

# SKH-Beoordelingsgrondslag

## Luchtdichtheidsmetingen



Uitgave: SKH

Nadruk verboden

**Algemene informatie**

Deze SKH-Beoordelingsgrondslag is door SKH opgesteld.

Deze beoordelingsgrondslag is tot stand gekomen op initiatief van:

Nederlandse Branchevereniging voor Luchtdichtheidsmetingen (NBVL)

Deze beoordelingsgrondslag is goedgekeurd op 16-09-2014 door de certificatie- en attesteringsinstelling SKH.

**Voorwoord**

Dit document is tot stand gekomen door de vele interpretaties over de metingen die verricht worden om de luchtdoorlatendheid (luchtdichtheid) van gebouwen te meten. De normen NEN 2686 en NEN-EN 13829 zijn niet allesomvattend waardoor interpretatieverschillen zijn ontstaan. Er zijn verschillende soorten apparatuur te verkrijgen voor luchtdichtheidsmetingen, maar allemaal met hetzelfde doel: het meten van de luchtvolumestroom die door de schil naar binnen of naar buiten gaat, door hete drukverschil met etappes te verhogen of te verlagen, om vervolgens de volumestroom te kunnen registreren. De richtlijnen die door verschillende meetbureaus gebruikt worden over hoe er gemeten moeten worden om inzicht te krijgen in de luchtdoorlatendheid van een gebouw zijn echter verschillend. Bijvoorbeeld welke ruimtes qua volume wel of niet moeten worden meegenomen in de software/berekening en welke openingen dichtgezet of afgeplakt moeten worden. Duidelijkheid over hoe de metingen daadwerkelijk verricht zouden moeten worden is in Nederland niet eenduidig vastgelegd. In dit document zijn richtlijnen aangegeven die door meerdere bedrijven zijn goedgekeurd. Een leidraad waar een ieder die luchtdichtheidsmetingen verricht mee uit de voeten kan, om dit specialisme de erkenning te geven van betrouwbaarheid en kwaliteit wat betreft de kennis en kunde van u en uw bedrijf.

Opmerking: de officiële term is luchtdoorlatendheid, vaak wordt gesproken over luchtdichtheid. In dit document worden beide termen gebruikt.

Uitgever:  
Certificatie-instelling SKH  
Postbus 159  
6700 AD WAGENINGEN  
Telefoon: (0317) 45 34 25  
Fax: (0317) 41 26 10  
E-mail: mail@skh.org  
Website: http://www.skh.org

© SKH

Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKH, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

## Inhoudsopgave

<b>1. INLEIDING</b> .....	<b>4</b>
1.1 Algemeen .....	4
1.2 Toepassingsgebied .....	4
<b>2. DOELSTELLING</b> .....	<b>5</b>
<b>3. TERMEN EN DEFINITIES</b> .....	<b>6</b>
<b>4. MEETCONDITIES</b> .....	<b>10</b>
4.1 Te meten zone.....	10
4.2 Eisen en staat van het gebouw .....	12
4.3 Methode en materiaal.....	12
<b>5. VOORBEREIDING VAN HET GEBOUW</b> .....	<b>14</b>
5.1 Verwarming, ventilatie en andere apparatuur .....	14
<b>6. MEETPROCEDURE</b> .....	<b>17</b>
6.1 Installatie van de apparatuur .....	17
6.2 Aanbevelingen.....	17
<b>7. BEREKENING VAN HET TOTALE LUCHTLEKDEBIET</b> .....	<b>19</b>
<b>8. VERMELDINGEN IN HET RAPPORT</b> .....	<b>20</b>
9.1 Start .....	22
9.3 Beoordeling van het kwaliteitssysteem van de aanvrager .....	22
<b>10. EISEN TE STELLEN AAN HET KWALITEITSSYSTEEM</b> .....	<b>23</b>
10.1 Algemeen .....	23
10.6 23	
<b>11. MERKEN</b> .....	<b>25</b>
<b>12. EISEN TE STELLEN AAN DE EXTERNE CONTROLE</b> .....	<b>26</b>
12.1 Algemeen .....	26
12.2 Toelatingsonderzoek .....	26
12.3 Jaarlijkse controle.....	26
<b>13. REFERENTIES</b> .....	<b>27</b>
<b>14. DOCUMENTENLIJST</b> .....	<b>28</b>
<b>BIJLAGE A CONTROLELIJST (NIET) TE SLUITEN OPENINGEN EN UIT TE SCHAKELEN TOESTELLEN</b> .....	<b>29</b>
<b>BIJLAGE B CHECKLIST (INFORMATIEF)</b> .....	<b>30</b>

## 1. INLEIDING

### 1.1 Algemeen

Deze beoordelingsgrondslag dient als grondslag voor de SKH-Kwaliteitsverklaring Luchtdichtheidsmetingen.

In deze Beoordelingsgrondslag zijn de richtlijnen vastgelegd die moeten worden nageleefd bij het meten van de luchtdoorlatendheid van gebouwen. Deze Beoordelingsgrondslag richt zich in hoofdzaak op de meettechnicus van metingen. Het Bouwbesluit verwijst naar de NEN 2686. Deze norm komt grotendeels overeen met de norm NEN-EN 13829 voor de meting van het luchtlekdebiet van de gebouwschil. De luchtdichtheidsmeting wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in de voorschriften die zijn gesteld aan de kwaliteit van gebouwen zoals beschreven in de NEN-normen, aangestuurd door het Bouwbesluit. Deze voorschriften zijn opgesteld uit het oogpunt van energiezuinigheid en de bouwfysische kwaliteit.

### 1.2 Toepassingsgebied

Deze beoordelingsgrondslag en de SKH-Kwaliteitsverklaringen hebben betrekking op de meting en het toetsen van de luchtdoorlatendheid van een gebouw.

Het uitgangspunt voor de meting is om te toetsen in hoeverre de luchtdoorlatendheid van een gebouw overeenkomt met de eis uit het Bouwbesluit en de gehanteerde infiltratiewaarde in de EP-berekening, uitgedrukt in  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ . Deze gehanteerde waarde wordt dan ook getoetst. Hetzelfde geldt voor de  $n_{50}$  waarde.

In het Bouwbesluit wordt de eis gesteld (dit is de ondergrens) dat de hoeveelheid lucht die door de schil naar buiten treedt niet groter mag zijn dan  $200 \text{ dm}^3/\text{s}$  of  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  bij een drukverschil van 10 pascal (bij gebouwwolume tot  $500 \text{ m}^3$ ), of een afgeleide hiervan. Deze beoordelingsgrondslag beschrijft de meetmethode met meerdere mogelijke varianten en legt de eisen vast die moeten worden nageleefd, naast de normen NEN 2686 en NEN-EN 13829. De kennis van deze normen is een noodzakelijke voorwaarde bij het toepassen van dit document. Wanneer, door de aanvrager van de test, het resultaat van de luchtdichtheidsmeting van een gebouw in kaart is gebracht, wordt getoetst of de beoogde waarden zijn gehaald uit de gehanteerde energieprestatieberekening.



Een belangrijk aandachtspunt bij energiezuinig bouwen is het beperken van de luchtdoorlatendheid. Hiermee wordt ongewenste infiltratie van de koude lucht naar binnen en exfiltratie van warme lucht naar buiten beperkt.

Met luchtdoorlatendheid wordt bedoeld, de mate waarin de schil van een gebouw (door kieren, naden en materialen) bij een bepaald drukverschil lucht doorlaat. Een lage luchtdoorlatendheid (ofwel: een hoge luchtdichtheid) wordt bereikt door een goed ontwerp, keuze voor het juiste materiaal, een juiste voorbereiding en zorgvuldige uitvoering.

De mate van luchtdichtheid en de plaats en grootte van eventuele luchtlekken kunnen naast het effect op het energieverlies en de luchtkwaliteit consequenties hebben voor de waterdichtheid, het risico op inwendige condensatie door convectie, comfort, geluidwering en brandwerendheid.

Let op: bij luchtdicht bouwen is er een duidelijke relatie met het ventilatiesysteem.

## 2. DOELSTELLING

### *Algemeen*

Het doel van deze beoordelingsgrondslag is duidelijkheid te verschaffen in de wijze waarop luchtdoorlatendheidsmetingen moeten worden uitgevoerd.

Metingen die uitgevoerd zijn met in acht name van de in deze beoordelingsgrondslag opgenomen aanwijzingen, zijn reproduceerbaar.

### *Doel van de luchtdoorlatendheidsmeting*

Het doel van een luchtdoorlatendheidsmeting is het kunnen vaststellen van de mate van infiltratie/exfiltratie door de gebouwschil en dit te toetsen aan de voor het betreffende gebouw geldende eisen.

De eisen liggen over het algemeen vast in het Bouwbesluit, EP-berekening, NEN-normen, bestekken of in andere private regelingen die horen bij de regeling passief bouwen, BREEAM, enz.

Andere redenen voor het uitvoeren van een luchtdoorlatendheidsmeting kunnen zijn:

- het inzichtelijk maken van de luchtlekken (met bijvoorbeeld rook);
- het vaststellen van de ernst (en omvang) van de aangetroffen luchtlekkages;
- het beoordelen van bouwschades (denk aan vochtindringing als gevolg van convectie);
- het beoordelen van klachten zoals tocht, niet warm kunnen krijgen, enz.;
- controleren op/waarborgen van de kwaliteit van de schil van een gebouw.

Naast het meten van de luchtdoorlatendheid en het vaststellen van de ernst/omvang van de aangetroffen luchtlekken kan, indien de opdrachtgever daar om vraagt, advies worden gevraagd voor eventueel herstel of oplossing van de geconstateerde problemen.

**3 TERMEN EN DEFINITIES** **$A_g$** Gebruiksoppervlakte in m<sup>2</sup>, volgens NEN 2580.**Barometerdruk**

Atmosferische druk.

