



ALTERRA

WAGENINGEN UR

# Locatiekeuze ten behoeve van het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden

Hydrologische en bodemkundige karakterisering van de proeflocaties

Jan van Bakel  
Harry Massop  
Arie van Kekem



Effectiveness of buffer strips publication series 4  
Alterra-rapport 1457, ISSN 1566-7197



Locatiekeuze ten behoeve van het onderzoek naar bemestingsvrije  
perceelsranden

Tevens uitgegeven als “Effectiveness of buffer strips publication series 4”

Eerder uitgegeven in de serie “Effectiveness of buffer strips publication series” :

1. Noij, Gert-Jan, 2006. Effectiveness of buffer strips in the Netherlands. Research plan.
2. Noij, Gert-Jan, 2007. Effectiveness of buffer strips in the Netherlands. International review report of the research project

# Locatiekeuze ten behoeve van het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden

Hydrologische en bodemkundige karakterisering van de proeflocaties

P.J.T. van Bakel

H.T.L. Massop

A.J. van Kekem

Alterra-Rapport 1457

Effectiveness of buffer strips publication series 4

Alterra, Wageningen, 2007

## REFERAAT

Bakel, P.J.T. van, H.T.L. Massop, & A.J. van Kekem, 2007. *Locatiekeuze ten behoeve van het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden. Hydrologische en bodemkundige karakterisering van de proeflocaties*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1457. Effectiveness of buffer strips publication series 4. 79 blz.; 26 fig.; 7 tab.; 34 ref.

Ten behoeve van het onderzoek naar het effect van bemestingsvrije perceelsranden op de oppervlaktewaterkwaliteit zijn op vijf locaties proefopstellingen ingericht. De keuze van de proeflocaties is onderbouwd op grond van de geohydrologische situatie en het bodemtype. Voor ieder locatie zijn de belangrijkste hydrologische en bodemkundige gegevens beschreven. Tenslotte is de relatie tussen deze gegevens met de latere opschaling aangegeven.

Trefwoorden: bemestingsvrije perceelsranden, bodem, bufferstroken, geohydrologie, geohydrotype, hydrologie, oppervlaktewaterkwaliteit, opschaling

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).

© 2007 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 veeveelvoudigd 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

Samenvatting	3
1 Inleiding	3
1.1 Achtergronden	3
1.2 Probleem- en doelstelling	3
1.3 Leeswijzer	3
2 Selectie van proeflocaties	3
2.1 Hydrologische systeemanalyse algemeen	3
2.2 Identificatie van bepalende kenmerken	3
2.3 Indeling van Nederland	3
2.4 Mogelijke meetlocaties	3
2.5 Verantwoording van de selectie	3
3 Hydrologische gegevens voor de geselecteerde proeflocaties	3
3.1 Inleiding	3
3.2 Begrenzing van de ‘omgeving’	3
3.3 Methode voor ontsluiting van gegevens	3
3.4 Tabellen per locatie	3
3.5 Benodigd aanvullend onderzoek	3
3.6 Kenniszwaktes	3
4 De bodemkundige, bodemfysische en bodemchemische eigenschappen van de proeflocaties	3
4.1 Inleiding	3
4.2 Bodemkundig veldonderzoek	3
4.2.1 Locatie Zegveld	3
4.2.2 Locatie Lelystad	3
4.2.3 Locatie Loon op Zand	3
4.2.4 Locatie Winterswijk	3
4.2.5 Locatie Beltrum	3
5 Opschaling	3
5.1 Algemeen	3
5.2 Methodiek voor opschaling	3
5.3 Representativiteit van de locatie	3
5.4 Aanbevelingen voor de modelberekeningen	3
Literatuur	3
Bijlage 1 Hydrotypen en bijbehorende arealen en profieltypen	3
Bijlage 2a Voorbeeldtabel karteerbare eigenschappen	3
Bijlage 2b Voorbeeldtabel karteerbaar gedrag en randvoorwaarden	3
Bijlage 3 Schets van de proefopstelling	3
Bijlage 4 Profielbeschrijvingen proeflocaties	3
Bijlage 5 Legenda profielschetsen	3



## Samenvatting

De effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden langs waterlopen als maatregel om de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater terug te brengen wordt voor de meest voorkomende hydrologische omstandigheden in Nederland in twijfel getrokken. De Europese Commissie in Brussel is hiervan niet overtuigd en eist een betere kwantitatieve onderbouwing.

Het algemene doel van dit onderzoek is om door middel van veld-, literatuur- en modelonderzoek de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden voor Nederland te kwantificeren. Het specifieke doel van het hier gerapporteerde vooronderzoek is de keuze van de proeflocaties te onderbouwen, en om voor die proeflocaties een bodemkundige en hydrologische beschrijving te geven die geschikt is om te gebruiken voor de modelstudies en de latere landsdekkende opschaling.

Bij de indeling van de ondergrond voor de inschatting van de effectiviteit van de bemestingsvrije perceelsranden dient men rekening te houden met de hydraulische eigenschappen van de ondergrond, met de diepte waarover de grondwaterstroming plaatsvindt en met de dichtheid van de waterlopen. Op basis van beschikbare landelijke informatie (GIS-bestanden) is Nederland onderverdeeld in 6 geohydrologische eenheden. Het al dan niet voorkomen van slecht doorlatende lagen en de diepte waarop deze voorkomen, is het belangrijkste criterium voor deze indeling.

Andere belangrijke overwegingen bij het kiezen van een proeflocatie, naast de geohydrologische kenmerken, zijn:

- Landgebruik. We hebben hier gekozen voor blijvend grasland en maïsland.
- Grondsoort. Het onderzoek dient zo mogelijk op zand-, klei- en veengronden plaats te vinden (hier is ook een relatie met de geohydrologische indeling).
- Buisdrainage. Op één van de locaties in buisdrainage aanwezig.
- Grondwaterstand en slootpeilen. De sloten dienen tenminste in het natte seizoen watervoerend te zijn.
- Medewerking van de grondeigenaar. Gezien de verwachte tijdsduur van de proef van 4 jaar is zekerheid over de continuïteit belangrijk. In eerste instantie is naar geschikte locaties op proefbedrijven gezocht en ook bij bedrijven die meedoen aan het project Koeien en Kansen. Ook is contact geweest met de Duinboeren Vereniging (Loonsche en Drunensche Duinen). Daarna is verder gezocht bij andere bedrijven.

Uiteindelijk zijn er vijf (dit was overeengekomen met de opdrachtgever) proeflocaties geselecteerd. Deze worden hieronder kort beschreven.

1. Proefboerderij Zegveld. Onder een dunne, slecht doorlatende kleiige veenlaag bevindt zich een relatief goed doorlatende watervoerende veenlaag. Het landgebruik is permanent grasland. Het slootpeil wordt op 60 cm beneden het maaiveld gehouden.



2. Proefbedrijf in Lelystad. Hier ligt een relatief slecht doorlatende kleigrond met buisdrainage op 80 cm diepte. Op de proeflocatie wordt vanaf 2006 maïs geteeld. De sloot langs het perceel valt in de zomer droog.
3. Loon op Zand. Hier ligt een watervoerende zandgrond op een leemlaag met een begindiepte van 120 tot 150 cm. Onder de leemlaag bevindt zich ook een watervoerend zandpakket. Het is een perceel met blijvend grasland bij een deelnemer aan het Koeien en Kansen project. Het perceel grenst aan een vrij diepe sloot die het hele jaar watervoerend is.
4. Beltrum. Dit betreft een permanente maïsakker bij een veehouder. De bodem is een diepe zandgrond zonder storende lagen in het profiel of in de ondergrond. De sloot langs het perceel valt in de zomer droog.
5. Winterswijk. Op deze locatie vinden we een dunne zandgrond op een slecht doorlatende kleilaag die op 40 tot 70 cm onder het maaiveld begint. Het betreft een perceel blijvend grasland van een veehouder. De beek langs het perceel valt in de zomer droog.

Voor alle bovenstaande locaties zijn hydrologische gegevens verzameld en in tabellen gerangschikt. Deze tabellen komen binnenkort digitaal beschikbaar. Het gaat hier onder andere om gegevens over de geohydrologie, de spreidingslengte, drainageweerstand, oppervlaktewaterscheiding, maaiveld karakteristieken, grondwaterstroming, waterlopen, meteogegevens, grondwaterstanden, kwel en wateraanvoer.

Alle locaties zijn ook bodemkundig gekarakteriseerd. Er is een uitsnede gemaakt van de bodemkaart van Nederland (1: 50 000). Er zijn bodemprofielen beschreven en monsters genomen van de bodemhorizonten alsook per 10 cm diepte. Bodemchemische en bodemfysische parameters zijn bepaald en gerapporteerd.

In dit rapport wordt ook een eerste aanzet gegeven voor de methode van opschaling. De basis hiervoor vormen de geohydrotypen en de hydrologische opbouw zoals die voor het STONE model zijn opgesteld.

# **1 Inleiding**

## **1.1 Achtergronden**

Door de hoge intensiteit van de landbouw in delen van het EU-gebied is de belasting van het oppervlaktewatersysteem met nutriënten en andere contaminanten onaanvaardbaar hoog. Eén van de mogelijke maatregelen om de belasting te verminderen is het verplicht stellen van bemestingsvrije stroken langs waterlopen. De Europese Commissie overweegt deze bemestingsvrije perceelsranden (BVPR) verplicht te stellen. De effectiviteit van deze maatregel om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewatersysteem terug te brengen wordt voor de meest voorkomende hydrologische omstandigheden in Nederland in twijfel getrokken (Van Bakel e. a., 2004, Noij, 2006). ‘Brussel’ is daarvan niet overtuigd en het Ministerie van LNV en VROM zijn daarom de verplichting aangegaan dit via veld-, literatuur- en modelonderzoek aan te tonen. Alterra voert dit onderzoek uit i.s.m. PPO, ASG en PRI. Eén onderdeel van dit onderzoek is het kiezen van proeflocaties die representatief zijn voor de verschillende hydrologische omstandigheden in Nederland. Ook moeten de resultaten van deze proeflocaties kunnen worden opgeschaald naar de regio’s waar de locaties representatief voor zijn. Het is daarom noodzakelijk de relevante hydrologische en bodemkundige eigenschappen van de proeflocaties te beschrijven en ze in verband te brengen met variatie in regionale eigenschappen. Dit rapport beschrijft de daartoe uitgevoerde werkzaamheden en geeft een voorzet voor de aanpak van de opschaling.

## **1.2 Probleem- en doelstelling**

De effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden langs waterlopen als maatregel om de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater terug te brengen wordt voor de meest voorkomende hydrologische omstandigheden in twijfel getrokken. Brussel’ is hiervan niet overtuigd en eist een betere kwantitatieve onderbouwing.

Het algemene doel van het onderzoek is door middel van veld-, literatuur- en modelonderzoek de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden voor Nederland te kwantificeren. Het specifieke doel van het vooronderzoek is de keuze van de proeflocaties te onderbouwen, en om voor die proeflocaties een bodemkundige en hydrologische beschrijving te geven die geschikt is om te gebruiken voor de modelstudies en de latere opschaling

## **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 1 worden de achtergronden beschreven, en de daaruit voortvloeiende algemene, en voor dit rapport specifieke, probleem- en doelstelling.

Om overtuigende resultaten te produceren is veldonderzoek nodig. De selectie van de proeflocaties moet zorgvuldig gebeuren omdat deze representatief moeten zijn voor een veel groter gebied en in voldoende mate de variatie binnen Nederland dekken. De selectie is gebaseerd op een hydrologische systeemanalyse maar ook praktische overwegingen spelen een rol. In hoofdstuk 2 wordt dit selectieproces beschreven.

Voor elke proeflocatie is het noodzakelijk de beschikking te krijgen over voor het probleem relevante hydrologische en bodemfysische eigenschappen. Hoofdstuk 3 beschrijft de gegevensverzameling en -weergave. De bodemkundige, bodemfysische en bodemchemische eigenschappen worden beschreven in hoofdstuk 4.

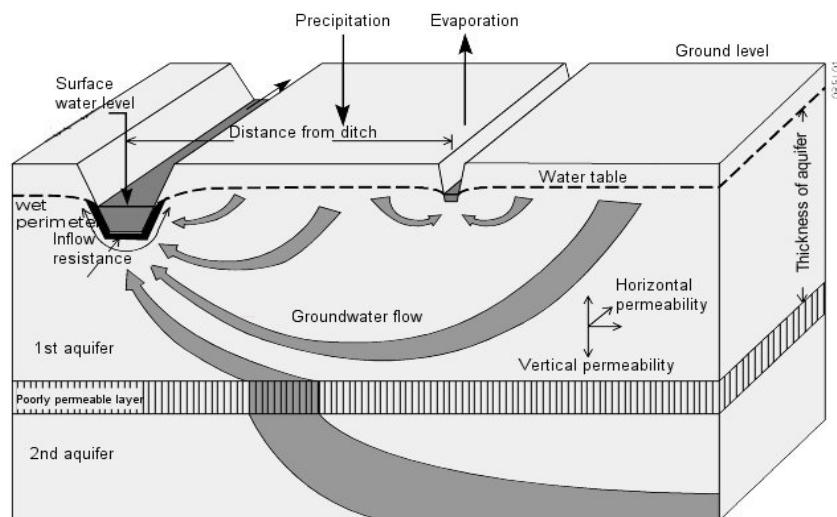
Een onderdeel van de onderzoeksopdracht is om de variatie in de effectiviteit van de bufferstroke in beeld te brengen als gevolg van verschillen in bodem en hydrologie (opschaling). Daarvoor is het noodzakelijk om de eigenschappen van de proeflocaties in verband te brengen met de relevant geachte karteerbare eigenschappen voor de opschaling in ruimte en tijd. Hoofdstuk 5 geeft daarvoor een aanzet.

## 2 Selectie van proeflocaties

### 2.1 Hydrologische systeemanalyse algemeen

De route die de waterdeeltjes volgen op weg naar de ontwateringsmiddelen is mede bepalend voor afbraak en opslag van nutriënten in de bodem en de opname door het gewas. Kennis over deze route geeft tevens de mogelijkheid tot het nemen van maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten te verminderen. Om inzicht te krijgen in de mogelijke routes die de waterdeeltjes volgen vanaf het moment dat de neerslag de bodem bereikt totdat ze uittreden in open waterlopen wordt een zogenaamde hydrologische systeemanalyse uitgevoerd. Bij deze analyse wordt gebruikt gemaakt van beschikbare hydrologische data, in de vorm van kaarten, bestanden en rapporten. Omdat het onderzoek op perceelsschaal plaatsvindt, zal aanvullend door middel van veldonderzoek lokale informatie worden toegevoegd aan de beschrijving.

De route die waterdeeltjes volgen op weg naar de ontwateringsmiddelen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de hydraulische eigenschappen van de ondergrond (doorlatendheid en dikte bodemlagen) en de afstand tot de ontwateringsmiddelen. In figuur 2.1 is de grondwaterstroming schematisch weergegeven. In deze figuur zijn twee open ontwateringssystemen weergegeven, nl. een greppel en een afwaterings-sloot. Naast open ontwateringssystemen kunnen we ook gesloten systemen onderscheiden, bijv. buisdrainage.



*Figuur 2.1 Schematische weergave van de grondwaterstroming naar open drainagemiddelen en de belangrijkste parameters en variabelen bij de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater*

Behalve de route die de waterdeeltjes in de bodem volgen zijn ook de routes waarlangs het oppervlaktewater tot afvoer komt, van belang. Het oppervlaktewater kan worden opgesplitst in meerdere deelsystemen, die gedurende kortere of langere tijd actief zijn. Wanneer oppervlaktewatersystemen, zoals greppels en buisdrainage, droogvallen betekent dit dat de route van de waterdeeltjes (tijdelijk) verandert.

## 2.2 Identificatie van bepalende kenmerken

De effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden op de kwaliteit van het oppervlaktewater wordt bepaald door 1) het areaaleffect, 2) het verblijftijdeffect en 3) het onderscheppend effect (Van Bakel e. a., 2004). Deze effecten zijn als volgt nader te omschrijven.

Ad 1: door het niet meer bemesten van perceelsranden blijft een deel van het areaal onbemest. Dit areaal heeft hierdoor minder nutriëntenbelasting en dit effect is er altijd ongeacht de ligging ten opzichte van de waterlopen. Anders gezegd, de gemiddelde belasting van het perceel neemt af.

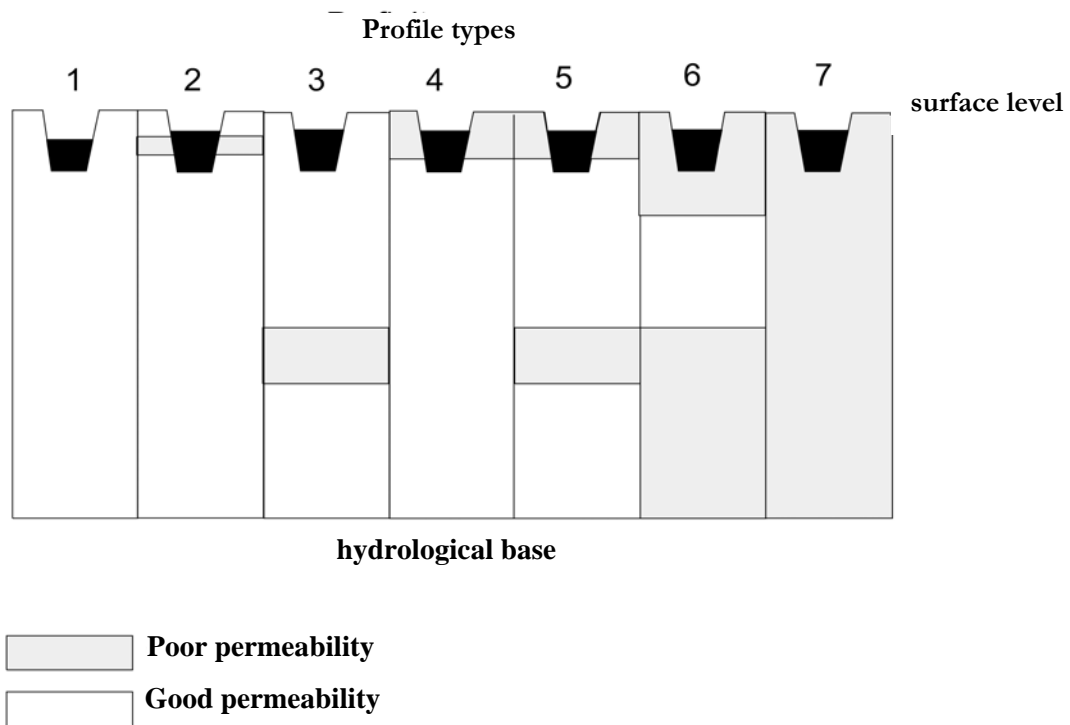
Ad 2: in een tweedimensionale beschouwing van de stroming van water naar de waterlopen moet het water afkomstig van een strook midden tussen 2 waterlopen een langere weg door de verzadigde zone afleggen voordat het uittreedt in de waterlopen dan het water afkomstig van een strook grond vlak langs de waterlopen (langere stroombanen) De verblijftijd van water in de verzadigde zone neemt toe met toenemende afstand tot de waterloop. Hoe langer de verblijftijd en hoe langer de stroombaan hoe groter de kans op afbraak en/of vastlegging van nutriënten aan bodemdeeltjes. Daardoor is de verwachting dat het aanleggen van een bemestingsvrije strook langs waterlopen meer effect heeft dan alleen het areaaleffect.

Ad 3: indien grondwater afkomstig van buiten de bemestingsvrije zone de bufferstrook passeert kan de aanwezige begroeiing op de bemestingsvrije perceelsrand de in dit water aanwezige nutriënten opnemen. Ook andere processen zoals denitrificatie of adsorptie kunnen tot concentratie verlaging leiden. De onderscheppende werking van een bufferstrook kan alleen optreden als via laterale instroming of capillaire opstijging grondwater afkomstig van buiten de bufferstrook de wortelzone van de vegetatie op de bufferstrook kan binnenkomen. Een andere mogelijkheid van onderschepping is dat oppervlakte-afvoer of oppervlakkige afvoer lateraal de bufferstrook instroomt en vervolgens infiltreert. Ook kunnen gesuspendeerde bodemdeeltjes via de oppervlakte-afvoer, met daaraan gehecht nutriënten, in de bufferstrook achterblijven.

De waterverplaatsing in de bodem is afhankelijk van het neerslagoverschot en de effectieve porositeit. Nemen we hiervoor de waarden aan van resp. 250 mm/jaar en 0,25 dan komt dit erop neer dat de bovenste meter van het grondwater in één jaar wordt vervangen. Naarmate het water ondieper lateraal afstroomt is de verblijftijd weliswaar korter, maar ondiepere lagen hebben een sterkere bufferende werking (denitrificatie, afbraak, sorptie). Naarmate het doorstroomde pakket dikker is, is het

water gemiddeld langer onderweg. De indeling van de ondergrond t.b.v. inschatting van de effectiviteit van de bemestingsvrije perceelsranden dient dus rekening te houden met de hydraulische eigenschappen van de ondergrond en vooral met de diepte waarover de grondwaterstroming plaats vindt.

Het verzadigd hydrologische systeem, d.w.z. het complex van lagen van waaruit een wisselwerking mogelijk is met de situatie aan het aardoppervlak, verschilt van gebied tot gebied, zowel wat betreft het aantal te onderscheiden lagen als wat betreft de eigenschappen van deze lagen. Met betrekking tot de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater is vooral de opbouw van de “relatief ondiepe” ondergrond (< 5m) van belang. We kunnen voor elk gebied de ondergrond onderscheiden in watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen. De grondwaterstroming in de slecht doorlatende lagen is overwegend verticaal, en horizontaal in het watervoerende pakket. Door de opeenvolging van deze lagen in relatie tot de ontwatering kunnen in Nederland globaal 7 geohydrologische hoofdeenheden worden onderscheiden. Deze noemen we geohydrotypen. In figuur 2.2 zijn ze schematisch weergegeven.



