

FOSFOR, DE KANSEN EN UITDAGINGEN VOOR DE WATERSCHAPPEN

➤ FEITEN, CIJFERS EN ACHTERGRONDEN



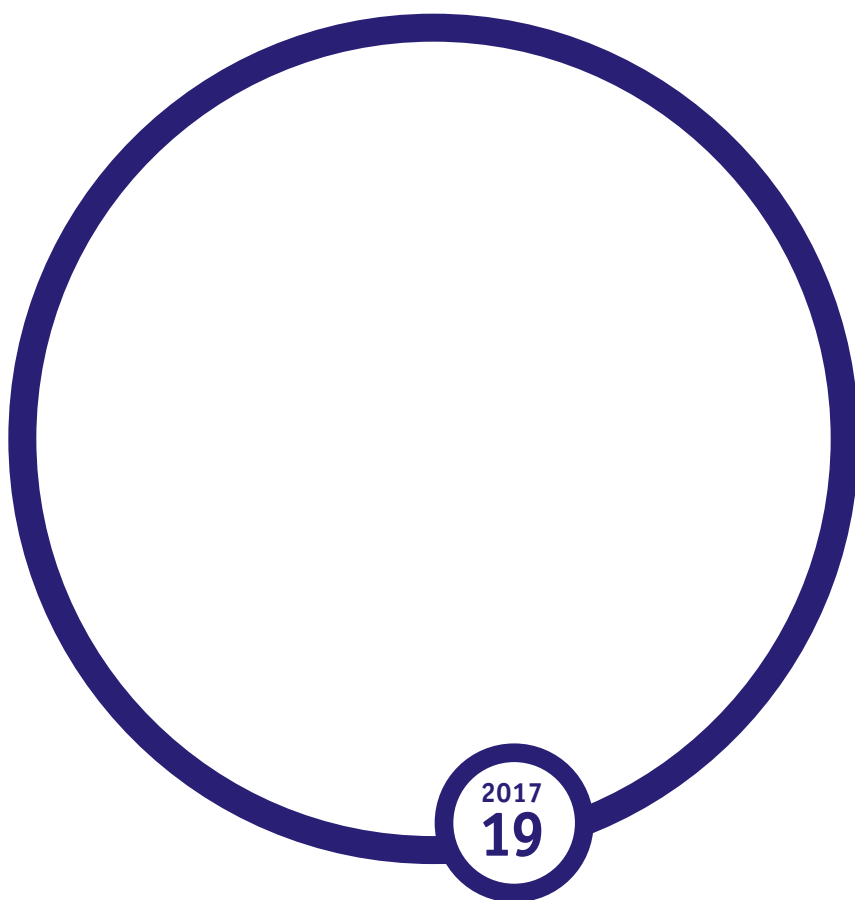
2017
19



FOSFOR, DE KANSEN EN UITDAGINGEN VOOR DE WATERSCHAPPEN



FEITEN, CIJFERS EN ACHTERGRONDEN



COLOFON

UITGAVE

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR | Ruud Schemen

EINDREDACTIE | Bert-Jan van Weeren | Cora Uijterlinde, STOWA

WEBSITE | www.stowa.nl

VORMGEVING | Vormgeving Studio B, Nieuwkoop

FOTOGRAFIE | iStock omslag, 4, 8, 18 | Vildaphoto 13

DRUK | DPP, Houten

STOWA | 2017-19 | **ISBN** | 978.90.5773.743.5

AMERSFOORT, NOVEMBER 2017

COPYRIGHT | Teksten uit dit rapport mogen worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor rapporten in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER | Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

Fosfor - vaak aangeduid als fosfaat - is een stof die samen met stikstof regelmatig zorgt voor waterkwaliteitsproblemen. Hierdoor voldoen onze oppervlaktewateren vaak niet, of nog niet aan de gestelde waterkwaliteitsdoelen vanuit de Kaderrichtlijn Water. Eind vorige eeuw is mede hierom gestart met het terugdringen van de fosforlozingen op het oppervlaktewater. Ondanks een significante reductie in de lozingen vanuit industrie (98 procent) en communale zuiveringen (66 procent) heeft dit nog niet geleid tot de gewenste oppervlaktewaterkwaliteit. De reductie vanuit de landbouw (6 procent) is zeer beperkt en er zijn verdergaande maatregelen nodig om aan de KRW-doelstellingen te kunnen voldoen.

Omdat fosfor een belangrijk onderdeel is van onze voeding en de natuurlijke bron van fosfor (fosforeerts) eindig is, is er ook steeds meer aandacht voor het terugwinnen van fosfor. De laatste jaren is via onderzoek en demonstratieprojecten steeds meer inzicht gekregen in het terugwinnen van fosfor uit afvalwater. Dat heeft al geleid tot de realisatie van enkele praktijkinstallaties.

Recente ontwikkelingen, zoals het terugwinnen van fosfor uit as van mono-slibverbranders en de realisatie van enkele praktijkschaal struvietinstallaties, zijn een grote stap voorwaarts op het gebied van de winning van de grondstof fosfor. Op deze wijze leveren de waterschappen een bijdrage aan de circulaire economie. Op het moment dat alle as uit de Nederlandse mono-slibverbranders wordt behandeld om er fosfor uit terug te winnen, kunnen we daarmee naar verwachting een groot deel van de Nederlandse kunstmestbehoefte in de landbouw dekken.

Met deze brochure willen wij u inzicht verschaffen in de situatie omtrent fosfor in het (aquatisch) milieu en in de mogelijkheden van waterschappen om het terug te winnen. Ook leest u in hoeverre dit effect heeft op de afhankelijkheid van Nederland om fosfor te importeren voor eigen behoefte.

JOOST BUNTSMA

Directeur STOWA

WAAROM DEZE BROCHURE?

FOSFOR. Het stelt waterkwaliteitsbeheerders soms voor grote problemen, maar biedt ze tegelijkertijd veelbelovende kansen. Met het terugwinnen en hergebruiken van fosfor (in de vorm van fosfaat) slaan de waterschappen twee vliegen in één klap. Het zorgt voor verbetering van de ecologische waterkwaliteit en draagt tegelijkertijd bij aan de circulaire economie waarin van afvalstoffen herbruikbare grondstoffen worden gemaakt. Dit sluit aan bij de grote ambities die waterschappen op dit gebied hebben. Bovendien leidt fosforverwijdering in rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) vaak tot lagere onderhoudskosten (minder 'scaling' van rwzileidingen).

