



# **RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document historie tot publicatie in concept:

Revisie	Datum	Opmerking
1.06	14-11-2013	Verwerkt in sjabloon en commentaar verwerkt
1.07	21-11-2013	Commentaar na bijeenkomst 6 verwerkt
1.08	20-02-2014	Vorbereiding voor bijeenkomst 7
1.09	28-02-2014	Commentaar na bijeenkomst 7 verwerkt
1.10	23-04-2014	Doorwerking en redactie van commentaar
1.11	01-05-2014	Afronden concept
1.12	13-05-2014	Afronden concept v2
1.13	19-06-2014	Afronden concept v3
1.14	26-06-2014	Commentaar na bijeenkomst 8 verwerkt
1.15	17-09-2014	Bijlage bijwerken
1.16	01-10-2014	Bijlage bijwerken v2
1.17	20-10-2014	Afronding concept
1.18	27-10-2014	Grammatica en spelling controle
1.19	30-11-2014	Afronding concept
1.20	05-02-2015	Afronding concept v2
1.21	10-06-2015	Definitieve concept versie



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID  
VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE  
OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 2 van 33

## Inhoudsopgave

A.	Inleiding .....	4
B.	Toepassingsgebied .....	5
C.	Definities en begrippen .....	6
D.	Symbolen .....	9
E.	Inhoudelijke opzet van de klassen .....	10
E.1	Bedrijfssituatie .....	10
E.2	Classificatienummer .....	10
E.3	Aanduiding .....	13
F.	Werkwijze testen .....	14
F.1	Scope - testplan .....	14
F.2	Luchtdoorlatendheidstest .....	14
F.2.1	Testmoment .....	15
F.2.2	Test methodieken & apparatuur .....	16
F.2.3	Meetonzekerheid .....	17
F.2.4	Rapportage .....	17
F.3	Optionele testen .....	17
F.3.1	Stress test .....	17
F.3.2	Lekkage detecteren .....	17
F.3.3	Lekkage deuren .....	18
F.3.4	Meten van componenten en systemen .....	18
G.	Normatieve verwijzingen .....	19
Bijlage 1.	Theoretisch kader .....	20
Bijlage 2.	Toepassing richtlijn .....	22
Bijlage 3.	Voorbeeld .....	26
Bijlage 4.	Interpretatie van data .....	30

**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 3 van 33

Dit document is gepubliceerd door VCCN (Vereniging Contamination Control Nederland) ter bevordering van kennis op het gebied van contamination control. Deze richtlijn is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid opgesteld door een groep van deskundigen volgens de geldende VCCN procedure. Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. VCCN en/of de leden van de projectgroepen en commissies aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door VCCN gepubliceerde uitgaven. Dit document mag alleen voor eigen gebruik of gebruik binnen de eigen organisatie worden vermenigvuldigd en verspreid. Vergewis u ervan dat u de meest recente versie van dit document hebt. Raadpleeg hiervoor [www.VCCN.nl](http://www.VCCN.nl). VCCN acht zich na het verschijnen van een nieuwe versie van een richtlijn niet verantwoordelijk voor verouderde versies.

Samenstelling van VCCN projectgroep 15 per 20-10-2014:

- Allard Snel; Unica Installatietechniek, assistent projectleider
- ing. André van Tongeren BBA; Aero-Dynamiek B.V., Operationeel Manager, Bestuurslid VCCN
- Bert Jansen; Bert Jansen Consultancy, manager
- Edwin den Hartog; Kalibra International, manager validatie
- ir. Frans Lenting; RHDHV, Senior Project Manager, Specialist Health Care
- ir. Frans Saurwalt; Kropman Contamination Control, technisch manager, Voorzitter ICCCS, expert in ISO TC209 WG3 (14644-3) en secretaris CEN TC156 WG18 Ventilation in hospitals
- Joost van Rooij; Cleanroom Systems International B.V., DGA
- Kees Maurik; Valstar Simonis, adviseur
- Marcel Schoppers; Metaflex Doors, commercieel technisch adviseur
- Marco Vink; Tebodin Netherlands, specialist gebouwinstallaties
- Michiel van Kooten MBA; Cleanroom Combination Group bv, Technisch directeur
- ing. Paul Joosten MBA; Kuijpers, manager controlled environments, voorzitter PG-15
- ing. Patrick Doldersum; DTA-engineering, Lead-engineer WTB
- Peter van Halteren; Aero-Dynamiek, operationeel manager, vicevoorzitter PG-15
- EUR ING Peter Vleugel; Vleugel Engineering, Validation Engineer / Project Leader
- ir.-arch. Rik van der Velden; ArchiPlex, senior architect
- ir. Robert Kuntz MSc; Deerns Nederland bv, Adviseur
- Ronald Voortman; Floricura, algemeen manager



## A. Inleiding

Dit document beschrijft de classificatie voor luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen en de methodiek voor het testen hiervan. Deze classificatie biedt een indeling voor de luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen.

Deze richtlijn schrijft geen componenten of uitvoeringsvormen voor, maar dient om luchtdoorlatendheid vast te stellen en objectief te toetsen (zowel tijdens het ontwerp als na realisatie). Het gebruiken van deze richtlijn vraagt deskundigheid ten aanzien van het onderwerp. De richtlijn schrijft niet voor welke classificatie geschikt is voor welke situatie.

De aanleiding voor het ontwikkelen van deze richtlijn is het ontbreken van een passende en geaccepteerde methode om de prestatie ten aanzien van luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen vast te leggen en te beoordelen.

Het doel van deze methodiek is om op een eenvoudige en betrouwbare wijze de mate van luchtdoorlatendheid te bepalen en te beoordelen met een classificatie en meetmethode.

De doelstelling bij deze richtlijn is duidelijkheid scheppen voor:

- de gebruiker;
- de ontwerper;
- de bouwer;
- het meetbedrijf (validatie);
- de leverancier.

In de richtlijn wordt met nadruk gekozen voor het benoemen van luchtlekkage als eigenschap van de ruimteschil in onderscheid met luchttechnische voorzieningen daarin – zoals nodig – om de beoogde functionaliteit te realiseren. Daarom wordt het begrip *gecontroleerde luchtlekkage* niet meer gebruikt maar vervangen door *gecontroleerde luchtstroom* door een *luchtdoorvoer*.



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 5 van 33

## **B. Toepassingsgebied**

De luchtdoorlatendheid van de schil is een eigenschap van de constructie en dient beoordeeld te worden in een “constructief gereed” situatie. De richtlijn richt zich daarom niet op de bekende bedrijfssituaties “As built”, “At rest” en “In operation”<sup>1</sup>, omdat hierbij de installaties in bedrijf zijn.

De richtlijn is ontwikkeld voor het vaststellen en/of definiëren van de luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen. De installaties (bijvoorbeeld luchtkanalen) zijn niet inbegrepen. Doorvoeringen of aansluitingen van de installaties die invloed hebben op de luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen zijn wel meegenomen.

Hiermee is deze methode toepasbaar voor alle typen schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen. Te denken valt aan: schone-ruimten; ingeperkte ruimten; isolatiekamers; operatie kamers; laboratoria; etcetera

De richtlijn richt zich op luchtdoorlatendheid en daarmee op luchtdichtheid. Luchtdichtheid is niet gelijk aan gasdichtheid. De gasdichtheid stelt stringenter eisen en betreft meer aspecten bij de beoordeling.

---

<sup>1</sup> Zie NEN-EN-ISO-14644-1



## C. Definities en begrippen

### 1. Constructief gereed

De situatie waarbij de ruimteschil van een ruimte gereed is incl. alle definitieve doorvoeringen en afwerking. De luchtbehandeling en overige installaties zijn tijdens testen van constructief gereed niet operationeel.

NB. Het is mogelijk om in een later stadium de “constructief gereed” situatie na te bootsen door terug te keren naar de uitgangspunten. Hierbij zijn onder andere de luchtbehandeling en overige installaties uitgeschakeld.

### 2. Druk

De kracht die per oppervlakte-eenheid uitgeoefend wordt, uitgedrukt in Pa.

### 3. Drukbereik

Het gebied tussen een onder- en bovengrens van het drukverschil (absolute waarde).

Is een van de drie parameters die behoren bij het definiëren van de lekkklasse.

### 4. Drukverschil

Het verschil tussen twee drukken.

