



# Kengetallen waterbalans

Eerste aanzet voor betere onderbouwing kengetallen nutriënten

STOWA

8 maart 2023

Project Kengetallen waterbalans  
Opdrachtgever STOWA

Document Eerste aanzet voor betere onderbouwing kengetallen nutriënten  
Status Definitief  
Datum 8 maart 2023  
Referentie 127346/23-004.142

Projectcode 127346  
Projectleider Drs.ing. S.A. Schep  
Projectdirecteur Drs. L.G. Turlings

Auteur(s) M.A.E. Ursem MSc  
Gecontroleerd door J.J. Mandemakers MSc  
Goedgekeurd door Drs.ing. S.A. Schep

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
www.witteveenbos.com  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

1	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel en leeswijzer	2
2	<b>KENGETALLEN NUTRIËNTEN, CHLORIDE EN GEOHYDROLOGISCHE PARAMETERS</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Aandachtspunten bij dit rapport	4
2.3	Uitwerking kengetallen per tabel	4
	2.3.1 Debieten en stofconcentraties	4
	2.3.2 Geohydrologie	12
3	<b>AANBEVELINGEN</b>	<b>14</b>
3.1	Kennislacune: uitspoeling van nutriënten	14
3.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	14
4	<b>REFERENTIES</b>	<b>16</b>
	Laatste pagina	17
	<b>Bijlage(n)</b>	<b>Aantal pagina's</b>
I	Berekende grondwatertrappen voor Nederland	1

# 1

## INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Bij het invullen van de STOWA water- en stoffenbalans<sup>1</sup> zijn kengetallen nodig voor de stofconcentraties en de geohydrologische situatie van het gebied waarvoor de waterbalans opgesteld wordt. Deze kengetallen variëren afhankelijk van systeemspecifieke eigenschappen (zoals grondslag en landgebruik). De keuze en onderbouwing voor welk getal ingevuld dient te worden is voor veel gebruikers echter niet direct duidelijk. De getallen die door meer ervaren gebruikers gehanteerd worden zijn vaak gebaseerd op ervaring en 'gevoel'. Sommige kengetallen zijn wel goed fysisch onderbouwd.

De afgelopen jaren zijn vele studies uitgevoerd naar nutriëntconcentraties en is bijvoorbeeld het STONE model opgesteld (Tiktak et al., 2003). Echter, dit model is op dit moment nog niet gebiedspecifiek, waardoor dit model niet toegepast kan worden bij systeemanalyses waarin gebruik gemaakt wordt van water- en stoffenbalansen. Het landelijk waterkwaliteitsmodel nutriënten (LWKM) bouwt voort op of maakt gebruik van modelinstrumenten zoals het STONE model. In het LWKM zijn gebieden met kwel of wegzijging echter samengevoegd tot clusters terwijl de nutriëntenvrachten in een kwelgebied sterk verschillen van de vrachten in een wegzijgingsgebied. Hierdoor kan dit model niet gebruikt worden bij het inventariseren van nutriëntstromen voor gebiedspecifieke vragen waarbij de water- en stoffenbalans toegepast wordt.

Om tot een model te komen dat ook lokaal toegepast kan worden is jaren geleden NutriCalc ontwikkeld als een metamodel van STONE. Dit model moest leiden tot een tussenweg tussen metingen die gedaan zijn in verschillende (pilot) gebieden en het landelijk georiënteerde STONE model (en het LWKM) (STOWA 2011). De achterliggende formules waren nog niet optimaal, waardoor NutriCalc op dit moment nog niet toegepast kan worden voor gebiedspecifieke systeemanalyses.

In voorliggend document is beschreven welke kengetallen gebruikt kunnen worden in de STOWA stoffen- en waterbalans<sup>1</sup>. Een aantal van deze waarden kunnen wetenschappelijk onderbouwd worden, maar een heel aantal zijn op dit moment alleen nog gebaseerd op ervaring. Er wordt namelijk bijvoorbeeld niet vaak gemeten aan uit- en afspoelend water om de daarin aanwezige nutriëntengehaltes te kwantificeren; er is op dit moment gebrek aan data voor een meta-analyse, of de data is niet openbaar beschikbaar. Ook voor bodemvocht analyses geldt dat dit vaak alleen gemeten wordt in losse projecten. Een prettige ontwikkeling is dat er steeds vaker gemeten wordt in waterstromen uit onderwaterdrainage.

---

<sup>1</sup> STOWA stoffen- en waterbalans, met bijbehorende handleiding en e-learning module te downloaden via: <https://www.stowa.nl/waterbalans>.

## 1.2 Doel en leeswijzer

Het doel van onderliggend document is om handvatten te geven voor het invullen van de kengetallen op het tabblad 'data invoer' (blokken 'Debieten en Stofconcentraties' en 'Geohydrologie') van de STOWA stoffen- en waterbalans<sup>1</sup>. Deze hulp wordt gegeven door:

- hoofdstuk 2: inzicht te geven in de oorsprong van de kengetallen ('literatuurstudie') en een overzicht te geven van mogelijke kengetallen bij verschillende omstandigheden ('aanvulling op handleiding waterbalans');
- hoofdstuk 3: aanbevelingen te doen om een tot een betere onderbouwing van de kengetallen voor nutriënten te komen;
- hoofdstuk 4: gebruikte literatuur;
- online 'Rekentool waterbalans 1996-2021, versie februari 2023': de aanpassingen voor kengetallen op basis van de literatuurstudie staan met opmerkingenvelden vermeld op het tabblad Data-invoer (in het blok 'Debieten en Stofconcentraties').

# 2

## KENGETALLEN NUTRIËNTEN, CHLORIDE EN GEOHYDROLOGISCHE PARAMETERS

### 2.1 Inleiding

Zoals gezegd worden er in de waterbalans kengetallen ingevuld die de stofconcentraties en de geohydrologische situatie van het gebied representeren. In afbeelding 2.1 zijn de parameters weergegeven die gebruikt worden voor de stofconcentraties. Het gaat om de fosfor, stikstof en chloride componenten in (i) neerslag, (ii) kwel, (iii) afspoelend water van verhard oppervlak, (iv) riolering (overstorten), (v) gedraineerde bodems en in (vi) uitspoelend en (vii) afstromend water. In afbeelding 2.2 zijn de parameters uit het geohydrologie blok opgenomen, waarbij het gaat om de uitspoel- en intrekfractie, de bergingsruimte en de maximale grondwaterstand.

NB. in onderstaande afbeelding (gele blok) staan kengetallen ingevuld zoals in de vorige versie van de tool het geval was. In de nieuwe versie van de tool is de keuze gemaakt om alle waarden op 0,00 te zetten: dit dwingt de gebruiker om zelf een afweging te maken. De commentaarvelden in de Excel-tool geven daarbij een toelichting over de mogelijke range (zoals verder hieronder in dit rapport wordt uitgewerkt).

