



Pieter Stuyfzand, KWR Watercycle Research Institute / VU Amsterdam

Femke Rambags, KWR Watercycle Research Institute

Sander de Haas, PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland

Piet van der Hoeven, KNMI

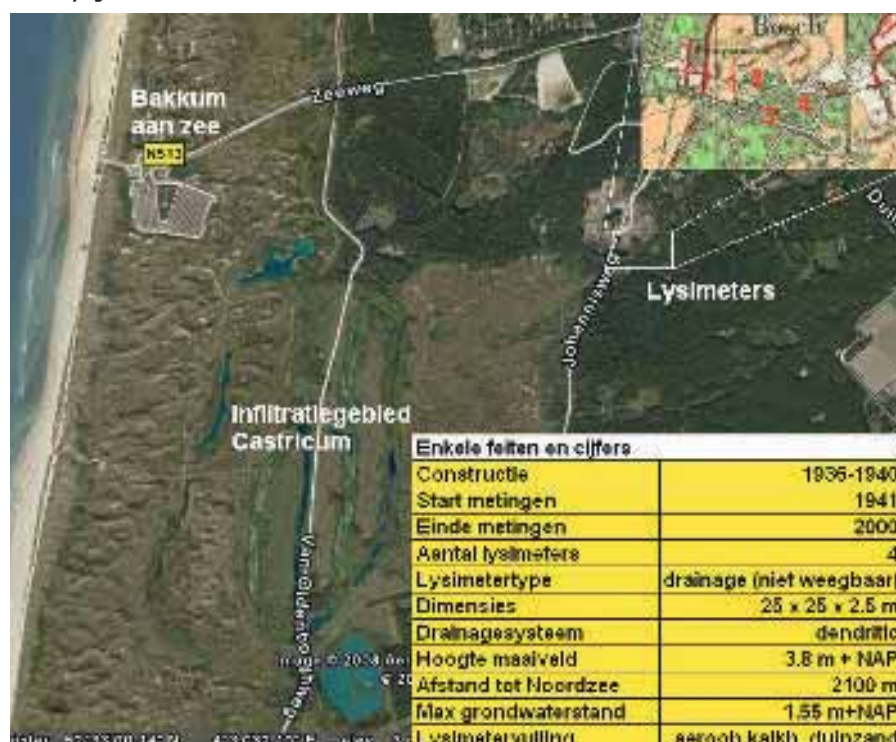
Inzicht in kwaliteit en kwantiteit grondwateraanvulling dankzij 59 jaar Castricumse lysimeterwaarnemingen

De sluiting van pompstation Castricum van PWN op 5 mei 1999 betekende ook het einde van een lange reeks van uiterst waardevolle waarnemingen op het wereldberoemde lysimeterstation Castricum, operationeel sedert 1941. Intussen zijn de vier lysimeters onbruikbaar gemaakt. Een recent geproduceerd overzicht van de resultaten van 59 jaar meten laat zien dat de lysimeters veel inzicht hebben gegeven in verdamping en grondwateraanvulling als functie van neerslag en begroeiing. Het toenemende belang van de opwarming van de aarde en de recente problemen in Japanse kerncentrales benadrukken het nut van langjarige metingen - een nut dat de belangen van een enkel waterbedrijf duidelijk overstijgt. Dit vraagt om voortzetting in breder verband.

Bij pompstation Castricum van PWN zijn tussen 1941 en 1999 waardevolle meetreeksen geproduceerd met vier lysimeters. Deze ingegraven 'bakken', elk 25 bij 25 meter in oppervlak en 2,5 meter diep, waren voorzien van apparatuur om te bepalen hoeveel water verdampt vanaf een landoppervlak (evapotranspiratie) en wat de hoeveelheid en kwaliteit van de grondwateraanvulling zijn. De lysimeters zijn aan de bovenkant open en hebben aan de onderzijde een uitlaat voor drainage water, met destijds daaraan gekoppeld een afvoerregistratie en een aftappunt voor bemonstering. De vier lysimeters in Castricum zijn nog steeds wereldwijd uniek in hun soort qua omvang, plaatsing in de kustduinen en beschikbare begroeiingstypen (kaal, duinstruweel, eiken en dennen).