### 5. Druk/volumestroomkarakteristiek

Grafische voorstelling van het wiskundig verband tussen de luchtvolumestroom door de omhulling van een gebouw of een gedeelte daarvan en het luchtdrukverschil over de omhulling.  
(NEN 2686)

### 6. Gebouwschil

Omhulling van het gebouw met betrekking tot de luchtdoorlatendheid.  
(NEN 2686)

### 7. Gecontroleerde luchtstroming

Een doelbewuste luchtstroom van de ene naar de andere ruimte, die gerealiseerd wordt door middel van een luchtdoorvoer.

NB. Gecontroleerde luchtstroming werd ook wel een gecontroleerd luchtlekage genoemd. Luchtlekage is in dit verband een ongeschikte term omdat de term *lekage* een ongewenste luchtstroom impliceert terwijl in dit verband een gewenste en gecontroleerde luchtstroming wordt bedoeld.

### 8. Lekdichtheid

Zie luchtdichtheid.



## 9. Lekfactor

Factor die een getal geeft voor de mate van luchtdoorlatendheid van een bouwkundige constructie.

De lekfactor is een samenvoeging van het netto doorstroomoppervlak en de soortelijke massa.

## 10. Leklucht

Zie ongecontroleerde luchtstroom.

## 11. Luchtdichtheid

In het kader van deze richtlijn: de mate van beperking van de ongecontroleerde luchtstroom door de ruimteschil.

## 12. Luchtdichtingsvlak

De lijn in plattegronden, doorsneden en details die aanwijst op welk punt van de bouwkundige scheiding de benodigde luchtdichting moet worden gerealiseerd.

## 13. Luchtdoorlatendheid

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

1. De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt (C) wordt uitgedrukt als quotiënt van de luchtvolumestroom ( $l/s$ ) en het drukverschil (Pa) tot de macht n, over de omhulling, in  $l/(s \cdot Pa^{1/n})$ .
2. In deze richtlijn bestaat het te beschouwen object uit de schil van een ruimte of een gedeelte daarvan.
3. De begrippen "luchtdoorlatendheid" en "luchtdichtheid" worden in de praktijk vaak door elkaar en in plaats van elkaar gebruikt, terwijl het eigenlijk tegengestelde begrippen zijn.

(NEN 2686)

NB. Luchtdoorlatendheid richt zich alleen op het ongecontroleerde deel van de luchtstroom over de ruimteschil.

## 14. Luchtdoorvoer

Voorziening ten behoeve van een gecontroleerde luchtstroom.

NB. Luchtdoorvoer is geen onderdeel van luchtdoorlatendheid.

## 15. Luchtlekkage

Zie ongecontroleerde luchtstroom.

## 16. Luchtstroming

Verplaatsing van een hoeveelheid lucht van de ene plaats naar de andere plaats.

Luchtstroming over een ruimteschil kan bestaan uit ongecontroleerde en gecontroleerde luchtstroming.



### **17. Mechanical complete**

Zie constructief gereed.

### **18. Ongecontroleerde luchtstroming**

Luchtstroming als gevolg van de luchtdoorlatendheid van een ruimteschil onder invloed van drukverschil.

NB. Ongecontroleerde luchtstroming wordt ook luchtlekkage of leklucht genoemd.

### **19. $Q_v X$**

De luchtvolumestroom afgeleid uit de druk/volumestroomkarakteristiek bij een bepaald drukverschil ( $X = \Delta P$  [Pa]).

Opmerking:

- De luchtvolumestroom wordt uitgedrukt in l/s. (NEN 2686)

### **20. Ruimte**

Een ruimte kan bestaan uit één of meerdere vertrekken.

### **21. Ruimteschil**

Omhulling van een ruimte met betrekking tot de luchtdoorlatendheid.

### **22. Statische luchtdruk**

De druk die uitgeoefend wordt door de stilstaande (statische) lucht in de ruimte. Deze druk werkt in alle richtingen. In kader van deze richtlijn wordt verondersteld dat deze binnen de ruimteschil in de hele ruimte constant is.

Statische druk is de druk in een ruimte, gemeten ten opzichte van de atmosferische druk.

### **23. Vertrek**

Is een (tot een bouwwerk behorend) gebied dat is begrensd door een vloer, wanden en een plafond inclusief alle aanwezige onderdelen (zoals ramen, deuren, roosters, etc).

### **24. Werkdruk**

Eis ten aanzien van de statische luchtdruk in een ruimte.





**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 9 van 33

## D. Symbolen

Tabel 1, Overzicht symbolen

Symbol	Grootheid	Eenheid
$A_{\text{netto}}$	netto doorstroomoppervlak	$m^2$
$A_p$	oppervlakte plafond	$m^2$
$A_r$	schiloppervlak van de ruimte	$m^2$
$A_v$	oppervlakte vloer	$m^2$
$A_w$	oppervlakte wanden	$m^2$
$C$	Luchtdoorlatendheidscoëfficiënt	$l/(s \cdot Pa^{1/n})$
$d$	diameter van het object	$m^1$
$f$	lekfactor (dimensieloos)	
$n$	stroming exponent een dimensieloze grootheid waarvan de waarde wordt bepaald door de aard van de stroming door de weerstand.	-
$P$	druk	Pa
$\Delta P$	drukverschil	Pa
$Q_v$	volumestroom	$m^3/s$
$Q_v X$	luchtvolumestroom	l/s
$Q_{v_l}$	luchtlekkage uitgedrukt in hoeveelheid per m2	$l/s m^2$
$Re$	reynolds getal (dimensieloos)	
$v$	(lucht)snelheid	m/s
$\eta (\mu )$	(dynamische) viscositeit	Pa·s
$\rho$	soortelijke massa	$kg/m^3$



## E. Inhoudelijke opzet van de klassen

Dit hoofdstuk beschrijft de methode van classificatie voor luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen.

### E.1 Bedrijfssituatie

De classificatie voor luchtdoorlatendheid van de schil van schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen geldt bij de bedrijfssituatie constructief gereed.

### E.2 Classificatienummer

De richtlijn classificeert de maxima aan hoeveelheid lucht lekkage per m<sup>2</sup> schiloppervlak.

De classificatie is ingedeeld op basis van lekclassen zoals gegeven in Tabel 2. Met een lekklasse wordt een maximale lekfactor gegeven, door middel van een berekening leidt deze lekfactor tot een maximaal toelaatbare hoeveelheid leklucht per m<sup>2</sup> schiloppervlak bij een gegeven drukverschil.

Uitgedrukt in onderstaande formule:

$$Qv_l = f \Delta P^{0,65}$$

Waarin:

$Qv_l$	=	luchtlekkage uitgedrukt in hoeveelheid per m <sup>2</sup>	[l/s m <sup>2</sup> ]
f	=	lekfactor	
$\Delta P$	=	drukverschil	[Pa]

Tabel 2, Overzicht klassen van luchtdoorlatendheid

Lekklasse	Lekfactor [f]	Grenswaarde
L00	0,243000	$Qv_l = 0,243000 \Delta P_s^{0,65}$
L0	0,081000	$Qv_l = 0,081000 \Delta P_s^{0,65}$
L1	0,027000	$Qv_l = 0,027000 \Delta P_s^{0,65}$
L2	0,009000	$Qv_l = 0,009000 \Delta P_s^{0,65}$
L3	0,003000	$Qv_l = 0,003000 \Delta P_s^{0,65}$
L4	0,001000	$Qv_l = 0,001000 \Delta P_s^{0,65}$
L5	0,000333	$Qv_l = 0,000333 \Delta P_s^{0,65}$



