

N-buffering voor oppervlaktewater

Yuki Fujita (NMI), Gerard H. Ros (WUR, NMI), Piet Groenendijk (WUR)

1. Achtergrond

De kwaliteit van de bodem heeft invloed op het vrijkomen van stikstof in de bodem (via mineralisatie) als wel het transport van water (en stikstof) in de bodem. Via goed bodembeheer kan gezorgd worden voor minder verliezen naar het grond- en oppervlaktewater omdat

- een hoge benutting van stikstof zorgt voor een lager N-overschot (dat wil zeggen extra gewasgroei bij dezelfde bemesting);
- het geproduceerde nitraat wordt vastgehouden in de bodem (afhankelijk van de CN-ratio en aanwezigheid van stroresten en wortelresten) en het risico op ondiepe uitspoeling en afspoeling als gevolg van een verdichte ondergrond;
- het geproduceerde nitraat wordt omgezet naar N_2 (een onschadelijk stikstofgas).

Het risico van verhoogde uitspoeling en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater neemt toe wanneer het N-overschot in bodem toeneemt, de ondergrond sterk verdicht is, er snelle afvoerroutes aanwezig zijn (bijv. drains) of wanneer er weinig mogelijkheden zijn voor denitrificatie. Denitrificatie treedt op zodra er zuurstofloze omstandigheden voorkomen en er voldoende koolstof aanwezig is om dit microbiële proces te stimuleren.

Om de bijdrage van goed bodembeheer aan de N-verliezen naar het oppervlaktewater te kwantificeren worden normaliter allerlei modellen ingezet zoals ANIMO, STONE of INITIATOR. Op basis van generieke bodemkenmerken en het voorkomende landgebruik kan vervolgens voor elke locatie in kaart worden gebracht welk deel van het N-overschot uit- en afspoelt naar het watersysteem.

Onder de aannames dat

- 1) goed bodembeheer geen effect heeft op de N-aanvoer van externe bronnen zoals kwel, bemesting, depositie en de N-opname door het gewas en
- 2) dat het N-verlies naar het watersysteem lineair samenhangt met het N-overschot,

kan een indicatie worden gegeven van de mate waarin bodems stikstof kunnen vasthouden dan wel het risico op verliezen naar het oppervlaktewater kunnen verkleind. Bodems met een hoger N-leverend vermogen als ook een sterke mate van ondergrondverdichting worden gekenmerkt door een hoger risico op N-verliezen. In hoeverre er stikstof afspoelt naar het watersysteem, hangt af van bodemsoort, gewassoort en grondwaterstand. Onder droge omstandigheden spoelt er minder stikstof naar het oppervlaktewater omdat er weinig afspoeling is (met uitzondering bij events rond piekbuien). Onder natte omstandigheden is er matig risico omdat veel van het aanwezige stikstof kan denitrificeren. Onder grasland spoelt er minder stikstof af en uit naar het oppervlaktewater dan onder akkerbouw omdat gras een intensief wortelstelsel heeft als ook een langere opnameperiode. Ook is de bodem continue bedekt met gewas, waardoor er minder risico is op afspoeling over het maaiveld. Zandgronden zijn daarnaast minder gevoelig voor afspoeling naar het oppervlaktewater door een hogere infiltratie-capaciteit. Op basis van

het landelijke modelinstrumentarium STONE is in 2016 de gevoeligheid van af- en uitspoeling van stikstof berekend als functie van het N-overschot. Op basis hiervan is per grondsoort, gewastype en grondwatertrap in kaart gebracht hoe de N-verliezen naar het oppervlaktewater veranderen als gevolg van een verandering in het N-overschot. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om per perceel een indicatie te geven van het af- en uitspoelingsrisico (zie hiervoor Bijlage I).

2. Definitie

De capaciteit van een bodem om stikstof vast te houden of te verplaatsen (d.w.z., bufferen) en daarmee de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater te verminderen.