**Beaufort (Bft)**De winddruk is grofweg gelijk aan:  $\text{druk} = \frac{1}{2} \times (\text{luchtdichtheid}) \times (\text{windsnelheid})^2 \times (\text{vormfactor})$ .

- De luchtdichtheid is ongeveer 1,25 kg/m<sup>3</sup>.
- De vormfactor (drag coefficient) hangt af van het voorwerp waarom het gaat. Deze heeft orde grootte 1 en is dimensieloos.
- De windsnelheid moet in m/s worden gebruikt. Dan is de druk in kg/m/s<sup>2</sup>, oftewel N/m<sup>2</sup>.

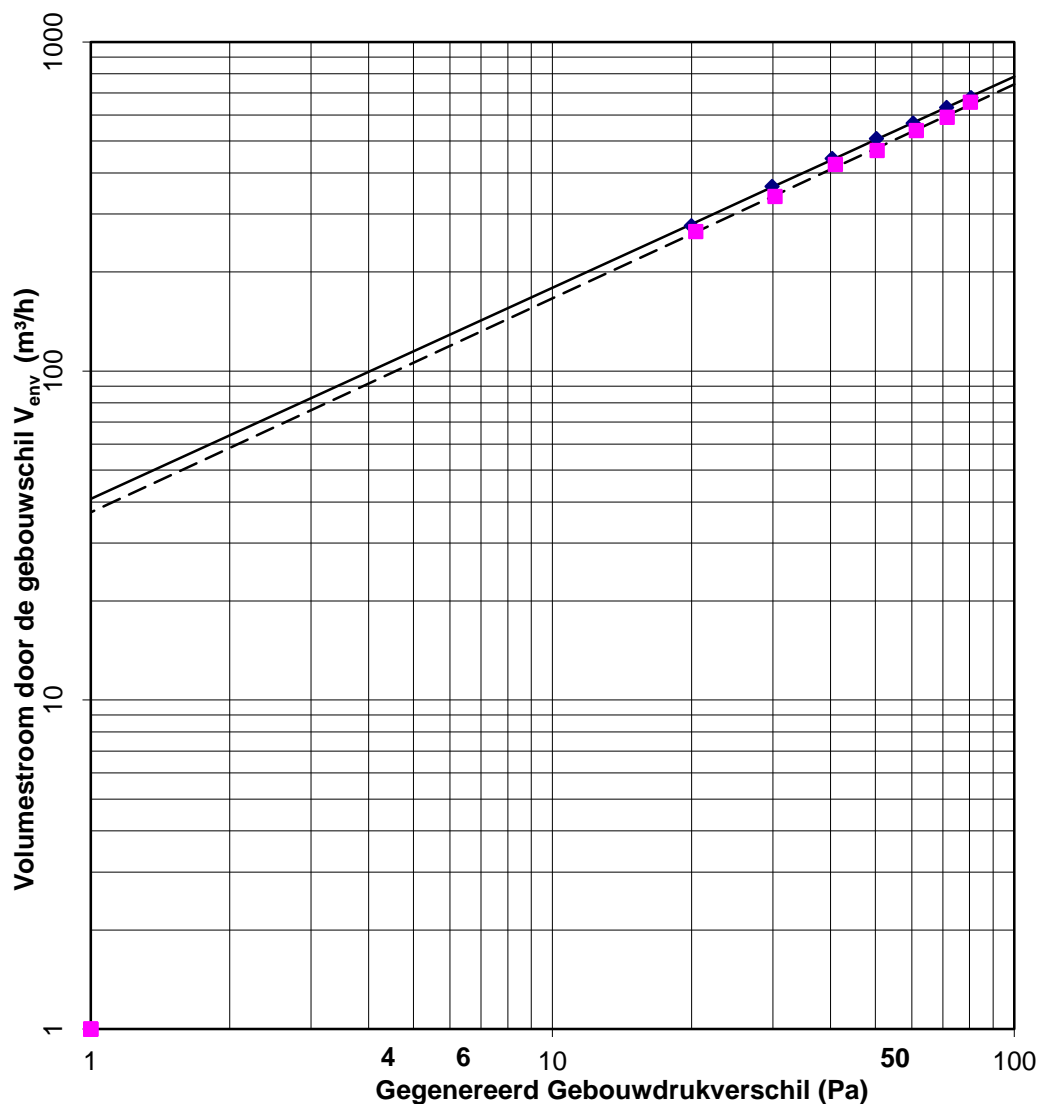
Tabel 1

Bft	Windsnelheid (m/s)		Winddruk (N/m <sup>2</sup> )
	Ondergrens	Bovengrens	Bovengrens
0	0,0	0,2	0,03
1	0,3	1,5	1,4
2	1,6	3,3	6,8
3	3,4	5,4	18
4	5,5	7,9	39
5	8,0	10,7	72
6	10,8	13,8	119
7	13,9	17,1	183
8	17,2	20,7	268
9	20,8	24,4	372
10	24,5	28,4	504
11	28,5	32,5	660
12	32,6		> 660

**C**C is totale luchtdoorlatendheid bij een drukverschil van 1 Pa [dm<sup>3</sup>/s.Pa<sup>1</sup>].**c**c is partiële luchtdoorlatendheid - per meter aansluiting - bij een drukverschil van 1 Pa [dm<sup>3</sup>/s.m<sup>1</sup>.Pa<sup>1</sup>] ('kleine letter' c).**Druk/volumestroomkarakteristiek**

Grafische voorstelling van het wiskundig verband tussen de lucht volumestroom door de omhulling van een gebouw, of een gedeelte daarvan, en het luchtdrukverschil over de omhulling.

grafiek  
Object: Voorbeeldwoning



◆ Volumestroom Onderdruk (m³/h)

■ Volumestroom Overdruk (m³/h)

— Regressielijn Onderdruk

- - - Regressielijn Overdruk

**Figuur 1** Voorbeeld van druk/volumestroomkarakteristiek

**EP**

Energieprestatie.

**Equivalente oppervlakte (Ae)**

Som van alle denkbeeldige oppervlakten van o.a. naden, spleten en kieren, afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek van een luchtdoorlatendheidsmeting.

**Gebouwschil**

Omhuiling van het gebouw met betrekking tot de luchtdoorlatendheid.

**Luchtdoorlatendheid**

Eigenschap van een object om lucht door te laten indien hierover een luchtdrukverschil aanwezig is.

**Luchtvolumestroom:  $q_{v,10}$  in  $[\text{dm}^3/\text{s}]$** 

Luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, herleid naar een netto-inhoud van  $500 \text{ m}^3$ , indien die inhoud groter is dan  $500 \text{ m}^3$ .

**Voorbeeld:**

Een gebouw heeft een volume van  $600 \text{ m}^3$

De gemeten waarde bij 10 pascal bedraagt  $150 \text{ dm}^3/\text{s}$

$$q_{v,10;\text{gemeten}} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$q_{v,10;\text{kar}} = 150 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$q_{v,10} = (500/600) \times 150 = 125 \text{ dm}^3/\text{s}$$

*Minimale eis uit bouwbesluit is  $200 \text{ dm}^3/\text{s}$  (herleiding geldt alleen bij inhoud, niet bij EP controle)*

De  $q_{v,10}$  die kan worden vergeleken met de waarde genoemd in de EP wordt als volgt bepaald:

$q_{v,10;\text{kar}} / A_g$ ; waarbij geldt dat  $A_g (\text{m}^2)$  overgenomen mag worden uit de EP-berekening.

Stel dat het  $A_g$   $160 \text{ m}^2$  bedraagt, dan is de  $q_{v,10;\text{kar}}$  t.b.v. een vergelijking met de EPC,  $150 \text{ dm}^3/\text{s} / 160 \text{ m}^2 = 0,94 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ .

*Opmerking: tot en met een netto volume van  $500 \text{ m}^3$  zijn  $q_{v,10}$  en  $q_{v,10;\text{kar}}$  aan elkaar gelijk.*

In de praktijk wordt de  $q_{v,10}$  (dus herleid naar een inhoud van  $500 \text{ m}^3$ ) vrijwel niet gebruikt. Dit komt omdat de  $q_{v,10}$ -waarde in ontwerpberoeeningen vaak gerelateerd is aan  $\text{m}^2$  vloeroppervlak en dus niet gerelateerd aan het volume. *Opmerking: tot en met een netto-volume van  $500 \text{ m}^3$  zijn  $q_{v,10}$  en  $q_{v,10;\text{kar}}$  aan elkaar gelijk.*

**Meetdeur of meetraam**

Hulpconstructie die op de plaats van een deur of raam in het kozijn wordt geplaatst, waardoor met een ventilator lucht wordt gevoerd.

*Opmerking: de meetdeur of het meetraam wordt in de praktijk ook wel 'dummy'deur of 'dummy'raam genoemd.*

**Meetmethode A (volgens NEN-EN 13829)**

Gebouw in afgewerkte toestand, hier wordt de energetische situatie van het gebouw gemeten. Controle op ontwerputgangspunt.

Methode A test het gebouw zoals deze zal worden opgeleverd.

**Meetmethode B (volgens NEN-EN 13829)**

Hier meten we de luchtlekkage van de gebouwschil (kwaliteitscontrole). Dit is een tussentijdse meting waarbij gemeten wordt voordat de afwerking wordt aangebracht, hierbij is bijsturing mogelijk.

Methode B test de luchtdichte schil op een willekeurig moment als de luchtdichte schil is aangebracht.

 **$n_{50}$  (volgens NEN-EN 13829)**

De  $n_{50}$ -waarde is de ventilatievoud per uur die door een schil gaat, bij een drukverschil van 50 Pa binnen en buiten de schil. De gebruikte eenheid is 1/h.

