

Beter begrip van de laatste loodjes met het HomeWaterLab

De drinkwaterinstallatie in woningen vormt een blinde vlek voor drinkwaterbedrijven waardoor het voor hen lastig is om te bepalen of het geleverde drinkwater aan de strenge kwaliteitseisen voldoet. Om hier licht op te werpen heeft KWR de HomeWaterLab-proefopstelling gebouwd die een drinkwaterinstallatie van een woning nabootst. In dit artikel wordt uitgelegd wat de waarde is van deze opstelling in het kader van onderzoek naar lood in drinkwater. De naam HomeWaterLab is vanzelfsprekend: een proefopstelling om drinkwaterinstallaties van woningen na te bootsen en daarbij horende vraagstukken te onderzoeken. Het biedt een manier om verschijnselen in drinkwaterinstallaties te onderzoeken zonder klanten lastig te vallen. De eerste toepassing van deze opstelling is een onderzoek in het kader van lood in drinkwater. Met behulp van deze robuuste, toegankelijke en gebruikersvriendelijke opstelling zullen geschikte bemonstering strategieën getest worden. De resultaten hiervan worden gebruikt om modellen te valideren en de modellen zelf worden voor beslissingsondersteuning gebruikt (bijvoorbeeld, moeten watermeters met messing en leidingen met loodsoldeer gesaneerd worden).

In het Drinkwaterbesluit staan de kwaliteitsnormen voor drinkwater waaraan de Nederlandse drinkwaterbedrijven moeten voldoen zowel op het leveringspunt als aan de kraan. Voor huishoudens is het leveringspunt de watermeter.

Een van de parameters die de drinkwaterkwaliteit bepaalt is de loodconcentratie. De voormalige norm voor de wekelijkse opname van lood per persoon was 10 µg/l. Vanaf 2023 is de drempelwaarde verlaagd tot 5 µg/l, in lijn met de Europese richtlijnen. Dit hangt samen met actieplannen gepresenteerd aan de Tweede Kamer om lood in drinkwater aan te pakken [1, 2].

Vanwege deze aanscherping maken de Nederlandse drinkwaterbedrijven zich zorgen over de rol van

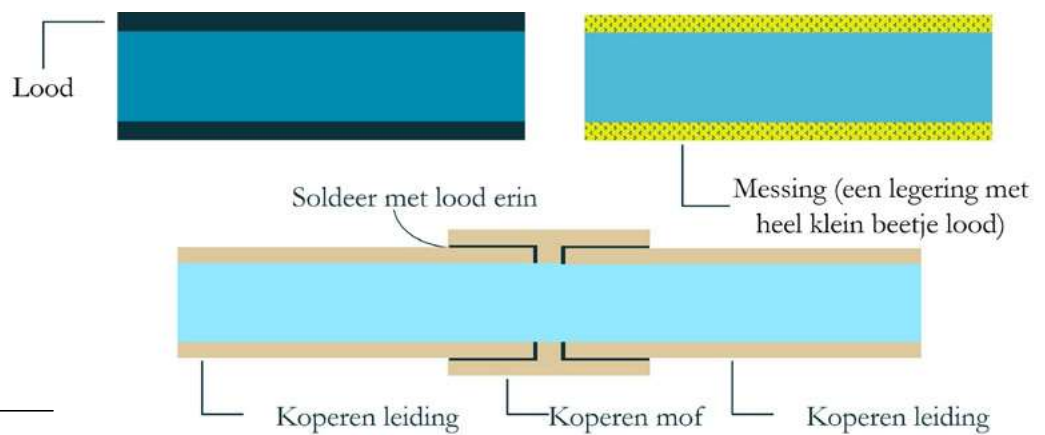
loodafgevend onderdelen, zoals koperen leidingen met loodsoldeer en messing onderdelen in de drinkwaterinstallatie. Koperen leidingen worden vaak gebruikt in zowel aansluitleidingen als drinkwaterinstallaties. Om leidingen met elkaar te verbinden worden twee einden onder een sok samengesmolten met behulp van soldeer. Voor 1990 was lood een van de componenten in de soldeer. Messing is een legering van meerdere metalen, inclusief soms een heel klein beetje lood. Er zijn diverse types messing afhankelijk van de precieze samenstelling. Messing wordt vaak toegepast in watermeters en kranen. Schetsen van loodafgevend onderdelen zijn in Figuur 1 weergegeven.

