

Praktijkblad debiet

De praktijkbladen Meten Luchtemissies dienen ter ondersteuning van het bevoegd gezag bij de beoordeling van de kwaliteit van luchtemissiemetingen. De praktijkbladen geven per component aan wat de kwaliteitsbepalende aspecten van de betreffende meting zijn. Dit praktijkblad is gericht op periodieke debietmetingen die worden uitgevoerd door een meetinstantie. Het kan hierbij ook gaan om parallelmetingen ten behoeve van de kalibratie en validatie van geautomatiseerde debietmeetsystemen.

Achtergrond

NEN-EN ISO 16911-1: Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts

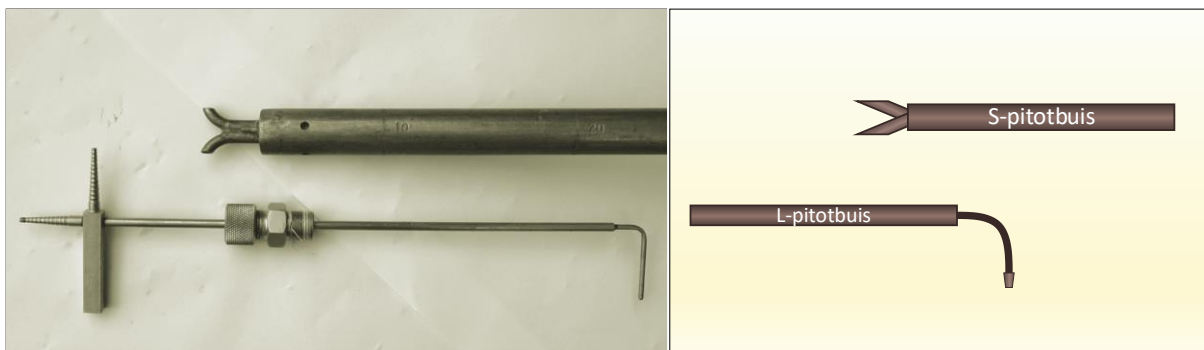
NPR-CEN / TR 17078: Stationary source emissions - Guidance on the application of NEN-EN ISO 16911-1

NEN-EN ISO 16911-1 is gericht op de bepaling van de rookgassnelheid¹ met behulp van een pitotbuis of een vleugelradanemometer. Op basis van de rookgassnelheid wordt het debiet berekend. De norm is van toepassing bij rookgaskanalen die voldoen aan de NEN-EN 15259 (Air quality - Measurement of stationary source emissions - Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report). Bij lagere rookgassnelheden kunnen andere meetprincipes worden toegepast.

Meetprincipe

Wanneer een buis, die aan één zijde is afgesloten, met de opening tegen een gasstroom in wordt geplaatst, zal er een druktoename in de buis optreden. Deze druktoename is afhankelijk van de snelheid en de dichtheid van het gas. Bij pitotmetingen wordt deze druktoename, de stuwdruk, gemeten en volgens de wet van Bernoulli omgerekend naar een rookgassnelheid. Er bestaan verschillende uitvoeringen van de pitotbuis. De twee meest bekende zijn het L-type, ook wel Prandtlbuis genoemd, en het S-type (zie foto en plaatje). Bij een L-pitotbuis wordt het verschil tussen de stuwdruk en de statische druk van het rookgas gemeten, terwijl bij een S-pitotbuis de stuwdruk ten opzichte van de zuigdruk wordt bepaald. Meestal wordt een pitotbuis van het S-type toegepast, omdat dit type gemakkelijker in het rookgaskanaal kan worden gebracht en minder gevoelig is voor de aanwezigheid van stof en vocht(druppels) in het rookgas.

Een nauwkeurige pitotmeting vereist een ongestoorde rookgasstroming. Er kunnen door allerlei oorzaken echter verschillen in stromingsnelheid en stromingsrichting over de dwarsdoorsnede van een rookgaskanaal ontstaan. Beoordeling van de kwaliteit van het meetvlak en bemonstering op meerdere punten over de dwarsdoorsnede van het rookgaskanaal zijn dan ook noodzakelijk. Op elk monsternepunt wordt de pitotverschildruk en de rookgastemperatuur gemeten. In combinatie met de statische druk en de omgevingsdruk (barometerstand) wordt op basis hiervan de rookgassnelheid berekend. Vermenigvuldiging van de gemiddelde rookgassnelheid met de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het rookgaskanaal geeft vervolgens het debiet onder actuele rookgascondities.