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 11 van 33

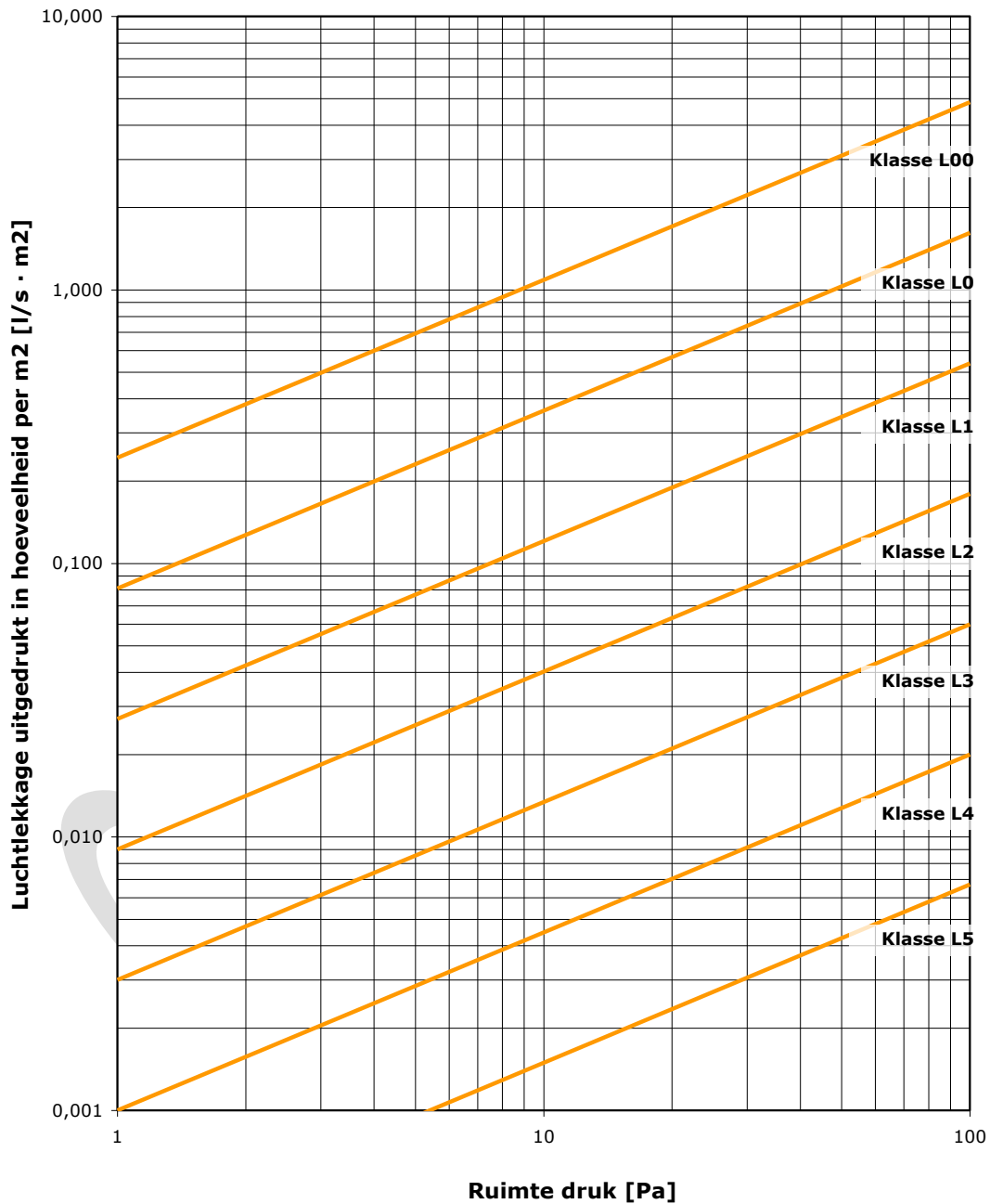
Tabel 3 geeft inzicht in het verband tussen lekclassen en maximaal toelaatbare hoeveelheid leklucht per m<sup>2</sup> schiloppervlak bij diverse drukverschillen.

**Tabel 3, Maximale hoeveelheid luchtlekkage per klasse in l/s\*m<sup>2</sup> bij verschillende drukverschillen in Pa**

Lekklasse	10 Pa	50 Pa	100 Pa	200 Pa	400 Pa	1000 Pa
L00	1,0854	3,0898	4,8485	7,6081	11,9384	21,6574
L0	0,3618	1,0299	1,6162	2,5360	3,9795	7,2191
L1	0,1206	0,3433	0,5387	0,8453	1,3265	2,4064
L2	0,0402	0,1144	0,1796	0,2818	0,4422	0,8021
L3	0,0134	0,0381	0,0599	0,0939	0,1474	0,2674
L4	0,0045	0,0127	0,0200	0,0313	0,0491	0,0891
L5	0,0015	0,0042	0,0067	0,0104	0,0164	0,0297

De genoemde criteria zijn maximale grenswaardes voor de hoeveelheid leklucht, binnen de luchtdichtingsvlakken van een ruimte.

### Luchtdoorlatendheid grafiek



**Figuur 1, Maximale luchtlekkage per klasse**  
*deze grafiek laat het drukbereik zien van 1 Pa tot 100 Pa*



### **E.3 Aanduiding**

De lekklasse wordt aangeduid met de volgende parameters:

1. Het lekklassegetal,
2. Het drukbereik waarvoor de lekklasse geldt,
3. Aanduiding van overdruk en/of onderdruk situatie.

*Voorbeeld van aanduiding:*

Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, Overdruk

CONCEPT



## F. Werkwijze testen

### F.1 Scope - testplan

Als een ruimte beproefd moet worden om de luchtdoorlatendheid van de schil vast te stellen, dan dient dit specifiek overeen gekomen te worden.

Indien dit overeen gekomen is, dient een testplan opgesteld te worden. In een testplan dient vastgelegd te worden wat en hoe gemeten wordt:

- De te meten ruimten, en
- Indien gedefinieerd:
  1. Het lekklassegetal,
  2. Het drukbereik waarvoor de lekklasse geldt,
  3. Aanduiding van overdruk en/of onderdruk situatie.

Indien vooraf gedefinieerd, kan met de uitkomst worden getoetst of de vereiste klasse is behaald.

Om een ruimte te classificeren, is een volledige luchtdoorlatendheidtest vereist, uitgevoerd op het moment van "constructief gereed".

Beproeving door middel van optionele testen (zie F.3) vindt plaats, indien dit is overeengekomen.

### F.2 Luchtdoorlatendheidtest

Met de luchtdoorlatendheidtest wordt de integriteit van de gehele schil van een ruimte getest. Zodoende is het nodig om deze ook als geheel te testen; dus inclusief de deuren. Hiervoor dienen aanvullende voorzieningen te zijn opgenomen in het ontwerp.

De testprocedure en meting uitvoeren per ruimte conform NEN-EN 13829.

In aanvulling op de NEN-EN 13829 geldt:

- Het hoogste gemeten testdrukverschil dient boven de werkdruk te liggen.
- Het testdrukverschil dient lager te zijn dan het uiterst toelaatbare drukverschil van de ruimteschil (b.v. zwevende plafondpanelen).
- Meetapparatuur gebruiken met een meetbereik dat geschikt is voor de gewenste meting, met een geldig kalibratie certificaat.
- Deuren dienen gesloten te zijn tijdens de meting, tenzij meerdere vertrekken als één ruimte worden beschouwd.
- Het is de verantwoordelijkheid van de meettechnicus om na te gaan of de ruimte gereed is voor de meting.



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 15 van 33

De resultaten uit de metingen worden geconverteerd om de luchtstroom coëfficiënt, C en de luchtstroom exponent, n te bepalen. Als voor zowel het positieve als het negatieve drukverschil wordt gemeten, dan worden de resultaten afzonderlijk geconverteerd.

Dit gebeurt volgens een vergelijking met een kleinste kwadraten methode. Hieruit volgt een druk/volumestroomkarakteristiek voor het positieve en/of het negatieve drukverschil.

Na de meting conform NEN-EN 13829 te hebben uitgevoerd, kan vanuit de verkregen druk/volumestroomkarakteristiek de luchtdoorlatendheid worden bepaald. De druk/volumestroomkarakteristiek dient weergegeven te worden in één grafiek met alle lekklassen.

De meetresultaten kunnen op twee wijzen worden beoordeeld:

- Indien vooraf gedefinieerd, kan met de uitkomst worden getoetst of de vereiste lekkklasse is behaald,
- Indien niet vooraf gedefinieerd, kan worden vastgesteld welke lekkklasse minimaal wordt behaald.

Voor een voorbeeld zie Bijlage 3.

### **F.2.1 Testmoment**

Minimaal één volledige meting per in het testplan omschreven ruimte(n) uitvoeren op het moment van "constructief gereed".

