



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Watersysteemverkenning Noordelijke Friese Wouden

J. Roelsma
R.A.L. Kselik
J.A. de Vos

Alterra-rapport 1464, ISSN 1566-7197



Watersysteemverkenning Noordelijke Friese Wouden

Watersysteemverkenning Noordelijke Friese Wouden

**J. Roelsma
R.A.L. Kselik
J.A. de Vos**

Alterra-rapport 1464

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Roelsma, J., R.A.L. Kselik en J.A. de Vos, 2008. *Watersysteemverkenning Noordelijke Friese Wouden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1464. 52 blz.; 21 fig.; 7 tab.; 5 ref.

Voor het project 'Meervoudige MilieuMonitoring voor Gebiedssturing', ('3MG') van het BSIK-programma "Transforum Agro & Groen" is in 2006 gestart met een watersysteemverkenning van het gebied de Noordelijke Friese Wouden (NFW). Daarbij zijn van dit watersysteem beschikbare gegevens, relevante processen en het functioneren geïnventariseerd. Uit de watersysteemverkenning kunnen de volgende conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan:

- De hydrologische begrenzing van het NFW-gebied komt niet overeen met de huidige gebiedsbegrenzing van de vijf gemeenten.
- Om een water- en stoffenbalans voor het gebied de Noordelijke Friese Wouden op te stellen ontbreekt een aantal essentiële gegevens, zoals de hoeveelheid ingelaten en uitgelaten water en nutriënten, ook nadat de gebiedsgrenzen zijn bijgesteld.
- Op basis van de halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties van de zes geselecteerde meetlocaties voor de periode 1997 – 2005 valt op te maken dat drie van de zes meetlocaties een gemiddelde waarde voor de stikstofconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico (MTR) ligt. Twee van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de fosforconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico ligt.
- Vanwege de grootte van het gebied en de onbekendheid met de locaties en hoeveelheden van ingelaten water en afstromend water uit opmalingsgebieden zal gekozen moeten worden voor een andere manier om tot een water- en stoffenbalans te komen. Een mogelijkheid zou bijvoorbeeld kunnen zijn om een aantal kleine proefgebieden te kiezen voor de verschillende waterbeheersingstypen en/of gebaseerd op de verschillende voorkomende bodemsoorten (klei, zand en veen) in het gebied.

Trefwoorden: monitoring, Noordelijke Friese Wouden, nutriënten, watersysteemverkenning

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via 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.

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en probleem	13
1.2 Doel	13
1.3 Leeswijzer	14
2 Studiegebied Noordelijke Friese Wouden	15
2.1 Grondsoort en geologie	15
2.2 Geohydrologie	17
2.3 Maaiveld	18
2.4 Bodem	19
2.5 Landgebruik	20
2.6 Gegevens(bestanden)	21
3 Het watersysteem	23
3.1 Neerslag en verdamping	23
3.2 Oppervlaktewater	24
3.2.1 Oppervlaktewaterstructuur	24
3.2.2 Wateraanvoer en -afvoer	27
3.2.3 Lozingen op het oppervlaktewater	29
3.3 Grondwater	30
3.3.1 Onttrekkingen	30
3.3.2 Grondwaterstanden	30
3.3.3 Grondwaterstroming	32
3.3.4 Kwel	32
3.4 Gegevens(bestanden)	33
4 Chemische waterkwaliteit	35
4.1 Beschouwde stoffen in het huidige meetnet	35
4.2 Atmosferische depositie	37
4.3 Externe belasting	38
4.4 Oppervlaktewater	38
4.5 Grondwater	43
4.6 Gegevens(bestanden)	43
5 Conclusies en aanbevelingen	45
Literatuur	47
 <i>Bijlage</i>	
1 Beschrijving van de geologische formaties in het studiegebied Noordelijke Friese Wouden	49

Woord vooraf

De studie waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan maakt deel uit van het wetenschappelijk project 'Meervoudige MilieuMonitoring voor Gebiedssturing', ('3MG') van het BSIK-programma "Transforum Agro & Groen". De watersysteemverkenning Noordelijke Friese Wouden maakt deel uit van het onderdeel 'Water' van 3MG; de andere onderdelen zijn 'Bodem' en 'Lucht'

Het project werd gefinancierd door het BSIK-programma Transforum Agro en Groen en de LNV-kennisbasisthema's "Inrichting en gebruik groene en blauwe ruimte", "Duurzame landbouw" en "Wetenschappelijke infrastructuur".