In vergelijking met loden leidingen waarin de hele oppervlakte in contact met drinkwater komt, is deze oppervlakte van loodsoldeer gering. Op een soortgelijke manier, is het percentage lood in messing veel lager dan in een loden leiding. In deze zin vormen loodsoldeer en messing "de laatste loodjes". Mochten deze onderdelen een te grote impact hebben op de volksgezondheid, dan zouden de drinkwaterbedrijven ze allemaal moeten opsporen en vervangen. Dit wordt een enorme klus, omdat er miljoenen van deze onderdelen aanwezig zijn die bovendien niet goed geregistreerd zijn.

Modellering

Het is nog niet duidelijk of messing onderdelen en/of loodsoldeer leiden tot normoverschrijding. Deze onderdelen kunnen aanwezig zijn of in het toezicht gebied van het drinkwaterbedrijf (bijvoorbeeld, koperen aansluitleidingen of watermeters van messing) of in de drinkwaterinstallatie (buiten toezicht van drinkwaterbedrijven). Omdat drinkwaterinstallaties buiten het toezicht van drinkwaterbedrijven vallen, wordt het lastig voor drinkwaterbedrijven inzichten in te winnen over de drinkwaterkwaliteit aan het tappunt.

Modellering van drinkwaterkwaliteit in drinkwaterinstallaties biedt een makkelijke weg om inzichten op dit gebied te verkrijgen. Met modellering worden er berekeningen op een computer gedaan. Het grootste voordeel van zo'n benadering is dat men volledige beheersing over de situatie heeft: complete kennis over de drinkwaterinstallatie, waterverbruik en manier van loodafgifte. Dit



Figuur 1: Schetsen van diverse loodafgevendende onderdelen.

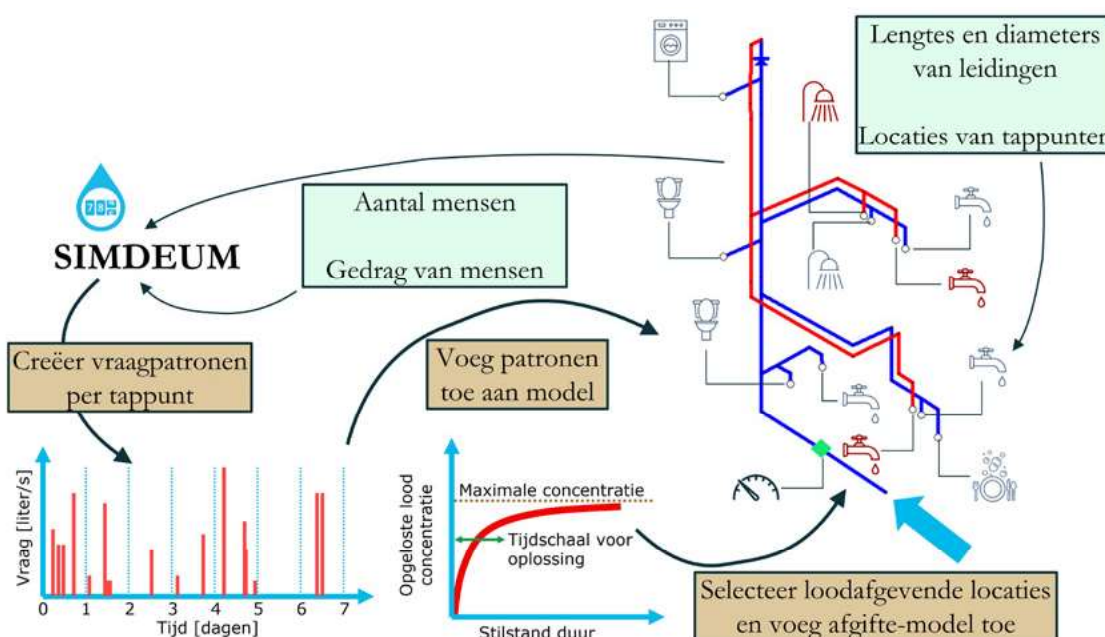
is in tegenstelling tot echte woningen waar zulke aspecten nooit exact bekend zijn. In deze manier biedt modellering een enigszins makkelijker middel om onderzoek over drinkwaterinstallaties uit te voeren (met het uitgangspunt dat het model voldoende betrouwbaar is).