Afbeelding 2.1 Parameters in het blok 'Debiet en Stofconcentraties' op het tabblad 'data invoer', deze zijn rood omkaderd

DEBIETEN EN STOFCONCENTRATIES							t.b.v. PCLake/PCDitch	
model-posten / waterfluxen:	debiet (m3/d)		P_ondergrens	P_increment	Cl	N_ondergrens		
	winter	zomer	(mgP/l)	(mgP/l)	(mg/l)	(mgN/l)		
neerslag	rekenhart	rekenhart	0.0016	0.00		3	1.5	
kwel	data-invoer	data-invoer	0.00	0.00		0	0.0	
verhard	rekenblad	rekenblad	0.26	0.00		40	1.7	
riolering	data-invoer	data-invoer	3.10	0.00		100	12.5	
gedraineerd	rekenblad	rekenblad	0.00	0.00		0	0.0	
uitspoeling	rekenblad	rekenblad	0.00	0.00		0	0.0	
afstroming	rekenblad	rekenblad	0.00	0.00		0	0.0	

Afbeelding 2.2 Parameters in het blok 'Geohydrologie' op het tabblad 'data invoer'. De parameters die in dit rapport opgenomen zijn, zijn rood omkaderd

GEOHYDROLOGIE	zomer (mm/d)	winter (mm/d)	boven verhard	onder verhard	gedraineerd	gedraineerd	deelgebied 1	deelgebied 2	deelgebied 3	deelgebied 4
					boven	onder				
kwel - water (Let op: absolute waarde!)	0.00	0.00	uitspoel (d <sup>-1</sup> )	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
wegzijing - water (Let op: absolute waarde!)	0.00	0.00	intrek (d <sup>-1</sup> )	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04
kwel - onder verhard (kwel: +, wegzijing: -)	0.00	0.00	bergingsruimte (-)	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20
kwel - onder gedraineerd	0.00	0.00	maximum gws (m)	0.00	0.50	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50
kwel - deelgebied 1	0.00	0.00	evenwichts gws (m)							
kwel - deelgebied 2	0.00	0.00	minimum gws (m)							
kwel - deelgebied 3	0.00	0.00	initiele gws (m)	0	0	0	0	0	0	0
kwel - deelgebied 4	0.00	0.00								

## 2.2 Aandachtspunten bij dit rapport

Onderstaand zijn de aandachtspunten opgenomen die in gedachten gehouden dienen te worden tijdens het lezen en bij het gebruik van dit rapport:

- in deze handleiding zijn enkel kengetallen opgenomen die horen tot polders, ofwel peilbeheerst Nederland (grotweg laag-Nederland). Vrij afwaterende systemen zijn dus niet opgenomen (grotweg hoog-Nederland);
- dit rapport is opgesteld om aan de hand van een aantal kengetallen voor verschillende type watersystemen een beter gevoel te krijgen van de patronen die van belang zijn in dat systeem. Het invullen van kengetallen leidt niet direct tot waarheden en een 1 op 1 vergelijking met het daadwerkelijke systeem. Hierbij moet in gedachten gehouden worden dat het vaak verstandig is om een aantal (onzekere) posten hoger in te vullen, om zo de patronen in het systeem te kunnen achterhalen. Indien er meer zekerheid is over een post, kan deze in een latere fase altijd naar beneden bijgesteld worden;
- lokaal zijn er veel factoren van invloed, waardoor er ook veel variatie aanwezig is in de verschillende posten en kengetallen. De kengetallen uit dit rapport zijn dan ook niet bedoeld om zonder kennisname van deze factoren op te nemen in de STOWA water- en stoffenbalans.

## 2.3 Uitwerking kengetallen per tabel

In onderstaande paragrafen is per onderdeel van de tabellen 'debieten en stofconcentraties' en 'geohydrologie' uitgewerkt welke kengetallen gebruikt kunnen worden en in welke situatie.

### 2.3.1 Debieten en stofconcentraties

#### Debieten

In het gele blok kunnen winter- en zomergemiddelde debieten (m<sup>3</sup>/d) worden opgegeven voor 'vaste in- of uitlaten'. Vanaf rij 73 kunnen hiervoor ook reeksen worden opgegeven. Deze debieten zijn natuurlijk systeemspecifiek, bijvoorbeeld een effluentlozing van een RWZI of een uitlaat voor waterdoorvoer naar een ander watersysteem, en zullen daardoor door de gebruiker zelf ingevuld moeten worden.

#### Neerslag

##### *Fosfor en stikstof in neerslag*

Voor de fosfor concentratie in regenwater wordt op dit moment gebruik gemaakt van de standaardwaarde 0.0016 mgP/l (Buijsman, 2007). Voor stikstof in regenwater geldt hetzelfde als voor fosfor, er wordt op dit moment een standaardwaarde gebruikt. Voor stikstof is deze waarde 1.5 mgN/l, afkomstig uit Stolk (2001).

In de 'Database kwaliteit afstromend hemelwater' (Liefing et al., 2020) zijn de nieuwste metingen van het hemelwater voor afstroming opgenomen. Uit metingen van het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (RIVM, 2012) blijkt dat regenwater gemiddelde 0.024 mg/l orthofosfaat (PO<sub>4</sub>-P) bevat. Voor ammoniumstikstof (NH<sub>4</sub>-N) gaat het om 0.88 mg/l en voor nitraat (NO<sub>3</sub>-N) om 0.41 mg/l (tabel 2.1). Door het ontbreken van organisch materiaal in nog niet afgestroomd (vers) hemelwater mag er verwacht worden dat de parameters ortho-fosfaat en de som van ammoniumstikstof en nitraat representatief zijn voor respectievelijk P-totaal en N-totaal. Daarentegen houdt Buijsman (2007) rekening met een verhouding tussen opgelost en totaal fosfor van 50/50. Dit zou betekenen dat de genoemde waarden (in onderstaande tabel) nog met een factor 2 vermenigvuldigd moeten worden!

