



ALTEERRA

WAGENINGEN UR

# Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond

Een verkennende laboratorium studie

René Rietra  
Christy van Beek  
Joop Harmsen

Alterra-rapport 1703, ISSN 1566-7197





Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond



# Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond

Een verkennende laboratorium studie

René Rietra, Christy van Beek en Joop Harmsen

Alterra-rapport 1703

Alterra, Wageningen, 2008

## REFERAAT

Rietra, R.P.J.J., C.L. van Beek & J. Harmsen, 2008. *Uitspoeling van stikstof en fosfaat na toediening van slootbagger op veengrond; Een verkennende laboratoriumstudie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1703. 32 blz.; 10 fig.; 4 tab.; 9 ref.

Bagger uit slootbodems heeft mogelijk invloed op de uitspoeling van stikstof en fosfaat naar oppervlaktewater. In een verkennende studie zijn lysimeters gevuld met slootbagger met of zonder een laag bodem onderin. Gedurende een periode van 60 dagen is per behandeling het percolaat uit de lysimeters geanalyseerd op orthofosfaat, nitraat, ammonium, organische stikstof en opgeloste organische stof. Bij aanvang, halverwege en aan het einde van de periode is een lysimeter met bagger geofferd voor analyse van de vaste fase (organische stof gehalte, koolstofgehalte, totaal fosfaat en totaal stikstof) en bodemvocht. Per baggeronde wordt ongeveer 366 kg N ha<sup>-1</sup> en 19 kg P ha<sup>-1</sup> toegediend. Uit deze bagger kan potentieel veel N en P uitspoelen. De uitgespoelde hoeveelheden geven een indicatie van de belasting van de bodem en het oppervlaktewater (via bodem of via oppervlakkige afstroming). Uit de behandelingen zonder grond blijkt dat de uitspoeling 4,7 kg N ha<sup>-1</sup> en 1,3 kg P ha<sup>-1</sup> bedraagt gedurende de experimentele periode van 58 dagen. Dit zijn relevante hoeveelheden ten opzichte van de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen.

Trefwoorden: slootbagger, stikstof, fosfaat, uitspoeling.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl). Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice)

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Woord vooraf.....	7
Samenvatting.....	9
1 Inleiding	11
2 Doel	13
3 Aanpak	14
4 Materiaal en Methoden	16
5 Resultaten en Discussie	17
6 Conclusies en Aanbevelingen	25
Literatuur .....	28
Bijlage 1 Gehalten stikstof, fosfaat en organische stof in bodem en bagger uit baggerproef.....	29
Bijlage 2 Beschrijving van gebruikte methoden .....	30
Bijlage 3 Hoeveelheden percolaat per monstermoment.....	31
Bijlage 4 Massa en volume van lysimeters .....	32





## Woord vooraf

Binnen het project 'Relatie grond-oppervlaktewater' is in opdracht van LNV een inventarisatie gemaakt van kennisleemten m.b.t. stikstof- en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Eén van die kennisleemten was het effect van het toedienen van slootbagger op de uitspoeling van stikstof en fosfaat. In de onderhavige studie is een verkennende proef uitgevoerd naar dit effect. De auteurs zijn erkentelijk voor de inhoudelijke discussies met Frank van der Bolt en voor het praktische werk van Popko Bolhuis (beide Alterra).



## Samenvatting

In het veenweidegebied worden perceelsslotsen regelmatig op diepte gehouden door de bovenste laag bagger uit de sloot te halen (te baggeren) en op de kant te zetten. Slootbagger is rijk aan nutriënten en vormt hiermee een potentiële bron van nutriënten die uit kunnen spoelen naar het oppervlaktewater. In de onderhavige proef is slootbagger uit de Vlietpolder aangebracht in lysimeters, met of zonder grond onderin de lysimeter, en werd het percolaat regelmatig geanalyseerd op nitraat, ammonium, organische stikstof (N), fosfaat (P) en opgeloste organische stof (DOC).

Bij aanvang was de nitraatconcentratie in de bagger heel laag en de ammoniumconcentratie hoog. In het bodemvocht van de bodem uit de Vlietpolder (0-10 cm - mv) geldt het omgekeerde. Gedurende het experiment nam de ammoniumconcentratie af en de nitraatconcentratie toe in het percolaat van de bagger. De totale stikstof uitspoeling varieerde minder dan een factor 2 tussen behandelingen met en zonder grond. De totale vrachten die hiermee gemoeid waren zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

*Totale vrachten in percolaat na 58 dagen ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).*

	Bagger met grond	Bagger zonder grond
NO <sub>3</sub> -N	0,8	0,8
NH <sub>4</sub> -N	0,9	1,6
PO <sub>4</sub> -P	0,03	1,3
Organisch N	3	1,3
DOC-C	42	27

Voor N kwamen de totaal gehalten in de bodem ongeveer overeen met die in de bagger. Voor P echter waren de totaal gehalten in de bagger lager dan in de bodem. De concentraties en vrijgekomen hoeveelheden waren echter veel hoger bij baggertoediening. Uit deze studie blijkt dat de aanwezigheid van grond een sterk bufferende werking heeft op de uitspoeling van minerale fracties van N (vooral NH<sub>4</sub>) en P uit slootbagger, maar niet op organische fracties.

De fosfaatconcentraties in de bagger en in het percolaat waren hoog (3 mg P l<sup>-1</sup>). De fosfaatconcentraties in de bodem, en in het percolaat uit de lysimeter met bagger en bodem bleven gedurende de proef zeer laag (0,01 à 0,1 mg P l<sup>-1</sup>). De oorzaak hiervoor is onduidelijk en is onderwerp van vervolgonderzoek.



# 1 Inleiding

## Baggertoediening in het Westelijk veenweidegebied

In het westelijk veenweidegebied zijn veel sloten, vaak is de land-oppervlaktewater verhouding ongeveer 10:1. Door afkalving van de kant, afgestorven waterplanten en oppervlakkige afstroming van opgeloste deeltjes groeit de baggerlaag in de sloten aan. Om de sloten op diepte te houden wordt regelmatig geschoond en gebaggerd. Het schonen van sloten is het oppervlakkig verwijderen van waterplanten uit sloten om zo de doorstroming te bevorderen. Baggeren is het verwijderen van een deel van de slootbodem (bagger) om de sloten op diepte te houden. Als dit niet gebeurt, groeit de sloot dicht en wordt de afvoer van water belemmerd. Het schonen van sloten gebeurt jaarlijks. Het baggeren van de sloten gebeurt minder vaak, meestal eens in de 5 jaar.

Voor het baggeren van hoofdwatgangen (weteringen, vaarten) is het waterschap of hoogheemraadschap verantwoordelijk, maar voor de perceelssloten zijn de landeigenaren (boeren) verantwoordelijk. Doorgaans wordt een loonwerker ingehuurd die met zware machines de bagger uit de sloten verwijderd. De bagger kan op het land worden gespoten of op de kant worden gezet (Figuur 1). Door het gebruik van zware machines wordt er meestal in de zomer gebaggerd wanneer de draagkracht van de bodem het grootst is.



*Figuur 1. Bagger verwijdering met een baggerspuit (links) of met een baggerschip (rechts). Afbeeldingen afkomstig van [www.waterbodem.nl](http://www.waterbodem.nl) en [www.zuidholland.nl](http://www.zuidholland.nl).*

In het slootsediment zit doorgaans veel stikstof (N) en fosfaat (P). Dit komt door aanvoer van afgestorven waterplanten, maar ook door erosie van de slootkant en door aanvoer vanuit de bodem zelf (bijv. van der Linden 1989 en Boers et al. 1998).