Om een gevoel te krijgen voor loodconcentraties aan de kraan en welke factoren deze concentratie beïnvloeden, is er bij KWR afgelopen jaren onderzoek verricht. De belangrijke ingrediënten van het modelleringskader (zie Figuur 2) zijn als volgt:

1. Geometrie: Een drinkwaterinstallatie gebaseerd op een typische Nederlandse woning met drie bouwlagen is gedefinieerd. Hiervoor zijn de lengtes/diameters van de leidingen en de locaties van de tappunten bepaald. Er zijn elf verbruikspunten (zoals douche, keukenkranen, wc's), waarvan er drie warm water leveren.

2. Waterverbruik: De informatie over de verschillende tappunten, de samenstelling van het huishouden (aantal volwassenen/kinderen) en hun gewoontes met betrekking tot waterverbruik (type apparaten, hoeveelheid verbruik) wordt als input gebruikt voor SIMDEUM. Dit programma genereert vraagpatronen op de verschillende tappunten.

3. Loodafgifte: Het laatste puzzelstukje is de manier en locatie van loodafgifte. Een aantal leidingen wordt geselecteerd als locaties waar loodafgifte plaatsvindt. Loodafgifte vindt plaats als er langdurig contact is tussen de loodhoudende wand en (stilstaand) water. De manier van loodafgifte wordt wiskundig beschreven met behulp van twee parameters - de evenwichtsconcentratie en de snelheid waarmee de loodconcentratie toeneemt.



Figuur 2: Kader van modellering met als hoofdingrediënten de drinkwaterinstallatie [3], de door SIMDEUM gegenereerde verbruikspatronen en het loodafgifte-model.

Het kader voor modellering van loodconcentraties in een drinkwaterinstallatie zijn opgesteld en vervolgens aangescherpt vooral om korte loodafgevendende stukken te accommoderen [4]. Hiermee zijn uitgebreide gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met variaties in geometrie (lengtes/diameters van drinkwaterinstallatie), waterverbruik (aantal inwoners, gedrag tegen drinkwaterverbruik), loodafgifte-eigenschappen (parameters omtrent loodafgifte, locaties van loodafgevendende stukken). Het modelleringskader ontworpen bij KWR heeft ook buiten Nederland belangstelling gevonden om het effect van waterbesparende maatregelen te onderzoeken [5].

Hiermee kunnen vragen zoals de volgende beantwoord worden:

- Wat is de gemiddelde loodconcentratie aan de kraan? Hoeveel lood krijgt men binnen via drinkwater?
- Welke factoren hebben de meeste invloed op loodconcentraties?
- Bij welk monsternameprotocol is er een hoge kans om een uitspraak over de aanwezigheid/locatie van loodafgevendende onderdelen te kunnen doen?

Samengevat, zo'n modelleringsbenadering biedt een proeftuin om allerlei vragen rondom lood in drinkwaterinstallaties te beantwoorden. De resultaten hiervan zouden kunnen gebruikt worden om beslissingsvorming te ondersteunen.

