



Jan Vreeburg, Kiwa Water Research / TU Delft

Jasper Verberk, TU Delft

Peter Schaap, Kiwa Water Research

Hans van Dijk, TU Delft

Hoe bruin water leidt tot een nieuwe aanpak

'In Nederland maken we het beste drinkwater van de hele wereld.' Zo beginnen veel artikelen in dit blad over de kwaliteit van het drinkwater. En met reden, want het geproduceerde drinkwater met de vele meertraps zuiveringen is dik in orde, zoals blijkt uit de benchmarks van Vewin en de jaarlijkse rapportage van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Toch worden per jaar naar schatting 3.000 tot 6.000 klachten over bruin water gemeld bij de waterleidingbedrijven. Intuïtief denkt men dikwijls dat de klachten geassocieerd zijn met de aanwezigheid van gietijzer in het leidingnet en dus niets met de zuivering te maken hebben. In de afgelopen jaren is intensief onderzoek verricht naar de werkelijke aard en oorzaak van bruin water en dat heeft geleerd dat de deeltjesbelasting van het drinkwater zelf in combinatie met de hydraulica in het leidingnet de belangrijkste rol speelt. De oplossingen liggen dan ook in het verlagen van de deeltjesbelasting en het verbeteren van de hydraulische omstandigheden. De resultaten van het onderzoek zijn bijeengebracht in het proefschrift 'Discolouration in drinking water systems: a particular approach'¹⁾ waarop Jan Vreeburg op 25 juni promoveerde aan de TU Delft.

De functie van een drinkwaterleidingnet kan worden gekarakteriseerd met de slogan die ooit door een multi-utilitybedrijf werd gebruikt: 'een onzichtbare service'. De service is letterlijk onzichtbaar, omdat het leidingnet zich onder de grond bevindt. Het is ook lang figuurlijk onzichtbaar gebleven als schakel in de drinkwatervoorziening die invloed kan hebben op de waterkwaliteit. De drinkwater-

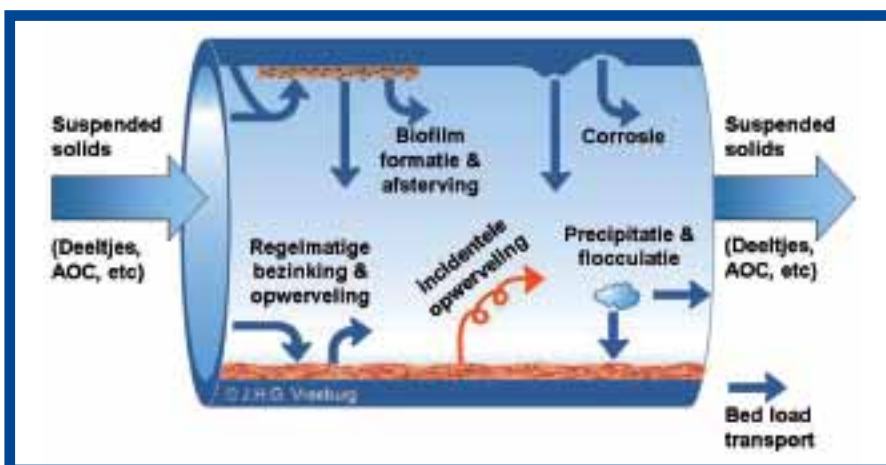
leidingnetten zijn daardoor altijd het domein geweest van de fitters. Het ontwerpen en bouwen van leidingnetten wordt meer beschouwd als een vakmanschap dan als een werkgebied voor ingenieurs en wetenschappers. De eerste prioriteit is helder en technisch van aard: voldoende transportcapaciteit om het belangrijkste doel van een drinkwaterbedrijf te verwezenlijken, namelijk het leveren van water in voldoende hoeveelheid.

Dat het leidingnet een belangrijke rol kan spelen bij de verandering van de waterkwaliteit is duidelijk geworden in het onderzoek naar de aard en de oorzaak van bruin water. Dit onderzoek is begonnen in de jaren negentig en is gedeeltelijk binnen het bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterleidingbedrijven uitgevoerd en gedeeltelijk in implementatieprojecten waarin min of meer theoretische concepten getoetst konden worden aan de werkelijkheid. In feite heeft ieder waterleidingbedrijf in Nederland meegewerkt aan het onderzoek. Het resultaat hiervan is een conceptueel model van de deeltjesgerelateerde processen in een leidingnet (zie afbeelding 1).

