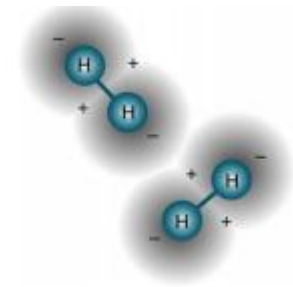


Dichtheid gasdistributieleidingen voor waterstof: invloed permeatie is beperkt



Sjoerd Jansma, september 2020. Metingen aan uitgenomen PE- en Hard PVC buizen laten zien dat de permeatie van waterstof door deze leidingen zeer beperkt is en goed overeenkomt met de literatuurwaarden die gebruikt zijn voor de berekeningen in het rapport ["Toekomstige gasdistributienetten"](#), [Hermkens et al, 2018](#).

Waterstofdistributie in Kenniscentrum Gasnetbeheer

Sinds dit jaar (2020) is het Kenniscentrum Gasnetbeheer uitgebreid met onderzoek naar materiaal- en leidingeigenschappen voor duurzaam geproduceerde gassen die direct gerelateerd zijn aan de veiligheid. Dit artikel geeft een tussenstand van het lopende onderzoek naar de dichtheid van de leidingen voor waterstof. Hierbij worden de eigenschappen van verschillende nu in gebruik zijnde materialen en verbindingen beoordeeld om een onderbouwde overstap van aardgasdistributie naar waterstofdistributie mogelijk te maken.

Emissie door waterstofleidingen

De emissie van waterstofleidingen kent drie vormen, zoals beschreven in een eerder artikel ([zie KCGB artikel "Hoeveel methaan emitteert het aardgasdistributienet?" Ophoff, 2018](#)), namelijk:

- Intrinsieke emissie, dit betreft de kleine lekkages en permeatie van het gas door het leidingmateriaal.
- Emissie door incidenten, dit betreft het verlies aan gas als gevolg van gaslekken die ontstaan na bijvoorbeeld aardverschuivingen of graafschade;
- Operationele emissies, dit betreft het verlies aan gas als gevolg van de uitvoering van werkzaamheden aan gasleidingen, bijvoorbeeld het afblazen en doorspoelen van een gasleiding.

Permeatiegedrag

In het hier beschreven onderzoek ligt de focus op het verlies van waterstof als gevolg van permeatie. Permeatie is een natuurlijk proces waarbij een vloeistof, gas of damp door een vaste stof beweegt. Dit proces wordt gedreven door een verschil in concentratie. Zo is bij het gasdistributienet de concentratie van methaan en mogelijk in de toekomst waterstof binnen het gasnet hoger dan daarbuiten. Hierdoor zal methaan en/of waterstof van binnen het gasnet naar buiten permeëren. Andersom zullen bijvoorbeeld zuurstof en stikstof vanuit de omgeving naar binnen in het gasnet permeëren. De snelheid waarmee de permeatie plaatsvindt wordt bepaald door de weerstand van het materiaal tegen de diffusie van het gas. Zo hebben metalen een hogere weerstand tegen permeatie dan kunststoffen. De snelheid waarmee een gas door een materiaal permeëert wordt uitgedrukt in de permeatiecoëfficiënt (PC). De PC is een materiaaleigenschap onafhankelijk van de dimensies van het object, maar sterk afhankelijk van het type gas, de gasdruk en de temperatuur.