Metten is weten – behoefte aan metingen

Om te kunnen profiteren van de voordelen van modelleren, is het wel noodzakelijk om een aantal aannames en versimpelingen te verifiëren. Een paar voorbeelden zijn hieronder genoemd:

- **Looddeeltjes:** In het huidige model is er alleen toegespitst op opgelost lood. Een andere vorm waarin lood kan verschijnen is als deeltjes. Het afgeven van deeltjes aan drinkwater zou wellicht een meer stochastische aard (mate van willekeurigheid en niet mogelijk in een wiskundige vergelijking te vatten) kunnen hebben. Dit in tegenstelling tot opgelost lood dat makkelijker op een wiskundige manier en als continu proces beschreven kan worden. Desondanks zijn er wel studies waarin ook deeltjes gemodelleerd worden.
- **Precieze eigenschappen van loodafgifte:** Afgifte van opgelost lood wordt met behulp van twee parameters beschreven - de evenwichtsconcentratie en de snelheid waarmee de loodconcentratie oploopt. De waarden hiervan zijn gevoelig voor het type materiaal en de samenstelling van het drinkwater. De precieze waarden voor loodafgifte door loodsoldeer en messing zijn nog niet bekend en kunnen flink variëren (blijkt uit metingen).

- **Rol van dispersie:** De verspreiding van opgelost lood wordt door convectie (verspreiding van lood door stroming) en diffusie (verspreiding van lood in richtingen met lage concentraties tijdens stilstand) bepaald. Dispersie vindt plaats als er gradiënten in het snelheidsprofiel aanwezig zijn (dus vaker in het niet-turbulente regime) en is gerelateerd aan diffusieprocessen. Echter, in het model is het aangenomen dat de stroming een propstroming (geen gradiënten in het snelheidsprofiel) is en dispersie dus genegeerd wordt. De bijdrage van dispersie is belangrijker voor kortere loodafgevendende onderdelen die relevant zijn voor "de laatste loodjes". Er zijn ontwikkelingen om rekening te houden met dit verschijnsel.

De drie bovengenoemde beschrijven de beperkingen van het huidige kader van modellering aan. Het is onduidelijk hoe groot de rol hiervan is op de uitkomsten. Het is noodzakelijk om metingen in een een-op-een opstelling uit te voeren (dat wil zeggen, dezelfde geometrie, waterverbruik en loodafgifte-eigenschappen). Totdat zo'n validatie studie uitgevoerd is, moeten de resultaten van de modellering behoedzaam geïnterpreteerd worden.

HomeWaterLab – een onderzoeksomgeving voor de drinkwaterinstallatie in woningen

De drinkwaterinstallatie is een blinde vlek voor drinkwaterbedrijven. Er is recentelijk een oproep gedaan om meer aandacht aan de drinkwaterinstallaties te besteden [6]. Vanwege het brede scala van vraagstukken rondom drinkwaterinstallaties had KWR de wens om een meetopstelling te bouwen die een woning kan nabootsen en makkelijk toegankelijk is. Lood in drinkwater is niet het enige aspect van de drinkwaterinstallatie waarmee Nederlandse drinkwaterbedrijven worstelen. Andere vraagstukken zijn microbiologische veiligheid, temperatuur, waterbesparingsstrategieën, en het testen van nieuwe technologieën of producten.

De meetopstelling is gerealiseerd en is HomeWaterLab genoemd. Deze unieke opstelling biedt een onderzoeksomgeving om vraagstukken rondom drinkwaterinstallaties te beantwoorden, zonder klanten lastig te vallen.

Het HomeWaterLab heeft de volgende eigenschappen:

- Ontwerp is gebaseerd op een drinkwaterinstallatie voor een gangbaar Nederlands huishouden, getekend in Figuur 2.
- Horizontale configuratie in plaats van verticale maakt de opstelling compacter. Dit is een pragmatische keuze om een hoge opstelling te vermijden. Omdat het een druk-gedreven installatie is, is de invloed van de hoogte gering.