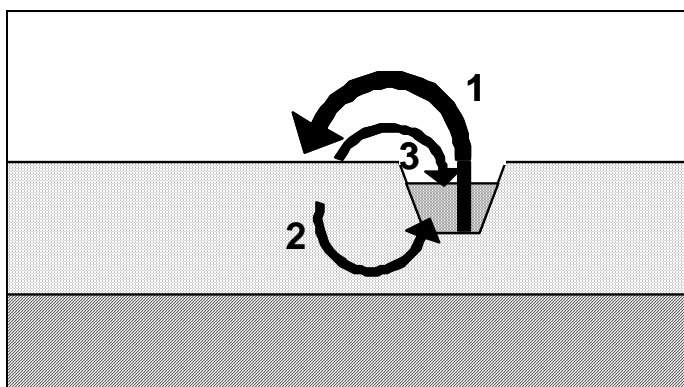
Door het baggeren kan op deze manier een grote hoeveelheid nutriënten worden gemobiliseerd, ongeveer 100 kg N ha<sup>-1</sup> en 10 kg P ha<sup>-1</sup> (van Schaik et al., 2003). Deze nutriënten kunnen beschikbaar komen voor gewasopname, maar kunnen ook bijdragen aan de uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater. Hoewel de nutriënten dan teruggaan naar de sloot, is er een grote verandering opgetreden: in de

bagger zijn de nutriënten vastgelegd en verminderd beschikbaar, nutriënten die opgebracht zijn met het baggeren en vervolgens zijn uitgespoeld zijn (meer) mobiel en dragen actiever bij aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater. Daarnaast bevat bagger ook veel sulfaten (Jakobsen 1988) en is de pH lager dan in de bovengrond (Breeuwsma et al. 1985), waardoor mogelijk ook nutriënten in de bovengrond vrij kunnen komen. Door de hogere organische stof gehalten en de wisseling van anaërobe omstandigheden in de slootbodem en aërobe omstandigheden na het baggeren, kunnen er sterke wijzigingen in DOC concentraties en pH in het poriënvocht ontstaan. DOC concentraties en pH zijn een belangrijke parameter voor veel chemische (vastleggings)processen en speelt een belangrijke rol bij transport van contaminanten (m.n. zware metalen).

In deze studie wordt een eerste verkenning uitgevoerd naar een aantal (chemische) eigenschappen van slootbagger en de invloed van bagger en bodem op de uitspoeling van nutriënten (stikstof en fosfaat).

## 2 Doel

Om beter te weten hoeveel N en P vrijkomt uit bagger dat langs sloten op de kant wordt gebracht, is een experiment uitgevoerd met als doel: Het meten van de uitspoeling van de nutriënten N en P uit aan lucht blootgestelde bagger om zodoende bagger-op-de-kant als bron van N en P voor slootwater te karakteriseren. Het onderzoek gaat uit van een schematische weergave van de problematiek zoals weergegeven in Figuur 2. Waarbij er drie processen worden onderscheiden: Het opbrengen van de bagger (1), uitspoeling van de nutriënten door de bodem (2) en oppervlakkige afspoeling van nutriënten over het maaiveld (3). De kwantificering van deze verschillende routes wordt in een aanpalend onderzoek vastgesteld.



*Figuur 2. Schematische weergave van nutriëntencyclus als gevolg van baggeren.*

### 3 Aanpak

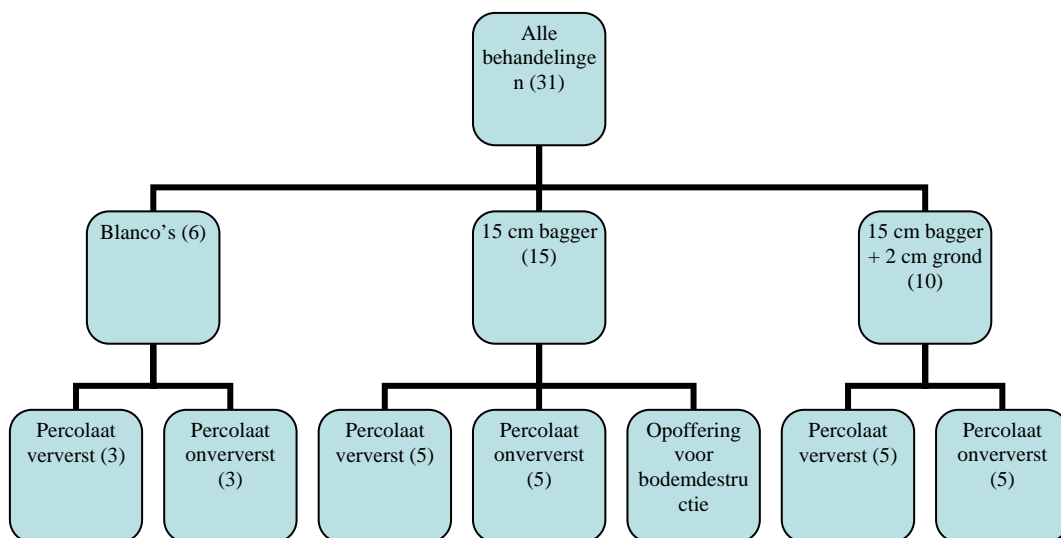
In september 2007 is slootbagger verzameld in een veenweidepolder in West-Nederland (Vlietpolder). Deze bagger is vervoerd naar Wageningen en aangebracht in lysimeters die in de buitenlucht werden geplaatst (Figuur 3).



Figuur 3. Experimentele opstelling bij Alterra (links) en gevulde lysimeters (rechts).

Een aantal lysimeters is gevuld met 15 cm bagger, en een aantal lysimeters is gevuld met 15 cm bagger met onderin een laag grond van 2 cm (grond uit de Vlietpolder). Hiervoor is gekozen omdat de uitspoeling uit bagger-op-de-kant naar het slootwater deels via de bodem gaat en deels oppervlakkig afspoelt (Figuur 2). Om naast andere parameters ook nitraat te bepalen in het percolaat is gekozen om het percolaat dagelijks te verwijderen bij een deel van de lysimeters. Nitraat kan namelijk snel omgezet worden en om die reden is bij de bemonstering alleen vers percolaat (d.w.z. < 48 uur) geanalyseerd. Uit de andere lysimeters is het percolaat niet verwijderd en kan een deel van het nitraat gedurende de tijd zijn omgezet. Naar verwachting is het verschil tussen beide monstertypen gering omdat doorgaans na elke regenbui is bemonsterd. De proefopzet is schematisch weergegeven in Figuur 4.





Figuur 4. Schematische proefopzet. Nummers tussen () geven aantallen herhalingen weer.

Tabel 1 geeft een omschrijving van de verschillende behandelingen.