Toekomstbestendige gasnetten

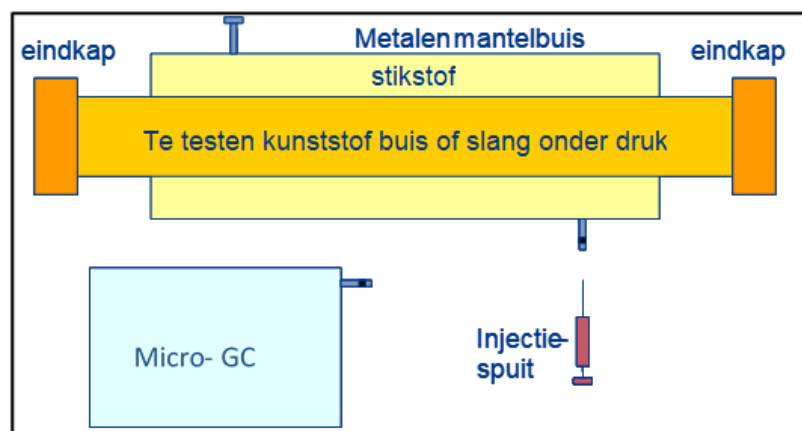
De PC van verschillende leidingmaterialen kan op basis van literatuur en voorgaande onderzoeken worden ingeschat. Een dergelijke inschatting is bijvoorbeeld beschreven in het rapport ["Toekomstbestendige gasdistributienetten"](#). Uit dit rapport volgt dat op basis deze inschatting de permeatie van waterstof bij de omstandigheden die gelden in distributienetten, verwaarloosbaar is en niet zorgt voor een significante degradatie van de materiaaleigenschappen of verhoging van het veiligheidsrisico. De bevindingen uit dit rapport zijn gebaseerd op de conservatief gekozen PC van 156 [(ml·mm)/(m²·atm·dag)] voor HDPE leidingen en 112 [(ml·mm)/(m²·atm·dag)] voor PVC leidingen. Er zitten echter wel een aantal beperkingen aan deze inschatting. Zo wordt in de literatuur het permeatiegedrag van vooral nieuw geproduceerde en tevens ongebruikte materialen beschreven. Terwijl in het distributienet ook oudere materialen aanwezig zijn. En wanneer al rekening wordt gehouden met de veroudering van materialen, is dit veelal bepaald op basis van een kunstmatige veroudering van het materiaal. Daarnaast is het permeatiegedrag van PVC relatief weinig beschreven. Kortom, er is ruimte voor verbetering rondom de vertaling van de literatuur naar de praktijksituatie en in het bijzonder voor de oudere leidingmaterialen.

Ter aanvulling en verificatie van de bestaande kennis rondom waterstofpermeatie worden permeatiemetingen gedaan aan leidingstukken, verkregen via het programmaonderdeel "Exitbeoordeling". Voor het permeatieonderzoek zijn inmiddels de volgende leidingstukken onderzocht:

- 3 PE50 buizen;
- 2 hard PVC buizen;
- 4 verschillende PVC mofverbindingen:
 - 1x spuitgegoten hard PVC;
 - 1x spuitgegoten slagvast PVC;
 - 1x warmgevormde hard PVC;
 - 1x warmgevormde verlengde slagvast PVC;