De kern van het model is het deeltjes-transport door het netwerk en de productie en bezinking van deeltjes in het netwerk. Dé oorzaak voor het optreden van bruin water is de incidentele opwerveling van het door de deeltjes gevormde sediment. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door het gebruik van een brandkraan, het breken van een leiding of een uitzonderlijk hoog verbruik tijdens warme dagen.

De deeltjes die het sediment vormen, zijn afkomstig van verschillende processen. Ze worden aangevoerd met het drinkwater

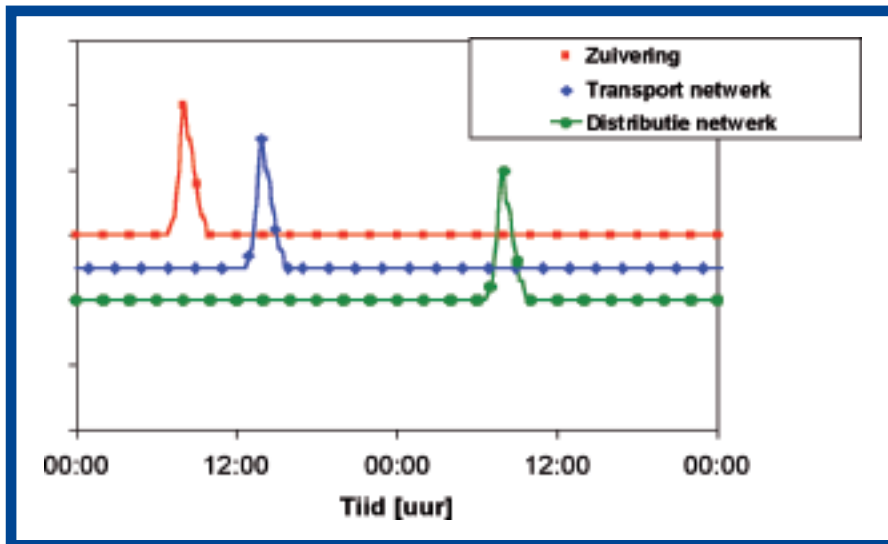
Afb. 1: Deeltjesgerelateerde processen in een leidingnet.



in de vorm van gesuspendeerde stoffen of zwevende deeltjes. Deeltjes worden ook in het leidingnet gevormd, doordat leidingen corroderen en roestdeeltjes afgeven of doordat opgeloste stoffen uitvlokken tot bezinkbare deeltjes. Ook de afsterving van biofilm kan deeltjes produceren. De hydraulische omstandigheden in distributienetten zijn wisselend, maar meestal erg rustig. Door de lage snelheden zullen deeltjes die kunnen bezinken ook daadwerkelijk bezinken. Uiteindelijk leidt dit tot een laagje sediment in het leidingnet dat de kans op het ontstaan van bruin water bepaald: hoe meer los sediment, des te meer potentieel kan opwervelen.

Meetmethoden

Meten is weten: de basis voor ieder wetenschappelijk onderzoek. Maar wat te meten en vooral hoe te meten? Uiteindelijk zijn we geïnteresseerd in het ontstaan van de sedimentlaag in het leidingnet die gevormd wordt door de deeltjes. De met deeltjes gerelateerde processen hebben echter geen constant effect op de accumulatie van die deeltjes in de leiding. De deeltjesconcentraties in het drinkwater zijn niet constant; corrosie en biofilmvorming zijn afhankelijk van contacttijd, maar ook de hydraulica kent een dynamisch karakter. Dit betekent dat metingen in staat moeten zijn om gedurende langere tijd deze processen te volgen. Voor het onderzoek zijn verschillende nieuwe meetstrategieën ontwikkeld, gebaseerd op het continu meten van de deeltjesgerelateerde parameters waarvan troebelheid en deeltjestellingen de meest belangrijke zijn. Continue troebelheidsmetingen worden al langer gebruikt om de waterkwaliteitsprocessen in het leidingnet in beeld te brengen. Als de meetlocaties goed zijn gekozen, kunnen de processen in afbeelding 1 worden



Afb. 2: Karakteristiek troebelheidpatroon bij meting op drie locaties. Het effect van bezinking is te zien in de afnemende troebelheid in de stroomrichting. De verblijftijd kan worden bepaald door de (milde) piek die op de zuivering wordt gemeten te volgen in het leidingnet. Ook zal de piek stroomafwaarts iets breder worden vanwege dispersie.

