

Blowerdoortest, zijn er alternatieven ?

Tuesday, September 21, 2021
2:22 PM

Inleiding

In deze notitie proberen we na te gaan wat het nut is van een blowerdoortest in een bestaande woning. En we gaan op zoek of voor een aantal toepassingen geen eenvoudigere/snellere/goedkopere alternatieven methoden gebruikt kunnen worden

Wat is het nut van een blowerdoortest in een bestaande, meer dan 10 jaar oude, woning ?



Mogelijke doelen van een blowerdoor-test:

1. Opsporen van lekken (luchtinfiltratie), verlies van comfort en warmte
2. Quantificeren van deze lekken
3. Berekenen van het warmteverlies als gevolg van deze lekken
4. Aantonen dat aan bepaalde (minimale) eisen wordt voldaan (o.a. Energielabel, BENG eisen, etc)

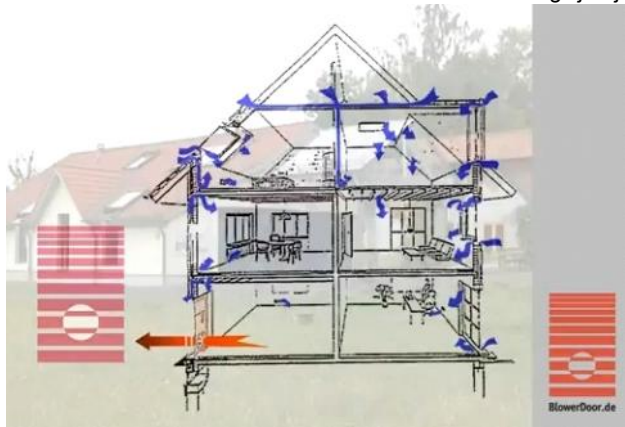
Conclusie

ToDo

Doelen

Ad 1:

Het opsporen van lekken. Hierbij wordt in de woning op onder- of overdruk gezet (ongeveer 10 Pascal) en worden lekken opgespoord met een of meer van de volgende methoden: luchtstroommeter, warmtebeeldcamera of rook-generator. Grote lekken en ventilatiekanalen moeten voor de meting tijdelijk worden afgeplakt.



Ad 2.

Voor het quantificeren van de (gevonden en niet-gevonden) lekken, moeten we het drukverschil tussen binnen en buiten meten en moeten we de luchtflow meten die door het apparaat gaat dat het drukverschil aanbrengt.

Ad 3.

Onbedoelde lekken kunnen leiden tot comfort verlies en ook tot soms aanzienlijke warmteverliezen. Het is belangrijk dat dit warmteverlies aan de bewoners van het huis kan worden getoond, zodat de effectiviteit van maatregelen kan worden afgewogen.

Ad 4.

Afhankelijk voor welke eis/norm men de meting uitvoert, moet men de lekken op een voorgeschreven gequantificeerde manier uitvoeren. Vaak is het ook zo dat dit moet gebeuren met goedgekeurde en periodiek gekalibreerde apparatuur, volgens vaststaande procedures en dienen de personen die de meting uitvoeren, onafhankelijk van het te testen object zijn. Aan opleidingen worden geen eisen gesteld, men gaat niet verder dan geschoold technisch personeel. Uitvoerende bedrijven kunnen/moeten ? aangesloten zijn bij een certificerende instantie SKH ? Die wel een goede omschrijving van de gehele procedure beschrijven:

<https://www.blowerdoor.nu/wp-content/uploads/2016/11/BGS-13-01-NL-Luchtdichtheidsmetingen-28-juni-2016.pdf>

Een "echte" blowerdoor-test door een bedrijf laten uitvoeren kost rond de 500 Euro, zie bijv:

<https://www.lekdetectiezuid.nl/blowerdoortest>)

De prijs van een blowerdoor-testapparaat begint rond de 5000 Euro (<https://docplayer.nl/10106249-Meetsysteem-minneapolis-blowerdoor-voor-de-controle-van-de-luchtdichtheid-van-gebouwen-volgens-de-normen-nen-2686-en-nen-en-13829.html>)

Wat er zoal komt kijken bij het kalibreren van een blowerdoor-tester: <https://www.blowerdoor.de/>



Dit doel laten we hier verder buiten beschouwing, wel gaan we één van de hiervoor gebruikte maatstaven, namelijk de "qv;10" gebruiken om een referentie te hebben voor eventuele alternatieve methoden.

"qv;10" is de flow die optreedt door lekken bij een drukverschil van 10 Pascal, dit is vergelijkbaar met windkracht 2 ... 3.

"qv;50" is vergelijkbaar met een windkracht 4 ... 5.

Andere luchtstroom problemen, zoals ongewenste tocht, kunnen niet worden opgespoord met een blowerdoor-test.