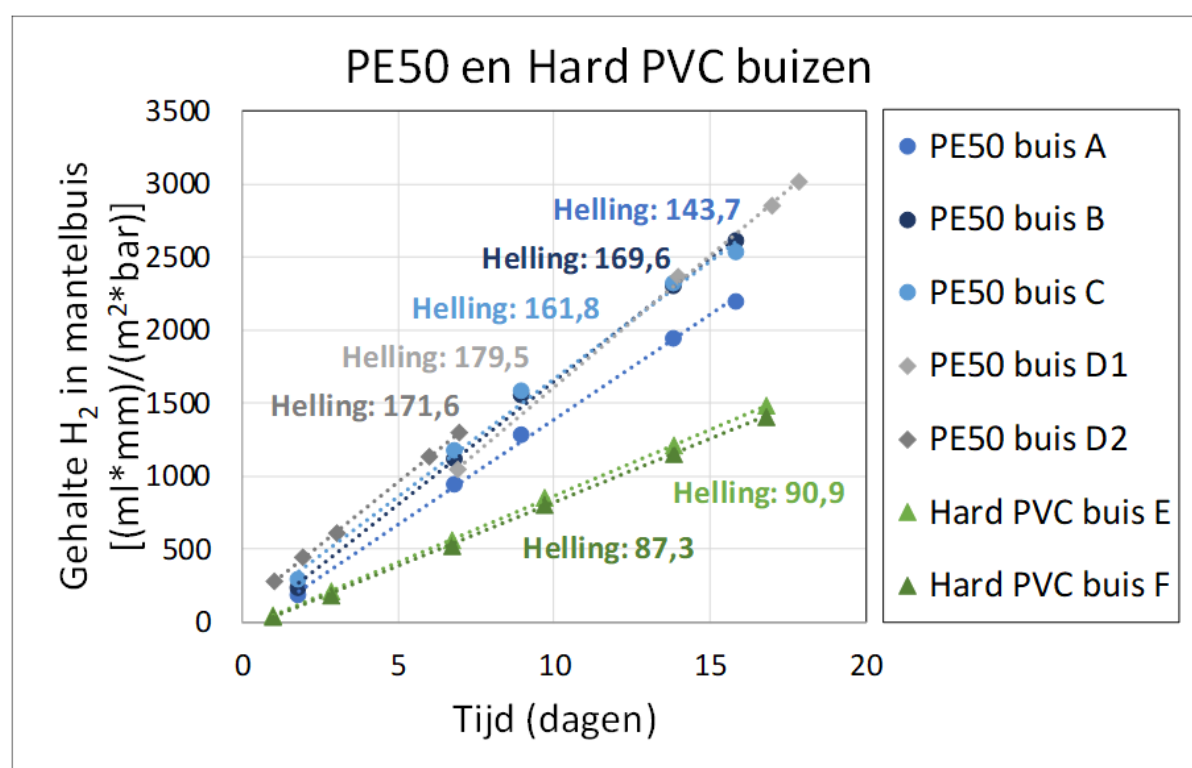
Permeatiemeting aan buizen

De schematische weergave van de opstelling gebruikt voor de permeatiemetingen staat gegeven in figuur 1. Over de te testen buis (eventueel met verbinding) wordt een metalen mantelbuis geplaatst. Het proefstuk (buis of een verbinding) wordt aan weerszijde afgesloten met eindkappen. De mantelbuis wordt gevuld met stikstofgas, het referentiegas. Het proefstuk wordt gevuld met 100% waterstofgas, het testgas. De druk in het proefstuk is gelijk aan de maximale bedrijfsdruk waarvoor het materiaal in de praktijk wordt gebruikt. Dat betekent voor PE50 een druk van 4 bar en voor PVC een druk van 200 mbar. Als gevolg van de permeatie gaat het waterstof door de buiswand of verbinding permeëren, waardoor waterstof in de mantelbuis terechtkomt. Over een bepaalde tijdsperiode worden regelmatig gasmonsters uit de mantelbuis genomen met behulp van een gasspuit. De gassamenstelling van de gasmonsters wordt met behulp van een micro-gaschromatograaf (micro-GC) nauwkeurig bepaald. De snelheid waarmee het gehalte waterstof in de mantelbuis toeneemt is een maat voor de permeatiesnelheid. Op basis van de permeatiesnelheden is de PC bepaald.



Figuur 1. Schematische weergave van de permeatieopstelling.