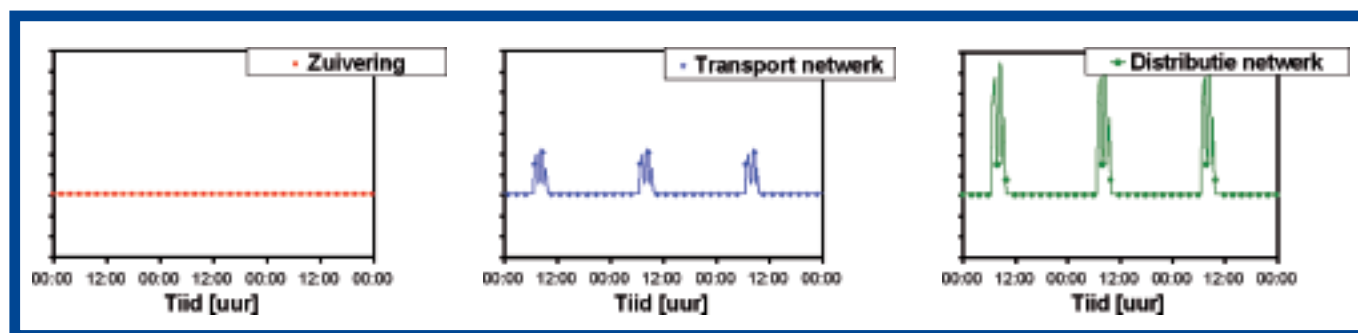
herkend aan de karakteristieken van de gemeten troebelheidpatronen. De grafieken in afbeeldingen 2 tot en met 4 geven een aantal karakteristieken met de bijbehorende processen.

De karakteristieken laten ook zien dat met monsternemingen het onderliggende proces niet eenvoudig kan worden geïdentificeerd. Als klachten over bruin water in een gietijzeren leidingnet in de vroege ochtend optreden, kan dit zowel opwerveling van sediment zijn als gevolg van de verhoogde snelheden (afbeelding 3) als het resultaat zijn van actieve corrosie (afbeelding 4). Een analyse van het troebele monster

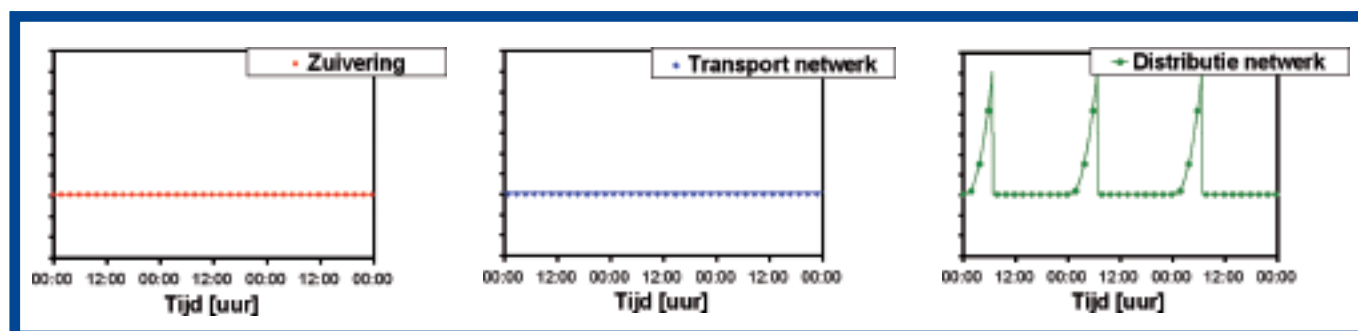
zal ook geen uitsluitsel geven, omdat in beide monsters een grote hoeveelheid ijzer gevonden zal worden. In het eerste geval is dat ijzer afkomstig van deeltjes in het drinkwater, mogelijk gevormd door postfloculatie of doorslag van het filter, in het tweede geval van corrosieproducten van de leiding. Slechts in het tweede geval is het vervangen van gietijzeren leidingen een deel van de oplossing, maar in gietijzeren leidingen is de vervuiling slechts zelden voornamelijk aan corrosie te wijten.