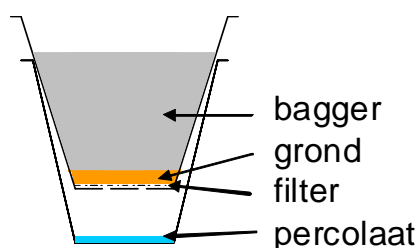
Tabel 1 Behandelingen in experiment

Behandeling nummer	beschrijving	doel	Aantal herhalingen	Codes
1.1	Blanco (lege emmers)	regenwater opvangen gedurende 1 a 2 dagen	2	1.1
1.2	Blanco (lege emmers)	Regenwater opvangen gedurende bepaalde perioden	3	1.2
2	15 cm bagger	Percolaat opvangen gedurende 1 a 2 dagen	5	2.1 t/m 2.5
3	15 cm bagger en 2 cm grond	Percolaat opvangen gedurende 1 a 2 dagen	5	3.1 t/m 3.5
4	15 cm bagger	Percolaat opvangen gedurende bepaalde perioden	5	4.6 t/m 4.10
5	15 cm bagger en 2 cm grond	Percolaat opvangen gedurende bepaalde perioden	5	5.6 t/m 5.10
6	15 cm bagger	Om op bepaalde tijdstippen op te offeren voor analyse van de bagger	5	6.1 t/m 6.5

## 4 Materiaal en Methoden

Op 3 september 2007 (=dag 0) is van één locatie baggerslib bemonsterd uit een sloot achter een bekend veehouderijbedrijf in de Vlietpolder. De bagger is verkregen van een laag van 5 à 10 cm dik die op een relatief harde bodem ligt van de sloot. Het waterpeil in de sloot was 40 cm. De hoogte van de slootwaterpeil was 50 cm beneden maaiveld. Een bodemmonster (0- 10 cm –mv) is genomen op twee meter afstand van de sloot. Het bodemmonster diende voor analyse en voor gebruik in de proef. Een slootwatermonster voor chemische analyse is genomen van het bovenste water in de sloot.

De bagger werd overgebracht in lysimeters van 10L met een geperforeerde bodem. De bodem was afgedekt met filterdoek (poriëngrootte 5 µm). Percolatiewater werd opgevangen in een reservoir (Figuur 5). De minimale (verticale) afstand tussen de lysimeters en het reservoir was 10 cm. De lysimeters werden gevuld met mengmonsters bagger en geplaatst in de buitenlucht in een omheinde locatie in Wageningen. Grond en bagger werd voorafgaand en tweemaal gedurende het experiment gewogen.



Figuur 5. Schematische weergave van lysimeter.

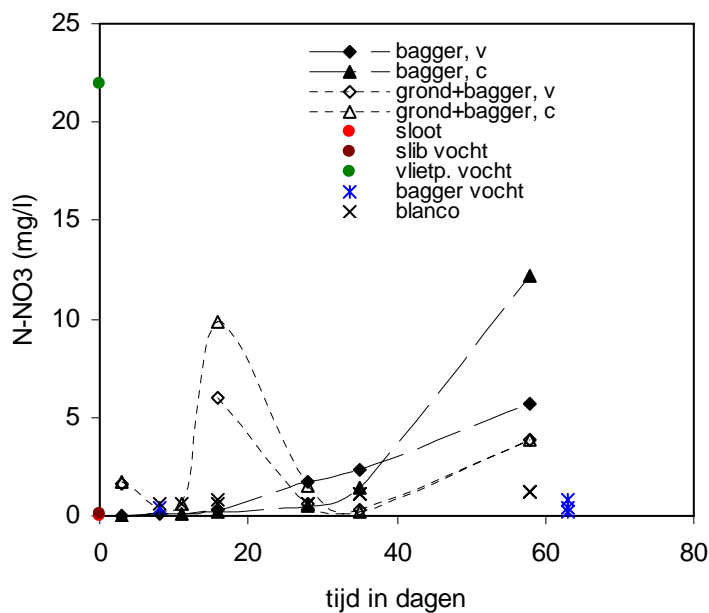
Ongeveer na iedere 10 mm neerslag werden monsters genomen. Monsters van dezelfde behandelingen werden samengevoegd tot één mengmonster. Hierdoor werden per bemonstering 3 monsters (blanco, bagger, bagger+grond) geanalyseerd. Omdat nitraat doorgaans snel wordt omgezet, zijn er twee verschillende bemonsteringstechnieken toegepast: 1) waarbij het percolaat regelmatig werd verversed en 2) waarbij het cumulatief opgevangen percolaat werd bemonsterd (Tabel 1, Figuur 4).

Bij aanvang en gedurende de proef is bodemvocht uit de bagger bemonsterd na centrifugeren. Op 5 september zijn de lysimeters gevuld (=dag 2). Het percolaat van de eerste dag na het vullen van de lysimeters (=dag 3) betrof drainagewater uit de bagger en was niet ontstaan na neerslag. Bij aanvang van de proef is tevens het bodemvocht uit het grondmonster geanalyseerd. Alle analyses zijn uitgevoerd bij het Chemische Biologisch Laboratorium van de Wageningen Universiteit en Researchcentrum (Bijlage 2).

## 5 Resultaten en Discussie

In de onderstaande figuren zijn steeds de stofconcentraties als functie van de tijd sinds monstername weergegeven. Weergegeven zijn de concentraties in i) het percolaat en in het bodemvocht (alle bemonsteringen), ii) het slootwater (dag 0), iii) bodemvocht (dag 0) en iv) het eerste percolaat uit de behandelingen (dag 6).

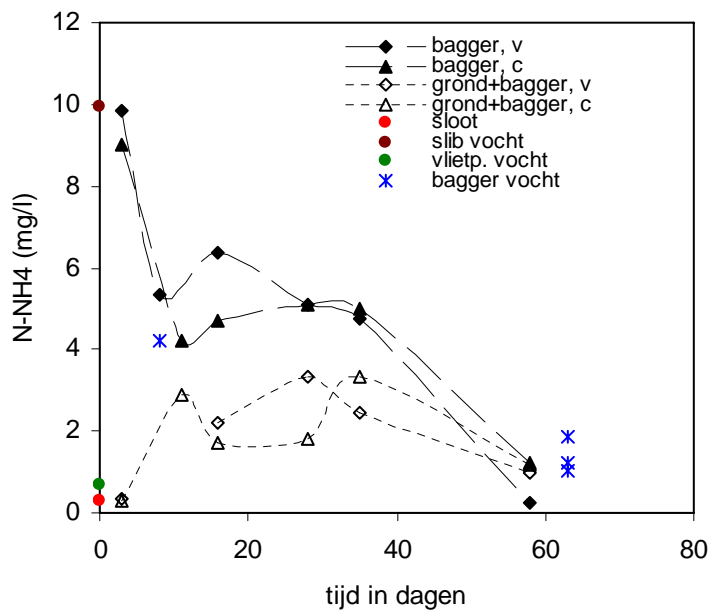
Bij alle stoffen is het verschil gering tussen het cumulatief opgevangen percolaat en het percolaat dat opgevangen is in de laatste 48 uur voordat het aangeleverd is bij het laboratorium (vers). Bij nitraat liggen de concentraties in het verse percolaat zelfs lager. De concentraties nitraat in het slootwater en in het eerste percolaat waren beneden de detectiegrens van  $0.03 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ . De concentratie in het uitgeslingerde bodemvocht van de bemonsterde bodem was echter  $22 \text{ mg N L}^{-1}$ . De nitraatconcentraties in het percolaat van de behandelingen bagger en bagger+grond stijgen tot maximaal  $12 \text{ mg N-NO}_3 \text{ L}^{-1}$ . De nitraatconcentraties in het uitgeslingerde bodemvocht zijn opvallend veel lager dan de concentraties in het percolaat (Figuur 6).



Figuur 6. Verloop van nitraatconcentraties in percolaat en bodemvocht; c = cumulatief, v = vers monster.