#### *Aanbevelingen:*

- Een "casco-test" uitvoeren om problemen vroeg in de bouw te constateren. Met deze casco test kan tijdig worden ingegrepen, zodat kan worden bepaald of de tot dan gerealiseerde constructie van voldoende niveau is om het beoogde eindresultaat te behalen.
- Indien in enige of ruime mate repetitie van dezelfde ruimte voorkomt in een project, is aan te bevelen een volledige mock-up te realiseren en deze vooruitlopend op de realisatie van de definitieve ruimten te testen. De resultaten hiervan kunnen aandachtspunten opleveren voor de afwerking van de definitieve ruimten.

Aandachtspunten voor de ruimteschil tijdens de test:

Luchtdoorlatendheid dient bepaald te worden met alle definitieve doorvoeringen en afwerking aanwezig (kanalen, leidingen, kabelgoten, etcetera). Installaties en te openen bouwdelen die zorgen voor een open verbinding met de omgeving (bijvoorbeeld luchtkanalen) verstoren de meting en dienen dicht te zijn:

- Sluit alle openingen af welke in de gebruikssituatie ook afsluitbaar zijn (doorgeefkast, ramen, sifons, enz.). De spleten die hier bij horen zijn onderdeel van de ruimte en dienen meegenomen te worden in de meting; deze niet afdichten.
- Schakel het ventilatiesysteem uit, door de ventilatoren uit te schakelen en het kanalenwerk voor de betreffende ruimte hermetisch af te sluiten.
- In het geval van luchtroosters dient alleen het inblaas- afzuigoppervlak te worden afgeplakt.  
NB.: Niet de aansluitingen van het component met de ruimteschil

**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 16 van 33

- Wanneer installaties worden gebruikt om de ruimte af te sluiten voor de meting dient gecontroleerd te worden of deze afsluiting ook daadwerkelijk dicht is, bijvoorbeeld brandkleppen zijn niet altijd 100% luchtdicht.

**F.2.2 Test methodieken & apparatuur**

Er zijn diverse wijzen van meten. Als je vooraf bedenkt dat luchtdoorlatendheid van belang is, bepaal dan ook vooraf hoe te meten en welke meetapparatuur hier het beste bij past.

De NEN-EN 13829 omschrijft de instrumenten die benodigd zijn voor een deugdelijke meting.

*Aanbeveling:*

Van deze instrumenten is de barometer in onze ogen optioneel. Pas bij grote hoogteverschillen (> 200 m) wordt de atmosferische druk een factor van betekenis.

**Manometer**

Onderdeel	Minimale vereisten
Meetbereik	Niet van toepassing
Resolutie	0,5Pa (<50 Pa) 1,0Pa (≥50Pa)
Maximale toegestane afwijking	> 2Pa of 5% van de meetwaarde

**Temperatuurmeter**

Onderdeel	Minimale vereisten
Meetbereik	Niet van toepassing
Resolutie	0,1K
Maximale toegestane afwijking	0,2K

**Volumestroommeter**

Onderdeel	Minimale vereisten
Meetbereik	Niet van toepassing
Resolutie	0,001 m <sup>3</sup> /s
Maximale toegestane afwijking	±3% <15 m <sup>3</sup> /h (<4,167 l/s) ±4% 15-50 m <sup>3</sup> /h (4,167-13,89 l/s) ±5% > 50 m <sup>3</sup> /h (>13,89 l/s)

Gebruikelijke manieren om een ruimte te testen zijn:

- Blowerdoor,
- Meten via een overstort rooster/voorziening,
- Meetvoorziening in luchtbehandelingsinstallatie.





## RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 17 van 33

Aandachtspunt blowerdoor:

Aangezien deuren vaak een grote invloed hebben op de luchtdoorlatendheid van een ruimte is het van belang om in ogenschouw te nemen dat bij het testen door middel van een blowerdoor één deur niet wordt meegenomen in de meting. De plaats van de blowerdoor moet opgenomen worden in de rapportage (bijvoorbeeld door een foto).

### F.2.3 Meetonzekerheid

De totale onzekerheid van een test conform de NEN-EN 13829 wordt bepaald door de afgeleide grootheden die volgens de norm kunnen worden berekend met behulp van foutenpropagatie berekening. Deze berekening moet de onzekerheden bevatten van alle voor het eindresultaat gebruikte hoeveelheden.

De totale meetonzekerheid wordt bepaald door de drie factoren: instrument, tester en omstandigheden. De NEN-EN 13829 geeft behoorlijke onzekerheden aan voor winderige omstandigheden. Deze norm gaat uit van ruimten die grenzen aan de buitenlucht of daar anderszins last van hebben. Wanneer schone ruimten of gelijksoortige gecontroleerde omgevingen worden gebouwd volgens het doos-in-doos principe zal de totale onzekerheid lager zijn.

### F.2.4 Rapportage

Inhoudelijk dient een rapportage minimaal te voldoen aan de eisen zoals gesteld in NEN-EN 13829.

Aandachtspunten voor de rapportage zijn:

- Het meetrapport moet een duidelijke status van de ruimte geven (constructief gereed);
- Noteer alle tijdelijke dichtingen duidelijk in de rapportage.

## F.3 Optionele testen

### F.3.1 Stress test

Het is mogelijk om een stress test uit te voeren. Hierbij wordt de ruimte kortstondig getest op een hogere ruimtedruk dan de werkdruk. Op deze manier kan gecontroleerd worden of de constructie en doorvoeringen voldoende sterk zijn. Hierbij dient de testdruk een veilige waarde te zijn ten opzichte van de luchtdichtheidsintegriteit van de constructie (niet-destructief testen).

### F.3.2 Lekkage detecteren

De luchtdoorlatendheidtest richt zich op de kwantitatieve test van luchtdoorlatendheid. Door middel van het detecteren van lekkages wordt een kwalitatieve test van luchtdoorlatendheid verkregen. Zo'n test richt zich op het visualiseren van het daadwerkelijke lek. Ook kan worden gekeken of de aanwezige lekkages zich wellicht op cruciale posities bevinden.

De plaatsen van ongecontroleerde luchtstroom kunnen o.a. worden bepaald met behulp van rookbuisjes, infraroodapparatuur of, in kritische gevallen, een deeltjesgenerator (bijvoorbeeld containment leak test zoals gegeven in (NEN-EN-ISO 14644-3).

*Aanbeveling:*

Zeker bij testen in casco-situatie en mock-uptest is extra aandacht voor lekdetectie aan te raden.



### **F.3.3 Lekkage deuren**

Omdat de deuren een dynamische functie hebben in een statische ruimteschil, kan het wenselijk zijn de invloed van de deuren te bepalen. Dit kan eenvoudig worden gedaan door aansluitend aan de luchtdoorlatendheidstest van de ruimteschil, de deuren af te plakken en de test te herhalen. Het verschil tussen de beide metingen geeft een goed beeld van de lekkage over de bouwkundige schil en de lekkage over de deuren.

### **F.3.4 Meten van componenten en systemen**

Ten einde te kunnen beoordelen in welke mate een systeem of componenten van een systeem bijdragen aan luchtdichtheid van een ruimte, dienen luchtdoorlatendheidmetingen op systeem- of componentniveau te worden uitgevoerd. Deze metingen worden bij voorkeur conform meetmethodiek NEN-EN 13829 uitgevoerd. Voor zulke metingen is een proefopstelling vereist. Vooraf moet bepaald worden in hoeverre meeton nauwkeurigheden en uitvoering van componenten de representativiteit van het testresultaat beïnvloeden.

Er zijn twee manieren van meten:

- Alleen het (ingebouwde) component,
- Een gehele proefopstelling (ruimte, bv. mock-up) met daarin alles behalve de relevante delen afgeplakt.

Belangrijke aandachtspunten voor meting aan de hand van een standaard proefopstelling zijn:

- Het lekklassegetal,
- Het drukbereik waarvoor de lekklasse geldt,
- Aanduiding van overdruk en/of onderdruk situatie,
- Resultaten uit de metingen worden weergegeven in luchtstroom coëfficiënt C en luchtstroom exponent n.



## G. Normatieve verwijzingen

De volgende documenten waarnaar is verwezen zijn onmisbaar voor de toepassing van dit document. Bij gedateerde verwijzingen is alleen de aangehaalde versie van toepassing. Bij ongedateerde verwijzingen is de laatste versie van het document (met inbegrip van wijzigingsbladen) waarnaar is verwezen van toepassing.