**Natuurlijke druk**

Drukverschil tussen binnen en buiten voor en na de meting bij statische druk.

*Synoniemen: Baseline, Bias of nuldruk.*

 **$q_{v,10}$  gemeten**

Gemeten luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, zonder herleiding naar een gestandaardiseerde netto-inhoud.

 **$q_{v,10}$  kar**

Karakteristieke luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 10 Pa, zonder herleiding naar een gestandaardiseerde netto-inhoud.

**Statische druk**

De druk bij een gereedstaande toestand voor de luchtdoorlatendheidsmeting met afgedekte ventilator(en).



**Stromingsexponent ( $n$ )**

Verhouding van het verschil van de logaritmen van twee drukverschillen afgeleid van de druk/volumestroomkarakteristiek en het verschil van de logaritmen van de bij deze druk behorende volumestromen.

*Opmerking: de stromingsexponent is gelijk aan de tangens van de druk/volumestroomkarakteristiek ( $0,5 \leq n \leq 1$ , zie bijlage B).*

 **$V_{50}$  (volgens NEN-EN 13829)**

Karakteristieke luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een drukverschil van 50 Pa.

**Volume**

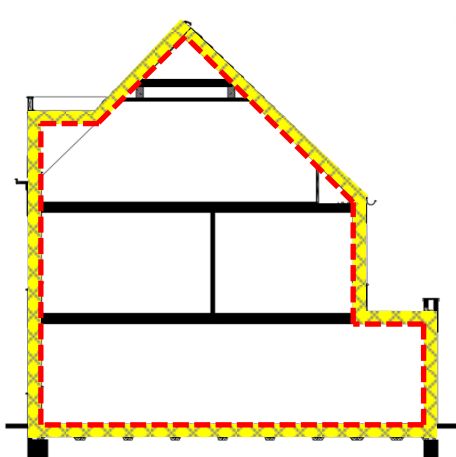
Inhoud binnen de luchtdichte schil in  $m^3$  (welke van toepassing is ter bepaling van de  $n_{50}$ ).

## 4 MEETCONDITIES

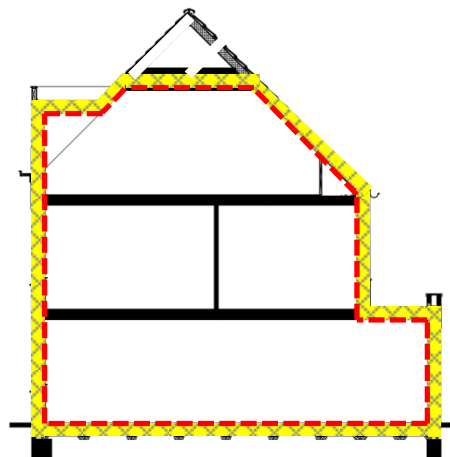
### 4.1 Te meten zone

#### Eisen

De meting is bedoeld voor de verwarmde zones van een gebouw inclusief kasten en bergruimten maar exclusief kruipruimten, niet-verwarmde zones en passieve zonne-energiesystemen zoals serres die geen deel uitmaken van de thermische schil van een gebouw (zie figuren 2). (Bij onduidelijkheid over te sluiten/afdichten openingen zie bijlage A.)



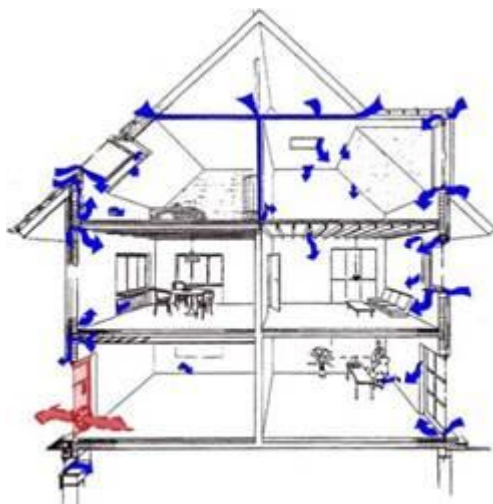
**Figuur 2a:** Te meten zone valt binnen de thermische schil (= luchtdichte schil); ook de vliering ligt **binnen** de thermische schil; vliozoliken/knieszotten behoren tijdens de meting gesloten te zijn – zie hiervoor paragraaf 5.1.5.



**Figuur 2b:** Te meten zone valt binnen de thermische schil (= luchtdichte schil); de vliering ligt **buiten** de thermische schil; vliozoliken/knieszotten behoren tijdens de meting gesloten te zijn – zie hiervoor paragraaf 5.1.5.

**Figuur 2a/b** Gebouwschil: linker figuur luchtlekken/rechter gele arcering is voorbeeld van een luchtdichte schil c.q. te meten zone van het gebouw.

*Opmerking: ter plaatse van de thermische schil ligt de luchtdichte laag. Het gebruiksoppervlak c.q. volume wordt bepaald aan de hand van de ontwerpberekening.*



figuur 2c: voorbeeld van veelvoorkomende infiltratie

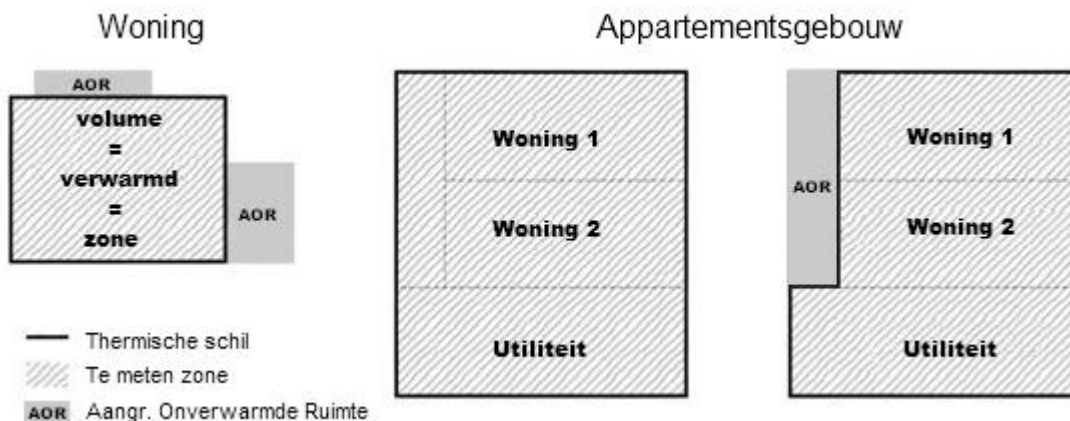
#### Mogelijke luchtlekkages

De te meten zones moeten worden bepaald door de aanvrager van de meting, in samenhang met de opdeling van het gebouw in het kader van de ontwerpberekening. De te meten zones moeten ten minste het hele beschouwde volume bevatten of een representatief gedeelte tot 3000 m<sup>3</sup> volgens NEN 2686 of tot 4000 m<sup>3</sup> volgens NEN-EN 13829. Ze mogen geen ruimten bevatten die buiten het volume vallen waarvoor de luchtdichtheids-eis geldt, zoals aangrenzende onverwarmde ruimten. De werkelijk gemeten zone moet in het rapport duidelijk en nauwkeurig worden beschreven door de meettechnicus van de meting. De tekeningen van

het gebouw (plattgronden van de verschillende niveaus en doorsneden), met duidelijke aanduiding van de grenzen van de gemeten zones, kunnen als bijlage bij het rapport te worden gevoegd.

### Aanbevelingen

In de meeste gevallen kan de luchtdichtheidstest op het gehele volume binnen de luchtdichte schil worden uitgevoerd. De te meten zone kan dan ook verschillende volumes omvatten (zie de plattgronden/doorsneden figuur 3).



**Figuur 3**

Schets van de te meten zone (gearceerd) in overeenstemming met het volume binnen de luchtdichte schil (doorlopende lijn), voor een individuele woning of voor een appartementsgebouw (AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte)

*Opmerking: indien er een luchtdichte scheiding aanwezig is tussen woonfunctie en utiliteitsfunctie kunnen deze apart van elkaar gemeten worden.*

In sommige gevallen kan de meting echter worden uitgevoerd op slechts een deel van het volume binnen de luchtdichte schil, maar altijd ten minste op het bedoelde volume (bijvoorbeeld een individueel appartement).

*Opmerking: trappenhuis of liftschaft binnen de luchtdichte schil behoort tot de te meten zone.*

### Uitzondering

In het ongebruikelijke geval dat het volume samengesteld is uit meerdere gescheiden delen die geen onderlinge openingen hebben (die geopend kunnen worden zonder gereedschap), maar die elk wel openingen naar buiten hebben, moet de meting worden uitgevoerd op elk van deze individuele delen. Het totale luchtlekdebiet van dit volume bedraagt dan de som van de luchtlekdebieten van elk deel afzonderlijk. Uitgangspunt is dat bij voorkeur het gehele volume van een gebouw op luchtdichtheid wordt getest. Het is echter mogelijk dat in bijzondere situaties een steekproef (deel van het gebouw) gewenst is. Indien vanwege de specifieke situatie, die in de meetrapportage is onderbouwd, verantwoord kan worden dat een representatieve steekproef gewenst is, dienen de volgende uitgangspunten gebruikt te worden voor het bepalen van de steekproef:

- De omvang van de steekproef dient bepaald te worden door de square root methode:  $n$  steekproef =  $\sqrt{n}$ , afgerond op gehele getallen, met een minimum van 10% van het totaal.
- Voor woningen en winkelunits: De omvang van de steekproef is als hierboven bepaald en waarbij 'n' het aantal woningen/winkelunits betreft.
- Voor overige utiliteitsbouw: De omvang van de steekproef is als hierboven bepaald en waarbij 'n' het volume ( $m^3$ ) van het gebouw betreft.
- Indien een gebouw over verschillende geveltypes beschikt dient de steekproef minimaal alle typen gevels te omvatten.