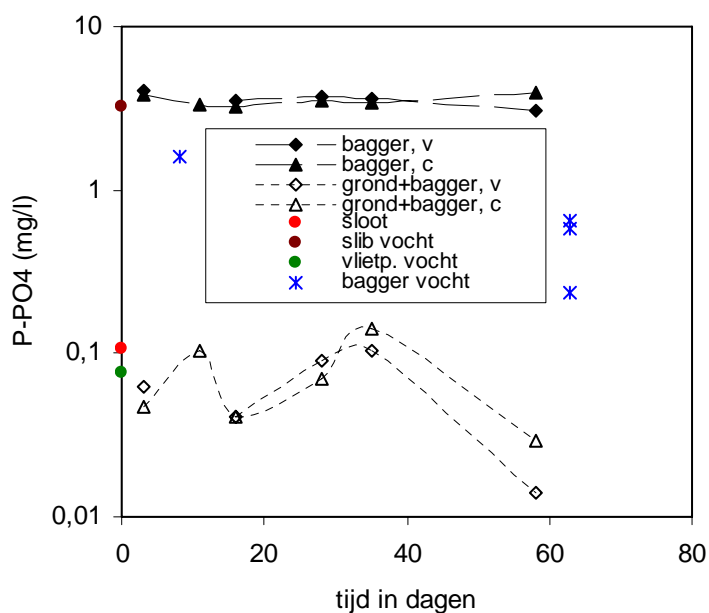
De ammoniumconcentraties in het percolaat en in het bodemvocht van de bagger daalden van ongeveer van 10 tot  $1 \text{ mg N-NH}_4 \text{ L}^{-1}$  (Figuur 7). In het bodemvocht van de Vlietpolder, en in het percolaat van de behandeling bagger + grond, zijn de

ammoniumconcentraties lager. Na 50 dagen is het onderscheid tussen de verschillende behandelingen minimaal.



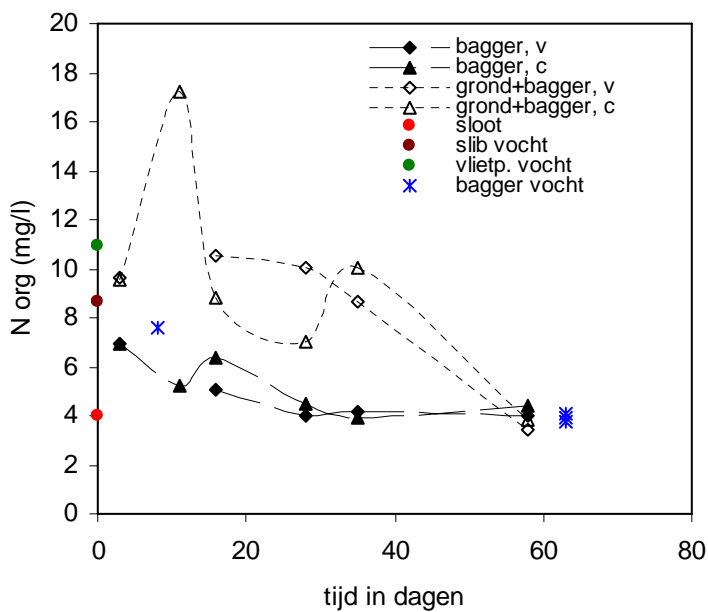
Figuur 7. Verloop van ammoniumconcentraties in percolaat en bodemvocht.

De fosfaatconcentraties waren laag ( $<0,1 \text{ mg P-PO}_4 \text{ L}^{-1}$ ) in het slootwater, bodemvocht uit grond van de Vlietpolder, en in het percolaat van de behandelingen met bagger + grond (behandelingen 3 en 5). De fosfaatconcentraties in de bagger waren relatief hoog ( $3 - 4 \text{ mg P-PO}_4 \text{ L}^{-1}$ ) (Figuur 8).

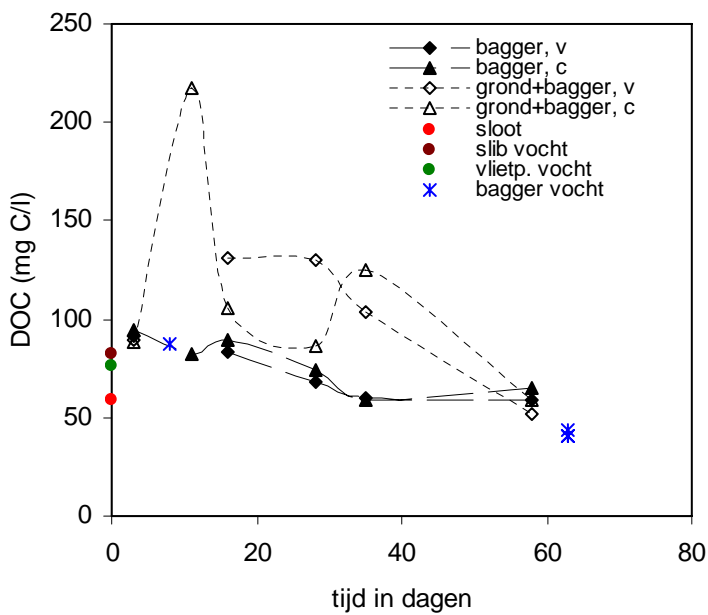


Figuur 8. Verloop van fosfaatconcentraties in percolaat en bodemvocht.

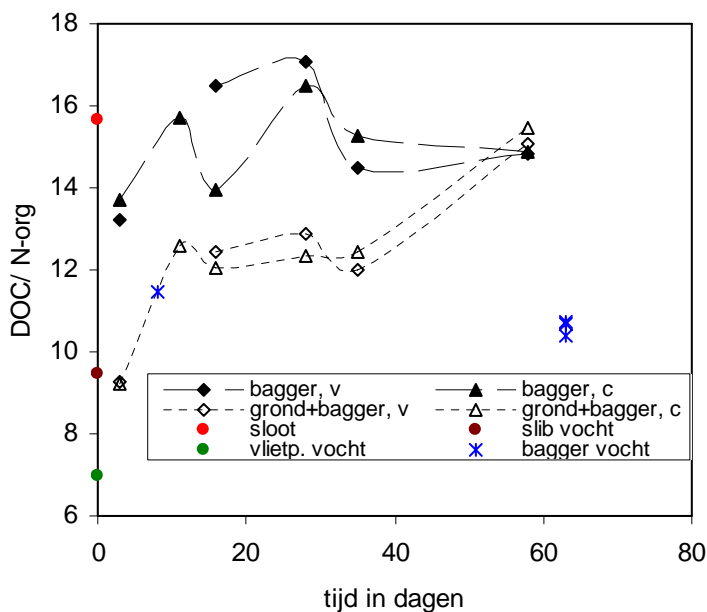
De organische N concentraties zijn in het bodemvocht van de Vlietpolder (grondmonster van 0-10 cm-mv) het hoogste ( $11 \text{ mg N L}^{-1}$ ) en het laagste in het slootwater ( $4 \text{ mg N L}^{-1}$ ) (Figuur 9). De concentraties in het percolaat en bodemvocht uit de proef daalden na 50 dagen naar  $4 \text{ mg N L}^{-1}$ . Vergelijkbaar is de ontwikkeling van de opgeloste organisch koolstof concentraties (DOC) (Figuur 9). De concentraties DOC was in de bagger en bodem bij aanvang  $100 \text{ mg C L}^{-1}$  en daalde na 50 dagen tot 50 a  $60 \text{ mg C L}^{-1}$ . De DOC concentraties in het percolaat van bagger+grond waren een aantal keren beduidend hoger (maximaal  $217 \text{ mg C L}^{-1}$ ). De verhouding tussen DOC en organische N was steeds hoger in het percolaat van bagger dan in het percolaat van de behandeling bagger+bodem (Figuur 10).