De lysimetermetingen van PWN in Castricum zijn echter gestopt bij de sluiting van het pompstation in 1999. PWN koos hiervoor, omdat 59 jaar meten het waterbedrijf voldoende kennis had opgeleverd over de hoeveelheid en kwaliteit van de grondwateraanvulling als functie van de natuurlijke duinbegroeiing en meteorologie, en omdat de wetenschappelijke opbrengsten voor

Locatie van de vier lysimeters ten noordoosten van infiltratiegebied Castricum, met enkele kengetallen. Inzet: topografische kaart uit 1951.

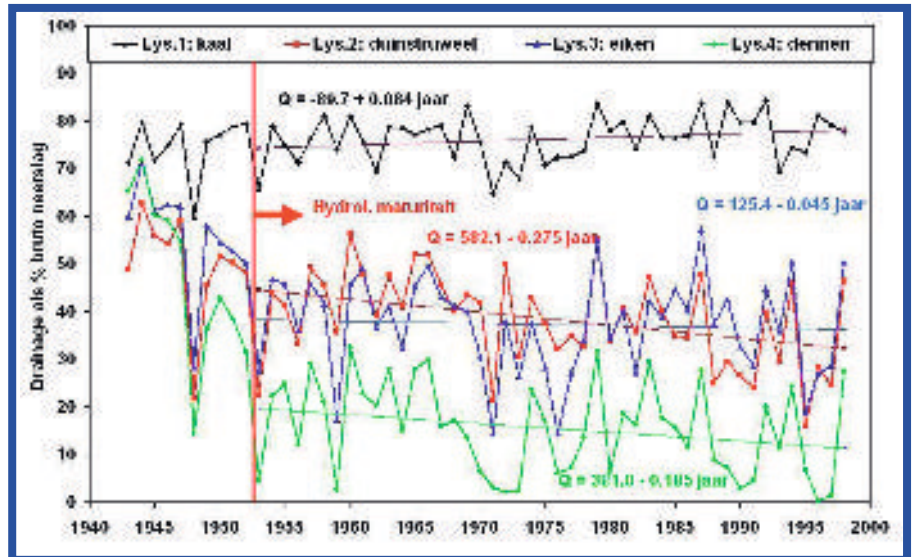


PWN alleen niet opwogen tegen de kosten die het bedrijf tot dan toe alleen had gedragen. Het ging hierbij om de kosten van onderhoud van de lysimeters en omringende duinterreinen, plus die van de afvoermetingen, bemonstering en chemische analyses van het drainagewater. In 2001 zijn de lysimeters ontmanteld en ontdaan van meet- en regelwerk en is het onderhoud aan de bakken gestaakt.

59 Jaar resultaten

Onlangs is een rapport verschenen over de resultaten van 59 jaar metingen met de Castricumse lysimeters¹⁾. Pieter Stuyfzand en Femke Rambags van KWR Watercycle Research Institute beschrijven daarin onder meer de belangrijkste kennis die in het verleden is opgedaan, presenteren tot nog toe ongepubliceerde meetgegevens en werken die uit. Bovendien interpreteren en modelleren zij de hydrochemische tijdreeksen. Piet van der Hoeven ontsloot eerder een schatkamer van meteorologische en hydrologische gegevens met betrekking tot lysimeterstation Castricum via rapporten en gedigitaliseerde databestanden.²⁾

