Water hergebruiken is nog maar het begin

DOCTORAAT VAN ANH TRAN

Thi Kim Anh Tran behaalde haar BSc en MSc in Environmental Technology aan Ho Chi Minh University of Technology in Vietnam. In februari 2011 startte ze haar doctoraat in de onderzoeksgroep Toegepaste Fysische Scheikunde en Milieutechnologie (nu ProcESS) van het Departement Chemische Ingenieurstechnieken, in het kader van het MIP-ICON project 'InToBiMem' (Milieu- en energie Innovatie Platform) en een studiebeurs van Vietnam Ministry of Education and Training. Ze publiceerde vijf artikels in ISI-tijdschriften over het onderwerp van haar doctoraat, dat ze succesvol verdedigde op 26 november 2014.

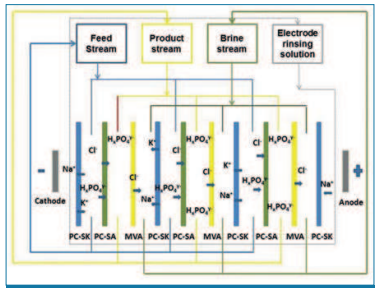
Waterschaarste en de uitputting van natuurlijke hulpbronnen zijn belangrijke uitdagingen voor duurzame ontwikkeling. Volgens gegevens van de Verenigde Naties leven 1,2 miljard mensen in een situatie van waterschaarste en een half miljard zijn hier niet ver van verwijderd. Twee derde van de wereldbevolking zal zich in 2025 in een toestand van waterstress bevinden. Een kritisch gegeven, dat in de Millenniumdoelstellingen als een prioriteit naar voor werd geschoven door de VN. Een belangrijke voorwaarde voor duurzame ontwikkeling dus, maar geen voldoende voorwaarde. Door de stijgende wereldbevolking stijgt immers ook de druk op natuurlijke niet-hernieuwbare hulpbronnen. Dat olie schaars is, weten we ondertussen maar al te goed. Maar ook de reserves aan mineralen verminderen in sneltempo. Een van die mineralen is fosfaaterts, de grondstof voor alle mogelijke fosfaathoudende producten, waaronder uiteraard kunstmest, maar ook voor heel wat andere toepassingen. Fosfaatreserves bevinden zich in Marokko en China en in mindere mate ook in Zuid-Afrika, de VS en Rusland. Europa heeft op dat vlak een uiterst kwetsbare positie, zeker nu China de export van fosfaat aan banden heeft gelegd om de eigen markt te kunnen bevoorraden.

Fosfaten uit afvalwater?

Fosfaten herwinnen uit afvalwater is daarom geen gek idee - maar moeilijk is het wel. De concentraties in het afvalwater zijn te laag voor herwinning; fosfaten slaan neer tijdens de afvalwaterzuivering en blijven achter in het slib dat wordt geproduceerd. Onder gecontroleerde omstandigheden kan fosfaat neerslaan als struviet (ammoniummagnesiumfosfaat). Struviet kan in principe worden gebruikt als meststof, hoewel dat maar beperkt is toegelaten. Calciumfosfaat produceren uit afvalwater is aantrekkelijker, maar ook moeilijker. En dat was precies de uitdaging die Anh Tran aanging in haar doctoraatsthesis: naast zuiver water ook mineralen zoals calciumfosfaat produceren.

Technologische oplossingen

Haar strategie bestaat uit het opconcentreren van het product, gevolgd door het neerslaan van de mineralen. Het opconcentreren gebeurt door een intelligente combinatie van ionenuitwisselende membranen in een selektrodialyse stack, waarin fosfaten selectief vanuit het afvalwater naar een recirculerende stroom worden overgebracht. Hierbij wordt een aantal membranen in een spanningsveld opgesteld. De ionen en kationen worden doorheen de membranen in verschillende richtingen uit de voedingsstroom getrokken zodat de juiste componenten in de productstroom komen om de fosfaten te vormen. Door het optimaliseren van de stroomdichtheid, de initiële pH van het product en de initiële voedingsconcentratie van fosfaat kon een fosfaatconcentratie in het product worden verkregen die twee keer zo groot was als in het initiële huishoudelijk afvalwater.

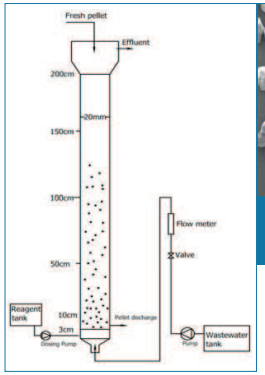


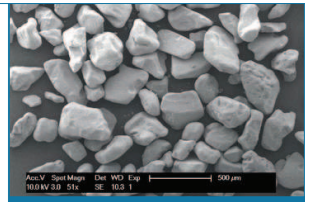
Schema van selektrodialyse; PC-SK is een kationenwisselend membraan en MVA en PC-SA zijn specifieke anionenwisselende membranen

Dat is voldoende voor kristallisatie van de productstroom in een gefluïdiseerde pelletreactor. Daarin fluïdiseert een opwaartse stroom fijn zand, maar zonder dat het wordt meegesleurd uit de reactor. Dat creëert ideale omstandigheden voor kristallisatie. Door toevoeging van chemicaliën om de pH af te stellen kan de kristallisatie van het juiste mineraal worden verkregen - calciumfosfaat, in dit geval. Door eerst een preconcentrering van fosfaat door selektrodialyse, gevolgd door kristallisatie in de pelletreactor, werd fosfaat herwonnen met een hoge efficiëntie.