- Leidingen zijn uitgevoerd met realistische lengtes en diameters. Alle leidingen hebben een binnendiameter van 13 mm (in de praktijk variëren die van ca. 10 tot 20 mm).
- Leidingen zijn van PVC-U gemaakt, wat geen gangbaar materiaal is voor Nederlandse drinkwaterinstallaties (maar zeker niet het meest gebruikt). Dit was een bewuste keuze omdat het inert is voor microbiologische groei.
- Elf verbruikspunten (aangedreven door solenoid valves) zijn aanwezig. Zeven zijn binair van aard, dat wil zeggen dat ze of aan of uit kunnen staan, waarbij de aan/uit-stand in de tijd kan worden geschakeld. De andere vier zijn regelbaar waarbij gewenste volumestromen aangegeven kunnen worden en kunnen variëren over de tijd.
- Aanwezigheid van een boiler om warm water te kunnen voorzien. Drie verbruikspunten kunnen warm water krijgen.
- Aanwezigheid van een voordrukpomp en buffervat om drukschommelingen in de drinkwaterinstallatie van KWR (wegens waterverbruik bij een andere proefinstallatie) te vermijden.
- Koppeling met een besturingssysteem is aanwezig. Hiermee kunnen tijdsafhankelijke verbruikspatronen makkelijk aan de elf verbruikspunten toegewezen worden. Experimenten kunnen langdurig en automatisch gedraaid worden.
- In de opstelling zijn druk-, temperatuur- en volumestroomsensoren aanwezig. Tijdens metingen worden ze elke seconde ingelezen en de gelogde data kan makkelijk geëxporteerd worden voor nadere analyse.
- Leidingen zijn toegankelijk waardoor sensoren of bijzondere inzetstukken gemonteerd kunnen worden.

Het HomeWaterLab is niet de eerste drinkwaterinstallatie meetopstelling van zijn soort. De opstelling bij KWR is geïnspireerd op een opstelling die eerder bij de TU Delft is gebouwd [7] en later ontmanteld. Eigenlijk waren er twee opstellingen bij de TU Delft gebouwd: de eerste gebaseerd op de woninggeometrie in Figuur 2 en de tweede als een verlenging van de eerste met extra leidingwerk om huishoudelijke sprinklers te accommoderen. De grootste verschillen van de opstelling bij TU Delft in tegenstelling tot HomeWaterLab zijn (i) de verticale configuratie (ii) de

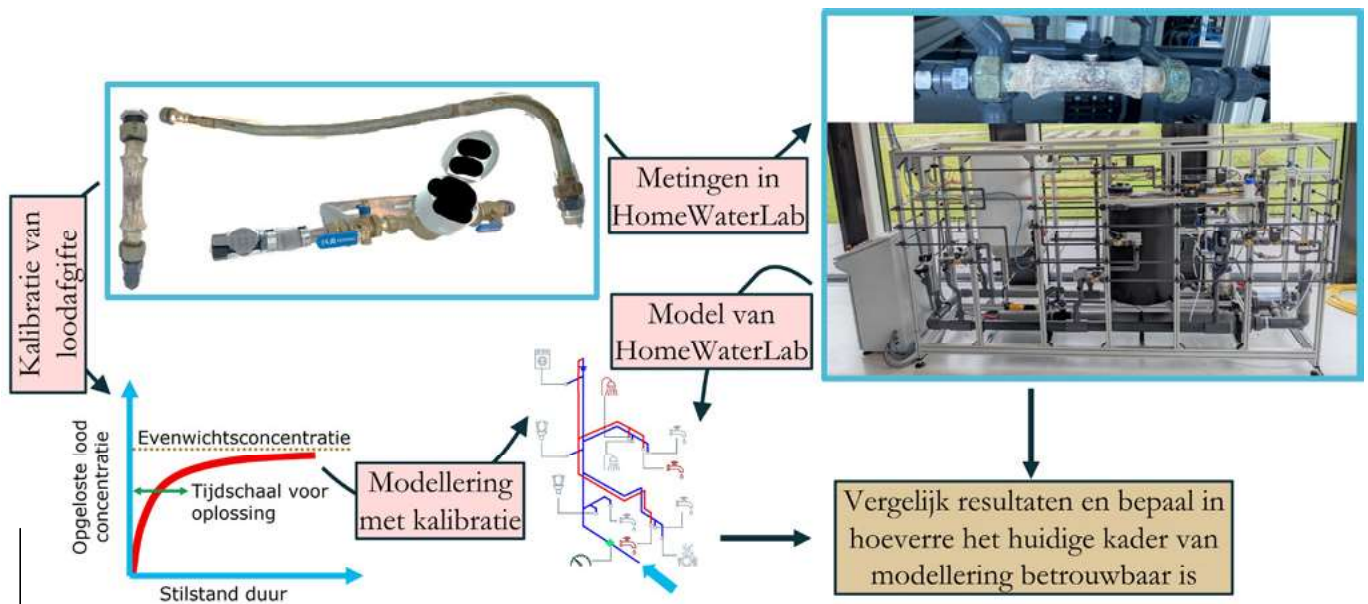
aanwezigheid van watermeters, (iii) de aanwezigheid van enkel binaire tappunten en (iv) het gebruik van koperen leidingen met binnendiameter 13 mm of 19,8 mm.