Tabel 2.1 Fosfor en stikstof in neerslag - Vooraf ingevulde waarden en alternatieve waarden

Parameter	Vooraf ingevulde waarde (Buijsman 2007 (P) en Stolk, 2001 (N))	Alternatieve waarden (Liefing et al., 2020)
Fosfor	0,0016 mgP/l	0,024 mgP/l
Stikstof	1,5 mgN/l	1,3 mgN/l

NB. Er zijn enkele kritische noten te plaatsen bij de kengetallen van N en P in neerslag:

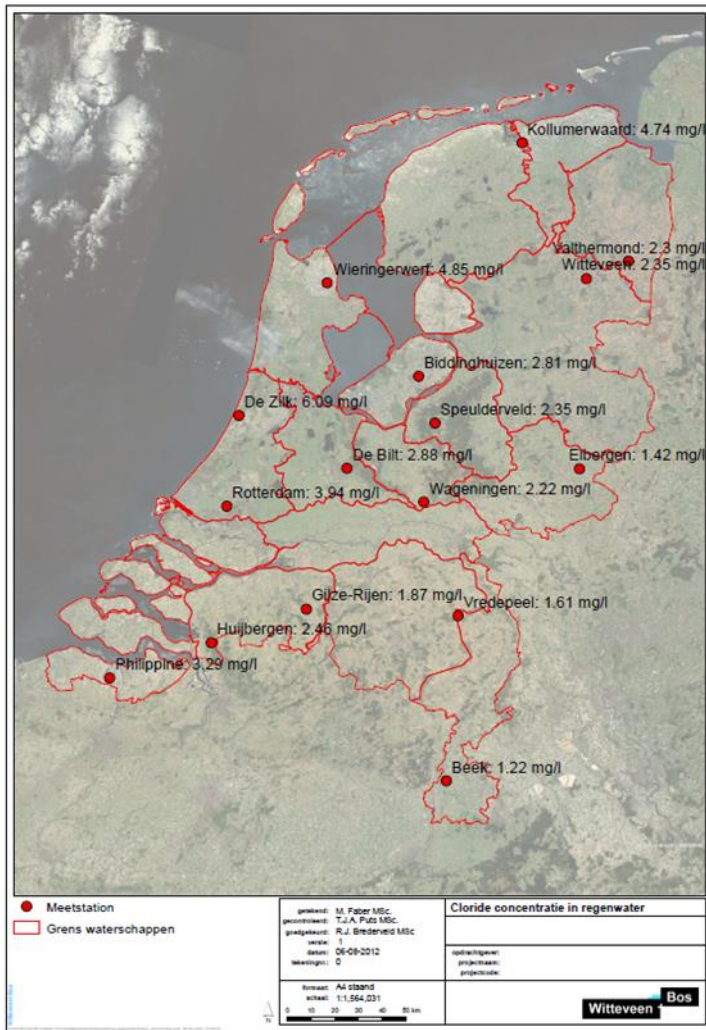
- er moet in gedachten gehouden worden dat er bij het meten van de regenwatersamenstelling dat de locatie van de metingen van belang is (RIVM, 2012);
- daarnaast is de P-concentratie vaak zeer laag, onder de rapportagegrens van veel laboratoria. Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van bewerkingen van de concentraties, dit geeft echter geen goede meting;
- vanwege de (zeer) lage P-concentraties zijn metingen aan het hemelwater erg gevoelig voor contaminatie (bijvoorbeeld door vogelpoep);
- de verhouding tussen opgelost P en totaal P is niet goed duidelijk;
- bovenop de hier besproken 'natte atmosferische depositie' is er ook een 'droge atmosferische depositie'. Voor fosfor is liggen beide in dezelfde orde van grootte (Buijsman, 2007);
- bovengenoemde concentraties moeten daardoor gezien worden als bandbreedte. Overigens vormt de P- en N-belasting via neerslag doorgaans slechts een zeer geringe bijdrage aan de totale nutriëntenbelasting. De grote onzekerheid in de concentraties in het hemelwater leidt dus niet automatisch tot een grote onzekerheid in de totale nutriëntenbelasting, omdat de concentraties in absolute zin erg laag zijn in vergelijking met de meeste andere bronnen.

#### *Chloride in neerslag*

In Nederland vertoont de chloride concentratie in neerslag een gradiënt van de zee naar het binnenland (afbeelding 2.3); aan zee gaat het om een chloride concentratie van 4 tot 7 mg Cl/l en in het oosten van Nederland gaat het om 1 tot 4 mg Cl/l (tabel 2.2). Deze gradiënt is aanwezig doordat zout water nabij de kust in regenwolken terecht kan komen, waardoor regen aan de kust iets zouter is dan landinwaarts.



Afbeelding 2.3 Chloride concentratie Nederland (Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (LMRe), 1992 - 2004)



Tabel 2.2 Chloride in neerslag

Parameter	Huidige balans	Nieuwe waarden (LMRe, 2004)
Chloride (aan de kust)	-	4 tot 7 mgCl/l
Chloride (binnenland)	-	1 tot 4 mgCl/l