3. Benodigde input

Om de mogelijkheid van N-retentie dan wel N-verplaatsing in kaart te brengen voor elk perceel is informatie nodig over:

- het N-leverend vermogen ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$)
- het landgebruik : gewascode van BRP, geclusterd tot grasland, mais of overig bouwland.
- de aanvoer van werkzame stikstof, conform de gewasafhankelijke gebruiksnorm.
- het bodemtype : klei, veen, of zand
- de grondwatertrap (klasse I - VIII)

4. Berekening

Extra stikstofverliezen naar het oppervlaktewater als gevolg van de N-levering vanuit de bodem (D_{N_SW} , $\text{kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$) kunnen geschat worden via:

$$D_{N_SW} = N_{overschot,nlv} * UF_{sw}$$

Hierbij zijn

$N_{overschot,nlv}$: de bijdrage van stikstoflevering aan het N-overschot ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$)

UF_{sw} : fractie van het N-overschot vanuit bodem en bemesting dat afspoelt en uitspoelt naar het oppervlaktewater (dimensie-loos), per bodemtype, gewastype, en grondwatertrap

Concreet gaat het hier niet om de actuele en daadwerkelijke uit- en afspoeling van stikstof, maar de extra N-verliezen die op kunnen treden als functie van het N-leverend vermogen van de bodem. Alle andere N-bronnen worden daarmee verondersteld niet te veranderen als gevolg van goed bodembeheer.

De bijdrage van de N-levering aan het N-overschot wordt geschat via de geschatte N-levering (D_{NLV} , $\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) en een N-recovery (NR, dimensieloos):

$$N_{overschot,nlv} = (1 - NR) * D_{NLV}$$

Het deel van de gemineraliseerde stikstof dat door het gewas wordt opgenomen (NR) wordt geschat in afhankelijkheid van het totale N-bodemoverschot vanuit mineralisatie en bemesting. De gebruiksnorm geeft namelijk aan hoeveel effectieve N mag worden aangevoerd om gewasgroei (binnen een bouwplan) maximaal te faciliteren binnen de randvoorwaarde dat de nitraatconcentratie in het grondwater lager blijft dan 50 mg L^{-1} . Daarbij wordt uitgegaan wordt van een vaste N-levering van $125 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ en een generieke waarde voor N-depositie (Schröder et al., 2004).

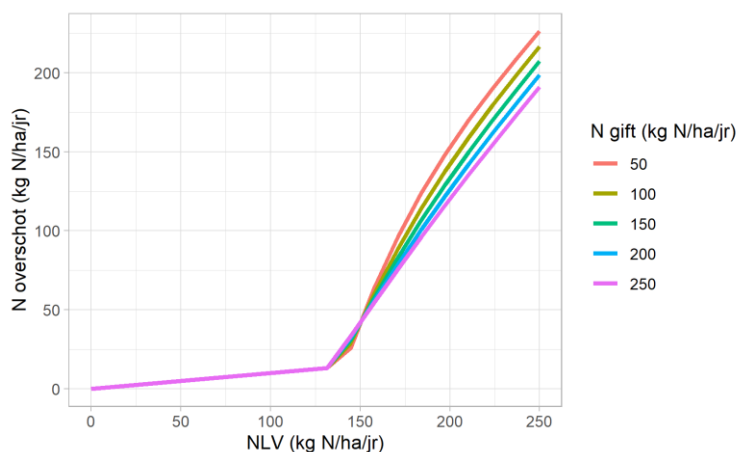
Onder de aanname dat circa 10% van de N-levering (die op jaarbasis wordt berekend in OBIC) buiten het groeiseizoen vrijkomt, en dat alle vrijkomende N-levering vanuit de bodem ook daadwerkelijk opgenomen kan worden door het gewas (de werking van gemineraliseerde stikstof wordt binnen het bemestingsonderzoek op 100% gesteld), betekent dit concreet dat het deel van het N-overschot dat afspoelt en uitspoelt naar het oppervlaktewater geschat kan worden als 10% van het NLV zolang het N-overschot kleiner is dan de gebruiksnorm plus 125 kg N ha⁻¹ uit N-levering en N-depositie. Om hiermee rekening te houden wordt de N-recovery geschat via:

$$NR = 0.72 * \left(\frac{(D_{NLV} + N_{gift})}{(125 + N_{gift} + N_{depositie})} \right)^{-5}$$

waarbij N_{gift} de gebruiksnorm van stikstof (kg N ha⁻¹ jaar⁻¹) is die afhankelijk is van gewas en bodemsoort, $N_{depositie}$ de atmosferische depositiewaarde van stikstof (kg N ha⁻¹ jaar⁻¹) is.

