

Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond

G.L. Velthof
B. Fraters

r a p p o r t e n



wot

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life

Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond

Dit rapport is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De reeks 'Wot-rapporten' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond

G.L. Velthof

B. Fraters

Rapport 54

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, november 2007

Referaat

G.L. Velthof & B. Fraters, 2007. *Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 54. 36 blz. 4 fig.; 5 tab.; 20 ref.; 1 bijl.

De stikstofgebruiksnormen voor akkerbouw- en tuinbouwgewassen worden in 2008 aangepast om te kunnen voldoen aan de nitraatnorm in het bovenste grondwater (50 mg nitraat per liter). Bij het afleiden van gebruiksnormen wordt de nitraat-uitspoeling berekend door middel van uitspoelingsfracties. De uitspoelingsfractie is het deel van het stikstofoverschot op de bodembalans dat naar het grond- of oppervlaktewater uitspoelt. Er zijn nog geen uitspoelingsfracties vastgesteld voor lössgrond en voor duin- en zeezand. Het ministerie van LNV heeft aan de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet verzocht om i) na te gaan of de nitraatnorm wordt overschreden in duin- en zeezand en in lössgrond en, indien dat wel het geval is, ii) om een uitspoelingsfractie af te leiden. De nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater onder bollenpercelen in het duin- en zeezandgebied ligt gemiddeld ver onder de 50 mg nitraat per liter. De nitraatconcentratie in het bodemvocht van bouwland op lössgronden is meestal hoger dan 50 mg nitraat per liter. Er wordt voorgesteld om de uitspoelingsfractie voor bouwland op lössgrond voorlopig vast te stellen op 66% van het stikstofoverschot.

Trefwoorden: stikstof, nitraatuitspoeling, lössgrond, duinzand, zeezand, akkerbouw, bloembollen, vollegrondsgroenten, gebruiksnormen, bemesting

Abstract

G.L. Velthof & B. Fraters, 2007. *Nitrate leaching from dune sand and loess soil*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-rapport 54. 36 p. 4 Fig.; 5 Tab.; 20 Ref.; 1 Annex

In 2008, nitrogen application standards for arable and horticulture crops will be altered to meet the standard for nitrate concentrations in the upper groundwater layer (50 mg nitrate per litre). Nitrogen application standards are derived by calculating nitrate leaching based on leaching fractions. The leaching fraction (LF) is the proportion of the nitrogen surplus on the soil balance that is leached to the groundwater or surface water. So far, no leaching fractions have been established for loess soil or for dune and sea sand soils. The Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality has asked the Committee of Experts for the Dutch Fertiliser Act to examine whether the nitrate standard is being exceeded in dune and sea sand or loess soils, and to calculate a leaching fraction. Average nitrate concentrations in the upper 1 m groundwater layer underneath bulb growing fields in the dune and sea sand areas are well below 50 mg/l, whereas nitrate concentrations in the soil water of arable fields on loess soil generally exceed 50 mg/l. The report proposes a preliminary leaching fraction for arable fields on loess soil of 66% of the nitrogen surplus.

Key words: nitrogen, nitrate leaching, loess soil, dune sand, sea sand, arable farming, bulb growing, outdoor vegetable production, application standards, fertilisers

ISSN 1871-028X

©2007 **Alterra**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen.

Tel: (0317) 47 47 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

Milieu- en Natuurplanbureau

Postbus 303, 3720 AH Bilthoven

Tel: (030) 274 27 45; fax: (030) 274 44 79; e-mail: info@mnp.nl

De reeks WOt-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat . **Het rapport is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 47 78 44; Fax: (0317) 42 49 88; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	11
1 Inleiding	15
2 Duinzand	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Nitraatconcentraties in grondwater en N-overschotten	17
2.3 Stikstofconcentraties in het oppervlaktewater	19
2.4 Fosforconcentraties in het oppervlaktewater	19
2.5 Conclusies	20
3 Lössgrond	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid	21
3.3 Bodemvochtmeetnet provincie Limburg	23
3.4 Sturen op Nitraat	24
3.5 Studie proefbedrijf Wijnandsrade	25
3.6 Studie Radersma & De Willigen (2003)	25
3.7 RENIM studie	26
3.8 Bronnen en bronbeken in Zuid Limburg	27
3.9 Discussie	27
3.10 Conclusies	29
Literatuur	31
Bijlage 1 P- en N-concentraties in grondwater in het duinzandgebied	33

Samenvatting

Inleiding

De Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) heeft op 6 december 2006 van het ministerie van LNV de opdracht gekregen om voor akker- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen) op zand- en lössgrond verschillende scenario's van stikstofbemesting door te rekenen. De stikstofgiften moeten resulteren in het nitraatconcentraties lager dan 50 mg nitraat (NO₃) per liter in het bovenste grondwater. Naast het bepalen van de stikstofgebruiksnormen op gewasniveau, worden de gebruiksnormen ook op regionaal niveau berekend. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in het noordelijke, het centrale en het zuidelijke zandgebied en het lössgebied. Het ministerie van LNV zal op basis van deze studie de stikstofgebruiksnormen voor AT-gewassen voor 2008 en 2009 vaststellen.

De uitspoeling wordt berekend door middel van uitspoelingsfracties. De uitspoelingsfractie is het deel van het stikstofoverschot op de bodembalans dat naar het grond- of oppervlaktewater uitspoelt. De uitspoelingsfractie is afhankelijk van de grondsoort (zand, klei en veen) en bij zand ook van de grondwatertrap. De uitspoelingsfractie van zandgrond is afgeleid van resultaten uit het dekzandgebied. De uitspoeling wordt in de zandregio berekend met de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater uit het Landelijke Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM).

Er zijn geen uitspoelingsfracties vastgesteld voor lössgrond en voor duin- en zeezanden (in het vervolg van dit rapport worden deze gronden "duinzand" genoemd). Er moet worden nagegaan of de uitspoelingsfracties en de daaraan gerelateerde toelaatbare stikstofbodemoverschotten voor gebieden met duinzand en gebieden met lössgrond verschillen van het overige zandgebied.

Vragen van het ministerie van LNV

Het ministerie van LNV heeft in juni 2007 de CDM verzocht om een studie uit te voeren om de volgende vragen te beantwoorden voor AT-gewassen op duinzand en lössgronden:

- Zijn er voldoende gegevens over grondwaterkwaliteit uit LMM beschikbaar om een betrouwbare uitspraak te doen over de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater of oppervlaktewater?
- Indien dit niet het geval is, kan de CDM met behulp van aanvullende gegevens van grond- en/of oppervlaktewater en/of bodemvochtmetingen een uitspraak doen over de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater of oppervlaktewater (bijv. met behulp van gegevens uit Sturen op Nitraat of Telen met Toekomst)?
- Indien uit de inventarisatiestudie blijkt dat de concentratie van 50 mg per l nitraat wordt overschreden, kan de CDM een wetenschappelijk onderbouwde uitspraak doen voor zowel het löss- als het duinzandgebied over de volgende aspecten:
 - Kan op basis van de gemeten uitspoeling en de hydrologie een uitspoelingsfractie worden afgeleid?
 - Kan er een inschatting worden gemaakt voor het toelaatbare stikstofbodemoverschot?
 - Bij welke stikstofgiften kan de 50 mg/l nitraat worden behaald op zowel gewas- als gebiedsniveau, uitgaande van de onderbouwde uitspoelingsfractie en het toelaatbare N-bodemoverschot voor het löss en/of het duinzandgebied?

Voor het duinzandgebied heeft het ministerie nog enkele aanvullende vragen gesteld om inzicht te krijgen in mogelijke risico's op afwenteling van stikstof- en fosfaatuitspoeling naar het oppervlaktewater:

- Kan er een overzicht worden gegeven van meetgegevens over de concentraties aan nitraat (NO_3), totaal-stikstof (N_{totaal}) en totaal-fosfaat (P_{totaal}) in het oppervlaktewater in het duinzandgebied?
- Kunnen de gemeten concentraties worden vergeleken met indicatieve waarden uit discussies uit Kaderrichtlijn Water (KRW), waarbij de MTR-waarde van 2,2 mg N_{totaal} per liter als ondergrens wordt genomen¹ en 10 mg N_{totaal} per liter als bovengrens (vergelijkbaar met de aanname in de studie naar onderbouwing van gebruiksnormen uit 2004; Schröder *et al.*, 2004)?

Het ministerie van LNV vraagt de CDM tevens om een advies te geven over:

- een mogelijk risico op afwenteling van stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater;
- het mogelijke risico dat de N_{totaal} -concentratie in het oppervlaktewater op lijkt te leveren in relatie tot het behalen van de nog vast te stellen doelen van de Kaderrichtlijn Water.

Conclusies duinzand

Op basis van de geraadpleegde literatuur worden de volgende conclusies getrokken:

- Het duinzandgebied is niet opgenomen in LMM. Het is dus niet mogelijk om uitspoelingsfracties af te leiden op een vergelijkbare manier als die voor dekzandgronden.
- De nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater onder bollenpercelen op duinzand ligt gemiddeld ver onder 50 mg NO_3 per liter. De gemiddelde uitspoelingsfractie is zeer laag (< 2% van het N-overschot).
- De ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater bij duinzand zijn gemiddeld twee tot drie keer hoger dan normaal bij zandgronden.
- De stikstofconcentraties in het drainwater en/of slootwater bij bollenpercelen op duinzand liggen gemiddeld boven de MTR-waarde van 2,2 mg N_{totaal} per liter, maar onder de 10 mg N_{totaal} per liter (de waarde die eerder bij de onderbouwing van gebruiksnormen is toegepast; Schröder *et al.*, 2004).
- De fosforconcentraties in het oppervlaktewater van het duinzandgebied zijn (veel) hoger dan de MTR-waarde van 0,15 mg P_{totaal} per liter en de kalkrijke duinzandgronden zijn gevoelig voor fosfaatuitspoeling.
- Aangezien er nog geen KRW-normen zijn voor boerensloten, adviseert het CDM om de stikstofgebruiksnormen in het duinzandgebied vooralsnog niet aan te scherpen om aan een bepaalde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater te voldoen. De gebruiksnormen voor bloembolgewassen op zand in 2007 zijn dan ook van toepassing voor 2008 en 2009. Als de KRW-normen zijn vastgesteld, zal moeten worden nagegaan of de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in het duinzandgebied moet worden verminderd.

Conclusies lössgrond

- In het lössgebied worden sinds het najaar van 2002 bedrijven gemonitord in het kader van LMM. Er zijn slechts voor een beperkt deel van de LMM-bedrijven bodemoverschotten voorhanden, zodat geen uitspoelingsfracties kunnen worden berekend. Vanaf 2006 worden 40 bedrijven gevolgd. Van deze bedrijven kunnen in 2008 uitspoelingsfracties worden berekend.