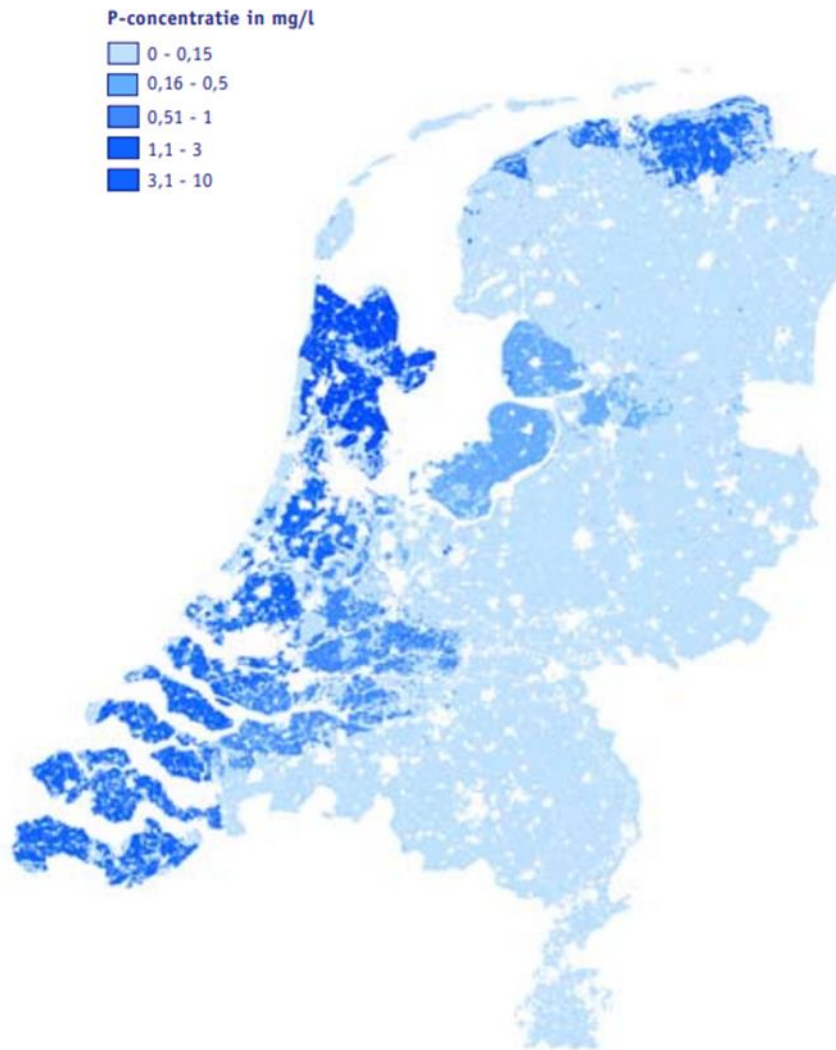
## Kwel

### Fosfor en stikstof in kwel

De nutriëntconcentraties in kwel kunnen sterk variëren in de ruimte. Dit is bijvoorbeeld afhankelijk van de bodemvoorraad aan nutriënten. In afbeelding 2.4 is de P-concentratie van het diepe grondwater (op 13 meter diepte) te zien voor Nederland. De kaart is gemaakt op basis van het STONE 2.0 model. De modeloutput geeft een goede eerste indicatie van de fosforconcentratie die in kwel aanwezig kan zijn. Echter, kwel komt uit het eerste watervoerende pakket en dat kan zich dieper of ondieper dan 13 meter bevinden, waardoor de nutriëntconcentraties in het water dat als kwel naar het oppervlak komt anders kan zijn dan de gemodelleerde concentraties op 13 meter diepte. De opgestelde kaart kan een startpunt zijn bij het opstellen van de waterbalans. Indien er nauwkeurigere inschattingen nodig zijn, kan er gebruik gemaakt

worden van metingen die op te vragen zijn in het [DINOLoket<sup>1</sup>](#) (Grondwatermonitoring - punt met onderzoeksgegevens - opvragen data na selectie van gebied). Vorig jaar is er een update gemaakt van kwel in het DINOLoket in het kader van het KIWK. Ook via de website <https://www.grondwatertools.nl/gwatlas/> kan heel gemakkelijk inzicht verkregen worden in beschikbare waterkwaliteitsgegevens van het grondwater.

Afbeelding 2.4 De P-concentratie van het diepe grondwater (13 meter), basiskaart STONE 2.0 (STOWA, 2010)



---

<sup>1</sup> <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>.

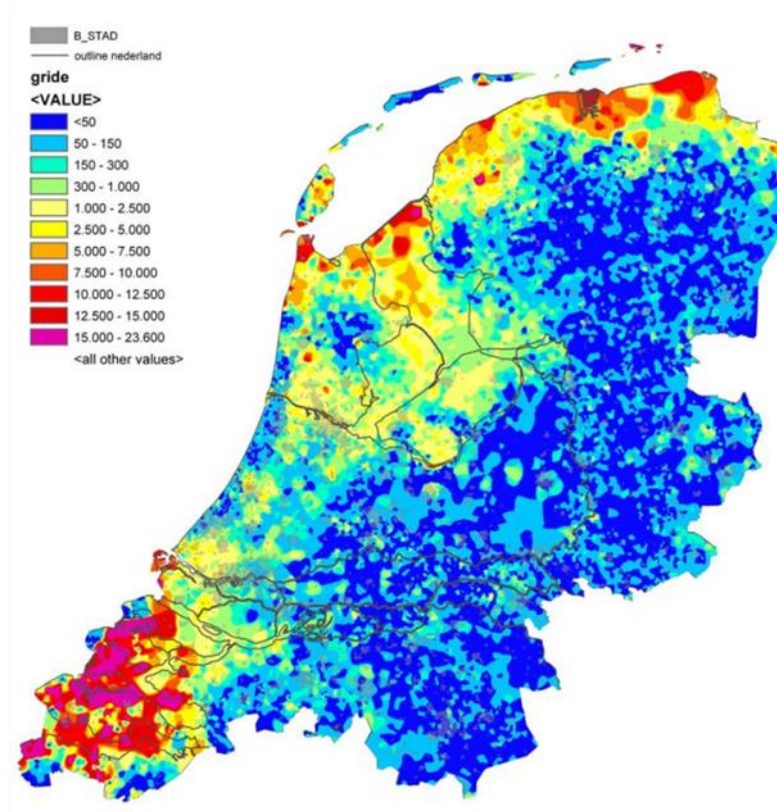
Tabel 2.3 Fosfor en stikstof in kwel - oude en nieuwe waarden

Parameter	Huidige balans (op basis van lokale metingen of referentie situaties)	Nieuwe waarden
Fosfor (mgP/l)	geen default waarde	range: 0 tot 1 mg/l (zie ook de kaart in afbeelding 2.4) Ervaring is dat 0,3 mg/l een startwaarde is. Daarnaast gaat het om de achtergrond, er moet nagegaan worden of er iets locaties specifiek plaatsvindt. Grondwater op grotere diepte is voedselrijker, het is dus bijvoorbeeld van belang of er sprake is van diepe of juist ondiepe kwel (droogmakerij). In Noord Holland is er op kleinere diepte ook al veel invloed van nutriënten. Kijk dus ook altijd naar lokale metingen
Stikstof (mgN/l)	geen default waarde	op basis van ervaring: vermenigvuldig de fosfor concentratie met een factor 10. Kijk of er lokale metingen beschikbaar zijn

### Chloride in kwel

De chloride concentratie in kwelwater verschilt sterk binnen Nederland. Oude Essink et al. (2005) heeft aan de hand van chloride-monsters (vanaf 1900, aanwezig in DINOLoket), VES-metingen (Verticale elektrische sonderingen) en boorgatmetingen een kwelkaart voor Nederland opgesteld (Afbeelding 2.5). Met behulp van deze kaart kan er per locatie een inschatting gemaakt worden van de chloride concentratie in het kwelwater. De chlorideconcentratie in het kwelwater in Limburg is niet gedefinieerd in deze kaart, omdat Limburg geen onderdeel was van de REGIS studie. Hierdoor was de positie van slecht doorlatende lagen en watervoerende pakketten niet beschikbaar, terwijl deze informatie nodig is om de geologische opbouw en de diepte van de deklaag te definiëren (Oude Essink et al., 2005).

Afbeelding 2.5 Verdeling van zoet, brak en zout grondwater (in mg Cl<sup>-</sup>/l), aan de onderkant van de deklaag (Oude Essink et al, 2005)



## Verhard

### Fosfor en stikstof van verhard oppervlak

Op dit moment wordt er voor de fosforconcentratie in afspoelend regenwater (verhard oppervlak) gebruik gemaakt van 0.26 mgP/l (Aalderink et al, 2009). Voor stikstof gaat het om 1.7 mg/l. Uit een update van de 'Database kwaliteit afstromend hemelwater' (Liefthing et al., 2020) volgden in 2020 iets andere waarden: gemiddelde 0.30 mg/l (P-totaal), voor stikstof gaat het om 2,1 mg/l (N-Kjendahl) en 1.5 mg/l (NO<sub>3</sub>-N) (tabel 2.4); in totaal dus 3.6 mg N/l. Hierbij moet echter de kanttekening geplaatst worden dat de nutriëntconcentraties af kunnen hangen van de locaties waar de metingen gedaan zijn en het moment waarop ze hebben plaatsgevonden. De spreiding in meetwaarden in dergelijke onderzoeken is doorgaans vrij hoog (in onderstaande tabel is tussen haakjes ook de 90-percentiele waarde weergegeven). Hoge nutriëntconcentraties in het HWA-riool zijn bijvoorbeeld het gevolg van foutaansluitingen (vuilwaterriool op hemelwaterriool aangesloten) of invloed van voedselrijke kwel. Ook de ontwikkeling van groene daken zou wel eens kunnen leiden tot hogere nutriëntconcentraties in het afstromende hemelwater.