Zuiver water uit afvalwater

Keren we terug naar het uitgangspunt, water recycleren, dan komen we terecht bij een moeilijk probleem voor de ionenwisselende membranen. Niet enkel fosfaten, maar ook andere mineralen worden opgeconcentreerd en vooral dan in de nabijheid van de ionenwisselende membranen. Daardoor gaan







De gefluïdiseerde pelletreactor, waarin calciumfosfaat wordt gekristalliseerd op zandkorrels. Boven: pellets na kristallisatie.

oververzadigde verbindingen neerslaan op de membranen waardoor die niet meer goed werken. Dit fenomeen noemt men scaling. Boosdoeners die dergelijke scaling veroorzaken zijn onder meer calciumcarbonaat en -sulfaat, maar ook magnesium- en zelfs nikkelverbindingen kunnen problemen veroorzaken. In eerste instantie kan de pelletreactor hier opnieuw een oplossing bieden, door het mineraal dat problemen veroorzaakt selectief te kristalliseren vooraf. Deze oplossing werd door Anh Tran getest voor de afvalwaterverwerking van de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne Ambacht (IWVA) in Koksijde. De efficiëntie van de verwijdering van calcium, de voornaamste component van mogelijke neerslag, was tussen 70% en 80% en zelfs tot 95% als men de pH juist bijstelt. Na pelletkristallisatie werd het afvalwater behandeld met (s)elektrodialyse om de vereiste karakteristieken te verkrijgen waarna het water werd teruggestuurd naar het ultrafiltratie-/omgekeerde-osmosesysteem van IWVA om gezuiverd afvalwater te recycleren. Zonder de gefluïdiseerde pelletreactor en met het omgekeerde-osmose-concentraat als voeding van de elektrodialyse vertoonden de membranen snel scaling. Door het verwijderen van 80% calcium in omgekeerde-osmose-concentraat in de gefluïdiseerde pelletreactor, kan het elektrodialysesysteem op een stabiele manier worden gehanteerd met een hoge stroomefficiëntie en zonder scaling.

Water, fosfaten en wat nog meer?

Er zit nog meer in deze technologie. Zouten kunnen problemen veroorzaken voor de membranen die worden gebruikt in deze technologie, maar ze kunnen ook de basis vormen om nog meer te herwinnen uit afvalwater: zuren en basen. Industriële afvalstromen bevatten vaak relatief hoge concentraties aan zouten, die in de afvalwaterzuivering voor moeilijkheden zorgen en moeilijk behandelbaar zijn. Door het gebruik van een combinatie van een kationwisselend en een anionwisselend membraan, een bipolair membraan, kunnen de zouten in afvalwater omgezet worden in zuren en basen.

Twee types industrieel afvalwater afkomstig van een metaalproducerend bedrijf werden onderzocht; een ervan had een hoge calciumconcentratie, het andere had hoge concentraties van zowel calcium als nikkel. In de gefluïdiseerde pelletreactor werd in optimale condities een verwijderingsefficiëntie verkregen van 90% calcium (voor het eerste afvalwater) en 73% calcium en 74% nikkel (voor het tweede afvalwater) na toevoeging van natriumcarbonaat en natriumhydroxide om calciumcarbonaat en nikkelhydroxide te verkrijgen. Vervolgens werd een hoge concentratie van zuur en base geproduceerd met slechts een licht effect van scaling op het oppervlak van het kationwisselend membraan.

Conclusie

Een gefluïdiseerd pelletreactor gecombineerd met elektrodialyse (en andere methoden van scheiding met ionenuitwisselende membranen) is een geschikte methode om water, zuur/base uit zouten en nutriënten uit afvalstromen te herwinnen. Deze methode is technisch haalbaar. Is het ook economisch haalbaar? Het antwoord op deze vraag is mede afhankelijk van de (stijgende) kostprijs van fosfaten, de schaarste aan zuiver water en de noodzaak van bedrijven om zout afvalwater op te waarderen. Dat de technologie klaar moet zijn voor een toekomst met minder goedkope grondstoffen is duidelijk. Deze doctoraatsthesis geeft de voorzet voor het verminderen van watervervuiling en het leveren van waardevolle en duurzame producten.

Adhemar Bultheel
Bart Van der Bruggen