¹ De MTR-waarde (Maximaal Toelaatbaar Risico) is de norm uit de 4^e Nota Waterhuishouding die geldt voor eutrofiëringgevoelig stagnant oppervlaktewater in de zomer

- De nitraatconcentraties in het bodemvocht van bouwland op lössgronden zijn meestal hoger dan 50 mg NO₃ per liter; lössgronden zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling.
- De nitraatconcentraties in lössgronden zijn in het LMM, het provinciaal Bodemvochtmeetnet van de provincie Limburg en de RENIM-studie hoger dan in Sturen op Nitraat en in de studie van Dekker *et al.* (2003). Verder blijkt uit Sturen op Nitraat en RENIM dat nitraatconcentraties in lössgronden lager zijn dan die van droge zandgronden, maar gegevens uit LMM laten echter het tegenovergestelde zien. Het is niet duidelijk waardoor deze verschillen tussen studies worden veroorzaakt.
- Er zijn indicaties dat de opbrengst (en daardoor de N-afvoer) bij granen hoger is op lössgronden dan op zandgronden. Voor suikerbieten en consumptieaardappelen was het beeld minder eenduidig en lijken de verschillen geringer. Dit hangt mogelijk samen met het feit dat suikerbieten en consumptieaardappelen op zandgrond vaak worden beregend en graan niet.
- De kans op denitrificatie in de wortelzone is hoger in lössgronden dan in zandgronden, omdat i) de kans op zuurstofloosheid in lössgronden hoger is, ii) de potentiële denitrificatie in lössgrond hoger is en iii) de verblijftijd van nitraat in lössgrond langer is.
- Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat lössgronden gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling. De nitraatuitspoeling is waarschijnlijk gemiddeld lager dan die van de meest uitspoelingsgevoelige zandgronden (Grondwatertrap VII en VIII). Een deel van de lagere uitspoeling komt bij de berekeningen tot uiting in een lager bodemoverschot bij granen (hogere stikstofopname) en een deel komt tot uiting in een lagere uitspoelingsfractie.
- Voorgesteld wordt om de uitspoelingsfractie van AT gewassen op lössgrond voorlopig vast te stellen op het gemiddelde van de uitspoelingsfracties van zandgronden met Gt VI en VII. Dit betekent dat voor de berekeningen van de stikstofgebruiksnormen voor akkerbouw- en tuinbouwgewassen op lössgrond wordt uitgegaan dat 66% van het stikstofoverschot als nitraat uitspoelt. Het afleiden van de toelaatbare bodemoverschotten en het berekenen van de stikstofgiften voor verschillende scenario's, worden meegenomen in de rapportage van de berekeningen van het zandgebied (Van Dijk en Schröder, 2007).

Summary

Introduction

On 6 December 2006, the Committee of Experts for the Dutch Fertiliser Act (CDM) was commissioned by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV) to assess various nitrogen fertilisation scenarios for arable and horticultural crops on sandy and loess soils. Nitrogen fertilisation should result in nitrate concentrations in the upper groundwater layers not exceeding 50 mg/l of nitrate (NO₃). In addition to calculating nitrogen application standards for individual crops, the committee is also calculating standards on a regional level, distinguishing between the northern, central and southern sandy regions and the loess region. The ministry will use the outcomes of the study to establish the 2008 and 2009 nitrogen application standards for these arable and horticultural crops.

Leaching is calculated on the basis of leaching fractions (LFs). The leaching fraction is the proportion of the nitrogen surplus on the soil balance that is leached to the groundwater or surface water. The LF depends on the type of soil (sand, clay or peat) and in sandy soils also on the water table class. The LF for sandy soil has been derived from the results of studies in the sandy upland regions of the Netherlands, where leaching is calculated from nitrate concentrations measured in the upper groundwater layers by the national measuring network for the effects of fertiliser policy (Landelijke Meetnet Effecten Mestbeleid; LMM).

LFs have not yet been established for loess soils or for dune and sea sand soils (referred to as 'dune sand soils' in the report). The study intends to examine whether LFs and acceptable soil nitrogen surplus levels in dune sand and loess soil regions differ from those established for the other sandy regions.

Questions from the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality

In June 2007, the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV) asked the CDM to start a study to answer the following questions relating to arable and horticultural crops on dune sand and loess soils:

- Does the LMM measuring network offer sufficient data on groundwater quality to allow reliable conclusions on nitrate concentrations in the upper groundwater layers or surface water?
- If not, can the committee use supplementary data on groundwater and/or surface water and/or soil water to draw conclusions on nitrate concentrations in the upper groundwater layers or surface water (using data from various reports like *Sturen op Nitraat* or *Telen met Toekomst*)?
- If the survey shows that the 50 mg/l limit is being exceeded, can the CDM draw scientifically reliable conclusions for the loess and dune sand regions as regards the following issues:
 - Do the available leaching and hydrology data allow a leaching fraction to be derived?
 - Can the acceptable soil nitrogen surplus be estimated?
 - What levels of nitrogen fertilisation would allow the 50 mg/l standard to be met at both crop and regional levels, based on the reliably established leaching fraction and the acceptable soil nitrogen surplus for the loess and dune sand regions?

The ministry also formulated a number of additional questions relating only to the dune sand region, to assess the potential risk of leaching of nitrogen and phosphate to the surface water:

- Is a survey available of measurements of nitrate (NO₃), total nitrogen (N_{total}) and total phosphate (P_{total}) concentrations in surface waters in the dune sand regions?
- Can the concentrations that have been measured be compared with values that are indicated in discussions in the Netherlands about implementation of the EU Water Framework Directive, using an MAR value of 2.2 mg N_{total} per litre² and 10 mg N_{total} per litre as the upper limit (by analogy with the assumption in the 2004 study to establish the scientific basis for application standards; Schröder *et al.*, 2004)?

The Ministry has also asked CDM to advise them on:

- the potential risk of nitrogen leachate ending up in the surface water; and
- the potential risk presented by the N_{total} concentration in the surface water as regards meeting the targets to be established for the Water Framework Directive.

Conclusions for dune sand soils

The literature data consulted allow the following conclusions:

- Since the dune sand regions are not included in the LMM measuring network, it is impossible to derive leaching fractions in the same way as those for sandy upland soils.
- Average nitrate concentrations in the upper 1 m layer of groundwater underneath bulb-growing fields on dune sand soils are well below 50 mg/l. The average leaching fraction is very low (< 2% of the nitrogen surplus).
- Average ammonium concentrations in the upper groundwater layers in dune sand areas are twice or three times as high as normal concentrations for sandy soils.
- Average nitrogen concentrations in drainage water and ditch water in bulb-growing fields on dune sand soils exceed the MAR value of 2.2 mg/l N_{total} that is used as a lower limit, but not the 10 mg/l N_{total} upper limit (which was used to establish the scientific basis for application standards; Schröder *et al.*, 2004).
- Phosphorus concentrations in the surface waters of the dune sand regions are higher, or even much higher, than the MAR value of 0.15 mg/l P_{total}, and dune sand soils that are rich in calcium are vulnerable to phosphate leaching.
- Since the Water Framework Directive does not yet include standards for farmland ditches, CDM considers it too early to lower nitrogen application standards in order to meet a particular nitrogen standard for surface water. This means that the 2007 application standards for bulb crops on sandy soils should also be used for 2008 and 2009. After the standards for the Water Framework Directive have been established, new studies should decide whether the surface water nitrogen loads in the dune sand regions need to be reduced.

Conclusions for loess soils

- Farms in the loess regions have been monitored as part of the LMM measuring network since the autumn of 2002. Since values for soil nitrogen surplus are only available for a limited proportion of these farms, leaching fractions cannot be calculated. As of 2006, 40 farms are being monitored, and the resulting data should allow leaching fractions to be calculated as of 2008.
- Nitrate concentrations in the soil water of arable land on loess soils usually exceed 50 mg NO₃ per litre; loess soils are vulnerable to nitrate leaching.
- Nitrate concentrations measured in loess soils by the LMM, the Limburg provincial soil water monitoring network and the RENIM study are higher than those reported in the *Sturen op nitraat* report and the study by Dekker *et al.* (2003). In addition, the *Sturen op*

² The MAR (Maximum Acceptable Risk) is the standard used in the Dutch government's Fourth Memorandum on Water Management for stagnant surface waters that are vulnerable to eutrophication in the summer

nitraat and RENIM studies show that nitrate concentrations in loess soils are lower than those in dry sandy soils. However, the LMM data show the opposite pattern. It remains unclear what causes the differences between the findings of these studies.

- There is evidence that yields (and hence nitrogen emissions) of cereal crops are higher on loess soils than on sandy soils. The findings for sugar beets and potatoes are less unequivocal, and differences appear to be smaller. This may be caused by the fact that sugar beet and potato crops on sandy soil are often irrigated, unlike cereal crops.
- Denitrification in the root zone is more likely in loess soils than in sandy soils, since (1) the probability of anoxia is higher in loess soils, (2) the potential denitrification is higher in loess soils and (3) nitrate is retained for longer periods in loess soils.
- The above considerations allow the conclusion that loess soils are vulnerable to nitrate leaching, though the average nitrate leaching rate is probably lower than that in the most leaching-sensitive sandy soils (those in water table classes VII and VIII). The calculations show that the lower leaching rate is partly reflected in lower soil nitrate surplus levels in cereal crops (which have a higher nitrogen uptake rate), and partly by a lower leaching fraction.
- The report proposes to use the average of the leaching fractions for sandy soils with water table classes VI and VII as a preliminary value for the leaching fraction for arable and horticulture crops on loess soils. This implies that calculations of nitrogen application standards for arable and horticulture crops on loess soils should be based on the assumption that 66% of the nitrogen surplus leaches as nitrate. Calculations of allowable soil nitrogen surplus and nitrogen fertilisation rates under various scenarios will be included in the report on calculations for sandy soils (Van Dijk & Schröder, 2007).

1 Inleiding

De Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) heeft op 6 december 2006 van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) de opdracht gekregen om voor akker- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen) op zand- en lössgrond verschillende scenario's van stikstofbemesting door te rekenen. De stikstofgiften moeten resulteren in het behalen van een concentratie van 50 mg nitraat (NO₃) per liter in het bovenste grondwater. Naast het bepalen van de stikstofgebruiksnormen op gewasniveau, worden de gebruiksnormen ook op regionaal niveau berekend. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in het noordelijke, het centrale en het zuidelijke zandgebied en het lössgebied. Het ministerie van LNV zal op basis van deze studie de stikstofgebruiksnormen voor AT-gewassen vanaf 2008 vaststellen.

De uitspoeling wordt berekend door middel van uitspoelingsfracties. De uitspoelingsfractie is het deel van het stikstofoverschot op de bodembalans dat naar het grond- of oppervlaktewater uitspoelt. Zowel bij de onderbouwing van de gebruiksnormen (Schröder *et al.*, 2004) als bij de onderbouwing van de derogatie (Schröder *et al.*, 2007) is de uitspoeling berekend door middel van het berekenen van stikstofoverschotten en van uitspoelingsfracties (het zogenaamde mest-ABC). De uitspoelingsfracties worden berekend uit de stikstofoverschotten en stikstofuitspoeling. De uitspoelingsfractie is afhankelijk van de grondsoort (zand, klei en veen) en bij zand ook van de grondwatertrap. De uitspoelingsfractie van zandgrond is afgeleid van resultaten uit het dekzandgebied. De uitspoeling wordt in de zandregio berekend met de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater uit het Landelijke Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM). Voor het berekenen van de uitspoelingsfractie in klei- en veenregio's wordt de uitspoeling berekend naar het oppervlaktewater. Hiervoor worden de concentraties aan totaal stikstof (N) in water uit drainagebuizen (het drainwater in de kleiregio) en het slootwater (in de veenregio) gebruikt.

Er zijn geen uitspoelingsfracties vastgesteld voor lössgrond en voor duin- en zeezanden (in het vervolg van dit rapport worden deze gronden "duinzand" genoemd). Er moet worden nagegaan of de uitspoelingsfracties en de daaraan gerelateerde toelaatbare stikstofbodemoverschotten voor gebieden met duinzand en gebieden met lössgrond verschillen van het overige zandgebied.