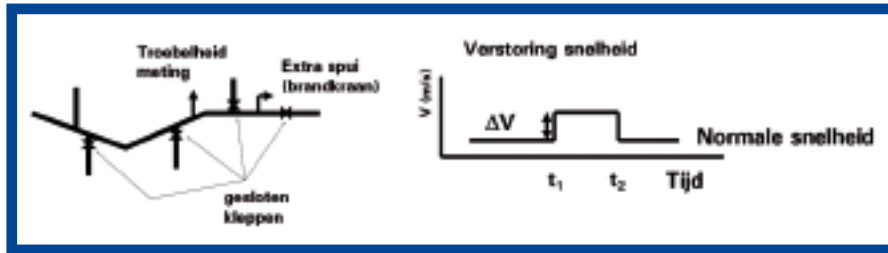
Sinds kort zijn deeltjestellers beschikbaar gekomen die het mogelijk maken om een meer kwantitatieve bepaling te doen door het

Afb. 3: Karakteristiek troebelheidpatroon voor opwerveling van sediment. Tijdens piekverbruiken in de ochtend neemt de troebelheid toe als gevolg van opwerveling door de verhoogde snelheden. In het distributienet is dit meestal hoger dan in het transportnetwerk, omdat in het distributienetwerk grotere snelheidsverschillen optreden.



Afb. 4: Karakteristiek troebelheidpatroon voor corrosie van gietijzer. Gedurende de lage verbruiksperiodes in de nacht met als gevolg langere contacttijden neemt de troebelheid toe. Als het verbruik in de ochtend weer toeneemt, wordt het water met de hogere troebelheid weggespoeld. Dit verschijnsel treedt voornamelijk op in het distributienetwerk.





Afb. 5: Het principe van de opwervelingpotentiëmeting. Een leiding wordt geïsoleerd door een aantal kleppen te sluiten en een extra spui wordt aangebracht. Hierdoor ontstaat een extra snelheid van 0,35 m/s in de leiding gedurende een bepaalde tijd.

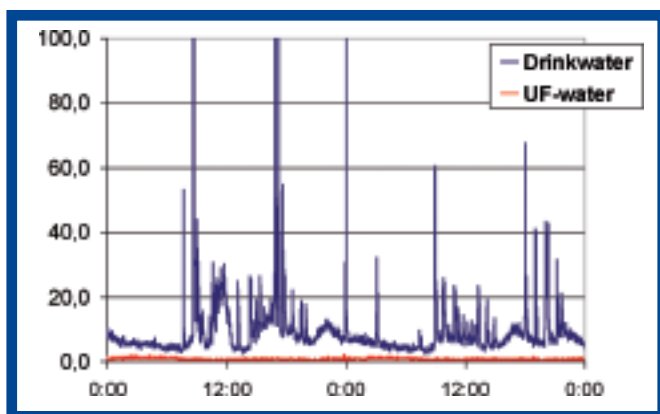
berekenen van het deeltjesvolume in het water dat het leidingnet inkomt en de ontwikkeling daarvan in het leidingnet. Het berekende deeltjesvolume tesamen met de verdeling van de deeltjesgrootte geven informatie over wat er gebeurt met de deeltjes en waar de mogelijkheden liggen om de deeltjesbelasting te verminderen. Met deze metingen is vooral de bijdrage van de zuivering goed in beeld te brengen, maar ook deeltjesproducerende processen in het leidingnet.

Naast deze directe meetstrategie is ook een indirecte meetstrategie ontwikkeld in de vorm van de opwervelingpotentiëmeting (OPM) om het risico op bruin water in leidingen te kunnen meten. Het principe van de meting is dat een kleine verstoring in de stroomsnelheid in de leiding wordt

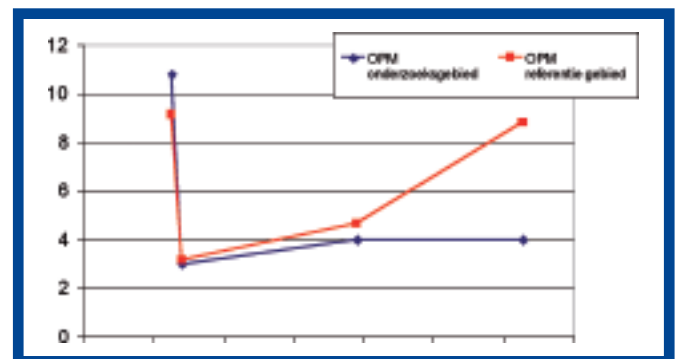
aangebracht en dat de reactie van de troebelheid wordt gemeten. Het troebelheidspatroon dat zo ontstaat, wordt op een aantal criteria beoordeeld en van een waarde voorzien (zie voor het principe van de meting afbeelding 5).