Extra EnergieVerbruik

Warmteverliesberekening = TransmissieVerlies + Overigen (o.a. ventilatie, infiltratie, opwarmtoeslag, ...)

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/luchtdichtheid-verbeteren.html?IDC=22&IDD=5401>

$$10 \times 5800 \times 0.34 \times 9 / 1000 = 177.48$$

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/begrippen-en-indicatoren.html?IDC=6297>

$$(0.5 \times 7200) [\text{m}^3/\text{u}] \times 5800 [\text{u}] \times 0.34 [\text{Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}] \times (15^\circ - 6^\circ) / 1000 = 64\,000 [\text{kWh}/\text{jaar}]$$

Waarbij 5800 = aantal uren stookseizoen

En 0,34 Wh/m³.K = thermisch vermogen van de lucht

En 15° = gemiddelde binnentemperatuur, rekening houdend met nachtelijke afkoeling en een gratis warmteproductie van 3°

En 6° = gemiddelde winterbuitentemperatuur in het centrum van België

Dit komt neer op een equivalent van +/- € 2.850/jaar indien de warmte wordt geleverd door stookolie voor €

https://klimapedia.nl/wp-content/uploads/2013/05/LU_15_luchtdichtheid_van_woningen_1_1.pdf

De energie voor het opwarmen van de infiltratiehoeveelheid $\overline{q_{v,i}}$ is te berekenen als:

$$Q_{vi} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot \overline{q_{v,i}} \cdot (\overline{T_i} - \overline{T_a}) \cdot S \quad (2)$$

Waarin:

$\overline{q_{v,i}}$	gemiddelde volumestroom t.g.v. infiltratie in dm^3/s
Q_{vi}	ventilatieverlies in kWh
$\overline{T_i}$	gemiddelde binnentemperatuur in $^{\circ}\text{C}$
$\overline{T_a}$	gemiddelde buitentemperatuur voor het stookseizoen $^{\circ}\text{C}$
S	aantal uren per stookseizoen in h

Voor Nederland geldt gemiddeld:

$S = 5088$ uur

$\overline{T_a} = 4,8$ $^{\circ}\text{C}$

Het jaarlijks gasverbruik om de infiltratielucht op te warmen volgt uit:

$$G = \frac{3,6 \cdot 10^6 Q_{vi}}{E \cdot \eta_g} = 0,102 \frac{Q_{vi}}{\eta_g} \quad (3)$$

Waarin:

G	jaarlijks gasverbruik voor ventilatie in m^3 aardgas
η_g	jaargebruiksrendement van de verwarmingsinstallatie
E	energie-inhoud aardgas = $35,2 \text{ MJ}/\text{m}^3$

Lek op basis van CO2

Geen flauw idee of dit gaat werken, maar het idee is als volgt: als je stijging van de CO2 in een ruimte kent, de omvang van de ruimte kent en je weet hoeveel personen in die ruimte aanwezig zijn, is het theoretisch mogelijk om het infiltratie debiet (de lek dus) te berekenen, bij de fingerende windkracht. Doen we deze meting bij een windkracht van 2 Beaufort, dan meten we in feite de "qv;10".

Eén volwassen persoon, in relatieve rust, produceert $0,9 \dots 1 \text{ kg CO}_2 / \text{dag} = 450 \dots 500 \text{ Liter} / \text{dag}$ of anders gezegd $19 \dots 21 \text{ Liter} / \text{uur}$.

bronnen: US government, environmental protection agency).

Pasted from <<https://www.ikhebeenvraag.be/vraag/13409/Hoeveel-CO2-blaast-een-volwassen-persoon-gedurende-1-levensjaar-gemiddeld-uit-En-wat-betekent-deze-uitstoot-tov-de-uitstoot-van-een-gemiddelde-dieselwagen>>
<https://micpohling.wordpress.com/2007/03/27/math-how-much-co2-is-emitted-by-human-on-earth-annually/>

De kamer die we hier als voorbeeld gaan gebruiken, is qua omvang 50m^2 en heeft een inhoud van $2,5 \cdot 50 = 125\text{m}^3$.

$1\text{E6} \cdot \text{PersoonProductie}[\text{dm}^3] / (1000 \cdot \text{Inhoud}[\text{m}^3]) = \text{CO}_2\text{stijging} [\text{ppm}]$

Dus voor 1 persoon in deze kamer: $1\text{E6} \cdot 20 / (1000 \cdot 125) = 160 [\text{ppm}]$

We hebben eerder een tiental

metingen verricht die leiden tot $130 [\text{ppm}]$, dit is een afwijking van bijna 20 %. Er dient dus nog nader uitgezocht te worden waardoor dit verschil wordt veroorzaakt.