Tabel 2.4 Fosfor en stikstof in water dat afstroomt van verhard oppervlak (daken en wegen in woonwijken), in mg/l

Parameter	Huidige balans (Aalderink et al., 2009)	Nieuwe waarden (Liefthing et al., 2020). Met tussen haakjes de 90-percentiel waarde
Fosfor (mgP/l)	0,26	0,30 (0,54)
Stikstof (mgN/l)	1,7	3,6 (6,8)

Er zijn ook metingen gedaan aan water dat direct afstroomt van erfverharding (Broos, 2011). Hiervan zijn verschillende concentraties beschikbaar in mg/l. Deze kunnen gebruikt worden indien er een inventarisatie gemaakt wordt van een watersysteem in de nabijheid van boerenerven.

In paragraaf 'Afstroming' gaan we in op concentraties in water dat van onverharde oppervlakten afstroomt.

### Chloride van verhard oppervlak

Chloride in water dat over verhard oppervlak afstroomt is sterk locatie gebonden. Naast chloride uit neerslag dat afstroomt over verhard oppervlak, spoelt er chloride mee uit bermen die 's winters gestrooid worden met zout. Rondom provinciale wegen wordt over het algemeen vaker of eerder gestrooid dan in woonwijken of langs kleinere wegen. Daarnaast is de chloride concentratie in het water dat vanuit bermen over verhard oppervlak afstroomt afhankelijk van het zoutgehalte dat in die bermen aanwezig is. Dit gehalte is onder andere afhankelijk van de chloride concentratie dat met het kwelwater de bermen inkomt. Op dit moment wordt er in de water- en stoffenbalans standaard gebruik gemaakt van een chlorideconcentratie van 60 mg/l. Deze waarde is gebaseerd op inschatting door experts en een mediaan op basis van onderzoek en vele rapporten.

Geadviseerd wordt om met deze 40 mg Cl/l te starten, maar rekening te houden met dat de chlorideconcentratie locatie afhankelijk is en er dus een range aanwezig is in de chlorideconcentratie in water dat van verhard oppervlak afstroomt.

Tabel 2.5 Chloride in water dat afstroomt van verhard oppervlak (daken en wegen in woonwijken), in mg/l

Parameter	Huidige balans (expertkennis - mediaan op basis van vele rapporten)	Nieuwe waarden (range)
Chloride (mg Cl/l)	40	15 tot 60

## Riolering

In Nederland is er sprake van drie type rioleringsstelsels:

- (i) gemengd stelsel: vuilwater en afstromend hemelwater komt hierbij samen en wordt afgevoerd naar een RWZI. Bij overbelasting van het gemengde stelsel stort dit over op het oppervlaktewater;
- (ii) gescheiden stelsel: het afstromende hemelwater van de straat en daken etc. (verhard) wordt geloosd op het oppervlaktewater, het vuilwater wordt apart afgevoerd naar de RWZI (vanuit dit vuilwaterriool is ook nog overstort mogelijk op het oppervlaktewater, maar dit zal veel minder vaak gebeuren dan bij een gemengd riool omdat de regen apart wordt afgevoerd);
- (iii) verbeterd gescheiden stelsel: de 'first flush' (eerste 'vieze' debiet van de straat) wordt afgevoerd op het vuilwaterriool, de rest van het hemelwater wordt op het oppervlaktewater geloosd.

In de waterbalans gaat de post 'riolering' enkel over de overstort die plaats vindt vanuit een gemengd stelsel op het oppervlaktewater in geval van overbelasting. Het verharde oppervlak dat zit aangesloten op een (verbeterd) gescheiden stelsel wordt in de balans onder het oppervlakte 'verhard' geschaard.

### *Fosfor, stikstof en chloride in riool overstort water*

In de huidige balans zijn kengetallen van fosfor en stikstof van de overstort (gemengd stelsel) opgenomen uit Aalderink (2009) en voor chloride geldt dat er een ervaringsgetal gebruikt wordt. Hier zijn geen nieuwe cijfers voor bekend.

Tabel 2.6 Fosfor, stikstof en chloride in gemengd rioleringsstelsel - huidige waarden in mg/l.

Parameter	Huidige balans (Aalderink et al., 2009)
Fosfor (mgP/l)	3,1
Stikstof (mgN/l)	12,5

Tabel 2.7 Chloride in water uit gemengd rioleringsstelsel - huidige waarden in mg/l

Parameter	Huidige balans (Ervaringsgetal)
Chloride (mgCl/l)	100

## Gedraineerd

Water dat via de drains uitspoelt bevat over het algemeen dezelfde nutriënten- en chlorideconcentraties als het water dat via de bodem uitspoelt naar een sloot. Zie de volgende paragraaf voor meer informatie over de nutriënten in het uitspoelende water.

## Uitspoeling

Bij uitspoeling is het van groot belang om rekening te houden met variatie in bronnen, de uitspoeling van fosfor en stikstof is bijvoorbeeld afhankelijk van de hoeveelheid kwel (dit is bijvoorbeeld terug te zien in de resultaten over de variatie in fosfor en stikstof pieken in de Hupsel (Rozemeijer et al., 2014), maar ook het landgebruik en bemestingsverleden zijn belangrijke factoren om de uit- en afspoeling in te kunnen schatten.

### *Fosfor en stikstof in uitspoelend water*

Er zijn twee benaderingen mogelijk voor de uitspoeling van fosfor en stikstof; metingen en modellen. Vaak worden de waarden voor nutriëntuitspoeling uit landbouwgronden en natuur geschat op basis van metingen of analyses die in de buurt uitgevoerd zijn. Voor een eerste inschatting aan de hand van de waterbalans kan ook gebruik gemaakt worden van de fosfor- en stikstofconcentraties die berekend zijn met het STONE-instrumentarium.

Schoumans et al. hebben in 2008 een deskstudie uitgevoerd om de bijdrage van landbouw en natuur aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te bepalen. Hieronder zijn de resultaten voor beide

landgebruik typen weergeven voor natte, matig droge en droge situaties; gerelateerd aan de grondwatertrappen (zie tabel 2.8 en tabel 2.9). Deze grondwatertrappen zijn van belang omdat deze gerelateerd zijn aan hoeveel water door de bodem verplaatst en welke processen er in de bovengrond plaatsvinden. De grondwatertrappen kunnen opgezocht worden in de kaart in Bijlage I. In deze kaart zijn de met SWAP berekende grondwatertrappen weergegeven over een periode van 30 jaar. De patronen in de grondwatertrappen komen overeen met de verschillende landschapseenheden, zoals veenweidegebieden en (de drogere) zandgronden.