Het onderwerp 'fosfor en fosforterugwinning' roept bij veel waterschappers vragen op. Hoeveel fosfor komt er bijvoorbeeld via rwzi's in het oppervlaktewater terecht, vergeleken met andere bronnen zoals de landbouw? Welke mogelijkheden zijn er om fosfor te verwijderen, wat kost het en wat levert het op? Waar kan het wel en niet? Hoeveel effect heeft het? En hoe zit het met wet- en regelgeving? In deze brochure krijgt u de antwoorden op al deze vragen. Antwoorden waar u in uw (beleids)praktijk mee verder kunt, bij het nemen van belangrijke beslissingen over dit onderwerp.

Tot slot: STOWA heeft de afgelopen jaren het nodige onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor het terugwinnen en hergebruiken van fosfor, maar ook naar de haalbaarheid van maatregelen om de nutriëntenbelasting (stikstof en fosfor) in het oppervlaktewater terug te dringen. In de bijlage bij deze brochure ziet u een kort overzicht van uitgevoerde onderzoeken en publicaties. Op stowa.nl kunt u deze publicaties downloaden.

INHOUDSOPGAVE

Colofon	2
Ten geleide	3

WAAROM DEZE BROCHURE? 4

• Wat is fosfor en waar komt het vandaan?	9
• Waar wordt fosfor allemaal voor gebruikt?	9
• Hoe ziet de nationale fosforbalans eruit?	10
• Hoe ziet de fosforbalans in de landbouw eruit?	11
• Wat is de relatie tussen fosfor en de Kaderrichtlijn Water (KRW)?	12
• Voldoet het Nederlandse oppervlaktewater aan de norm voor fosfor?	14
• Wat zijn de bronnen van fosfor in het Nederlandse oppervlaktewater?	14
• Wat zijn de ontwikkelingen van de verschillende bronnen geweest in het verleden?	15
• Hoeveel fosfor komt er via rwzi's in het oppervlaktewater?	15
• Welke mogelijkheden hebben waterschappen om fosfor te verwijderen/terug te winnen?	16
• Centraal of decentraal terugwinnen?	17
• Wat kost het terugwinnen van fosfor en wat levert het op?	17
• Kun je fosfor op alle rwzi's terugwinnen?	19
• Op welke zuiveringsinstallaties wordt al fosfor teruggewonnen?	19
• Wat is de potentiële bijdrage van het terugwinnen van fosfor door de waterschappen aan duurzaam fosforbruik?	19
• Welke afzetroutes zijn er voor teruggewonnen fosfor?	20
• Welke obstakels zijn er voor het gebruik van teruggewonnen fosfor?	20
• Waarom is het belangrijk dat herwonnen fosfor (struviet) niet langer meer als afval wordt gezien?	21
• Hoe verhouden de inspanningen van waterschappen bij het terugdringen van de fosfaatbelasting van oppervlaktewater zich tot die van de landbouw?	21
• Welke actuele (beleids)ontwikkelingen zijn er in Nederland rondom fosfor (medio 2017)?	21
• Wat zijn de ontwikkelingen in Duitsland?	22

BIJLAGE 1. RECENTE STOWA-PUBLICATIES OVER FOSFOR 23

STOWA IN HET KORT 24





TERMINOLOGIE

P	Afkorting voor het element fosfor, 1 mol weegt 30,97 gram
P ₂ O ₅	Scheikundige formule voor fosfaat, 1 mol weegt 141,94 gram 1 kg P ₂ O ₅ bevat 0,436 kg P
Struviet	Vorm waarin fosfor wordt teruggewonnen op de rwzi, MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O 1 mol weegt 245,27 gram 1 kg struviet bevat 0,126 kg P
1 ton	1.000 kg
1 Mkg	1.000.000 kg = 1.000 ton



WAT IS FOSFOR EN WAAR KOMT HET VANDAAN?

Fosfor, in het periodiek systeem aangeduid als P, komt in de natuur het meest voor in de vorm van *fosfaat*verbindingen. Dit zijn verbindingen van fosfor met zuurstof (bijvoorbeeld H₂PO₄ of P₂O₅). In feite spreken¹ we over fosfor (P) als het gaat om concentraties in oppervlaktewater. Bij bemesting en (fosfaat)afgifte wordt meestal gesproken over fosfaat P₂O₅.

Fosfor komt in de natuur voor in mineralen en organische stof. Het wordt gewonnen als fosfaaterts uit putten aan het aardoppervlak. Dit gebeurt op een beperkt aantal plekken in de wereld, waarbij Marokko en de Westelijke Sahara, China en de Verenigde Staten de belangrijkste zijn. Hier komt twee derde van de wereldproductie vandaan.



WAAR WORDT FOSFOR ALLEMAAL VOOR GEBRUIKT?

Fosfor speelt vooral een belangrijke rol in de voedselvoorziening. Het grootste deel van het gewonnen fosfor² wordt gebruikt voor kunstmest (74 procent). Daarna volgen industriële toepassingen zoals voederadditieven en schoonmaakmiddelen (7 procent), en andere toepassingen (10 procent). De resterende 9 procent gaat verloren tijdens transport en verwerking.

¹ Alterra, 2008, 30 vragen en antwoorden over fosfaat.

² Innovation Network, 2011, The phosphate balance, current developments and future outlook.



HOE ZIET DE NATIONALE FOSFORBALANS ERUIT?

In Nederland zijn de voornaamste stromen waarin fosfor voorkomt: (kunst)mest, voedsel, veevoer, non-food en afval(water). In [figuur 1](#) staan de stromen voor Nederland weergegeven voor het jaar 2011. Het effluent uit het blok afval uit [figuur 1](#) is opgebouwd uit 2 delen; een industrieel aandeel dat 1,0 Mkg fosfor bevat en het deel communale rwzi's dat 2,4 Mkg fosfor bevat. Dat laatste deel is relevant voor de waterschappen.

In [tabel 1](#) is weergegeven welk deel wordt geïmporteerd, welk deel wordt geëxporteerd en welk deel uit de processen verdwijnt en in het milieu terecht komt. Hieruit blijkt dat een groot deel van het fosfor Nederland binnenkomt in de vorm van veevoer en voedsel. Er gaat veel fosfor verloren via het afval, het komt terecht in het oppervlaktewater, of het wordt vastgelegd in de bodem.