Voorlopig hebben we iets meer vertrouwen in die 130 ppm stijging per uur per persoon, omdat dit met meerdere metingen en een verschillende aantal personen steeds blijkt te kloppen.



Waarneming: Als in onze kamer ramen en deuren gesloten zijn en we zijn met twee volwassenen aanwezig, stijgt de CO2 met ongeveer 200 ppm per uur. We verwachten echter een stijging van 260 ppm. Blijkbaar hebben we dus een lek van 60 ppm per uur.

Met de verdunningsformule kunnen we (met flink wat gegoochel) de grootte van het lek berekenen

$$\text{Lek [m3/hr]} = \text{Inhoud[m3]} * (\text{CO2_2[ppm]} - \text{CO2_1[ppm]}) / (400[\text{ppm}] - (\text{CO2_1[ppm]} + \text{CO2_2[ppm]}) / 2)$$

Waarbij :

$$\text{CO2_1 [ppm]} = \text{CO2_Gemeten_Begin [ppm]} + \text{N_Personen} * 65 [\text{ppm}]$$

$$\text{CO2_2 [ppm]} = \text{CO2_Gemeten_Einde [ppm]} - \text{N_Personen} * 65 [\text{ppm}]$$

Deze formule hebben we in een Excel blad gezet, waardoor we enerzijds eenvoudig kunnen controleren of de formule juist is en anderzijds andere situaties gemakkelijk kunnen bereken.

	A	B	C	D
1				
2	Inhoud [m3]	125	125	125
3	N_Pers	2	1	2
4	CO2_Begin [ppm]	1100	1200	1200
5	CO2_Eind [ppm]	1300	1200	1200
6				
7	CO2_1 [ppm]	1230	1265	1330
8	CO2_2 [ppm]	1170	1135	1070
9				
10	Flow [m3/h]	9	20	41

In kolom B: onze kamer met daarin 2 personen aanwezig, volgens de formule bedraagt het lek 9 m3/hr, oftewel $9000 / 3600 = 2.5 \text{ dm}^3/\text{sec}$.

Dat klinkt in eerste instantie veel, maar we hebben ongeveer 30 cm kier en een houtkachel, dus misschien toch wel realistisch. We gaan zo meteen nog vergelijken met normen en bereken hoeveel warmteverlies we hierdoor veroorzaken.

Ter controle van de formule hebben we in kolom C en D de waargenomen CO2 niet laten veranderen bij de aanwezigheid van 1 respectievelijk 2 personen. Omdat de CO2 niet verandert, is het lek zo groot dat het lek voldoende is om de ruimte te ventileren bij dat aantal personen. We zien dan dat er dus 20 m3 / hr ventilatie per persoon nodig is en dat komt zeer goed overeen met de minimale eis van 20 .. 25 m3 / uur / persoon. (In oude versies van het bouwbesluit wordt soms een lagere waarde, namelijk 14.5 m3 / uur genoemd)

Goede uitleg van de verschillende meetwaarden: https://www.ipoostdevree.nl/shtmls/blower_door_test.shtml

Luchtvervangingen

Als het aantal luchtvervangingen groter is dan 0.6, is het (hard) nodig om lekken te gaan opsporen.

In ons geval s het aantal luchtvervangingen $9/125=0.072$

Dus geen enkele reden om op zoek te gaan naar lekken,

Qv;10 waarde

We hebben onze meting uitgevoerd bij een windkracht van (ongeveer) 2 Beaufort

De luchtdoorlatendheid wordt tegenwoordig gesteld als "qv;10" dat gelijk is aan Qv10/m2 dus aan dm3/s,m2.

Goede uitleg van de verschillende meetwaarden: https://www.ipoostdevree.nl/shtmls/blower_door_test.shtml

Voor een gebouw is die qv;10 (Qv10/m2-waarde) als volgt:

klasse betekenis eisen luchtdichtheid (qv;10 ofwel Qv10/m2)

klasse 1 basis (qv;10) > 0,6 dm3/s,m2 (voldoet aan Bouwbesluit) 1)

klasse 2 goed (qv;10) van 0,3 tot 0,6 dm3/s,m2 (energieruig bouwen) 2)

(niet benoemd) tussen goed en uitstekend (qv;10) tussen 0,15 en 0,3 dm3/s,m2

klasse 3 uitstekend (qv;10) < 0,15 dm3/s,m2 (passiefbouw en andere zeer energieruige bouw wijzen) 3)

$Q_{v10} [\text{dm}^3/\text{sec}] = 9000 / 3600 = 2.5 [\text{dm}^3/\text{sec}]$
 $q_{v;10} [\text{dm}^3/\text{sec} \cdot \text{m}^2] = 2.5 / 50 = 0.05 [\text{dm}^3/\text{sec} \cdot \text{m}^2]$

Dus dat is verrekte goed, klasse 3 !!