Tabel 2.8 Fosfor en stikstof uitspoeling naar het oppervlaktewater vanuit **landbouwgronden** (in mg/l) - nieuwe waarden in relatie tot grondsoort en vochtsituatie (grondwatertrappen\*)

Nieuwe waarden (Schoumans et al., 2008)							
bodemtype	zand			klei			veen
	nat	matig droog	droog	nat	matig droog	droog	nat
Fosfor (mgP/l)	0.43	0.30	0.29	0.49	0.47	0.33	0.52
Stikstof (mgN/l)	5.7	9.3	11.9	4.7	4.2	4.1	3.4

\* grondwatertrappen:  
- I t/m V = nat  
- VI = matig droog  
- VII en VIII = droog

Tabel 2.9 Fosfor en stikstof uitspoeling naar het oppervlaktewater vanuit **natuur** (in mg/l) - nieuwe waarden in relatie tot grondsoort en vochtsituatie (grondwatertrappen\*)

Nieuwe waarden (Schoumans et al., 2008)							
bodemtype	zand			klei			veen
	nat	matig droog	droog	nat	matig droog	droog	nat
Fosfor (mgP/l)	0.25	0.05	0.05	0.28	0.16	0.18	0.17
Stikstof (mgN/l)	2.7	5.2	6.4	2.6	2.5	2.8	2.7

\* grondwatertrappen:  
- I t/m V = nat  
- VI = matig droog  
- VII en VIII = droog

Bij deze tabellen zijn enkele kritische kanttekeningen te plaatsen:

- deze modellen berekenen vaak alleen ortho-P en nitraat en misschien ammonium. Voor veen moeten er dan nog extra stappen genomen worden om ook totaal P en totaal N te bepalen;
- er wordt nu per grondsoort en grondwatertrap één waarde gepresenteerd; in werkelijkheid gaat het om een range die zowel in ruimte als in tijd varieert. **Het in de tabellen gepresenteerde getal kan gebruikt worden in de waterbalans, maar is niet de waarheid. De onzekerheidsmarge is groot, maar thans nog onbekend;**
- zie hoofdstuk Aanbevelingen voor de stappen die gezet kunnen worden om de uitspoeling van fosfor en stikstof beter te kunnen gaan inschatten.

#### Chloride in uitspoelend water

De chloride concentratie wordt op basis van expertkennis bepaald. De concentratie is een resultante van de bijdrage of intensiteit van kwel en neerslag, en de herkomst of het chloridegehalte in kwel.



## Afstroming

Voor de nutriëntenconcentraties in afstromend water, zie de waarden voor uitspoeling. Voordat water afstroomt vinden er veel minder (bodem)processen plaats en stroomt het water niet door de bodem, waardoor de nutriëntenconcentratie van het afstromende water iets lager ligt dan in uitspoelend water.

Indien er gemest is gaat deze redenatie niet op en zal de nutriëntenconcentratie in het afstromende water hoger liggen dan de concentraties voor uitspoeling.

## Bronnen die niet gerelateerd zijn aan waterstromen

Naast de nutriënten die via waterstromen een belasting van het watersysteem veroorzaken, zijn er ook diverse vormen van 'droge' nutriëntenbelasting, zoals:

- vogelpoep (NB. dit veroorzaakt enkel externe nutriëntenbelasting als de vogels elders foerageren). Er zijn kengetallen beschikbaar voor de P en N belasting per vogelsoort (Hahn et al. 2007; 2008);
- gebruik van lokvoer door de hengelsport. Door Sportvisserij Nederland is in 2009 een literatuuronderzoek gedaan naar de invloed van lokvoer op de waterkwaliteit. Hieruit komen de volgende kentallen naar voren: circa 60 % van de vissers gebruikt lokvoer; de sportvissers die lokvoer gebruiken, voeren gemiddeld 1 kg per visdag; lokvoer bevat gemiddeld 0,3 % fosfor (P) en 1,3 % stikstof (N) (van Emmerik & Peters, 2009);
- bladval. Uitgaande van 40 g bladval per m<sup>2</sup> bladerdek en een verhouding C:N:P in het blad van 1700:29:1, is de P-belasting per m<sup>2</sup> bladerdek gemiddeld 0,011 gP (Witteveen+Bos, 2012);
- voeren van eendjes (zie Witteveen+Bos, 2012, Hermsen et al., 2011);
- recreatie (zwemmen, varen), door afval of ontlasting. De basisafgifte is gemiddeld 4 mg P/zwemmer en 300 mg N/zwemmer (zolang er niet in het water geürineerd wordt; Boere, 1987).

Deze vormen van belasting worden standaard niet in de water- en stoffenbalans berekend. Wanneer vermoed wordt dat (een van) deze bronnen in een bepaald watersysteem een significante bijdrage levert, dient dit door de gebruiker zelf becijferd te worden en opgeteld te worden bij de nutriëntenbelasting die in de waterbalans berekend wordt. Zie ook de publicatie in H2O van Hermsen et al. (2011) over de belasting door dergelijke bronnen in stedelijk oppervlaktewater.

## 2.3.2 Geohydrologie

In het blok geohydrologie gaat het om de parameters: uitspoelfractie, intrekfractie, bergingsruimte en de maximum grondwaterstand voor de bakjes: onder verhard, gedraineerd boven, gedraineerd onder en eventueel deelgebieden (rood omkaderd in afbeelding 2.6).

Afbeelding 2.6 Geohydrologie blok van de water- en stoffenbalans, de besproken onderdelen zijn rood omrand

	boven verhard	onder verhard	gedraineerd boven	gedraineerd onder	deelgebied 1	deelgebied 2	deelgebied 3	deelgebied 4
f_uitspoel (d <sup>-1</sup> )	0.00	0.001	0.50	0.001	0.08	0.08	0.08	0.08
f_intrek (d <sup>-1</sup> )	0.00	0.001	0.00	0.001	0.04	0.04	0.04	0.04
bergingsruimte (-)	1.00	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20
maximum gws (m)	0.00	0.50	0.70	0.20	0.50	0.50	0.50	0.50
evenwichts gws (m)	0	0	0	0	0	0	0	0
minimum gws (m)	0	x	x	x	x	x	x	x
initiële gws (m)	0	0	0	0	0	0	0	0

### f\_uitspoel (d-1)

De f\_uitspoel is de fractie grondwater die per dag vanuit het 'perceelbakje' uitspoelt naar het oppervlaktewater (Tanis et al., 2018). Deze uitspoeling vindt plaats als het grondwatervolume groter is dan het evenwichtsvolume (evenwichtsvolume = oppervlak\*evenwichtsgrondwaterstand).