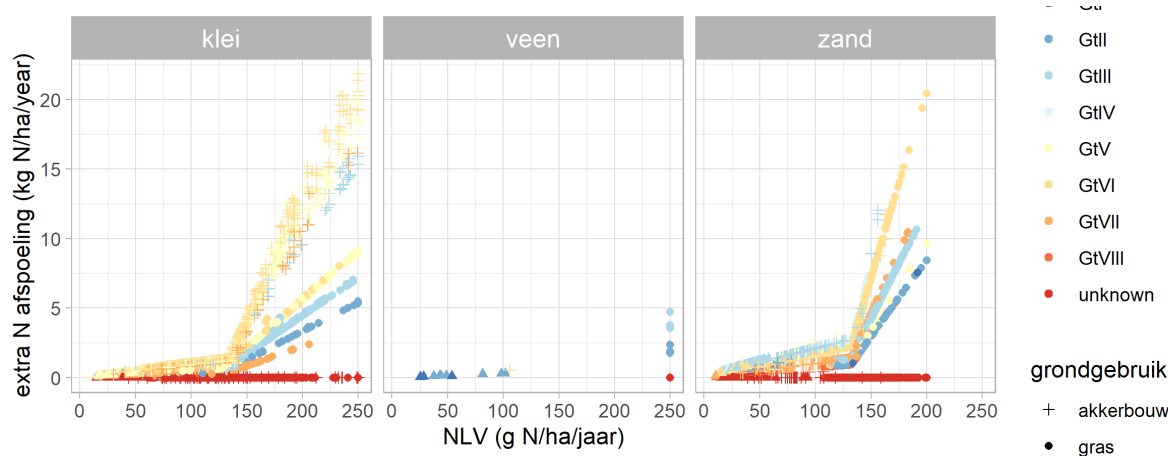
De waarde voor NR mag niet groter zijn dan één. In die situatie wordt namelijk al het vrijkomende stikstof vanuit de bodem opgenomen door het gewas en er is geen uitspoeling. Zodra de totale werkzame N-aanvoer groter is dan de som van de N-gebruiksnorm, de N-depositie en de gemiddelde N-levering van 125 kg N ha⁻¹ - zoals deze gebruikt zijn bij de afleiding van de gebruiksnorm - dan betekent dat dat er sprake is van luxe consumptie van het gewas en de N-recovery af gaat nemen. Deze afname wordt in de OBIC geschat via een empirische exponentiele functie waarbij aangenomen is dat extra vrijkomende stikstof niet meer wordt opgenomen zodra er meer N beschikbaar is dan 2,5 keer de gebruiksnorm. De waarde 0,72 in de functie is hierbij het resultaat van de vermenigvuldiging van een N-werking van 90% (lees: 10% verliezen) en een constante van 0,8 vanuit de empirische vergelijking om bij hoge N-giften de N-werking te laten afnemen.

Figuur 1 laat zien hoe N overschot verandert bij een toenemende N-levering.



Figuur 1. Verandering van het N-overschot als functie van een verandering van het NLV van bodem.

Let wel, de OBIC berekent hier dus niet de actuele N-verliezen, maar de extra nitraatverliezen die via uit- en afspoeling optreden richting het oppervlaktewater als functie van het N-leverend vermogen. Als er geen N-levering is, kan er namelijk ook geen stikstof uit- en afspoelen vanuit de gemineraliseerde N in de bodem. Hoe meer stikstof er beschikbaar komt via mineralisatie, hoe groter de kans op (extra) stikstofverliezen. Een voorbeeld van berekende (extra) uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater voor een test dataset van 5161 locaties rondom Wageningen is hieronder weergegeven (Figuur 2).



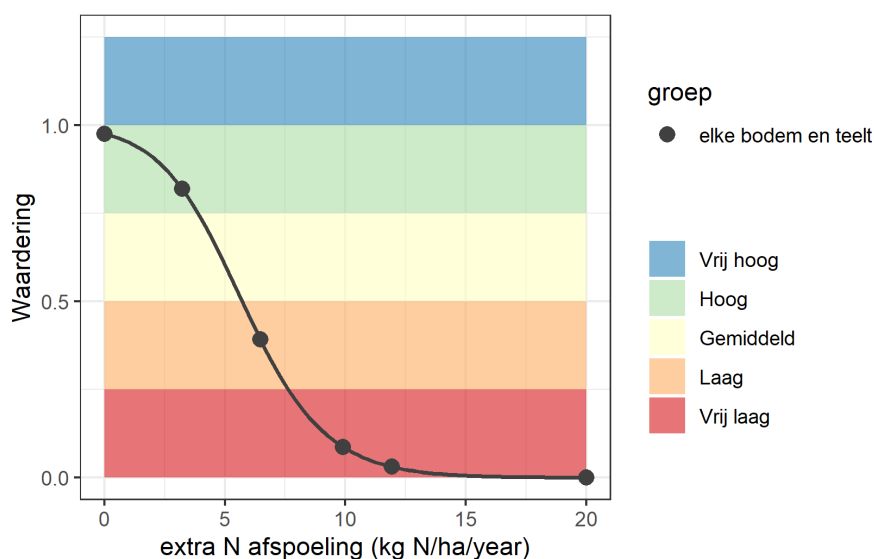
Figuur 2. Berekende (extra) uit- en afspoeling van stikstof door een verandering van het NLV voor een test dataset van 5161 locaties rondom Wageningen.