Het ministerie van LNV heeft in juni 2007 de CDM verzocht om een studie uit te voeren om de volgende vragen te beantwoorden voor AT-gewassen op duinzand en lössgronden:

- Zijn er voldoende gegevens over grondwaterkwaliteit uit LMM beschikbaar om een betrouwbare uitspraak te doen over de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater of oppervlaktewater?
- Indien dit niet het geval is, kan de CDM met behulp van aanvullende gegevens van grond- en/of oppervlaktewater en/of bodemvochtmetingen een uitspraak doen over de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater of oppervlaktewater (bijvoorbeeld met behulp van gegevens uit Sturen op Nitraat of Telen met Toekomst)?
- Indien uit de inventarisatiestudie blijkt dat de concentratie van 50 mg/l nitraat wordt overschreden, kan de CDM een wetenschappelijk onderbouwde uitspraak doen voor zowel het löss- als het duinzandgebied omtrent de volgende aspecten:
 - Kan op basis van de gemeten uitspoeling en de hydrologie een uitspoelingsfractie worden afgeleid?
 - Kan er een inschatting worden gemaakt met betrekking tot het toelaatbare N-bodemoverschot?

- Bij welke stikstofgiften kan de 50 mg/l nitraat worden behaald op zowel gewas- als gebiedsniveau, uitgaande van de onderbouwde uitspoelingsfractie en het toelaatbare N-bodemoverschot voor het löss en/of het duinzandgebied?

Voor het duinzandgebied heeft het ministerie van LNV nog enkele aanvullende vragen gesteld om inzicht te krijgen in mogelijke risico's op afwenteling van stikstof- en fosfaatspoeling naar het oppervlaktewater:

1. Kan er een overzicht worden gegeven van meetgegevens over de concentraties aan nitraat (NO_3), totaal-stikstof (N_{totaal}) en totaal-fosfaat (P_{totaal}) in het oppervlaktewater in het duinzandgebied?
2. Kunnen de gemeten concentraties worden vergeleken met indicatieve waarden uit discussies uit Kaderrichtlijn Water (KRW), waarbij de MTR-waarde van 2,2 mg N_{totaal} per liter als ondergrens wordt genomen³ en 10 mg N_{totaal} per liter als bovengrens (vergelijkbaar met de aanname in de studie naar onderbouwing van gebruiksnormen uit 2004; Schröder *et al.*, 2004)?

Zolang er nog geen harde KRW-waarden zijn en er ook nog geen stikstofnormen zijn voor het drainwater of de boerensloot, kan er nog geen goede afweging worden gemaakt ten opzichte van welke waterkwaliteitsnorm de gebruiksnormen moeten worden afgeleid. Het ministerie van LNV vraagt de CDM om een advies te geven over:

- a) een mogelijk risico op afwenteling van stikfuitspoeling naar het oppervlaktewater;
- b) het mogelijke risico dat de N_{totaal} -concentratie in het oppervlaktewater op lijkt te leveren in relatie tot het behalen van de nog vast te stellen doelen van de Kader Richtlijn Water.

Indien verdere aanscherping van de stikstofgebruiksnormen naar aanleiding van dit advies wenselijk lijkt, dan wordt er mogelijk nog een vervolgoopdracht door het ministerie van LNV gegeven.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt een overzicht gegeven van gemeten nitraat-, stikstof- en fosforconcentraties in het grond- en oppervlaktewater van duinzand. Op basis van deze gegevens wordt een uitspoelingsfractie naar het grondwater afgeleid en het risico op afwenteling naar het oppervlaktewater bediscussieerd.

In hoofdstuk 3 van dit rapport worden de resultaten van studies naar nitraatuitspoeling in lössgronden weergegeven, worden deze resultaten vergeleken met die van uitspoelingsgevoelige zandgronden en wordt een uitspoelingsfractie afgeleid.

Het afleiden van de toelaatbare bodemoverschotten en het berekenen van de stikstofgiften voor verschillende scenario's worden meegenomen in de rapportage van de berekeningen van het zandgebied (Van Dijk en Schröder, 2007).

³ De MTR-waarde (Maximaal Toelaatbaar Risico) is de norm uit de 4^e Nota Waterhuishouding die geldt voor eutrofiëringgevoelig stagnant oppervlaktewater in de zomer

2 Duinzand

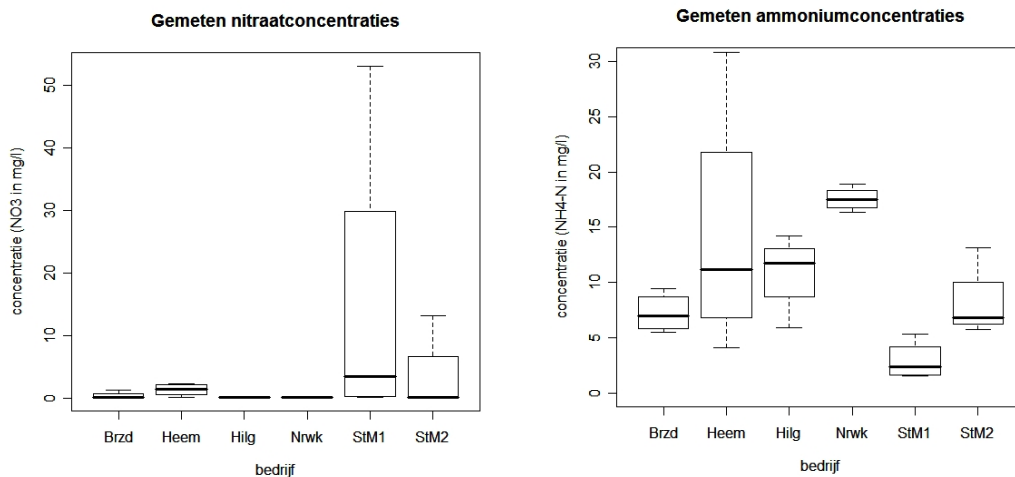
2.1 Inleiding

Het duinzandgebied is niet opgenomen in LMM. Het is dus niet mogelijk om uitspoelingsfracties af te leiden op een vergelijkbare manier als die voor dekzandgronden.

Op basis van literatuur is een overzicht gemaakt van nitraatconcentraties in grondwater en stikstofoverschotten (paragraaf 2.2), N_{totaal} -concentratie in het oppervlaktewater (paragraaf 2.3) en P_{totaal} -concentratie in het oppervlaktewater (paragraaf 2.4). In paragraaf 2.5 worden de conclusies gegeven.

2.2 Nitraatconcentraties in grondwater en N-overschotten

In de bovenste meter van het grondwater (0,6 m beneden maaiveld) van zes bloembollenlocaties in het westelijk zandgebied waren de nitraatconcentraties in het algemeen (zeer) laag (bijlage 1; Resultaten van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit uit 1997; Groot *et al.*, 2003). Alleen op de locatie St. Maartensbrug werd in één van de vier mengmonsters⁴ een lichte overschrijding van de norm gevonden (53 mg NO_3 per liter), zie Figuur 1 links. De ammoniumstikstofconcentraties daarentegen waren gemiddeld hoog (10 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$, zie Figuur 1 rechts), vergeleken met concentraties gevonden in andere zandgronden. De ammoniumconcentratie in het bovenste grondwater in de zandregio is meestal lager dan 2 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ (Willems en Fraters, 1995).



Figuur 1 Gemiddelde concentratie nitraatstikstof (links) en ammoniumstikstof (rechts) in de bovenste meter van het grondwater voor zes bollen bedrijven op duinzand in 1997. Op de bedrijven StM1 en StM2 komen plekken met verhoogde nitraatconcentraties voor (Bron: Groot *et al.*, 2003).

⁴ Per locatie zijn 48 boringen verricht en monster genomen, hiervan zijn aselect vier mengmonsters gemaakt van elk 12 monsters.

In onderzoek van Van Aartrijk *et al.* (1997) werd geen nitraat aangetroffen in het bovenste grondwater (0,5 meter beneden maaiveld) van een praktijkbedrijf op duinzand in Wassenaar. In St. Maartensbrug waren nitraatconcentraties gemiddeld in de tijd ook laag, maar soms waren er pieken met concentraties van meer dan 50 mg nitraat per liter. De gemiddelde nitraatconcentratie (zeven bedrijven en drie meetjaren) in het bovenste grondwater van bloembolbedrijven op duinzand uit het project Telen met Toekomst bedroeg 4 mg per liter, dit is circa 1 mg stikstof per liter (Tabel 1; De Ruijter & Boumans, 2005). De N_{totaal} concentratie is duidelijk hoger (8,8 mg N/l). Dit wordt deels veroorzaakt door relatief hoge ammoniumstikstofconcentraties (5,2 mg N/l) in combinatie met nog een hoeveelheid organisch stikstof (2,6 mg N/l). Het gemiddelde stikstofoverschot op de kalenderbalans bedroeg 208 kg N per ha. De uitspoelingsfractie is lager dan 2% van de het bodemoverschot⁵. De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van bedrijven op de overige zandgronden (dit waren andere AT-gewassen) was veel hoger in deze Telen met Toekomst studie; gemiddeld 140 mg NO₃ per liter in profielen zonder veenlaagje bij een stikstofoverschot van gemiddeld 163 kg N per ha (Tabel 1).

Tabel 1. Gemiddelde nitraatconcentraties en stikstofoverschotten (kalenderbalans) voor Telen met Toekomst bedrijven op duinzand en overige zandgronden. Het betreft de periode 2002-2004. Voor beide grondsoorten wordt onderscheid gemaakt tussen profielen met en zonder veenlaagje. De bedrijven op duinzand waren bloembollenbedrijven; die op overig zand waren andere AT-bedrijven (De Ruijter & Boumans, 2005).

	Duinzand				Overig zand			
	zonder veenlaagje		met veenlaagje		zonder veenlaagje		met veenlaagje	
	n	gemiddelde	n	gemiddelde	n	gemiddelde	n	gemiddelde
NO ₃ , mg/l	607	4	30	4	2878	140	242	33
N-overschot, kg N/ha	406	208	13	243	2631	163	238	176

De oorzaak van de lage nitraatconcentraties in het grondwater in duinzandgronden is waarschijnlijk de hoge grondwaterstand (vaak ongeveer 0,5 meter beneden maaiveld), waardoor nitraat kan worden afgebroken en omgezet in gasvormige verbindingen (denitrificatie). Ook bij dekzandgronden is bekend dat nitraatconcentraties bij een ondiepe grondwaterstand veel lager zijn dan bij een diepe grondwaterstand (bv. Hack-ten Broeke *et al.*, 2004). Het mag echter ook niet worden uitgesloten dat de lage nitraatconcentraties en hoge ammoniumconcentraties in het grondwater van duinzandgronden deels worden veroorzaakt door remming van nitrificatie (het microbiële proces waarbij ammonium wordt omgezet in nitraat). Remming van nitrificatie treedt op onder natte omstandigheden en uit zich in relatief hoge ammoniumgehalten en lage nitraatgehalten.

Concluderend, uit de geraadpleegde literatuur blijkt dat de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van duinzand gemiddeld ver onder 50 mg NO₃ per liter ligt. De gemiddelde uitspoelingsfractie is zeer laag (< 2% van het N-overschot). De ammoniumconcentraties zijn daarentegen hoog in het grondwater van het duinzandgebied.

⁵ Uitgaande van een neerslagoverschot van 400 mm. Dit getal geldt voor voorjaarsbloeiërs zonder groenbemester. Gewassen als lelies, dahlia en zantedeschia verdampen meer en hebben een lager neerslagoverschot (Van Dam, persoonlijke mededeling).

