

# Geluid van rioleringsleidingen boven een verlaagd plafond

Door Peutz is een akoestisch onderzoek uitgevoerd naar rioleringsleidingen boven verlaagde plafonds. Doelstelling van het onderzoek is inzicht te krijgen in het te verwachten geluidniveau ten gevolge van een closetspoeling (en continue doorstroming) wanneer boven een verlaagd plafond een liggend versleepte afvoerleiding is aangebracht. Hiertoe zijn laboratoriummetingen verricht. In grote lijnen valt het onderzoek te verdelen in:

- de geluidafstraling van de afvoerleiding;
- maatregelen om de geluidafstraling te reduceren door de afvoerleiding te isoleren;
- de invloed van het verlaagde plafond.

De onderzoeksresultaten zijn verwerkt in het berekeningsmodel SoundSpotSim Plus en worden in dit artikel toegelicht.

T. (Theo) Scheers, hoofd Peutz' Laboratorium voor Akoestiek

Het is geen eenvoudige taak om een prognose te maken van het optredende geluidniveau ten gevolge van een in een gebouw aangebrachte rioleringsinstallatie. Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken is inzicht nodig in zowel de geluidafstraling van de rioleringsleiding zelf als van de geluidreductie ten gevolge van de verschillende bouwelementen. Door Peutz is een akoestisch onderzoek uitgevoerd naar rioleringsleidingen boven verlaagde plafonds. Dit onderzoek is verricht in opdracht van ISSO, TVVL, Uneto-VNI en diverse producenten, en begeleid door de werkgroep 'Akoestisch onderzoek rioleringsleidingen boven verlaagde plafonds'.

Doelstelling van het onderzoek is inzicht te krijgen in het te verwachten geluidniveau ten gevolge van een closetspoeling (en continue

doorstroming) wanneer boven een verlaagd plafond een liggend versleepte afvoerleiding is aangebracht. Hiertoe zijn de verschillende invloedfactoren geïnventariseerd en zijn laboratoriummetingen verricht.

Met de verkregen gegevens kan een prognose worden gemaakt en kan worden aangegeven welke voorzieningen moeten worden getroffen om in de onder het plafond liggende ontvangruimte aan een bepaalde streefwaarde te kunnen voldoen. In grote lijnen valt het onderzoek te verdelen in:

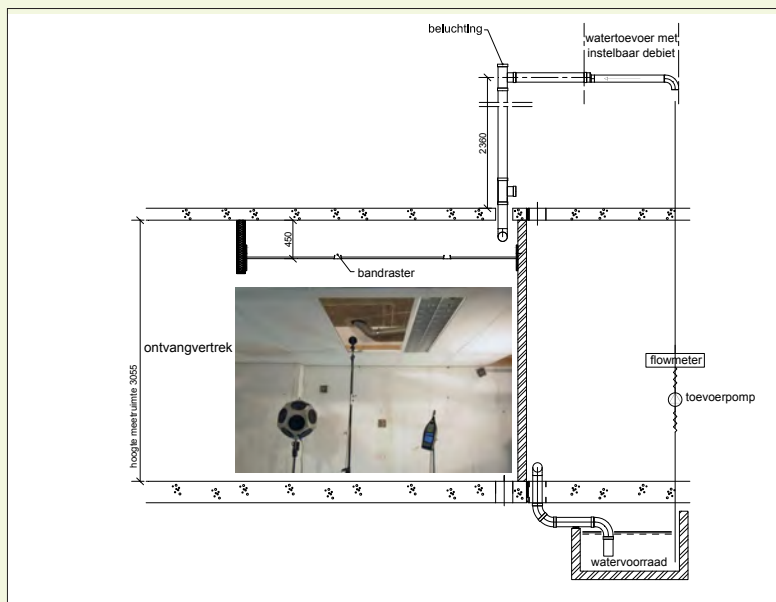
- de geluidafstraling van de afvoerleiding;
  - maatregelen om de geluidafstraling te reduceren door de afvoerleiding te isoleren;
  - de invloed van het verlaagde plafond.
- De geluidabsorberende kwaliteit, bepaald volgens de nagalmkamer methode, en de

overlangsgeluidisolatie van een verlaagd plafond zijn bekende grootheden waarover de meeste leveranciers van plafondpanelen wel informatie kunnen verstrekken. Over de mate waarin een verlaagd plafond het geluid van een afvoerleiding reduceert is weinig tot geen informatie voorhanden. Om deze reden is er een aantal verschillende uitvoeringsvarianten van een verlaagd plafond in het onderzoek betrokken.