Voorbeeld van een S-pitotbuis (boven) en een L-pitotbuis (onder)

¹ Vanwege de leesbaarheid wordt in dit praktijkblad de term 'rookgas' gebruikt voor alle gekanaliseerde emissies naar lucht

Kwaliteitsbepalende factoren met checklist

Als één van de vragen uit de checklist ontkennend wordt beantwoord en geen bevredigende motivatie wordt gegeven voor de afwijking, zijn correctieve maatregelen nodig voor het verkrijgen van een betrouwbaar meetresultaat.

Nr.	Kwaliteitsbepalende factor	Checklistvraag	Antwoord (J/N/Nvt)	Toelichting												
1	Accreditatie meetinstantie	Voldoet de meetinstantie aan de eisen voor accreditatie volgens de vergunning of betreffende regelgeving?		In een aantal gevallen wordt in wet- en regelgeving gesteld dat een meetinstantie moet zijn geaccrediteerd op basis van NEN-EN-ISO/ IEC 17025 óf deze norm aantoonbaar moet toepassen. De norm bevat de eisen waaraan een meetinstantie moet voldoen als zij wil aantonen dat ze volgens een kwaliteitssysteem werkt, technisch competent is en in staat is technisch valide resultaten te leveren. Accreditatie vindt in Nederland plaats door de Raad voor Accreditatie (RvA). Accreditatie door vergelijkbare buitenlandse instellingen wordt ook erkend. Overigens hoort bij de accreditatie een zogenaamde scope, waarin staat voor welk type metingen de accreditatie geldig is. Certificatie is niet hetzelfde als accreditatie; gecertificeerde meetinstanties zullen zelf nog moeten aantonen dat zij NEN-EN-ISO/IEC 17025 naar behoren toepassen.												
2	Bedrijfsomstandigheden	Wordt de meting uitgevoerd bij representatieve bedrijfsomstandigheden?		Het is van belang dat de meting wordt afgestemd op het karakter van het proces waaraan gemeten wordt. Voor aanvang van de metingen moet de procedure worden doorgesproken met de personen die verantwoordelijk zijn voor de bedrijfsvoering. Bij cyclische (batch) processen dient de bemonsteringstijd te worden afgestemd op de duur van de cyclus. Als het een continu proces betreft, moet een constante bedrijfsvoering (vaste belasting) over de duur van de metingen worden gewaarborgd.												
3a	Meetvlak – criteria	Voldoet het meetvlak aan de vereisten in de norm of is het aantal monsternamenpunten vergroot (zie 4)?		<p>Om tot nauwkeurige debietmetingen te komen, zijn in de norm criteria opgenomen voor de omstandigheden op de plaats van het meetvlak, waarvan de belangrijkste zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $V_{max} : V_{min} \quad 3:1$ • Geen negatieve luchtsnelheid • Stroomingsrichting rookgas: maximaal 15° t.o.v. as rookgaskanaal • Minimum rookgassnelheid: 5 Pa (Pitot drukverschil) <p>Wanneer niet aan bovengenoemde criteria wordt voldaan, is het aan te bevelen om een andere bemonsteringsplaats te kiezen of het aantal monsternamenpunten te vergroten (zie 4). Er moet dan rekening worden gehouden worden met een grotere meetonzekerheid.</p>												
3b	Meetvlak – afmetingen dwarsdoorsnede	Zijn de afmetingen van de dwarsdoorsnede van het rookgaskanaal bekend binnen 2%?														
4	Monsternamenpunten	Voldoet het aantal en de positie van de monsternamenpunten aan de vereisten behorende bij oppervlakte en vorm van het rookgaskanaal?		<p>De rookgassnelheid wordt bepaald als gemiddelde over de dwarsdoorsnede van het rookgaskanaal. De norm geeft het minimumaantal benodigde monsternamenpunten en de posities daarvan, afhankelijk van de grootte (in dwarsdoorsnede) en vorm van het rookgaskanaal. De positie van de monsternamenpunten is gekoppeld aan een oppervlaktegewogen bemonstering en conform de NEN-EN 15259.</p> <p>Minimumaantal monsternamenpunten voor een rond rookgaskanaal</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Bemonsteringsoppervlakte [m²]</th> <th>Minimumaantal bemonsteringsassen</th> <th>Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 0,1</td> <td>-</td> <td>1^a</td> </tr> <tr> <td>0,1 - 1,0</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>>2,0</td> <td>2</td> <td>Minimaal 12 en 4 per m² ^b</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>a= Een bemonstering op 1 punt kan een grotere meetonzekerheid hebben dan gespecificeerd in de NEN-EN 15259</i> <i>b= 20 monsterpunten voor grote oppervlaktes voldoen normaliter</i></p>	Bemonsteringsoppervlakte [m ²]	Minimumaantal bemonsteringsassen	Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak	< 0,1	-	1 ^a	0,1 - 1,0	2	4	>2,0	2	Minimaal 12 en 4 per m ² ^b
Bemonsteringsoppervlakte [m ²]	Minimumaantal bemonsteringsassen	Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak														
< 0,1	-	1 ^a														
0,1 - 1,0	2	4														
>2,0	2	Minimaal 12 en 4 per m ² ^b														