Figuur 2.2 Geohydrotypen op basis van indeling in slecht en goed doorlatende lagen zoals die in Nederland voorkomen (uit Massop e.a., 1997).

**Profieltype 1** is het zogenaamde open profiel, de ondergrond is opgebouwd uit een laag met dezelfde k-waarde<sup>1</sup>. Voor de grondwaterstroming wordt het gehele pakket gebruikt. Deze situatie kunnen we aantreffen in grote delen van de zandgebieden. De dikte van het watervoerend pakket kan verschillen van bijv. 1 m in Oost-Nederland tot enkele tientallen meters. Ook de gebieden waarbij het watervoerend pakket is

<sup>1</sup> De k-waarde is een maat voor de waterdoorlatendheid.

afgedekt door een laag dekzand (Achterhoek, Salland), worden tot deze eenheid gerekend.

**Profieltype 2** is een situatie met een zeer ondiepe slecht doorlatende laag, die door de waterlopen wordt doorsneden. Door de stagnerende laag kunnen schijnspiegels ontstaan en speelt ondiepe grondwaterstroming boven deze laag een rol. Dit profieltype komen we vooral in Drenthe (keileem op zeer geringe diepte) tegen.

**Profieltype 3** is een situatie met een slecht doorlatende laag, die niet door de waterlopen wordt doorsneden. De waterlopen liggen allen in het watervoerende pakket. Dit profieltype komen we in Drenthe (keileem op iets grotere diepte) tegen, en in de Geldersche Vallei (keileem, Eemklei).

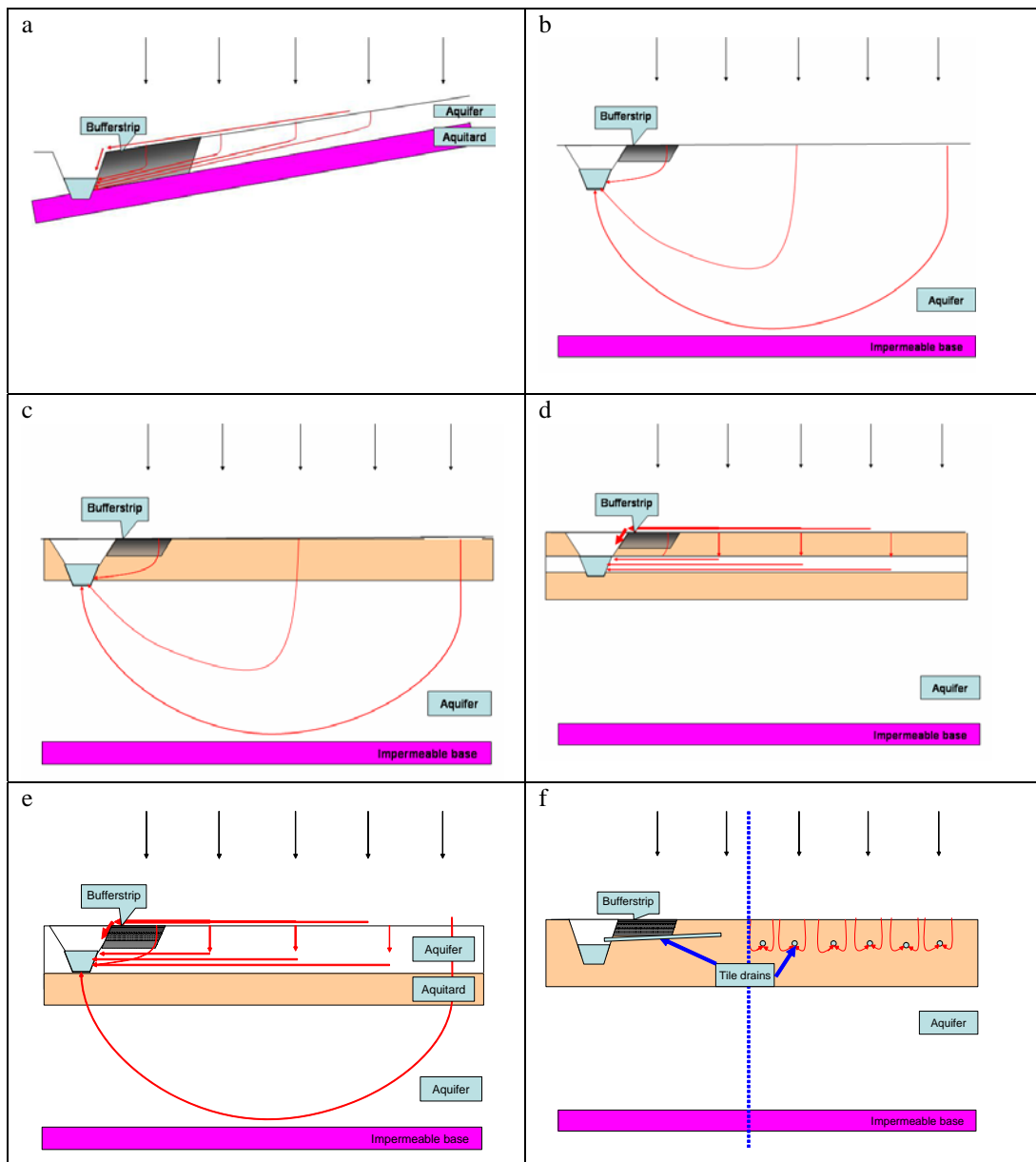
**Profieltype 4** is een situatie met een slecht doorlatende laag vanaf maaiveld, waarbij onder deze laag een goed watervoerend pakket voorkomt. Deze deklaag is relatief dun, zodat de sloten door deze laag steken in het watervoerend pakket. De stroming in de deklaag is overwegend verticaal.

**Profieltype 5** is vergelijkbaar met type 4. Het onderliggende watervoerende pakket is opgesplitst in twee pakketten met daartussen een scheidende laag. De stroming in de deklaag is overwegend verticaal.

In **profieltype 6** is de deklaag dikker en liggen de sloten geheel in de deklaag. In de deklaag kan een dun watervoerend pakket voorkomen. Veelal zijn deze gebieden gedraineerd. Onder dit type kunnen we het Holland-profiel beschouwen waarbij onder de kleilaag zich een enigszins beter doorlatende veenlaag bevindt.

In **profieltype 7** is de deklaag dikker. De interactie vindt via de slecht doorlatende deklaag plaats. Veelal zijn deze gebieden gedraineerd.

Deze profieltypen zijn vervolgens opgesplitst en/of samengevat tot uiteindelijk 6 hoofdtypen in het kader van het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden. Schematisch zijn de 6 hoofdtypen in figuur 2.3 weergegeven.



Figuur 2.3 Schematische weergave van de 6 onderscheiden geohydrologische profieltypen:

- a) Ondiep grondwater systeem, hellend gebied.
- b) Diep grondwater systeem.
- c) Diep grondwatersysteem afgedekt met slecht doorlatende deklaag.
- d) Hollandprofiel in deklaag.
- e) Twee watervoerende pakketten gescheiden door ondiepe, slecht doorlatende laag.
- f) Dikke slecht doorlatende deklaag, veelal gedraineerd.



## 2.3 Indeling van Nederland

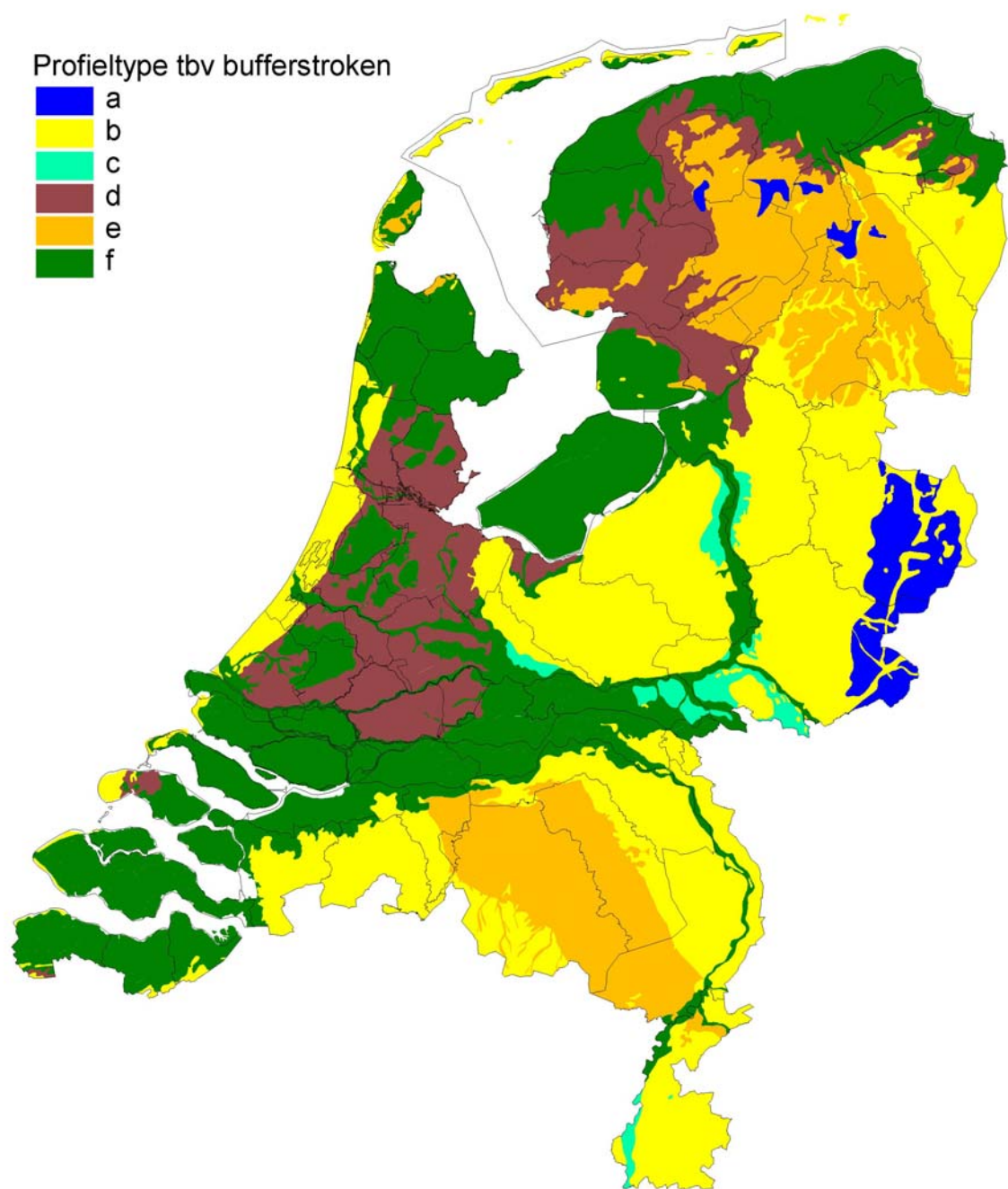
Voor het landsdekkend invullen van de 6 profieltypen (figuur 2.3) is gebruik gemaakt van de hydrotypenkaart (Massop e.a., 1997). Deze kaart is gemaakt voor de karakterisering van de relatie grondwater-oppervlaktewater. In deze kaart worden 22 hydrotypen onderscheiden. In bijlage 1 zijn de hydrotypen weergegeven met de profieltypen welke binnen een hydrotype kunnen voorkomen. Voor een aantal hydrotypen zijn eenduidige profieltypen toegekend, aan de overige zijn twee of drie profieltypen toegekend. Op basis van boorinformatie is per hydrotype vervolgens een keuze gemaakt.

Om uit de twee c.q. drie profieltypen een keuze te kunnen maken is de volgende procedure gevolgd:

1. Keuze tussen profieltype a/b/e op basis van diepte weerstandbiedende laag (Van der Gaast e.a., 2005):
  - bovenkant ondieper dan 0,8 m-mv en onderkant gemiddeld ondieper dan 1 m-mv, **profieltype b**;
  - bovenkant ondieper dan 0,8 m-mv en onderkant gemiddeld dieper dan 1 m-mv, **profieltype a**;
  - bovenkant weerstandbiedende laag tussen 0,8 m-mv en 5 m-mv, **profieltype e**;
  - bovenkant dieper dan 5 m, **profieltype b**;
  - voor de Geldersche Vallei zijn geen boringen beschikbaar, de bovenkant scheidende laag ligt bij Woudenberg op 15 m-mv, bij Nijkerk op 16 m-mv, bij Voorst/Twelle op 14 m-mv, daarom **profieltype b**;
  - gebieden met binnen ca 5 m potklei en een potklei dikte van meer dan 10 m **profieltype a**.
2. Keuze tussen profieltype c/d/f is gemaakt op basis van dikte deklaag:
  - dikte deklaag < 3m, **profieltype c**;
  - dikte deklaag > 3m, **profieltype d/f**
3. Ingeval de deklaag bestaat uit veen is **profieltype d** toegekend, aan kleigronden, al dan niet gedraineerd, is **profieltype f** toegekend. Daarnaast komen situaties voor met klei op veen, hierbij is de keuze tussen profieltype d of f gemaakt op basis van de diepte van voorkomen van veen (hiervoor is gebruik gemaakt van een veendiktekaart, die is afgeleid van ondiepe boringen):
  - als de bodem meer dan 10 cm veen heeft binnen 40 cm -mv, aanname geen buisdrainage, **profieltype d**;
  - als de bodem minder dan 10 cm veen heeft binnen 40 cm -mv, aanname **profieltype f**.

Na deze toekenning resteren de beekdalen (Formatie van Singraven). Deze doorsnijden soms meerdere hydrotypen en zijn per geval handmatig toegekend aan het aangrenzende hydrotype, met uitzondering van Drenthe, omdat hiervoor is aangenomen dat onder de beek de keileemlaag helemaal weg geërodeerd is.

Ruimtelijk is de ligging van de profieltypen in figuur 2.4 weergegeven.



*Figuur 2.4 Ruimtelijke verspreiding van de zes geohydrologische profieltypen*

## 2.4 Mogelijke meetlocaties

Na de ruimtelijke indeling van Nederland in geohydrotypen is de volgende stap de keuze voor een meetlocatie. Bij de keuze van een meetlocatie spelen naast het profieltype een aantal andere overwegingen een rol, nl:

- landgebruik;
- grondsoort;

- aanwezigheid buisdrainage;
- grondwaterstand en slootpeilen;
- ruimtelijke spreiding en representativiteit van meetlocaties;
- duur van het onderzoek;
- medewerking van de eigenaar/gebruiker van de proefpercelen.

Per punt zullen hieronder enkele overwegingen worden gegeven.

#### *Landgebruik*

In verband met de representativiteit t.a.v. landgebruik zijn meetlocaties met landgebruik grasland en bouwland gewenst. De keuze van maïs als proefgewas is een gevolg van de wens om continuïteit te hebben.

#### *Grondsoort*

De granulaire verdeling en het organische stofgehalte van de horizonten waaruit een bodem is opgebouwd verschillen sterk tussen de hoofdgroepen zand, klei en veen maar ook binnen deze groepen is er veel variatie. Daardoor is de ruimtelijke variatie in bodemfysische en bodemchemische eigenschappen die van belang zijn voor de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden groot. Door uit te gaan van de indeling in zand, klei of veen kan er een koppeling worden gelegd met het geohydrotype.

#### *Aanwezigheid buisdrainage*

De aanwezigheid van buisdrainage betekent dat het neerslagoverschot versneld wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater, waardoor de kans dat nutriënten in het oppervlaktewater komen, toeneemt. Het water in de drains passeert de bemestingsvrije perceelsrand zonder of met slechts een geringe interactie en dus is de stelling dat de aanwezigheid van buisdrainage de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden sterk zal doen afnemen. Binnen Nederland is echter een aanzienlijk areaal gedraineerd, vooral kleigebieden zijn veelal 100% gedraineerd. Daarom is ervoor gekozen om 1 meetlocatie in een gedraineerd kleiperceel te situeren.

#### *Grondwaterstand en slootpeilen*

De verbetering van de ontwatering op landbouwgronden in het hellend deel van Nederland is vooral gerealiseerd door verbetering van de afwatering waardoor verlaging van de slootpeilen mogelijk werd. Extreem natte situaties en hoge slootpeilen zijn daarom niet representatief voor zandgronden. Zandgronden met diepe grondwaterstanden beslaan een aanzienlijk areaal maar daarbij komen geen of zeer weinig sloten voor en wordt het grootste gedeelte van het neerslagoverschot niet afgevoerd naar de naast het perceel liggende sloot. De effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden is daarom gering.

Kleigronden zijn voor het grootste gedeelte gedraineerd en zijn in het vorige item behandeld.

Veengronden hebben overwegend een geringe drooglegging en hebben bijgevolg ondiepe grondwaterstanden. Het is daarom van belang deze categorie mee te nemen.

#### *Ruimtelijke spreiding en representativiteit van meetlocaties*

Hoewel het voor de bereikbaarheid gemakkelijk is om alle locaties dicht bij elkaar te situeren, is er voor gekozen om de proeflocaties zo goed mogelijk ruimtelijk over Nederland te spreiden en representatief te laten zijn voor een zo groot mogelijk areaal.

#### *Duur van het onderzoek*

De metingen op de proeflocaties worden uitgevoerd over een periode van vier jaar die mogelijk nog met een jaar wordt verlengd. Dit betekent dat het landgebruik in deze periode niet mag veranderen en dat legt dus zekere beperkingen op aan de gebruiker.

#### *Medewerking van de eigenaar/gebruiker van de proefpercelen*

Omdat slechts op een beperkt aantal van vijf meetlocaties proeven kunnen worden uitgevoerd die relatief veel geld kosten en binnen een tijdspanne van vier jaar dienen te worden uitgevoerd is zekerheid over de continuïteit van de proef van groot belang. Bij de keuze van proeflocaties is daarom gezocht naar locaties waar geen veranderingen in gebruik en eigendom zijn te verwachten en bij voorkeur op proefboerderijen.

De volgende mogelijke proeflocaties zijn onderzocht op hun geschiktheid:

- de proefboerderijen van PPO-AGV in de Flevopolders en Vredepeel en van ASG in de Flevopolders, Zegveld, De Marke, Cranendonck en Aver Heino;
- bedrijven die meedoen aan het project Koeien en Kansen;
- Vereniging van duinboeren (Loonsche en Drunensche Duinen).

In figuur 2.5 zijn de locaties weergegeven die zijn geanalyseerd op geschiktheid.



*Figuur 2.5 Mogelijke locaties voor onderzoek naar effectiviteit van bemestingsvrije percelenranden*

## 2.5 Verantwoording van de selectie

Bij de zoektocht naar geschikte locaties is allereerst een indeling gemaakt in mogelijke combinaties op basis van profieltype, grondsoort, landgebruik, aanwezigheid buisdrainage. Vervolgens zijn combinaties gemaakt:

- profieltype a: grasland op zand niet gedraineerd;
- profieltype b: maïs/grasland op zand niet gedraineerd;
- profieltype d: grasland op veen niet gedraineerd;
- profieltype e: maïs/grasland op zand niet gedraineerd;
- profieltype f: maïs/bouwland op klei gedraineerd.

Vanwege het geringe areaal dat profieltype c vertegenwoordigt en het maximale aantal van 5 proeflocaties is besloten geen locatie op profieltype c te situeren.

Voor **profieltype d en f** was de keuze relatief eenvoudig omdat een keuze kon worden gemaakt binnen de proefboerderijen.

Voor het zandgebied was de keuze lastiger. **Profieltype a** komt vooral voor in Oost-Nederland (figuur 2.6). De geselecteerde locaties op basis van bekende adressen vielen af. Als oorzaken werden genoemd de duur van de proef en de hoeveelheid extra werk. Om toch een locatie te vinden zijn op basis van bodemkaart en ligging waterlopen enkele locaties geselecteerd en is in overleg met de eigenaar en op basis van bodemkundig onderzoek gekomen tot een locatiekeuze. Dit resulteerde in een locatie te Winterwijk. De geselecteerde waterloop is de bovenloop van een beek en in beheer bij het waterschap Hierdoor was vergunning voor de proef van het waterschap noodzakelijk.

Voor **profieltype b** werd aanvankelijk gedacht aan een perceel op of in de omgeving van de proefboerderij te Heino (Ov.) of De Marke (Hengelo, Gld.). De aanvankelijk geselecteerde locaties vielen af vanwege wateraanvoer/kwel vanuit het Overijssels kanaal resp. te diepe grondwaterstand (Gt VII)<sup>2</sup>. Omdat deze locaties uiteindelijk afvielen is aan de hand van voorkomen van profieltype en bodem/Gt-combinatie gezocht naar een alternatieve locatie. Deze is uiteindelijk gevonden te Beltrum en betrof een maïsakker van een melkveebedrijf.

Er resteerde nog één locatie voor **profieltype e**. Omdat de overige vier locaties boven de rivieren zijn gesitueerd, is deze locatie gezocht ten zuiden van de grote rivieren. Het gebied dat daarvoor in aanmerking komt is de Centrale Slenk. Dit diende verder een graslandperceel te zijn. Gezocht is naar een locatie met een leemlaag in de ondergrond op 2-3 m -mv. Verscheidene locaties zijn bezocht maar deze vielen af vanwege het voorkomen van de leemlaag binnen 1 m, of het ontbreken van de leemlaag of geen bereidheid van de grondeigenaar om mee te werken. Uiteindelijk is een locatie gevonden bij Loon op Zand, die aan de criteria voldoet, bij een Koeien en Kansen-bedrijf. De geselecteerde waterloop is de bovenloop van een beek en in beheer bij het waterschap waardoor vergunning voor de proef van het waterschap noodzakelijk was. Later bleek dat op deze sloot een

---

<sup>2</sup> Gt = grondwatertrap en is een indeling in klassen van gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden.

riooloverstort van Loon op Zand uitmondde. Dit zou de proef negatief kunnen beïnvloeden. Bij navraag bleek dat de riooloverstort een zeer lage overstortfrequentie heeft en dat er regeltechnische mogelijkheden zijn tijdens en vlak na een overstort om het wateraanvoer- en afvoersysteem van de proefopstelling uit te schakelen.