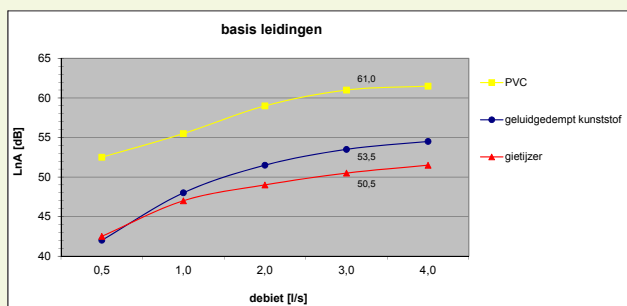
De volledige onderzoeksresultaten zijn gegeven in rapport [1] en in het berekeningsmodel SoundSpotSim Plus. In dit artikel worden de onderzoeksresultaten samengevat.

## LABORATORIUM MEETOPSTELLING

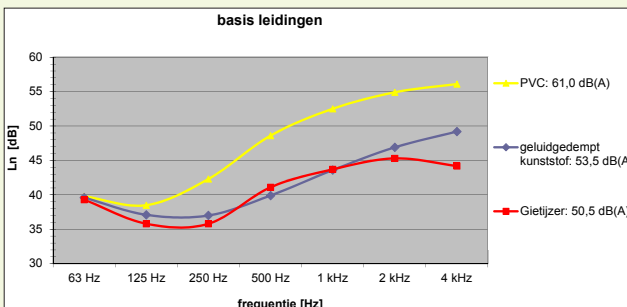
De metingen zijn uitgevoerd in een meetop-



-Figuur 1- Verticale doorsnede en een afbeelding van de meetopstelling



-Figuur 2- Geluidafstraling van de basis leidingen als functie van het debiet



-Figuur 3- Frequentieafhankelijke geluidafstraling van de basis leidingen bij een continu debiet van 3,0 l/s

stelling gebaseerd op de meetnorm EN 14366 [2].

De meetopstelling bestaat uit een afvoerleidinginstallatie (uitgevoerd in het te onderzoeken leidingmateriaal) en is samengesteld uit een combinatie van rechte leidingstukken, bochten en inlaatstukken. Het liggende leidinggedeelte inclusief de bochten is gemonteerd in de meetruimte, zie figuur 1.

## MEETMETHODE

Buiten de meetruimte is een pomp opgesteld, water aanzuigend vanuit een bassin. Het water

wordt door een buisleiding opgepompt tot ca. 2,5 m boven de meetruimte en vervolgens horizontaal uitlopend in de te onderzoeken afvoerleiding gestort. Het water maakt een vrije val door de verticale afvoerleiding tot aan het in de leiding opgenomen inlaatstuk en de twee 45° bochten en stroomt vervolgens in de liggende afvoerleiding. Buiten de meetruimte wordt het water terug geleid naar het voorraadbassin. Gemeten is steeds bij continue water hoeveelheden van 0,5/1,0/2,0/3,0 en 4,0 liter per seconde.

In de leiding ontstaan door het vallende water

geluid en trillingen. Het door de afvoerleiding afgestraalde geluid wordt in de meetruimte door middel van een op een zwenkarm ronddraaiende microfoon gemeten. De gemeten geluiddruk niveaus worden herleid op de nagalmtijd en uitgedrukt in  $L_n$ -waarden, berekend volgens vergelijking 1.

$$L_n = L_t + 10 \lg A/A_0 \quad (1)$$

waarin:

$L_n$  = het genormeerd geluidniveau [dB]

$L_t$  = het gemeten geluiddruk niveau in het ontvangvertrek (gemiddeld over ruimte en tijd) ten gevolge van het water in de afvoerleiding [dB]

$A$  = het equivalente absorptieoppervlak in het ontvangvertrek [m<sup>2</sup>]

$A_0$  = het referentie absorptieoppervlak (= 10 m<sup>2</sup>)

Alle metingen en berekeningen zijn uitgevoerd in de tertsbanden van 50 t/m 5.000 Hz. Uit de frequentie-afhankelijke gegevens zijn vervolgens de octaafbandniveaus en het A-gewogen geluidniveau  $L_{n,A}$  berekend.

