineering Technology*

[2] *Eindhoven University of Technology, Department Built Environment*

[3] *Nieuwenhuis Groep*

[4] *Selekthuis Bouwgroep*

Abstract

Het is wenselijk dat gebouwen beschikken over voldoende en de juiste mogelijkheden om te ventileren. Buiten de benodigde ventilatievoorzieningen is het echter de bedoeling een gebouw zo luchtdicht mogelijk te maken ten einde comfortklachten en onnodig energiegebruik te voorkomen. In het Bouwbesluit zijn eisen met betrekking tot de luchtdoorlatendheid – het tegenovergestelde van luchtdichtheid – opgenomen. Met betrekking tot een heel gebouw wordt in Art. 5.4 lid 1 het volgende geëist: De volgens NEN 2686 bepaalde luchtvolumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een gebruiksfunctie is niet groter dan 0,2 m³/s. De Universiteit Twente en de Technische Universiteit Eindhoven hebben samen met het bouwbedrijf Selekthuis gewerkt aan de uitvoering van het onderzoek “Impenetrable Infiltration”. Dit onderzoek naar de luchtdoorlatendheid van woningen kent drie onderdelen, namelijk:

- Een veldonderzoek waarbij luchtdichtheidsmetingen worden uitgevoerd op vrijstaande woningen om zo te bepalen tegen welke keuzemogelijkheden luchtdichtheidsmeters en uitvoerende bouwondernemingen aanlopen om de luchtvolumestroom te beïnvloeden;
- Een deskstudie waarbij rapportages van luchtdichtheidsmetingen worden bestudeerd om zo te bepalen wat de huidige stand van zaken is betreffende de luchtdichtheid van woningen;
- Een vergelijkend praktijkonderzoek naar het bepalen van de luchtdichtheid, waarbij drie partijen de luchtdichtheid van dezelfde duurzaam gebouwde vrijstaande woning zullen vaststellen.

Om de veldstudie en het praktijkonderzoek uit te kunnen voeren, is de nodige apparatuur aangeschaft. Er is gebruik gemaakt van een blower door, een ventilator en een digitale manometer. Tevens is er tijdens de metingen gebruik gemaakt van twee dataloggers om de luchtdruk, binnen- en buitentemperatuur elke minuut vast te leggen. Er werd een anemometer gebruikt om de windsnelheid op locatie te bepalen. Om inzicht te krijgen waar eventuele lekken zich bevonden, werden een rookmachine en een infraroodcamera ingezet.

Keywords

air permeability; Dutch dwellings; infiltration; energy efficiency; energy efficient building

Background

Het is wenselijk dat gebouwen beschikken over voldoende en de juiste mogelijkheden om te ventileren. Buiten de benodigde ventilatievoorzieningen is het echter de bedoeling een gebouw zo luchtdicht mogelijk te maken ten einde comfortklachten en onnodig energiegebruik te voorkomen. In het Bouwbesluit zijn eisen met betrekking tot de luchtdoorlatendheid – het tegenovergestelde van luchtdichtheid – opgenomen. Met betrekking tot een heel gebouw wordt in Art. 5.4 lid 1 het volgende geëist: De volgens NEN 2686 bepaalde luchtvolumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een rol, maar afhankelijk van hoe de vereiste energieprestatiecoëfficiënt (EPC) wordt behaald, dient vaak een betere luchtdichtheid te worden gerealiseerd. In de EPC-berekening wordt namelijk ook de worden de vereiste luchtvolumestroom uit Art. 5.4 lid 1 een grenswaarde die meer dan twee keer zo hoog ligt.

Method

Om de veldstudie en het praktijkonderzoek uit te kunnen voeren, is gebruik gemaakt van een 'blower door', een ventilator en een digitale manometer. Tevens is gebruik gemaakt van twee dataloggers om de luchtdruk, binnen- en buitentemperatuur per minuut vast te leggen. Een anemometer is gebruikt om de windsnelheid op de locatie te bepalen. Om inzicht te krijgen waar eventuele lekken zich bevonden, werden een rookmachine en een infraroodcamera ingezet. De omvang van de thermische schil en het netto vloeroppervlak van deze woningen zijn vastgesteld aan de hand van de EPC-berekening.