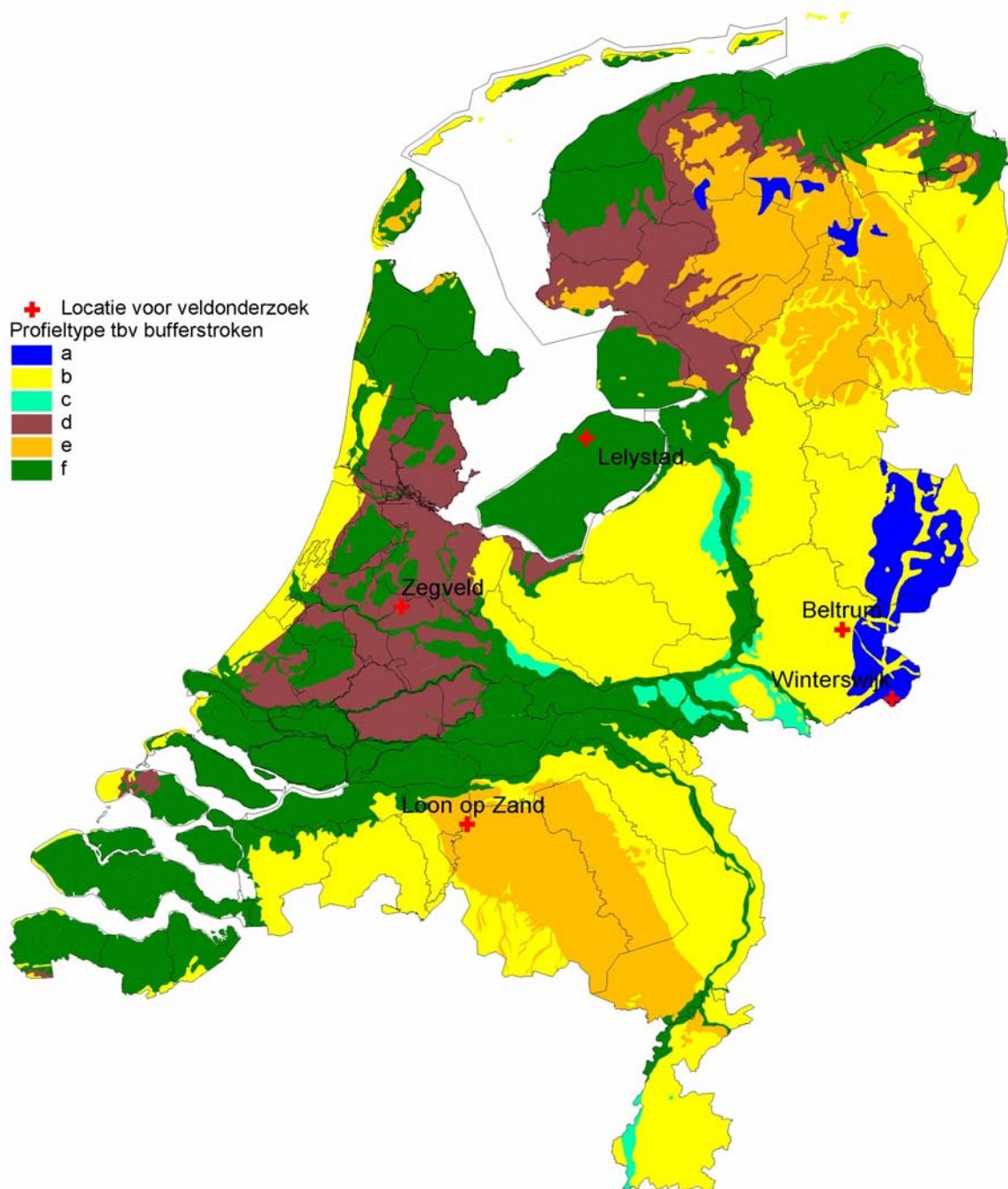
Het zoekproces heeft geresulteerd in de volgende 5 meetlocaties (tabel 2.1 en 2.2 en figuur 2.6).

*Tabel 2.1 Geselecteerde proeflocaties met bijbehorend profieltype, grondsoort en buisdrainagesituatie*

Proeflocatie	Profieltype	Meest voorkomend bodemtype	Actueel gebruik	Aanwezigheid buisdrainage
Winterswijk	a Ondiepe weerstands biedende basis	zand	grasland	nee
Beltrum	b Open profiel	zand	maïs	nee
Zegveld	d Hollandprofiel	veen	grasland	nee
Loon op Zand	e Dun ondiep watervoerend pakket en weerstand-biedende, scheidende laag	zand	grasland	nee
Lelystad	f Hollandprofiel	klei	bouwland	ja

*Tabel 2.2 Coördinaten en hoogtes van de proeflocaties*

Proeflocatie	x-coördinaat (m RDN)	y-coördinaat (m RDN)	Hoogte (m tov NAP)
Winterswijk	246880	437200	44,7
Beltrum	233775	445520	16,0
Zegveld	117285	461390	-2,5
Loon op Zand	134650	403980	11,3
Lelystad	166055	506000	-4,4



*Figuur 2.6 Profieltypen en locaties voor veldonderzoek*





## 3 Hydrologische gegevens voor de geselecteerde proeflocaties

### 3.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken is de methode beschreven op basis waarvan de proeflocaties voor onderzoek naar de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden zijn gekozen. Deze locaties zijn (figuur 2.6):

- Beltrum;
- Lelystad;
- Loon op Zand;
- Winterswijk;
- Zegveld.

Het doel van een gedetailleerde hydrologische systeemanalyse voor deze locaties is:

- om de inrichting van de meetlocaties en meetfrequenties te ondersteunen;
- om invoer te genereren voor te bouwen numerieke 1-D en 2-D hydrologische modellen voor de proeflocaties, en regionale modellen van het topsysteem van de omgeving;
- kwantificering van de representativiteit, met het oog op ruimtelijke extrapolatie (opschaling) van de meet- en rekenresultaten.

### 3.2 Begrenzing van de ‘omgeving’

In dit hoofdstuk zal per locatie aan de hand van een vast stramien de hydrologische systeemanalyse worden uitgevoerd. Hierbij is altijd de vraag hoe ver (in ruimtelijke zin) de omgeving van de proeflocatie moet worden meegenomen. Daarbij zijn de volgende richtlijnen gevolgd:

- voor de regionale grondwaterstroming: 3 maal de spreidingslengte<sup>3</sup> gerekend vanaf de rand van het proefperceel;
- voor de oppervlaktewaterstroming: het peilvak waarin de proeflocatie ligt. In vrij afwaterende gebieden is veelal niet van een peilvakaanduiding sprake maar dan moet het stroomgebied van het peilbepalend kunstwerk (stuwpand) in een afvoersituatie worden genomen.

Verder is het van belang onderscheid te maken tussen eigenschappen, gedrag en randvoorwaarden. **Eigenschappen** zijn te vertalen in parameterwaarden van een gedistribueerd hydrologisch model, bijv. het ‘plaatje’ van het doorlaatvermogen van het 1<sup>ste</sup> watervoerend pakket. Het **gedrag** is het gedrag van hydrologische variabelen zoals de grondwaterstand. **Randvoorwaarden** zijn hydrologische variabelen (zoals fluxen of stijghoogten). Dit kunnen ook gemengde relaties tussen variabelen zijn (zoals de stroming over de rand als functie van de stijghoogte op de rand).

---

<sup>3</sup> Spreidingslengte ( $\lambda$ ): de wortel uit het product van de c-waarde van de bovenste scheidende laag inclusief de drainageweerstand en het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket:  $\lambda = \sqrt{kD * c}$ .

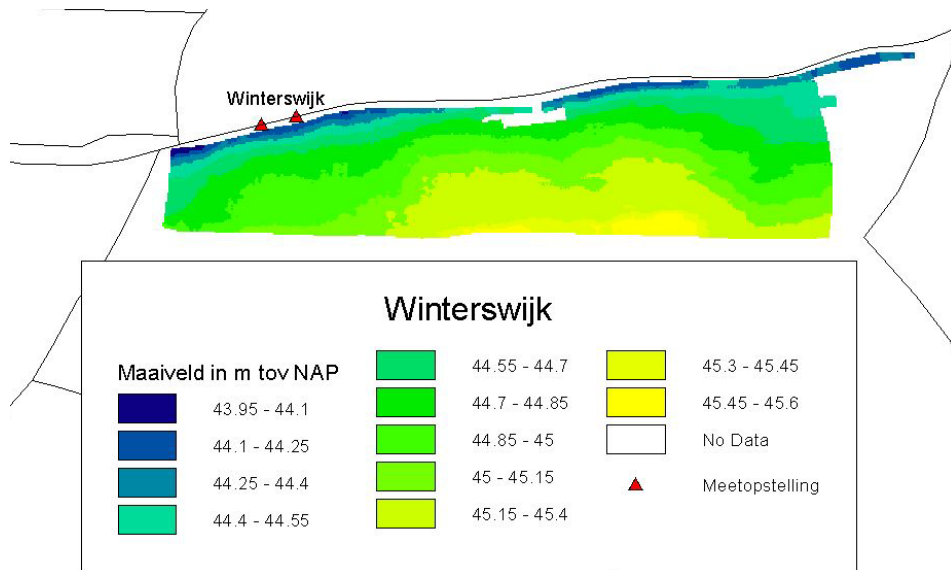
In deze notitie beperken we ons tot eigenschappen, gedrag en randvoorwaarden die te ontleen zijn aan zogenoemde karteerbare kenmerken. Dat zijn gegevens uit voor iedereen toegankelijke bestanden of kaarten, al dan niet gecombineerd met expertkennis. Deze voorwaarde komt voort om de wens om op te schalen.

### 3.3 Methode voor ontsluiting van gegevens

Het doel is een zo compact mogelijk maar toch voor de gegeven doelen toereikend overzicht te geven van de eigenschappen en gedrag en randvoorwaarden van de onderzoekslocaties. Daartoe zijn 2 tabellen per locatie opgesteld: 1 voor relevante constante (tijdsonafhankelijke) parameterwaarden en 1 voor tijdsafhankelijke variabelen en randvoorwaarden.

Om de onderzoeksresultaten te kunnen opschalen worden eigenschappen gekoppeld aan de volgende karteerbare kenmerken per locatie.

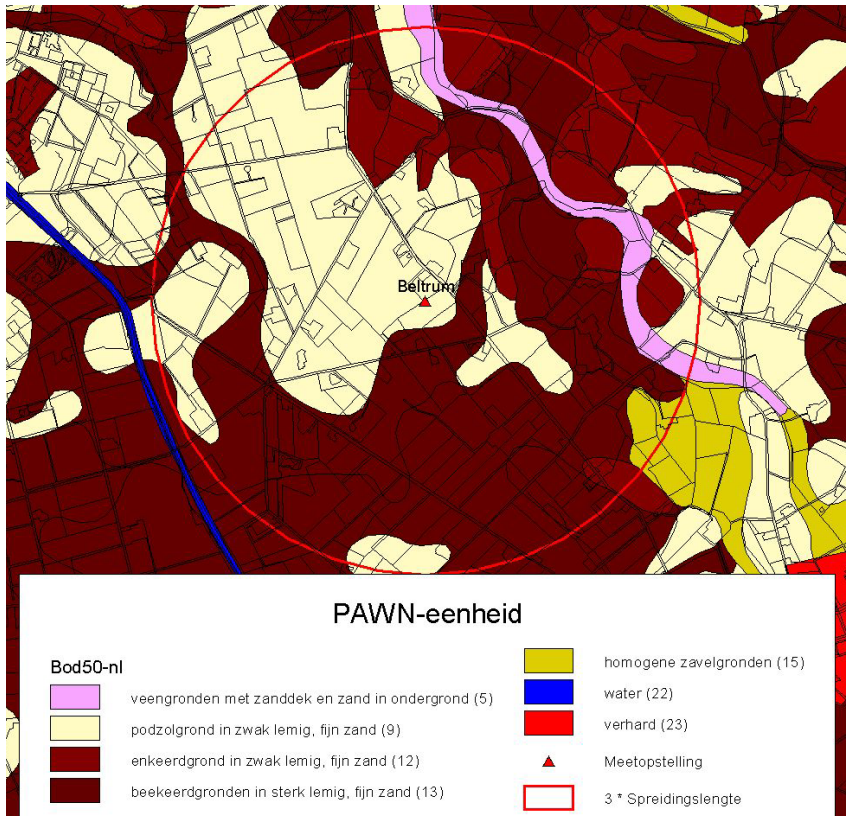
1. **Locatiegegevens.** Ruimtelijke ligging van het proefperceel en de proefopstelling en de x- en y-coördinaten.
2. **Geohydrologie.** Opbouw van de ondergrond, indeling in watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen, en de hydraulische eigenschappen van deze lagen.
3. **Spreidingslengte.** Een gebruikelijke maat voor de doorwerking van een ingreep in het oppervlaktewater op het grondwater is de spreidingslengte en wel de freatische spreidingslengte. Op een afstand van ca. 3 maal de spreidingslengte is het effect van een ingreep  $< 5\%$ . De spreidingslengte is te berekenen uit de hydraulische eigenschappen van het hydrologisch pakket in combinatie met de drainageweerstand.
4. **Drainageweerstand.** De drainageweerstand geeft de relatie tussen de grondwaterstand (opbolling) en de afvoer.
5. **Oppervlaktewaterscheiding.** De begrenzing van het peilvak waarin de proeflocatie ligt.
6. **Maaiveld.** Het maaiveld kan op verschillende manieren worden gekarakteriseerd, bijv. regionaal aan de hand van de regionale helling, maar ook lokaal: is een maaiveld vlak, hol of bol. Ten slotte is er op afstanden korter dan een paar meter een karakterisering van het microreliëf mogelijk. Het gaat hierbij om gegevens die bepalend zijn voor de maaiveldsberging en de afvoer van water over het maaiveld. De methodiek voor karakterisering van de maaiveldsligging van percelen moet nog ontwikkeld worden. Figuur 3.1 is een voorbeeld van een maaiveldshoogtekaart.



Figuur 3.1 Maaiveldshoogte voor het perceel te Winterswijk

7. **Grondwaterstroming:** stromingsrichting en -intensiteit. Deze zijn af te leiden van isohypsenkaarten en de hydraulische eigenschappen van de watervoerende pakketten.
8. **Bodempfysische eigenschappen.** De eigenschappen van de bodem die van belang zijn om de bergings- en capillaire eigenschappen toe te kunnen kennen (pF-curve resp. k(h)-relatie<sup>4</sup>). Voor landelijke toepassing wordt gebruik gemaakt van de PAWN-indeling en bijbehorende Staringreeksbouwstenen (Wösten, 1994). Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in figuur 3.2. De bodemeigenschappen bepalen met het landgebruik (gewas) de bewortelingsdiepte.

<sup>4</sup> De pF-curve geeft de relatie tussen waterbergend vermogen en vochtspanning; de k(h) beschrijft de doorlatendheid in relatie tot het vochtgehalte.

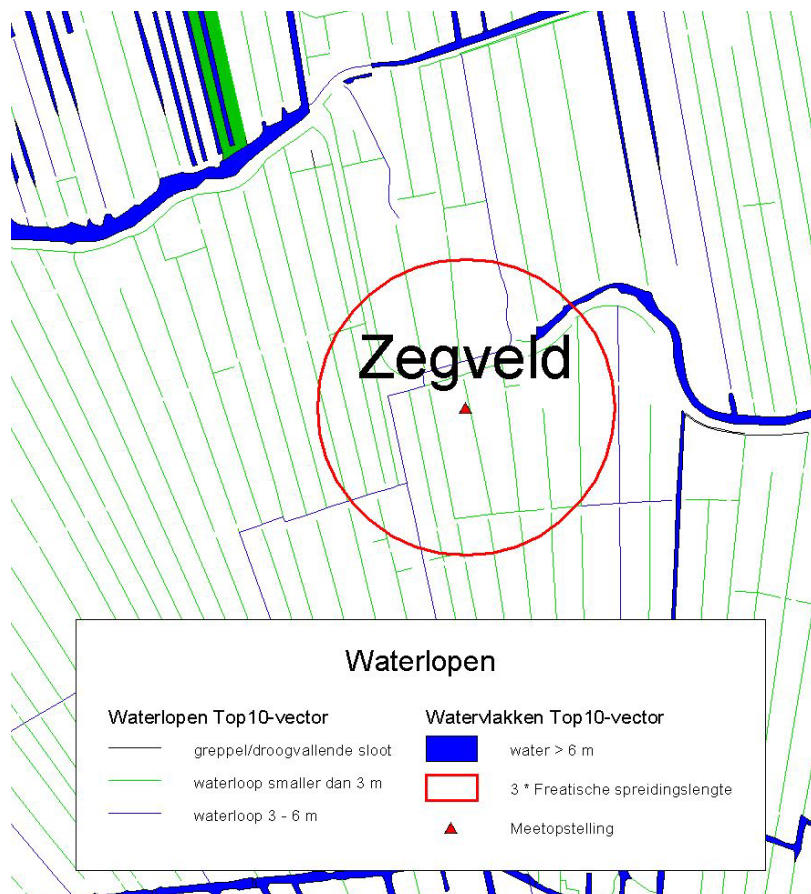


Figuur 3.2 Bodems volgens de PAWN-indeling in de omgeving van de meetlocatie Beltrum

9. **Waterlopen.** De waterlopen hebben verschillende eigenschappen, zoals:
- hiërarchie; de meest bovenstroomse waterlopen hebben de laagste hiërarchie en bij samenvoeging met andere waterlopen neemt de hiërarchie toe;
  - dimensionering (afmetingen van het dwarsprofiel);
  - verhang in de lengterichting;
  - ruwheid: weerstand tegen stroming in de lengterichting.

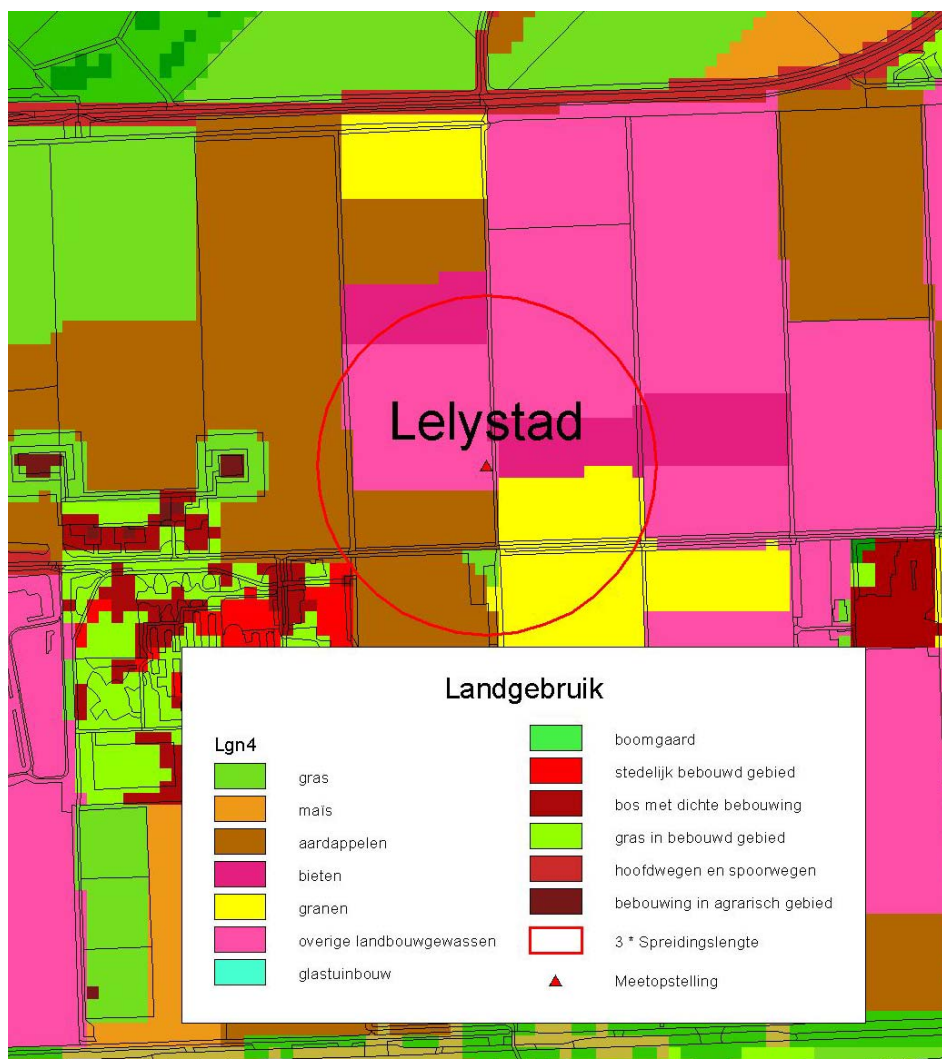
De hiërarchie is van belang om de weg van het water in het systeem te kunnen volgen, en zegt ook iets over het watervoerende karakter (droogvallende waterlopen in hoog Nederland). De dimensionering bepaalt de bergings-eigenschappen en de maximaal mogelijke drooglegging. Het verhang bepaalt samen met de dimensies en de ruwheid de relatie tussen openwaterstand en debiet. Figuur 3.3. is een voorbeeld van een kaartje met breedteklassen van waterlopen.