## MEETRESULTATEN BASISAFVOERLEIDINGEN

Het onderzoek is uitgevoerd met drie verschillende typen afvoerleidingen, alle met een uitwendige diameter van 110 mm, in de volgende materialen:

- lichtgewicht kunststof (PVC);
- geluidgedempte (zware) kunststof;
- gietijzer.

De meetresultaten gepresenteerd in de ééngetalswaarde  $L_{n,A}$  als functie van het debiet zijn weergegeven in figuur 2. In figuur 3 is een voorbeeld gegeven van de frequentieafhankelijke meetresultaten bij een continu debiet van 3,0 l/s.

Het gemeten geluidniveau door de PVC-leiding bedraagt 61,0 dB(A) bij 3,0 l/s. Ten gevolge van het hogere gewicht en zijn speciale uitvoering is een lager geluidniveau van 53,5 dB(A) gemeten bij de geluidgedempte afvoerleiding. Het laagste niveau (50,5 dB(A)) is gemeten bij toepassing van een gietijzeren afvoerleiding. Uit een vergelijking van de meetresultaten met andere meetopstellingen blijkt dat de geluidproductie ten gevolge van een liggende versleping weliswaar toeneemt ten opzichte van een rechte standleiding, maar deze toename is geringer dan bij een diagonale versleping (sprong).

De gegeven geluidniveaus gelden voor een continue doorstroming. In een praktijksituatie, bij een echte closetdoorspoeling, varieert het debiet en dus ook het geluidniveau in de tijd. Bij de beoordeling (en toetsing aan normwaarden) van in de tijd variërende niveaus is het

maximale geluidniveau maatgevend. Om inzicht te verkrijgen in de relatie tussen een continue doorstroming als geluidbron en het daadwerkelijk doorspoelen van het closet zijn metingen uitgevoerd waarbij boven de meetruimte een representatief closet op de standleiding is aangesloten. Het in de tijd fluctuerende geluidniveau in dB(A), geanalyseerd in de meterstand Fast en Slow, is bepaald en vergeleken met het geluidniveau bij een continu doorstroomdebiet.

Uit deze onderzoeksresultaten is geconcludeerd dat voor een horizontaal versleepte afvoerleiding een continu debiet van 3,0 l/s kan worden gehanteerd als het akoestisch equivalent voor het maximale geluidniveau ten gevolge van een closetspoeling.

## LEIDINGISOLATIE

Door het isoleren van de afvoerleiding kan de geluidafstraling worden gereduceerd. De mate van reductie is afhankelijk van de materialisatie van het isolatiemateriaal. Dit isolatiemateriaal is veelal samengesteld uit een geluidabsorberende (poreuze) binnenlaag en een gesloten (dampdichte) buitenlaag. De akoestische kwaliteit van een dergelijk isolatiemateriaal wordt gedefinieerd als het invoegverlies en wordt berekend volgens vergelijking 2.