2.3 Stikstofconcentraties in het oppervlaktewater

Zoals ook al aangegeven in de vorige paragraaf, laat het onderzoek van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (Groot *et al.*, 2003), het project Telen met Toekomst (De Ruijter en Boumans, 2005) en het onderzoek van Van Aartrik *et al.* (1997) zien dat de stikstofconcentraties in grond- en drainwater van duinzandgronden meestal variëren van 3 tot soms meer dan 10 mg N_{totaal} per liter.

Gemiddeld (over jaren en bedrijven) bedroeg de N_{totaal} -concentratie in drainwater 8,4 mg N per liter en in slootwater 5,9 mg N per liter bij bloembolbedrijven op duinzand van Telen met Toekomst (De Ruijter & Boumans, 2005). Op vijf van de zes bedrijven bedroeg het aandeel nitraat gemiddeld 13-50% van totaal-N (de rest is NH_4 en organische N). Het bedrijf met de hoogste N_{totaal} -concentratie in de sloot (gemiddeld over drie jaar ongeveer 9 mg N_{totaal} per liter) had ook het grootste aandeel nitraat (gemiddelde 86%). De grondwaterstand van dit bedrijf was duidelijk dieper dan de overige (100-125 cm), waardoor waarschijnlijk de denitrificatie lager en nitrificatie hoger was.

Uit meetgegevens van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Hoogheemraadschap Rijnland in de Voortgangsrapportage van het Landelijk Milieuoverleg Bloembollen 2005-2006 (LMB, 2007) blijkt dat de N_{totaal} -concentraties in het oppervlaktewater in de Bollenstreek Zuid, Noord-Hollands Zandgebied en Kennemerland in 2002-2003 tussen ongeveer 2 en 6 mg N_{totaal} per liter lagen.

Concluderend, uit de geraadpleegde literatuur blijkt dat de stikstofconcentraties in het drainwater en/of slootwater gemiddeld boven de MTR-waarde van 2,2 mg N_{totaal} per liter ligt, maar onder de in de eerdere studie naar de onderbouwing van gebruiksnormen (Schröder *et al.*, 2004) gehanteerde concentratie van 10 mg N_{totaal} per liter.

Er zijn nog geen KRW-normen voor boerensloten, zodat geen gebruiksnormen kunnen worden afgeleid waarmee een bepaalde waterkwaliteit in de sloot kan worden bereikt. Terugdringing van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater door de landbouw in het duinzandgebied zal wel aan de orde zijn, indien oppervlaktewater dat gevoed wordt met water uit het duinzandgebied niet kan voldoen aan normen van de KRW. Het CDM adviseert om de stikstofgebruiksnormen in het duinzandgebied voorsnog niet aan te scherpen om aan een bepaalde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater te voldoen. Als de KRW-normen zijn vastgesteld, zal moeten worden nagegaan of de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in het duinzandgebied moet worden verminderd.

2.4 Fosforconcentraties in het oppervlaktewater

Metingen laten hoge fosforconcentraties in grond- en/of drainwater zien (tot meer dan 10 mg P per liter; Van Aartrijk *et al.*, 1997; Groot *et al.*, 2003; LMB, 2007)). Uit de Voortgangsrapportage van het landelijk Milieuoverleg bloembollen 2005-2006 (LMB, 2007) blijkt dat alle zeven metingen in oppervlaktewater in de Bollenstreek Zuid in 2002-2003 ver boven de MTR-norm van 0,15 mg P per liter lagen (bandbreedte 3,4 – 9,9 mg P per liter). Ook de concentraties voor het Noord-Hollands Zandgebied en Kennemerland waren hoger dan de MTR-waarde (ongeveer 1 – 2,5 mg P per liter).

Onderzoek van Schoumans & Lepelaar (1995) geeft aan dat kalkrijke duinzandgronden een relatief gering vermogen hebben om fosfaat te binden, waardoor fosfaat kan uitspoelen. De duinzandgronden zijn dus gevoelig voor fosfaatuitspoeling. Gezien het relatief lage gehalte aan

reversibel gebonden fosfaat in de bodem, zal het terugdringen van de fosfaatbemesting op duinzand al snel tot een daling in de fosforconcentratie van het drainwater kunnen leiden. Op basis van berekeningen concludeerden Schoumans en Lepelaar (1995) dat de MTR-norm van 0,15 mg P per liter in drainwater alleen kan worden gerealiseerd bij een lage, voor de landbouw suboptimale, fosfaattoestand van de bodem.

In veen- en kleigebieden in Noord-Holland worden soms hoge fosforconcentraties in het grondwater worden gevonden (Rozemeijer *et al.*, 2005). In kwelgebieden kunnen hoge fosforconcentraties in het grondwater leiden tot belasting van het oppervlaktewater met fosfaat. Ook in het grondwater in het duinzandgebied kunnen fosforconcentraties van enkele mg P per liter voorkomen. Het is echter niet duidelijk of de soms hoge fosforconcentratie in het diepere grondwater een effect heeft op de fosforconcentratie in het oppervlaktewater van het duinzandgebied.

Concluderend, de fosforconcentraties in het oppervlaktewater van het duinzandgebied zijn hoog en de kalkrijke duinzandgronden zijn gevoelig voor fosfaatuitspoeling.

2.5 Conclusies

Op basis van de geraadpleegde literatuur worden de volgende conclusies getrokken:

- De nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater onder bollenpercelen op duinzand ligt gemiddelde ver onder 50 mg NO₃ per liter. De gemiddelde uitspoelingsfractie van nitraat is zeer laag (< 2% van het N-overschot).
- De ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater bij duinzand zijn gemiddeld twee tot drie keer hoger dan normaal bij zandgronden.
- De stikstofconcentraties in het drainwater en/of slootwater bij bollenpercelen op duinzand liggen gemiddeld boven de MTR-waarde van 2,2 mg N _{totaal} per liter, maar onder de 10 mg N _{totaal} per liter (de waarde die eerder bij de onderbouwing van gebruiksnormen is toegepast; Schröder *et al.*, 2004).
- De fosforconcentraties in het oppervlaktewater van het duinzandgebied zijn (veel) hoger dan de MTR-waarde van 0,15 mg P _{totaal} per liter en de kalkrijke duinzandgronden zijn gevoelig voor uitspoeling.
- Aangezien er nog geen KRW-normen zijn voor boerensloten, adviseert het CDM om de stikstofgebruiksnormen in het duinzandgebied vooralsnog niet aan te scherpen om aan een bepaalde stikstofconcentratie in het oppervlaktewater te voldoen. De gebruiksnormen voor bloembolgewassen op zand in 2007 zijn dan ook van toepassing voor 2008 en 2009. Als de KRW-normen zijn vastgesteld, zal moeten worden nagegaan of de stikstofbelasting van het oppervlaktewater in het duinzandgebied moet worden verminderd.

3 Lössgrond

3.1 Inleiding

In het lössgebied worden sinds het najaar van 2002 bedrijven gemonitord in het kader van LMM. Omdat niet alle bedrijven konden worden geworven uit het LEI-Bedrijven-InformatieNet (BIN), is ook bodemvocht bemonsterd op bedrijven die niet (meer) deelnamen aan het BIN. Dit betekent dat maar voor een beperkt deel van de LMM-bedrijven bodemoverschotten voorhanden zijn. Vanaf 2006 worden 50 bedrijven gevolgd. Van deze bedrijven kunnen in 2008 uitspoelingsfracties worden berekend, als de stikstofoverschotten voor 2006 en de resultaten van de bodemvochtmetingen in het najaar 2007 bekend zijn.

Bovenstaande betekent dat voor het afleiden van uitspoelingsfracties op lössgronden op dit moment alleen gebruik kan worden gemaakt van de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen uit LMM en andere studies. In paragrafen 3.2 t/m 3.8 worden de resultaten van verschillende studies gepresenteerd. In paragraaf 3.9 volgt een discussie en wordt een schatting gegeven van de uitspoelingsfractie voor lössgrond. In paragraaf 3.10 worden conclusies gegeven.

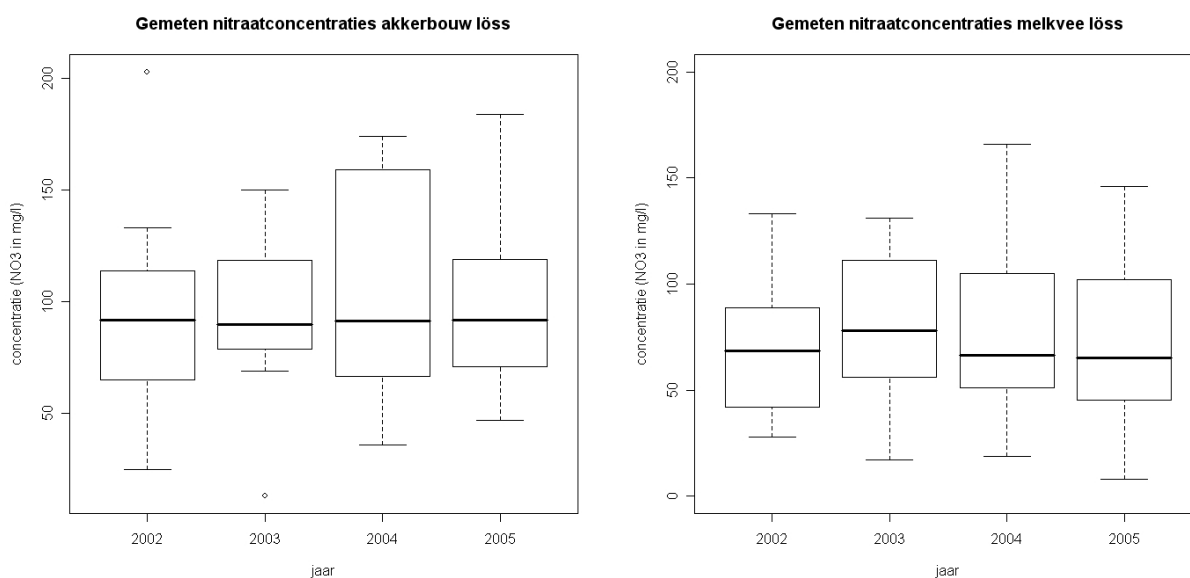
De grondwaterstand staat in lössgronden diep, zodat in de meeste studies bodemvochtmonsters worden genomen (vaak op ongeveer 1,5 meter diepte). Dit bodemvocht geeft een indicatie van de nitraatconcentratie van het water dat uit de wortelzone spoelt. De uitspoelingsfractie zal daarom worden gerelateerd aan de nitraatconcentratie in het bodemvocht. De metingen in oppervlaktewater/bronnen in het lössgebied worden niet gebruikt voor het afleiden van uitspoelingsfracties (er zit een groot tijdsverschil tussen uitspoeling uit wortelzone en bereiken bronnen), maar worden wel gerapporteerd, omdat ze inzicht geven in de uitspoelingsgevoeligheid van lössgronden.

3.2 Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid

In LMM wordt het bodemvocht in de lössregio in het najaar bemonsterd. De bodemvochtmonsters worden genomen van een diepte tussen 1,5 en 3,0 m beneden maaiveld. Per bedrijf worden 16 steken genomen. De nitraatconcentratie op zeven (gangbare) akkerbouwbedrijven in de lössregio was gemiddeld 108 mg/l voor de periode 2002-2005 (tabel 2 en figuur 2) De nitraatconcentratie op melkvee-, graasdier- en diercombinatiebedrijven was gemiddeld 94 mg/l en in alle meetjaren iets lager dan die op akkerbouwbedrijven. Biologische bedrijven en het bedrijf uit het project Koeien en Kansen hebben gemiddeld een duidelijk lagere nitraatconcentratie.