Van de waterlopen worden verschillende klassen onderscheiden op basis van de topografische kaart (top10-vector). Daarnaast kan buisdrainage voorkomen. Hoewel de ligging hiervan meestal niet exact bekend is wordt uitgegaan van een landsdekkende kaart zoals die is vervaardigd ten behoeve van de Hydrologie voor STONE (Massop e.a., 2000).



Figuur 3.3 Verschillende breedteklassen van waterlopen in de omgeving van meetlocatie Zegveld.

10 **Landgebruik.** De verdamping en bemesting worden in sterke mate bepaald door het landgebruik en daarom is landgebruik gekoppeld aan de landgebruikskaat van Nederland (LGN). Als voorbeeld is een uitsnede gemaakt voor de meetlocatie in Lelystad (figuur 3.4).

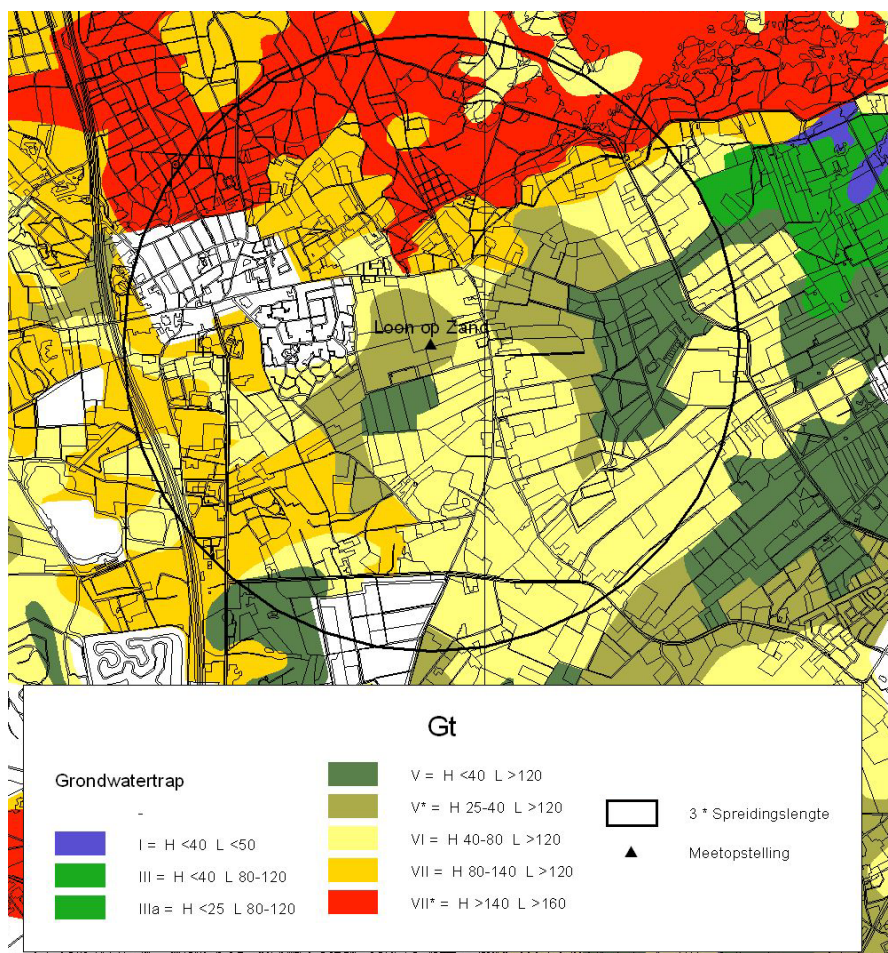


Figuur 3.4 Landgebruik volgens LGN4 in de omgeving van meetlocatie Lelystad

11 **Meteogegevens.** Voor de neerslaggegevens worden gegevens van KNMI-stations gebruikt, waarvoor reeksen vanaf 1970 beschikbaar zijn. Voor de referentiegwasverdamping zijn 6 stations beschikbaar (KNMI, 2006).

12 **Grondwaterdynamiek.** Landelijk is de Grondwatertrap van de Bodemkaart 1 : 50 000 beschikbaar (zie als voorbeeld figuur 3.5). In het DINO-archief van NITG-TNO zijn grondwaterstandsmetingen opgeslagen. De locatie van peilbuizen in de directe omgeving zijn op te vragen. Of de gemeten waterstand in de peil/landbouwbuis overeenkomt met de freatische grondwaterstand is ingeschat op basis van de anisotropiekaart (Van der Gaast e.a., 2006).





Figuur 3.5 Grondwatertrappen volgens de bodemkaart 1 : 50000 in de omgeving van meetlocatie Loon op Zand

13 **Kwel.** Ten behoeve van STONE is een landelijke kwelkaart beschikbaar (Massop e.a., 2000). Ook voor het project 'Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken' (Van der Gaast e.a., 2006) is een kwelkaart gemaakt die grote delen van Nederland bedekt. Voor deze studie is de landelijke kwelkaart uit STONE gebruikt omdat deze landsdekkend beschikbaar is.

14 **Wateraanvoer en berekening.** Deze gegevens worden overgenomen van de Hydrologie voor STONE (Massop e.a., 2000).

### 3.4 Tabellen per locatie

Om de beschikbare informatie overzichtelijk te houden is ervoor gekozen om per locatie via twee tabellen een overzicht te geven van de beschikbare/ontbrekende data. In bijlagen 2a t/m 2b zijn beide tabellen als voorbeeldtabel weergegeven. In de tabel karteerbare eigenschappen komen meerdere kolommen voor, nl.:

- categorie karteerbare eigenschap;
- indicatoren voor karteerbare kenmerken;



- eenheid van de eigenschap;
- verwijzing naar nadere beschrijving;
- bronnen van de informatie.

De tabellen zijn per locatie ingevuld, maar zijn vanwege de grote hoeveelheid aan figuren en detailinformatie niet opgenomen in dit rapport en zullen op een aparte cd bij de gedetailleerde (digitale) hydrologische rapportage worden opgenomen. Voor de verwijzing vanuit de tabel naar de nadere beschrijving wordt gebruik gemaakt van hyperlinks. Door op de hyperlink te klikken wordt een ander document, dat specifiek betrekking heeft op de locatie geopend. Binnen het document op de cd wordt direct doorgelinkt naar de betreffende categorie/indicator. Bij bronnen van informatie staan bestandsnamen weergegeven. De tabel karteerbaar gedrag en randvoorwaarden is op een identieke manier als de tabel karteerbare kenmerken opgezet en wordt eveneens weergegeven op de cd. Voor alle locaties zijn identieke tabellen aangemaakt.

### 3.5 Benodigd aanvullend onderzoek

In de hierboven genoemde tabellen wordt de karteerbare informatie weergegeven. Voor de modellering van de geselecteerde proeflocaties is aanvullende detailinformatie noodzakelijk. Deze informatie kan worden geïnventariseerd d.m.v. veldonderzoek, of worden verzameld bij instanties zoals waterschappen en NITG-TNO.

Via veldonderzoek zijn de volgende gegevens vastgelegd:

- exacte locatie meetopstelling (x,y-coördinaten, lengte-, breedte- en hoogtematen);
- afmetingen waterlopen langs bufferstrook (dwarsprofiel);
- aanwezigheid buisdrainage, en zo ja: drainafstand en draandiepte;
- mogelijkheid voor beregening en beregeningsbron.

Ook worden aan de hand van aanvullende metingen gegevens verzameld, nl.:

- verzadigde doorlatendheid dmv laboratoriummetingen aan ongestoorde monsters en via veldmetingen met de boorgatmethode;
- grondwaterstandsmetingen dmv enkele grondwaterstandsraaien (anisotropie, richting grondwaterstroming);
- waterstandsmetingen in de waterloop;
- afvoer (instroming in de meetbak).

Via het waterschap zal de volgende informatie worden ingewonnen:

- binnen welk peilvak c.q. stuwvak is de locatie gesitueerd;
- kadastrale gegevens perceel;
- bijbehorende afvoermeetpunt en afvoergegevens;
- gehanteerde peilen/peilbeheer;
- afmetingen leggerwaterlopen;
- aanvoermogelijkheid.

Naast gegevens van het waterschap zullen grondwaterstandgegevens worden opgevraagd bij NITG.

### 3.6 Kenniszwaktes

Voor de volgende onderdelen van het hydrologisch systeem is onze kennis voorsnog beperkt.

De **grondwateraanvulling** is afhankelijk van weer, gewas en bodem. De berekende grootte van de actuele verdamping, bepaald op basis van verschillende modellen, kan verschillen. De actuele verdamping bepaalt in belangrijke mate de grootte van de grondwateraanvulling, en daarmee de nutriëntenbelasting.

Het **maaiveld als drainagemiddel**. Als de neerslagintensiteit de infiltratiecapaciteit overschrijdt (bij hevige buien) of wanneer de grondwaterstand tot in het maaiveld stijgt, zal plasmvorming op het maaiveld optreden. Of hierdoor stroming van water over het maaiveld plaatsvindt richting de naastliggende sloot is afhankelijk van de bergingseigenschappen van het maaiveld die worden bepaald door het microreliëf (variatie in maaiveldsligging binnen enkele meters) en het mesoreliëf (karakterisering maaiveldsligging perceel in termen als hol, bol of vlak). Over de processen is nog relatief weinig bekend. Ook bestaat er geen eenduidige typering van mesoreliëf. Daardoor is het moeilijk de representativiteit van de proeflocaties voor dit aspect aan te geven.

**Anisotropie**. De stroming in de ondergrond (patroon, intensiteit) wordt beïnvloed door verschillen in horizontale en verticale doorlatendheid van bodemlagen (anisotropie). Deze anisotropie kan leiden tot a) schijnspiegels en b) verschillen in gemeten stijghoogte in een grondwaterstandsbuis en de werkelijke hoogte van het freatisch vlak. Bodemkundig onderzoek gecombineerd met grondwaterstandsmetingen geeft inzicht in het voorkomen van anisotropie. Voor de landelijke vertaling van het voorkomen van anisotropie wordt gewerkt aan een experttabel die kan worden gekoppeld aan de bodemkaart 1 : 50.000 (Van der Gaast e.a., 2006). De schematisering van ruimtelijke kenmerken is gekoppeld aan beschikbare landsdekkende kaarten. Deze kaarten hebben verschillende schaalniveaus. Als voorbeeld is de bodemkaart 1 : 50.000 te noemen. Op deze kaart worden een groot aantal bodemeenheden onderscheiden. Deze eenheden zijn vervolgens samengevat tot 21 PAWN-eenheden. Door deze aanpak worden bodemeigenschappen sterk uitgemiddeld en bestaat de kans dat signalen voor optreden van schijngrondwaterspiegels worden gemist.

Dit leidt tot de volgende aanbevelingen specifiek voor het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden:

- Ontwikkelen van een methode voor karakterisering van het mesoreliëf van percelen.
- Aangeven voor de proeflocaties of er kans is op het voorkomen van schijngrondwaterspiegels. Tevens maken van een gedetailleerdere specificatie van de bodemfysische eigenschappen (zie ook volgende hoofdstuk) en deze in verband brengen met de bodemfysische eigenschappen van het bijbehorende geohydrotype.

Een algemene aanbeveling is meer onderzoek te doen naar maaiveld als drainagemiddel.

## **4 De bodemkundige, bodemfysische en bodemchemische eigenschappen van de proeflocaties**

### **4.1 Inleiding**

De bodems van de proeflocaties verschillen aanzienlijk in eigenschappen, zowel fysisch als chemisch. Deze verschillen liggen ten grondslag aan de natuurlijke ontstaansgeschiedenis van de bodems en de daarop volgende ingrepen door de mens. Van dit laatste is met name de ontwatering en bemesting van groot belang. De natuurlijke ontstaansgeschiedenis is bepalend geweest voor de textuur van de bodem en de bodemvormende processen. Hieraan zijn ook de belangrijkste bodemfysische en bodemchemische eigenschappen gerelateerd. Fysisch gezien zijn voor dit onderzoek met name doorlatendheid, de waterretentiekarakteristiek en fluctuatie van de grondwaterstand van belang. Bij dit laatste speelt uiteraard de afwatering ook een rol (slootdichtheid, drainage, peilbeheer, e.d.). Chemisch gaat het om het vermogen om nutriënten vast te houden en weer beschikbaar te maken voor de planten.

Hieronder worden per locatie de bodems beschreven, inclusief de belangrijkste fysische en chemische parameters. Op iedere locatie zijn diverse boringen gemaakt om de uniformiteit van de bodemopbouw te testen. Hiervan zijn per locatie drie (in Beltrum vier) profielen beschreven en bemonsterd: middenvoor iedere bak en midden in het perceel ter hoogte van de bakken (zie bijlage 3 voor een algemene schets van de proefopzet). De bodemmonsters zijn in de maand februari 2006 genomen. De bodems zijn beschreven volgens de richtlijnen van Ten Cate et al. (1995). De bodemclassificatie volgt het systeem van de bodemclassificatie van Nederland (De Bakker en Schelling, 1989). De complete profielbeschrijvingen staan in bijlage 4.

De chemische analyses zijn uitgevoerd op het Chemisch Biologisch Laboratorium van Wageningen Universiteit. Dichtheden en doorlatendheden zijn gemeten op het Bodemfysisch Laboratorium van Alterra.

### **4.2 Bodemkundig veldonderzoek**

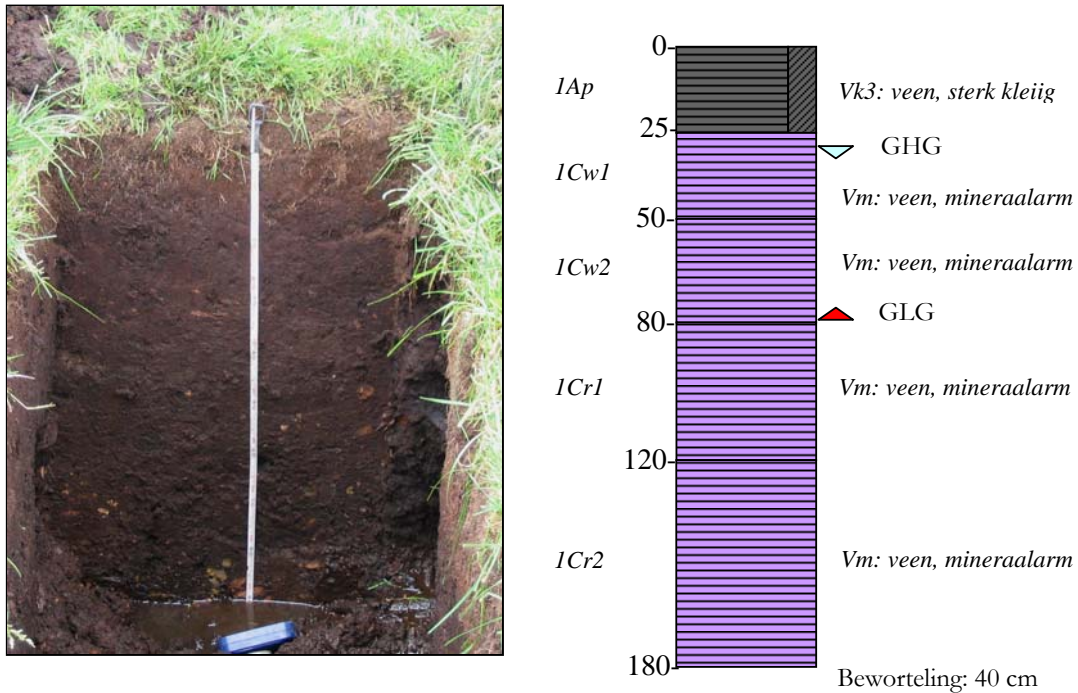
#### **4.2.1 Locatie Zegveld**

De bodems in Zegveld bestaan uit veen. Volgens de bodemkaart van Nederland (1 : 50 000, blad 31 W, Stiboka 1969) zijn dit koopveengronden (hVc, zeggeveen, rietzeggeveen of mesotroof broekveen) met grondwatertrap II. Het totale areaal koopveengronden met Gt II onder landbouwkundig gebruik is ruim 11 000 ha. In Nederland worden meer dan 260 000 ha veengronden voor landbouw gebruikt. In figuur 4.1 is de locatie Zegveld aangegeven op een uitsnede van de bodemkaart van Nederland met schaal 1 : 50 000.

De bodem op de locatie in Zegveld heeft een bovengrond van 15 tot 25 cm dik kleilig veraard veen. Hieronder, tot ongeveer 60 cm diepte volgt veraard veen. De ondergrond bestaat uit bruin veen met houtresten (mesotroof broekveen met dieper in de ondergrond zeggeveen). Een afbeelding en een schets van het profiel is in figuur 4.2 te zien. De bij dit profiel behorende fysische en chemische gegevens staan in tabel 4.1.



Figuur 4.1 Bodemkaartje van de omgeving van de locatie Zegveld.



Figuur 4.2 Foto en profielschets van de veengrond in Zegveld.\*

Tabel 4.1 Analysegegevens van het bodemprofiel behorend bij de bufferstrook in Zegveld.

a: Korrelgrootteverdeling, organische stofgehalten en pH

Horizont	Diepte cm	Korrelgrootteverdeling (op minerale delen)				Org. stof %	pH H <sub>2</sub> O
		< 2 µm (%)	< 16 µm %	< 50 µm %	> 50 µm %		
1Ap	0-25	69,8	81,1	81,7	18,9	49,6	5,0
1Cw1	25-50	61,8	67,1	81,3	18,7	66,0	4,5
1Cw2	50-80	31,1	55,5	74,2	25,8	75,2	5,2
1Cr1	80-120	44,5	44,5	80,8	19,2	76,8	5,5
1Cr2	120-180	52,7	59,4	88,0	12,0	75,2	5,7

b: Dichtheid, verzadigde doorlatendheid (Ks) en poriënvolume

Diepte cm	Vol mass gr/cm <sup>3</sup>	Ks cm/dag	Poriënvolume %
5-10	0,57	18	72
15-20	0,38	62	79
30-50 H	-	42	-
44-50	0,17	48	90
50-70 H	-	10	-
70-80	0,14	97	79
75-95 H	-	34	-

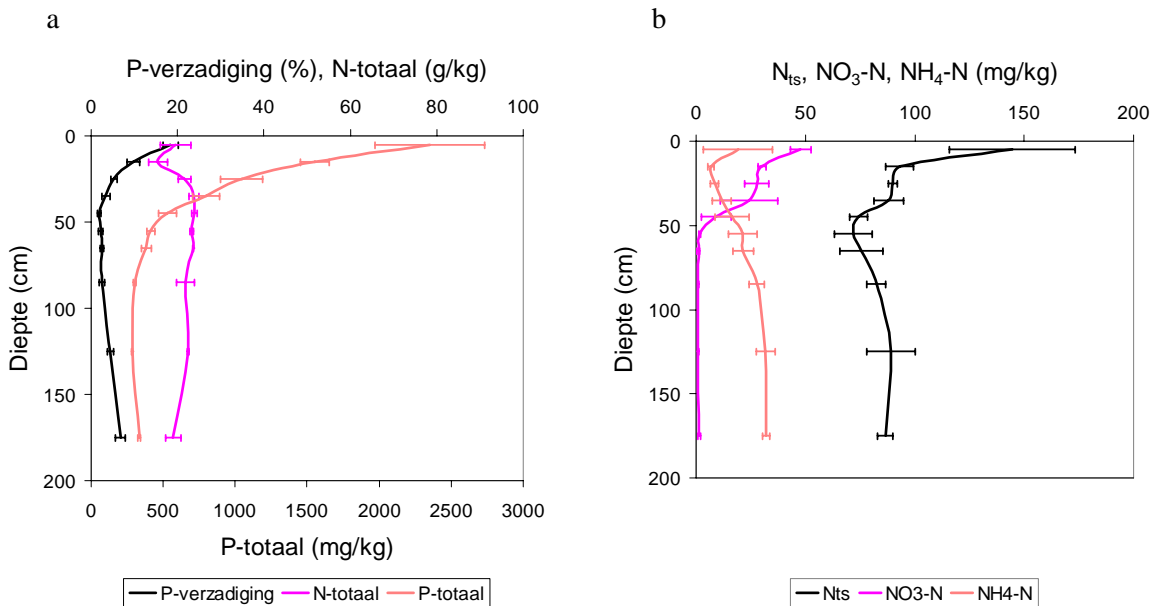
H = horizontaal genomen monster

Het slootpeil wordt gecontroleerd en staat op 60 cm beneden maaiveld. Grondwaterstanden in het perceel fluctueren tussen de 30 en 80 cm beneden

\* De legenda voor de profielschetsen staat in Bijlage 5

maaiveld; langs de slootranden is deze fluctuatie kleiner dan midden in het perceel. Ten tijde van volle grondwaterstanden wordt er water naar de sloot afgevoerd en ten tijde van holle grondwaterstanden infiltreert water vanuit de sloot de bodem in. In de omgeving van de proeflocatie is de gemiddelde afstand tussen de parallel lopende sloten ca. 60 m.

De fosfaatverzadigingsgraad van deze veengrond is laag (< 20% in bouwvoor) alsook het gehalte aan beschikbaar fosfaat (P-AL getal 29 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g). De gemiddelde waarden voor de stikstof- en de fosfaatparameters van de bodem staan in figuur 4.3.



Figuur 4.3 P-verzadigingsgraad, N-totaal, P-totaal (a), opgelost N (N<sub>ts</sub>), nitraat-N en ammonium-N (b) als functie van de diepte voor locatie Zegveld. De horizontale lijntjes geven 2x de standaardafwijking weer voor drie mengmonsters genomen uit de referentiestrook, de bufferstrook en van het perceel.