Nr.	Kwaliteitsbepalende factor	Checklistvraag	Antwoord (J/N/Nvt)	Toelichting															
				<p>Minimumaantal monsternamepunten voor een rechthoekig rookgaskanaal</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bemosteringsoppervlakte [m²]</th> <th>Minimumaantal bemonsteringsassen^a</th> <th>Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 0,1</td> <td>-</td> <td>1^b</td> </tr> <tr> <td>0,1 - 1,0</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1,1 - 2,0</td> <td>2</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>>2,0</td> <td>2</td> <td>Minimaal 12 en 4 per m² ^c</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>a= Extra meetassen kunnen noodzakelijk zijn indien bijvoorbeeld de langste meetas 2 maal de lengte is van de kortste meetas b= Een bemonstering op 1 punt kan een grotere meetonzekerheid hebben dan gespecificeerd in de NEN-EN 15259 c= 20 monsterpunten voor grote oppervlaktes voldoen normaliter</i></p>	Bemosteringsoppervlakte [m ²]	Minimumaantal bemonsteringsassen ^a	Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak	< 0,1	-	1 ^b	0,1 - 1,0	2	4	1,1 - 2,0	2	9	>2,0	2	Minimaal 12 en 4 per m ² ^c
Bemosteringsoppervlakte [m ²]	Minimumaantal bemonsteringsassen ^a	Minimumaantal bemonsteringspunten per vlak																	
< 0,1	-	1 ^b																	
0,1 - 1,0	2	4																	
1,1 - 2,0	2	9																	
>2,0	2	Minimaal 12 en 4 per m ² ^c																	
5	Lekdichtheid toegangsopening	Is de ruimte tussen de monstername sonde en de toegangsopening tot het rookgaskanaal geminimaliseerd?		Bij een te grote ruimte tussen de monsternamesonde en de toegangsopening in het rookgaskanaal kan bij onderdruk buitenlucht binnenstromen, wat kan leiden tot een beïnvloeding van de debietbepaling. Omgekeerd moet worden voorkomen dat de personen die de metingen uitvoeren, worden blootgesteld aan giftige gassen. De ruimte tussen sonde en toegangsopening moet daarom met een geschikt materiaal worden geminimaliseerd.															
6	Controle opstelling	Zijn de openingen van de pitotbuis gecontroleerd op beschadigingen en vervuiling? Is aantoonbaar een lektest uitgevoerd en zijn eventuele lekkages verholpen (logboek)?		Voor het gebruik moet worden gecontroleerd of de openingen van de pitotbuis onbeschadigd en schoon zijn. Daarnaast moet de opstelling op lektheid worden getest en moeten eventuele lekkages worden verholpen.															
7a	Pitotbuis	Zijn de pitotbuis en de bijbehorende drukopnemer voorzien van een geldig kalibratiecertificaat?		Elke pitotbuis die qua ontwerp afwijkt van de standaard L-pitotbuis moet worden gekalibreerd. Hierbij wordt een eerder gecertificeerde of gekalibreerde pitotbuis als referentie gebruikt. De kalibratie resulteert in een kalibratiefactor K. Pitotbuizen van het S-type kunnen tweezijdig worden gebruikt; het ene of het andere 'been' kan in de aanstromingsrichting worden gehouden. De K-factor moet dan ook voor beide richtingen worden bepaald. Het verschil tussen beide K-factoren mag maximaal 0,01 zijn. Pitotbuis en bijbehorende drukopnemer moeten zijn voorzien van een geldig kalibratiecertificaat. Ook de temperatuuropnemer moet zijn gekalibreerd.															
7b	Temperatuuropnemer	Als een S-type wordt toegepast, zijn factoren voor beide stromingsrichtingen bepaald, en verschillen deze niet meer dan 0,01?																	
8a	Meetgegevens	Zijn de temperaturopnemer en het bijbehorende uitleesapparaat voorzien van een geldig kalibratiecertificaat?		Nadat op elk monsternamepunt is vastgesteld dat de stromingsrichting van het rookgas niet meer dan 15° afwijkt van de as van het rookgaskanaal, moeten de volgende meetgegevens worden bepaald: de pitotverschilddruk en de rookgastemperatuur op elk monsternamepunt, plus de statische druk van het rookgas en de omgevingsdruk. Voor een nauwkeurige rookgassnelheidsbepaling moet daarnaast de molmassa of de dichtheid van het rookgas bekend zijn. Voor lucht is de molmassa 29 kg/kmol en de dichtheid 1,29 kg/m ³ . Voor rookgassen kan de molmassa of de dichtheid worden berekend uit de rookgassenstelling. Meestal is het voldoende om hiervoor de gemeten of berekende concentraties van de macrocomponenten zuurstof, waterdamp en kooldioxide te gebruiken. NEN-EN ISO 16911-1 geeft als formule voor de berekening van de rookgassnelheid op elk monsternamepunt:															
8b	Molmassa of dichtheid van het rookgas	Zijn de pitotverschilddruk en de rookgastemperatuur op ieder monsternamepunt bepaald, plus de statische druk en de omgevingsdruk?																	