Tabel. 2. Nitraatconcentratie in bodemvocht van akkerbouw- en veeteeltbedrijven in de lössregio uit LMM.

Type bedrijf		Jaar									
		2002		2003		2004		2005		2002-2005	
		NO ₃ mg/l	n	NO ₃ mg/l	n	NO ₃ mg/l	n	NO ₃ mg/l	n	NO ₃ mg/l	n
Akkerbouw	Gangbaar	109	6	106	6	115	7	101	6	108	25
	Voorloper	25	1	13	1	36	1			25	3
	Totaal	97	7	93	7	105	8	101	6	99	28
Veehouderij	Gangbaar	85	10	98	10	103	8	90	8	94	36
	Voorloper	47	8	55	8	51	6	48	7	50	29
	Totaal	68	18	79	18	81	14	70	15	74	65
Totaal		76	25	83	25	90	22	79	21	82	93



Figuur 2. Jaargemiddelde nitraatconcentratie in de bodemvocht voor acht akkerbouwbedrijven (links) en 20 melkvee-, graasdier- en combinatiebedrijven (rechts) in de lössregio in de periode 2002-2005 (LMM-bedrijven). Boxplots met mediaan, 25- en 75-percentiel en minimum en maximum bedrijfsgemiddelde waarden.

Voor de Evaluatie Meststoffenwet 2007 hebben Hooiboer *et al.* (2007) een synthese gemaakt van de resultaten uit LMM (tabel 3). Uit deze gegevens voor de jaren 2003-2005 blijkt dat de gemiddelde nitraatconcentratie op akkerbouwbedrijven op lössgronden (111 ± 45 mg NO₃/l) hoger is dan die van akkerbouwbedrijven op droge zandgronden (84 ± 24 mg/l).

Tabel 3. Gemiddelde nitraatconcentraties (2002 t/m 2004) voor verschillende combinaties van grondsoorten en bedrijven ($p = 0,05$).

Hoofdgrondsoort regio	Bedrijfstype	Groep*	Gemiddelde NO ₃ concentratie (mg/l)**	Standaardafwijking NO ₃ **
Veen	Melkvee	A	8,3	13,0
Klei	Melkvee	B	30,7	31,4
	Akkerbouw	C	48,9	32,7
Zand, natte bedrijven	Melkvee	C	51,6	39,2
	Akkerbouw	CD	57,3	36,1
	Overig	D	70,2	47,5
Zand, droge bedrijven**	Hokdier	F	128,0	90,3
	Melkvee	D	80,9	33,7
	Akkerbouw	DE	84,3	23,5
Löss	Hokdier	G	156,6	96,4
	Melkvee	D	88,0	26,8
	Akkerbouw	EF	110,8	44,7

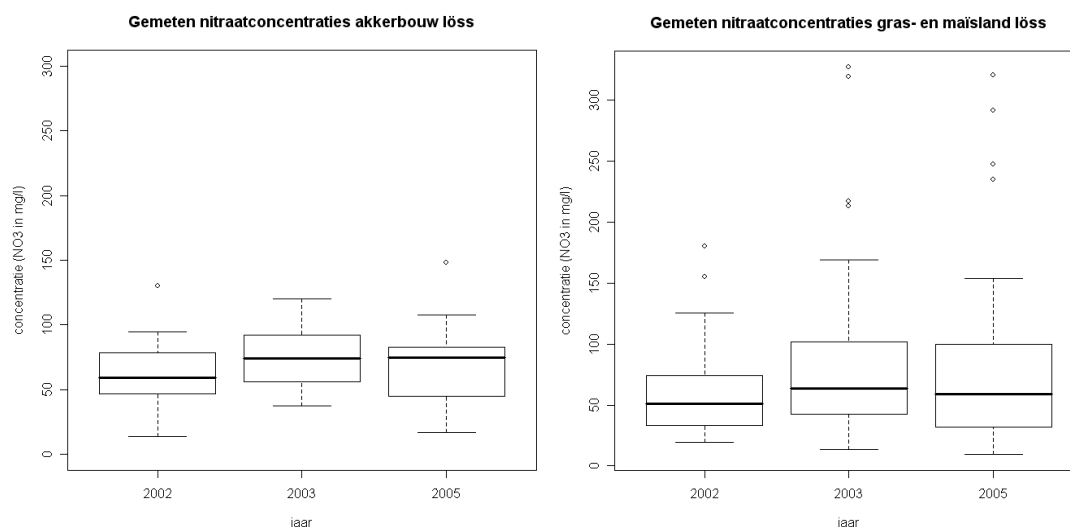
*Een verschil in letter tussen bedrijven geeft aan dat de nitraatconcentratie statistisch significant verschilt

**De berekende waarden zijn eerst gemiddeld per bedrijf voor de jaren 2002 t/m 2004 en daarna gemiddeld per bedrijfstype in de hoofdgrondsoortregio.

*** Het betreft de gemiddelde gegevens van bedrijven die voor meer dan 50% zijn gelegen op droge zandgronden. Droge gronden zandgronden zijn gronden die als zodanig zijn aangewezen (LNV, 2001) en hebben overwegend een Gt van VII en VIII.

3.3 Bodemvochtmeetnet provincie Limburg

In het bodemvochtmeetnet in de lössregio van de provincie Limburg wordt in het najaar een bemonstering uitgevoerd op circa 60 landbouwpercelen. De bodemvochtmonsters worden genomen van een diepte van 1,3 tot 1,4 m beneden maaiveld. Per perceel worden vijf steken genomen. De gemiddelde nitraatconcentratie in het bodemvocht van 15 akkerbouwpercelen in dit meetnet is 71 mg NO₃/l voor de periode 2002-2005 (ongepubliceerde gegevens Provincie Limburg; Figuur 3). De nitraatconcentratie in deze periode onder grasland was gemiddeld 63 mg/l en die onder maisland 86 mg/l, maar deze verschillen tussen gewassen zijn niet statistisch significant.



Figuur 3. Jaargemiddelde nitraatconcentratie in de bodemvocht voor 15 akkerbouwpercelen (links) en 29 grasland- en 15 maispercelen (rechts) op löss in de periode 2002-2005. Boxplots met mediaan, 25- en 75-percentiel en minimum en maximum bedrijfs-gemiddelde waarden (Bron: Provincie Limburg).

3.4 Sturen op Nitraat

In het rapport van Radersma & De Willigen (2003) staat een analyse van de dataset van het project “Sturen op Nitraat” met als doel de vraag te beantwoorden of de nitraatuitspoeling uit lössgronden verschilt van die van droge gronden bij een gelijk stikstofoverschot.

In de analyse wordt de dataset van de proefplekken op droge zandgronden (Sturen op Nitraat Gt-groep 3, GHG > 80 cm; Gt IVc, VII, VII* en VIII) van drie meetseizoenen (2000-2001; 2001-2002; 2002-2003) gebruikt⁶.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het bodemvocht van proefplekken op lössgronden (gemeten in het voorjaar op een diepte van ongeveer 150 cm) bedroeg 48 mg NO₃ per liter (aantal plekken (n) = 65). De nitraatconcentraties in lössgrond zijn dus in het project “Sturen op Nitraat” lager dan die in het LMM. De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van zandgronden bedroeg 73 mg NO₃ per liter voor zandgrond uit groep Z1⁷ (n=128), 89 mg/l voor zandgronden uit groep Z2 (n=136) en 85 mg/l voor zandgronden uit groep Z3 (n=270).

In Sturen op Nitraat zijn vijf gewasgroepen onderscheiden: gras, maïs en drie groepen akkerbouwgewassen met verschillende uitspoelingsgevoeligheid (bijvoorbeeld hoog betekent een hoog risico op uitspoeling, zoals consumptieaardappelen en groentegewassen). De gemiddelde nitraatconcentraties van de akkerbouwgewassen variëren van 37 tot 69 mg per liter en zijn meestal lager dan die van zandgronden (tabel 4). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat sommige gemiddelden zijn gebaseerd op zeer kleine aantallen en daarmee niet erg betrouwbaar.

Tabel 4. Gemiddelde nitraatconcentraties voor verschillende combinaties van grondsoorten en gewassen (Sturen op Nitraat)

	Lössgrond		Zandgrond Z1		Zandgrond Z2		Zandgrond Z3	
	n	gem	n	Gem	n	gem	n	gem
Gras	18	32	73	56	30	62	83	60
Mais	2	26	18	115	5	160	39	89
Akkerbouw H	5	37	9	180	18	145	35	175
Akkerbouw M	18	46	22	53	63	83	84	69
Akkerbouw L	20	69	6	65	18	76	22	98

Een regressieanalyse met deze dataset liet zien dat de verwachte nitraatconcentratie bij löss rond de 34 mg/l lager ligt dan bij de zandgronden. De standaardfout van deze schatting is 8,8 mg/l (zodat er met 95% betrouwbaarheid kan worden gesteld dat de gemiddelde nitraatconcentratie bij löss tenminste 16 mg/l lager ligt).

⁶ In de rapporten uit de Reeks Sturen op Nitraat worden de opzet en resultaten van Sturen weer gegeven (zie bijvoorbeeld Hack-ten Broeke *et al.*, 2004).

⁷ In Sturen op Nitraat zijn de zandgronden in drie groepen opgesplitst:

Z1 = Zandgronden met veel organische stof of dikke bovengrond (enkeerdgronden, moerige gronden)

Z2 = zandgronden met relatief veel organische stof en een hoog leemgehalte (meeste beekerdgronden, sommige gooreerdgronden, zandgronden met een kleidek, keileemgronden)

Z3 = overige zandgronden (sommige beekerdgronden, meeste gooreerdgronden, podzolgronden)

3.5 Studie proefbedrijf Wijnandsrade

Door het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) is in de periode 1995 t/m 2001 op proefbedrijf Wijnandsrade (lössgrond) een veeljarige veldproef aangelegd met verschillende gewasrotaties en bemestingsstrategieën (Dekker *et al.*, 2003). De nitraatconcentratie werd bepaald in het bodemvocht op een diepte van 1,35 – 1,50 meter (in najaar en voorjaar).

De nitraatconcentraties bij bemesting volgens bemestingsadvies en een optimale inzet van dierlijke mest waren het hoogst bij aardappel (72 mg NO₃ per liter), gevolgd door maïs (62 mg NO₃ per liter), wintertarwe (26 mg per liter) en suikerbiet (13 mg NO₃ per liter). De nitraatconcentraties waren lager in de objecten met een stikstofbemesting lager dan het advies.