*NEN-EN 13829*

Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen

*NEN-EN-ISO 14644-1*

Stof- en kiemarme ruimten en omgevingen - Deel 1: Indeling van luchtreinheid

*NEN-EN-ISO 14644-3*

Stof- en kiemarme ruimten en omgevingen - Deel 3: Beproevingmethoden.

*NEN 2686*

Luchtdoorlatendheid van gebouwen meetmethode.

Ham, P. (2002).

Handboek Ziekenhuis Ventilatie. Leiden: TNO Preventie en gezondheid.

LUKA. (2009).

Kwaliteitshandboek Luchtkanalensystemen. Kerkrade : LUKA.

## Bijlage 1. Theoretisch kader

In zijn algemeenheid geldt voor het verband tussen het drukverlies over en de volumestroom door een willekeurige luchtweerstand:

$$v = \frac{2\Delta P}{\sqrt{\rho}}$$

En

$$q_v = \frac{A_{\text{netto}}(2\Delta[P])^n}{\sqrt{\rho}}$$

Waarin:

$v$	=	(lucht)snelheid	[m/s]
$\Delta P$	=	drukverschil	[Pa]
$n$	=	een dimensieloze grootheid waarvan de waarde wordt bepaald door de aard van de stroming door de weerstand.	
$\rho$	=	soortelijke massa	[kg/m <sup>3</sup> ]
$q_v$	=	volumestroom	[m <sup>3</sup> /s]
$A_{\text{netto}}$	=	netto doorstroomoppervlak (soortelijke massa van lucht = 1,20 bij 20 °C)	[m <sup>2</sup> ]

(Ham, 2002)

### **n – dimensieloze grootheid voor stroming door de weerstand**

Het Getal van Reynolds is de belangrijkste dimensieloze grootheid uit de stromingsleer. Het wordt gebruikt om te bepalen of een stroming laminair (uni directioneel) is of turbulent.

De formule voor het Reynoldsgetal (zonder afleiding) is als volgt:

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$

Waarin:

$Re$	=	Reynolds getal (dimensieloos)	
$d$	=	diameter van het object	[m]
$\eta$	=	(dynamische) viscositeit (viscositeit van lucht = 1,00 * 10 <sup>-3</sup> bij 20 °C)	[kg/ms]

Bij lage waarden van  $Re$  is een stroming laminair, bij hoge waarden turbulent. Het omslagpunt (meestal een omslaggebied) is voor elke geometrie anders.

Voor laminaire stroming geldt  $n=1$ ; voor turbulente stroming geldt  $n=0,5$ . Turbulente stroming vindt plaats door zeer kleine openingen zoals deze in luchtfilters aanwezig zijn. Door min of meer kleine openingen zoals deur- en raamkieren valt gedeeltelijk laminaire en gedeeltelijk turbulente stroming te verwachten ( $0,5 < n < 1$ ). (Ham, 2002)



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID  
VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE  
OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 21 van 33

Uit analyse van meetresultaten blijkt dat de waarde voor de dimensieloze grootheid ligt tussen de 0,55 en 0,80. Hierdoor conformeren wij ons aan de binnen het werkveld geaccepteerde waarde van 0,65. Deze waarde wordt o.a. gebruikt binnen de LUKA richtlijn.  
(LUKA, 2009)

In de praktijk zal echter iedere ruimte een eigen dimensieloze grootheid bezitten. Deze kan bepaald worden door middel van een meting. Als deze niet is bepaald dan mag uitgegaan worden van een waarde van 0,65.

CONCEPT



## Bijlage 2. Toepassing richtlijn

### *Risico analyse / Programma van Eisen*

Schone ruimten en gelijksoortige gecontroleerde omgevingen worden ingezet om de volgende redenen:

- Reinheid: proces beschermen tegen verontreiniging van omgeving
- Inperking: omgeving beschermen tegen verontreiniging van proces
- Combinatie: reinheid & inperking

Bovenstaande functies hebben op een aantal manieren invloed op de luchtdoorlatendheid van de schil:

1. Primaire proces:
  - Ongecontroleerde luchtstroming kan (kruis)contaminatie of gebrek aan inperking veroorzaken.
2. Secundaire processen:
  - Ongecontroleerde luchtstroming kan de effectiviteit en/of veiligheid van reiniging en desinfectie negatief beïnvloeden.
  - Ongecontroleerde luchtstroming kan de effectiviteit van bijvoorbeeld blusgas beïnvloeden.
3. Exploitatie:
  - Niet beheersen van luchtstromen kan tot (significante) financiële/energetische verliezen leiden.<sup>2</sup>

In het Programma van Eisen (PvE) kan ervoor gekozen worden, naar aanleiding van bovenstaande invloeden, om eisen te stellen aan de luchtdoorlatendheid van de ruimteschil.

Vragen die aan bod komen om de gewenste lekklasse te bepalen:

- Welke functie heeft de ruimte?
- Wat betekenen ongecontroleerde luchtstromen voor de primaire en secundaire processen?
- Wat is de perforatie (deuren, doorvoeringen, etcetera) van de ruimteschil?
- Welke ongecontroleerde luchtstromen zijn er?
- Bij welke lekklasse zijn daarmee risico's voldoende ingeperkt?

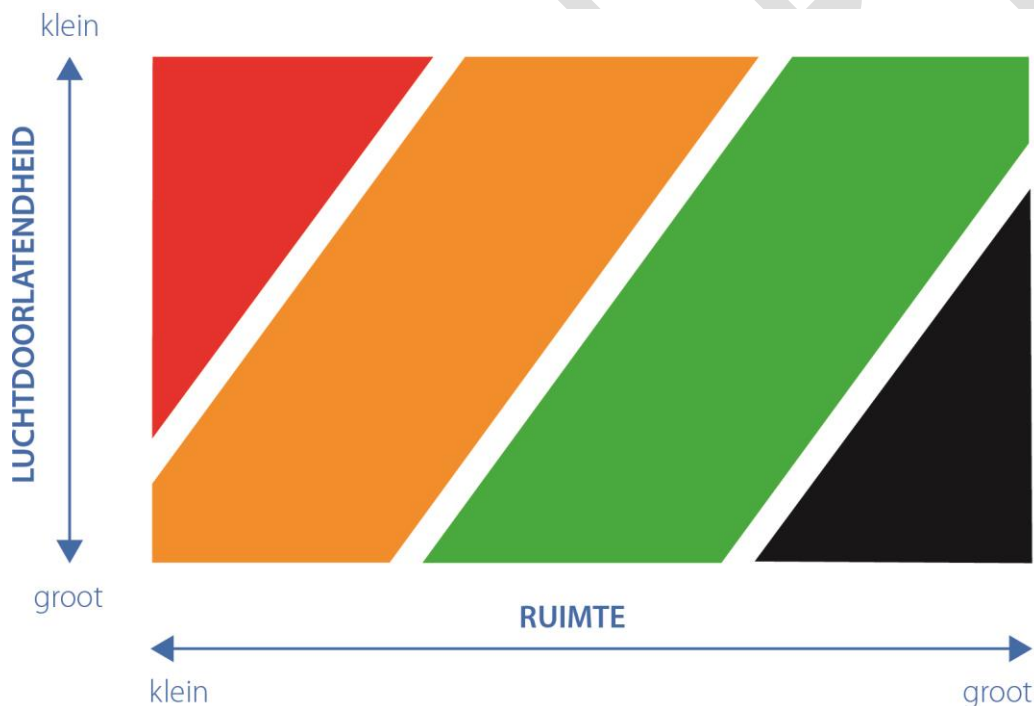
<sup>2</sup> Ga hierbij na of het niet beheersen van luchtstromen ook daadwerkelijk tot verliezen leidt. Vervolgens de afweging maken tussen investeringskosten versus exploitatiekosten.

### **Interpretatie classificatie**

De totale ongecontroleerde luchtstroom wordt bepaald door het schiloppervlak en de eis ten aanzien van luchtdoorlatendheid.

De lekklasse is een gemiddelde hoeveelheid lucht lekkage per m<sup>2</sup> schiloppervlak. Deze prestatie is afhankelijk van de eigenschappen van het gekozen bouwsysteem en de eigenschappen van de perforatie (deuren, ramen, roosters, wandcontactdozen, etcetera).