$$v_i = K \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{gem}}{\rho}}$$

Waarin:

v_i = rookgassnelheid op dat meetpunt in m/s

K = pitotkalibratiefactor

Δp_{gem} = gemiddelde pitotverschilddruk in kPa

ρ = dichtheid van het gas in kg/m³

Nr.	Kwaliteitsbepalende factor	Checklistvraag	Antwoord (J/N/Nvt)	Toelichting
9	Herleiding voor vracht	Is de molmassa of dichtheid van het rookgas bepaald op basis van de rookgassenstelling?		De debietmeting wordt veelal gebruikt voor de bepaling van een vracht. De resultaten van de debietmeting en de concentratiemeting van de betreffende component mogen worden gecombineerd tot een vracht als is vastgesteld dat beiden onder dezelfde omstandigheden (T, P, vocht- en zuurstofgehalte) zijn bepaald, of naar dezelfde omstandigheden zijn herleid.

Meer informatie

Onderwerp	Praktijkblad	Norm
Bepaling debiet	Praktijkblad Debiet	NEN-EN ISO 16911-1
Toepassing van NEN-EN ISO 16911-1		NPR-CEN / TR 17078
Kwaliteitsborging meetinstantie/laboratorium		NEN-EN-ISO/IEC 17025
Monstername	Praktijkblad Algemene aspecten periodieke meting	NEN-EN 15259
Standaard L type pitotbuis; Prandtl pitotbuis		NEN-ISO 3966
Bepaling zuurstofgehalte	Praktijkblad Zuurstof	NEN-EN 14789
Bepaling vochtgehalte	Praktijkblad Vocht	NEN-EN 14790
Achtergrondinformatie	Meten van luchtemissies	