Figuur 9. Verloop van organische stikstofconcentraties in percolaat en bodemvocht ( $N_{org} = N_{tot} - N(NH_4) - N(NO_3)$ ).

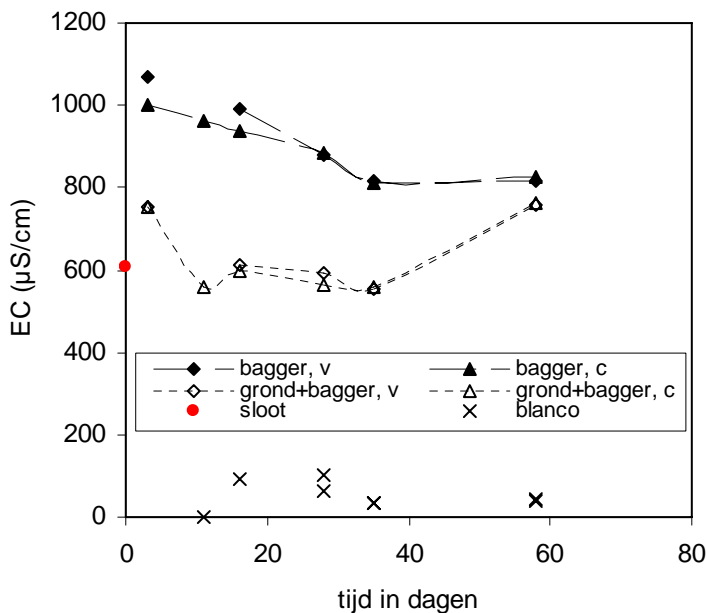


Figuur 10. Verloop van opgeloste organische stof (DOC) concentraties in percolaat en bodemvocht.

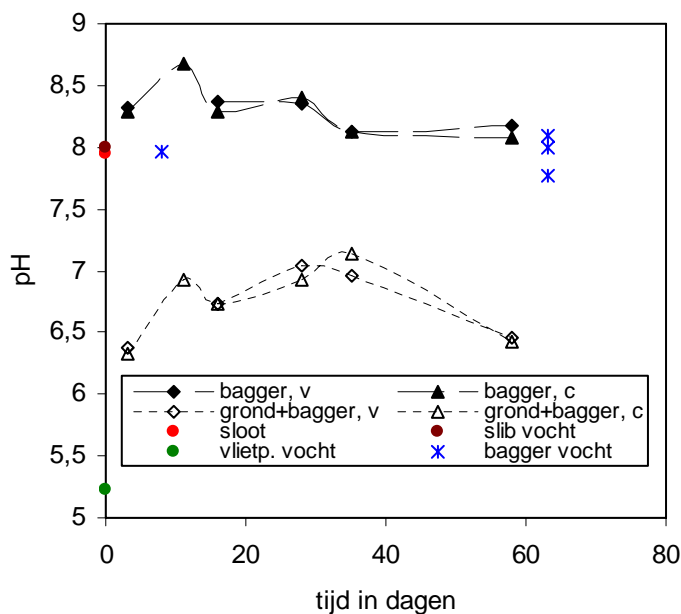


Figuur 11. Verloop van verbodung DOC en N-organisch (C/N verbodung van opgeloste organische stof) in percolaat en bodemvocht.

Andere verschillen tussen het percolaat van de behandelingen met bagger en de behandelingen met bagger+grond waren de zuurgraad (pH) en de geleidbaarheid (EC) (Figures 12 en 13: de pH bij bagger lag meer dan een eenheid hoger. De EC daalde in de behandelingen met alleen bagger van 1000 tot 824  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , en stijgt in de behandeling met bagger+grond van 600 tot 800  $\mu\text{S cm}^{-1}$ .



Figuur 12. Verloop van geleidbaarheid (EC) in percolaat en bodemvocht.



Figuur 13. Verloop van zuurgraad (pH) in percolaat en bodemvocht.

De massa van de lysimeters is drie keer bepaald en het volume twee keer bepaald (Bijlage 4). Aan de hand van deze gegevens is geen verandering in de loop van het experiment te zien.

In Bijlage 1 worden de totaalgehalten aan P, N en C ( $P_t$  etc.) in de bagger gegeven, de in  $CaCl_2$  extraheerbare hoeveelheden P, N en C ( $P_{CaCl_2}$  etc.), en de voor fosfaat relevante oxaalzuur-extraheerbare hoeveelheden Al, Fe, Mn en P ( $P_{ox}$  etc.). Er zijn opvallende verschillen en overeenkomsten tussen de bagger en de bodem uit de Vlietpolder. Er zijn weinig verschillen tussen de bagger en de bodem wat betreft  $N_t$  en de fosfaatverzadiging. Vooral dat laatste is opvallend gezien de grote verschillen in fosfaat in percolaat (zie Figuur 8). Dit wordt bevestigd met de hoge  $CaCl_2$  extraheerbare hoeveelheid  $P-PO_4$  uit bagger versus grond (5,5 versus 0,9 mg P  $kg^{-1}$ ). Omgekeerd is de hoeveelheid organische P in het  $CaCl_2$  extract ( $P$  minus  $P-PO_4$ ) juist lager in de bagger (3,9 versus 5,5 mg  $P_{org}$   $kg^{-1}$ ). Het onderscheid tussen het totaal aanwezige organische P en minerale P in de grondmonsters is niet bepaald. De verschillen in mineraal en organisch P zouden eventueel kunnen verklaren waarom er  $P-PO_4$  in het percolaat uit de bagger+grond zoveel lager is dan het percolaat uit de bagger, terwijl het totaalgehalte P en de fosfaatverzadiging in de grond hoger is dan de bagger.

De resultaten laten ook enige verschillen zien tussen de bagger bij aanvang en de bagger uit het experiment. Er is een poging gedaan om de bagger te homogeniseren bij aanvang van de proef maar dat kan onvoldoende zijn geweest. Er zijn verschillen tussen de bagger bij aanvang en uit de geofferde lysimeters:  $Al_{ox}$ ,  $Fe_{ox}$ ,  $P_{ox}$  en organische stofgehalte (kurmies en gloeiverlies). Bovendien kan de bagger in de experimentele periode veranderd zijn. Op basis van de metingen kan niet afgeleid



worden hoeveel organische stof is afgebroken. Bij nader inzien moet de proef daarvoor veel langer duren of afbraak bepaald worden via de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die vrijkomt. Andere grote verschillen tussen de bagger bij aanvang en uit de geofferde lysimeters zijn: S<sub>CaCl2</sub>, PO<sub>4</sub><sub>CaCl2</sub>, P<sub>CaCl2</sub>.

Ook waren er verschillen in samenstelling van de bagger tussen verschillende lagen. Het met CaCl<sub>2</sub> extraheerbare S, NH<sub>4</sub>, en NO<sub>3</sub> van de bagger boven en onderin de lysimeter zijn na de experimentele periode lager dan de bagger uit het midden van de lysimeter. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de bagger in het midden minder in contact stond met water. De hoge nitraatconcentratie suggereert dat ook dit deel van de lysimeter geoxideerd was.