De OPM blijkt een krachtig instrument om het risico op bruin water in een leidingnet vast te stellen. De flexibiliteit van het beoordelingssysteem van de metingen maakt het mogelijk om de gevoeligheid van de metingen zo in te stellen als noodzakelijk is voor de toepassing. Een aantal bedrijven past de meetmethode nu routinematig toe en heeft hiervoor speciale apparatuur ontwikkeld (zie foto's).

Afb. 6: Het berekend deeltjesvolume voor het gewone drinkwater in het referentiegebied en het deeltjesvrije water in het onderzoeksgebied.



Afb. 7: OPM-waarden in het onderzoeks- en referentiegebied tijdens het experiment. Na schoonmaken is de OPM voor beide gebieden ongeveer 3, daarna loopt de OPM voor het referentiegebied op en stabiliseert de waarde voor het onderzoeksgebied.



Aangepaste meetapparatuur voor het doen van OPM-analyses. Links de troebelheidsmeter en de computer om de meetgegevens op te slaan en te analyseren. Rechts de aangepaste standpijp waarmee de volumestroom gemeten kan worden en bovendien een visuele beoordeling van het water kan plaatsvinden.



te bepalen, is gedurende een aantal perioden het deeltjesvolume in beide netten op verschillende plaatsen gemeten. Tevens is regelmatig de OPM gemeten. De resultaten daarvan zijn weergegeven in afbeelding 7.

In afbeelding 7 is te zien dat de beide netten ongeveer dezelfde uitgangssituatie hadden, zowel voor als na het initiële schoonmaken. In het onderzoeksgebied blijft de gemiddelde opwervingspotentie gedurende de onderzoeksperiode nagenoeg constant, terwijl in het referentiegebied de OPM na anderhalf jaar weer in de buurt is van de oorspronkelijke waarde. Om de hoeveelheid geaccumuleerd sediment te bepalen, zijn na anderhalf jaar beide gebieden schoongemaakt, waarbij van het sediment monsters zijn genomen en er een analyse is gemaakt van de samenstelling daarvan. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de tabel en afbeelding 8.

In het onderzoeksgebied blijkt veel minder sediment terug te vinden dan in het referentiegebied (een factor 12 verschil) en de relatieve samenstelling blijkt ook te verschillen. Het gehalte organisch stof in het onderzoeksgebied blijkt relatief hoger te zijn dan in het referentiegebied, maar gezien het verschil in absolute hoeveelheid is in het referentiegebied veel meer organische stof aanwezig. Meer biologische analyses zijn niet gedaan, maar het is aannemelijk dat er meer ontwikkeling is in biologisch materiaal in de aanwezigheid van sediment. Dit kan verklaard worden doordat het sediment zelf een contactoppervlak biedt voor het vormen van een biofilm. Eerdere veronderstellingen dat

de aanwezigheid van sediment ook een effect heeft op de biologische stabiliteit van het water lijken hierdoor bevestigd te worden. Beide metingen, OPM en sedimentbepaling na schoonmaken, wijzen erop dat in dit geval de belasting met deeltjes vanuit het drinkwater de belangrijkste bron is voor vervuiling van het leidingnet. In dit geval is na anderhalf jaar ongeveer weer hetzelfde risico op bruin water bereikt als voordat het gebied werd schoongemaakt.

Zelfreinigende leidingnetten

Het beheersen van de accumulatie van deeltjes door het hoog houden van de snelheid in de leidingen is volgens het model van deeltjesgerelateerde processen één van de manieren om het risico op bruin water te beperken. De snelheid in de leidingen moet zodanig zijn dat de deeltjes die gedurende de perioden van lage watervraag op een dag bezinken, tijdens perioden van hogere watervraag van die dag weer worden opgewerveld. De ontwerpregels voor deze zogeheten zelfreinigende leidingnetten zijn eind 1999 geïntroduceerd in de Nederlandse bedrijfstak. Het economische succes van deze nieuwe ontwerpregels (20 procent goedkoper dan de conventionele leidingnetten) is al tijdens de BTO-bijeenkomst van 2006 en de Vakantiecursus van 2007 gepresenteerd. De totale besparing in de periode 2000-2006 wordt geschat op 50 tot 100 miljoen euro. De theoretische verwachte winst op de waterkwaliteit van de nieuwe leidingnetten kon pas daadwerkelijk worden vastgesteld toen deze netten eenmaal gerealiseerd waren. Tijdens een uitgebreide analyse van de prestaties van deze nieuwe leidingnetten