Het KWR-onderzoek laat zien dat de lysimeters zeer waardevolle kwantitatieve inzichten hebben opgeleverd in de waterbalans onder kaal duinterrein (lys.1), onder duinterrein begroeid met duinstruweel (lys.2), eiken (lys.3) en dennen (lys.4)^{2),3),4)}. Metingen in de periode 1941-1952 onthullen hoe de waterbalans zich ontwikkelt onder een langzaam tot sluiting komende vegetatie, terwijl de meetresultaten sinds 1953 een beeld geven van de waterbalans tijdens hydrologische maturiteit van de begroeiing (zie afbeelding 1). Interceptie van neerslag op dennen eiste 40-50 procent van de bruto neerslag op, veel meer dan die op eiken (17-30 procent). Chemische analyses van bulkneerslag (droge en natte atmosferische depositie) en drainagewater tonen de gecombineerde effecten van verschillen in begroeiingstype, groei van de vegetatie en perioden met meer en minder atmosferische depositie van zeezout en verontreinigingen in de lucht. Deze metingen en analyses hebben kwantitatief inzicht opgeleverd in de begroeiingsafhankelijke, chemische bijdrage van vooral evapotranspiratie, interceptiedepositie (de extra depositie, droog en nat, ten opzichte van



Afb. 1: Verloop in jaartotalen van de drainage van de vier lysimeters, voor hydrologische jaren (maart - februari) van 1943-1998, als percentage van het jaartotaal van de bruto neerslag in het hydrologische jaar.

een bulk regencollector), opslag in biomassa, kooldioxideproductie, stikstof-fixatie (onder duindoorn) en het oplossen van kalk^{2),5),6)}.

Neerslag-afvoerrelaties

De lysimeterafvoeren blijken in de periode 1953-1998 zwakke trends te vertonen, waarbij de jaartotalen als percentage van de bruto neerslag voor lys.1 iets toenemen, conform de jaartotalen voor de neerslag. Voor de drie begroeide lysimeters dalen de jaartotalen juist (zie afbeelding 1). In de periode 1953-1998 kennen de vier lysimeters lineaire relaties tussen neerslag en afvoer. Dankzij metingen in latere jaren (waarin klimaatverandering zich meer manifesteert) veranderen deze relaties richting logaritmische relaties (zie afbeelding 2). Daardoor verandert de voorspelling van wat er bij extreem hoge of lage jaartotalen van de neerslag gebeurt, wezenlijk. De logaritmische relaties houden in dat er meer neerslag nodig is om sowieso water af te voeren, en meer neerslag om een relatief zeer hoge afvoer te genereren.

Trendomkering

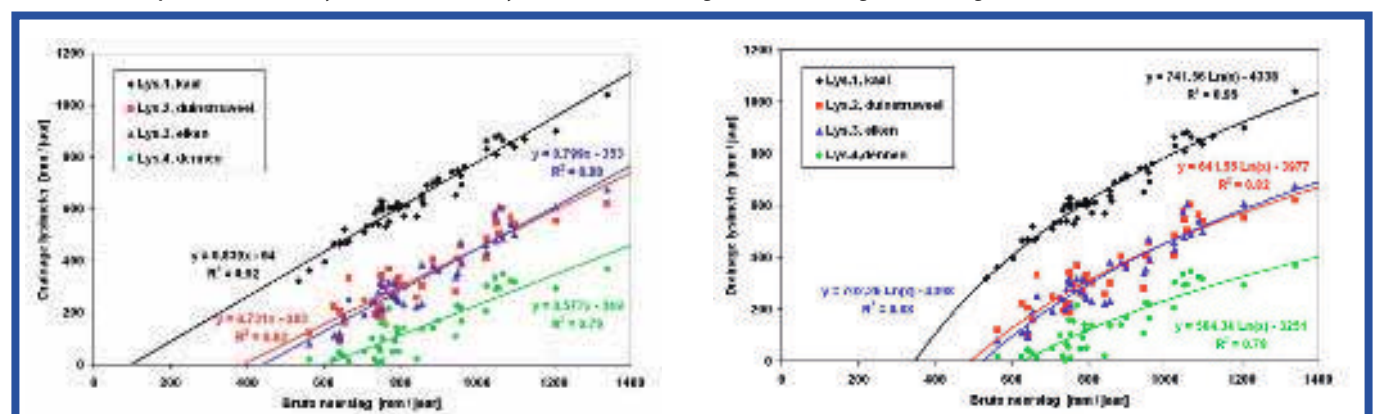
In de kwaliteit van het drainagewater zien we een opmerkelijk verschil in trends tussen enerzijds de kale en anderzijds de drie begroeide lysimeters. Bij de kale zien we vooral dalende en bij de begroeide