Het project werd begeleid door een groep bestaande uit Folkert Algra (vereniging NFW), Johan Bouma (Wageningen Universiteit), Sonja Busch (provincie Friesland), Gerard van Drooge (LTO-Noord), Nico van Eijden (vereniging NFW), Froukje Grijpstra (Wetterkip Fryslân), Johan Hager (Wetterskip Fryslân), Douwe Hoogland (vereniging NFW), Sjef van der Lubbe (LNV-Noord) en Marthijn Sonneveld (Wageningen Universiteit, projectleider 3MG). De discussies met deze groep waren bijzonder nuttig voor de richting van het project.

De auteurs zijn Froukje Grijpstra en Elena Uibel van het Wetterskip Fryslân erkentelijk voor de informatie die zij beschikbaar hebben gesteld en de toelichting daarbij. In dit rapport is dankbaar gebruik gemaakt van de beschrijving van de monitoringsgegevens uit het rapport Knotters en de Vos (2007).

Samenvatting

Het studiegebied

De Noordelijke Friese Wouden (NFW) is gelegen in het noordoostelijke deel van de provincie Friesland en bestaat uit de vijf gemeenten Achtkarspelen, Dantumadeel, Kollumerland, Smallingerland en Tytsjerksteradiel en is circa 60 000 hectare groot. Het NFW-gebied kan op grond van bodemkundige en topografische kenmerken worden onderverdeeld in een zand-, veen- en kleigebied. Het zandgebied is in omvang het grootste in het NFW-gebied (ca. 50 % van het totale oppervlak).

De hoogste delen van het projectgebied Noordelijke Friese Wouden liggen in het zuidoostelijke deel van het gebied tegen de provinciegrens met Drenthe. Plaatselijk is de maaiveldhoogte circa 5 m boven NAP. De laagste delen komen voor in het westelijk deel van het gebied. Lokaal komen hier maaiveldhoogten voor van minder dan -2.50 m t.o.v. N.A.P. Over algemeen daalt het maaiveld gaande van oost naar west.

Het gebied NFW bestaat voor bijna 72 % uit grasland. Verder neemt het landgebruik maïs en akkerbouw nog ca. 6 % van het landgebruik in beslag. Het aantal bebouwingskernen en wegen in het gebied nemen ca. 10 % van het landgebruik voor hun rekening, natuur ca. 7 % en open water ca. 5 %.

Het watersysteem

De Noordelijke Friese Wouden maakt deel uit van het stroomgebied Friesland. Het stroomgebied Friesland beslaat de gehele Friese boezem en de gebieden die voor hun wateraanvoer en waterafvoer afhankelijk zijn van de boezem. Ook het gebied de Noordelijke Friese Wouden is voor water aan- en afvoer afhankelijk van de boezem. De totale lengte van het stelsel van hoofdwaterwegen in NFW bedraagt circa 1185 km. Een aantal van deze hoofdwaterwegen is onderdeel van de boezem.

Een belangrijke onderverdeling binnen de Noordelijke Friese Wouden is de indeling volgens bemalen, gestuwde en vrij voor de boezem liggende gebieden:

- De vrij afwaterende gebieden zijn gronden die hun overtollig water zonder tussenkomst van een gemaal of stuw afvoeren naar de Friese boezem, zoals de boezemlanden en de zomerpolders. Boezemlanden zijn gronden die bij hoge waterstanden van de boezem onder water komen te staan. Zomerpolders zijn gronden die in de zomer bemalen worden, maar waar in de winter hetzelfde peil gehandhaafd wordt als op de boezem. De totale oppervlakte binnen het projectgebied bedraagt ca. 10.000 ha
- Polders zijn afgebakende gebieden die individueel bemalen worden door één of meerdere gemalen. De polders worden beschermd door kaden en/of hoge gronden. In het gebied van de NFW zijn ca 80 afvoergemalen en ca 40 onderbemalings-gemalen aanwezig. De afvoergemalen lozen hun water op de boezem. Gedurende de zomer wordt soms ook water ingelaten voor handhaving van de peilen. De hoeveelheden uitgemalen water kunnen bij benadering uit de

pompuren worden bepaald. De hoeveelheden ingelaten water kunnen met de huidige gegevens niet worden bepaald. De oppervlakte van de polders binnen het projectgebied bedraagt ca. 36.000 ha.