Voor het bepalen van de luchtvolumestroom is, in lijn met EN 13829, het gemiddelde van twee meetseries genomen; één op onderdruk en één op overdruk. Het drukverschil over de gevel liep hierbij op van 20 tot 90 Pa. Elke meetserie bestond uit het bepalen van een baseline met tien meetwaarden vooraf, twaalf debietmetingen en tot slot een baseline met wederom tien meetwaarden achteraf. Vervolgens is met deze meetwaarden teruggerekend naar een luchtvolumestroom bij een drukverschil van 10 Pa. In totaal zijn er zestien metingen uitgevoerd op de negen cases. De gemeten luchtvolumestroom ($q_{v;10}$ in dm^3/s) is gedeeld door het netto vloeroppervlak (in m^2) van de woning om zo tot de karakteristieke luchtvolumestroom ($q_{v;10;kar}$ in $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$) van de woning te komen, welke kan worden vergeleken met de bij de vergunningaanvraag gespecificeerde ambitie in de EPC-berekening. Bij vier cases is er een tussentijdse meting en een eindmeting uitgevoerd.



FIGURE 1 Caption



FIGURE 2 Caption



FIGURE 3 Caption

Results

Het Bouwbesluit eist een luchtdoorlatendheid die kleiner is dan $200 \text{ dm}^3/\text{s}$ en een EPC van maximaal 0,6. Een dergelijk lage EPC wordt bij deze woningen bereikt door onder andere een q_{v10} spec te behalen van $0,625 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak. Van de negen bemeten cases in de veldstudie, voldeden alle woningen aan het Bouwbesluit. Alleen Case 2 en 5 voldeden niet aan de ambitie, zoals aangegeven in de EPC-berekening. Van de negen cases voldeed één woning, Case 5, vlak voor oplevering nog niet aan de in de EPC-berekening gestelde ambitie van $0,625 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak. Case 2 naderde op het moment van meten nog niet de oplevering, maar de stap om van $1,10$ naar $0,625 \text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ te komen, is nog wel vrij groot. De aansluiting van het dak op de muurplaat verdient in de meeste woningen nog enige aanvullende aandacht.

Bij Case 1, 3, 4 en 5 is een tweede meting uitgevoerd om te bekijken wat het effect is geweest van de gegeven feedback aan de uitvoerders. De eindmetingen vonden rond de oplevering plaats, nadat de uitvoerders de tips uit de feedback ter harte hadden genomen. Na navraag te hebben gedaan bij de uitvoerders en zelf vier cases te hebben gecontroleerd, bleek 71,7% van de tips daadwerkelijk opvolging te hebben gekregen. In het geval van Case 1 is de gemeten luchtvolumestroom gereduceerd met 67%, waarbij notabene ten tijde van de eindmeting het niet mogelijk was om het ventilatierooster van het dakraam boven de hal te sluiten. Voor Case 3 is de reductie 22%. Bij Case 4 en Case 5 was de reductie respectievelijk 41% en 65%. Dat is dus voor deze vier cases een gemiddelde reductie van 49%. Bij Case 6 is eveneens een tweede meting uitgevoerd, maar ditmaal door een andere partij. Deze meting gaf een resultaat van $0,45 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 oftewel een verbetering van 24%. Bij deze tweede meting werd het ventilatiesysteem echter niet ter plaatse van de dakdoorvoer met opgeblazen ballonnen afgesloten, maar ter plaatse van de ventilatieopeningen in de woning. De blower door werd daarnaast in de voordeur geplaatst in plaats van één van de twee tuindeuren aan de achterzijde van de woning. Deze twee veranderingen in de uitvoering van de meting zullen enige invloed hebben op het verschil.