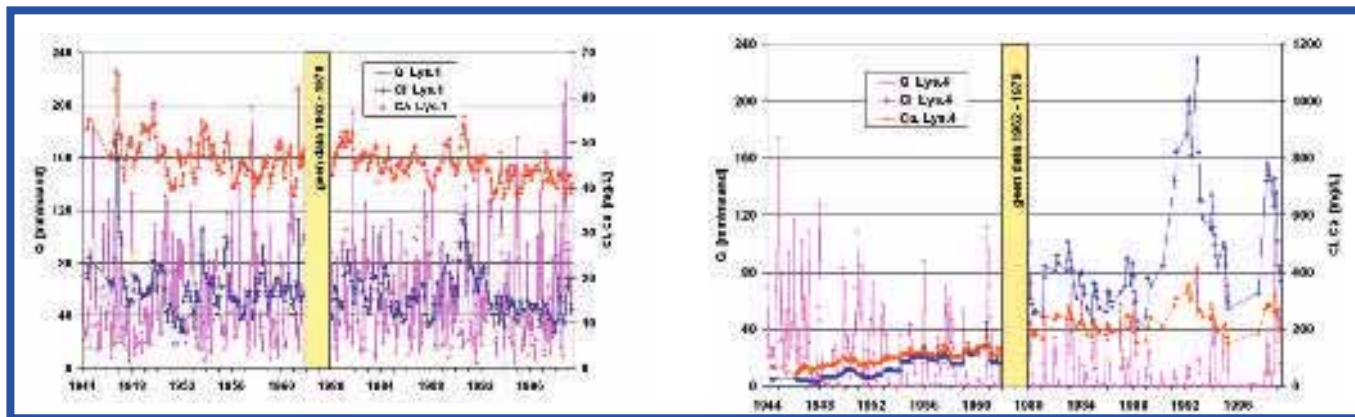
lysimeters vooral stijgende trends in de periode 1953-1998 (zie afbeelding 3). Dit geldt voor zowel concentraties als stoffluxen. Bij lys.1 zien we een zeer significante daling van luchtverontreinigingscomponenten, zoals SO_x, NO_x en F, geheel in lijn met de afgenomen atmosferische depositie van SO_x, NO_x, NH_y en F. Deze daling is overigens niet continu voor de hele beschouwde periode, maar kent een trendomkering (van stijgend naar dalend) in de periode 1960-1980.

Effecten bodemverrijking 20 jaar meetbaar

Aan de kale duinbodem toegevoegde organische stof loogt langzaam uit, zichtbaar aan een exponentiële afname van onder andere K, TOC, kleur, KMnO₄-verbruik en HCO₃ in het drainagewater. Belangrijke conclusie van deze uitloging is, dat het meer dan 20 jaar duurt voordat effecten uitdoven van menselijk ingrijpen, zoals het opbrengen van een dun laagje aarde (in 1942), het toedekken van de kale bodem met boomstammen en takken (acht maal in periode 1943-1953) en het eenmalig doseren van KCl. Dit is van grote betekenis voor het natuurbeheer, waarin maar al te vaak kale zandbodems toegedekt worden met houtsnippers en zodoende de kwaliteit van bodem en ondiep grondwater negatief beïnvloed wordt. De uitloging is overigens ook zichtbaar bij de tot 1951

Afb. 2: Plot van jaartotalen van de afvoer van de lysimeters tegen het bijbehorende jaartotaal van de bruto neerslag, voor alle afzonderlijke hydrologische jaren (maart t/m februari) in de periode 1953-1998 (lys.2-4) en 1943-1998 (lys.1). Links de lineaire regressie, rechts de logaritmische regressie.