ten opzichte van conventionele leidingnetten binnen het onderzoeksprogramma van de duinwaterbedrijven DZH, PWN en Waternet is aangetoond dat de waterkwaliteitswinst daadwerkelijk gerealiseerd werd. Het onderzoek werd uitgevoerd in 2006 tijdens een zeer warme periode van dat jaar in juni en begin juli. In het conventionele distributienet bleek toen het volume aan deeltjes dat in het gebied gebracht werd voortdurend kleiner te zijn dan het volume van de deeltjes die het net weer verliet. Door de bijzondere, extreme, verbruikssituatie op dat moment is de conclusie dat er continu sediment werd verwijderd dat gedurende een langere periode is geaccumuleerd. In het nieuwe zelfreinigende net was een evenwichtiger verhouding tussen het volume aan deeltjes dat het leidingnet inging en weer verliet: gedurende 80 tot 85 procent van de tijd was het ingaande deeltjesvolume groter dan het uitgaande deeltjesvolume, maar gedurende 15 tot 20 procent van de tijd was het uitgaande deeltjesvolume groter dan het ingaande volume. Dit betekent dat het in 80 procent van de tijd geaccumuleerde sediment in 20 procent van de tijd weer wordt verwijderd. Een meer gedetailleerde beschrijving van dit experiment is te vinden in het proefschrift. De conclusie is dat hiermee is aangetoond dat het principe van zelfreinigende leidingnetten ook in kwalitatief opzicht werkt.

Hoe nu verder?

Het al eerder aangehaalde proefschrift heeft aan de ene kant het karakter van een afsluiting, maar is aan de andere kant ook het begin van een nieuwe benadering van het probleem van bruin water in het leidingnet. Het onderzoek heeft zich sterk gericht op de analyse van de oorzaak en op de maatregelen die te nemen zijn om het probleem te beheersen. Onder andere door de inzet van de nieuwe opwervingspotentiëmeting en het continu meten van troebelheid en deeltjes is het inzicht in de rol die het leidingnet speelt helder geworden. Dit heeft geleid tot een nieuwe en bijzondere aanpak van het beheer en het ontwerp van een leidingnet. Vooral het ontwerpen van zelfreinigende leidingnetten heeft een ommekeer bewerkstelligd in de traditionele aanpak en een nieuwe focus gecreëerd die als revolutionair gekenschetst mag worden. Het is echter duidelijk geworden dat een belangrijke oorzaak van het probleem niet ligt in het leidingnet, maar in een aspect van de drinkwaterkwaliteit dat tot nu toe niet beschouwd werd als een significante factor, namelijk de troebelheid of het deeltjesvolume af pompstation. Het beheersen van deze factor zal een nieuwe aanpak van conventionele zuiveringen noodzakelijk maken, in het bijzonder voor wat betreft de bedrijfsvoering van de snelfiltratie en het terugspoelen hiervan. Wellicht dat dit ook tot nieuwe en opzienbarende benaderingen leidt die een vergelijkbare verbetering van de waterkwaliteit én de kosten kan bewerkstelligen.

LITERATUUR

- 1) Vreeburg J. (2007). Discolouration in drinking water systems: a particular approach. TU Delft/Kiwa Water Research.

Resultaten spuimonsters.

	gespuide lengte (m)	verwijderd sediment (gr)	verwijderd sediment per meter (mg/m)
onderzoeksgebied	5.840	525,08	89,9
referentiegebied	5.370	5.725,52	1.071,2

Afb. 8: Relatieve samenstelling van het sediment in het onderzoeks- (Ond) en referentiegebied (Ref). Het gehalte organische stof in het onderzoeksgebied ligt hoger dan in het referentiegebied, dat voornamelijk wordt gecompenseerd in het onbekende gedeelte. De 'errorbars' geven de standaarddeviatie van de metingen aan (n = 15 respectievelijk 20).