5. Waardering

Voor de Open Bodemindex is stikstofretentie of buffering (d.w.z. vermogen van bodem voor het vasthouden van stikstof) gewaardeerd op basis van de berekende gevoeligheid voor af- en uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater. Hiervoor is een logistische curve gekozen, waarbij een hoog risico op N-verliezen samenvalt met een lage N-retentie van de bodem. Parameterwaarden zijn zodanig gekozen dat de waardering heel slecht ($<0,1$) wordt rondom een gemiddeld maximum niveau van extra stikstofafspoeling dat voorkomt onder Nederlandse omstandigheden (ca. $15 - 20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$).

$$I_{N_SW} = 1 - 1 / (1 + \exp(-b * (D_{N_SW} - x_0)))^{(1 / v)}$$

waarbij: $b = 0.54$, $x_0 = 5$, $v = 0.75$. Deze waarderingsfunctie wordt hieronder gevisualiseerd.



Figuur 3. Waardering van het bufferend vermogen van de bodem om (extra) N-verliezen naar het oppervlaktewater via uit- en afspoeling te beperken.

6. Mogelijke verbeteropties / alternatieven

Het lijkt zinvol om ook iets toe te voegen van het gewastype in relatie tot het risico op oppervlakkige afspoeling. Gewas is van belang vanwege het tijdstip waarop N-overschotten ontstaan. In de huidige systematiek wordt uitgegaan van jaarlijkse overschotten, maar het tijdstip/ verloop binnen het jaar varieert sterk afhankelijk van de teeltwijze van het gewas.

Voor de gevoeligheid van een grond voor uit- en afspoeling is een onderscheid in wel of niet gedraineerd wezenlijk. Het lijkt zinvol om afzonderlijke waarderingsrelaties te ontwikkelen voor gronden met buisdrainage en gronden zonder buisdrainage

Vanuit de waterkwaliteit is het zinvol om sommige combinaties van gewas, bodemtype en grondwatertrap zwaar af te straffen omdat deze een sterk negatief effect kunnen hebben op de uit- en afspoeling van stikstof (en fosfaat). Voor een deel gebeurt dit al in de functie Bodembeheer, maar het is aan te bevelen om deze link hier (en daar) te versterken. Dit kan bijvoorbeeld door het toevoegen van een harde onder- of bovengrens qua grondwatertrappen waar uitspoelingsgevoelige gewassen of bloembollen worden geteeld.

7. Versie

Versie 0.1 20191125 opgesteld door Yuki Fujita (NMI), door de FACTSHEET N retentie 3.0 op te splitsen in grondwateruitspoeling (FACTSHEET N retentie grondwater 1.0) en oppervlakte-waterafspoeling (FACTSHEET N retentie oppervlaktewater ver. 1.0)

Versie 0.2 20191126 update door Yuki Fujita (NMI)

Versie 0.3 20191205 update door Gerard Ros (WUR, NMI)

Versie 0.4 20191212 update door Gerard Ros (WUR, NMI) n.a.v. feedback van Piet Groenendijk (WUR)

Link naar R-scripts: <https://github.com/springgbv/Open-Bodem-Index-Calculator/blob/master/R/nretention.r>

8. Literatuur

Modelberekeningen STONE voor EMW2016.

Groenendijk et al. (2016) Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren. WenR-rapport 2749, 150 pp.

Schröder et al. (2004) Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. PRI-rapport 79, 172 pp.