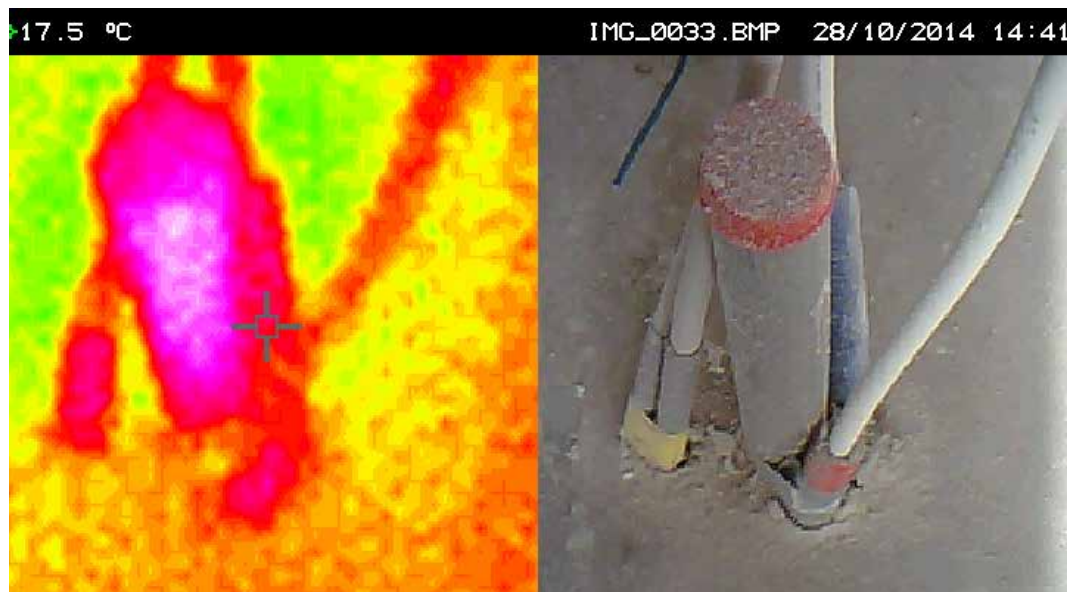


FIGURE 4 Caption

Er zijn in het verleden door het toenmalige SenterNovem in kader van het E'novatie programma al veel luchtdichtheidsmetingen uitgevoerd. Na circa twee decennia zijn het nu steeds vaker de opdrachtgevende en uitvoerende partijen zelf die om de zogenaamde blower door tests vragen om de luchtdichtheid van gebouwen te testen. Deze partijen zijn via email, oproepen op websites en oproepen in vaktijdschriften benaderd om de meetrapporten die zij in hun bezit hebben te delen met de Universiteit Twente en de Technische Universiteit Eindhoven. Deze oproepen hebben er toe geleid dat een database kon worden opgesteld met daarin de meetresultaten van meer dan 300 recent gebouwde woningen. Deze respons overtrof onze verwachtingen, waardoor het invoeren van de woningen langer duurde.

Op 2 en 3 februari zijn onafhankelijk van elkaar drie luchtdichtheidsmetingen uitgevoerd op een duurzaam gebouwde vrijstaande woning in Sterksel. Op deze manier verwachten we meer inzicht te krijgen in hoeverre de resultaten van luchtdichtheidsmetingen met behulp van een blower door test kunnen worden gereproduceerd. Alle drie de metingen zullen op beeld worden vastgelegd. De luchtdichtheidsmeters zal worden gevraagd de luchtdichtheid van de woning te meten op basis van zowel onderdruk, als overdruk. Daarnaast worden ze gevraagd om een fotorapportage te maken van de lekken die zij zelf constateren in de woning.