Afb. 3: Verloop van de afvoer en concentratie calcium en chloride in drainagewater van lysimeter 1 (onbegroeid) en 4 (dennen) te Castricum. Bijzondere jaren: 1946 = KCl-dosering op lys.1; 1960-1961 = nat; 1990 = marien (veel sea spray), warm; 1996-1997 = droog; 1998 = extreem nat.

bemeste, begroeide lysimeters, vooral ten aanzien van kalium.

Hogere vegetatie, hogere concentraties

De concentratietoenames in het drainagewater van de drie begroeide lysimeters zijn voornamelijk het gevolg van voortdurende groei van de vegetatie. De iets toegenomen verdamping speelt hierbij een ondergeschikte rol ten opzichte van de toegenomen lengte van bomen en struiken die geleid moet hebben tot een toename van de interceptie van aerosolen en gassen. Verder blijkt dat de seizoenspieken van goed oplosbare zouten in de loop der jaren steeds later in het drainagewater verschijnen, en die van het slechter oplosbare HCO_3 en Ca juist eerder. Dit wijst op toenemende uitdroging in de zomerperiode: dit kan samenhangen met de klimaatverandering, maar ook met de autonome ontwikkeling van de (iets) toenemende vegetatie.

Extremen

Van de onderscheiden extreme jaren bespreken we er enkele. Het meest opvallende jaar is 1990, dat extreem marien

(zout) en warm was. In het drainagewater van lys.1-4 zien we dit jaar terug in een extreme Cl-piek: in lys.1 tijdens hetzelfde jaar en in lys.2-4 één of twee jaar later, conform de berekende reistijd (zie afbeelding 3). In het verlengde van de Cl-piek van 1990 zien we ook extremen van onder andere concentraties SO_4 , Ca en HCO_3 .

De droge jaren 1996 en 1997 leidden natuurlijk tot zeer lage afvoeren van alle lysimeters, maar ook tot extreem hoge concentraties Cl, SO_4 en HCO_3 in de begroeide lysimeters. Deze concentratiepieken zijn het gevolg van vergaande indamping, want beide jaren kennen lage aanvoerconcentraties van Cl en SO_4 . Het jaar 1998 was het natste in de periode 1735-2010. Dit manifesteert zich heel duidelijk in de extreem hoge afvoeren van de vier lysimeters. We zien ook dat tijdens dit natte jaar veel zout, dat achterbleef tijdens de droge jaren, uitspoelt uit de drie begroeide lysimeters.

Hydrochemisch representatief

Vergelijking van de lysimeterwaarnemingen met waarnemingen aan ondiep duingrondwater onder vergelijkbare vegetatietypen

in natuurlijk duinterrein elders leert dat de lysimetermetingen goed daarop aansluiten, behoudens enkele afwijkingen³⁾. Die kwamen aan het licht bij vergelijking van ondiep grondwater bemonsterd, binnen en net buiten de lysimeters in 1988 en 1989. Zij bestaan onder andere uit te hoge concentraties koper, zink, PAK en monocyclische aromatische koolwaterstoffen door afgifte van lysimetermaterialen; 4 tot 15 procent te lage concentraties Ca, HCO_3 en PO_4 , en een 0,2 tot 0,4 te hoge pH ten gevolge van CO_2 -ontwikking en kalkneerslag in de meetput én een licht verhoogd K-gehalte door toediening van meststoffen op de begroeide lysimeters en van KCl op de kale. De concentraties zeezouten (Cl, Br, Na, K en Mg) en SO_4 in het drainagewater van lysimeter 4 zijn tevens aan de hoge kant voor dennenopstanden. Zij zijn alleen representatief voor aan (zuid)westelijke stormen geëxposeerde bosranden dichtbij zee.