Er was een significante relatie tussen de nitraatconcentratie en het stikstofoverschot op de bodembalans. De relaties, gebaseerd op de gemiddelden waarden van de teeltjaren 1996 t/m 2001, zijn:

Aardappel: $\text{NO}_3\text{-concentratie} = 0,21 * \text{bodemoverschot} + 42$ ($R^2 = 0,90$)
Suikerbiet: $\text{NO}_3\text{-concentratie} = 0,02 * \text{bodemoverschot} + 8$ ($R^2 = 0,82$)
Wintertarwe: $\text{NO}_3\text{-concentratie} = 0,19 * \text{bodemoverschot} + 9$ ($R^2 = 0,89$)
Snijmais: $\text{NO}_3\text{-concentratie} = 0,31 * \text{bodemoverschot} + 36$ ($R^2 = 0,78$)

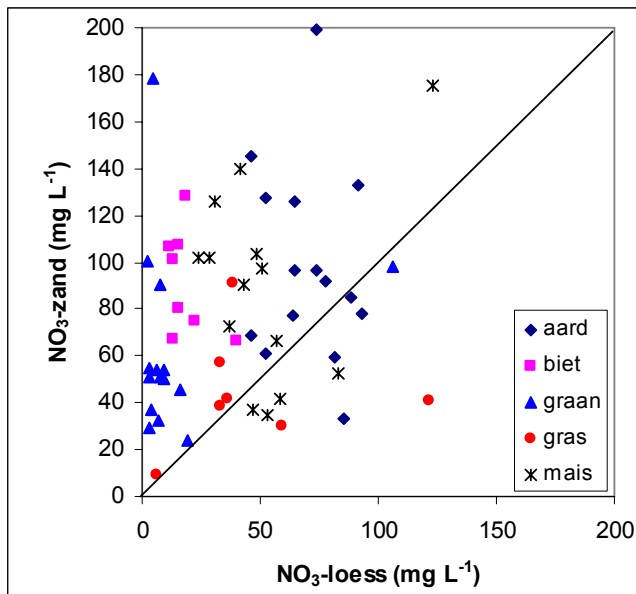
Als wordt uitgegaan van een gemiddeld neerslagoverschot van 350 mm (afgeleid uit neerslagoverschotten gerapporteerd door het project “Sturen op Nitraat”), dan zijn de uitspoelingsfracties voor aardappel 1,04, voor suikerbiet 0,02, voor wintertarwe 0,18 en voor snijmais 0,88.

3.6 Studie Radersma & De Willigen (2003)

Radersma & De Willigen (2003) hebben een vergelijking gemaakt tussen de nitraatconcentratie in het bodemvocht op lössgrond en die in grondwater op zandgrond. Dit is gebaseerd op de gegevens van Sturen op Nitraat en proefbedrijf Wijnandsrade; zie paragrafen 3.4 en 3.5. Op basis van de analyse van gepaarde waarnemingen (löss versus zand bij een gelijk gewas en een GHG van > 80 cm; figuur 4) concludeerden zij dat de nitraatconcentratie in lössgrond ten minste 60 mg per liter lager ligt dan in zandgrond bij een gelijk stikstofoverschot en een GHG dieper dan 80 cm.

Bij een gelijke N-aanvoer waren de nitraatconcentraties bij aardappelen en granen in lössgrond lager dan die in zandgrond. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een hogere N-afvoer door gewassen. Bij suikerbiet en maïs werd dit verschil echter niet gevonden.

Het moet hierbij worden opgemerkt dat het om een beperkte dataset gaat; de waarnemingen op proefbedrijf Wijnandsrade zijn op één locatie verzameld.



Figuur 4. Nitraatconcentratie in grondwater of bodemvocht in löss- en zandgrond bij hetzelfde N-overschot, zelfde gewas, zelfde Gt-groep, en (zoveel mogelijk) dezelfde voorvrucht. De lössdata zijn voornamelijk afkomstig uit de Wijnandsradeproef, die van zand uit Sturen op Nitraat (Radersma & De Willigen, 2003).

3.7 RENIM studie

In het kader van Sturen op Nitraat is een regionaal nitraatmonitoringsconcept (RENIM) ontwikkeld (Roelsma *et al.*, 2003). Dit concept is getoetst in twee zandregio's ('t Klooster en Sint Anthonis) en één lössregio (Mergelland). Hiertoe zijn in de periode 2001-2004 nitraatmetingen in het grondwater (zandregio's) en het bodemvocht (lössregio) uitgevoerd. De methode van bemonstering is hetzelfde als in Sturen op Nitraat. In tabel 5 staan de resultaten weergegeven voor lössgrond, natte zandgronden en droge zandgronden. De gemiddelde nitraatconcentratie onder akkerbouwgewassen op lössgronden was 73 mg NO₃ per liter (die onder maïsland was hoger en die onder grasland lager). De nitraatconcentraties bij zowel natte als droge zandgrond waren in dit onderzoek duidelijk hoger dan die bij lössgrond.

Tabel 5. Cluster gemiddelde nitraatconcentratie in lössgebied in Mergelland (2002-2003). St. Anthonis (zand: 2001-2003) en 't Klooster (zand: 2001 – 2003; Roelsma *et al.*, 2003).

		Grasland	Maïsland	Akkerbouw
Lössgrond	n	38	19	58
	gemiddelde	69	115	73
	mediaan	53	110	56
Zandgrond Gt I, II, III, IV, V en VI)	n	120	134	117
	gemiddelde	100	151	137
	mediaan	76	141	123
Zandgrond (Gt VII en VIII)	n	100	63	65
	gemiddelde	122	179	138
	mediaan	88	131	105

3.8 Bronnen en bronbeken in Zuid Limburg

Hendrix & Meinardi (2004) hebben in het najaar 2001 eenmalig 79 bronnen en 12 bronbeken in Zuid-Limburg onderzocht. De nitraatconcentraties in benedenstroomse beken was vaak hoger dan 50 mg NO₃ per liter. De nitraatconcentratie in bronnen die water toevoerden was gemiddeld 10 mg NO₃ per liter hoger dan in de beken. De nitraatconcentraties van het uit de wortelzone spoelende water is niet gemeten, maar werd met behulp van modelberekening geschat op ongeveer 110 mg NO₃ per liter. Er waren duidelijke indicaties dat er weinig denitrificatie in lössgronden optreedt in de bodemlagen tussen de wortelzone en de bronnen.

3.9 Discussie

De hoge nitraatconcentraties in het bodemvocht geven aan dat lössgronden uitspoelingsgevoelig zijn en dat de hoogte van de gebruiksnormen moet worden afgestemd op het bereiken van 50 mg NO₃ per liter. Hiertoe moeten uitspoelingsfracties worden afgeleid. Aangezien de uitspoelingsfracties niet uit LMM kunnen worden afgeleid, wordt een schatting gemaakt van de uitspoelingsfractie voor lössgronden door het risico op nitraatuitspoeling in lössgronden te vergelijken met die in droge zandgronden.

De nitraatconcentraties in lössgronden gemeten in het LMM, het Bodemvochtmeetnet van de provincie Limburg, de RENIM-studie zijn hoger dan die gemeten in Sturen op Nitraat en in de studie van Dekker *et al.* (2003). Verder blijkt uit Sturen op Nitraat en RENIM dat nitraatconcentraties in lössgronden lager zijn dan die van droge zandgronden, maar gegevens uit LMM laten echter het tegenovergestelde zien. Voor een deel komt dit doordat de nitraatconcentratie bij zandgronden in de RENIM-studie veel hoger is dan die op de LMM-bedrijven in de zandregio en ook dan in de Sturen op Nitraat studie. Anderzijds worden bij Sturen op Nitraat relatief lage nitraatconcentraties gemeten bij löss. Op de LMM-bedrijven komen echter naast zandgrond ook andere grondsoorten voor. Daarnaast komen bij het LMM op de 'droge bedrijven' ook nog andere grondwatertrappen voor dan Gt VII en Gt VIII. In het LMM worden droge zandbedrijven gekarakteriseerd als bedrijven die voor meer dan 50% gelegen zijn op droge zandgronden (Gt VII en VIII). Dat betekent dat er ook deels natte gronden in deze populatie zitten, waardoor de werkelijke nitraatconcentratie van de droge zandgronden in LMM hoger zal zijn. Dit kan betekenen dat de verschillen in nitraatconcentraties tussen lössgronden en droge zandgronden met Gt VII en VIII in LMM kleiner is dan in tabel 3. Dit verklaart echter niet het verschil in nitraatconcentratie in lössgronden tussen LMM en Sturen op Nitraat.

Hieronder wordt nagegaan of er uit theoretisch oogpunt verschillen in nitraatuitspoeling uit de wortelzone verwacht mogen worden tussen lössgronden en droge zandgronden. De uitspoeling uit de wortelzone is afhankelijk van:

- i) het stikstofoverschot op de bodembalans
- ii) de denitrificatie die optreedt in de wortelzone

ad i). Het stikstofoverschot wordt bepaald door de aanvoer van stikstof via bemesting en de afvoer via het gewas. Er zou een verschil in stikstofoverschot tussen zand- en lössgrond kunnen optreden indien de benutting van toegediende stikstof verschilt. Van Dijk *et al.* (2007) zijn in het kader van de evaluatie meststoffenwet nagegaan of er een verschil bestaat in N-afvoer tussen zand- en lössgronden. Hierbij is gebruik gemaakt van de studie van Radersma en De Willigen (2003) en gegevens van het Centraal Bureau voor Statistiek (CBS). Van Dijk *et al.* (2007) concluderen dat beide bronnen aangeven dat er bij granen een indicatie is dat de opbrengst en daarmee de stikstofafvoer op lössgrond hoger is dan op zandgrond. De extra opbrengst loopt uiteen van 9% bij zomergerst tot 27% bij triticale. Voor suikerbieten en consumptieaardappelen was het beeld minder eenduidig en lijken de verschillen geringer. Dit

hangt mogelijk samen met het feit dat suikerbieten en consumptieaardappelen op zandgrond vaak worden beregend en graan niet. Op löss profiteert graan dan van de hogere vochtlevering vanuit de wortelzone. Mogelijk kunnen diep wortelende granen bovendien nog een deel van de in het vorige seizoen uitgespoelde stikstof opnemen. Aangezien de snelheid van uitspoelen in lössgronden langzamer is dan in zandgronden, mag het niet worden uitgesloten dat granen op lössgronden meer van het uit voorgaande jaren resterende nitraat kunnen opnemen uit de bodem dan granen op droge zandgronden, waar het nitraat uit de wortelzone is gespoeld.

ad ii) Denitrificatie treedt op onder zuurstofloze omstandigheden en is afhankelijk van de afbreekbaarheid van organische stof (afbreekbare organische stof is een energiebron voor denitrificerende bacteriën). De kans op zuurstofloosheid is groter in lössgronden dan in zandgronden, omdat de textuur van löss fijner is dan die van zand. Daarnaast kan in lössgrond verslemping optreden, wat ook kan leiden tot een mindere doorluchting.

Metingen in Sturen op Nitraat geven aan dat de potentiële denitrificatie en mineralisatie in de 0-20 cm laag in lössgronden gemiddeld hoger is dan in zandgronden (tabel 6). Deze gegevens duiden op een betere afbreekbaarheid van organische stof in deze laag in lössgronden dan in zandgronden. Deze conclusie moet wel met enige voorzichtigheid moeten worden omgeven, omdat de dataset van lössgronden beduidend kleiner is dan die van de zandgronden. Het is niet duidelijk waardoor dit verschil tussen löss- en zandgronden wordt veroorzaakt. Als er meer gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is, is de kans op denitrificatieverliezen hoger onder natte omstandigheden in aanwezigheid van nitraat. Anderzijds is de concentratie opgelost organisch koolstof (DOC) in het bovenste grondwater bij droge zandgronden gemiddeld twee keer hoger dan in bodemvocht bij lössgronden (LMM-gegevens). Op basis van LMM-gegevens is de schatting van de DOC-concentratie in grondwater van droge zandgrond circa 10 mg/l (gemiddelde voor alle bedrijven in de zandregio is 29 mg/l) en in bodemvocht van lössgrond circa 5 mg/l. Een lagere DOC-concentratie is meestal een indicatie voor een lager organisch-stofgehalte van de bodem. Een derde factor waardoor kans op denitrificatie in de wortelzone van lössgrond hoger is dan op zandgrond is de verblijftijd. Het watertransport verloopt in een grond met fijnere textuur trager dan in een grond met een grovere textuur. De verblijftijd van nitraat in de wortelzone is daardoor hoger in lössgrond dan in zandgrond. Hierdoor is de kans op denitrificatie hoger op lössgrond dan op zandgrond.