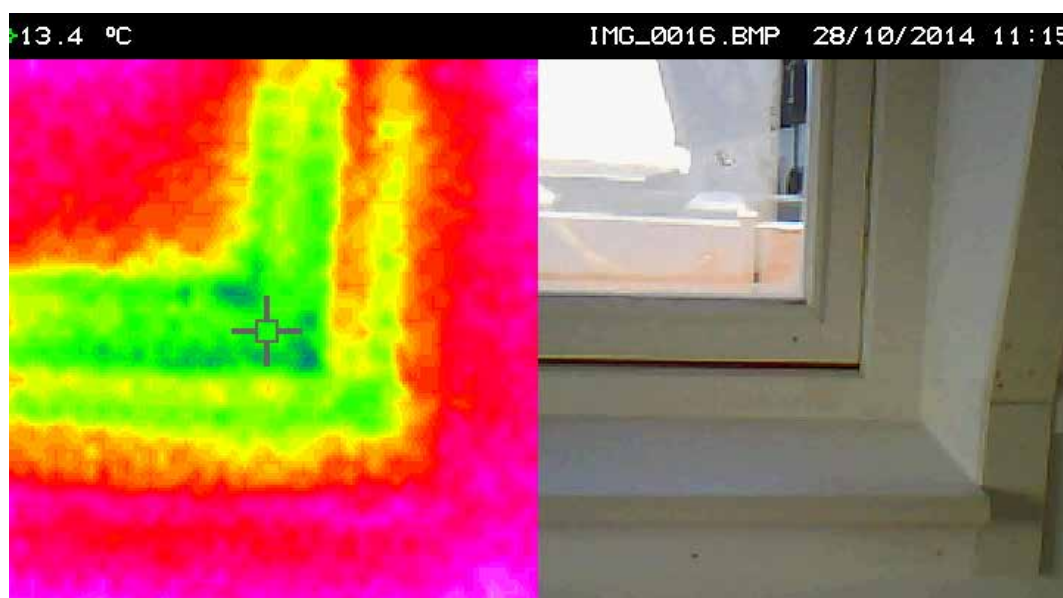


FIGURE 5 Caption

Conclusion

De resultaten van de veldstudie, zijn inmiddels gepubliceerd door TVVL Magazine. De betreffende bouwonderneming is in staat is om haar woningen aan de eis van maximaal 200 dm^3/s uit het Bouwbesluit te laten voldoen. De ambitie, zoals vastgelegd in de EPC vormt echter een grotere uitdaging. Binnen de deskstudie voldeed 50% van de woningen (waarvan een meetwaarde beschikbaar was) niet aan die ambitie. De conclusie is dat zonder enige aandacht voor de luchtdichtheid tijdens de uitvoering van het bouwproject

de kans groot is dat de ambitie van $0,625 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak niet wordt gehaald. Ten tijde van de veldstudie was er binnen de bouwonderneming uiteraard al wel meer aandacht voor de luchtdichtheid van de woningen. Men wist immers dat er metingen zouden worden uitgevoerd. De veldstudie leert dat alle cases aan het Bouwbesluit voldoen en dat nu nog maar 22,2% niet voldeed aan de ambitie uit de EPC, waarbij het één tussentijdse meting en één eindmeting betrof.

Twee cases lijken zelfs in aanmerking te komen voor een oordeel 'goed' zoals gespecificeerd in NEN 2687. Wanneer men nagaat dat gemiddeld 71,7% ($n=7$) van de tips werd opgevolgd en dat dit leidde tot een gemiddelde verbetering van 43,8% ($n=5$) qua $q_{v,10};k_{ar}$, dan wordt ook het grote belang duidelijk van een B-meting tijdens de uitvoering met bijpassende opmerkingen en fotomateriaal, ten opzichte van een A-meting rond de oplevering.

Recommendation

Voor het soort en het formaat woningen van deze bouwonderneming is het niet gemakkelijk om aan de lage totale luchtvolumestroom te voldoen voor de klasse 'goed'. Het lijkt erop dat het wenselijk is om meer klassen te onderscheiden, omdat er tussen de huidige klassen Basis en Goed, maar ook tussen Goed en Uitstekend een vacuüm lijkt te zijn. Je kunt je tevens afvragen of het uitdrukken van een infiltratie als een totale waarde in m^3/h of dm^3/s dan wel naar vierkante meters vloeroppervlak in $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ wel de juiste manieren zijn om de prestatie van een woning mee vast te leggen, aangezien je de luchtdichtheid van een woningschil probeert te bepalen en te beoordelen; een schil met een bepaald oppervlak dat een volume omsluit.

Een omvangrijkere studie naar de luchtdichtheid van woningen moet hier meer inzicht in gaan geven. De bouwonderneming heeft tijdens de uitvoering van het onderzoek reeds aanbevelingen per case mogen ontvangen.