Door het classificeren van de luchtdoorlatendheid van een object dienen weloverwogen keuzen te worden gemaakt in toe te passen componenten en materialen. Hierbij geldt dat naarmate een ruimte kleiner wordt en/of de luchtdoorlatendheidseis strenger, de eisen aan componenten en materialen kritischer worden. In Figuur 2 is door middel van kleuren weergegeven hoe de keuzemogelijkheden van de constructie zich verhouden in relatie tot de combinatie van de luchtdoorlatendheid van de schilconstructie met het totale schiloppervlak.



**Figuur 2, Verhouding luchtdoorlatendheid versus grote ruimte**

Figuur 2 geeft door middel van kleuren aan wat de verhoudingen zijn. Hierbij geldt:

- Rood: Risico gebied, haalbaarheid constructie kritisch;
- Oranje: Extra aandacht voor constructie;
- Groen: Normale aandacht voor constructie;
- Zwart: Risico gebied, energetisch en praktisch onverantwoord gebied.

### ***Kleinere ruimten***

Kleinere ruimten hebben weinig schiloppervlak, hierdoor is de toegestane totale ongecontroleerde luchtstroom ook laag. Dit is een aandachtspunt voor zowel het ontwerp, de realisatie als het meten.

Voor de classificatie van kleinere ruimten dient specifiek gekeken te worden welke perforatie de ruimte heeft (zoals deuren, doorvoeringen, etcetera). De lekklasse is een gemiddelde hoeveelheid lucht lekkage per m<sup>2</sup> schiloppervlak, de invloed van individuele elementen (bijvoorbeeld deuren) is relatief groot bij een ruimte met een klein schiloppervlak. Het is aan te bevelen voor deze perforatie aanvullende eisen mee te nemen.

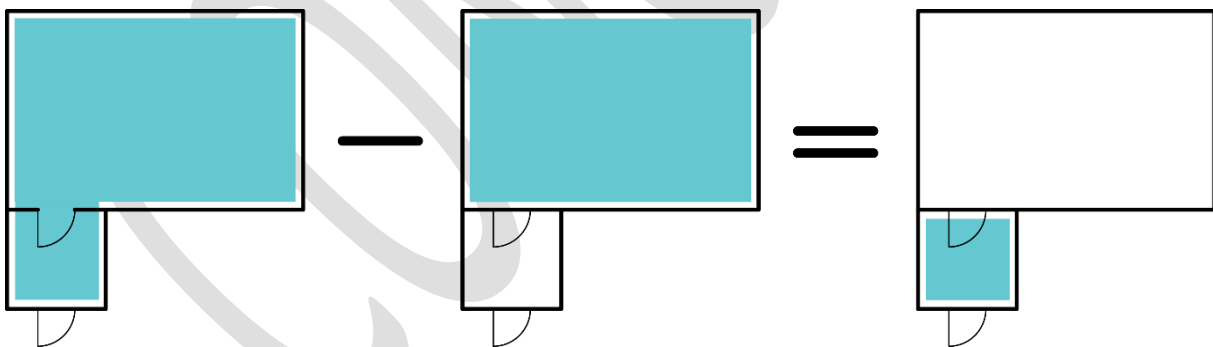
Wanneer de werkelijke luchtdoorlatendheid van een kleinere ruimte bepaald moet worden dan is aan te bevelen om deze mee te nemen in een meting van een grotere ruimte.

De procedure daarbij is als volgt:

- Meting 1: meet de kleinere ruimte incl. de aangrenzende grotere ruimte (met de tussendeur geopend).
- Meting 2: Meet alleen de aangrenzende grotere ruimte.
- Bereken de waarde voor de kleinere ruimte door het resultaat uit meting 2 af te trekken van het resultaat uit meting 1.

Hiermee zijn de waardes bepaald van beide ruimten; zie ook Figuur 3.

De enige onbekende factor is dan nog de tussendeur.



**Figuur 3, Toelichting procedure meten kleiner vertrek**

### ***Aanbeveling voor sluisen:***

Om te voorkomen dat er onevenredig hoge eisen worden gesteld aan bijvoorbeeld ruimten met een sluisfunctie (zonder additionele functie) kan het verstandig zijn om dergelijke ruimten bij de classificatie te beschouwen als onderdeel (vertrek) van de grotere ruimte.





**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID  
VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE  
OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 10-06-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 25 van 33

***Ontwerp aandachtspunt - Een ruimte kan ook te luchtdicht zijn.***

Luchtdichtheid heeft niet alleen invloed op de hoeveelheid weg of in lekkende lucht, maar ook op de gevoeligheid van de druk van een ruimte voor variaties.

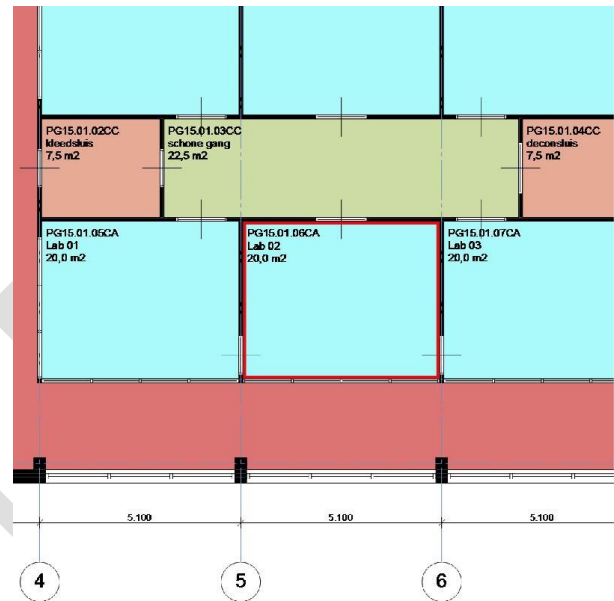
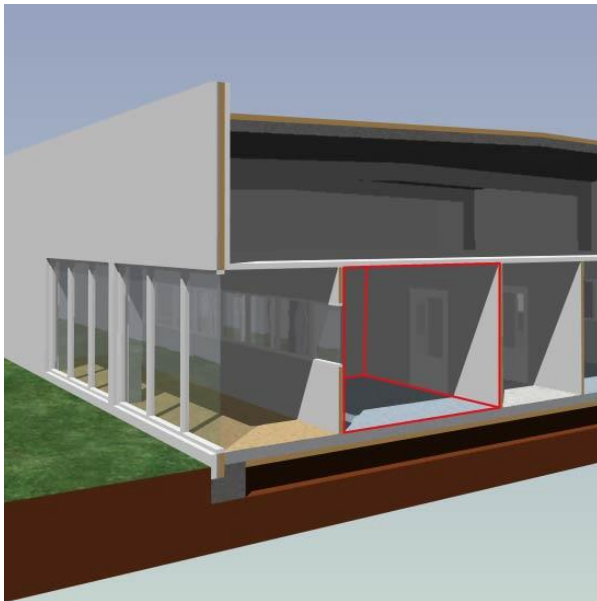
Deze variaties kunnen het gevolg zijn van buiteninvloeden, het dynamisch gebruik van ruimten, het dynamisch gedrag van regelingen of hysteresis in componenten en regelingen.

Het kan daardoor voorkomen dat de combinatie van luchtdoorlatendheid en drukhandhaving niet werkt binnen de gestelde grenzen voor de ruimtedruk. Een ruimte kan te weinig luchtdoorlatend zijn bij een bepaald instel/regelconcept. Afhankelijk van de situatie kan een lagere lekkklasse of een goed ontworpen luchtdoorvoer een passende maatregel zijn .

CONCEPT

### Bijlage 3. Voorbeeld

#### Situatie



Toepassing: Cleanroom  
 Ruimte: Lab 02  
 Afm.: 5 x 4 x 3 m (l x b x h)  
 Gestelde eis: Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, overdruk

#### STAP 1 – Bepaling schiloppervlak van de ruimte

De eis is van toepassing op een ruimte. Bepaal per ruimte waar de luchtdichtingsvlakken komen te liggen. Bepaal het oppervlak van de luchtdichtingsvlakken over de gehele ruimteschil.

$$A_r = A_v + A_w + A_p$$

Waarin:

$A_r$	=	schiloppervlak van de ruimte	[m <sup>2</sup> ]
$A_v$	=	oppervlakte vloer	[m <sup>2</sup> ]
$A_w$	=	oppervlakte wanden	[m <sup>2</sup> ]
$A_p$	=	oppervlakte plafond	[m <sup>2</sup> ]

Indien het luchtdichtingsvlak in een wand/vloer/plafond ligt dan wordt de binnenzijde van de wand/vloer/plafond (gezien vanuit de ruimte) gehanteerd voor de berekening van het oppervlak.