Tabel 6. Potentiële denitrificatie en mineralisatie snelheid (in mg N per kg droge grond per dag) in de 0-20 cm laag van bouwland op lössgronden en zandgronden uit Sturen op Nitraat (Velthof, 2003).

	Lössgronden		Zandgronden	
	n	gem ± sd.	n	gem ± sd.
Potentiële denitrificatie ⁸	20	5,2 ± 2,0	200	3,2 ± 1,5
Potentiële mineralisatie ⁹	21	1,6 ± 0,4	200	0,9 ± 0,4

⁶ de potentiële denitrificatiesnelheid is hier de toename in N₂O-concentratie tijdens anaërobe incubatie van een met nitraat aangerijkte grond bij 20 °C met behulp van acetyleeninhibitietechniek.

⁷ de potentiële mineralisatie is hier de toename in minerale stikstof tijdens incubatie van grond bij 20 °C .

⁸ De *potentiële denitrificatie* is hier gedefinieerd als de denitrificatie tijdens incubatie van grond bij 20 °C bij een overmaat aan nitraat en onder zuurstofloze omstandigheden. De potentiële denitrificatie is een maat voor afbreekbare organische C.

⁹ De *potentiële N-mineralisatie* is hier gedefinieerd als de N-mineralisatie tijdens aërobe incubatie van grond bij 20 °C onder laboratoriumomstandigheden. De potentiële N-mineralisatie is een maat voor afbreekbare organische N

Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat lössgronden gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling, maar dat de nitraatuitspoeling gemiddeld lager zal zijn dan die van de meest uitspoelingsgevoelige zandgronden (Gt VII en VIII). Een deel van de lagere uitspoeling komt in de berekeningen tot uiting in een lager bodemoverschot voor granen (hoger stikstofopname) en een deel komt tot uiting in een lagere uitspoelingsfractie. De uitspoelingsfractie van lössgrond wordt vastgesteld op het gemiddelde van de uitspoelingsfracties van zandgronden met Gt VI en VII. Dit betekent dat voor de berekeningen van de stikstofgebruiksnormen voor akkerbouw- en tuinbouwgewassen op lössgrond er voorlopig van wordt uitgegaan dat 66% van het stikstofoverschot als nitraat uitspoelt (Fraters *et al.*, persoonlijke mededeling). In 2008 kan op basis van een grotere dataset met LMM-resultaten een nieuw inzicht ontstaan.

3.10 Conclusies

- In het lössgebied worden sinds het najaar van 2002 bedrijven gemonitord in het kader van LMM. Er zijn slechts voor een beperkt deel van de LMM-bedrijven bodemoverschotten voorhanden zijn, zodat geen uitspoelingsfracties kunnen worden berekend. Vanaf 2006 worden 50 bedrijven gevolgd. Van deze bedrijven kunnen in 2008 uitspoelingsfracties worden berekend.
- De nitraatconcentraties in het bodemvocht van bouwland op lössgronden zijn meestal hoger dan 50 mg NO₃ per liter; lössgronden zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling.
- De nitraatconcentraties in lössgronden zijn hoger in het LMM, het provinciaal Bodemvochtmeetnet van de provincie Limburg en de RENIM-studie dan in Sturen op Nitraat en in de studie van Dekker *et al.* (2003). Verder blijkt uit Sturen op Nitraat en RENIM dat nitraatconcentraties in lössgronden lager zijn dan die van droge zandgronden, maar gegevens uit LMM laten het echter het tegenovergestelde zien. Het is niet duidelijk waardoor deze verschillen tussen studies worden veroorzaakt.
- Er zijn indicaties dat de opbrengst (en daardoor de N-afvoer) bij granen hoger is op lössgronden dan op zandgronden. Voor suikerbieten en consumptieaardappelen was het beeld minder eenduidig en lijken de verschillen geringer. Dit hangt mogelijk samen met het feit dat suikerbieten en consumptieaardappelen op zandgrond vaak worden berekend en graan niet.
- De kans op denitrificatie in de wortelzone is hoger in lössgronden dan in zandgronden, omdat i) de kans op zuurstofloosheid in lössgronden hoger is, ii) de potentiële denitrificatie in lössgrond hoger is en iii) de verblijftijd van nitraat in lössgrond langer is.
- Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat lössgronden gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling, maar dat de nitraatuitspoeling gemiddeld lager zal zijn dan die van de meest uitspoelingsgevoelige zandgronden (Gt VII en VIII). Een deel van de lagere uitspoeling komt bij de berekeningen tot uiting in een lager bodemoverschot bij granen (hogere stikstofopname) en een deel komt tot uiting in een lagere uitspoelingsfractie.
- Voorgesteld wordt om de uitspoelingsfractie van lössgrond voorlopig vast te stellen op het gemiddelde van de uitspoelingsfracties van zandgronden met Gt VI en VII. Dit betekent dat voor de berekeningen van de stikstofgebruiksnormen voor akkerbouw- en tuinbouwgewassen er wordt uitgegaan dat 66% van het stikstofoverschot als nitraat uitspoelt. In 2008 kan op basis van een grotere data-set met LMM-resultaten een nieuw inzicht ontstaan.

Literatuur

- Aa, van der N.G.F.M., J. Griffioen & B. van der Grift (2002) *Uitspoelingsgevoeligheid van lössgronden. Inzichten omtrent onderbouwing indeling lössgronden bij uitspoelingsgevoelige gronden in kader van mestbeleid, periode 1991-2001*. TNO-rapport NITG 02-083-B, 79 p. excl. Bijlagen.
- Aartrijk, van J., P. Groenendijk, J.J.T.I. Boesten, O.F. Schoumans & R. Gerritsen (1997) *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Hoofdrapport*. Alterra, Wageningen. Rapport 387, 131 p.
- Dekker P.H.M., S. Radersma, J.R. van der Schoot & M. de Wolf (2003) *Scenariostudie maatregelen voor de akkerbouw op lössgrond om met inzet van dierlijke mest aan Minas- en nitraatnormen te voldoen*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Rapport 318, 49 p.
- Dijk, W. van & J.J. Schröder (2007) *Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten*. Rapport Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (in druk).
- Dijk, W. van, H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas (2007) *Economische consequenties op bedrijfsniveau van gebruiksnormenstelling 2006/2009 voor melkveehouderij en akker- en tuinbouw*. Rapport Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (in voorbereiding).
- Groot M.S.M., J.J.B. Bronswijk & T.C. van Leeuwen (2003) *Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, Resultaten 2003*. RIVM-rapport 714801029, RIVM, Bilthoven, 158 p.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., S.L.G.E. Burgers, A. Smit, H.F.M. ten Berge, J.J. de Grijter, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma & G.L. Velthof (2004) *Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressieanalyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003)* Alterra-rapport 1053, Reeks Sturen op Nitraat 12, 117 pp.
- Hendrix, W.P.A.M. & C.R. Meinardi (2004) *Bronnen en bronbeken van Zuid-Limburg; Kwaliteit van grondwater, bronwater en beekwater*. RIVM-rapport 500003003/2004. 82 p.
- Hooijboer, A., B. Fraters & L.J.M. Boumans. (2007) *Waterkwaliteit op landbouwbedrijven, Evaluatie Meststoffenwet 2007*. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM rapportnummer 680130002.
- LMB (2007). *Voortgangsrapportage Landelijk Milieuoverleg Bloembollen 2005-2006*. Landelijk Milieuoverleg Bloembollen, Van Lierop, Hillegom [www.kavb.nl/uploads/VGR%2005-06%20digitale%20versie.pdf].
- LNV (2001) *Besluit van 27 november 2001, houdende aanwijzing van zand- en lössgronden en uitspoelingsgevoelige gronden (Besluit zand- en lössgronden)*. Staatsblad 2001 579.

- Radersma, S.; & P. de Willigen (2003) *Vergelijking van nitraat concentraties in grondwater onder löss; verband met stikstofaanvoer, stikstofafvoer en stikstoftransport*. PPO Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente, PPO-projectrapport 510399, 24 p.
- Roelsma, J., C.W. Rougoor & P.E. Dik (2003) *Regionaal nitraatmonitoringsconcept RENIM. Ontwikkeling en toetsing van een eenvoudige methodiek voor het monitoren van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater in zand- en lössgebieden*. Alterra, Wageningen. Rapport 911/Reeks Sturen op Nitraat 7, 117 p.
- Rozemeijer J., J. Griffioen & H. Passier (2005) *De concentratie van fosfaat in regionaal kwelwater in Nederland*. TNO-rapport 005.105B0710, 27 p.
- Ruijter, F.J. de & L.J.M. Boumans (2005) *Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen. Resultaten van het project Telen met Toekomst 2000-2004*. Rapport Telen met Toekomst OV0501, 40 p. excl. bijlagen.
- Schoumans O.F. & P. Lepelaar (1995) *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Procesbeschrijving van anorganisch fosfaat in kalkrijke zandgronden*. Rapport 387.1, Staring Centrum, Wageningen, 110 p.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. Bode, M.J.C., W. van Dijk, W., J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems (2004) *Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten*. Rapport Plant Research International 79, 166 p.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters, & W.J. Willems (2007) *Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target*. European Journal of Agronomy 27, 102–114.
- Velthof, G.L. (2003) *Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden*. Alterra rapport 769, 38 pp
- Willems, W.J. & B. Fraters (1995). *Naar afgestemde kwaliteitsdoelstellingen voor nutriënten in grondwater en oppervlaktewater*. RIVM rapport nr. 714901003.
- Willems, W.J., J. Kamps, O.F. Schoumans & G.L. Velthof (2004) *Milieukwaliteit en verliesnormen. Achtergrondrapport deelproject Milieu van de Evaluatie Meststoffenwet*. RIVM, Bilthoven. Rapport nr. 500031002/2005, 115 p.

Bijlage 1 P- en N-concentraties in grondwater in het duinzandgebied

P- en N-concentraties in grondwater op verschillende bollenteeltlocaties in het duinzandgebied. Resultaten Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (1997) (Groot *et al.*, 2003). De locatie Zwaagdijk is een kleigrond. Noordwijkerhout en Hillegom liggen in de Bollenstreek. Heemskerk, Kennemerland, St Maartensbrug en Breezand liggen in zandgebied van Noord-Holland.