*Opmerking: ten slotte moet de te meten zone in het rapport duidelijk worden beschreven om achteraf de oppervlakten en volumes te kunnen valideren.*

## 4.2 Eisen en staat van het gebouw

### 4.2.1 Eisen (herhaling van de norm)

De meting kan alleen plaatsvinden indien de gebouwschil volledig wind- en waterdicht is; alle ramen en deuren die de gemeten zone begrenzen dienen aanwezig te zijn. Bovendien moeten alle definitieve doorvoeren zijn aangebracht.

Voor zover de luchtdichte schil kan worden beïnvloed, is het een voorwaarde dat het gebouw opleveringsgereed is alvorens de meting methode A uit te voeren: Deze meting is dan ook de eindmeting. Wanneer na deze meting nog werkzaamheden worden verricht aan de schil, kunnen geen rechten worden ontleend aan deze eindmeting.

## 4.3 Methode en materiaal

### 4.3.1 Keuze van de methode

#### Eisen

Volgens het bouwbesluit moet de luchtdoorlatendheidsmeting van het gebouw worden uitgevoerd volgens de NEN 2686. Tevens kan er gemeten worden volgens methode A zoals bepaald in de NEN-EN 13829. Indien er een cascometing wordt gedaan dan wordt er gemeten via methode B, tussentijdse meting voordat de eindafwerking wordt aangebracht.

#### Nadere toelichting: Methode A

Methode A: Test van de woning zoals deze zal worden opgeleverd (ter controle EP-berekening).

De NEN-EN 13829 definieert twee meetmethodes, afhankelijk van de doelstelling die door de luchtdichtheidsmeting wordt beoogd. Methode A laat toe om de luchtdichtheid van het gebouw in reële omstandigheden te meten. De NEN-EN 13829 vermeldt: 'De toestand van de gebouwschil dient de toestand ervan weer te geven tijdens het seizoen waarin de verwarming- of koelsystemen worden gebruikt'. Bij methode A moeten deuren, ramen en andere regelbare ventilatieopeningen die te sluiten zijn, gesloten worden. Deze meting is de definitieve meting ter controle van de gehanteerde infiltratiewaarde in de ontwerpberekening.

In de praktijk moet diverse openingen worden dichtgezet en/of worden afgeplakt (zie bijlage A).

#### Nadere toelichting: Methode B

Methode B: Test van de luchtdichte schil op een willekeurig moment als de luchtdichte schil is aangebracht. Deze meetmethode mag niet worden toegepast als eindmeting.

Methode B laat toe om de luchtdichtheid van de gebouwschil te meten. De NEN-EN 13829 vermeldt: 'Alle bewuste openingen in de gebouwschil moeten worden gesloten of afgedicht.' Deze meting wordt toegepast wanneer het gebouw in ruwbouw klaar is, dat wil zeggen dat de thermische schil gereed is. Methode B is gericht op het meten van het luchtlekdebiet alleen door de gebouwschil en niet door de bewuste openingen in de gebouwschil; ze is dus van toepassing om specifiek de afwerkingskwaliteit van de gebouwschil te controleren, waarbij nog wijzigingen aangebracht kunnen worden door de aannemer.

*Opmerking : methode A is dus veeleisender dan methode B. Methode B kan ten opzichte van methode A een afwijking opleveren in meetresultaat, afhankelijk van de staat van de afwerking en aangebrachte doorvoeringen.*

### 4.3.2 Meetapparatuur

#### Eisen

De eisen betreffende de drukapparatuur (manometer) en de meetinstrumenten zijn gedetailleerd beschreven in NEN-EN 13829 en in NEN 2686.

#### 4.3.3 Benodigde meetinstrumenten

Tabel 2 Toegepaste meetinstrumenten

Meetinstrument	Merk	Type	Meting	Apparaatnummer
Drukmeters			Drukverschil	
Ventilator				
Temperatuurmeter			Temperatuur	
Barometer			Luchtdruk (barometerdruk)	

\* De gebruikte meetapparatuur dient in het rapport opgenomen te worden.

#### 4.3.4 Visuele controle meetinstrumenten

Vóór elke meting dienen de gebruikte meetinstrumenten grondig visueel geïnspecteerd te worden, zoals op mechanische schade, sporen van vervuiling, verstopping of beschadiging van de slangen enz.

##### Enkele praktische aanbevelingen:

- Repareer of vervang zo mogelijk meetinstrumenten, anders de meting staken of afbreken;
- Controleer dichtheid drukslangen;
- Controleer aansluiting apparatuur;
- Houd rekening met bouwstof.

#### 4.3.5 Kalibreren

Het is duidelijk dat de kalibratie van de meetinstrumenten van essentieel belang is om de nauwkeurigheid van het meetresultaat te waarborgen. Het is dus verplicht om de meetinstrumenten regelmatig te kalibreren. Op basis van de gangbare praktijk van de geconsulteerde professionelen lijkt een interval tussen 2 ijkingen aanvaardbaar wanneer onderstaande frequenties worden aangehouden. Vanaf de aanschafdatum begint de kalibratieinterval te lopen.

Het is een vereiste dat de meetapparaten regelmatig worden gekalibreerd volgens de door de fabrikant verstrekte voorschriften.

- 1 Een minimale frequentie van 1 maal per 2 jaar voor de drukmeter (manometer).
- 2 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de ventilator/meetset.
- 3 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de temperatuurmeter.
- 4 Een minimale frequentie van 1 maal per 5 jaar voor de barometer.

## 5 VOORBEREIDING VAN HET GEBOUW

### 5.1 Verwarming, ventilatie en andere apparatuur

#### Eisen

Met uitzondering van de systemen die eventueel deel uitmaken van de luchtdichtheidsmeting, moeten alle systemen die lucht aan de te meten zone toevoeren of eraan onttrekken vóór de meting worden uitgezet en waar nodig afgedicht; het gaat hierbij o.a. om de volgende systemen:

- mechanische ventilatie en airconditioning;
- luchtverwarming;
- verbrandingstoestellen;
- afzuigkappen;
- wasdrogers met luchtafvoer naar buiten.

*Opmerking: zie bijlage A voor nadere specificatie.*

#### Bewuste openingen

In dit document:

- betekent 'afdichten': hermetisch afsluiten met alle mogelijke geschikte middelen (tape, ballonnen, enz.);
- betekent 'sluiten': het gebruik van de op de betrokken opening aanwezige sluitingsinrichting zonder de luchtdichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen. Niet afdichten!

#### 5.1.1 Algemene regel voor de openingen in de gebouwschil van de te meten zone.

Met een luchtdoorlatendheidsmeting wordt de luchtstroom via de ondichtheden in de gebouwschil inzichtelijk gemaakt. Het gaat hier om de zogenaamde 'onbedoelde' luchtlekken. Ventilatievoorzieningen zijn 'bedoelde' lekken die niet in de meting moeten worden meegenomen. Algemeen kan dus worden gesteld:

- dat voorzieningen voor (bewuste) ventilatie tijdens de meting worden gesloten, deze openingen mogen dus niet worden afgedicht met bijvoorbeeld tape;
- wanneer er geen sluitingsinrichting voorzien is, mag geen enkele maatregel worden genomen om de dichtheid van de opening te verhogen, tenzij er sprake is van wachtopeningen (5.1.3).

Omdat er in de praktijk veel verschillende situaties voorkomen en er niet altijd getoetst moet worden aan een EP-berekening is per opening in bijlage A aangegeven of deze open dient te blijven of moet worden afgesloten en/of afgedicht.

De openingen moeten zodanig gesloten worden dat ze gedurende de hele meting gesloten blijven. In sommige gevallen zullen bedoelde openingen gesloten gehouden moeten worden (omdat deze tijdens de meting kunnen bewegen) door middel van een doeltreffende voorziening.

De gebruikte voorziening om een opening gesloten te houden kan bijvoorbeeld bestaan uit een stukje plakband of een mechanische inrichting (een spie, een gewicht), maar mag in geen geval worden gebruikt om de dichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen (dus niet afdichten).

De openingen die op deze manier eventueel dicht gehouden dienen te worden zijn bijvoorbeeld kattenluiken, brievenbussen, enz.

### 5.1.2 Mechanische ventilatiesystemen

NEN 2686 en NEN-EN 13829 vereisen dat de luchtopeningen (ventilatieventielen) van mechanische ventilatiesystemen of airconditioningsystemen worden afgedicht. Als alternatief, en in afwijking van de norm, is het toegestaan om deze systemen af te dichten ter hoogte van de kanalen, zo dicht mogelijk bij de doorgang van deze kanalen door de luchtdichte schil van de te meten zone. Dit heeft sterk de voorkeur maar dient in de praktijk wel uitvoerbaar te zijn.

In de praktijk volstaat het om:

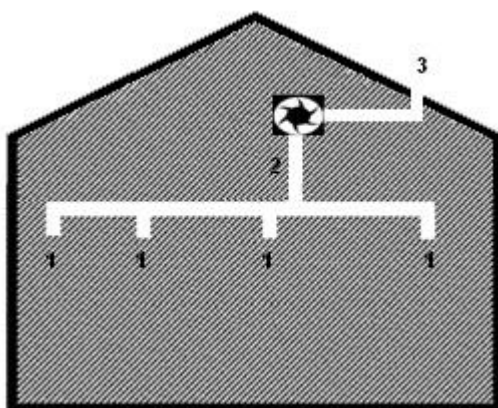
- ofwel alle individuele ventielen af te dichten (item 1 in figuur 4) (niet aan te bevelen, omdat anders lekverliezen uit ventilatiekanalen worden meegemeten);
- ofwel de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de luchtdichte schil van de te meten zone (item 2 in figuur 4), ongeacht de positie van de ventilator ten opzichte van de gebouwschil (binnen of buiten de te meten zone) (niet aan te bevelen);
- ofwel de buitenopeningen af te dichten (luchtinlaat en -uitlaat, item 3 in figuur 4) (aan te bevelen).