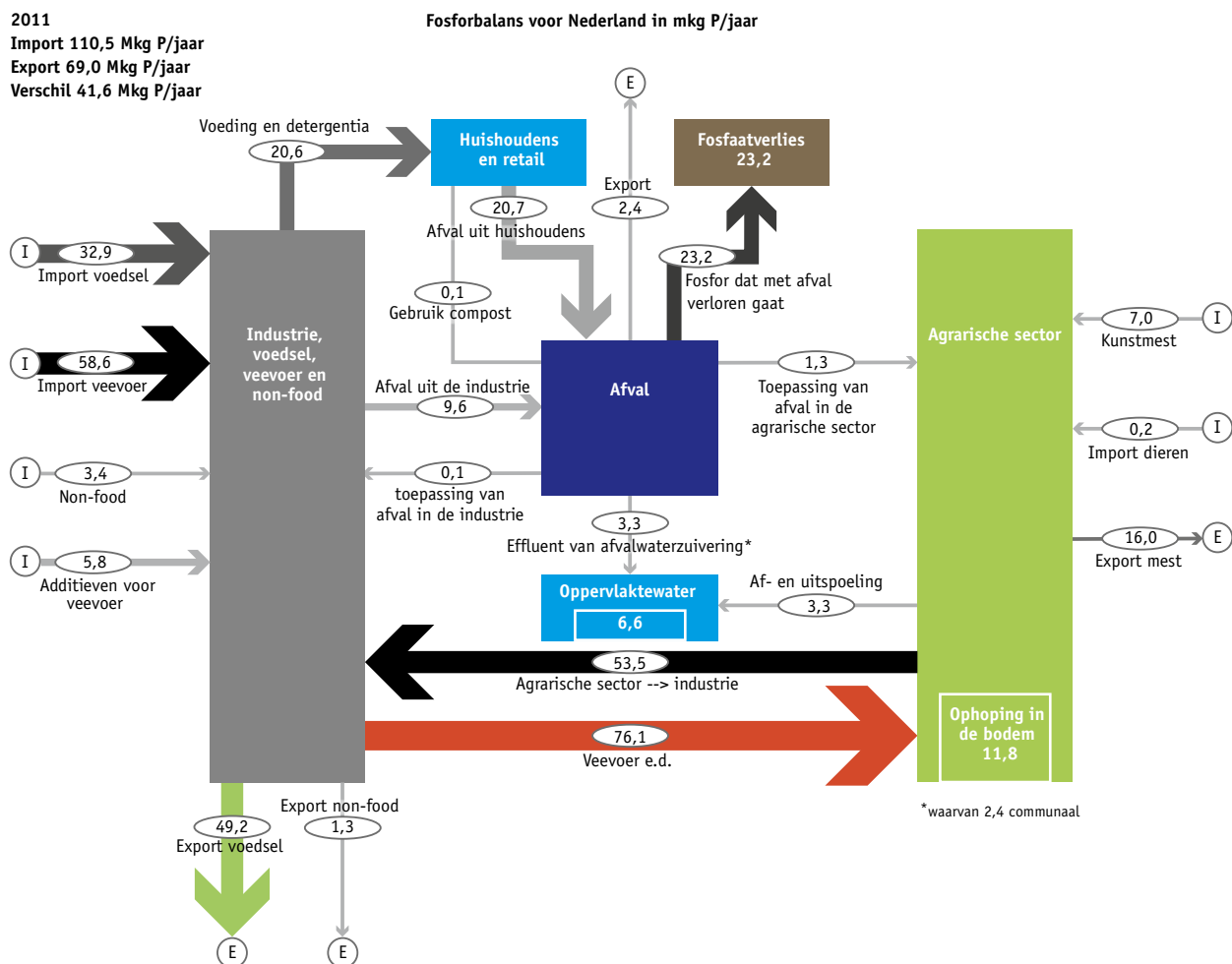


FIG 1 Fosforbalans voor Nederland (2011) uit Smit et al. 2015³.

³ Smit et al. 2015. A substance flow analysis of phosphorus in the food production, processing and consumption system of the Netherlands. DOI 10.1007/s10705-015-9709-2.

TABEL 1 Import, export en netto balans van fosfor in Nederland in 2011, uitgedrukt in MkgP/jaar.

Stroom	Import	Export	Balans
Veevoer	67,1	0	67,1
Voedsel	32,9	49,2	-16,3
Non-food	3,4	1,3	2,1
Dieren	0,2	0	0,2
Mest	0	16	-16
Kunstmest	7	0	7
Afval	0	2,4	-2,4
Totaal	110,5	68,9	41,6

Er blijft dus 41,6 Mkg fosfor per jaar achter in Nederland. Hiervan komt 6,6 Mkg fosfor terecht in het water, 11,8 Mkg fosfor wordt gebonden in de bodem en 23,2 Mkg fosfor gaat verloren met het afval.

In voorgaande balans is de aanvoer van fosfor via grensoverschrijdende rivieren niet opgenomen. In 2011 was dit 7 Mkg fosfor. In dat jaar bedroeg de afvoer van fosfor naar de Noordzee⁴ ook 7 Mkg fosfor en hoopte 2 Mkg fosfor zich op in baggerspecie.



HOE ZIET DE FOSFORBALANS IN DE LANDBOUW ERUIT?

De landbouw kent een fosfaatkringloop. Veevoer en ruw voer gaan hier in, dierlijke producten en mest komen eruit. De mest wordt weer grotendeels gebruikt voor het verbouwen van gewassen en ruw voer voor de veestapel. Naast mest gebruikt de landbouw hier ook nog kunstmest en fosfor van een andere oorsprong voor.

Van de opgebrachte hoeveelheid fosfor op cultuurgrond wordt het grootste deel vastgelegd in ruw voer en een kleiner deel in andere plantaardige producten. Ook verdwijnt er een deel naar de bodem. In de bodem wordt een deel van het fosfaat gebonden aan organische stof. Tegelijkertijd kan er ook organisch gebonden fosfaat vrijkomen en via het grondwater in het oppervlaktewater terechtkomen.