- In de NFW bevinden zich ca 45 opmalings-gemalen, die water opmalen naar hoger gelegen gronden, de zogenaamde gestuwde gebieden. Een deel van het opgemalen water komt door middel van de zwaartekracht via stuwen weer terug op de boezem. Deze gebieden bevinden zich voornamelijk aan de oostelijke kant van het projectgebied. De hoeveelheden opgemalen water kunnen bij benadering uit de pompuren worden bepaald. De hoeveelheid water die via de stuwen weer terugvloeit naar de boezem kan met de huidige gegevens niet worden bepaald. De oppervlakte van deze gebieden binnen de NFW bedraagt ca 7800 ha.

Het peilbeheer van de Friese boezem is gericht op het handhaven van een constant streefpeil van -0.52 m + N.A.P. met een marge van +/- 0.01 m en het zo snel mogelijk afvoeren van een teveel aan water. Om het streefpeil op de boezem binnen de marges te houden, zijn er een aantal grote afvoerkunstwerken beschikbaar. Ook kan indien nodig water in de Friese boezem worden ingelaten. De gemiddelde waterafvoer vanuit de Friese boezem bedraagt ca. $1200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar, de gemiddelde hoeveelheid ingelaten water bedraagt ca. $250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar.

Uit analyse van de verschillende afvoerkunstwerken in Friesland blijkt dat meer dan 50 % van al het water dat in Friesland wordt afgevoerd, via de Friese boezem door de Noordelijke Friese Wouden wordt doorgevoerd naar de uitwaterende sluizen. Slechts een deel van dit water is afkomstig uit het gebied zelf. De doorgevoerde hoeveelheden water zijn echter niet gekwantificeerd.

Chemische waterkwaliteit

Het Wetterskip Fryslân kent een basismetnet waar met een maandelijkse frequentie de oppervlaktewaterkwaliteit wordt bemonsterd op een groot aantal variabelen, waar onder N-totaal en P-totaal. In de NFW liggen 17 punten uit dit basismetnet van Wetterskip Fryslân, waarvan 14 in het landelijk gebied en 3 in het stedelijk gebied. Van de 14 meetpunten in het landelijk gebied liggen 6 meetpunten in open water dat door de landbouw wordt beïnvloed. Op basis van de halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties van de zes geselecteerde meetlocaties voor de periode 1997 – 2005 valt op te maken dat drie van de zes meetlocaties een gemiddelde waarde voor de stikstofconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico (MTR) ligt. Twee van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de fosforconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico ligt.

Conclusies en aanbevelingen

Uit de watersysteemverkenning kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan:

- De hydrologische begrenzing van het NFW-gebied komt niet overeen met de huidige gebiedsbegrenzing van de vijf gemeenten.
- Om een water- en stoffenbalans voor het gebied de Noordelijke Friese Wouden op te stellen ontbreekt een aantal essentiële gegevens, zoals de hoeveelheid

ingelaten en uitgelaten water en nutriënten, ook nadat de gebiedsgrenzen zijn bijgesteld.

- Op basis van de halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties van de zes geselecteerde meetlocaties voor de periode 1997 – 2005 valt op te maken dat drie van de zes meetlocaties een gemiddelde waarde voor de stikstofconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico (MTR) ligt. Twee van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de fosforconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico ligt.
- Vanwege de grootte van het gebied en de onbekendheid met de locaties en hoeveelheden van ingelaten water en afstromend water uit opmalingsgebieden zal gekozen moeten worden voor een andere manier om tot een water- en stoffenbalans te komen. Een mogelijkheid zou bijvoorbeeld kunnen zijn om een aantal kleine proefgebieden te kiezen voor de verschillende waterbeheersingstypen en/of gebaseerd op de verschillende voorkomende bodemsoorten (klei, zand en veen) in het gebied.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleem

Op regionaal, nationaal en internationaal niveau wordt getracht de kwaliteit van het milieu te verbeteren. Hiervoor is op verschillende ruimtelijke schaalniveaus wet- en regelgeving opgesteld. Op Europees niveau gebeurt dat onder andere middels de Nitraatrichtlijn en de Europese Kaderrichtlijn Water, op nationaal niveau via wet- en regelgeving zoals de Meststoffenwet, het Besluit Gebruik Meststoffen en de Wet Bodembescherming. De doelen die op verschillende schaalniveaus zijn geformuleerd, zoals op (deel-)stroomgebiedsniveau en nationaal niveau, worden vaak doorvertaald naar het landbouwbedrijfsniveau via regels voor productie, gebruik en aanwending van dierlijke mest die voor alle bedrijven gelden.