$$D_w = L_{n,z} - L_{n,o} \quad (2)$$

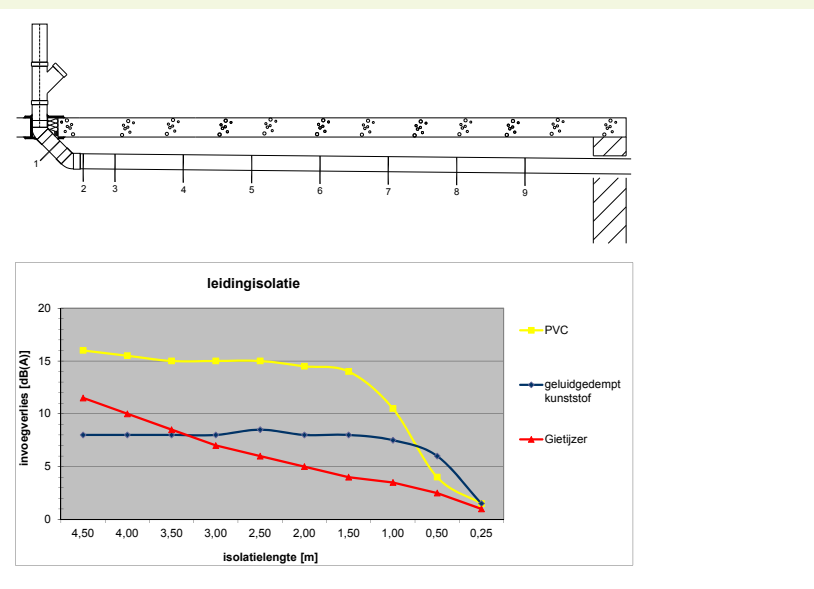
waarin:

$L_{n,z}$  = het genormeerde geluidniveau volgens (1) van een ongeïsoleerde basis leiding [dB]

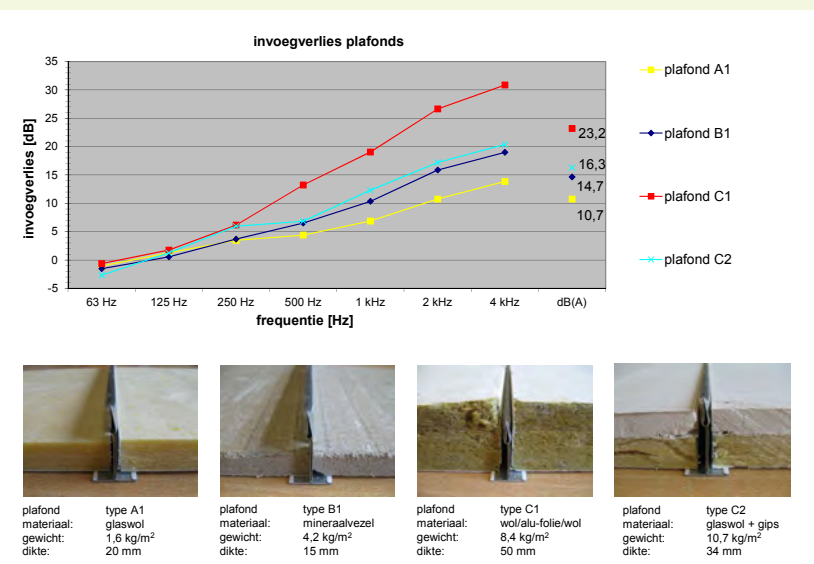
$L_{n,o}$  = het genormeerde geluidniveau volgens (1) van een geïsoleerde leiding [dB]

Ten behoeve van het onderzoek is een leidingisoliatiemateriaal onderzocht bestaande uit een laag glaswol van 10 mm dikte, afgewerkt met een massa laag van 4 kg/m<sup>2</sup>. Dit isolatiemateriaal is om de drie basis afvoerleidingen aangebracht. In eerste instantie is de liggende afvoerleiding over de gehele lengte van 4,5 m geïsoleerd. Vervolgens is de leidingisoliatie in stappen van 0,5 m in de richting van de bochten verwijderd en is bij elk stapje het invoegverlies opnieuw bepaald. Deze metingen zijn uitgevoerd bij een continu debiet van 3,0 l/s. In figuur 4 is de meetsituatie geschetst en zijn de meetresultaten gepresenteerd.

Het gemeten invoegverlies van de leiding blijkt niet onafhankelijk van de basisleiding te zijn. Naarmate de geluidafstraling van de basis leiding hoger is, en zijn gewicht lager, is het effect van de leidingisoliatie groter. Bij de PVC-afvoerleiding is het gemeten invoegverlies met 16 dB(A) het grootst. Wanneer hetzelfde isolatiemateriaal wordt toegepast om de geluidgedempte (zware) afvoerleiding



-Figuur 4- Gemeten invoegverlies van de leidingisoliatie in relatie tot de isolatielengte