Er vindt tevens uit- en afspoeling vanaf gronden plaats. De mate waarin is sterk afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. In een nat jaar zal dit meer zijn dan in een droog jaar. Voor de periode 2006-2013 was dit gemiddeld 4 Mkg fosfor van landbouwgronden en 1 Mkg fosfor van natuurgronden. Zie ook 'Wat zijn de bronnen van fosfor in het Nederlandse oppervlaktewater' en Evaluatie Meststoffenwet (pbl.nl)⁵.

In [tabel 2](#) zijn voor de periode 2012-2014 de hoeveelheden opgenomen, waarbij moet worden opgemerkt dat het verschil in hoeveelheid veevoer veroorzaakt wordt door een toename in de voorraad.

⁴ CBS 2014, Fosforbalans van zoet oppervlaktewater, 1986-2012.

⁵ Boekel, E. van & Groenendijk, P. (2016) Achtergrondnotitie t.b.v. EMW2016 - vraag 11a Ex Post.

TABEL 2 Fosforbalans voor de agrarische sector in Nederland voor de periode 2012-2014, bron CLO⁶.

Voeding voor de veestapel (MkgP)	
Krachtvoer 70 + Ruw voer 40	Totaal 110
Productie (MkgP)	
Dierlijke producten 37 + Mest 72	Totaal 109
Toepassing mest (MkgP)	
Cultuurgrond 54 + Afzet buiten de landbouw 18	Totaal 72
Toevoer cultuurgrond (MkgP)	
Mest 54 + Kunstmest 5 + P van andere oorsprong 3	Totaal 62
Afvoer cultuurgrond (MkgP)	
Ruwvoer 42 + Plantaardige producten 16 + Verlies naar de bodem 5	Totaal 63



WAT IS DE RELATIE TUSSEN FOSFOR EN DE KADERRICHTLIJN WATER (KRW)?

Eutrofiëring, een overmatige hoeveelheid nutriënten (stikstof en fosfor) in het oppervlaktewater, leidt tot ongewenste effecten. In veel wateren overschaduwden de effecten van eutrofiëring zelfs de andere vormen van aantasting van de ecologische waterkwaliteit. Eutrofiëring leidt tot overmatige algengroei en het ontstaan van drijfslagen van (giftige) blauwalgen. Het veroorzaakt troebel water in meren en plassen. In dit water hebben waterplanten geen kans tot ontwikkeling te komen en is de visstand erg eenzijdig door het overmatig voorkomen van karper en brasem. In andere gevallen, zoals sommige sloten en kanalen, veroorzaken opgeslagen voedingsstoffen in de waterbodem het ontstaan van eenzijdig samengestelde, dichte watervegetatie, die hinderlijk is voor recreanten, voor de waterdoorvoer en voor de natuur. De effecten van maatregelen ter verbetering van de ecologische kwaliteit, zoals het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en het reconstrueren van beeklopen, worden deels tenietgedaan door te grote concentraties stikstof en fosfor.

De Europese Kaderrichtlijn Water, en ook beleid van de nationale en regionale overheden, is gericht op het terugdringen van de concentratie aan voedingsstoffen. De normen voor het waterbeheer zijn gedifferentieerd naar het type water dat beschermd moet worden; zij zijn de basis onder de vaak ambitieuze beheerdoelen.

⁶ Compendium voor de Leefomgeving, 2016, Balans van fosfor in de landbouw, 2012-2014 (<http://www.clo.nl>).





VOLDOET HET NEDERLANDSE OPPERVLAKTEWATER AAN DE NORM VOOR FOSFOR?

De kwaliteit van het oppervlaktewater is de afgelopen jaren weliswaar verbeterd, maar er wordt op veel plekken nog niet voldaan aan de eisen van de KRW. De algemene fysisch-chemische waterkwaliteit is volgens de KRW voor de meeste wateren onvoldoende. In 2015 voldeed 45,3 procent van de 711 KRW-waterlichamen aan de kwaliteitseisen voor fosfor. In 2009⁷ was dit 31 procent.

In [figuur 2](#) is de beoordeling voor fosfor (voor de jaren 2009 en 2015) weergegeven. Een goede ecologische waterkwaliteit wordt in slechts 27 procent van de wateren gehaald. Eutrofiëring, ook wel vermessing genaamd, is één van de belangrijkste oorzaken van een onvoldoende kwaliteit. Fosfor is één van de parameters waaraan wordt getoetst.

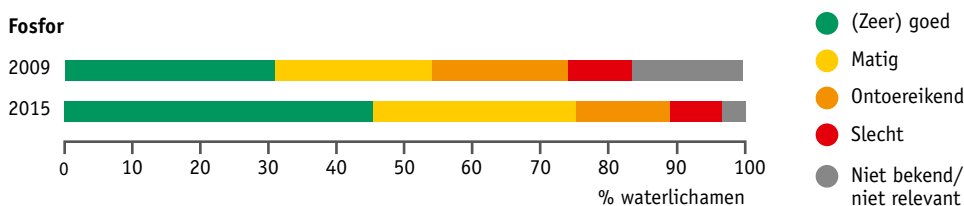


FIG 2 Fysisch-chemische beoordeling Nederlandse KRW-waterlichamen voor fosfor conform de Kaderrichtlijn Water voor de jaren 2009 en 2015 (bron: PBL).



WAT ZIJN DE BRONNEN VAN FOSFOR IN HET NEDERLANDSE OPPERVLAKTEWATER?