*Opmerking: 'voor deze methode moet er een dakdoorvoer aanwezig zijn in de luchtdichte schil'.*

Een praktisch middel om kanalen of openingen af te dichten bestaat erin de ventielen weg te nemen en het luchtkanaal luchtdicht af te sluiten. De afdichting moet omkeerbaar zijn zonder schade voor het kanaal/ventiel.

#### De plaats waar de kanalen worden afgedicht moet in het rapport worden vermeld.

Indien in een afvoerkanaal van een ventilatiesysteem van type A of B een ventilator wordt ingebouwd, wordt dit nog steeds als een natuurlijke en niet als een mechanische afvoer beschouwd. Overeenkomstig bovenstaande regels mogen dergelijke kanalen dan ook niet afgedicht worden, maar moeten hun regelbare afvoeropeningen gesloten worden.



**Figuur 4**

**Positie van de afdichting van luchtkanalen (voor een ventilator binnen het beschermd volume):** ter hoogte van de individuele ventielen (1), tussen de ventilator en de gebouwschil van de te meten zone (2), of ter hoogte van de buitenopeningen voor luchtinlaat- of uitlaat (3)

#### Nadere toelichting:

Met betrekking tot de ventielen van de mechanische ventilatie is het, in afwijking van de norm, toegestaan om de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de gebouwschil (luchtdichte zone of compartimentsgrens) van de te meten zone. Het afdichten van elk ventiel afzonderlijk zoals geëist door de norm vertoont meerdere nadelen:

- Het eventuele luchtlekdebiet dat door de luchtkanaalwanden gaat, zal bijdragen aan het gemeten luchtlekdebiet.
- De werktijd voor het afdichten van elk ventiel afzonderlijk zal waarschijnlijk langer duren dan voor het afdichten van het hoofdkanaal ter hoogte van de ventilator. In de praktijk is het gebruikelijk dat de hoofdkanalen van de ventilator kunnen worden afgekoppeld voor onderhoud, hierdoor zou het dus gemakkelijk moeten zijn om de hoofdkanalen af te dichten tussen de ventilator en de gebouwschil van de te meten zone.
- Met betrekking tot de andere bewuste openingen volstaat het deze te sluiten en gesloten te houden, zonder ze af te dichten. Hierbij is het luchtlekdebiet in gesloten toestand onderdeel van de infiltratie/exfiltratie.

### 5.1.3 Openingen waaraan nog gewerkt wordt of wachtopeningen

Bewuste openingen waaraan nog gewerkt wordt of die in afwachting van de installatie van een toestel (verbrandingstoestel, afzuigkap, wasdroger, zonneboiler, enz.) zijn, dienen afgedicht te worden voor de meting. Het adequaat en duurzaam afdichten van deze niet gebruikte openingen is geen taak van de meettechnicus. Hij moet echter melden dat deze afgedichte openingen niet zijn toegestaan, en dat de meting niet als methode A door mag gaan of dit moet expliciet worden vermeld in de rapportage.

### 5.1.4 Brandkleppen

- Voorzieningen voor rookwarmteafvoer die normaal gesloten zijn en zich automatisch openen in geval van brand, moeten gesloten blijven tijdens de meting;
- Brandkleppen die normaal open zijn en zich automatisch sluiten in geval van brand, mogen niet worden gesloten tijdens de meting;
- Brandkleppen in een luchtdichte scheiding worden gesloten.

### 5.1.5 Openingen in ruimten die grenzen aan de te meten zone

In de verwarmde en onverwarmde ruimten buiten de te meten zone (bijvoorbeeld een serre, een veranda, een garage enz.), moeten de deuren, vensters en regelbare toevoeropeningen en andere openingen die eventueel in de buitenschil zijn aangebracht, ook worden gesloten, maar niet worden afgedicht.

*Opmerking: van een tochtportaal moeten beide deuren worden gesloten.*

*Opmerking: Een deur of luik naar een zolder of een kelder sluiten.*

### 5.1.6 Openingen binnenin de te meten zone

Alle deuren, luiken en openingen binnen de te meten zone moeten geopend zijn, indien deze kunnen worden geopend zonder gereedschap. De openingen, binnen de te meten zone, die geopend moeten zijn, zijn bijvoorbeeld:

- Alle binnendeuren die behoren tot de te meten zone;
- Een deur naar een technische ruimte binnen de te meten zone;
- Een deur naar een technische schacht die deel uitmaakt van de te meten zone;
- Een deur naar een berging of inloopkasten die behoren tot de te meten zone.

*Opmerking: knieschotten/vlizotrappen dienen dicht te blijven. Indien dit niet mogelijk is dient dit te worden omschreven in het rapport.*

Om praktische en veiligheidsredenen is het toegestaan dat sommige openingen gesloten blijven (bijvoorbeeld toegangsdeuren naar liften of naar hoogspanningruimten).

Indien een ruimte die deel uitmaakt van de te meten zone, bepaald in ontwerpberekening, geen opening heeft naar de rest van de te meten zone, maar wel naar buiten, moet deze afzonderlijk gemeten worden (zie hoofdstuk 4.1, te meten zone).

Het afdichten van openingen dient op een adequate en duurzame wijze te gebeuren, waarbij vermeden wordt dat openingen, die in normale condities gebruikt worden, onrechtmatig worden afgedicht. Het is de verantwoordelijkheid van de meettechnicus om na te gaan of er niet onrechtmatig werd afgedicht.



## 6 MEETPROCEDURE

### 6.1 Installatie van de apparatuur

De keuze van de positie van de meetdeur (drukapparatuur) die in een buitenopening (deur of raam) wordt geplaatst, dient uit te gaan naar een veilig toegankelijke opening die de grootste luchtdichtheid biedt. In het algemeen zal de meettechnicus a.d.h.v. ervaring uit de volgende opties kiezen (beste keuze staat bovenaan):

1. een deur of een raam met een elastische dichting over de volledige omtrek;
2. een deur uitgerust met afdichting onderaan (bijvoorbeeld valdorpel of borstel);
3. een deur zonder afdichting onderaan.

#### Aanbevelingen

De luchtdichtheid tussen de meetdeur (drukmeetapparatuur) en het gebouw dient verzekerd te zijn (de meetopstelling sluit luchtdicht aan). Tape kan in voorkomende gevallen worden gebruikt om de luchtdichtheid aan de randen van de meetdeur (drukmeetapparatuur) te verzekeren.

#### Nadere toelichting

Door het gebruik van een meetdeur (drukmeetapparatuur) die in een buitenopening (deur of raam) wordt geplaatst, kan het luchtlekdebiet dat door deze opening wordt teweeggebracht, niet worden gemeten. Het is dan ook aan te bevelen deze meetdeur (drukmeetapparatuur) in de meest luchtdichte opening te plaatsen, bij voorkeur in een deur of een raam met een afdichting over heel de omtrek. Het kozijn kan aan de omtrek voorzien zijn van sluitingen of nokken die extra aandacht vragen om de luchtdichtheid tussen de drukmeetapparatuur en de gebouwschil te verzekeren. De plaats van de meetdeur (drukmeetapparatuur) moet opgenomen worden in de rapportage (bijvoorbeeld d.m.v. een foto).

*Opmerking: uit praktijkervaring blijkt dat het lekverlies van een goed opgestelde meetopstelling vrijwel gelijk is aan het lekverlies van het gevelement dat tijdens de meting wordt geëlimineerd, de meetdeur hoeft niet te worden afgeplakt.*

### 6.2 Aanbevelingen

#### 6.2.1 Positie meettoestel (gevel/volume van het gebouw)

##### Eisen

- De positie van het meettoestel (of meerdere meettoestellen) moet zodanig worden gekozen dat deze vrij uit kan (kunnen) blazen of vrij aan kan (kunnen) zuigen waardoor een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw/de metruimte zal ontstaan.
- Tussen de ruimte waarin de meetopstelling is geplaatst en de aangrenzende ruimten mag het drukverschil t.o.v. de gemiddelde druk in het gebouw niet groter zijn dan 5 pascal).
- Bij het meten van een hoog gebouw mag ter voorkoming van het zogenaamde 'schoorsteeneffect'  $\Delta T$  (tussen binnen-buiten), vermenigvuldigd met de gebouwhoogte in meters, niet groter zijn dan 500 mK (Voorbeeld: Bij een gebouwhoogte van 50 meter mag  $\Delta T$  maximaal 10 K zijn). Wordt hier niet aan voldaan dan dient als eerste meetpunt (drukverschil over de gevel) te worden gekozen voor de waarde die bepaald wordt uit '5 x het hoogst gemeten statische drukverschil + 5 pascal'. Daarnaast moeten tenminste 8 meetpunten worden bepaald.
- Binnen het gebouw mogen geen grotere drukverschillen dan 5 pascal aanwezig zijn.
- Wanneer er met x ventilatoren wordt gemeten moeten de natuurlijke drukken bij tenminste 2 posities worden gemeten. Het verschil tussen de hoogste en laagste waarde mag niet meer dan 10 pascal bedragen. Tijdens de meting moet men er zeker van zijn dat beide ventilatoren in dezelfde richting draaien.