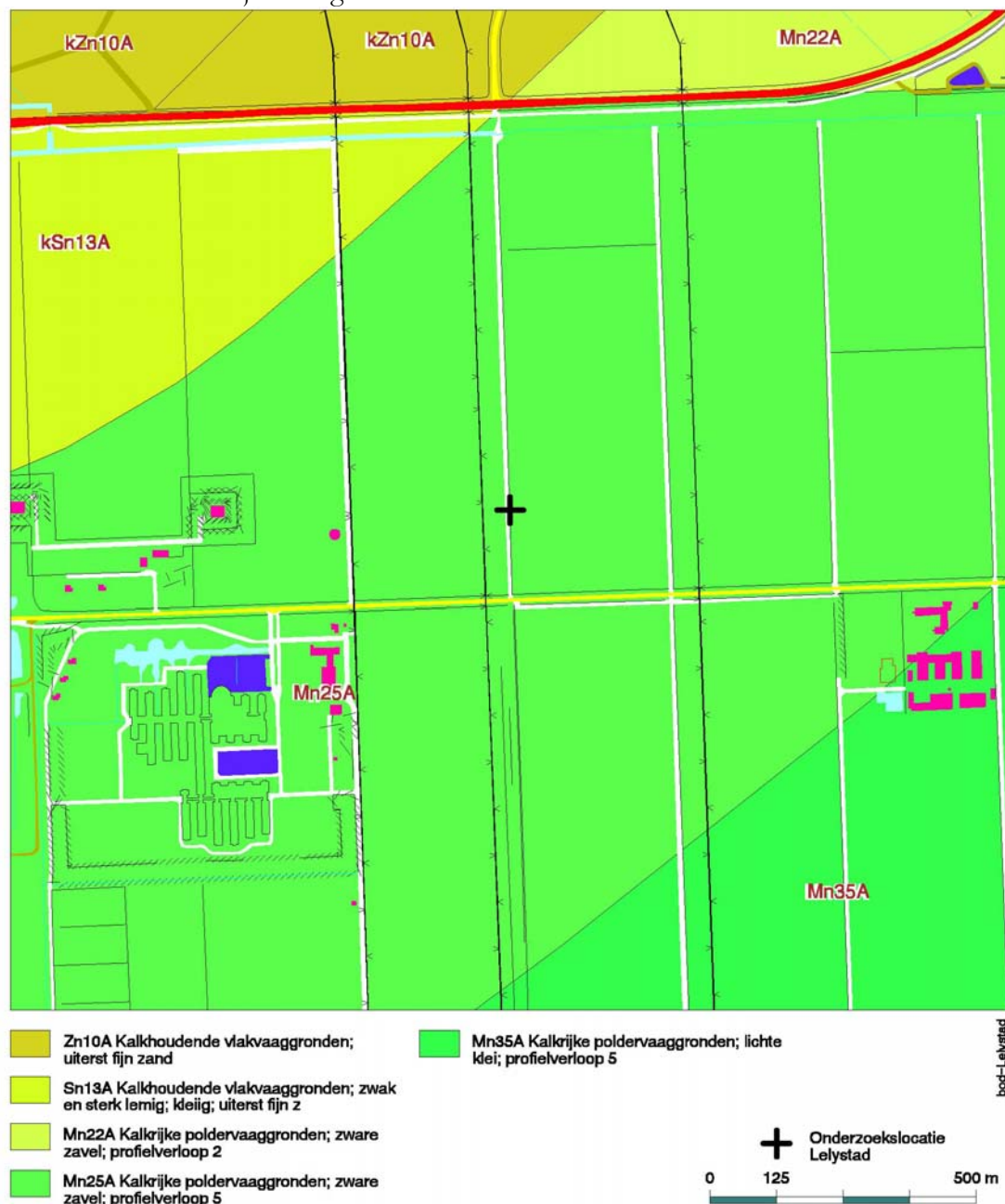
Uit het bodemkundig veldonderzoek en uit de analysesresultaten blijkt dat zowel wat betreft profielopbouw alsook fysisch en chemisch de bodems bij de bufferbak en de referentiebak goed vergelijkbaar zijn.

#### 4.2.2 Locatie Lelystad

De bodem van de locatie Lelystad bestaat uit klei die in het voormalige IJsselmeer is afgezet. De Bodemkaart van Nederland (Blad 20 W-O, Stiboka 1990) geeft aan dat dit kalkrijke poldervaaggronden zijn (Mn25A, zware zavel in de bovengrond met een lichtere ondergrond) met grondwatertrap VI. Figuur 4.4 is een uitsnede van de bodemkaart met schaal 1 : 50 000 van de omgeving van de proeflocatie in Lelystad. Op de locatie valt de bovengrond in tegenstelling tot de bodemkaart, in de categorie lichte zavel (Mn15A). Het totale areaal Mn15A gronden met Gt VI onder landbouw is ruim 59400 ha. Het areaal Mn25A gronden met Gt VI onder landbouw is bijna 62000 ha.



De Nederlandse landbouw heeft ruim 990 000 ha kleigronden in gebruik, circa 550 000 ha hiervan zijn zavelgronden.



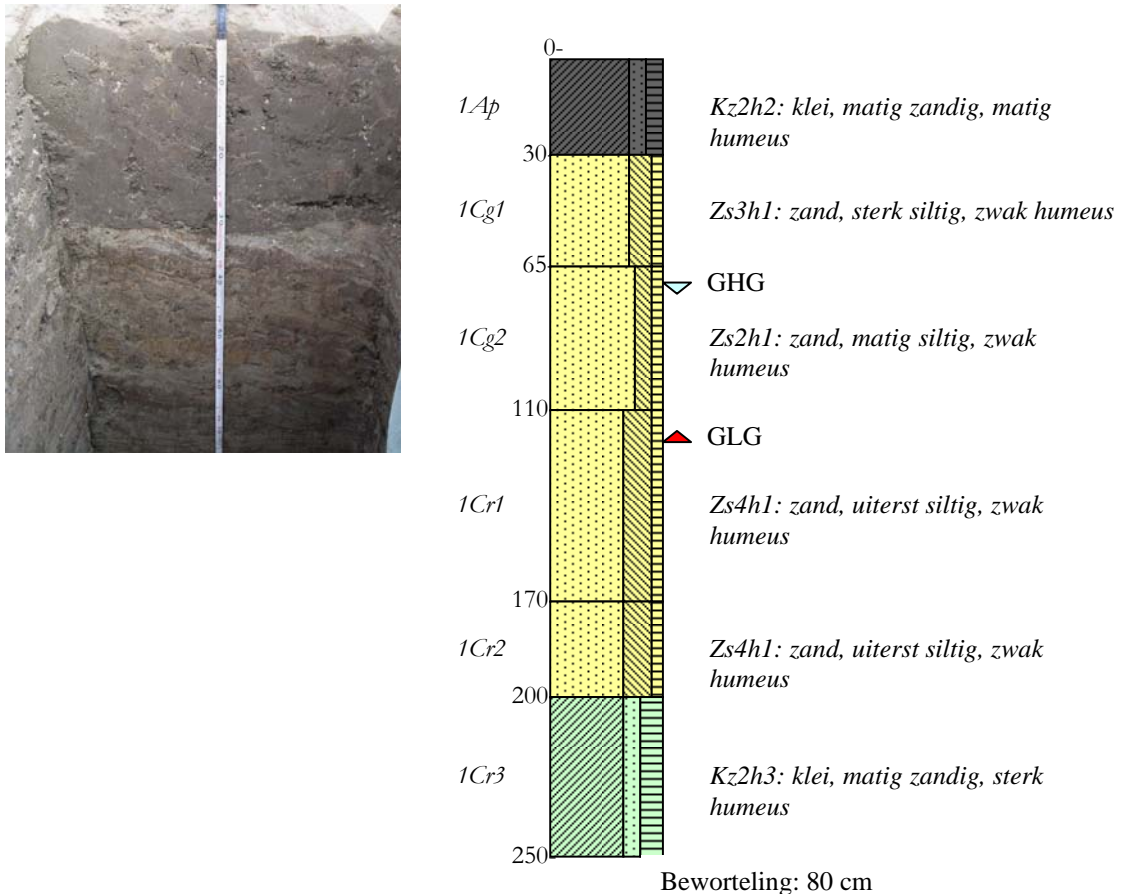
*Figuur 4.4 Bodemkaartje van de omgeving van de locatie Lelystad*

De bodem op de onderzoekslocatie heeft een bouwvoor van ongeveer 25 cm dik die uit kalkrijke lichte zavel bestaat met een lutumgehalte van 13 tot 15%<sup>1</sup> en ongeveer 2,5% organische stof. Hieronder volgt een gelaagd profiel van kleiig fijn zand tot lichte zavel met een lutumgehalte van 4 tot 7%. Vanaf ongeveer 120 cm diepte neemt

<sup>1</sup> Kleigehalten in de tekst zijn, zoals gebruikelijk bij de bodemclassificatie, gegeven in % van de minerale delen.



het kleigehalte toe tot soms 20% en in de diepere ondergrond komt ook kleiig veen en veen voor. Dit veen is verslagen veen en typisch voor een meerbodemaftzetting. De akker is gedraineerd met drainafstanden van 8 m. De draandiepte is 80 cm. De grondwaterstanden fluctueren tussen 70 en 120 cm (Gt IV). Figuur 4.5 geeft een profielschets van de bodem van de bufferstrook. De bijbehorende analyse gegevens staan in tabel 4.2.



Figuur 4.5 Foto en profielschets van de bodem in Lelystad

Uit de profielbeschrijvingen en de analysecijfers blijkt dat de bodems bij de bufferbak en de referentiebak goed vergelijkbaar zijn.

Tabel 4.2 Analysegegevens van de bodem behorend bij de bufferstrook in Lelystad.

a. Korrelgrootteverdeling, organische stofgehalte, pH en kalkgehalte

Horizont	Diepte cm	Korrelgrootteverdeling				Org. stof %	pH H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> %
		< 2 µm (%)	< 16 µm %	< 50 µm %	> 50 µm %			
1Ap	0-30	14,9	23,2	35,7	64,3	2,6	5,3	5,2
1Cg1	30-65	6,0	10,4	19,5	80,5	1,9	8,3	3,5
1Cg2	65-110	3,1	5,4	15,8	84,2	1,5	8,2	4,8
1Cr1	110-170	3,9	6,4	34,9	65,1	1,9	8,0	7,4
1Cr2	170-200	5,1	8,4	36,2	63,8	2,3	8,1	5,5
1Cr3	200-250	17,0	34,7	75,9	24,1	13,4	n.b.	4,6

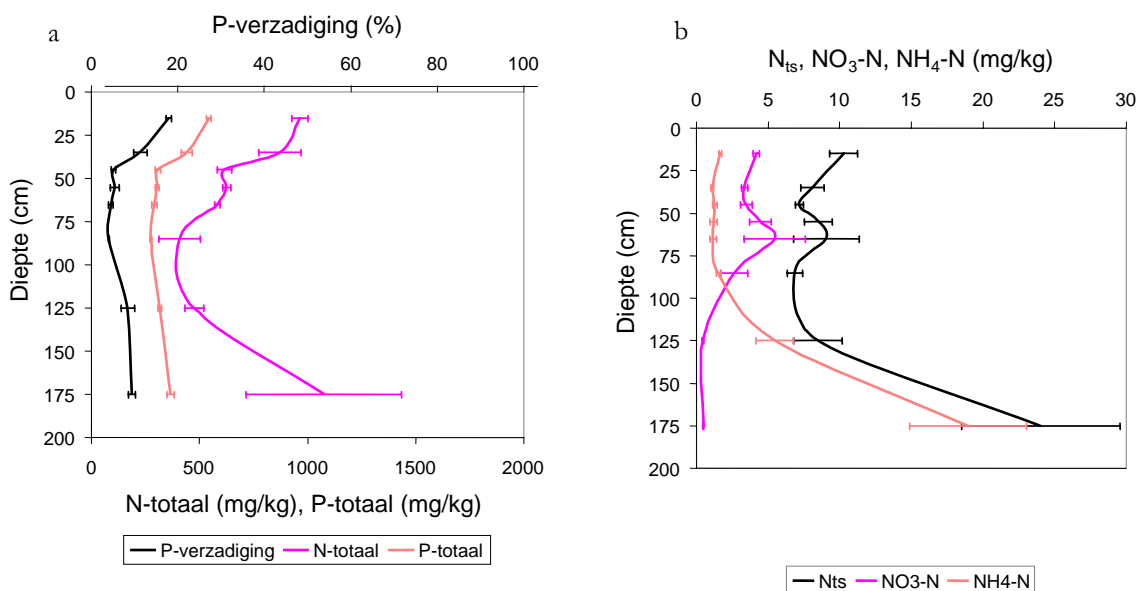
b. Dichtheid, verzadigde doorlatendheid (Ks) en poriënvolume

Diepte cm	Vol mass gr/cm <sup>3</sup>	Ks cm/dag	Poriënvolume %
10-20	1.59	19	40
60-70	1.35	12	49
60-70 H	-	21	-
60-70 D	1.38	24	48

H = horizontaal gestoken monster

D = monster genomen in drainsleuf

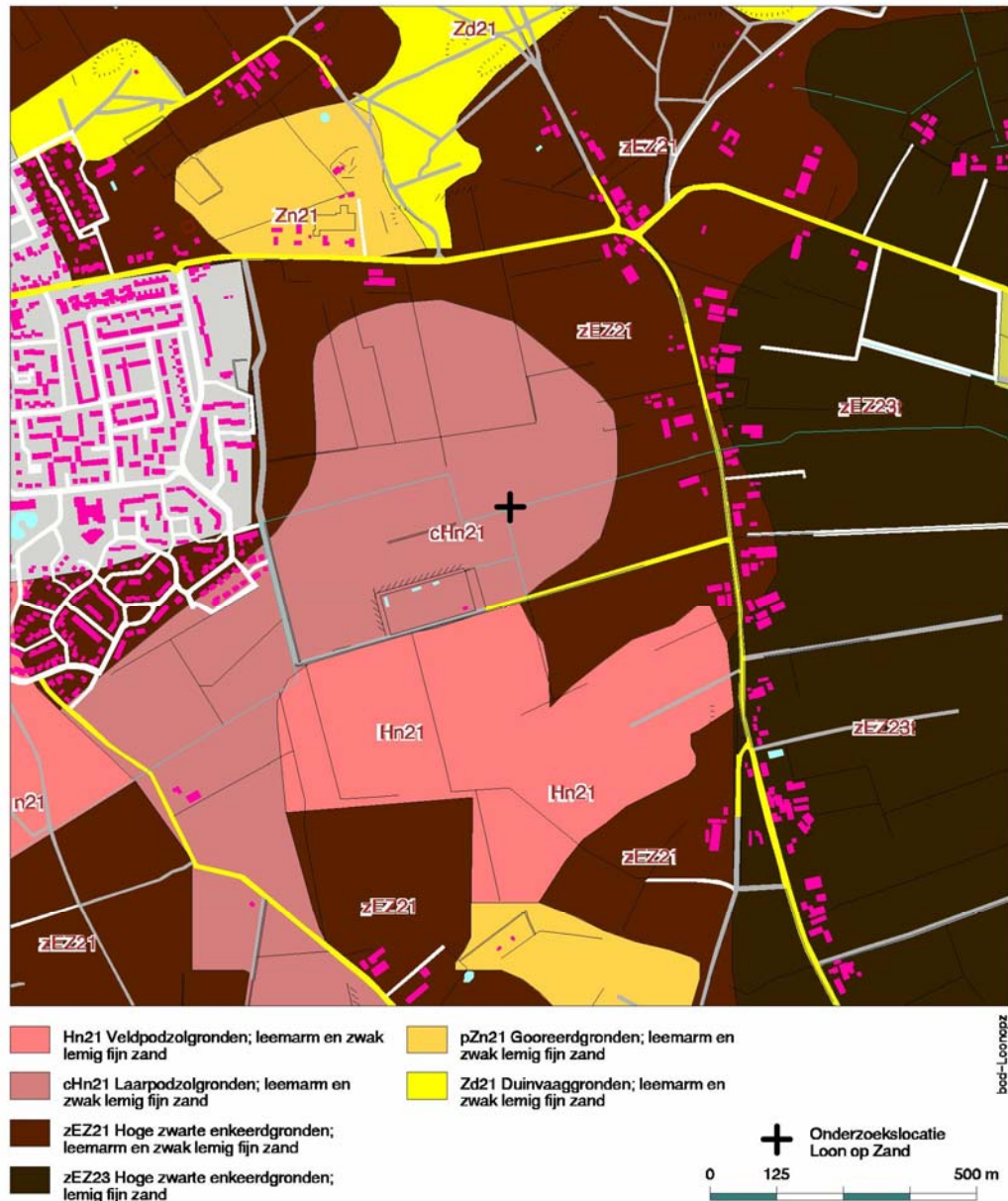
De fosfaatverzadigingsgraad van deze zavelgrond is laag (< 20% in bouwvoor). Het gehalte aan beschikbaar fosfaat in de bouwvoor is ruim voldoende (Pw = 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L). De gemiddelde waarden van de stikstof en fosfaat parameters van drie punten bij de onderzoekslocatie staan in figuur 4.6



Figuur 4.6 P-verzadigingsgraad, N-totaal, P-totaal (a), opgelost N (N<sub>ts</sub>), nitraat-N en ammonium-N (b) als functie van de diepte voor locatie Lelystad. De horizontale lijntjes geven 2x de standaardafwijking weer voor drie mengmonsters genomen uit de referentiestrook, de bufferstrook en uit de akker.

### 4.2.3 Locatie Loon op Zand

Op de bodemkaart van Nederland (blad 44 O, Stiboka 1990) komen op de locatie Loon op Zand laarpodzolgronden voor (cHn21, leemarm en zwak lemig fijn zand) met grondwatertrap V\* (zie figuur 4.7). De leemlaag in de diepere ondergrond, karakteristiek voor deze locatie, is niet in de bodemkaart van Nederland terug te vinden. Alleen als deze binnen 120 cm begint is deze onderscheiden op de bodemkaart. Op de bodemkaart van Nederland komen slechts ruim 23 000 ha zandgronden onder landbouw voor met oude klei of (löss)leem in de ondergrond (binnen 120 cm).



Figuur 4.7 Bodemkaartje van de omgeving van de locatie Loon op Zand

Het totale areaal gronden met code cHn21 en met Gt V in Nederland onder landbouw, bedraagt ruim 6600 ha. Als we alle vergelijkbare zandgronden (dikte humushoudende bovengrond van 0 – 50 cm, textuur bovengrond leemarm tot lemig zand) (c)Hn21/23(X) met grondwatertrap V (incl. V\*) bij elkaar nemen komen we op bijna 82 000 ha. Voegen we daar Gt VI aan toe dan komt het areaal op ruim 241 000 ha. Het totaal areaal zandgronden onder landbouw in Nederland is bijna 980 000 ha.

Op de locatie in Loon op Zand vinden we zandgronden met een leemlaag in de ondergrond. Van het bedrijf is een gedetailleerde bodemkaart gemaakt in het kader van het Koeien en Kansen onderzoek (Alterra, ongepubliceerd). Volgens de gedetailleerde bodemkaart van het bedrijf ligt hier een cHn 53 (laarpodzol met een textuur van zwak lemig matig fijn zand in de bovengrond) met grondwatertrap VI d.