BIJLAGE XIc ANALYSERESULTATEN MACROVERBINDINGEN EN DOC IN GRONDWATER (in mg l⁻¹); BOLLENTEELTLOKATIES

Lokatie	Monster-nummer	totaal-P	NH ₄	PO ₄	Cl	NO ₃	SO ₄	DOC
Noordwijkerhout	1	19.86	13.34	58.80	70.33	<0.12	52.47	36.54
	2	15.21	13.84	54.71	103.84	<0.12	123.78	37.42
	3	16.61	14.71	62.01	66.56	<0.12	74.19	41.86
	4	16.09	12.74	49.75	76.22	<0.12	58.52	33.94
Zwaagdijk	1	1.48	1.42	1.93	93.33	34.782	375.37	19.20
	2	1.73	2.95	3.76	131.81	3.720	198.73	21.47
	3	1.82	2.81	4.05	79.20	1.612	235.64	24.80
	4	1.19	2.90	4.44	74.66	4.650	249.96	16.06
Heemskerk	1	1.57	7.42	2.75	69.79	0.124	26.33	58.02
	2	0.56	23.98	1.95	72.21	0.992	36.33	31.63
	3	3.79	9.92	10.01	67.52	2.294	44.21	44.81
	4	2.98	3.19	3.61	91.20	1.798	66.89	24.96
St-Maartensbrug-1	1	0.60	1.21	1.13	136.00	53.072	290.89	31.26
	2	1.71	2.38	0.79	235.37	0.434	291.86	25.08
	3	1.37	1.40	1.43	131.67	<0.12	248.32	24.95
	4	0.57	4.16	5.89	179.63	6.510	189.22	27.83
St-Maartensbrug-2	1	5.07	4.48	8.38	244.13	0.124	131.85	34.15
	2	4.40	10.21	11.07	389.83	<0.12	196.81	30.97
	3	1.21	5.18	5.23	248.75	13.144	156.74	29.50
	4	1.72	5.38	11.99	236.61	0.186	195.76	30.94
Breezand	1	8.42	4.30	17.06	511.63	<0.12	176.82	31.76
	2	7.32	4.77	20.35	677.80	<0.12	190.18	34.72
	3	5.83	6.16	21.46	901.84	1.178	140.98	34.96
	4	5.92	7.34	23.79	999.96	<0.12	172.40	33.88
Hillegom	1	13.63	4.61	29.90	91.63	<0.12	64.10	28.19
	2	10.20	8.98	41.31	106.39	<0.12	67.65	49.43
	3	9.54	9.32	36.80	116.33	<0.12	57.56	41.89
	4	11.78	11.03	45.99	108.42	<0.12	49.49	44.16

WOt-onderzoek

Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

WOt-rapporten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 47 78 44; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl

WOt-rapporten zijn ook te downloaden via de WOt-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

- 1 *Wamelink, G.W.W., J.G.M. van der Gref-van Rossum & R. Jochem (2005)*. Gevoeligheid van LARCH op vegetatieverandering gesimuleerd door SUMO
- 2 *Broek, J.A. van den (2005)*. Sturing van stikstof- en fosforverliezen in de Nederlandse landbouw: een nieuw mestbeleid voor 2030
- 3 *Schrijver, R.A.M., R.A. Groeneveld, T.J. de Koeijer & P.B.M. Berentsen (2005)*. Potenties bij melkveebedrijven voor deelname aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 4 *Henkens, R.J.H.G., S. de Vries, R. Jochem, R. Pouwels & M.J.S.M. Reijnen, (2005)*. Effect van recreatie op broedvogels op landelijk niveau; Ontwikkeling van het recreatiemodel FORVISITS 2.0 en koppeling met LARCH 4.1
- 5 *Ehlert, P.A.I. (2005)*. Toepassing van de basisvrachtbenadering op fosfaat van compost; Advies
- 6 *Veeneklaas, F.R., J.L.M. Donders & I.E. Salverda (2006)*. Verrommeling in Nederland
- 7 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma (2005)*. Soorten en gebieden; Het groene milieurecht in 2005
- 8 *Wamelink, G.W.W. & J.J. de Jong (2005)*. Kansen voor natuur in het veenweidegebied; Een modeltoepassing van SMART2-SUMO2, MOVE3 en BIODIV
- 9 *Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink, E.P.A.G. Schouwenberg (2005)*. Hotspots floristische biodiversiteit
- 10 *Cate, B. ten, H. Houweling, J. Tersteeg & I. Verstegen (Samenstelling) (2005)*. Krijgt het landschap de ruimte? – Over ontwikkelen en identiteit
- 11 *Selnes, T.A., F.G. Boonstra & M.J. Bogaardt (2005)*. Congruentie van natuurbeleid tussen bestuurslagen
- 12 *Leneman, H., J. Vader, E. J. Bos en M.A.H.J. van Bavel (2006)*. Groene initiatieven in de aanbidding. Kansen en knelpunten van publieke en private financiering
- 13 *Kros, J. P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom, G.W.W. Wamelink (2005)*. Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid
- 14 *Brouwer, F.M, H. Leneman & R.G. Groeneveld (2007)*. The international policy dimension of sustainability in Dutch agriculture
- 15 *Vreke, J., R.I. van Dam & F.H. Kistenkas (2005)*. Provinciaal instrumentarium voor groenrealisatie
- 16 *Dobben, H.F. van, G.W.W. Wamelink & R.M.A. Wegman (2005)*. Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie
- 17 *Groeneveld, R.A. & D.A.E. Dirks (2006)*. Bedrijfseconomische effecten van agrarisch natuurbeheer op melkveebedrijven; Perceptie van deelnemers aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 18 *Hubeek, F.B., F.A. Geerling-Eiff, S.M.A. van der Kroon, J. Vader & A.E.J. Wals (2006)*. Van adoptiekip tot duurzame stadswijk; Natuur- en milieueducatie in de praktijk
- 19 *Kuindersma, W., F.G. Boonstra, S. de Boer, A.L. Gerritsen, M. Pleijte & T.A. Selnes (2006)*. Evalueren in interactie. De mogelijkheden van lerende evaluaties voor het Milieu- en Natuurplanbureau
- 20 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, M.L.P. van Esbroek, R.A. Groeneveld, A. van Hinsberg, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk (2006)*. Methodiekontwikkeling kosteneffectiviteit van het natuurbeleid. De realisatie van het natuurdoel 'Natte Heide'
- 21 *Bommel, S. van, N.A. Aarts & E. Turnhout (2006)*. Over betrokkenheid van burgers en hun perspectieven op natuur
- 22 *Vries, S. de & Boer, T.A. de, (2006)*. Toegankelijkheid agrarisch gebied voor recreatie: bepaling en belang. Veldinventarisatie en onderzoek onder in- en omwonenden in acht gebieden
- 23 *Pouwels, R., H. Sierdsema & W.K.R.E. van Wingerden (2006)*. Aanpassing LARCH; maatwerk in soortmodellen
- 24 *Buijs, A.E., F. Langers & S. de Vries (2006)*. Een andere kijk op groen; beleving van natuur en landschap in Nederland door allochtonen en jongeren
- 25 *Neven, M.G.G., E. Turnhout, M.J. Bogaardt, F.H. Kistenkas & M.W. van der Zouwen (2006)*. Richtingen voor Richtlijnen; implementatie Europese Milieurichtlijnen, en interacties tussen Nederland en de Europese Commissie.
- 26 *Hoogland, T. & J. Runhaar (2006)*. Neerschaling

- van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart
- 27** Voskuilen, M.J. & T.J. de Koeijer (2006). Profiel deelnemers agrarisch natuurbeheer
- 28** Langeveld, J.W.A. & P. Henstra (2006). Waar een wil is, is een weg; succesvolle initiatieven in de transitie naar duurzame landbouw .
- 29** Kolk, J.W.H. van der, H. Korevaar, W.J.H. Meulenkamp, M. Boekhoff, A.A. van der Maas, R.J.W. Oude Loohuis & P.J. Rijk (2007). Verkenningen duurzame landbouw. Doorwerking van wereldbeelden in vier Nederlandse regio's
- 30** Vreke, J., M. Pleijte, R.C. van Apeldoorn, A. Corporaal, R.I. van Dam & M. van Wijk (2006). Meerwaarde door gebiedsgerichte samenwerking in natuurbeheer?
- 31** Groeneveld, R.A., R.A.M. Schrijver & D.P. Rudrum (2006). Natuurbeheer op veebedrijven: uitbreiding van het bedrijfsmodel FIONA voor de Subsidieregeling Natuurbeheer
- 32** Nieuwenhuizen, W., M. Pleijte, R.P. Kranendonk & W.J. de Regt (2007). Ruimte voor bouwen in het buitengebied; de uitvoering van de Wet op de Ruimtelijke Ordening in de praktijk
- 33** Boonstra, F.G., W.W. Buunk & M. Pleijte (2006). Governance of nature. De invloed van institutionele veranderingen in natuurbeleid op de betekenisverlening aan natuur in het Drents-Friese Wold en de Cotswolds
- 34** Koomen, A.J.M., G.J. Maas & T.J. Weijtschede (2007). Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen; Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003
- 35** Vader, J. & H. Leneman (redactie) (2006). Draggers landelijk gebied; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 36** Bont, C.J.A.M. de, C. van Bruchem, J.F.M. Helming, H. Leneman & R.A.M. Schrijver (2007). Schaalvergroting en verbreding in de Nederlandse landbouw in relatie tot natuur en landschap.
- 37** Gerritsen, A.L., A.J.M. Koomen & J. Kruit (2007). Landschap ontwikkelen met kwaliteit; een methode voor het evalueren van de rijksbijdrage aan een beleidsstrategie
- 38** Luijt, J. (2007). Strategisch gedrag grondeigenaren; Van belang voor de realisatie van natuurdoelen.
- 39** Smits, M.J.W. & F.A.N. van Alebeek, (2007). Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie.
- 40** Goossen, C.M. & J. Vreke. (2007). De recreatieve en economische betekenis van het Zuiderpark in Den Haag en het Nationaal Park De Hoge Veluwe
- 41** Cotteleer, G., Luijt, J., Kuhlman, J.W. & C. Gardebroek, (2007). Oorzaken van verschillen in grondprijzen. Een hedonische prijsanalyse van de agrarische grondmarkt.
- 42** Ens B.J., N.M.J.A. Dankers, M.F. Leopold, H.J. Lindeboom, C.J. Smit, S. van Breukelen & J.W. van der Schans (2007). International comparison of fisheries management with respect to nature conservation.
- 43** Janssen, J.A.M. & A.H.P. Stumpel (red.) (2007). Internationaal belang van de nationale natuur; Ecosystemen, Vaatplanten, Mossen, Zoogdieren, Reptielen, Amfibieën en Vissen
- 44** Borgstein, M.H., H. Leneman, L. Bos-Gorter, E.A. Brasser, A.M.E. Groot & M.F. van de Kerkhof (2007). Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Ambities en aanbevelingen vanuit de sector
- 45** Groot, A.M.E., M.H. Borgstein, H. Leneman, M.F. van de Kerkhof, L. Bos-Gorter & E.A. Brasser (2007). Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Gestructureerde sectordialogen als onderdeel van een monitoringsmethodiek
- 46** Rijn, J.F.A.T. van & W.A. Rienks (2007). Blijven boeren in de achtertuin van de stedeling; Essays over de duurzaamheid van het platteland onder stedelijke druk: Zuidoost-Engeland versus de provincie Parma
- 47** Bakker, H.C.M. de, C.S.A. van Koppen & J. Vader (2007). Het groene hart van burgers; Het maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid
- 48** Reinhard, A.J., N.B.P. Polman, R. Michels & H. Smit (2007). Baten van de Kaderrichtlijn Water in het Friese Merengebied; Een interactieve MKBA vingeroefening
- 49** Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée (2007). Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation; A preliminary assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections
- 50** Woltjer, G.B. (met bijdragen van R.A. Jongeneel & H.L.F. de Groot) (2007). Betekenis van macro-economische ontwikkelingen voor natuur en landschap. Een eerste oriëntatie van het veld
- 51** A. Corporaal, A.H.F. Stortelder, J.H.J. Schaminée en H.P.J. Huiskes (2007). Klimaatsverandering, een nieuwe crisis voor onze landschappen ?
- 52** Oerlemans, N., J.A. Guldemond & A. Visser (2007). Meerwaarde agrarische natuurverenigingen voor de ecologische effectiviteit van Programma Beheer; Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer, Achtergrondrapport 3
- 53** Leneman, H., J.J. van Dijk, W.P. Daamen & J. Geelen (2007). Marktonderzoek onder grondeigenaren over natuuraanleg: methoden, resultaten en implicaties voor beleid. Achtergronddocument 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 54** G.L. Velthof & B. Fraters (2007). Nitrautitspoeling in duinzand en lössgrond.



W O t

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