Voor de uitspoelfractie worden meestal ervaringsgetallen gebruikt, deze getallen komen vaak goed overeen met de gemeten afvoer uit polders. Standaard staat de fractie op 0.08, deze fractie is voor veenbodems vaak

reëel. Voor zandbodems en kleibodems met drainage geldt dat een fractie van 0.1 voor uitspoelend water realistisch is.

Het Cultuurtechnisch Vademecum geeft ook enkele uitspoel fracties (alfa, reactiefactor) voor verschillende afvoertypes (Cultuurtechnische vereniging (deel III Water), 1988), deze zijn afgeleid uit afvoermetingen (De Jager, 1965), zie ook afbeelding 2.7.

Afbeelding 2.7 Methode De Zeeuw-Hellinga, deze methode wordt toegepast in vlakke gebieden met bemaling. De rectiefactor (alfa) kan bepaald worden uit afvoergolven, bij benadering geldt  $j=1/\text{alfa}$  (Cultuurtechnische vereniging (deel III Water), 1988)

$\alpha$ (d <sup>-1</sup> )	$j$ (d)	Afvoertype
500 - 700	0,0014 - 0,002	afvoer van 1000-4000 m <sup>2</sup> verhard oppervlak
100 - 200	0,005 - 0,01	oppervlakte afvoer van sterk hellend terrein
1 - 10	0,1 - 1,0	oppervlakte afvoer; afvoer van gronden met zeer ondiep gelegen ondoorlatende lagen
0,3 - 0,7	1,5 - 3,0	gedraineerde goed ontwaterde landbouwgrond
0,03 - 0,07	15 - 30	slecht ontwaterd grasland met dichtgegroeide sloten ('moerasafvoer')
0,0005 - 0,0003	300 - 2000	afvoer van kwelwater uit hoge, zeer doorlatende terreinen (Veluwe, Z-Limburg)

#### f\_intrek (d-1)

De f-intrek is de hoeveelheid water die juist vanuit het oppervlaktewater het 'perceelbakje' intrekt, dit wordt uitgedrukt als fractie van het al aanwezige grondwater. De factor is onder andere afhankelijk van de intrekweerstand, die afhankelijk is van het bodemtype en de hoeveelheid water ten opzichte van de hoeveelheid land (Tanis et al., 2018). Er zit een factor twee verschil tussen de uitspoel fractie en de intrek fractie.

#### Bergingsruimte (-)

De bergingsruimte is de fractie porieruimte tussen de bodemdeeltjes. Deze bergingsruimte is bij verzadigde grond volledig met water gevuld. Bij onverzadigde grond is, een deel van, de bergingsruimte met lucht gevuld. Het porievolume heeft effect op hoe snel of traag het systeem reageert. Het porievolume van de bodem varieert tussen 0.15 en 0.3 (lagere porositeit = hogere dichtheid van de bodem, zand heeft een hogere dichtheid dan klei, dus een lagere porositeit).

Het porievolume heeft een fysische achtergrond (Cultuurtechnische vereniging (deel III Water), 1988) en is afhankelijk van de afstand tot de sloot.

#### Maximum GWS (m)

De maximale grondwaterstand is eigenlijk de drooglegging, dus het verschil tussen het maaiveld en het gemiddelde slootpeil. In kleigronden kan dit een meter zijn, bij veen 30 cm (in het Westen) of meer dan 30 cm (in Friesland). In zandbodems varieert de drooglegging sterk.



# 3

## AANBEVELINGEN

### 3.1 Kennislacune: uitspoeling van nutriënten

Op basis van een literatuurstudie en gesprekken met diverse deskundigen zijn in voorgaand hoofdstuk de kengetallen besproken van de relevante waterbalansparameters op het vlak van nutriënten en geohydrologie. Hieruit komt in ieder geval naar voren dat het opstellen van een waterbalans altijd maatwerk is. Daarnaast volgt uit de studie dat voor sommige parameters redelijk goed een bandbreedte of algemeen kengetal is te geven. Voor andere parameters ligt dat anders. Voornamelijk de uit- en afspoeling blijft een lastige (maar belangrijke!) post om goed in te schatten bij het opstellen van een water- en stoffenbalans. Voor veel watersystemen is uitspoeling één van de grootste posten van de waterbalans. Dit is thans de grootste kennislacune op het vlak van kengetallen voor de waterbalans.

Er is en wordt wel geregeld gemeten aan de kwaliteit van het uitspoelende grondwater, maar de projecten worden vrijwel nooit opgezet om voor heel Nederland bruikbare kennis te genereren, óf bevatten een zeer gering aantal onderzoekslocaties waardoor extrapolatie eigenlijk niet mogelijk is, óf betreffen metingen met een ander doel (bijvoorbeeld het landbouwmeetnet) en daardoor niet één op één te vertalen naar kengetallen voor uitspoeling. Daarnaast zijn modellen die informatie geven over de kwaliteit van uitspoelend grondwater, met name het landelijke STONE-instrumentarium. Er is dus weliswaar veel informatie en data, maar de uitdaging is het ontsluiten van deze gegevens ten bate van een goede afleiding van kengetallen voor in de water- en stoffenbalans.

### 3.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De belangrijkste aanbeveling is om de gegevens en data die er eigenlijk al is, maar niet goed op te vragen en/of te gebruiken is, te gaan ontsluiten. Het doel hiervan is om waterbeheerders van de juiste informatie te voorzien om in hun systeemanalyses een goed onderbouwde aanname kunnen doen voor de nutriënten in uitspoelend grondwater. Op hoofdlijnen zijn er twee sporen denkbaar, die aanvullend zijn op elkaar:

- 1 data benadering: de kengetallen beter onderbouwen op basis van beschikbare metingen. Hiervoor kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de bodemgegevens vanuit het landbouwmeetnet. In dit meetnet worden niet direct de nutriëntconcentraties in het grondwater gemeten, maar zijn wel andere parameters beschikbaar die als 'surrogaatparameter' zouden kunnen dienen om de nutriëntconcentraties mee te benaderen. Dit zou bijvoorbeeld met aanvullende metingen gevalideerd kunnen worden;
- 2 modelmatige benadering op basis van het STONE-instrumentarium. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een update van de tabellen van Schoumans et al. uit 2008 (zie tabel 2.8 & tabel 2.9 in dit rapport), waarbij dan niet enkel een gemiddelde concentratie wordt vermeld, maar ook inzicht wordt gegeven in de spreiding en/of in temporele effecten. Als een iets verdergaande stap kan gedacht worden aan het opstellen van een 'nieuw' metamodel in plaats van NutriCalc, dat vanwege enkele punten tekortschoot (STOWA 2011) en daardoor nooit in gebruik is geraakt. Het principe van een dergelijk metamodel is echter zeer bruikbaar.