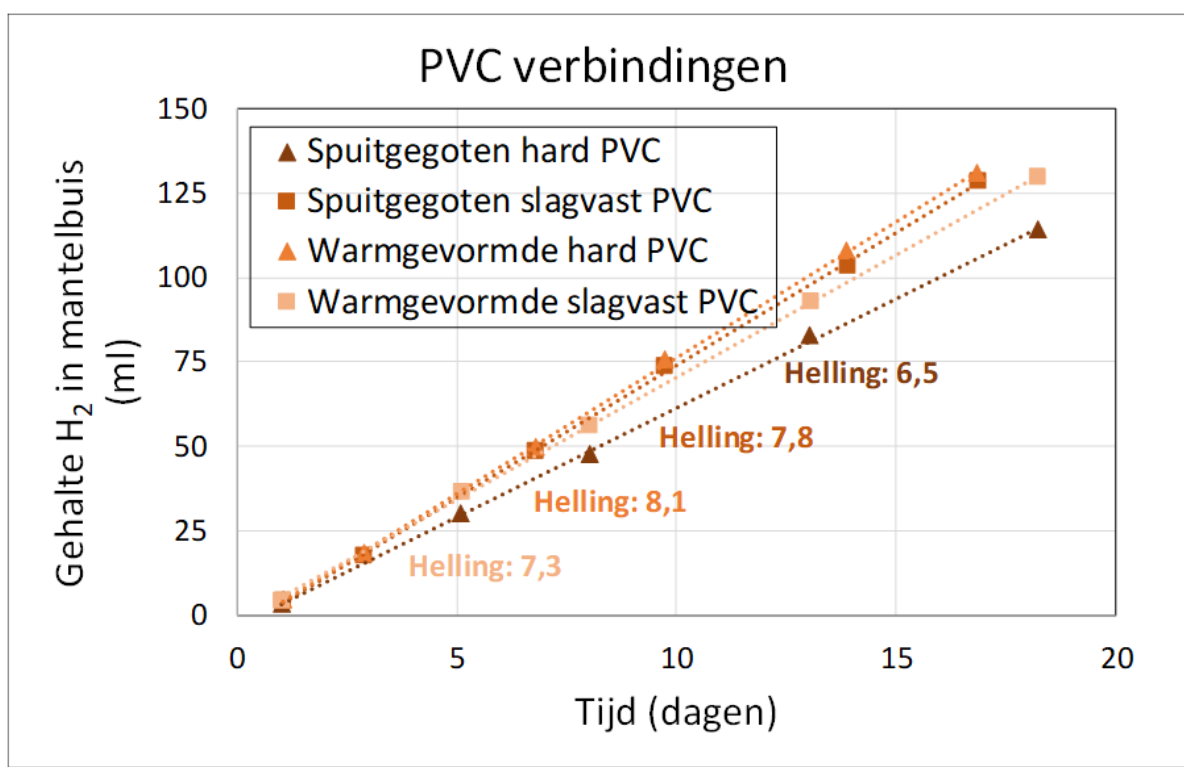
De testresultaten voor de PE50 buizen en hard PVC buizen zijn gegeven in figuur 2. Voor de volledigheid is een duplo meetserie uit 2019 van de PE50 buis in de grafiek toegevoegd (uit KCGB artikel "Permeatie van waterstof door een oude PE50 leiding is beperkt", Jansma, 2019), zie D1 en D2 in figuur 2. Op de verticale as staat het gehalte aan waterstof dat in de mantelbuis aanwezig is, gecorrigeerd voor de dimensies van de buis en voor de gasdruk van het waterstof. Op de horizontale as staat het tijdstip van de GC-meting. Uit de metingen volgt dat de PC van de PE50 leidingen gemiddeld 162,7 [(ml·mm)/(m²·bar·dag)] bedraagt en dat de PC van de hard PVC leidingen gemiddeld 89,5 [(ml·mm)/(m²·bar·dag)] bedraagt.



Figuur 2. Resultaat van de waterstof (H₂) permeatiemetingen aan de eerste generatie PE (PE50) en hard PVC

Permeatiemetingen aan moffen

De testresultaten voor de PVC mofverbindingen zijn gegeven in figuur 3. Anders dan voor de buizen is hierbij niet gecorrigeerd voor de dimensies van het object en de gasdruk van het waterstof. Dit komt omdat de verbinding uit minstens vijf verschillende onderdelen bestaat, namelijk; twee PVC buisuiteinden, twee rubber ringen en de PVC mof. Deze objecten bestaan uit verschillende materialen met ieder een andere PC en hebben lastig te definiëren dimensies. Daarmee is het permeatietraject van het waterstof door de verbinding niet in te schatten. Wel is in tabel 1 gecorrigeerd voor de waterstofpermeatie van de buisstukken welke zich wel in de mantelbuis bevinden, maar niet in de mofverbinding. Voor deze correctie is de verkregen PC voor hard PVC buizen aangehouden, namelijk 89,5 [(ml·mm)/(m²·bar·dag)]. Daarmee wordt een verlies van waterstof als gevolg van permeatie door de mofverbinding verkregen van gemiddeld 3,1 ml/dag. In geen van de onderzochte verbindingen is een lekkage waargenomen.



Figuur 3. Resultaat van de waterstof (H₂) permeatiemetingen aan de PVC verbindingen.

Tabel 1. Resultaat van de waterstof permeatiemetingen aan de PVC verbindingen gecorrigeerd voor de waterstofpermeatie van de buisstukken welke zich wel in de mantelbuis bevinden, maar niet in de mofverbinding.