*Wordt aan voorgaande voorwaarden niet voldaan met de gekozen opstelling, dan dient het meettoestel verplaatst te worden naar een 'centralere' positie of moet gebruik gemaakt worden van meerdere meettoestellen.*

**Aanvullende opmerkingen/adviezen:**

- Om grote gebouwen te kunnen meten, moeten (meestal) meerdere ventilatoren worden gebruikt. Dit om bij alle benodigde meetdrukken een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw te kunnen garanderen.
- Het aantal ventilatoren en de positie ervan is mede afhankelijk van de winddruk, thermische druk in/op het gebouw en de massa-traagheid van de lucht.
- Bij langwerpige gebouwen (afhankelijk van de indeling) moeten de ventilatoren over de lengte van het gebouw verdeeld worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een distributiecentrum. Deze zijn vaak zeer lang, maar vaak niet zo heel diep. Dan is het beter om meerdere ventilatoren in de lange gevel te plaatsen om zo de winddruk te compenseren.
- Bij hoge gebouwen zal/zullen ook op hoger gelegen verdieping(en) ventilator(en) geplaatst moeten worden. Alternatief is de meetopstelling en/of meetsonde van de ventilator of drukmeter te plaatsen op een neutraal hoger gelegen punt in het gebouw.
- De ventilatoren moeten worden opgesteld in de gevel van een ruimte/gebouw die zoveel mogelijk in open verbinding staat met de rest van het meetcompartiment.
- Om te zorgen voor een gelijkmatige drukverdeling in het gebouw, het meettoestel/de ventilator bij voorkeur niet aan het eind van een smalle gang plaatsen.
- Om te beoordelen of een drukverschil binnen het gebouw aanwezig is kan eenvoudig met een drukmeter en drukslangen ter plaatse van een smalle doorgang het drukverschil (dus luchtstroming) worden gemeten.
- Het drukverschil tussen binnen en buiten wordt over het algemeen gemeten op het niveau van de laagste verdieping van het gebouw. Of het drukverschil over de gevel voldoende gelijk is, wordt bepaald door bij het kleinste en grootste drukverschil waarbij de meting wordt uitgevoerd, op verschillende posities het drukverschil over de gevel te meten. Het drukverschil tussen het kleinste en grootste drukverschil mag niet meer dan 10 Pa bedragen. De meetpunten dienen opgenomen te worden in de rapportage.
- In gebouwen met grote hoogte (vanaf circa 15 meter) is het beter om ook het drukverschil op de hoogste verdieping te meten.

**6.2.2 Slang t.b.v. meting drukverschil over de schil**

- Voor de meting dienen de slangen gecontroleerd te worden op dichtheid of verstoppingen.
- De slang dient vrij van de grond geplaatst te worden.
- Bij regenachtig weer dient ervoor gezorgd te worden dat er geen water in de slang kan komen.
- Het uiteinde van de slang dient minimaal 1 m<sup>1</sup> van de gevel af te liggen.

**6.2.3 Meten van grote volumes (luchtverlies > 750 l/sec/10Pa)**

Bij grote gebouwen adviseren wij om van hoge druk naar lage druk te meten.  
85 – 75 – 65 – 55 – 45 – 35 – (25)

**6.2.4 Meten van kleine volumes (luchtverlies ≤ 750 l/sec/10Pa)**

25 – 35 – 45 – 55 – 65 – 75 – 85

Toelichting: De meetpunten zijn gebaseerd op de NEN 2686 en de NEN-EN 13829.

- Er moeten twee metingen worden uitgevoerd: één met overdruk en één met onderdruk.
- Voor alle bouwtypes moet het grootste drukverschil tussen het laagste en hoogste punt minstens 50 Pa bereiken (in absolute waarde).
- Er dienen minimaal zes meetpunten te zijn.
- Drukverschil tussen twee opeenvolgende punten dient 5 tot 10 Pa te zijn.
- Hoogste meetpunt ligt tussen de 85 en de 100 Pa.
- Laagste meetpunt minimaal 5 \* Baseline (met minimum van 15 Pa).

**7 BEREKENING VAN HET TOTALE LUCHTLEKDEBIET****Eisen volgens ontwerpberekening**

Het luchtlekdebiet ( $V$ ) moet worden berekend in overeenstemming met NEN 2686 en/of NEN-EN 13829, afzonderlijk voor de metingen met overdruk (en hier genoteerd als  $V_{pres}$ ) en voor de metingen met onderdruk (genoteerd als  $V_{depres}$ ).

Het eindresultaat van het luchtlekdebiet is het gemiddelde van de luchtlekdebieten bepaald bij overdruk en bij onderdruk, berekend als volgt:

$$V = \frac{V_{depres} + V_{pres}}{2} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

*Opmerking: Bij grote verschillen tussen  $V_{depress}$  en  $V_{press}$ , moet dit worden onderbouwd in de rapportage.*

*Opmerking: De opdrachtgever kan bepalen dat alleen een over- of onderdrukmeting nodig is.*

**Omrekenmethode**

Omrekenen naar infiltratiewaarde EP ( $q_{v,10;kar}/\text{m}^2$ ):

Volumestroom

$$V_{10}: \text{m}^3/\text{h} \quad / \quad 3,6 \quad = \quad V_{10}: \quad \text{dm}^3/\text{s} \quad = \quad \text{l/s}$$

$$V_{10}: \text{dm}^3/\text{s} \quad / \quad A_g \quad = \quad q_{v,10} \quad \text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 \quad = \geq \quad \text{Waarde EP - berekening}$$

$$V_{50}: \text{m}^3/\text{h} \quad / \quad \text{Inhoud van de te testen ruimte} \quad = \quad n \quad (\text{ACH})$$

**Nadere toelichting:**

Het debiet gemeten bij overdruk en het debiet gemeten bij onderdruk laat zowel de infiltratie als de exfiltratie zien. De gemeten zone is afhankelijk van de ontwerpberekening die hieraan ten grondslag ligt. De bepaling ervan is de verantwoordelijkheid van de aanvrager van de meting of zijn vertegenwoordiger en niet van de meettechnicus.

## 8 VERMELDINGEN IN HET RAPPORT

### Eisen

In het kader van de uniformiteit dienen ten minste de volgende tekst en gegevens te worden opgenomen (zie ook bijlage B):

Bij de luchtdichtheidsmeting werden alle voorschriften nageleefd in het kader van de NEN 2686 en NEN-EN 13829 ten behoeve van controle op een luchtdoorlatendheidswaarde, zoals beschreven in de 'SKH-Beoordelingsgrondslagxxx "luchtdichtheidsmetingen", van dd-mm-jjjj.

### Gegevens over het bedrijf die de metingen verricht:

- NAW-gegevens van het bedrijf (indien van toepassing);
- Datum van de meting;
- Naam van de verantwoordelijke meettechnicus (metingen, berekeningen en rapport);
- Datum rapport.

### Gegevens van de aanvrager:

- Naam, adres (bedrijfsnaam);
- Naam contactpersoon.

### Gegevens van het gebouw en de gemeten zones:

- Volledig adres;
- Duidelijke, nauwkeurige en eenduidige omschrijving van de effectief gemeten zone, eventueel aangevuld met een aanduiding op de bouwtekeningen;
- De plattegronden mogen vereenvoudigd zijn om gemakkelijk bij het rapport te kunnen worden toegevoegd;
- De infiltratiewaarden uit de ontwerpberekening;
- Toestand (gesloten of niet afgesloten) van de bewuste openingen in de gebouwschil;
- Positie van de afdichting van de ventilatiekanalen.

### Gegevens over de meting:

- Merk, type en positie van de meetdeur (drukapparatuur) en de meetapparaten;
- Betreffende de meetapparaten: laatste kalibratiedatum;
- Inbouwplaats meetopstelling;
- Binnen- en buitentemperaturen;
- Windsnelheid;
- Gemeten zone ( $A_g$  of  $V$ );
- Detail van de drukverschillen bij nuldebiet (natuurlijke druk/bias/baseline), gemeten vóór en na de meting, en drukverschil bij gemiddeld nuldebiet gebruikt in de berekeningen;
- Gegevens van de relaties debiet/druk bij overdruk en bij onderdruk;
- Dubbele logaritmische grafiek met de gegevens en de regressielijnen bij overdruk en bij onderdruk;
- Gemiddelde luchtlekdebiet,  $V$ , onderdruk en overdruk luchtlekdebiet,  $V$  en bijbehorende drukvermelding;
- Correlatiecoëfficiënt  $\geq 0,98$ ;
- Meetresultaten;
- De waarden van de gemeten volumestromen ( $q_v$ , in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ) bij de corresponderende drukverschillen ( $\Delta p$ , in Pa) in tabelvorm (zie bijlage B);  $q_v/10$  waarde  $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ ;
- De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ( $C$ ) volgens de druk/volumestroomkarakteristiek (zie bijlage B) en de vervolgens berekende:
  - Stroomingsexponent ( $n$ );
  - $C_{env}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt, in  $\text{dm}^3/(\text{h}\cdot\text{Pa}^n)$ ;
  - $CL$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt, in  $\text{dm}^3/(\text{h}\cdot\text{Pa}^n)$ ;
  - $n_{50}$  waarde  $1/h$  (alleen op verzoek).

**Nadere toelichting:**

De beschrijving van de gemeten zone moet duidelijk, nauwkeurig en eenduidig zijn, onder andere om achteraf de gemeten zone te kunnen (her)berekenen. Aan de hand van de andere eisen van het rapport kan worden nagegaan of de procedure werd gevolgd, zowel wat de naleving van de procedure en de berekeningsmethode van de NEN-EN 13829 als wat bij de SKH-Beoordelingsgrondslag 13-01 behorende bij NEN-EN 13829 en NEN 2686 betreft.

De  $n_{50}$  -waarde is vereist in de norm NEN-EN 13829. Deze waarde wordt regelmatig gebruikt om de metingen tussen gebouwen, met name op internationaal vlak, te vergelijken.