Idealiter worden beide sporen bewandeld zodat de uitkomsten van het ene spoor gebruikt kunnen worden ter validatie van die van het andere spoor, en vice versa. Dit kan bijvoorbeeld gestalte krijgen in de vorm

casussen (zoals bij de toetsing van NutriCalc), waarbij de uitkomsten van beide sporen in het veld getoetst worden aan de lokale omstandigheden (aangevuld met lokale metingen).

# 4

## REFERENTIES

- Aalderink, H., Langeveld, J., Liefthing, E. en de Weme, A. (2009). Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies? Vergelijkende analyse van vervuilingsbronnen en maatregelen aan het afvalwatersysteem, beoordeeld op hun effect op de kwaliteit van diverse oppervlaktewateren. Stichting RIONED.
- Bakel, P.J.T. van, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, H.Th.L. Massop, D.J.J. Walvoort, (2007). Reparatie Hydrologie voor STONE 2.1. Beschrijving reparatie-acties, analyseresultaten en beoordeling plausibiliteit. Link: <https://edepot.wur.nl/42761>.
- Boere, J.A., 1987. Eutrofiëring van recreatiewateren; oorzaken en mogelijke maatregelen. H2O (20) 1987, nr. 22.
- Broos, J. (2011) Erfafspoeling - een inventarisatie van de problematiek en mogelijke oplossingen. <https://edepot.wur.nl/185030>.
- Buijsman, (2007). De depositie van fosfor in Nederland. Milieu- en Natuurplanbureau.
- Cultuurtechnische vereniging (1988). Cultuurtechnisch Vademecum, deel III Water. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/288191>.
- De Jager, A. W. (1965). Hoge afvoeren van enige Nederlandse stroomgebieden.
- de Vries, W., Kros, H., Voogd, J. C., van Duijvendijk, K., & Ros, G. (2018). Kansen voor het sluiten van de mineralenbalansen in Noord-Nederland: effecten op regionale schaal en bedrijfsschaal (No. 2925). Wageningen Environmental Research.
- Hahn, S., Bauer, S., & Klaassen, M. (2007). Estimating the contribution of carnivorous waterbirds to nutrient loading in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 52(12), 2421-2433.
- Hahn, S., Bauer, S., & Klaassen, M. (2008). Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. *Freshwater Biology*, 53(1), 181-193.
- Hermsen, A., Maessen, M., van der Pouw Kraan, E. & J. Hendriks (2011). Veldstudie naar belasting diffuse bronnen op stedelijk oppervlaktewater. H2O-platform, 13-2011.
- KIWK. (2018). Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout? <https://www.kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/themas/nutriënten-welke-landbouwmaatregelen-snijden-hout>.
- KIWK. (2021). Meetcabines brengen hot moments van nutriëntenuitspoeling in beeld. <https://www.kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/nieuws/meetcabines-brengen-hot-moments-van-nutriëntenuitspoeling-beeld>.
- Kros, H., van Rotterdam, D., Reijneveld, A., de Vries, W. & Ros, G. (2017). Gebiedsgericht inzicht in effecten van landbouwmaatregelen op emissies van stikstof en fosfor. [https://www.researchgate.net/publication/319035228\\_Gebiedsgericht\\_inzicht\\_in\\_effecten\\_van\\_landbouw\\_maatregelen\\_op\\_emissies\\_van\\_stikstof\\_en\\_fosfor](https://www.researchgate.net/publication/319035228_Gebiedsgericht_inzicht_in_effecten_van_landbouw_maatregelen_op_emissies_van_stikstof_en_fosfor).
- Liefthing, H.J., Boogaard, F.C. en Langeveld, J.G. (2020). Database kwaliteit afstromend hemelwater. Stichting RIONED en STOWA.
- NIOO (2008). Kwantitatieve bepaling van de aanvoer van voedingsstoffen door watervogels in zoetwaterhabitats. <https://nioo.knaw.nl/nl/news/kwantitatieve-bepaling-van-de-aanvoer-van-voedingsstoffen-door-watervogels-zoetwaterhabitats>.
- Oude Essink, G. H. P., Houtman, H., & BJM, G. (2005). Chloride-concentratie onderkant deklaag in Nederland. Utrecht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen. TNO-Rapport NITG, 05-056.
- RIVM (2012). Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. <https://www.rivm.nl/documenten/Imre-regenwatersamenstelling-2012> (downloaden gegevens uit 2012 per meetlocatie).

- Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P, van der Grift, B. (2014). Water quality status and trends in agriculture-dominated headwaters; a national monitoring network for assessing the effectiveness of national and European manure legislation in The Netherlands. *Environ Monit Assess* 186, 8981–8995 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4059-0>.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L. Renaud & F.J.E. van der Bolt, 2008. Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. Wageningen, Alterra, *Alterraraapport 1700*. 34 blz.; 7 fig.; 8 tab.; 16 ref.
- Stolk, A. (2001) Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/723101057.pdf>.
- STOWA (2010). Osté, A., Jaarsma, N. & Oostserhout, F. Een heldere kijk op diepe plassen. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202010/STOWA%202010-38.pdf>.
- STOWA (2011). Toetsing NutriCalc aan gebiedskennis en meetgegevens. <https://www.stowa.nl/publicaties/toetsing-nutricalc-aan-gebiedskennis-en-meetgegevens>.
- STOWA (2017). Database regenwater. <https://www.stowa.nl/publicaties/database-regenwater> (gegevens van afstromend regenwater in kolom G).
- STOWA (2021). Maatregel op de kaart (fase 2). Identificeren van kansrijke maatregelen voor schoner grond- en oppervlaktewater (KIWK). <https://www.stowa.nl/publicaties/maatregel-op-de-kaart-fase-2-identificeren-van-kansrijke-maatregelen-voor-schoner-grond>.
- Tanis, H. R., Schep, S. A., & van Dijk, A. (2018). Waterstromen in beeld: handleiding bij de Excelrekeningtool Waterbalans. STOWA.
- Tiktak, A., Beusen, A.H.W. , Boumans, L.J.M., Groenendijk, P., de Haan, B.J., Portielje, R., Schotten, C.G.J. & Wolf, J., 2003. Toets van STONE versie 2.0; Samenvatting en belangrijkste resultaten. RIVM rapport 718201007/2003, Bilthoven.
- van Emmerik, W.A.M. & J.S. Peters, 2009. Invloed lokvoer op waterkwaliteit. In opdracht van Sportvisserij Nederland. 18 december 2009.
- Witteveen+Bos 2012. The development of standardized index values for urban water nutrient balances. Stagerapport Marjolein van Houtum, Witteveen+Bos & Radboud Universiteit Nijmegen.

deze tekst laten staan i.v.m. laatste pagina berekening, wordt niet geprint

Bijlage(n)

## BIJLAGE: BEREKENDE GRONDWATERTRAPPEN VOOR NEDERLAND

Afbeelding I.1 Berekende grondwatertrappen met SWWAP over een periode van 30 jaar (Bakel et al., 2007)