Bij de fosforbelasting van het oppervlaktewater wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën 'riolering en waterzuivering', 'huishoudens en overig', 'landbouw en uit- en afspoeling'

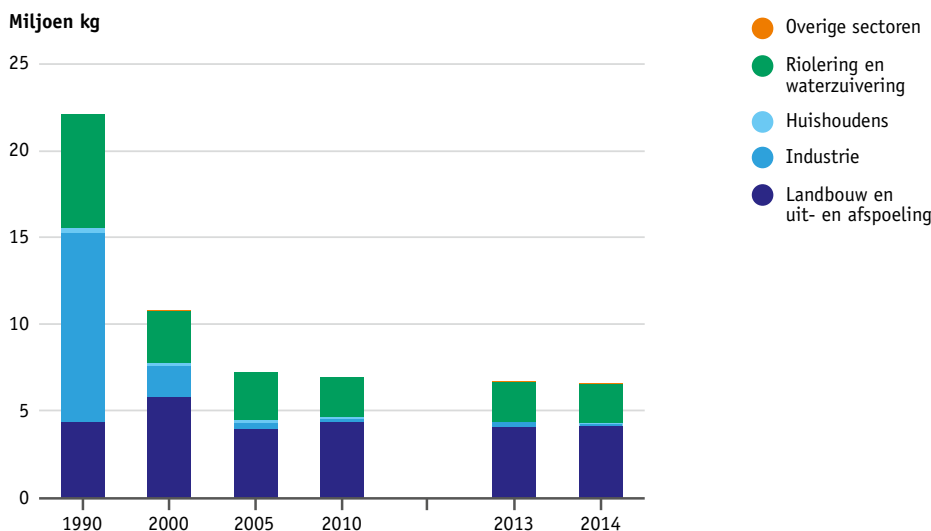


FIG 3 Belasting van oppervlaktewater door fosfor (bron: CBS).

⁷ Een vergelijking tussen de stikstof- en fosforbeoordelingen wordt bemoeilijkt door veranderingen in de normen en de methode van aggregeren. De normen voor stikstof en fosfor in beken zijn aangescherpt ten opzichte van 2009, maar in tegenstelling tot 2009 volstaat het als één van beide goed is. Ondanks deze aanscherping van de normen heeft een groter deel van de waterlichamen een goede beoordeling voor stikstof of fosfor.

en 'industrie'. In [figuur 3](#) is de bijdrage van deze bronnen weergegeven voor de periode 1990-2014. Daarnaast wordt er fosfor aangevoerd via grensoverschrijdende rivieren. Deze stroom leverde in de periode 2005-2012 een bijdrage van tussen 50 en 65 procent⁸ van de totale aanvoer van fosfor naar het Nederlandse oppervlaktewater. Deze buitenlandse vracht heeft met name invloed op de kwaliteit van de Rijkswateren en in mindere mate op de regionale wateren, omdat deze minder gevoed worden met water uit de grote grensoverschrijdende rivieren. Deze kwaliteit wordt voornamelijk bepaald door lozingen uit het omliggende gebied, waarbij de belangrijkste bron de uit- en afspoeling van landbouwgronden is, namelijk 4,2 Mkg fosfor. Ongeveer 0,59 Mkg fosfor komt uit natuurgronden en ook ca. 2,12 Mkg fosfor van riolering en zuivering⁸.



WAT ZIJN DE ONTWIKKELINGEN VAN DE VERSCHILLENDE BRONNEN GEWEEST IN HET VERLEDEN?

Bij bronnen wordt onderscheid gemaakt tussen puntbronnen en diffuse bronnen. Het betreft respectievelijk bronnen met (bijv. een rioolbuis of schoorsteen) én zonder duidelijk aanwijsbare oorsprong.

Voor puntbronnen geldt dat door bronmaatregelen in de industrie voor fosfor een aanzienlijke afname van de belasting is bereikt. Ook heeft de industrie processen en producten aangepast. Denk hierbij aan de komst van fosfaatvrije wasmiddelen. Op de rioolwaterzuiveringsinstallaties wordt steeds meer gedefosfateerd. Ook in de landbouw zijn maatregelen doorgevoerd. Hierdoor is de fosforbelasting door de binnenlandse stromen in de periode 1990-2014 met 70 procent afgenomen. Dit heeft geleid tot een sterke vermindering van de belasting van het oppervlaktewater door puntbronnen ten opzichte van 1990 (voor industrie -98 procent, voor huishoudens en overig -74 procent en voor riolering en waterzuivering -66 procent).

Voor lozingen vanuit diffuse bronnen (landbouw en uit- en afspoeling) is de belasting sinds 1990 met 6 procent afgenomen.



HOEVEEL FOSFOR KOMT ER VIA RWZI'S IN HET OPPERVLAKEWATER?

De hoeveelheid fosfor in het Nederlandse huishoudelijke afvalwater is sinds 1990 redelijk stabiel. Na een afname door de invoering van fosfaatvrije (kleding)wasmiddelen in de periode 1985-1990, nam de fosforvracht in het op rwzi's binnenkomende afvalwater (het influent) in de periode 2000-2007 weer toe als gevolg van het stijgende inwoneraantal en het toenemend gebruik van fosfaathoudende vaatwasmiddelen. De laatste jaren wordt geleidelijk overgegaan op fosfaatarme vaatwasmiddelen. Hierdoor daalt de vracht in het influent weer.

De door rwzi's geloosde vracht (in kilogrammen) fosfor via het gezuiverde afvalwater (het effluent) is vanaf het einde van de jaren tachtig flink afgenomen, zoals blijkt uit [figuur 4](#). Ook de concentratie (mg/l) voor fosfor in het gezuiverde afvalwater is flink omlaag gegaan.

⁸ CBS 2014, Fosforbalans van zoet oppervlaktewater, 1986-2012.

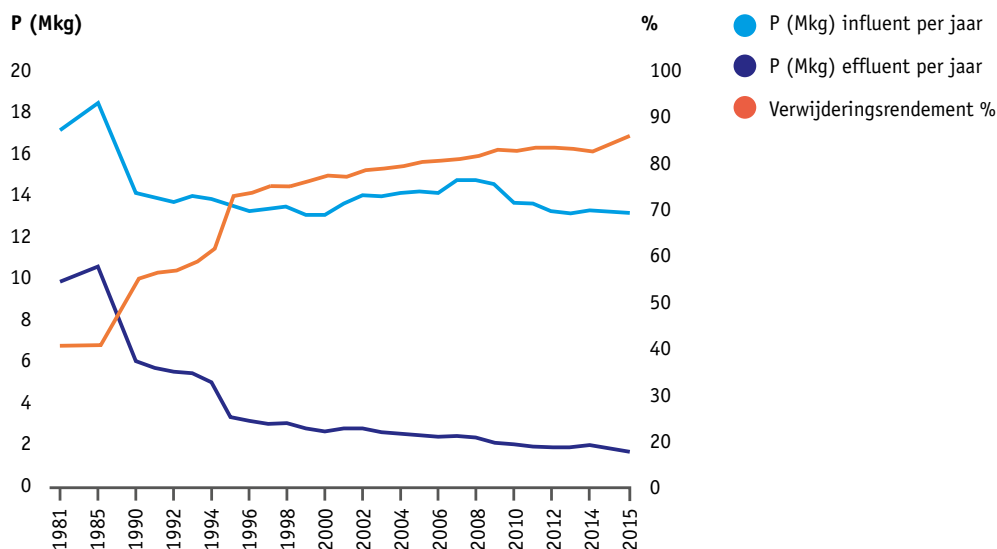


FIG 4 Het verloop in de aan- en afvoer van fosfor op communale zuiveringen in de periode 1981-2014 uitgedrukt in vracht en concentraties (bron: CBS).