Mofverbinding	Permeatiesnelheid bij 200 mbar(g) waterstof [ml/dag]
Gespuitgiet hard PVC	1,0
Gespuitgiet slagvast PVC	4,0
Warmgevormde hard PVC	3,2
Warmgevormde slagvast PVC	4,0

Alle permeatiemetingen zijn uitgevoerd bij kamertemperatuur (~23 °C). De temperatuur van het gas in het gasnet is ongeveer 10°C en daarmee lager dan de temperatuur van de metingen. De permeatie verloopt langzamer bij een lagere temperatuur. De verkregen permeatiesnelheden, en daaruit volgend de PC, is daarom hoger dan in de praktijk zal optreden en kan daarmee als worst-case worden beschouwd.

Uitwerken scenario's

Als voorbeeld is met behulp van de PC van 162,7 [(ml·mm)/(m²·bar·dag)] voor PE, 89,5 [(ml·mm)/(m²·bar·dag)] voor hard PVC en de permeatiesnelheid van de mofverbindingen van 3,1 ml/dag bij 200 mbar(g) waterstof, het verlies van waterstof door permeatie voor verschillende scenario's berekend. De verbindingen tussen HDPE leidingen bestaan voornamelijk uit lassen. De verwachting is dat de permeatie van de goede las vergelijkbaar is met de permeatie van de leiding. Voor de berekening van de permeatie is gebruik gemaakt van formule (1):

$$Q = \frac{PC \cdot \pi \cdot (SDR - 1) \cdot L \cdot \Delta P}{1000} \quad (1)$$

Hierbij is:

- Q het verlies aan waterstof in ml/dag
- PC de permeatiecoëfficiënt van de buis in (ml·mm)/(m²·bar·dag)
- SDR de standaard dimensie ratio van de buis.
- L de lengte van de leiding in m
- ΔP het verschil in partiële gasdruk in bar.

Scenario 1: De permeatie van waterstof bij 100 mbar(g) door een SDR 17,6 PE50 gasleiding bedraagt 3,4 m³/(km·jaar);

Scenario 2: De permeatie van waterstof bij 4 bar(g) door een SDR 11 PE50 gasleiding bedraagt 9,3 m³/(km·jaar);

Scenario 3: De permeatie van waterstof bij 100 mbar(g) door een SDR 41 PVC gasleiding bedraagt 4,6 m³/(km·jaar), hierbij is aangenomen dat per 12 meter leiding een mofverbinding aanwezig is;

Ter vergelijking; In het rapport "Methaanemissie door gasdistributie, rapportage over 2017 volgens het monitoringsprotocol Methaanemissie Gasdistributie" is een schatting gemaakt van de methaanemissie als gevolg van gasdistributie. Deze schatting is gebaseerd op de lekkages, die aanwezig zijn in het distributienet en de permeatie van methaan door de buiswand. Voor zowel PE als PVC is aangenomen dat er 51 m³/(km·jaar) voor het lagedruk distributienet (tot en met 100 mbar) en 75 m³/(km·jaar) voor drukken boven de 200 mbar aan methaan verloren gaat. De permeatie van waterstof ligt ver onder deze waarden en zou daarom een relatief kleine bijdrage aan de totale gasemissie hebben. Deze bevinding komt overeen met de bevinding uit het rapport "[Toekomstbestendige gasdistributienetten](#)".

Vervolgonderzoek

Dit nieuwsbriefartikel beschrijft de tussenresultaten van het lopend onderzoek naar de dichtheid van leidingen voor waterstof. De permeatiemetingen worden voortgezet en aanvullend zijn metingen voorzien aan MDPE aansluitleidingen, POM koppelingen en slagvast PVC buizen.

Conclusie

De permeatiesnelheid voor gebruikte PE50 gasleidingen is 6% hoger dan op basis van de literatuurreferenties wordt verwacht. De permeatiesnelheid van gebruikte hard PVC gasleidingen is 19% lager dan op basis van de literatuurreferenties wordt verwacht. De PVC mofverbindingen vertonen geen lekkages. De huidige inzichten omtrent de distributie van waterstof worden hierdoor niet anders. Zo ligt ter vergelijking het verlies van waterstof als gevolg van permeatie nog steeds een stuk lager dan het verlies van methaan als gevolg van lekkages en permeatie.