De bovengrond bestaat uit 25 tot 40 cm zwak lemig, matig fijn zand met een organische stofgehalte van 2 tot 3,5%. Onder de bovengrond komt zwak lemig, fijn zand voor tot een diepte van 100 tot 120 cm waarna het leemgehalte toeneemt tot ca. 20%. Deze zandlaag bestaat in feite uit twee gedeelten: de bovenste is Jong Dekzand (zwak lemig matig fijn zand), de onderste is Oud Dekzand (zwak tot sterk lemig zeer fijn zand). In de diepere ondergrond vanaf ongeveer 120 – 150 cm vinden we zeer zandige leem (lössleem) met leemgehalten die op kunnen lopen tot ca. 50%. Een profielschets is in figuur 4.8 gegeven en de bijbehorende analysecijfers staan in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analysegegevens van het bodemprofiel van de locatie Loon op Zand

<i>a. Korrelgrootteverdeling, organische stofgehalte en pH</i>							
Horizont	Diepte cm	Korrelgrootteverdeling				Org. stof %	pH H <sub>2</sub> O
		< 2 µm %	< 16 µm %	< 50 µm %	> 50 µm %		
1Aap	0-25	0,4	2,5	7,7	92,3	3,7	5,9
1Aa	25-40	0	1,8	6,3	93,7	2,4	5,5
1Bhe	40-80	0	2,5	9,5	90,5	2,0	5,4
1BC	80-125	0	0,6	5,3	94,7	1,3	5,3
1Ce1	125-150	0	5,6	16,4	83,6	1,0	5,3
2Ce	150-180	0	15,8	35,2	64,8	1,3	5,1

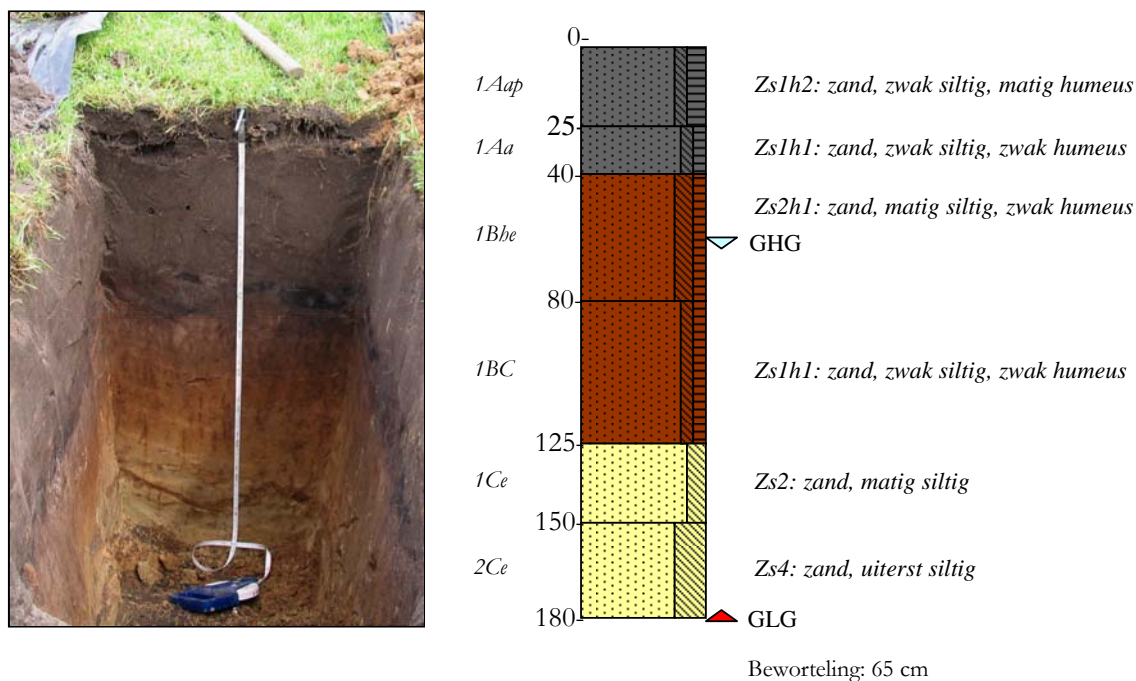
  

<i>b. Dichtheid, verzadigde doorlatendheid (K<sub>s</sub>) en poriënvolume</i>			
Diepte cm	Vol mass gr/cm <sup>3</sup>	K <sub>s</sub> cm/dag	Poriënvolume %
10-20	1,55	326	42
50-60	1,56	271	41
90-100	1,70	-	36

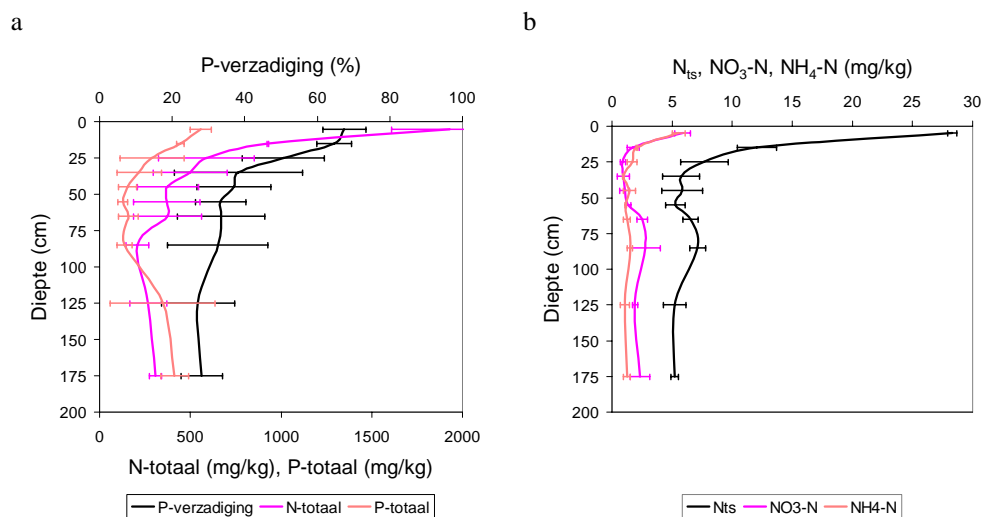
De grondwaterstanden bewegen zich tussen de 60 en meer dan 180 cm beneden maaiveld. Het perceel is niet gedraineerd. Het perceel grenst aan een waterschaps-sloot (de Nieuwe Zandleij, ZL13; waterschap De Dommel). De sloot is het hele jaar door watervoerend. Zomers is het peil hoger dan in de winter.

Zowel wat betreft profielopbouw alsook fysisch en chemisch zijn de bodems bij de bufferbak en de referentiebak redelijk vergelijkbaar. Wel ligt het Oude Dekzand bij

de bufferbak ondieper dan bij de referentiebak. In het gehele perceel is de begindiepte van het Oude Dekzand onregelmatig. De fosfaatverzadigingsgraad van deze zandgrond is hoog (> 60% in de bouwvoor). Het gehalte aan beschikbaar fosfaat is ruim voldoende (P-AL getal 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g). In figuur 4.9 zijn gemiddelde N en P parameters van 3 punten in Loon op Zand weergegeven.



Figuur 4.8 Foto en profielschets van de bodem in Loon op Zand

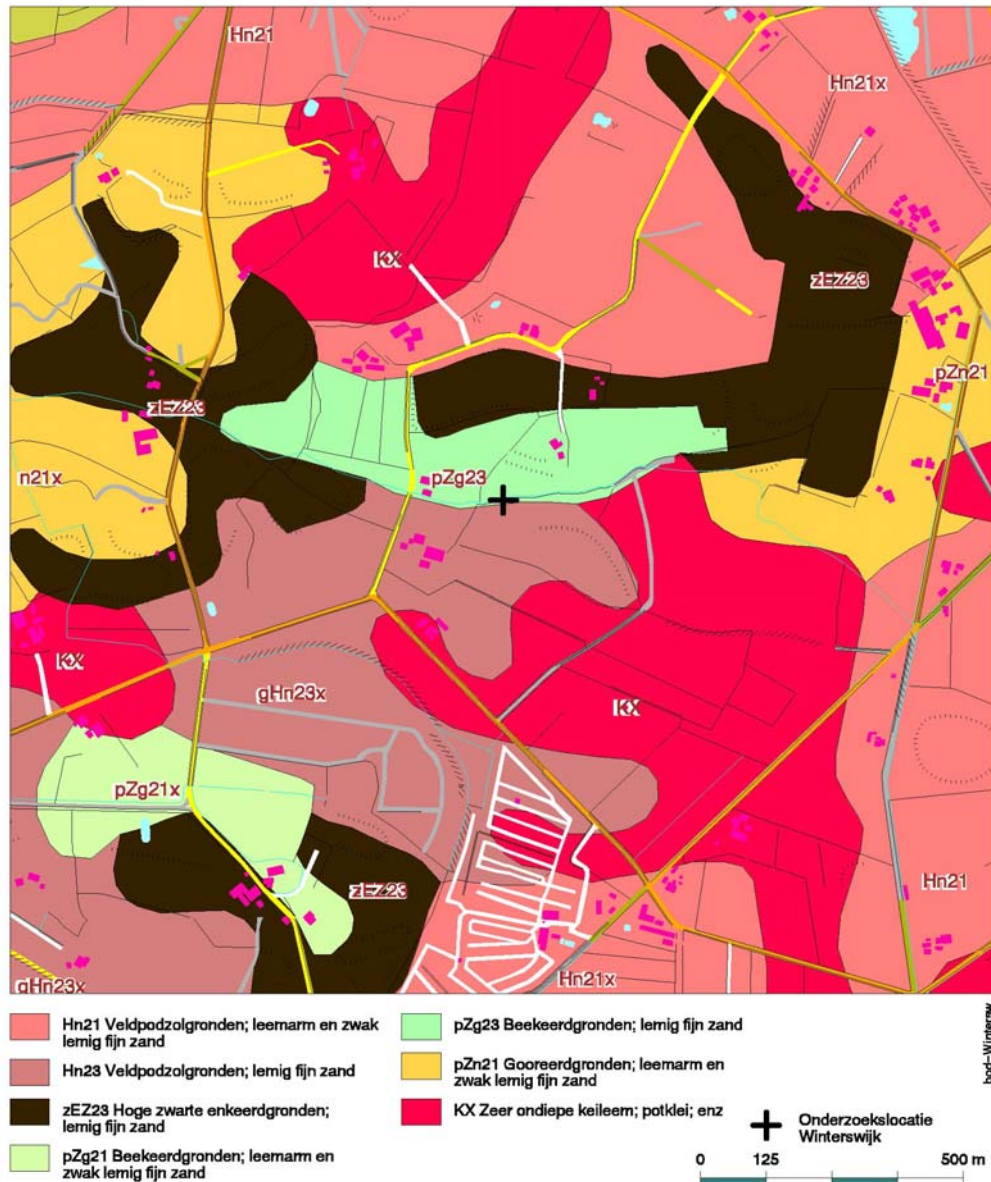


Figuur 4.9 P-verzadigingsgraad, N-totaal, P-totaal (a), opgelost N (N<sub>ts</sub>), nitraat-N en ammonium-N (b) als functie van de diepte voor locatie Loon op Zand. De horizontale lijntjes geven 2x de standaardafwijking weer voor drie mengmonsters genomen uit de referentiestrook, de bufferstrook en uit het perceel.



#### 4.2.4 Locatie Winterswijk

De bodemkaart van Nederland (blad 41 O, Stiboka 1983) geeft voor deze locatie een gHn23x met een dun esdek en grondwatertrap V (zie figuur 4.10). Dit is een veldpodzolgrond met lemig fijn zand en met grind ondieper dan 40 cm in het profiel en tertiaire klei\* in de ondergrond beginnend tussen 40 cm en 120 cm. Van dit bodemtype, door de landbouw in gebruik, komt in Nederland slechts 400 ha voor. Echter, alle zandgronden in Nederland in gebruik door de landbouw met keileem of potklei beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste 20 cm dik beslaan ruim 90 000 ha.

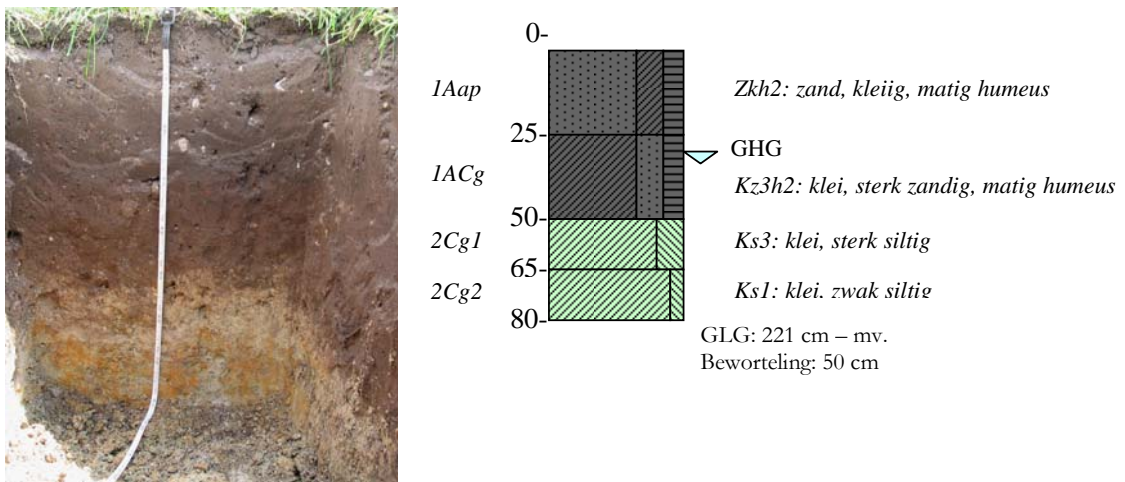


Figuur 4.10 Bodemkaartje van de locatie Winterswijk.

\* De x in de bodemcode staat voor keileem, potklei, tertiaire klei, e.d. Op de locatie Winterswijk komt tertiaire klei voor.

Als we alle gronden met keileem e.d. binnen 5 m diepte èn in gebruik bij de landbouw, bij elkaar nemen komen we op een areaal van ruim 258 000 ha (N.B. dit betreft alleen Noord en Oost Nederland; in de rest van Nederland komt nauwelijks keileem voor).

De bodem op de locatie Winterswijk bestaat uit een 40 tot 60 cm dik esdek van sterk lemig matig fijn tot matig grof zand met 6-7% organische stof. In de ondergrond bevindt zich een zware kleilaag (tertiaire klei) van wisselende dikte met bijna 60% lutum. Deze bodem wordt geclassificeerd als een bekeerdgrond. De diepte van de kleilaag neemt vanaf de sloot geleidelijk toe naar het midden van het perceel. Zowel het maaiveld alsook de kleilaag vertoont een lichte helling richting sloot. Naar het midden van het perceel toe komt een tussenlaag voor die bestaat uit matig fijn tot grof zand. Plaatselijk komt grind voor. Een foto met profielschets met bijbehorende analysegegevens staat respectievelijk in figuur 4.11 en tabel 4.4. De gemiddeld hoogste grondwaterstand is 25 cm en de gemiddeld laagste grondwaterstand is dieper dan 200 cm, dus reikend tot in of onder de zware kleilaag. Tijdens het zomerseizoen valt de beek droog.



Figuur 4.11 Foto en profielschets van de bodem in Winterswijk

Tabel 4.4 Analysegegevens van het profiel midden op de perceel locatie Winterswijk

a. Korrelgrootteverdeling, organische stofgehalte en pH

Horizont	Diepte cm	Korrelgrootteverdeling				pH H <sub>2</sub> O	Org. stof %
		< 2 $\mu$ m (%)	< 16 $\mu$ m %	< 50 $\mu$ m %	> 50 $\mu$ m %		
1Aap	0-25	5,1	11,5	16,8	83,2	6,1	6,5
1ACg	25-50	9,6	19,1	20,9	79,1	5,6	5,2
2Cg1	50-65	28,8	38,8	43,6	56,4	5,3	2,8
2Cg2	65-80	54,7	62,7	73,5	26,5	5,2	2,7

b. Dichtheid, verzadigde doorlatendheid (Ks) en poriënvolume van de bodems locatie Winterswijk

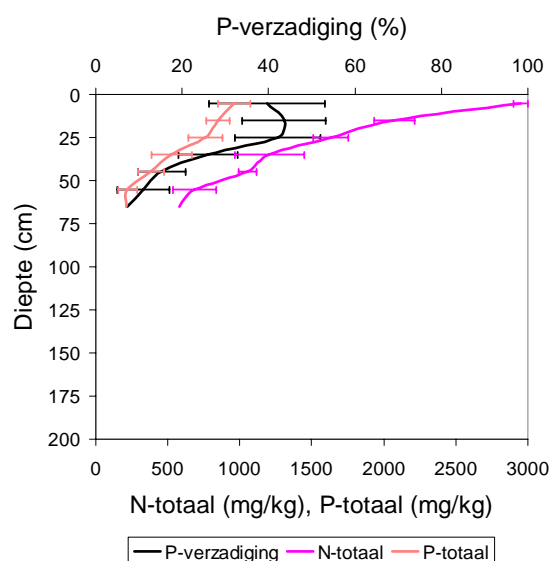
b1- Dicht bij de sloot

Diepte cm	Vol mass gr/cm <sup>3</sup>	Ks cm/dag	Poriënvolume %
10-20	1,39	234	48
50-60	1,39	124	48

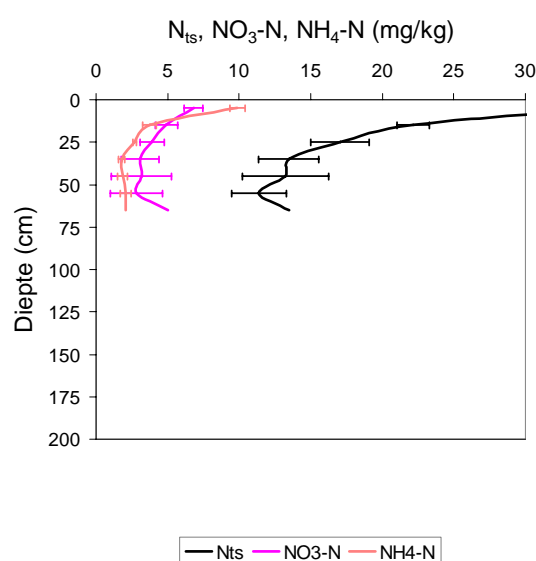
B2- Midden in weiland

Diepte cm	Vol mass Gr/cm <sup>3</sup>	Ks cm/dag	Poriënvolume %
10-20	1,47	304	45
55-65	1,43	49	46

a



b



Figuur 4.12 P-verzadigingsgraad, N-totaal, P-totaal (a), opgelost N (N<sub>t</sub>), nitraat-N en ammonium-N (b) als functie van de diepte voor locatie Winterswijk. De horizontale lijntjes geven 2x de standaardafwijking weer voor drie mengmonsters genomen uit de referentiestrook, de bufferstrook en van het perceel.

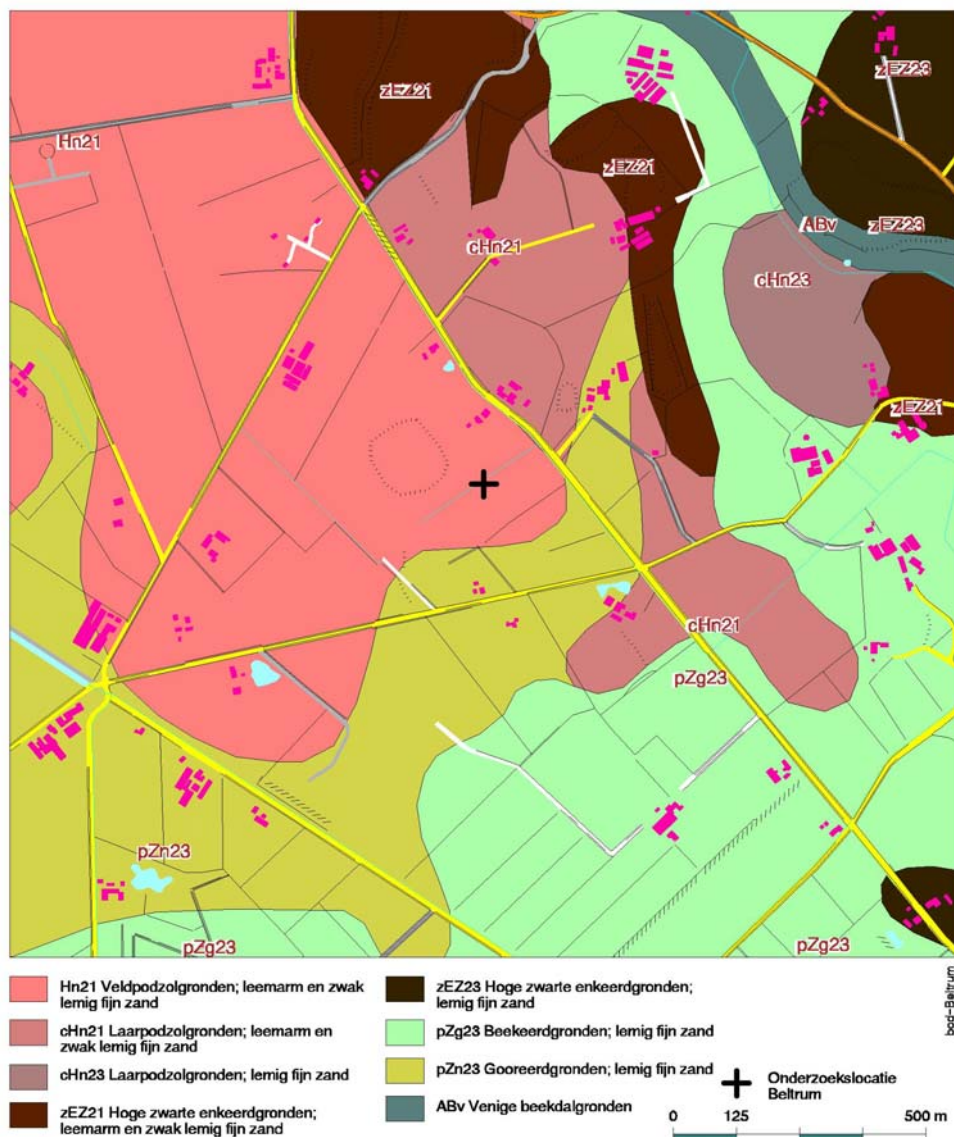
Zowel wat betreft profielopbouw alsook fysisch en chemisch zijn de bodems bij de bufferbak en de referentiebak goed vergelijkbaar. De fosfaatverzadigingsgraad van deze zandgrond nabij de sloot ligt rond de 40% (bouwvoor). Het gehalte aan



beschikbaar fosfaat is ruim voldoende (P-AL getal 55 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g). In figuur 4.12 zijn enkele P- en N-parameters weergegeven.