De jaarlijkse vracht vanuit het effluent is afgenomen van circa 10,8 Mkg fosfor in 1985 tot 2,0 Mkg fosfor in 2015. Het verwijderingsrendement is toegenomen van 42,2 procent in 1985 tot 85,4 procent in 2015.



WELKE MOGELIJKHEDEN HEBBEN WATERSCHAPPEN OM FOSFOR TE VERWIJDEREN/TERUG TE WINNEN?

De afgelopen jaren hebben de waterschappen, samen met STOWA en het bedrijfsleven, veel onderzoek gedaan naar verwijdering en terugwinning van fosfor. Hierdoor is veel kennis ontwikkeld over diverse technieken.

Fosfor kan op een rwzi op twee manieren uit het afvalwater worden gehaald: biologisch of chemisch. Bij biologische verwijdering nemen actief-slibbacteriën fosfaat op uit het afvalwater. Dat kan door in het afvalwaterzuiveringsproces afwisselend zuurstofarme en zuurstofrijke condities te creëren. Het biologisch gebonden fosfaat kan, nadat het door de bacteriën is afgegeven, vervolgens worden omgezet in een fosforrijk product door het toedienen van magnesiumzouten. Dit product noemen we struviet, een combinatie van magnesium, ammonium en fosfaat ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Voor het terugwinnen van fosfaat als struviet zijn verschillende technologieën beschikbaar. In Nederland wordt gebruik gemaakt van de systemen NuResys⁹, Phospaq¹⁰, Airprex¹¹ en Pearl¹² (situatie begin 2017).

⁹ www.nuresys.be

¹⁰ www.paques.nl/products-nl/other/phospaq

¹¹ STOWA 2012-27, Struvietproductie door middel van het Airprex proces

¹² www.ostara.com/nutrient-management-solutions/

Bij chemische verwijdering voegt men op een plek in het bestaande zuiveringsproces metaalzouten toe aan het te zuiveren afvalwater. Het fosfaat vormt vlokken, slaat neer en komt in het zuiveringsslib terecht. Als het slib vervolgens wordt verbrand - een gebruikelijke verweringsmethode - komt het fosfor voor 98 procent in de as terecht. Deze as bevat momenteel meer dan 20 procent fosfor. Dit is aanleiding geweest voor onderzoek naar het terugwinnen van fosfor uit as van mono-slibverbranders. Met succes. Vanaf 2019 wordt uit de as van HVC en SNB fosfor teruggewonnen door het bedrijf EcoPhos in Duinkerken (Frankrijk).



CENTRAAL OF DECENTRAAL TERUGWINNEN?

Het rendement van het decentraal, biologisch terugwinnen van fosfor (in de vorm van struviet) is met 23 procent aanzienlijk lager dan het rendement van centrale terugwinning uit de as van verbrand slib. Maar het heeft weer veel voordelen in de bedrijfsvoering, zoals een betere slibontwatering, lagere onderhoudskosten (als gevolg van minder scaling) en een lager verbruik van chemicaliën bij de ontwatering, waardoor dit toch interessant kan zijn. Echter: hoe meer fosfor op de rioolwaterzuiveringsinstallatie biologisch wordt teruggewonnen, hoe minder fosfor er in het slib achterblijft. Als de hoeveelheid fosfor in het slib te laag wordt (<20 procent) is het voor EcoPhos (zie hiervoor) bedrijfseconomisch niet meer interessant om het na slibverbranding terug te winnen uit de verbrandingsas.



WAT KOST HET TERUGWINNEN VAN FOSFOR EN WAT LEVERT HET OP?

Voor het chemisch verwijderen van fosfor zijn chemicaliën nodig. Die kosten geld. Daarnaast vormt de neerslag zogenoemd chemisch slib. Dat moet - samen met het normale zuiveringsslib - tegen reguliere slibafzetkosten worden verwerkt.

Voor biologische defosfatering zijn extra investeringen in het zuiveringsproces noodzakelijk. Wel kan bij biologische defosfatering het fosfor in de vorm van struviet direct worden gewonnen uit het afvalwater. De investeringen verschillen per toegepaste technologie. Er zijn leveranciers die een gegarandeerde afname en prijs bieden voor het geproduceerde struviet¹³.

Op dit moment bestaat het verdienmodel voor het terugwinnen van fosfor uit afvalwater voornamelijk uit de vermeden kosten voor onderhoud, chemicaliën (waterlijn), ontwatering¹⁴ en slibafzet. De opbrengsten van het gewonnen struviet zijn ontoereikend om de investering terug te verdienen.

Voor de mono-slibverbranders levert de afzet van as naar EcoPhos een besparing op, omdat de afzet van het as straks inkomsten genereert, terwijl men er nu voor moet betalen om het af te zetten.

¹³ STOWA 2011-24, Fosfaat terugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties

¹⁴ In het geval dat struviet wordt gewonnen uit de sliblijn (Airprex) heeft dit een positief effect op de te behalen drogestof (en het chemicaliënverbruik) bij de slibontwatering. Bij winning van struviet uit het centraat (Phospaq, NuResys) speelt dit geen rol.





KUN JE FOSFOR OP ALLE RWZI'S TERUGWINNEN?

Nee. Fosfor kan alleen maar decentraal teruggewonnen worden uit slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties met biologische defosfatering. Daarnaast moet de hoeveelheid te verwerken slib overeenkomen met een installatie van minimaal 300.000 i.e. om het geheel financieel interessant te maken¹⁵.

Indien afvalwaterzuiveringen defosfateren, kan het afgevangen fosfor centraal worden teruggewonnen uit de as na verbranding van het slib bij een mono-slibverbrander.