Bij de Environmental Protection Agency (EPA) in de Verenigde Staten bestaat er ook een Home Plumbing Simulator. Deze opstelling is een full-scale systeem in plaats van de compacte HomeWaterLab. Er is een echte douche, wasmachine, toilet, kranen, ingebouwd. Hier wordt van koperen leidingen gebruik gemaakt. Het is onduidelijk of de opstelling automatisch gedraaid kan worden omdat het systeem alleen op werkdagen doorgespoeld wordt [8]. Deze opstelling wordt vooral gebruikt voor onderzoek naar lood, koper en legionella. Naast de Home Plumbing Simulator heeft de EPA ook de Water Security Test Bed Research en Test & Evaluation Facility Research. Deze twee opstellingen maken ook gebruik van echte toestellen en zijn gebouwd om decontaminatie-strategieën te bestuderen.

Bemonstering voor lood: de eerste toepassing van de HomeWaterLab

De eerste testen bij het HomeWaterLab zullen aan loodafgifte-metingen gewijd worden. Het plan is in Figuur 3 schematisch weergegeven en ziet er als volgt uit:

1. Drie uit het veld genomen loodafgevend onderdelen (een kort loden stuk, koperen leiding met loodsoldeer, watermeter met messing onderdelen) zijn onderzocht op de hoeveelheid afgegeven lood (zowel opgelost en deeltjes) als functie van stilstandduur. Deze testen zijn buiten de HomeWaterLab-opstelling uitgevoerd. De resultaten hiervan dienen als input voor de modellering (maximale loodconcentratie en tijdschaal voor oplossing).
2. Het loden stuk is aan de ingang van de opstelling gemonteerd. Door de juiste verbruikspatronen aan de verbruikspunten toe te voegen, zullen twee type bemonstering uitgevoerd worden. De verzamelde monsters zullen door het laboratorium geanalyseerd worden.
3. Een hydraulisch model van de opstelling met dezelfde verbruikspunten en -patronen als tijdens de metingen wordt bij de modellering gebruikt. Er worden op deze manier kunstmatige monsters verzameld.



Figuur 3: Plan van aanpak om het model voor loodconcentraties aan de kraan met metingen te valideren.

4. De resultaten van de monsters verzameld tijdens experimenten en berekeningen zullen met elkaar vergeleken worden. De mate van overeenkomst bepaalt de betrouwbaarheid van het model.

In de opstelling worden twee type bemonsteringsstrategieën toegepast die in Figuur 4 weergegeven zijn. De twee methodes worden "proportionele bemonstering" en "profielbemonstering" genoemd.