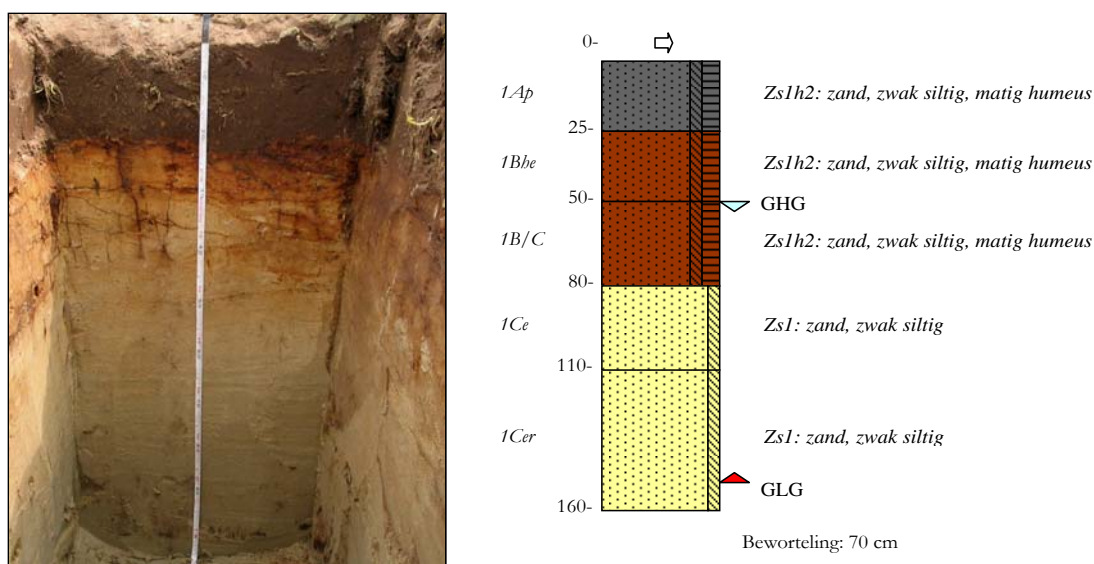
#### 4.2.5 Locatie Beltrum

In de omgeving van Beltrum vinden we diepe, open zandgronden welke op de bodemkaart van Nederland (blad 34 W, Stiboka 1979) als veldpodzolgronden (cHn21) aangegeven zijn (zie figuur 4.13). De grondwatertrap is V\*. Het totale areaal gronden met code cHn21 en met Gt V in Nederland onder landbouw, bedraagt ruim 6600 ha. Als we alle vergelijkbare zandgronden (dikte humushoudende bovengrond van 0 – 50 cm, textuur bovengrond leemarm tot lemig zand ((c)Hn21/23(X)) met grondwatertrap V (incl. V\*) bij elkaar nemen komen we op bijna 82 000 ha. Voegen we daar Gt VI aan toe (vele zandgronden die op de 1 : 50 000 bodemkaart Gt V gekregen hebben, hebben inmiddels een Gt VI) dan komt het areaal op ruim 241 000 ha. In Nederland worden bijna 980 000 ha zandgronden door de landbouw gebruikt.



Figuur 4.13 Bodemkaartje van de locatie Beltrum

Op de locatie Beltrum is de bouwvoor 25 tot 30 cm dik en bestaat uit zwak lemig, matig fijn zand met een organische stofgehalte van ongeveer 5 %. De ondergrond bestaat tot dieper dan 180 cm uit zwak lemig matig fijn tot zeer fijn zand. Het gehele profiel bestaat uit Jong Dekzand. De bodem is ook hier geïnclassificeerd als een veldpodzol. Figuur 4.14 geeft een profielschets van het bodemprofiel op de locatie Beltrum en de bijbehorende analysecijfers staan in tabel 4.5. De grondwaterstanden fluctueren tussen de 50 en ongeveer 150 cm. In de zomer valt de sloot droog.



Figuur 4.14 Foto en profielschets van de bodem in Beltrum

Tabel 4.5 Analysegegevens van het bodemprofiel Beltrum

a. Korrelgrootteverdeling, organische stofgehalte en pH

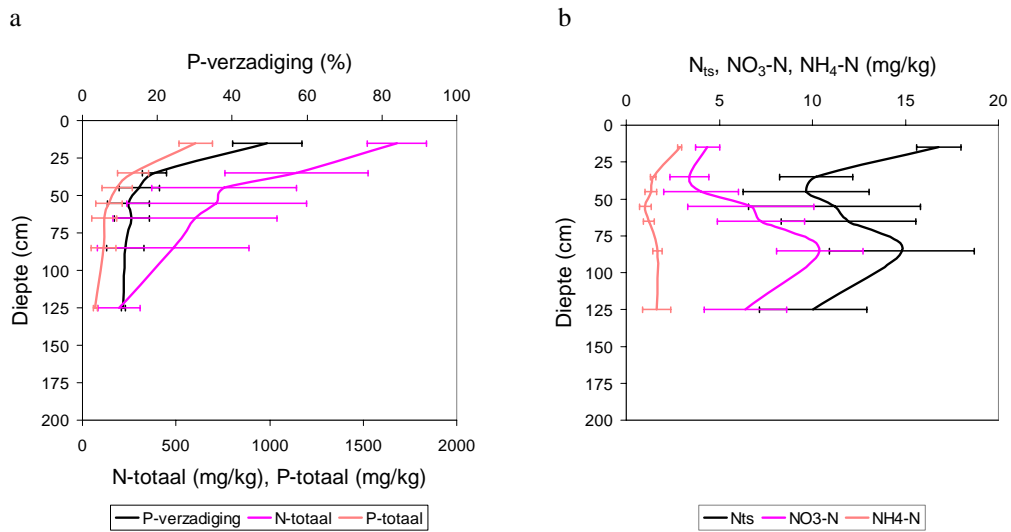
Horizont	Diepte cm	Korrelgrootteverdeling				Org. stof %	pH H <sub>2</sub> O
		< 2 µm (%)	< 16 µm %	< 50 µm %	> 50 µm %		
1Ap	0-25	2,1	4,2	7,0	93,0	5,8	5,8
1Bhe	25-50	2,7	3,9	7,9	92,1	5,4	5,6
1BC	50-80	2,1	3,2	6,4	93,6	3,6	5,4
1Ce	80-110	1,5	2,0	3,2	96,8	1,9	5,7
1Cer	110-160	1,5	1,8	4,9	95,1	0,9	5,8

b. Dichtheid, verzadigde doorlatendheid en poriënvolume

Diepte cm	Vol massa gr/cm <sup>3</sup>	Ks cm/dag	Poriënvolume %
10-20	1,17	84	56
40-50	1,71	36	35
100-110	1,69	55	36

Zowel wat betreft profielopbouw alsook fysisch en chemisch zijn de bodems bij de bufferbakken en de referentiebak goed vergelijkbaar. De fosfaatverzadigingsgraad van deze zandgrond in de bouwvoor is hoog (40-50%). Het gehalte voor de plant

direct beschikbaar fosfaat is voldoende ( $P_w$  is 25-35 mg  $P_2O_5/L$ ). Overige gemiddelde N en P parameters staan in figuur 4.15.



*Figuur 4.15 P-verzadigingsgraad, N-totaal, P-totaal (a), opgelost N ( $N_{ts}$ ), nitraat-N en ammonium-N (b) als functie van de diepte voor locatie Beltrum. De horizontale lijntjes geven  $2 \times$  de standaardafwijking weer voor drie mengmonsters genomen uit de referentiestrook, de bufferstrook en uit de akker.*



## 5 Opschaling

### 5.1 Algemeen

In de voorgaande hoofdstukken is beschreven hoe de Nederlandse ondergrond is geschematiseerd in zes zogenaamde geohydrotypen. Binnen deze strata is vervolgens gezocht naar een representatieve meetlocatie. Van de 5 geselecteerde locaties zijn de relevante hydrologische en bodemkundige data verzameld die als basis dienen voor de modellering van de effecten van teeltvrije zones op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Door de ruimtelijke afmetingen van de proeven zijn ze te karakteriseren als puntwaarnemingen terwijl de intentie is dat ze representatief zijn voor een landsdeel. Dat betekent dat de resultaten moeten worden opgeschaald. In dit hoofdstuk zal in hoofdlijnen worden geschetst hoe die opschaling kan worden uitgevoerd. Doel van deze schets is richting te geven aan de gegevensverzameling en modellering van zowel de proeflocatie zelf als ook van het stratum waarvoor de locatie representatief wordt geacht.

### 5.2 Methodiek voor opschaling

De opschaling van de resultaten van 5 meetlocaties naar een landsdekkend beeld van de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden zal globaal verlopen volgens de volgende methodiek. Per locatie worden 1-D en/of 2-D modellen opgesteld die worden gecalibreerd met de meetresultaten van de proeflocaties. Vervolgens worden met elk model berekeningen uitgevoerd voor andere omstandigheden. Van deze resultaten worden metamodellen gemaakt die aangeven wat de effectiviteit van een bemestingsvrije strook is als functie van karteerbare kenmerken zoals bijvoorbeeld de bodemeenheid. In het hierna volgende zal dit nader worden uitgewerkt.

#### *Opstellen hydrologische modellen per proeflocatie.*

Naast het meten van hydrologische variabelen en parameters op de geselecteerde meetlocatie worden modellen opgesteld voor de grondwaterstroming en de kwaliteitsprocessen. De verzamelde meetgegevens worden gebruikt om de hydrologische modellen te calibreren en te valideren.

#### *Definiëren relevante karteerbare kenmerken*

Met de gevalideerde modellen kan de gevoeligheid van de berekende effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden voor verschillende karteerbare kenmerken worden onderzocht. Hieruit kan worden afgeleid welke karteerbare kenmerken kunnen worden gebruikt voor opschaling. Dit wordt aangeduid als relevante karteerbare kenmerken.

#### *Opstellen metamodellen*

Met de relatie tussen de bepalende karteerbare kenmerken en het gemodelleerde effect van de aanleg en breedte van een bufferstrook worden zogenaamde metamodellen opgesteld. Deze metamodellen geven per geohydrotype de relatie aan tussen het effect van een bemestingsvrije perceelsrand en één of meerdere opschaalparameters (karteerbare kenmerken). Deze metamodellen zijn naar verwachting specifiek voor ieder geohydrotype.

#### *Toepassing metamodel op gekarteerde kenmerken*

Voor een willekeurige locatie (waarschijnlijk een perceel) is het geohydrotype bekend en zijn in principe ook de relevante karteerbare kenmerken bekend. Met behulp van het juiste metamodel is vervolgens voor die locatie de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden te voorspellen. Samenvoeging van alle locaties geeft een landelijk beeld.

### **5.3 Representativiteit van de locatie**

De significante karteerbare kenmerken kunnen continu van karakter zijn (bijvoorbeeld maaiveldhoogte) maar ook geclassificeerd (bijvoorbeeld bodemtype). Om aan de hand van modelonderzoek het totale domein van de karteerbare kenmerken af te kunnen tasten is vooraf inzicht noodzakelijk in de grootte en de variatie van deze kenmerken. Volgens de hydrologische systeemanalyse (Hoofdstuk 2) zijn de volgende kenmerken belangrijk:

- geohydrologische eigenschappen (dikte en doorlatendheid van de onderscheiden lagen);
- anisotropie (verhouding tussen verticale en horizontale weerstand);
- maaiveldsligging (meso- en microreliëf);
- infiltratiecapaciteit;
- chemische eigenschappen voor adsorptie en afbraak van nutriënten (fosfaatbindend vermogen, C/N-quotient).

Van deze bepalende kenmerken moet de statistische verdeling en de ruimtelijke verdeling per geohydrotype bekend te zijn. Dat betekent dat er een koppeling te leggen moet zijn met landsdekkende digitale geografische bestanden zoals het Algemeen Hoogtebestand van Nederland (AHN). Hieronder zal alleen worden ingegaan op de bodemkundige en hydrologische eigenschappen.

#### *Geohydrologische eigenschappen*

Per grid van 250\*250 m is in het kader van de hydrologie voor STONE (Massop e.a., 2000) de lagenopbouw bekend, opgesplitst naar weerstandsbiedende en watervoerende lagen. Voor de weerstandsbiedende lagen is de dikte en verticale doorlatendheid gegeven; voor de watervoerende lagen de dikte en horizontale doorlatendheid. Per geohydrotype is een classificatie uitgevoerd zoals in de studie naar interactie grondwater-oppervlaktewater (Massop e. a., 1997). Deze is opgeschaald en gebruikt bij de hydrologie voor STONE. De ruimtelijke variabiliteit van deze eigenschappen kan ook op statistische wijze worden gekarakteriseerd met maatstaven voor gemiddelde en spreiding.

### *Anisotropie*

Voor de variatie in anisotropie kan gebruik worden gemaakt van een koppeling aan de bodemkaart van Nederland 1 : 50.000 (Van der Gaast e. a., 2006). Er is nog aanvullend onderzoek nodig om de meest geschikte classificatie te vinden.

### *Maaiveldsligging*

In hoofdstuk 3 is een voorstel gedaan om de maaiveldsligging van percelen te karakteriseren, op basis van de top10-vector- en het AHN-bestand. Nader onderzoek is nodig of na te gaan of dit voorstel de gewenste resultaten oplevert.

### *Infiltratiecapaciteit*

Deze eigenschap kent een sterke ruimtelijke en temporele variabiliteit. De infiltratiecapaciteit is nl. afhankelijk van, maar niet gelijk aan de verzadigde doorlatendheid van de bovengrond en is bovendien sterk afhankelijk van berijden of bewerken van de grond. De verzadigde doorlatendheid is te koppelen aan de Staringreeks-bouwstenen en de mate van de berijding en bewerking en het landgebruik. Een extra complicatie is het optreden van waterafstotendheid (hydrofobie) waardoor de grond gedurende lange tijd na uitdrogen boven een bepaalde grens moeilijk kan herbevochtigen.

Vooralsnog is niet duidelijk hoe deze variatie kwantitatief is te koppelen aan karteerbare kenmerken zoals bodemeenheid en landgebruik.

## **5.4 Aanbevelingen voor de modelberekeningen**

Voor het opstellen van de metamodellen voor de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden moeten modelberekeningen worden uitgevoerd die het gehele domein van de opschaalparameters dekken. Hiervoor kan de statistische karakterisering van de relevante modelparameters worden gebruikt. Voor de adequate keuze van invoerparametercombinaties zijn statistische technieken ontwikkeld, o.a door McKay, et al. (1979), Iman en Conover (1982), en Jansen (1999). Deze trekkingsmethoden streven bijvoorbeeld een zo efficiënt mogelijke, of een zo gelijk mogelijke, of een zo representatief mogelijke, dekking na van de meerdimensionale ruimte die door de afzonderlijke parameters wordt opgespannen.





## Literatuur

- Bakel, J. van, Heinen, M., Massop, H.T.L. en Noij, G.J. (2004). *Effectiveness of buffer strips in the Netherlands*. In G.L. Velthof (Ed.): *Onderbouwing van enkele middelvoorschriften uit het Nederlandse Actieprogramma Nitraatrichtlijn* (pp. 9-18) Wageningen: Wageningen UR.
- Bloemendaal S. en C.M.L. Cornelissen., 1985. *Grondwaterkaart van Nederland*, Aalten 41 Oost. Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- Bon J., 1974. *Het afvoeronderzoek in Midden Noord-Brabant*. ICW-nota 874.
- Bon J., 1976. *Geohydrologische interpretatie van het grondwatervlak in Midden Noord-Brabant*. ICW-nota 912.
- Boswinkel, J.A. en C.M.L.Cornelissen, 1980. *Grondwaterkaart van Nederland. 's-Gravenhage 30D, 30Oost en Utrecht, 31 W*. Delft, DGV-TNO.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.
- Cattenstart G.C., 1983. *Geohydrologische inventarisatie van waterwingebieden*. Landinrichtingsdienst.
- Gaast J.W.J van der., H.Th. L. Massop en G.B.M Heuvelink, 2005. *Monitoring verdroging. Methodische aspecten van meetnetoptimalisatie*. Wageningen, Alterra-rapport 1102.
- Gaast J.W.J., H. Vroon en H.Th.L. Massop, 2006. *Verdroging veelal systematisch overschat*. *H2O*, nr 21., blz 39-43.
- Gaast, J. W. J. van der, H. Th. L. Massop, H. R. J. Vroon en I. G. Staritsky, 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Wageningen, Alterra-rapport 1339.
- Grootjans P., 1984. *De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland*. DGV-TNO en Provincie Gelderland..
- Heijboer, D. en J. Nellestijn., 2002. *Klimaatatlas van Nederland. De normaalperiode 1971-2000*. KNMI, De Bilt.
- Iman, R.L. and Conover, W.J., 1982. A distribution-free approach to inducing rank correlation among input variables. *Communications in Statistics-simula. computa.*, 1982-11- 3, 311-334

- Jansen, M.J.W., 1999, *3S: a first exercise in scrambled Sobol sampling*, Centre for Biometry Wageningen, Internal Note MJA-1999-2
- KNMI, 2006. *Maandoverzicht neerslag en verdamping van Nederland. Maart 2006*. De Bilt, 75<sup>e</sup> jaargang. Nr.3 .
- Lekahena., E.G., 1983. *Grondwaterkaart van Nederland, Centrale Slenk (Oost Brabant)*. Inventarisatierapport. Rapport GWK-32 Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- Massop H. Th. L., L. C. P. M Stuyt, P. J. T van Bakel, J. M. M. Bouwmans en H. Prak, 1997. *Invloed van de oppervlaktewaterstand op de grondwaterstand. Leidraad voor kwantificering van de effecten van veranderingen in de oppervlaktewaterstand*. Wageningen, SC-DLO rapport 420.1.
- Massop H.T.L., T. Kroon, P.J.T van Bakel, W.J. de Lange, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. *Hydrologie voor Stone; Schematisatie en parametrisatie*. Alterra/RIZA/RIVM. Alterra-rapport 038. Reeks Milieuplanbureau 9.
- McKay, M.D. & Beckman, R.J. & Conover, W.J., 1979, *A comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code*, Technometrics, 21, 1979, 239-245.
- Noij, Gert-Jan, 2006. Effectiveness of buffer strips in the Netherlands. Research plan. Effectiveness of buffer strips publication series 1, Alterra, Wageningen
- Provincie Gelderland, 1985. *Grondwaterplan Bijlage 1 Geohydrologie*
- Provincie Gelderland, 1985. *Grondwaterplan Bijlage 1 Geohydrologie*
- Rijks Geologische Dienst, 1991/ *Karakterisering hydrogeologische opbouw van de provincie Gelderland. Deel 1: Oost-Gelderland Bp 10800*
- Sobol, I.M., 1967, *On the distribution of points in a cube and the approximate evaluation of integrals*, USSR Comput. Math. Phys. 7, 1967, 86-112.
- Stichting voor Bodemkartering. 1979. *Bodemkaart van Nederland. Schaal 1 : 50 000. Blad 34 West Enschede*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stichting voor Bodemkartering. 1983. *Bodemkaart van Nederland. Schaal 1 : 50 000. Blad 41 Oost Aalten*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stichting voor Bodemkartering. 1969. *Bodemkaart van Nederland. Schaal 1 : 50 000. Blad 31 West Utrecht*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stichting voor Bodemkartering. 1990. *Bodemkaart van Nederland. Schaal 1 : 50 000. Blad 20 West (gedeeltelijk) en 20 Oost Lelystad*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Stichting voor Bodemkartering. 1990. *Bodemkaart van Nederland. Schaal 1 : 50 000. Blad 44 Oost Oosterhout*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp. 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. Technisch Document 19A. SC-DLO, Wageningen.

Uil H., 1980. *Grondwaterkaart van Nederland. Leystad/Zwolle, 20Oost/21West. GWK27*. Delft/Oosterwolde, DGV-TNO.

Vermeulen P.T.M., R.J. Stuurman, J. Ph. M. Witte, R. van der Meijden en C.L.G. Groen, 1996. *Landelijke hydrologische systeemanalyse. Deelrapport 6. Het gebied ten oosten van de IJssel (Salland, etc.)*. TNO-rapport GG-R-95-91 (B). TNO-GG.

Werkgroep Midden West Nederland, 1976. *Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West-Nederland*. ICW, Wageningen.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994. Technisch document 18, DLO Staring Centrum, Wageningen.