Warmteverlies

Ook hier heeft Joost de Vree een handige Excel voor, waarin de volgende formule uitkomt:

Warmteverlies $[\text{m}^3\text{gas}/\text{jaar}] = 4.33 \cdot Q_{v10} [\text{dm}^3/\text{sec}] = 4.33 \cdot 3 = 13 [\text{m}^3\text{gas}/\text{jaar}]$

Als we ook nog eens bedenken dat we deze warmte met een SCOP van bijna 6 opwekken, dan is de conclusie wel duidelijk.

ToDo

- Vaststellen wat de meest aannemelijke CO₂ productie van een persoon is: 130 of 165 of ? [ppm]
- Nagaan in hoeverre de afgeleide de formule functioneert in andere werkpunten, bijv 600 of 800 [ppm]
- Proeven met een onderdruk aangebracht door de wasemkap en door de houtkachel. Hier hebben we echter een zeer gevoelige druksensor voor nodig, immers 1 Pascal = 0.01 milliBar), deze is besteld en wordt half oktober verwacht.

Drukverschil aanbrengen

Wat we ook willen detecteren of meten, we zullen een drukverschil tussen binnen en buiten meten aanbrengen om een luchtstroming op gang te brengen. Zijn er andere/gemakkelijkere methoden dan die deur-vullende ventilator van de blowerdoor-test? Om die vraag te beantwoorden moeten we eerst weten welk drukverschil we bij welke luchtstroom moeten kunnen aanbrengen.

Kracht op de deur met de afzuigkap op maximaal (ventilatie niet uitgeschakeld) bedraagt ongeveer 500 gram. Oppervlak is ongeveer 1.6 m², dus de druk is $100000 \cdot 0.5 / 1.6 \cdot 10^4 = 3.125$ Pascal. Vermoedelijk is de druk wat hoger, want deur scharniert en dus is het effectief oppervlak kleiner.

Een "echt" blowerdoor-testapparaat, kan 20 6000 m³/hr verplaatsen, bij een drukval van 50 ... 100 Pascal.



Afzuigkap

Ik heb een vrij kleine afzuigkap, Etna AV360RVS, deze heeft de volgende debieten: 120 / ? / 260 m³/hr. Grotere afzuigkappen gaan wel tot 600 m³/hr.

Differential Pressure Sensors

XGZP6897D (i2C uitvoering) 2.5 ... 5 V, -500 ... +500 Pascal

<https://nl.aliexpress.com/item/1005003032107716.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.72b44c4dhGW4FS>

Datasheet: <http://www.cfsensor.com/static/upload/file/20210731/XGZP6897D%20Pressure%20Sensor%20Module%20V2.pdf>

Andere sensoren: MPX5010DP, MPXV7002, XGMP3v3, SEN0343

Begrippen

1 Bar = 100,000 Pascal = 1 kg/cm²

Bij de Blowerdoortest wordt het lek gemeten bij een druk van 10 Pascal = 0.0001 Bar = 0.1 mBar = 1 mmH₂O

$100000 \times 0.5 / 16000 = 3.125$

De onderdruk van een goed trekkende schoorsteen van een houtkachel maakt een onderdruk van 12 .. 20 Pascal (zie bijv: <https://kachelrooster.nl/2020/01/11/houtkachel-en-schoorsteen/>)

Een normale afzuigkap of wasemkap in de keuken kan minstens 250 tot 500 m³/uur lucht verplaatsen met een tegendruk (in de leidingen) van wel 50 tot 100 Pascal.

De kleinste WTW unit van Itho Daalderop kan 200 m³/uur verplaatsen bij een tegendruk van 100 Pascal

<https://www.ithodaalderop.nl/nl-NL/professional/product/03-00407>

https://www.ventilatieland.nl/files/productkaart-itho-daalderop-hru-eco-200-e-wtw_5651261307264.pdf

Literatuur

JoostDeVree: https://www.joostdevree.nl/shtmls/blower_door_test.shtml

TNO 2018 R11055 Openbaar eindrapport VentKook Ventilatiesysteem met goede kookafzuiging, sept-2018

<https://projecten.topsectorenergie.nl/storage/app/uploads/public/5c8/683/2e9/5c86832e9f0d8059461253.pdf>

Bevat veel meetmethoden, ook verschil meting, akoestisch, etc :

<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/luchtdichtheidstest.html?IDC=10621#3>

Belgisch, veel literatuurverwijzingen: <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels.nl/luchtdichtheidstest.html?IDC=10621#3>

Zeer interessante cursus België: https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20160419_pas_2_1luch_nl.pdf