OP WELKE ZUIVERINGSINSTALLATIES WORDT AL FOSFOR TERUGGEWONNEN?

Tabel 3 geeft een overzicht van de installaties in Nederland waar eind 2016 fosfaat in de vorm van struviet werd teruggewonnen, inclusief bijbehorende technologie¹⁵. De gezamenlijke decentrale winning van struviet op de rioolwaterzuiveringsinstallaties kwam eind 2016 uit op circa 3400 ton struviet per jaar. Dit komt overeen met 0,428 Mkg fosfor. Als de centrale route via de mono-slibverbranders in 2019 volledig operationeel is, wordt hiermee circa 5,5 Mkg fosfor per jaar teruggewonnen.

TABEL 3 Struviet productielocaties voor communale zuivering in Nederland (situatie eind 2016, bron: Arcadis).

Waterschap	Rwzi	Technologie	Ton struviet per jaar	Ton fosfor per jaar
Aa en Maas	Land van Cuijk	NuReSys	150	19
Dommel	Tilburg	Phospaq	400	50
Drents Overijsselse Delta	Echten	Airprex	2	0,3
Rijn en IJssel	Olburgen	Phospaq	150	19
Vallei en Veluwe	Amersfoort	Pearl	900	113
Vallei en Veluwe	Apeldoorn	NuReSys	900	113
Waternet	Amsterdam-West	Airprex	900	113
Totaal			3.402	429



WAT IS DE POTENTIËLE BIJDRAGE VAN HET TERUGWINNEN VAN FOSFOR DOOR DE WATERSCHAPPEN AAN DUURZAAM FOSFORBRUIK?

Het gebruik van kunstmest door de agrarische sector bedroeg in 2011 7 Mkg fosfor. Als we dit afzetten tegen de terug te winnen hoeveelheid fosfor van 5,5 Mkg fosfor per jaar, zouden we voor een groot deel kunnen voorzien in de Nederlandse (kunstmest)behoefte aan fosfor. Zeker als wordt meegenomen dat het kunstmestverbruik in de periode 2012-2014 is afgenomen naar ongeveer 5 Mkg¹⁶ fosfor per jaar. De belangrijkste bijdrage wordt gevormd door de terugwinning van fosfor uit de as van de mono-slibverbranders.

Als alle as van HVC en SNB succesvol kan worden verwerkt is de bijdrage aan fosforterugwinning via de centrale route ruim 10 maal groter dan de bijdrage vanuit de decentrale route.

¹⁵ Arcadis, 2017 Top 5 grondstoffen, van aanbod tot vraag (versie 23 maart 2017)

¹⁶ CBS/juni 2016 (www.clo.nl/nl009515)



WELKE AFZETROUTES ZIJN ER VOOR TERUGGEWONNEN FOSFOR?

Er zijn inmiddels diverse afzetroutes voor teruggewonnen fosfor. De te benutten route is mede afhankelijk van de wijze waarop de fosfor is teruggewonnen en daarmee van de kwaliteit. Als het wordt teruggewonnen in de vorm van struviet en het voldoende is gehygiëniseerd, kan het in Nederland direct worden toegepast als meststof omdat het is opgenomen in het Uitvoeringsbesluit meststoffen¹⁷. Omdat de samenstelling van het struviet qua stikstof en fosfaat meestal niet direct aansluit bij de behoefte van land- en tuinbouwgewassen, wordt het ook afgezet als grondstof voor de productie van meststoffen¹⁸.

Het via EcoPhos teruggewonnen fosfor zal naar verwachting worden afgezet als kunstmest of een nog hoogwaardiger toepassing. Waterschappen onderzoeken samen met STOWA de samenstelling van de herwonnen grondstoffen, zodat een goede afweging van de toe te passen afzetroutes kan worden gemaakt.



WELKE OBSTAKELS ZIJN ER VOOR HET GEBRUIK VAN TERUGGEWONNEN FOSFOR?

De waterschappen hebben de netwerkorganisatie Energie- en Grondstoffenfabriek opgezet (www.efgf.nl), waar speciale aandacht is voor het terugwinnen van grondstoffen uit afvalwater. Samen met het bedrijfsleven zoekt men naar toepassingen van deze grondstoffen. Hiermee dragen de waterschappen bij aan de circulaire economie.

De bestaande wet- en regelgeving is op dit moment nog beperkt ingericht op de productie en afzet van teruggewonnen grondstoffen uit afvalwater. Er zijn diverse convenanten met het Rijk gesloten om te bezien waar belemmeringen zitten en hoe die kunnen worden weggenomen. Denk hierbij aan de Green Deal Grondstoffen uit 2014 en aan het in 2017 gesloten Grondstoffenakkoord.

De belangrijkste obstakels bestaan uit de status van struviet. Omdat afvalwater wordt gezien als afval, worden de stoffen die uit afvalwater worden gewonnen, meestal ook als afval beschouwd. Dit beperkt op dit moment de samenwerking met ketenpartners om de uit afvalwater gewonnen grondstof toe te passen in het productieproces om tot nieuwe producten te komen. Vanuit het oogpunt van producentenverantwoordelijkheid heeft STOWA, samen met de waterschappen, onderzoek gedaan naar de samenstelling van struviet¹⁹.

Voor het Rijk is de circulaire economie - net als voor veel andere partijen - relatief nieuw. Hierdoor ontbreekt het soms aan kaders om de status van herwonnen grondstoffen goed te kunnen beoordelen. Begin 2017 heeft het RIVM van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opdracht gekregen voor het opstellen van kaders die de beoordeling van struviet mogelijk moeten maken. Naar verwachting is dit project eind 2017 afgerond, waarna er naar verwachting meer duidelijkheid komt op dit punt.

¹⁷ <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019031/2017-04-19>

¹⁸ STOWA 2016-12, Marktverkenning en gewasonderzoek struviet en struviethoudende producten uit communaal afvalwater

¹⁹ STOWA 2015-34, Verkenning van de kwaliteit van struviet uit de communale afvalwaterketen



WAAROM IS HET BELANGRIJK DAT HERWONNEN FOSFOR (STRUVIET) NIET LANGER MEER ALS AFVAL WORDT GEZIEN?