## **9 PROCEDURE TER VERKRIJGING VAN DE KWALITEITSVERKLARING**

### **9.1 Start**

De aanvrager van de kwaliteitsverklaring geeft aan of hij de luchtdichtheidsmetingen uitvoert overeenkomstig de in hoofdstuk 4, 5, 6, 7 en 8 genoemde specificaties. Hij verstrekt de nodige gegevens ten behoeve van het opstellen van de “kwaliteitsverklaring” met daarin vermelding van (indien van toepassing):

- Naam van het bedrijf;
- Merk en type van de apparatuur

Hij geeft aan welke uitspraken in de kwaliteitsverklaring moeten worden opgenomen en verstrekt de onderbouwing van die uitspraken.

### **9.2 Toelatingsonderzoek**

De verstrekker van de kwaliteitsverklaring onderzoekt of de aanvrager van de kwaliteitsverklaring de werkzaamheden uitvoert volgens hoofdstuk 4, 5, 6, 7 en 8. Van het toelatingsonderzoek wordt een rapportage opgesteld, op basis waarvan de toelating, al dan niet onder bepaalde voorwaarden, wordt verleend.

### **9.3 Beoordeling van het kwaliteitssysteem van de aanvrager**

De verstrekker van de kwaliteitsverklaring onderzoekt of het kwaliteitssysteem van de aanvrager in overeenstemming is met hoofdstuk 10.

### **9.4 Afgifte van de kwaliteitsverklaring**

De kwaliteitsverklaring wordt conform het reglement van de verstrekker van de kwaliteitsverklaring afgegeven wanneer het toelatingsonderzoek (9.2) en de beoordeling van het kwaliteitssysteem van de aanvrager (9.3) overeenkomstig paragraaf 10 in positieve zin zijn afgerond.

### **9.5 Externe kwaliteitszorg**

Na afgifte van de kwaliteitsverklaring wordt door de verstrekker van de kwaliteitsverklaring controle uitgeoefend zoals beschreven in hoofdstuk 12.

## **10. EISEN TE STELLEN AAN HET KWALITEITSSYSTEEM**

### **10.1 Algemeen**

In dit hoofdstuk zijn de eisen opgenomen waaraan het kwaliteitssysteem van de houder van de kwaliteitsverklaring.

De onderneming dient te staan ingeschreven bij de Kamer van Koophandel. Als bewijs daarvan dient een uittreksel van het handelsregister van de betreffende KvK overlegd te worden.

### **10.2 Verantwoordelijkheid**

De verantwoordelijkheid voor de meetmethode, het verwerkingsvoorschrift en voor de interne kwaliteitsbewaking van de metingen ligt bij de directie van de houder van de kwaliteitsverklaring. Functionarissen welke metingen uitvoeren dienen aantoonbaar deskundig te zijn.

### **10.3 Beheerder van het kwaliteitssysteem**

Binnen de organisatiestructuur moet een functionaris zijn aangewezen die belast is met het beheer/beleid van het kwaliteitssysteem. Het kwaliteitssysteem dient aantoonbaar te zijn goedgekeurd door de directie, of een gemachtigd persoon.

### **10.4 Kwaliteitssysteem**

#### **10.4.1 Beheersing van documenten.**

De schriftelijk vastgelegde procedures voor de controles moeten door daartoe bevoegde personen binnen het bedrijf vóór de uitgifte worden beoordeeld en goedgekeurd op geschiktheid en doelmatigheid. De beheersing van documenten moet bewerkstelligen, dat alleen geldige documenten bij de controles beschikbaar zijn. De documenten dienen in het Nederlands dan wel in het Engels of Duits gesteld te zijn of zodanig te zijn opgesteld dat deze toegankelijk zijn voor de certificatie-instelling.

Dit is bijvoorbeeld mogelijk door het hebben van een kwaliteitssysteem volgens ISO 9001.

### **10.5 Interne kwaliteitsbewaking**

De houder van de kwaliteitsverklaring dient een interne kwaliteitsbewaking te hanteren; hierin dienen minimaal de volgende onderdelen te zijn opgenomen en schriftelijk te zijn vastgelegd:

- een intake van de meting (algemene voorwaarden);  
Beschrijving van de werkzaamheden (offerte en overeenkomst);  
Bouwfase;  
Soort meting (NEN 2686, NEN-EN 13829 methode A of NEN-EN 13829 methode B);
- werkplekinstructies (incl. controle op het meetproces);
- controle op de meting;
- de controle op de meetapparatuur;
- klachtenregistratie;
- afhandeling van metingen met een tekortkoming;
- per project de controlechecklist Bijlage B.

### **10.6 Registratie**

Van de controles, zoals omschreven in het IKB schema dient een registratie te worden bijgehouden. Geregistreerde gegevens dienen ten minste 5 jaar te worden bewaard.

De uitvoerder van de luchtdichtheidsmetingen dient te beschikken over een passende en toegankelijke registratie van de uitgevoerde controles en deze op peil te houden om aan de hand hiervan aannemelijk te kunnen maken, dat voldaan is aan de gestelde eisen. Daar waar nodig dienen statistische technieken te worden toegepast op de onderzoeksresultaten.

Naar aanleiding van controle kan de certificatie-instelling beslissen de bewaartermijn te verkorten of te verlengen. (In geval van verkorte bewaartermijn dienen altijd de gegevens van metingen sinds de controle beschikbaar te zijn).

**10.7 Kalibratie**

Keuringsmiddelen, meetmiddelen en beproevingsapparatuur moeten worden gekalibreerd volgens paragraaf 4.3.5. Hiervan moet een registratie worden bijgehouden. Kalibratie kan intern (gekalibreerde referentie-meetmiddelen) of extern (kalibratiebedrijf) worden uitgevoerd.

**10.8 Toelevering**

Meetapparatuur door derden toegeleverd moeten aan de geldende richtlijnen voldoen. Van deze toegeleverde meetmiddelen dient een registratie te worden bijgehouden.

**10.9 Meetapparatuur**

Een uitvoerder van luchtdichtheidsmetingen, dient te beschikken over meetapparatuur overeenkomstig paragraaf 4.3.2 en 4.3.3

**10.10 Metingen en rapportages met tekortkomingen**

Luchtdichtheidsmetingen en rapportages waarvan tijdens het meetproces blijkt dat zij niet aan de eisen voldoen moeten als zodanig herkenbaar zijn. Zo nodig moeten corrigerende maatregelen worden genomen.

**10.11 Klachtenbehandeling**

De houder van de kwaliteitsverklaring dient aantoonbaar te beschikken over een klachtenregistratie en de behandeling hiervan met betrekking tot de luchtdichtheidsmetingen waarop de kwaliteitsverklaring betrekking heeft en de toepassing ervan. Per klacht dient te worden aangegeven hoe de klacht is geanalyseerd en afgehandeld en eventueel gevolgd door passende corrigerende maatregelen.

**10.12 Uitbesteding**

Uitbesteding van werkzaamheden is toegestaan, mits de uitvoerende partij zelf gecertificeerd is.



**11. MERKEN**

Elk rapport dient te worden gemerkt met het SKH-kwaliteitsmerk.

De uitvoering van het merk is als volgt:

- logo SKH-Kwaliteitsverklaring;
- een rapportnummer;
- SKH-Kwaliteitsverklaring nummer **Nummer**;
- uitvoeringsdatum.



**12 EISEN TE STELLEN AAN DE EXTERNE CONTROLE****12.1 Algemeen**

De externe kwaliteitsbewaking wordt door de certificatie-instelling vastgelegd conform het procescertificatiereglement van de certificatie-instelling.

**12.2 Toelatingsonderzoek**

Bij het toelatingsonderzoek controleert de certificatie-instelling of het betreffende bedrijf voldoet aan de gestelde eisen zoals weergegeven in deze Beoordelingsrichtlijn. Van het toelatingsonderzoek wordt een rapportage opgesteld, op basis waarvan de SKH-kwaliteitsverklaring al dan niet onder bepaalde voorwaarden wordt verleend.

**12.3 Jaarlijkse controle**

De certificatie-instelling controleert, aangekondigd, volgens onderstaande staffel of bij voortdurende aan de specificatie wordt voldaan, of de uitvoering van de luchtdichtheidsmetingen in overeenstemming is met de door de houder van de kwaliteitsverklaring vastgelegde en met de certificatie-instelling overeengekomen specificaties en of het interne kwaliteitsbewakingssysteem van de houder van de kwaliteitsverklaring aan de in hoofdstuk 10 vastgelegde eisen voldoet. Alle metingen moeten bij de certificatie-instelling worden aangemeld.

Controles door de certificatie-instelling:

< 20 projecten	2 controles
21-50 projecten	3 controles
51-100 projecten	5 controles
101-200 projecten	7 controles

De verstrekker van de kwaliteitsverklaring dient voor het inspecteren/auditen en het beoordelen functionarissen in te zetten met een opleiding, kennis en ervaring overeenkomstig onderstaande tabel:

<b>Certificatiepersoneel</b>	<b>Opleiding</b>	<b>Kennis en Ervaring</b>
Beoordelaar	HBO-niveau	Uitvoering van luchtdichtheidsmetingen o.g.
Auditor	MBO-niveau	Uitvoering van luchtdichtheidsmetingen o.g.
Beslisser	HBO-niveau	Managementervaring og Certificatie og Accreditatiecriteria og

**13 REFERENTIES**

H.J. Bos, Thermodicht (auteur en initiatiefnemer)  
R. Bluemink, Adviesbureau Bluemink  
W. Borsboom, Tightvent Europe – NL  
F. Dam, Buildingdoctor.eu  
R. v. Galen, SKH  
R. Geerligs, SBRCURnet  
E. Giesen, Invent Advies  
W. de Groot, SHR  
P. Kuindersma, Nieman Raadgevende Ingenieurs BV  
H. Nieman, Nieman Raadgevende Ingenieurs BV  
M. Nooijen, Raak Energie advies  
P. Simons, BlowerDoor Duitsland  
M. Steps, Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV  
E. Taelman, SaniDetectif België

**14 DOCUMENTENLIJST**

NEN 2686:1988+A2:2008 NEN-EN 13829:2000	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode Thermische prestaties van gebouwen. Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen - Overdrukmethode
BRL 0905-1	Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO® attest of KOMO® attest-met-productcertificaat voor bouwsystemen voor energiezuinige woningen, woninguitbreidingen en/of woongebouwen
SKH-publicatie 13-01	SKH-publicatie luchtdichtheidsmetingen

**BIJLAGE A CONTROLELIJST (NIET) TE SLUITEN OPENINGEN EN UIT TE SCHAKELEN TOESTELLEN****BIJLAGE A ( in te vullen dgV toets F 11)**

Project: [REDACTED]

UitvoeringsDatum: [REDACTED]

'afdichten/afplakken' betekent: hermetisch afsluiten met alle mogelijke geschikte middelen (tape, ballonnen, enz.);  
'sluiten' betekent: het gebruik van de op de betrokken opening aanwezige sluitingsinrichting zonder de luchtdichtheid van de opening in gesloten toestand te verhogen. Niet afdichten!