Reanimatie lysimeters is mogelijk

Inspectie van de lysimeters in 2010 onthulde dat de grondwaterstand erbinen fors gestegen was. Lys.1 was niet kaal meer, doch begroeid met riet, kruiden, mos

Identificatie en kwantificering veranderingenprocessen Lysimeters bieden gecontroleerde meetomstandigheden, die het mogelijk maken om de verschillende invloeden op de waterbalans en kwaliteit van de grondwateraanvulling te identificeren en kwantificeren. De waarnemingen uit de periode 1941-1998 bewijzen bijvoorbeeld dat effecten van klimaatverandering op de grondwateraanvulling en -kwaliteit moeilijk los te weken zijn uit het verband van tevens optredende - vaak door de mens veroorzaakte - veranderingen in begroeiing, atmosferische depositie, bodem (accumulatie bosvloer, ontkalking) en grondwaterstand. De lysimeters bieden daarin houvast, omdat zij, mits goed onderhouden, juist een relatief constante omgeving vormen waarbij de kale bak een essentiële referentie vormt. Uit een evaluatie van de meetreeksen blijkt dat de dynamiek veroorzaakt door diverse antropogene en biologische invloeden vele malen groter lijkt dan de invloed van klimaatschommelingen tot 1999.

Impact atmosferische depositie

Daarnaast bieden de lysimeters een uitstekende meetfaciliteit om de impact van atmosferische depositie, in het bijzonder die van catastrofale immissies te meten, zoals destijds is aangetoond na de immissie van radionucliden door de Tsjernobylramp in 1986⁷⁾. Het voordeel zit onder andere in de relatief korte reistijden, geringe variatie in dikte van de onverzadigde zone (2,25 tot 2,5 meter), directe bepaling van de waterflux, meting van de zeer grote depositieverschillen als functie van vegetatietype en goed gedefinieerde omgevingsvariabelen waarbij directe menselijke invloeden beperkt zijn en toch gedetailleerd gedocumenteerd. Een dergelijk meetsysteem ontbreekt in de thans operationele, nationale meetsystemen voor hydrologie, meteorologie en lucht-, bodem- en grondwaterkwaliteit. Door (dreigende) uitdunning van deze nationale meetnetten qua aantal meetpunten en/of meetfrequentie en door een te groot vertrouwen in modelberekeningen ontstaat het gevaar dat er onder andere voor de

kustduinen (met daarin topnatuurgebieden) onvoldoende abiotische monitoring resteert. Tegelijkertijd kunnen lysimeterwaarnemingen bijdragen aan het ijken van modellen.

Natuurbehoud en -beheer

De kennis die verkregen is met de vier lysimeters, waarin zich dankzij hun grootte een volwassen begroeiing heeft ontwikkeld, is tevens van belang voor natuurbehoud en -beheer. De toestand van de natuur in de duingebieden, zowel biotisch als abiotisch, kan met de lysimeters uitstekend worden gemonitord. Zonder daarmee opgedane systeemkennis is het onmogelijk goede natuurbeleidsplannen te formuleren. Voortzetten van de lysimeterwaarnemingen kan een belangrijke indirecte bijdragen leveren aan het behoud van biodiversiteit dankzij uitgekend natuurbeheer. Het kan de duinwaterbedrijven - met name PWN - helpen om de strategische duinwatervoorraad te bewaken.

en duindoorn. Lys.2 was een verwilderd duinstruweel geworden, terwijl lysimeters 3 en 4 nog in redelijk oorspronkelijk staat verkeerden, weliswaar met toegenomen ondergroei.

Om de hydrochemische vitaliteit van de lysimeters te bepalen, zijn eind augustus 2010 negen peilbuizen bemonsterd binnen en net buiten de lysimeters, op vergelijkbare wijze als in 1988 en 1989. Uit de wateranalyses volgt dat het grondwater binnen de lysimeters veel anaerober geworden is ten opzichte van het grondwater buiten de lysimeters in 2010.