Door de grote veestapel is in Nederland sprake van een fosforoverschot. Er is meer fosfor in de vorm van dierlijke mest aanwezig dan dat de landbouw nodig heeft voor bemesting. Als akkerbouwers mest toepassen op hun land, krijgen ze hiervoor zelfs betaald van veehoudende collega-boeren. Waterschappen moeten het fosfor daarom afzetten buiten Nederland. Deze afzet is beperkt omdat het daar (nog) niet erkend wordt als meststof. De export van afvalstoffen is aan strenge regels gebonden.



HOE VERHOUDEN DE INSPANNINGEN VAN WATERSCHAPPEN BIJ HET TERUGDRINGEN VAN DE FOSFAATBELASTING VAN OPPERVLAKTEWATER ZICH TOT DIE VAN DE LANDBOUW?

De fosfaatbelasting vanuit de communale zuiveringen is sinds 1990 met 66 procent afgenomen en bij de industrie met 98 procent. Dit is het gevolg van afvalwatersaneringen en aansluiting op het riool. Het aandeel vanuit de landbouw en uit- en afspoeling is in die periode met 6 procent afgenomen. Er zijn diverse maatregelen genomen om de fosforbelasting uit de landbouw terug te dringen. Het betreft onder meer het verlagen van het fosfaatgehalte in veevoer en het toepassen van phytase, waardoor het fosfaat in het veevoer beter kan worden opgenomen en er minder fosfaat in de mest zit.



WELKE ACTUELE (BELEIDS)ONTWIKKELINGEN ZIJN ER IN NEDERLAND RONDOM FOSFOR (MEDIO 2017)?

Voor fosfor spelen de volgende actuele zaken:

- Het ministerie van EZ werkt aan de zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (6e NAP) dat een looptijd heeft van 2018 tot en met 2021 en waarvan de maatregelen worden opgenomen in het mestbeleid. Dit programma moet eind 2017 worden vastgesteld door de Europese Commissie. Dit is voor de waterschappen een belangrijk aanknopingspunt voor maatregelen die nodig zijn om de KRW-doelen in 2027 te realiseren. Bij het mestbeleid moet naast de doelstellingen voor de Nitraatrichtlijn ook rekening worden gehouden met het realiseren van de KRW-doelen.
- Uit recent onderzoek van Wageningen Environmental Research²⁰ blijkt dat de landbouw via de bemesting van landbouwgronden verantwoordelijk is voor 56 procent van de totale fosfooraanvoer naar de regionale wateren. Uit onderzoek van het PBL blijkt dat met het huidige tempo van inzet van maatregelen en beleid de KRW-doelen niet worden gehaald in 2027.
- Er wordt gepoogd om tot een uniform lozingenbesluit voor mestverwerkingsinstallaties te komen op basis van het 'Achtergronddocument vergunningenbeleid voor lozingen van afvalwater uit mestverwerkingsinstallaties'. Op die manier wordt duidelijkheid en daarmee zekerheid geboden aan initiatieven om mest te verwerken.

²⁰ Groenendijk, P. en al. (2016). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren

- Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) ontwikkelt, in samenwerking met Waternet, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een modulair beoordelingskader voor het risico van verontreinigingen in secundaire grondstoffen. Binnen dat kader zullen de modules ‘medicijnresten, pathogenen en antibioticaresistente bacteriën’ als eerste worden ontwikkeld. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van de struvietcase.
- De Energie- en Grondstoffenfabriek heeft een zogenoemde de TOP 5 grondstoffen ontwikkeld. Voor de vijf beschreven grondstoffen, waaronder fosfor, is de technische haalbaarheid van tal van technieken en routes voor terugwinning aangetoond en breekt een nieuwe fase aan. De afzet van grondstoffen op markten vraagt voor veel grondstoffen om voldoende schaal, kwaliteit en leveringszekerheid van productie. Binnen de kopgroep struviet, bestaande uit het hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht en de waterschappen Aa en Maas, Drents Overijsselse Delta, De Dommel, Rijn & IJssel en Vallei & Veluwe, zal intensiever worden samengewerkt. Doel is om via het maken van gemeenschappelijke strategische keuzes te zorgen dat er een voor de waterschappen betere marktpositie en aantrekkelijke afzetmarkt ontstaat voor struviet.



WAT ZIJN DE ONTWIKKELINGEN IN DUITSLAND?

Begin 2017 is het Duitse kabinet met een voorstel gekomen voor terugwinning van fosfaat uit rioolwaterzuiveringsinstallaties²¹. Na inwerkingtreding moeten de grote installaties (> 100.000 i.e.) uiterlijk over 12 jaar verplicht fosfaat terugwinnen en drie jaar later ook de kleinere installaties (> 50.000 i.e.). Slib van installaties kleiner dan 50.000 i.e. mag nog direct als meststof worden toegepast. Het gevolg van dit besluit is dat alleen nog maar mono-slibverbranding kan worden toegepast voor het verbranden van zuiveringsslib.

²¹ <http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/Nr.017/17>

BIJLAGE 1 RECENTE STOWA-PUBLICATIES OVER FOSFOR

HIERONDER EEN OVERZICHT VAN RECENTE PUBLICATIES VAN STOWA OVER FOSFOR.
U KUNT EEN PDF VAN DEZE PUBLICATIES DOWNLOADEN VANAF [STOWA.NL | PUBLICATIES](https://stowa.nl/publicaties).

2010-12	Fosfaat: van leegloop naar kringloop
2010-30	Betuwse kunstmest. Winning van stikstof en fosfaat uit urine
2011-18	Erfafspoeling. Een inventarisatie van de problematiek en mogelijke oplossingen
2011-24	Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties
2012-27	Struvietproductie door middel van het Airprex proces. Pilotonderzoek rwzi Amsterdam West
2013-15	Economische haalbaarheid van vergassing van zuiveringsslib voor de Nederlandse situatie
2013-31	Verkenning mogelijkheden grondstof-rwzi
2013-32	Fosforhoudende producten uit de communale afvalwaterketen. Wet- en regelgeving, marktkansen, verwerkingsconcepten
2013-33	Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel
2015-34	Verkenning van de kwaliteit van struviet uit de communale afvalwaterketen
2016-12	Marktverkenning en gewasonderzoek struviet en struviethoudende producten uit communaal afvalwater
2016-22	Levenscyclusanalyse van grondstoffen uit rioolwater

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij de kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragen en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor en met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
[Stationsplein 89](#)
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