De totale hoeveelheid uitgespoelde nutriënten zijn gegeven in Tabel 2, waarbij onderscheid is gemaakt in de totale hoeveelheid inclusief de eerste dag dat er percolaat uit de verzadigde bagger kwam, en exclusief de eerste dag. Er zijn zoals eerder gezegd nauwelijks of geen verschillen tussen het percolaat (vers) dat de laatste 1 à 2 dagen voor bemonstering is opgevangen, en de hoeveelheid die cumulatief is opgevangen. Duidelijk zichtbaar zijn de verschillen tussen lysimeters met en zonder grond voor opgeloste organische stof, nitraat, ammonium, organische N en fosfaat. De hoeveelheden zijn gegeven per hoeveelheid uitgespoeld percolaat. De hoeveelheid percolaat is de hoeveelheid die opgevangen is in 5 lysimeters (5 geeft samen een oppervlak van 0,33 m<sup>2</sup>) of minder (bij blanco's).

*Tabel 2 Cumulatief uitgespoelde hoeveelheden in 58 dagen. Onderscheid is gemaakt in de uitspoeling met en zonder de eerste dag waarin percolaat uit verzadigde bagger vrijkwam (v=vers, c=cumulatief).*

		DOC	N-NO3	N-NH4	N org	P	Hoeveelheid percolaat	oppervlak
		mg	mg	mg	mg	mg	L	m <sup>2</sup>
Inclusief eerste dag								
bagger	v	1321	23	105	95	63	17.0	0.330
bagger	c	1443	29	104	98	65	18.1	0.330
bagger+grond	v	1928	33	34	174	1.2	18.5	0.330
bagger+grond	c	1994	43	29	176	1.3	18.8	0.330
Exclusief eerste dag								
blanco	v	70	6	10	5	0	7.2	0.132*
blanco	c	97	9	13	7	0	11.0	0.198#
bagger	v	830	23	53	58	42	11.7	0.330
bagger	c	930	29	55	60	44	12.7	0.330
bagger+grond	v	1369	22	34	114	0.8	12.2	0.330
bagger+grond	c	1420	32	27	113	1.0	12.3	0.330

\* 2 lysimeters, # 3 lysimeters. De rest van de behandelingen 5 lysimeters (zie Tabel 1).

Het vertalen van de resultaten naar een jaarlijkse vrucht is gedaan op basis van de verhouding tussen het gemiddelde neerslagoverschot in Nederland en de gemiddelde hoeveelheid percolaat bij de bagger en de bagger+grond. Opgemerkt moet worden dat de totale hoeveelheid percolaat in de blanco's hoger was dan de hoeveelheid percolaat bij de bagger en bagger+grond(exclusief eerste dag) (zie Tabel 2). Uitgaande van de hoeveelheid percolaat uit de lysimeter met bagger was de jaarlijkse

uitspoeling uit bagger (minus neerslag): 31 kg N ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> en 11 kg P ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> (zie Tabel 3). Dat is een relevante hoeveelheid ten opzichte van de huidige stikstofgebruiksnorm van 265 à 300 kg N ha<sup>-1</sup> en ten opzichte van de huidige fosfaatgebruiksnorm van 44 kg P ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> (is 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) op grasland op veen.

*Tabel 3 Cumulatief uitgespoelde hoeveelheden in kg, geëxtrapolerd naar één hectare en één jaar (excl 1<sup>e</sup> dag) via: een factor 8,1 (in 56 dagen 12,2 L per 0,33 m<sup>2</sup>; per jaar 300 L m<sup>-2</sup>). Berekend op basis van percolaat zonder de eerste dag.*

	In 58 dagen per hectare					In 1 jaar per hectare				
	DOC	N-NO3	N-NH4	N org	P	DOC	N-NO3	N-NH4	N org	P
blanco	2,5	0,24	0,7	0,37	0	21	2	6	3	
bagger	27	0,8	1,6	1,8	1,3	216	6	13	15	11
bagger+grond	42	0,8	0,9	3	0,03	343	7	7	28	0,2

## 6 Conclusies en Aanbevelingen

### Conclusies

Het baggeren van sloten is een gangbare praktijk in grote delen van (laag) Nederland. In deze en in vorige studies is aangetoond dat N en P concentraties in de bagger zeer hoog kunnen zijn. Omgerekend naar 1,8 cm bagger (van Schaik et al., 2003) wordt met de baggerspuit ongeveer 366 kg N ha<sup>-1</sup> en 19 kg P ha<sup>-1</sup> toegediend<sup>1</sup>. Uit deze bagger kan potentieel veel N en P uitspoelen. De uitgespoelde hoeveelheden geven een indicatie van de belasting van de bodem en het oppervlaktewater (via bodem of via oppervlakkige afstroming). Uit de behandelingen zonder grond blijkt dat de uitspoeling 4,7 kg N ha<sup>-1</sup> en 1,3 kg P ha<sup>-1</sup> bedraagt gedurende de experimentele periode van 58 dagen. Dit zijn relevante hoeveelheden ten opzichte van de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen (resp. 265 à 300 kg N ha<sup>-1</sup> en 44 kg P ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>.

De proef heeft plaatsgevonden in de periode augustus-november 2007. Door de relatief lage temperatuur in deze periode van het jaar is de afbraak van de bagger waarschijnlijk traag geweest ten opzichte van afbraak van bagger in een zomerperiode. Voor het lange termijn effect worden in het voorjaar van 2008 nog enkele monsters genomen.

De bodem heeft een belangrijke bufferende functie. In het percolaat van de behandelingen bagger met bodem werden veel lagere concentraties NH<sub>4</sub> en vooral PO<sub>4</sub> gevonden. Dit is opvallend omdat het totale P gehalte en de fosfaatverzadiging in de bagger lager is. Bepaald is wel dat ongeveer de helft van het CaCl<sub>2</sub>-extraheerbare P uit de bagger organisch P betreft. Het P totaalgehalte en de P verzadigingsgraad zijn daarom mogelijk geen goede maat voor de uitspoeling van ortho-fosfaat omdat er naast ortho-fosfaat ook organische P wordt meegenomen in die bepalingen. Het is op dit moment niet duidelijk welke mechanismen verantwoordelijk zijn voor de grote verschillen tussen de bagger en de grond.

### Aanbevelingen

De fosfaatconcentratie in het bodemvocht en in het percolaat uit de bagger is veel hoger (factor ±100) dan die van het bodemvocht van de bemonsterde bovengrond (0-10 cm –mv) uit de Vlietpolder. Het is onduidelijk hoe dergelijke grote verschillen in concentraties verklaard kunnen worden. Bekend is dat onder gereduceerde omstandigheden de fosfaatconcentraties hoger kunnen zijn dan onder geoxideerde omstandigheden (Kemmers, 2007). Maar uit het ontstaan van nitraat uit de bagger is af te leiden dat oxidatie plaatsvond gedurende het experiment. De chemische

---

<sup>1</sup> zie Bijlage 1: 0,65 g P kg<sup>-1</sup> ds, 12,7 g N kg<sup>-1</sup> ds en vochtgehalte van 84%.

1,8 cm ha<sup>-1</sup> ≈ 1,8 · 10<sup>5</sup> kg verse bagger ha<sup>-1</sup>.