-Figuur 5- Invoegverlies van de onderzochte verlaagde plafonds

extra te isoleren, dan blijkt de reductie beperkt tot maximaal 8 dB(A). Ook de invloed van de lengte is niet materiaal onafhankelijk. Bij de kunststof leidingen (zowel in de lichte als de zware uitvoering) wordt na ca. 1,5 m voorbij de bochten geen belangrijke verdere reductie van de geluidafstraling gevonden wanneer

de leiding nog verder wordt geïsoleerd. Bij de gietijzeren leiding is dit wel het geval. Dit heeft naar verwachting te maken met de eigen demping en buigstijfheid van het leidingmateriaal. De aanstoting vindt plaats in de bocht, daarna treedt er een afname van het trillingsniveau op met toenemende afstand tot de plaats

van aanstoting. Bij leidingmaterialen met een hogere eigen demping en lagere buigstijfheid (de kunststof leidingen) is de afname met de afstand groter dan bij de gietijzeren afvoerleiding.

Een andere wijze om de geluidafstraling van de afvoerleiding te reduceren is het aanbrengen van een bouwkundige omkokering. Als leidingkoker is een dubbele gipskartonbeplating onderzocht die rondom de afvoerleiding wordt aangebracht zonder deze ergens te raken.

De spouw is voorzien van geluidabsorberend materiaal.

Met deze leidingkoker is een reductie gemeten van 25 tot 30 dB(A). Het gemeten invoegverlies blijkt vrij onafhankelijk te zijn van het type basisleiding en het debiet.

## ■ INVLOED VERLAAGDE PLAFOND

De geluidabsorberende kwaliteit, bepaald volgens de nagalmkamer methode, en de overlangsgeluidisolatie van een verlaagd plafond zijn bekende grootheden waarover de meeste leveranciers van plafondpanelen wel gegevens kunnen verstrekken. Over de mate waarin een verlaagd plafond het geluid van een afvoerleiding reduceert is weinig tot geen informatie voorhanden. Om deze reden is er een aantal verschillende uitvoeringsvarianten van het verlaagd plafond in het onderzoek betrokken. Om de invloed van het verlaagde plafond op het door de afvoerleiding afgestraalde geluidniveau te bepalen wordt ook hier het begrip 'invoegverlies  $D_{w,r}$ ' berekend volgens vergelijking 1' gehanteerd. In dit geval is het zendniveau het door de basisleiding (vrij in het zicht) afgestraalde geluidniveau in het ontvangvertrek ( $L_{n,z}$ ). Het ontvangniveau is het gemeten geluidniveau in het ontvangvertrek wanneer dezelfde basisleiding is gemonteerd boven het te onderzoeken verlaagde plafond ( $L_{n,o}$ ).

## ■ ONDERZOCHE PLAFONDS

Als representatief verlaagd plafond is gekozen voor een zichtbaar ophangstelsel met T-profielen en een bandraster aangebracht in een stramenmaat van 1.200 x 600 mm. In het plafond zijn vier verlichtingsarmaturen met afzuigopeningen opgenomen. Voor de plafondpanelen is gekozen voor drie verschillende kwaliteitsniveaus ingedeeld op basis van de te verwachten overlangsgeluidisolaties (gedefinieerd in [3]):

- de meest eenvoudige uitvoering is een licht gewicht mineraalwol paneel, een goed absorberende constructie maar met een beperkte geluidisolatie. De te verwachten overlangsgeluidisolatie bedraagt  $D_{nfw} = 20-25$  dB;
- de tweede categorie is een geperste mine-

raalvezel met een oppervlakte massa van ca. 5 kg/m<sup>2</sup> en een te verwachten overlangsgeluidisolatie van ca.  $D_{nfw} = 30-35$  dB;

- als best isolerend plafondpaneel is een plafond onderzocht met een overlangsisolatie van ca.  $D_{nfw} = 40-45$  dB. Hierbij bestaat het plafondpaneel uit een gelaagde constructie en worden de verlichtingsarmaturen voorzien van geluidgedempte suskappen.