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 22-04-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 27 van 33

Schiloppervlak Lab 02

Av = 20 m<sup>2</sup>

Aw = 54 m<sup>2</sup>

Ap = 20 m<sup>2</sup>

**Ar = 20 + 54 + 20 = 94 m<sup>2</sup>**

### **STAP 2 – Meten**

Om tot een betrouwbare karakteristiek te komen is het nodig de metingen uit te voeren conform NEN-EN 13829. De norm omschrijft dat er op meerdere punten gemeten wordt.

<b>Overdruk</b>	
Drukverschil [Pa]	Luchtvolumestroom [l/s]
10,0	41,1
20,0	75,3
30,0	106,1
40,0	142,8
50,0	167,2
60,0	195,0

### **STAP 3 – Verwerken meetresultaten**

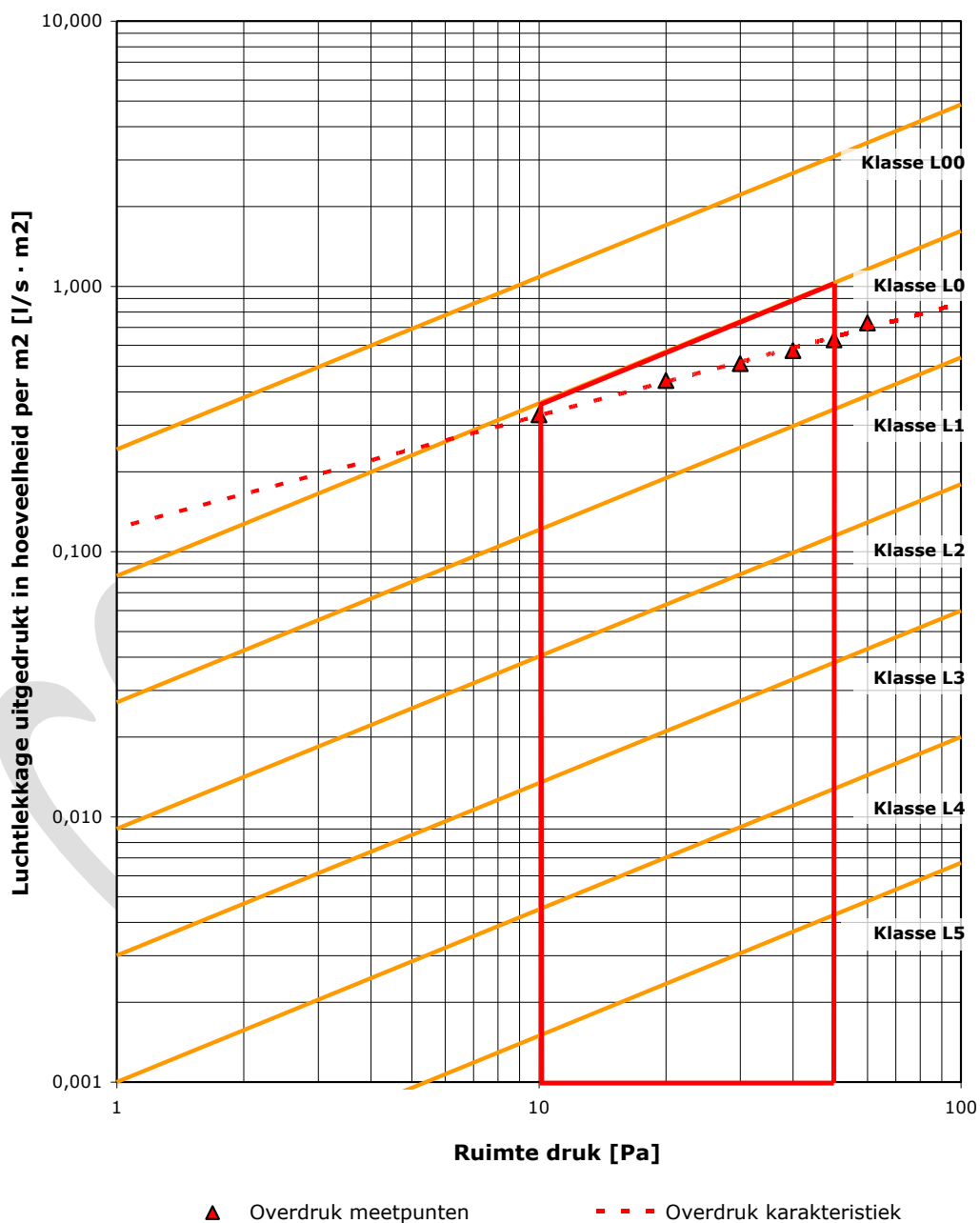
De resultaten uit de metingen worden conform NEN-EN 13829 geconverteerd om de luchtstroom coëfficiënt, C en de luchtstroom exponent, n te bepalen, eventueel gecorrigeerd op basis van temperatuurverschillen en parametrische druk. Als voor zowel het positieve als het negatieve drukverschil worden gemeten, dan worden de resultaten afzonderlijk geconverteerd.

Dit gebeurt volgens een vergelijking met een kleinste kwadraten methode. Hieruit volgt een druk/volumestroomkarakteristiek voor het positieve en/of het negatieve drukverschil.

Correlatie coëfficiënt	: 0,998	[-]
luchtstroom exponent, n	: 0,8765	[-]
luchtstroom coëfficiënt, C	: 19,63	[l/(s•Pa <sup>1/n</sup> )]
T binnen de ruimte	: 20,0	[°C]
T buiten de ruimte	: 20,0	[°C]
Atmosferische druk	: 1,013	[bar]
luchtstroom coëfficiënt, C	: 19,63	[l/(s•Pa <sup>1/n</sup> )]

**STAP 4 – Grafiek genereren**

**Luchtdoorlatendheid grafiek**





**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID  
VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE  
OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 22-04-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 29 van 33

***Stap 5 – Beoordelen resultaten***

Toepassing : Cleanroom  
Ruimte : Lab 02  
Afmeting : 5 x 4 x 3 m (l x b x h)  
Gestelde eis : Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, Overdruk

Wanneer de gemeten luchthoeveelheden worden verrekend op basis van het oppervlak van de ruimteschil en uitgedrukt in  $l/s \cdot m^2$  dan ontstaat een overdruk lijn welke in de range van 10 Pa tot 50 Pa volledig onder de lijn van klasse L0 ligt. Hiermee voldoet de ruimte aan de gestelde eis.

CONCEPT



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 22-04-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 30 van 33

## Bijlage 4. Interpretatie van data

### Beoordeling op basis van zowel over- als onderdruk

Uitgangspunt is dezelfde ruimte als beschreven in bijlage 3.

Toepassing : Cleanroom  
Ruimte : Lab 02  
Afmeting : 5 x 4 x 3 m (l x b x h)  
Gestelde eis : Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, Over- en onderdruk

Om een beoordeling van de ruimte te kunnen maken op basis van zowel een over- als onderdruk zijn de onderstaande meetwaarden gegenereerd.