<sup>2</sup> De stikstofgebruiksnorm voor werkzame N bij grasland op veen in 2008 varieert van 265 kg N ha<sup>-1</sup> bij beweiden tot 300 kg N ha<sup>-1</sup> bij volledig maaien. De fosfaatgebruiksnorm voor grasland in 2008 is 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> oftewel 43,6 kg P ha<sup>-1</sup>.

omstandigheden die de lage fosfaatconcentraties in de bodem, en de hoge fosfaatconcentraties in de bagger veroorzaken, worden mogelijk veroorzaakt door afwisselende oxidatie-reductie omstandigheden. Hiervoor zijn aanwijzingen gevonden in een eerdere studie in de Vlietpolder. In deze studie werd een duidelijke ‘nutriëntenbel’ gevonden onder de sloot met zeer hoge concentraties N en P. Ook werd een duidelijke gradiënt in de pH geobserveerd (Van Beek et al., 2007). Mogelijk dat de sulfaatcyclus hier een rol in speelt. In de Vlietpolder zijn hoge sulfaatconcentraties aangetroffen en ook is de aanwezigheid van pyriet (FeS en FeS<sub>2</sub>) aangetoond (ongepubliceerde resultaten CL van Beek). Wanneer gereduceerde zwavelverbindingen aan de lucht worden blootgesteld (zoals bij baggeren) worden deze ge-oxideerd wat samengaat met een snelle pH daling, wat overigens niet tot nauwelijks werd geconstateerd in de huidige proef (Figuur 11). Desalniettemin, kan een mogelijk pH effect leiden tot vrijmaking van P uit Fe-P verbindingen (dit is een variant op de zgn. interne eutrofiëring). Echter, de Vlietpolder is een netto sulfaatproducent (Tabel 3) en dus lijkt interne eutrofiëring door baggertoediening niet of slechts ten delen op te gaan, maar de vraag blijft waar al het sulfaat vandaan komt en welke effecten het heeft op de bodemchemie en de belasting van het oppervlaktewater.

Tabel 4 Polderwaterbalans Vlietpolder voor P en S (kg j<sup>-1</sup>) voor 2001 (voor P: Van Beek et al., 2004). Voor sulfaat zijn een aantal routes onbekend (aangegeven met ?).

		P	SO <sub>4</sub>
IN	Inlaatwater	1	122
	Uitspoeling uit percelen	6	?
	Kwel	0	0
UIT	Wegzijging	1	?
	Uitgeslagen naar boezemwater	15	1722
	Bagger	4	?
TOTAAL		-13	-1600

In Tabel 4 zijn een aantal posten onbekend, maar zeker is dat er een omvangrijke vracht SO<sub>4</sub> de polder uitgaat en in het boezemwater komt. Dit SO<sub>4</sub> zou heel goed afkomstig kunnen zijn van de bagger, maar –nogmaals- het is onduidelijk welke consequenties zulk een mechanisme met zich meebrengt. De aanbevelingen voor eventueel vervolgonderzoek richten zich derhalve op de interactie tussen pyriet, pH, SO<sub>4</sub> en (de mobiliteit van) P. Vragen die hiermee beantwoord kunnen worden zijn:

- Wat is het effect van baggeren op de mobiliteit van P uit bagger, gezien de veranderingen in redoxtoestand en pH?
- Leidt baggeren tot oxidatie van FeS en heeft dit gevolgen voor de mobiliteit van P?
- Wat is de invloed van de grondwaterstand/van het seizoen op de effecten van baggeren?
- Wat is de optimale frequentie van baggeren gezien de doorstroming en de uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater?

- Wat is de optimale methode van baggeren (kantbaggeren vs spuitbagger) m.b.t. uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater?<sup>3</sup>
- Leidt baggeren met een baggerspuit tot een verhoogde gewasopname of is de vrucht te hoog waardoor het gewas ‘stikt’ en zelfs minder opneemt?

Afgeleide vragen:

- Leidt baggeren tot een flux aan N<sub>2</sub>O door het snel beschikbaar komen van NO<sub>3</sub> en organische stof?
- Is het mogelijk om ‘baggernutriënten’ van andere nutriënten te onderscheiden door de verhouding <sup>14/15</sup>N te analyseren van verschillende bronnen? Als dit mogelijk is, kan de baggercyclus zoals weergegeven in Figuur 2 worden vastgesteld. Een verkennende proef (Van Beek, 2007, p 81-82) heeft laten zien dat dit in principe mogelijk is, maar dat de variatie in het oppervlaktewater vrij groot is, waardoor de herkomst moeilijk te traceren was.

---

<sup>3</sup> Kantbaggeren lijkt in eerste instantie meer risico met zich mee te brengen op uitspoeling van N en P omdat de ‘bron’ dicht bij het oppervlaktewater is. Echter, door kantbaggeren wordt er ook een soort walletje om het perceel gelegd waardoor oppervlakkige afspoeling af kan nemen. Bovendien wordt veel organische stof aangebracht waardoor er een denitrificatie buffer ontstaat en NO<sub>3</sub> wordt verwijderd uit het uitspoelingswater. Het is onduidelijk wat het netto effect is van beide methoden.

## Literatuur

- Boers P., Van Raaphorst W. and Van der Molen D. 1998. *Phosphorus retention in sediments*. Wat. Sci. Tech. 37: 31-39.
- Breeuwsma A., van Wallenburg C. and van Wijck H. 1985. *Bodemverzuring door slootbagger in relatie tot bodemgesteldheid en waterkwaliteit*. Cultuurtechnisch tijdschrift 25: 153-160.
- Jakobsen B.H. 1988. *Accumulation of pyrite and Fe-rich carbonate and phosphate minerals in a lowland moor area*. Journal of Soil Science 39: 447-455.
- Kemmers, R. 2007 *Desorptie en adsorptie van fosfaat na vernatting van veengrond uit het Hunzedal*. Alterra rapport 1575, Wageningen.
- Van Beek C.L. 2007. *Nutrient Losses from Grasland on Peat Soil*. Ph.D Thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Van Beek C.L., Droogers P., Hardeveld H.A., van den Eertwegh G.A.P.H., Velthof G.L. and Oenema O. 2007. *Leaching of solutes from an intensively managed peat soil to surface water*. Water, Air and Soil Pollution 182: 291-301.
- Van Beek C.L., Van den Eertwegh G.A.P.H., Van Schaik F.H., Velthof G.L. and Oenema O. 2004. *The contribution of dairy farming on peat soil on N and P loading of surface water*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 70: 85-95.
- Van der Linden M.J.H.A. 1989. *Release of sedimentary nitrogen and phosphorus in polder ditches of a low-moor peat area*. Hydrobiological Bulletin 23: 125-134.
- Van Schaik F.H., van Beek C.L. and van Houwelingen K. 2003. *Waterbodem en baggerproef in de Vlietpolder*. Hoogheemraadschap van Rijnland.

## Bijlage 1 Gehalten stikstof, fosfaat en organische stof in bodem en bagger uit baggerproef.

### Totaalgehalten

monstercode	Destructie Nt g/kg	Destructie Pt mg/kg	organische stof %	Kurmies C g/kg	Vocht- gehalte %
Bagger vlietpolder	12.7	654	40.8	301	84.2
Bodem vlietpolder	11.8	1845	29.9	179	44.9
Bagger 6.1 uit experiment 11 sept 2007	8.89	571	29.4	198	75.8
Bagger 6.2 uit experiment 2 nov 2007					
boven *	12.3	633	36.2	199	72.9
midden	10.5	560	39.7	162	77.7
onder	11.4	595	34.2	185	73.4

\*bovenste gedeelte van de lysimeter (2856 gram), middelste gedeelte minus de zijanten (872 gram), onderste gedeelte van de lysimeter (1712 gram). De lysimeter bevatte in totaal 5440 gram materiaal.