Buitendeuren	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Tourniquet	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Ramen	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Binnendeuren (inclusief meterkast, bergruimte, enz.)	Open	<input type="checkbox"/>
Mechanische ventilatie openingen (WTW)	Afkoppelen en afdichten bij doorvoer door schil	<input type="checkbox"/>
Zolder buiten luchtdichte zone	Luik sluiten	<input type="checkbox"/>
Zolder binnen luchtdichte zone	Luik open	<input type="checkbox"/>
Kelderdeur binnen thermische schil	Open	<input type="checkbox"/>
Knieschot	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Kelderdeur buiten thermische schil	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Open haard, hout- en kolenkachel, inbouwhaard (en andere)	Klep dicht, indien mogelijk (as verwijderen) <sup>(1)</sup>	<input type="checkbox"/>
Open haard luchttoevoer	Afdichten van het kanaal	<input type="checkbox"/>
Vuurhaarden in verwarmde kamers ( op gas enz.)	Uitschakelen	<input type="checkbox"/>
Hout en kolenkachels, inbouwhaard (en andere) niet horende tot het volume	Uitschakelen	<input type="checkbox"/>
Luchttoevoer branders (gas), vuurplaatsen in verwarmde kamers	Uitschakelen	<input type="checkbox"/>
Kleppen, deuren, luiken tot onverwarmde ruimtes (niet behorend tot de te meten zones)	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Sleutelgaten	Open	<input type="checkbox"/>
Brandkleppen in luchtdichte scheiding	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Afzuigkap afvoer	Afplakken <sup>(2)</sup>	<input type="checkbox"/>
Warmtepomp (voor ventilatiesysteem)	Afkoppelen	<input type="checkbox"/>
Ventilatioeroosters ramen en dakramen	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Brievenbussen/kattenluik	Sluiten/vergrendelen <sup>(3)</sup>	<input type="checkbox"/>
Wasdroger in verwarmde plaats met afvoer naar buiten.	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Wasschacht naar onverwarmde ruimten	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Centrale stofzuiginstallatie	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Openingen van rolluiklint	Open	<input type="checkbox"/>
Open (CV-)Installaties in verwarmde ruimten	Uitschakelen	<input type="checkbox"/>
Ontbrekend raam/deurkruk	Afdichten	<input type="checkbox"/>
In verwarmde ruimten verplichte beluchtingopening voor de schoorsteen	Open	<input type="checkbox"/>
Liftschacht kanalen	Afvoer afdichten <sup>(2)</sup>	<input type="checkbox"/>
Ramen in onverwarmde ruimten	Sluiten	<input type="checkbox"/>
Afvalwater, afvoerbuizen	Ge vulde sifon = dicht	<input type="checkbox"/>
Open verbrandingstoestellen	Uitschakelen.	<input type="checkbox"/>
Opmerkingen/afwijkingen		<input type="checkbox"/>

(1) Indien het open verbrandingstoestel geen onderdeel is van de bouwvergunning (en dus ook energieberekening), wordt de opening aanvullend afgeplakt;

(2) Er is vanwege uniformiteit gekozen voor afplakken, eventueel kan hiervan worden afgeweken mits goed onderbouwd.

(3) In verband met het op overdruk meten van het gebouw wordt de klep vergrendeld. Indien niet van toepassing kan vakje open blijven !

## BIJLAGE B CHECKLIST (INFORMATIEF)

Checklist luchtdichtheidsmetingen			
Gegevens meetbedrijf		Gegevens opdrachtgever	
Naam:		Naam:	
Adres:			
Postcode:			
Plaats:			
Gegevens gebouw		Gegevens energie prestatieberekening	
Adres:		gebruiksoppervlak $A_g$ :	$m^2$
		$V_{netto}$ (netto-volume) (indien van toepassing)	$m^3$
		$q_{v,10}$ /eis	$dm^3/s.m^2$
		$n_{50}$ /eis	$h^{-1}$
Gegevens meting		Gegevens energie prestatieberekening	
Datum meting:		Gebruiksoppervlak $A_g$ :	$m^2$
Tijd:		$V_{netto}$ (netto-volume)	$m^3$
Meettechnicus:		$q_{v,10}$	$dm^3/s.m^2$
Type meting:	Type A/type B		
		Uitkomsten meting tbv NEN 2686	
		$V_{10,press}$	$m^3/h$
		$V_{10,depress}$	$m^3/h$
		$V_{10}=(V_{10,press}+V_{10,depress})/2=$	$m^3/h$
		$q_{v,10,kar}=V_{10}/3,6=$	$dm^3/s$
Toestand bewuste openingen in de gebouwschil:		$q_{v,10}^*=(q_{v,10,kar}/V_{netto}).500$	$dm^3/s$
Open/gesloten		$q_{v,10,per\ m^2}^{**}=q_{v,10}/A_g$	$dm^3/s.m^2$
Positie van de afdichting van de ventilatiekanalen:		* tbv controle bouwbes;uit: $q_{v,10} \leq 200 dm^3/s$	
tpv aanzuiging in gebouw/ tpv afvoer door de schil		$\leq 500 m^3$ geldt: $q_{v,10}=q_{v,10,kar}$	
Type meetdeur:		** tbv Energie Prestatieberekening	
Laatste kalibratie		...	
Positie van de afdichting van de ventilatiekanalen:		Uitkomsten meting tbv NEN-EN 13829:2001 (optioneel)	
Tpv aanzuiging in gebouw/ tpv afvoer door de schil		$V_{50,press}$	$m^3/h$
Type meetdeur:		$V_{50,depress}$	$m^3/h$
Laatste kalibratie		$V_{50}=(V_{50,press}+V_{50,depress})/2=$	$m^3/h$
Instelling:		$n_{50}=V_{50}/V_{netto}$	$h^{-1}$
Plaats meetdeur:		* tbv controle Passief Bouwen: $n_{50} \leq 0,6h^{-1}$	
Foto meetdeur:		Ja/nee	
Type deur:		meting	
		press	depress
		[Pa]	[ $m^3/h$ ]
		[ $m^3/h$ ]	[ $m^3/h$ ]
		(25)*	
Binnentemperatuur		$^{\circ}C$	35
Buitentemperatuur		$^{\circ}C$	45
windsnelheid		m/s	55
Natuurlijke press en depress			65
Voor de meting:		Pa	75
Na de meting:		Pa	85
Gebruikt in de meting:		Pa	*niet benodigd voor gebouwen met een groot volume
Barometerdruk:		Pa	
Bereikte druk $\geq 85Pa$		Ja/nee	
Correlatiecoefficient $\geq 0,98$		Ja/nee	
Foto meetopstelling		Ja/nee	
Foto afdichtingen		Ja/nee	

Aangegeven gemeten zone:

Aangeven afgedichte kanalen:

De '**SKH-Beoordelingsgrondslag xxx**' beschrijft de meetmethode voor het meten van de luchtdoorlatendheid van gebouwen met meerdere mogelijke varianten, en legt de eisen vast die moeten worden nageleefd. Dit in aanvulling op de regelgevende teksten omschreven in de Nederlandse norm NEN 2686 'Luchtdoorlatendheid van de gebouwschil' en de Europese norm NEN-EN 13829 'Luchtdichtheidsmeting van gebouwen'. In deze '**SKH-Beoordelingsgrondslag xxx**' zijn de preciseringen vastgelegd voor de uitvoering van luchtdichtheidsmetingen in het kader van controle op de regelgeving.



**SKH**

Bezoekadres:

'Het Cambium', Nieuwe Kanaal 9c, 6709 PA Wageningen

Postadres:

Postbus 159, 6700 AD Wageningen

Telefoon: (0317) 45 34 25 E-mail: mail@skh.org

Fax: (0317) 41 26 10 Website: http://www.skh.org

# SKH-KWALITEITSVERKLARING

## LUCHTDICHTHEIDSMETINGEN

---

SKH  
verklaart hierbij dat de door

«Naambedrijf»

«adres»

«postcode» «plaats»

uitgevoerde luchtdichtheidsmetingen voldoen aan de in  
SKH-beoordelingsgrondslag **Nummer** opgenomen procesprestaties.

SKH evalueert het Interne Kwaliteitsbewakingssysteem van de producent

---

Deze SKH-Kwaliteitsverklaring is van kracht per «Datumingang» en  
wordt alleen ingetrokken als blijkt dat niet meer wordt voldaan aan de  
voorwaarden vastgelegd in SKH-beoordelingsgrondslag XXX  
d.d. **XXX**

Geldigheid is te controleren op <http://www.skh.org>.

---

Voor SKH:

Directeur

Drs. H.J.O. van Doorn

---

Nummer

Datum

SKH-«nummcertificaat»

«datum»

---

Deze SKH-Kwaliteitsverklaring blijft eigendom van SKH