Onderdruk			Overdruk		
Drukverschil [Pa]	Debiet [m <sup>3</sup> /h]	Debiet gecorr. [m <sup>3</sup> /h]	Drukverschil [Pa]	Debiet [m <sup>3</sup> /h]	Debiet gecorr. [m <sup>3</sup> /h]
10,0	80	80	10,0	104	104
20,0	123	123	20,0	140	140
30,0	148	148	30,0	162	162
40,0	169	169	40,0	181	181
50,0	187	187	50,0	199	199
60,0	220	220	60,0	230	230

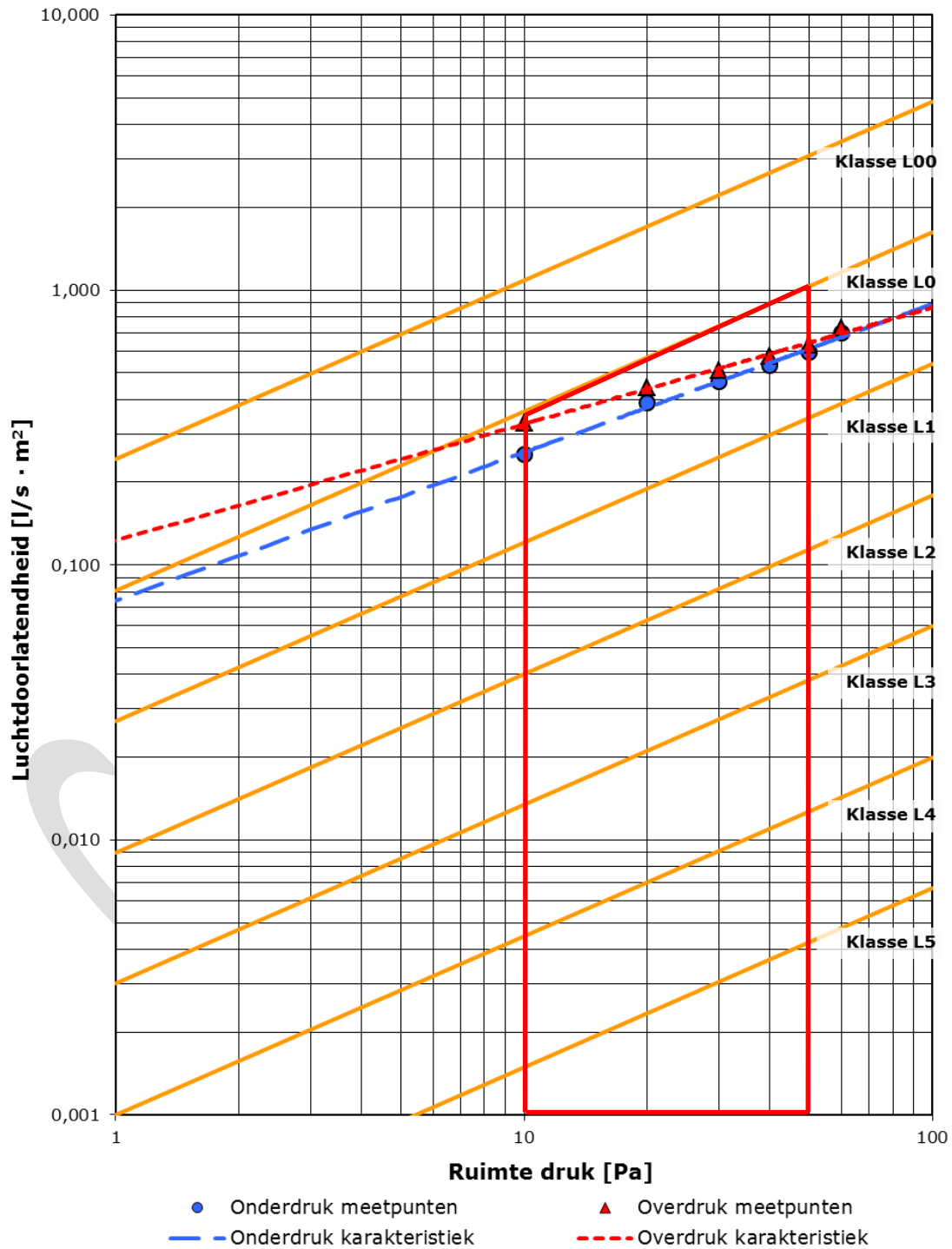
  

Correlatie coëfficiënt	: 0,991	[-]	Correlatie coëfficiënt	: 0,993	[-]
Stromings exponent n	: 0,5394	[-]	Stromings exponent n	: 0,4239	[-]
Luchtdoorlatendheid coëfficiënt C	: 23,52	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]	Luchtdoorlatendheid coëfficiënt C	: 38,85	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]
T binnen de ruimte	: 20,0	[°C]	T binnen de ruimte	: 20,0	[°C]
T buiten de ruimte	: 20,0	[°C]	T buiten de ruimte	: 20,0	[°C]
Luchtdruk tijdens fan-test	: 1,013	[bar]	Luchtdruk tijdens fan-test	: 1,013	[bar]
Stromings coëfficiënt k <sub>1</sub>	: 23,52	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]	Stromings coëfficiënt k <sub>1</sub>	: 38,85	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]

Wanneer de gemeten luchthoeveelheden worden verrekend op basis van het oppervlak van de ruimteschil en uitgedrukt in l/s · m<sup>2</sup> dan ontstaat een overdruk- en een onderdruklijn. Beide lijnen liggen in de range van 10 Pa tot 50 Pa volledig onder de lijn van klasse L0. Hiermee voldoet de ruimte aan de gestelde eis.

Het meten in de over- en onderdruk situatie geeft een goed beeld van het gedrag van de ruimte in de verschillende situaties. Hieruit kan informatie verkregen worden over de ruimte en over mogelijke zwakke punten. In een deugdelijk gebouwde ruimte zullen de lijnen voor over- en onderdruk nagenoeg over elkaar lopen.

### Luchtdoorlatendheid grafiek



**RICHTLIJN VOOR HET CLASSIFICEREN EN TESTEN VAN LUCHTDOORLATENDHEID VAN DE SCHIL VAN SCHONE RUIMTEN EN GELIJKSOORTIGE GECONTROLEERDE OMGEVINGEN**

Document: VCCN-RL-10 CONCEPT

Versie 1.21 d.d. 22-04-2015

Opgesteld door de VCCN projectgroep PG-15

BLAD 32 van 33

**Beoordeling bij verschillen in overdruk of onderdruk**

Uitgangspunt is dezelfde ruimte als beschreven in bijlage 3.

Toepassing : Cleanroom  
Ruimte : Lab 02  
Afmeting : 5 x 4 x 3 m (l x b x h)  
Gestelde eis : Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, over- en onderdruk

Om een beoordeling van de ruimte te kunnen maken op basis van zowel een over- en onderdruk druk zijn de onderstaande meetwaarden gegenereerd.

Onderdruk			Overdruk		
Drukverschil [Pa]	Debiet [m <sup>3</sup> /h]	Debiet gecorr. [m <sup>3</sup> /h]	Drukverschil [Pa]	Debiet [m <sup>3</sup> /h]	Debiet gecorr. [m <sup>3</sup> /h]
10,0	148	148	10,0	104	104
20,0	271	271	20,0	140	140
30,0	382	382	30,0	162	162
40,0	514	514	40,0	181	181
50,0	602	602	50,0	199	199
60,0	702	702	60,0	230	230
Correlatie coëfficiënt	: 0,998	[-]	Correlatie coëfficiënt	: 0,993	[-]
Stromings exponent n	: 0,8765	[-]	Stromings exponent n	: 0,4239	[-]
Stromings coëfficiënt k <sub>0</sub>	: 19,63	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]	Stromings coëfficiënt k <sub>0</sub>	: 38,85	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]
T binnen de ruimte	: 20,0	[°C]	T binnen de ruimte	: 20,0	[°C]
T buiten de ruimte	: 20,0	[°C]	T buiten de ruimte	: 20,0	[°C]
Luchtdruk tijdens fan-test	: 1,013	[bar]	Luchtdruk tijdens fan-test	: 1,013	[bar]
Stromings coëfficiënt k <sub>1</sub>	: 19,63	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]	Stromings coëfficiënt k <sub>1</sub>	: 38,85	[m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )]

Wanneer de gemeten luchthoeveelheden worden verrekend op basis van het oppervlak van de ruimteschil en uitgedrukt in l/s · m<sup>2</sup> dan ontstaat een overdruk- en een onderdruklijn. De lijn voor overdruk ligt in de range van 10 Pa tot 50 Pa volledig onder de lijn van klasse L0. De lijn voor onderdruk ligt in de range van 10 Pa tot 50 Pa volledig boven de lijn van klasse L0. De ruimte voldoet hiermee niet aan de gestelde eis.

Een verklaring voor de geconstateerde situatie kan zijn dat de deuren in een overdruksituatie in het kozijn worden gedrukt wat een positief effect heeft op de luchtdoorlatendheid van de ruimte. In een onderdruksituatie worden de deuren van het kozijn getrokken wat een negatief effect heeft op de luchtdoorlatendheid van de ruimte.

Wanneer in het ontwerp een overdrukruimte zou zijn gespecificeerd met als eis Klasse L0, van 10 Pa tot 50 Pa, overdruk dan zou de ruimte op basis van bovenstaande meetdata voldoen aan de gestelde eis.



### Luchtdoorlatendheid grafiek