## ■ MEETRESULTATEN ONDERZOCHE PLAFONDS

Voor elk onderzocht verlaagde plafond is het invoegverlies bepaald voor alle drie onderzochte basisafvoerleidingen, ieder bij de vijf onderzochte debieten. Op basis van de meetresultaten zijn de volgende conclusies te trekken:

1. De gemeten invoegverliezen met verschillende typen afvoerleidingen en verschillende debieten liggen dicht bij elkaar en kunnen goed gemiddeld worden. Deze gemiddelde waarden zijn in figuur 5 samengevat en kunnen als uitgangspunt voor het berekeningsmodel worden gehanteerd, onafhankelijk van het type bovenliggende afvoerleiding.
2. Het gemeten invoegverlies varieert van ca. 10 dB(A) voor plafondtype A, ca. 15 dB(A) voor plafondtype B tot ca. 23 dB(A) voor het best geluidisolierende plafondtype C1. Deze plafondpanelen bestaan uit een gelaagde opbouw met een absorberende laag aan zichtzijde en aan de plenumzijde. In kern van het plafondpaneel is een gesloten laag (aluminium folie) aangebracht.
3. Het gemeten invoegverlies van plafondtype C2 is slechts 16 dB(A), ondanks de zware beplating van gipskarton aan rugzijde. De winst in de verhoging van de geluidisolatie door de zware afwerking aan rugzijde wordt voor een belangrijk deel teniet gedaan door de geluidreflecterende werking van de rugzijde. Door de geluidreflecterende rugzijde wordt de hoeveelheid absorptie in het plenum verlaagd en hiermee het geluidniveau in het plenum verhoogd.
4. Door op het verlaagde plafond extra absorptie aan te brengen is een belangrijke verbetering van 8 tot 11 dB(A) gevonden. Deze verbetering kan deels verklaard worden uit de verhoging van de geluidisolatie van het plafondpaneel zelf (in de hoge tonen) en deels uit het verlagen van het geluidniveau in het plenum boven het verlaagde plafond door hier extra absorptie aan te brengen.

## ■ BEREKENINGSMODEL

De onderzoeksresultaten zijn verwerkt in het berekeningsmodel met de naam

SoundSpotSim Plus. In dit berekeningsmodel is de invloed van de verschillende deelelementen op het totale afgestraalde installatiegeluidniveau verwerkt.

Startpunt van de berekening is het afgestraalde geluidniveau van een basis afvoerleiding bij het nominale debiet ( $Q_0$ ) van 3,0 l/s in de octaafbanden van 125 Hz tot en met 4 kHz. Deze metingen dienen te zijn uitgevoerd volgens de meetnorm [2]. Vervolgens wordt het frequentieafhankelijke invoegverlies van een leidingisolatie en/of een omkokering en/of een verlaagd plafond afgetrokken. Door tenslotte de referentie nagalmtijd en het volume van het ontvangvertrek op te geven wordt respectievelijk het A-gewogen installatiegeluidniveau en het karakteristieke A-gewogen installatiegeluidniveau in de verblijfsruimte berekend.

## ■ NAUWKEURIGHEID

Om de nauwkeurigheid van het model te onderzoeken zijn alle 398 gemeten situaties ook met SoundSpotSim Plus berekend. Het maximale verschil tussen de berekende en de gemeten installatiegeluidniveaus bedraagt 4 dB(A) voor alle gemeten debieten. Wanneer het laagste debiet van 0,5 l/s buiten beschouwing wordt gelaten, dan is in 90% van de gemeten situaties het maximale verschil tussen het berekende en het gemeten installatiegeluidniveau 3 dB(A). Dit geldt voor de laboratoriumsituatie met de hier toegepaste materialen en constructies. Er is momenteel nog geen informatie beschikbaar omtrent de nauwkeurigheid van de met SoundSpotSim Plus berekende installatiegeluidniveaus in een praktijksituatie. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig, waarbij in verschillende praktijksituaties de berekende niveaus kunnen worden vergeleken met gemeten geluidniveaus.

## ■ REFERENTIES

1. Th. Scheers: Akoestisch onderzoek rioleeringsleidingen boven verlaagde plafonds, Peutz rapport ARA 858-3-RA:2011
2. EN 14366:2004. Laboratory measurement of noise from waste water installations
3. ISO 10848-2:2006 Acoustics - Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact sound between adjoining rooms - Part 2: Application to light elements when the junction has a small influence