### Ammoniumoxalaat - oxaalzuur extractie

monstercode	Al mg /kg	Fe mg /kg	Mn mg /kg	P mg /kg	fosfaatverzadiging (DPS)
					2 P/(Al+Fe+Mn) mol/mol
Bagger vlietpolder	2224	1152	217	405	0.24
Bodem vlietpolder	2911	10119	94	1268	0.28
Bagger 6.1 uit experiment 11 sept 2007	1256	2406	215	283	0.20
Bagger 6.2 uit experiment 2 nov 2007					
boven *	1321	1906	238	242	0.18
midden	1397	2121	238	250	0.17
onder	1377	1756	234	246	0.18

### CaCl<sub>2</sub> extractie

monstercode	P mg/kg	S mg/kg	pH	N-NH <sub>4</sub> mg N/kg	N-NO <sub>3</sub> mg N/kg	Nt mg N/kg	P-PO <sub>4</sub> mg P/kg	C mg/kg
Bagger vlietpolder	8.52	578	6.59	38.6	0.9	74	5.5	687
Bodem vlietpolder	6.4	252	4.74	11.7	21	89	0.9	737
Bagger 6.1 uit experiment 11 sept 2007	3.9	2392	5.72	63.1	3.2	70	1.7	254
Bagger 6.2 uit experiment 2 nov 2007								
boven *	3.3	1420	5.97	26.7	0.5	44	1.5	1997
Midden	3.1	1796	5.86	67.1	2	108	1.4	251
onder	3.6	1281	6.01	34.9	0.9	53	1.7	1564

Organisch P (P<sub>org</sub>) kan berekend worden uit het verschil tussen P en P-PO<sub>4</sub> in het extract. P is totaal P gemeten met ICP-AES en P-PO<sub>4</sub> is via molybdaatkleuring meetbare fosfaat.

## Bijlage 2 Beschrijving van gebruikte methoden

Matrix	SWV	Apparaat	RvA accreditatie	Element
Grond vochtbepaling (VEP)				vocht (20-105 °C)
Grond bodemvocht uitslingeren	E0002	centrifuge	-	
Grond colloid malen 50 µm			-	
Grond drogen 40°C			-	
Grond zeven 2 mm			-	
Grond destructie H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - Se	E1407	SFA-Nt/Pt	ja	Nt en Pt
Grond Gloeiverlies	E0100	moffeloven	ja	Organische stof (105- 550 °C)
Grond Kurmies	E1413	spectrofotometer	-	C
Grond extractie 0,01 M CaCl <sub>2</sub>	E0104 E1301 E1409 E2508	pH meter ICP-AES Varian SFA-CaCl <sub>2</sub> SFA-TOC	ja - ja	pH P en S Nt, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> DOC
Grond extractie ammoniumoxalaatoxaalzuur	E1351	ICP-AES Varian	-	Al, Fe, Mn, P
Water/percolaat/bodemvocht	E1417 E2507 E0103 E0120	SFA-CaCl <sub>2</sub> SFA-TOC pH meter EC	ja - ja -	Nt, NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> DOC pH EC

SWV: standaardwerkvoorschrift



### Bijlage 3 Hoeveelheden percolaat per monsternmoment

Opgevangen hoeveelheden percolaat per emmer op dagen dat percolaat bemonsterd is.								
	6-9	11-9	14-9	19-9	24-9	1-10	4-10	31-10
<b>Bagger</b>								
obj 2.1	1078	338	0	287	120	843	340	327
obj 2.2	1132	395	0	393	90	950	401	403
obj 2.3	1183	343	0	386	80	916	366	326
obj 2.4	1033	321	0	349	40	841	375	328
obj 2.5	917	529	0	338	180	736	455	368
obj 4.6	921		782	246		697	505	199
obj 4.7	1038		724	296		940	523	485
obj 4.8	1279		327	453		790	512	359
obj 4.9	1052		323	330		969	522	378
obj 4.10	1130		432	285		1037	498	375
<b>Bagger + grond</b>								
obj 3.1	1049	374	0	382	100	875	407	328
obj 3.2	1066	359	0	467	100	901	443	368
obj 3.3	1393	348	0	398	100	954	486	318
obj 3.4	1338	385	0	419	120	837	383	276
obj 3.5	1427	345	0	447	100	921	467	298
obj 5.6	1457		553	323		879	494	255
obj 5.7	1581		374	402		1001	495	140
obj 5.8	1147		330	423		882	513	249
obj 5.9	1203		375	343		940	507	256
obj 5.10	1138		344	428		889	512	352
obj 6.1	1062							
obj 6.2	860							
obj 6.3	508							
obj 6.4	647							
obj 6.5	931							
<b>Blanco's</b>								
obj 1.1		379	0	721	30			
obj 1.1		339	0	727	20	1276	560	739
obj 1.1		340	0	715	30	1242	566	654
obj 1.2		0	342	683		1217	580	682
obj 1.2		0	304	785		1280	557	667
obj 1.2		0	330	725		1292	882	647

## Bijlage 4 Massa en volume van lysimeters

Op 5 september is:

- 2 cm grond ingewogen (700 gram) in emmers 3.1 t/ 3.5 en 5.6 t/m 5.10.
- 15 cm bagger ingewogen (7300 gram) (tot 8 cm onder de rand van de emmer). In alle emmers behalve de blanco's.

datum	6-9	24-9	19-11	24-9	19-11
	Gram*			Volume**	
Bagger					
obj 2.1	6660	6680	6130	4989	5230
obj 2.2	6608	5990	6000	4650	5037
obj 2.3	6560	6010	6020	4554	4795
obj 2.4	6698	6040	6090	4795	4892
obj 2.5	6815	6000	5960	4699	4795
obj 4.6	6816	5780	5720	4699	4747
obj 4.7	6702	5800	5850	4747	4892
obj 4.8	6464	5910	5950	4892	4699
obj 4.9	6695	6100	6170	5085	5037
obj 4.10	6701	6060	6010	5133	5085
Bagger + grond					
obj 3.1	7383	6680	6810	5472	5568
obj 3.2	7366	6720	6830	5665	5617
obj 3.3	7057	6440	6570	5423	5327
obj 3.4	7130	6300	6380	5375	5327
obj 3.5	7052	6440	6670	4795	5327
obj 5.6	6985	6300	6400	5375	5375
obj 5.7	6854	6260	6430	5278	5278
obj 5.8	7294	6600	6670	5472	5568
obj 5.9	7231	6500	6650	5375	5423
obj 5.10	7315	6590	6750	5617	5568
obj 6.1	6664	5950			
obj 6.2	6970	6220			
obj 6.3	7245	6190			
obj 6.4	7094	6070	\$		
obj 6.5	6887	#			

\* zwarte emmer + bagger/grond, excl. grijze emmer t.b.v. percolaat.

\*\*Het volume is geschat door de lengte te meten tussen de rand van de emmer en de bovenkant van de bagger. Het volume in de emmer als functie van deze lengte is vooraf geijkt door de emmer te vullen met water op een balans.

# opgeofferd voor analyse 11-sep-2007 (6482 gram)

\$ opgeofferd voor analyse 2-nov-2007 (6400 gram). Het monster is opgedeeld in een bovenlaag (2856 gram), middelste gedeelte (872 gram) en een onderlaag (1712 gram), zodat in totaal 5440 gram is ingeleverd voor analyse. De verwachting is dat de bovenste en onderste laag meer in contact komt met lucht dan het middelste gedeelte.