## Bijlage 1 Hydrotypen en bijbehorende arealen en profieltypen

TIJDVAK	Hydrotype	ha	percentage	profieltype
Holocene	Betuwe-komgronden	83948	2,4%	c/d/f
	Betuwe-stroomruggronden	107.391	3,1%	c/d/f
	Duinstrook	92.696	2,7%	b
	Singraven-beekdalen	134.439	3,8%	
	Westland-C-profiel	101.845	2,9%	f
	Westland-DC-profiel	83.930	2,4%	f
	Westland-DHC-profiel	319.955	9,1%	d/f
	Westland-DH-profiel	428.262	12,2%	d/f
	Westland-D-profiel	377.298	10,8%	f
	Westland-HC-profiel	84.530	2,4%	d
	Westland-H-profiel	90.563	2,6%	d
Holocene Totaal		1.904.857	54,5%	
Pleistoceen	Dekzand profiel	408.706	11,7%	b
	Eem en/of keileemprofiel	118.034	3,4%	a/b/e
	Keileem profiel	154.113	4,4%	a/b/e
	Keileem-Peeloo profiel	159.649	4,6%	a/b/e
	Loss profiel	52.721	1,5%	b
	Nuenengroep profiel	209.440	6,0%	a/b/e
	Oost-Nederland profiel	83.086	2,4%	a
	Open profiel	89.555	2,6%	b
	Peeloo profiel	91527	2,6%	b
	Stuwwallen	138.553	4,0%	b
	Tegelen/Kedichem profiel	86.119	2,5%	b
Pleistoceen Totaal		1.591.968	45,5%	
Nederland		3.496.826	100,0%	



## Bijlage 2a Voorbeeldtabel karteerbare eigenschappen

(in de digitale versie van een meer gedetailleerd hydrologisch rapport komt een al dan niet digitale doorverwijzing naar de beschrijving en de informatiebronnen)

Nr	Categorie	indicatoren	eenheid
1	Ligging proefperceel	Ligging en oppervlakte	Vlakinformatie ha
		x-coord. hoekpunt 1	m
		y-coord. hoekpunt 1	m
		Enz.	
2	Ligging meetlocatie	ligging	
		x-coord. punt a	
		y-coord. punt a	
		Enz.	
3	Landgebruik proefperceel en omgeving	Gewas(sen)	
		Maximale bewortelingsdiepte gewas op perceel	
		Intensiteit landgebruik perceel	
		Enz.	
4	Topografie en geomorfologie	Regionale helling	
		perceelsligging	
		microrelief	
		Enz.	
5	Bodempfysische eigenschappen perceel	Bodemeenheid 1 : 50.000	
		Staringreeks-bouwsteen 1e laag	
		Enz.	
		Bewortelbare diepte	m
		Infiltratiecapaciteit	mm/d
		Zwel/krimp karakteristiek	
		Idem invloedsgebied	Kaart bodempfysische eenheden
6	Open detailont-wateringssysteem: maaiveld-greppels van perceel	dichtheid	1/m
		bodemdiepte	m
		Enz.	
7	Sloot langs bufferstrook	bodemdiepte	m
		bodembreedte	m
		talud	1/n
		Dikte sliblaag bodem	m
		Weerstand sliblaag bodem	d
8	Droogvallende sloten invloedsgebied	dichtheid	1/m
		Bodemdiepte	m
		bodembreedte	m
		talud	1/n
		Intreeweerstand bodem	d
		Enz.	
9	Idem watervoerende sloten < 3 m	$k_M$ winter	
		$K_M$ zomer	
10	Idem watervoerende sloten 3-6 m		
11	Buisdrainage perceel zelf	Wel/niet	vlakinformatie
		Indien wel diepte	m
		Indien wel afstand	m



Nr	Categorie	indicatoren	eenheid
12	Buisdrainage invloedsgebied	Ligging gedraineerde percelen	
		draindiepte	m
		drainageweerstand	
13	Waterlopen afwa- teringssysteem peilvak waar perceel in ligt	ligging	Lijninformatie
		Bodemdiepte	m
		Bodembreedte	m
		Taludhelling bij standaard profiel	1/n
		aanvoercapaciteit	mm/d
14	Peilbepalend kunstwerk in afwateringssysteem	ligging	
		type (gemaal: automatisch, vast, handbediend)	
		Maximale kruinkoogte stuw	m tov NAP
		Minimale kruinhoogte stuw	m tov NAP
		Maximaal aanslagpeil	m tov NAP
		Minimaal aanslagpeil	m tov NAP
		Beheersmarge bij automatische stuw c.q. gemaal	mm
		Afvoerrelatie	mm/d bij x cm overstort
16	Berekening perceel zelf	Wel/niet	
		beregeningscapaciteit	mm per beurt
		beregeningsfrequentie	1/d
17	Berekening omgeving	ligging van beregenbare percelen	
		Herkomst beregeningswater	Grondwater of oppervlaktewater

## Bijlage 2b Voorbeeldtabel karteerbaar gedrag en randvoorwaarden

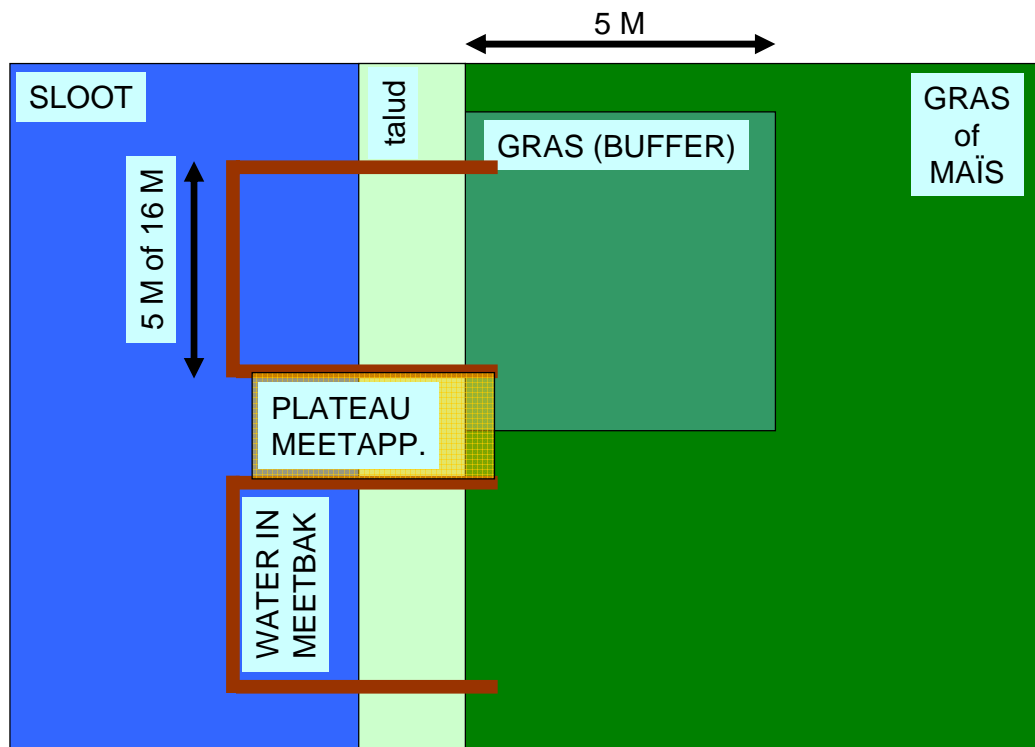
(in de digitale versie van een meer gedetailleerd hydrologisch rapport komt een al dan niet digitale doorverwijzing naar de beschrijving en de informatiebronnen)

Nr	Categorie	indicatoren	eenheid
1	neerslag	Periode 1970 - 2000 KNMI-station	mm/d
2	Potentiele verdamping	Periode 1970 - 2000 District	mm/d
3	Aanvoer via oppervlaktewater	Dagwaarden	(m <sup>3</sup> /d)
4	Grondwaterstands-dynamiek	GHG	m tov mv
		GLG	m tov mv
		GVG	m tov mv
		Schijngrondwaterstand	nog nader in te vullen
4	Freatische grondwaterstandsbuizen	Tijdstijghoogtelijn	m tov mv m tov NAP
		Diepte filter	m tov mv m tov NAP
5	Overige grondwaterstijghoogtemeetpunten	Tijdstijghoogtelijn	m tov mv m tov NAP
6	Afvoermeetpunten	Afvoerverloop	(m <sup>3</sup> /d)
		Meetfrequentie	1/d
		Kwaliteit meetpunt	schaal nog ontwikkelen
7	Peilbeheer	Zomerpeil	m tov NAP
		Winterpeil	m tov NAP
		Type peilbeheer Grondwaterstands-afhankelijk, etc	
8	Kwel/wegzijging	Ruimtelijk patroon winter	
		Idem zomer	
		Kwel ter plekke perceel in de winter	mm/d
		Idem in de zomer	mm/d
		Kwelkwaliteit	classificatiesysteem nog ontwikkelen



### Bijlage 3 Schets van de proefopstelling

#### BOVENAANZICHT MEETBAKKEN



(NIET OP SCHAAL)



## Bijlage 4 Profielbeschrijvingen proeflocaties

- **Zegveld-Perceel**
- **Zegveld-Referentie**
- **Zegveld-Buffer**
- **Lelystad-Akker**
- **Lelystad-Buffer**
- **Lelystad-Referentie**
- **Loon op Zand-Buffer**
- **Loon op Zand-Perceel**
- **Loon op Zand-Referentie**
- **Winterswijk-Perceel**
- **Winterswijk-Buffer**
- **Winterswijk-Referentie**
- **Beltrum-Perceel**
- **Beltrum-Buffer 5**
- **Beltrum-Buffer 3**
- **Beltrum-Referentie 5**

Voor iedere locatie is de situering van het beschreven profiel als volgt:

Perceel of Akker: het bodemprofiel ligt midden tussen de bakken op een afstand van 20 m van de sloot.

Referentie: het bodemprofiel ligt midden voor de referentiebak op een afstand van 2,5 m van de sloot.

Buffer: het bodemprofiel ligt midden voor de bufferbak op een afstand van 2,5 m van de sloot.

Voor codes en afkortingen gebruikt bij de beschrijvingen wordt verwezen naar Ten Cate e.a., 1995.

Profiel:	<b>Zegveld (Perceel)</b>								
Datum:	15-2-2006								
Coördinaat:	ID = 320	117270	461380						
St.puntcode:	1dc								
Gt:	IIb	GHG: 35	GLG: 75						
Bodemgebr:	GR								
Bew. Diepte:	35								
Hor.	Diepte(cm-mv)	Org.stof%	aard org	%<2μ	Geol.form	Opmerkingen	Monsterdiepte	Monster-nr	
1Ap	0-15	30	DK	15	110	zwart/kleig veen/veraard	0-15	100881	Hor 1
1Cw	15-50	60	DV		110	veraard/iets lutumbijmenging	15-50	100882	Hor 2
1Cu	50-75	70	BM		120	d/bruin/houtresten	50-75	100883	Hor 3
1Cr	75-180	85	C		130	l.bruin	75-120	100884	Hor 4
							120-180	100885	Hor 5

Profiel:	<b>Zegveld (Referentie)</b>								
Datum:	16-2-2006								
Coördinaat:	ID = 10	117289	461376						
St.puntcode:	1dc								
Gt:	IIIb	GHG: 30	GLG: 80						
Bodemgebr:	GR								
Bew. Diepte:	40								
Hor.	Diepte(cm-mv)	Org.stof%	aard org	%<2μ	Geol.form	Opmerkingen	Monsterdiepte	Monster-nr	
1Ap	0-25	30	KV		110	Kleig veen	0-25	100081	Hor 1
1Cw1	25-50	60	DV		110	Zwart/veraard/irreversibele	25-50	100082	Hor 2
1Cw2	50-80	60	BM		120	Korrels	50-80	100083	Hor 3
1Cr1	80-120	80	C		130	Met hout	80-120	100084	Hor 4
1Cr2	120-180	80	C		130	Met hout	120-180	100085	Hor 5

Profiel:	<b>Zegveld (Buffer)</b>								
Datum:	16-2-2006								
Coördinaat:	ID = 25	117285	461392						
St.puntcode:	1dc								
Gt: IIb	GHG: 30	GLG: 80							
Bodemgebr:	GR								
Bew. Diepte:	40								
Hor.	Diepte(cm-mv)	Org.stof%	aard org	%<2μ	Geol.form	Opmerkingen	Monsterdiepte	Monster-nr	
1Ap	0-2	30	KV		110	kleiig veen zwart/veraard/irreversibele	0-25	100881	Hor 1
1Cw1	25-50	60	DV		110	korrels	25-50	100882	Hor 2
1Cw2	50-80	8	BM		120	met hout	50-80	100883	Hor 3
1Cr1	80-120	80	C		130	met hout	80-120	100884	Hor 4
1Cr2	120-180	80	C		130	met hout	120-180	100885	Hor 5

Profiel:	<b>Lelystad (Akker )</b>												
Datum:	16-2-2006												
Coord:	ID = 320												
St.puntcode:	k5k4212a												
Gt:	IVu	GHG: 70	GLG: 120										
Bodemgebr:	AG												
Bew. Diepte:	80												
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org. stof %	aard org	%<2μ	%<50μ	M50	Kalk Klasse	Rijping	Geol.form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0-25	2		12			3	5	230	grijs/zwart	0-25	200881	Hor 1
1Cg1	25-100			6	20	110	3		230	zandlaagjes	25-100	200882	Hor 2
1Cgr	100-130			8	25	110	3		230	gelaagd	100-130	200883	Hor 3
1Cr1	130-160	1		10			3	5	230	iets humeus	130-160	200884	Hor 4
1Cr2	160-200	7		13			3	5	230	zwart/humeus	160-200	200885	Hor 5
2Cr	200-250	20	DK						230	zwart/veen	200-250	200886	Hor 6



Profiel:	<b>Lelystad (Buffer)</b>											
Datum:	16 feb 2006											
Coord:	ID = 25											
St.puntcode:	k5k4212a											
Gt:	Ivu GHG: 70 GLG: 120											
Bodemgebruik	AG											
Bew. diepte:	80											
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org. stof %	%<2 $\mu$	%<50 $\mu$	M50	Kalk Klasse	Rijping	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0-30	2	15			3	5	230		0-30	200281	Hor 1
1Cg1	30-65		6	25	110	3		230	gelaagd	30-65	200282	Hor 2
1Cg2	65-110		8	25	110	3		230	gelaagd	65-110	200283	Hor 3
1Cr1	110-170		7	25	110	3		230	gelaagd	110-170	200284	Hor 4
1Cr2	170-200	2	8	25	110	3		230	humusbandje/gelaagd	170-200	200285	Hor 5
1Cr3	200-250	6	13			3	5	230	zwart/humeus	200-250	200286	Hor 6

Profiel:	<b>Lelystad (referentie)</b>											
Datum:	16-2-2006											
Coördinaat:	ID = 10											
St.puntcode:	M5p215a											
Gt:	IVu GHG: 70 GLG: 120											
Bodemgebr	AG											
Bew. diepte	80											
Hor.	Diepte(c m-mv)	Org. stof %	%<2 $\mu$	%<50 $\mu$	M50	Kalk Klasse	Rijping	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0-30	2	15			3	5	230		0-30	200081	Hor 1
1Cg1	30-70		8			3		230	gelaagd	30-70	200082	Hor 2
1Cg2	70-100		9			3		230	gelaagd	70-100	200083	Hor 3
1Cgr	100-120		9			3		230		100-120	200084	Hor 4
1Cr1	120-160	2	11			3		230	gelaagd/humusbandjes	120-160	200085	Hor 5
1Cr2	160-230	10	15			3		230	Humus bandjes/ oplopend tot humeus	160-230	200086	Hor 6

Profiel: <b>Loon op Zand (Buffer)</b>											
Datum:		8-2-2006									
Coördinaat:		ID = 25									
St.puntcode:		2r 431									
Gt:		VId GHG: 60 GLG: >180									
Bodemgebr:		GR									
Bew. Diepte:		45									
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org. stof %	%<2μ	%<50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0-25	4		10	180	1	411	zwart	0-25	300281	Hor 1
1Bhe	25-45	2		10	180	1	411	d.bruin/licht verwerkt	25-45	300282	Hor 2
1Ce1	45-70			20	130	1	412	gelaagd	45-70	300283	Hor 3
1Ce2	70-95			11	150	1	412		70-95	300284	Hor 4
2Ce1	95-120			55	100	1	422		95-120	300285	Hor 5
2Ce2	120-170			55	100	1	422	Op 170 blauwe slappe leem	120-170	300286	Hor 6

Profiel: <b>Loon op Zand (Perceel)</b>												
Datum:		8-2-2006										
Coord:		ID = 320										
St.puntcode:		2q432										
Gt:		VId GHG: 60 GLG: >180										
Bodemgebr:		GR										
Bew. Diepte:		65										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org. stof%	aard org	%<2μ	%<50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Aap	0-25	3			10	195	1	692	zwart	0-25	300881	Hor 1
1Aa	25-40	2			10	195	1	692	zwart	25-40	300882	Hor 2
1Bhe	40-80	2			10	175	1	411	d/bruin	40-80	300883	Hor 3
1BC	80-125	0.5			10	175	1	411	l.bruin	80-125	300884	Hor 4
1Ce1	125-150				23	135	1	412	gelaagd	125-150	300885	Hor 5
2Ce	150-180				30/50	100	1	422	gelaagd	150-180	300886	Hor 6

Profiel:	<b>Loon op Zand (Referentie)</b>											
Datum:	7-2-2006											
Coördinaat:	ID = 10											
St.puntcode:	2r432											
Gt:	VId	GHG: 60		GLG: >180								
Bodemgebr:	GR											
Bew. Diepte:	40											
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org. stof%	aard org	% <2µ	% <50µ	M50	Kalk-klasse	Geol.f orm	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0-20	3			10	190	1	411	zwart	0-20	300081	Hor 1
1A/Bhe	20-40	2			10	180	1	411	d.bruin/B met restjes A	20-40	300082	Hor 2
1BC	40-80				10	175	1	411	l/bruin	40-80	300083	Hor 3
1Ce1	80-100				10	160	1	411		80-100	300084	Hor 4
1Ce2	100-130				25	130	1	412	overgang naar leem- ondergrond	100-130	300085	Hor 5
2Ce	130-160				60	100	1	422	grijze leem	130-160	300086	Hor 6

Profiel:	<b>Winterswijk (Perceel)</b>											
Datum:	7-feb-06											
Coördinaat:	ID = 320	246900		437204								
St.puntcode:	c4k433-t5											
Gt:	Vbd	GHG: 30		GLG:>220								
Bodemgebr:	GR											
Bew. Diepte:	50											
Hor.	Diepte (cm-mv.)	Org.stof %	% <2µ	% <50µ	M50	Kalk-klasse	Rijping	Geol.form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Aap	0 - 25	5	6	30	185	1		692	zwart	0-25	400881	
1ACg	25 - 50	2	8	35	185	1		692	bruin/zwart. Overgang naar kleiondergrond	25-50	400882	
2Cg1	50 - 65		30			1	5	633	roestige oude klei	50-65	400883	
2Cg2	65 - 80		60			1	5	633	roestige oude klei	65-80	400884	

Profiel:	<b>Winterswijk (Buffer)</b>										
Datum:	7-2-2006										
Coördinaat:	ID = 25	246890	437219								
St.puntcode:	c4k443-t5										
Gt:	Vbd GHG: 25 GLG: >200										
Bodemgebr:	GR										
Bew. Diepte:	50										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof %	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Rijping	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr
1Aap	0 - 25	5	4	25	230	1		692	zwart met grof zand	0-25	400281
1 Aag	25 - 45	4	5	28	200	1		692	zwart met roest	25-45	400282
2Cg	45 - 70		60			1	5	633	zeer roestig	45-70	400283

Profiel:	<b>Winterswijk (Referentie)</b>										
Datum:	7-2-2006										
Coördinaat:	ID = 10	246901	437222								
St.puntcode:	c4k433-t5										
Gt:	Vbd GHG: 25 GLG: >200										
Bodemgebr:	GR										
Bew. Diepte:	50										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof %	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Rijping	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr
1Aap	0 - 25	6	6	30	190	1		692	zwart iets heterogeen	0-25	400081
1 ACg	25 - 45	4	5	30	190	1		692	zwart met kleibrokjes	25-45	400082
2Cg	45 - 70		60			1	5	633	zeer roestig	45-70	400083

Profiel:	<b>Beltrum (Akker)</b>										
Datum:	13-2-2006										
Coördinaat:	ID = 420	233784		455502							
St.puntcode:	2r432-F										
Gt:	Vlo	GHG: 50		GLG: 160							
Bodemgebr:	AM										
Bew. Diepte:	70										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof %	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0 - 30	4		12	160	1	411	zwart donker bruin; licht	0 - 30	500881	Hor 1
1Bhe	30 -55	2		12	160	1	411	verwerkt	30 -55	500882	Hor 2
1BC	55 - 80	0.5		12	145	1	411	licht bruin; gewoeld	55 - 80	500883	Hor 3
1Ce	80 - 160			12	135	1	411	grijs	80 - 120	500884	Hor 4
1Cer	160 -180			12	135	1	411	grijs	120-160	500885	Hor 5

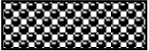

















Profiel:	<b>Beltrum (Buffer 5)</b>										
Datum:	13-2-2006										
Coördinaat:	ID = 25	233775		455517							
St.puntcode:	2r432-F										
Gt:	Vio	GHG: 50		GLG: 150							
Bodemgebr:	AM										
Bew. Diepte:	70										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof %	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0 – 25	4		12	160	1	411	zwart	0 - 25	500281	Hor 1
1Bhe	25 -50	2		12	160	1	411	verwerkt(gespit)	25 -50	500282	Hor 2
1BC	50 – 80	3		12	160	1	411	verwerkt(gespit)	50 - 80	500283	Hor 3
1Ce	80 – 110			12	140	1	411	licht bruin	80 - 110	500284	Hor 4
1Cer	110 -160			12	135	1	411	grijs	110 -160	500285	Hor 5

Profiel:	<b>Beltrum (Buffer 3)</b>										
Datum:	13-2-2006										
Coördinaat:	ID = 33	233787	455525								
St.puntcode:	2r432-F										
Gt:	Vio	GHG: 50	GLG: 150								
Bodemgebr:	AM										
Bew. Diepte:	70										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof %	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0 - 30	4		12	160	1	411	zwart	0 - 30	500181	Hor 1
1Bhe	30 -70	2		12	160	1	411	zwart met B	30 -70	500182	Hor 2
1BC	70 - 120	1		12	145	1	411	B (los)	70 - 120	500183	Hor 3
1Ce	120 - 150			12	145	1	411	grijs	120 - 150	500184	Hor 4

Profiel:	<b>Beltrum (Midden Referentie 5)</b>										
Datum:	13-2-2006										
Coördinaat:	ID = 25	233762	455509								
St.puntcode:	2r432										
Gt:	Vio	GHG: 60	GLG: 150								
Bodemgebr:	AM										
Bew. Diepte:	65										
Hor.	Diepte (cm-mv)	Org.stof%	% <2μ	% <50μ	M50	Kalk-klasse	Geol. form	Opmerkingen	Monster diepte	Monster-nr	
1Ap	0 - 30	4		12	160	1	411	zwart	0 - 30	500081	Hor 1
1Bhe	30 -55	3		12	160	1	411	zwart iets B	30 -55	500082	Hor 2
1BC	55 - 100	1		12	160	1	411	donker bruin	55 - 100	500083	Hor 3
1Ce	100 - 120	0.5		12	150	1	411	licht bruin	100 - 120	500084	Hor 4
1Cer	120 -150			12	140	1	411	grijs	120 -150	500085	Hor 5



## Bijlage 5 Legenda profielschetsen

	grind, grindig		A-horizont
	zand, zandig		E-horizont
	leem, siltig		B-horizont
	klei, kleilig		C-horizont, grind
	veen, humeus		C-horizont, zand
	diepte GHG		C-horizont, leem
	diepte GLG		C-horizont, klei
	verwerkt		C-horizont, veen
	geëgaliseerd		
	opgehoogd		
	afgegraven		

'getekend volgens NEN 5104'