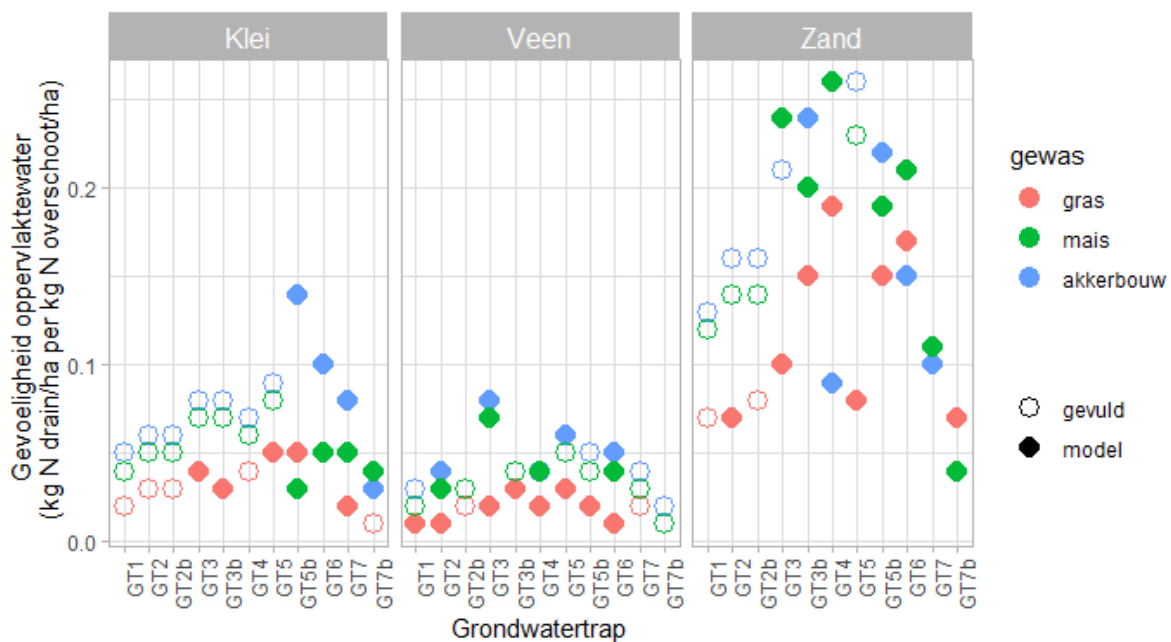
Bijlage I. N-overschot en N-afspoeling

De fractie van het N-overschot dat naar oppervlaktewater uit- en afspoelt (kg N ha^{-1} per $\text{kg N-overschot ha}^{-1}$) is berekend met behulp van het modelinstrumentarium STONE (Groenendijk et al., 2016). De fracties zijn gemiddeld per cluster (i.e. elke combinatie van gewastype, bodemsoort, en grondwatertrap). De clusters waarin niet meer dan 10 STONE-plots in zitten zijn niet weergegeven.

De niet vaak voorkomende combinaties zijn afgeleid vanuit de wel beschikbare gegevens. Zie Tabel 1 voor de volledige matrix van de fracties. Figuur illustreert het verschil in de fracties tussen bodemsoort, gewastype, en grondwatertrap.

Tabel 1. Fracties van het N-overschot dat als nitraat naar het oppervlaktewater uit- en afspoelt (kg N ha^{-1} per $\text{kg N-overschot ha}^{-1}$). Waarden in witte cellen zijn de oorspronkelijke waarden uit STONE en waarden in groene cellen zijn geschat op basis van expert-judgement.

Gewas	Bodem	GT1	GT2	GT2b	GT3	GT3b	GT4	GT5	GT5b	GT6	GT7	GT7b
akkerbouw	Klei	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08	0.07	0.09	0.14	0.1	0.08	0.03
akkerbouw	Veen	0.03	0.04	0.03	0.08	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02
akkerbouw	Zand	0.13	0.16	0.16	0.21	0.24	0.09	0.26	0.22	0.15	0.1	0.04
gras	Klei	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.01
gras	Veen	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01
gras	Zand	0.07	0.07	0.08	0.1	0.15	0.19	0.08	0.15	0.17	0.11	0.07
mais	Klei	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07	0.06	0.08	0.03	0.05	0.05	0.04
mais	Veen	0.02	0.03	0.03	0.07	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.01
mais	Zand	0.12	0.14	0.14	0.24	0.2	0.26	0.23	0.19	0.21	0.11	0.04



Figuur 2. Fracties van het N-overschot uit bodem en bemesting dat als nitraat naar het oppervlaktewater uitspoelt (-).