Om de lysimeters opnieuw te kunnen inzetten, zijn ingrijpende werkzaamheden nodig aan de lysimeters zelf en aan het gehele meetterrein. De werkzaamheden omvatten onder andere de plaatsing van twee regenvangers (één voor kwantiteit en één voor kwaliteit), schoonmaak van de centrale drain, herstel van de vrije afvoer, de aanleg van moderne afvoersystemen en onderhoud aan peilbuizen en begroeiing binnen en buiten de lysimeters. Voor een nieuw begin zijn eenmalig investeringen nodig van circa 225.000 euro. Dit geld is nodig voor onderhoud aan en reparatie van de lysimeters en aanschaf en plaatsing van de benodigde meetapparatuur. Daarnaast is jaarlijks circa 8.000 euro nodig voor onderhoudskosten en 30.000 euro voor standaardmetingen, waaronder kwaliteits-

metingen van het drainagewater voor elke lysimeter (vierwekelijks) en kwaliteitsmetingen van het regenwater (tweewekelijks).

Toepassingsmogelijkheden in de toekomst

De meetresultaten tot 1999 laten zien dat de lysimeters waardevolle informatie leveren en dit ook in de toekomst kunnen doen. De zich duidelijk manifesterende klimaatverandering en de recent weer bewezen kwetsbaarheid van kerncentrales voeden de wens om de lysimeters weer in ere te herstellen en de prachtige tijdreeksen (1941-1999) te continueren van kwantiteit en kwaliteit van het drainagewater (de grondwateraanvulling) als functie van de begroeiing. Dit biedt mogelijkheden voor waardevolle toepassingen (zie kader).

Niet voor niets doen de auteurs van dit verhaal op pagina 20 dringend beroep op alle mogelijke belanghebbenden om een weg te vinden om de lysimeters te reanimeren. Zij zijn ervan overtuigd dat lange tijdreeksen van waarnemingen grote waarde hebben. Of om met Landsberg (geciteerd door⁸⁾) te spreken: 'one reliable observation is worth a thousand models and a million speculations'!

LITERATUUR

- 1) Stuyfzand P. en F. Rambags (2011). Hydrologie en hydrochemie van de 4 lysimeters te

Castricum; Overzicht van resultaten met uitzicht op haalbaarheid van reanimatie van het lysimeterstation. KWR. Rapport BTO 2011.020.

- 2) Van der Hoeven P. (2007). Lysimeters Castricum; eigenschappen van de invoer: regenmetervergelijking, doorvalmetingen, meteoregistraties, lysimeterwaarnemingen.
- 3) Stuyfzand P. (1993). Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Ph.D Thesis Vrije Universiteit Amsterdam. Kiwa.
- 4) Stuyfzand P. (1986). Waterbalansen van en verblijftijden in vier, verschillend begroeide lysimeters nabij Castricum. Kiwa SWE-85.013.
- 5) Stuyfzand P. (1984). Effecten van vegetatie en luchtverontreiniging op de grondwaterkwaliteit in kalkrijke duinen bij Castricum: lysimeterwaarnemingen. H₂O nr. 17, pag. 152-159.
- 6) Stuyfzand P. (2010). Modelling kwaliteit ondiep (duin)grondwater en ontkalking, inclusief effecten van klimaatverandering en kustuitbreiding: DUVELCHEM. KWR. Rapport BTO 2010.031.
- 7) De Meijer R., A. Veen en J. Willemsen-Zwaagstra (1988). Radionucliden in het duinmilieu geen bedreiging voor drinkwatervoorziening. H₂O nr. 19, pag. 560-563.
- 8) Vugts H. (1991). Klimaatverandering, mag het een graadje meer zijn? Rede 111 e dies natalis Vrije Universiteit Amsterdam.

*) Van der Hoeven P. Meteorologische en hydrologische gegevens met betrekking tot het lysimeterstation Castricum. www.climateexchange.nl/projects/lysimeter/lysimeter.