Voor de proportionele bemonstering geldt:

- Doel: Met deze test bepaalt men de gemiddelde loodconcentratie aan de kraan over de periode waarin een monster verzameld wordt.
- Aanpak: Hiervoor wordt er van een bijzondere appendage gebruik gemaakt, de zogenaamde proportionele bemonsteringskraan [9]. Deze kraan heeft één invoer en twee afvoeren (één groot, één klein). Water komt bij de invoer binnen. Ongeveer 95% van het water wordt dan door de grote afvoer weggespoeld naar de uitvoer van het HomeWaterLab. De resterende 5% wordt door de kleine afvoer in een monstervles verzameld. Hierdoor hoeft maar een paar liter voor een monster verzameld te worden.
- Testen: Bij vijf verbruikspunten (de vier regelbare tappunten en één binair tappunt) zijn vijf appendages gemonteerd. Bij elke appendage zal er één monster verzameld worden. Bij het HomeWaterLab worden er vier á vijf experimenten uitgevoerd, die elk een week zullen lopen. Elke week zal

zijn eigen unieke SIMDEUM verbruikspatroon op alle verbruikspunten krijgen. In totaal, zullen er twintig á vijftwintig monsters verzameld worden. Elke monster zal zowel op opgelost als totaal lood geanalyseerd worden.

- Toegevoegde waarde: De opgeloste loodconcentraties aangetroffen in deze testen zullen direct vergeleken worden met de uitkomsten van de modellen. Hiermee zal er bepaald worden of de uitkomsten van de modellering stevig genoeg zijn om een uitspraak over de rol van loodsoldeer en messing te doen.
- Handelingsperspectief: Leiden loodsoldeer en messing onderdelen tot een overschrijding aan de aangescherpte norm?

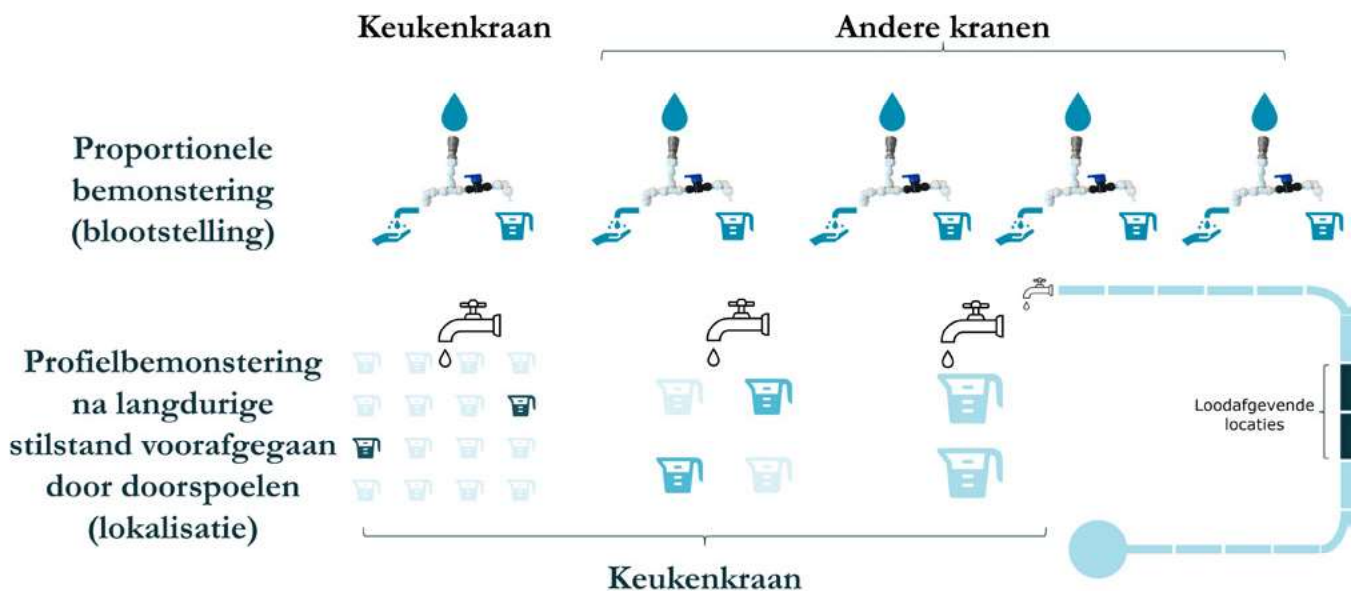
Voor de profielbemonstering geldt:

- Doel: Met deze test bepaalt men waar er lood afgegeven wordt.
- Aanpak: Bij deze test wordt er geen gebruik van SIMDEUM gemaakt. Eerst worden alle tappunten doorgespoeld, waardoor achtergrondconcentratie lood verdwijnt. Hierna zal de fase van langdurige stilstand beginnen, dat wil zeggen dat voor zes á acht uur er geen verbruik van de opstelling is. Vervolgens zal er bij de keukenkraan een reeks monsters verzameld worden. Elke monster zal dezelfde inhoud hebben.

- Testen: Er zullen meerdere reeksen verzameld worden, met elke reeks zijn eigen monstervolume. Bijvoorbeeld, 1 monster van 2000 milliliter, 2 monsters van 1000 milliliter, 8 monsters van 250 milliliter, 20 monsters van 100 milliliter, 80 monsters van 25 milliliter. Elke monster zal zowel op opgelost als totaal lood geanalyseerd worden.
- Toegevoegde waarde: Met zulke testen kunnen we zien dat grotere monsters in profielbemonstering kwetsbaar zijn voor het effect van verdunning. Bovendien kunnen we het effect van dispersie in de resultaten zien.
- Handelingsperspectief: Waar zit het loodafgevend onderdeel zodat het verwijderd kan worden?

Met deze testen zal ook de onderzoeker de praktische aspecten rondom het gebruik maken van de HomeWaterLab leren kennen. Deze ervaring is een basis voor toekomstige meetcampagnes in de opstelling.

De toepassingen van de HomeWaterLab genoemd in dit artikel zijn maar een deel van wat er potentieel mogelijk is en vertekent door de ervaring van de auteurs. De lezers van dit tijdschrift hebben verschillende achtergronden en zijn werkzaam in diverse aspecten van de installatiesector. Mocht u een ingewikkeld vraagstuk hebben dat makkelijk in de HomeWaterLab onderzocht kan worden, neem dan gerust contact met een van de auteurs op.



Figuur 4: Bemonsteringstrategieën. (Boven) proportionele bemonstering (Beneden) profielbemonstering. Proportionele bemonstering geeft inzichten over gemiddelde loodconcentraties. Profielbemonstering geeft inzichten over locatie van loodafgifte en is gevoelig aan inhoud van monster.

Referenties

1. K. H. Ollongren, „Acties lood in drinkwater,” Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag, 2020.
2. H. de Jonge, „Voortgmsrapportage lood in drinkwater,” Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag, 2022.
3. A. Moerman, „Drinking water temperature modeling in domestic systems,” Delft University of Technology, 2013.
4. A. Dash, J. van Steen en M. Blokker, „Robustness of profile sampling in detecting dissolved lead in household drinking water,” in 2nd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry, Valencia (Spain), 2022.
5. F. Hatam, M. Blokker, E. Doré en M. Prévost, „Reduction in water consumption in premise plumbing systems: Impacts on lead concentration under different water qualities,” Science of the total environment, vol. 879, p. 162975, 2023.
6. M. Blokker, „BTO 2021.057 Trendalert - Toenemende aandacht voor de drinkwaterinstallatie,” KWR Water Research Institute, 2021.
7. L. Zlatanović, Fire sprinklers and water quality in domestic drinking water systems – a novel approach to improve public safety in homes, Doctoral thesis, Delft University of Technology, 2017.
8. R. Achtemeier, M. Tang, H. Ryu, L. Boczek, D. Williams, C. Muhlen, M. Urbanic, A. Paul, M. Pinelli, E. Crockett, P. Woodruff en D. Lytle, „Full scale home plumbing system pilot plant,” in Small systems drinking water workshop, Covington, Kentucky, 2022.
9. N. Slaats en I. Vertommen, „KWR 2020.097 Proportionele bemonstering voor het meten van lood in drinkwater - handleiding,” KWR Water Research Institute, 2020.