De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' spant zich in om in het gebied aan milieudoelen te voldoen, dit als alternatief voor milieubeleid dat tracht om nationaal of internationaal geldende wetten en regels via middelvoorschriften naar het bedrijfsniveau door te vertalen. Deze milieudoelen zullen worden afgestemd op de specifieke eigenschappen van het gebied van de Noordelijke Friese Wouden (NFW), en zullen via een eigen aanpak worden bereikt. De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' wil door zelfsturing zorgen dat de doelen worden gehaald, waarbij de NFW landbouwkundig als het ware als een groot bedrijf wordt gezien. De individuele boeren streven een bedrijfsvoering na waarin de mineralenkringloop veel aandacht krijgt, met als doel om op gebiedsniveau aan milieudoelen te voldoen. Dat wil zeggen dat zij streven naar een geringe nutriëntenemissie naar grond- en oppervlaktewater en atmosfeer.

Dit rapport beschrijft op hoofdlijnen de verkenning van de huidige toestand van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater met betrekking tot nutriënten, met name stikstof en fosfaat uit de landbouw, in de Noordelijke Friese Wouden.

1.2 Doel

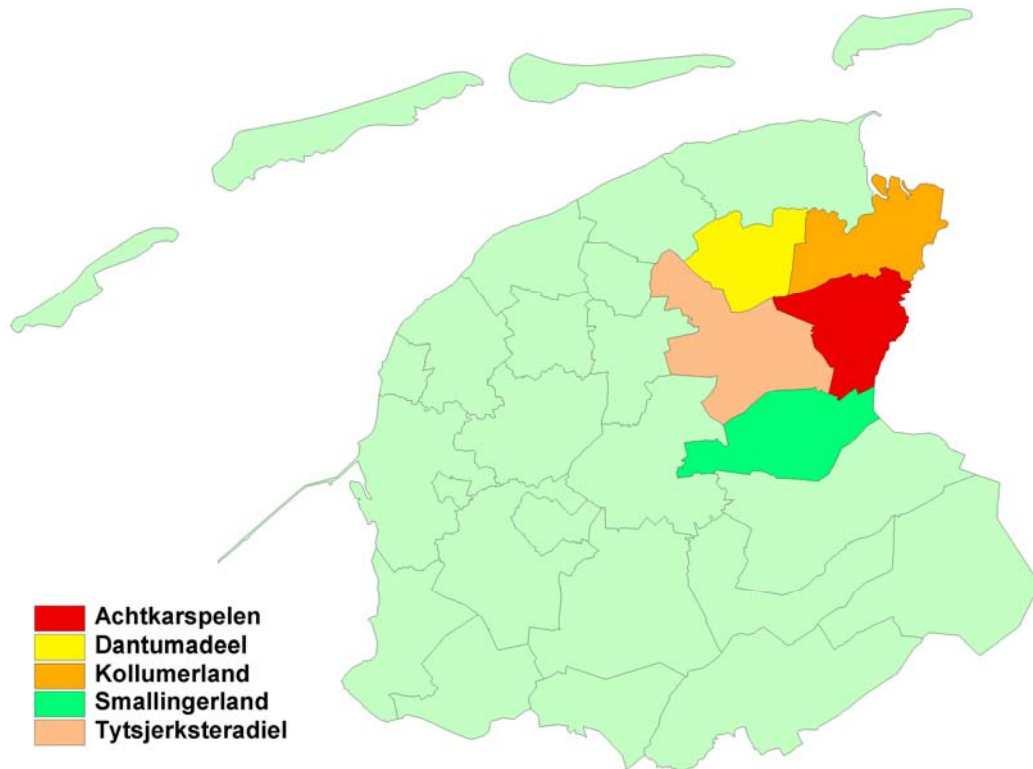
Het doel van deze studie is door middel van een systeemverkenning de huidige toestand van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater vast te leggen. In een systeemverkenning wordt het functioneren van (water)systemen, relevante processen en beschikbare gegevens geïnventariseerd. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande (meet)gegevens, literatuurgegevens en brongegevens (zoals onttrekkingen van grondwater en lozen van effluentwater van RWZI's). Naast het vastleggen van de toestand van de waterkwaliteit is tevens van belang de invloed van bronnen in de Noordelijke Friese Wouden op deze waterkwaliteit in de systeemverkenning aan te geven. Hiervoor is het noodzakelijk om voor het watersysteem het onderscheid te kunnen maken tussen de belasting van het systeem vanuit het gebied zelf en de belasting van buiten het gebied (bijvoorbeeld ingelaten water).

1.3 Leeswijzer

De systeemverkenning begint met een beschrijving van de fysieke omgeving van het studiegebied (hoofdstuk 2). Dit onderdeel begint met een beschrijving van de grondsoorten, de geologie en geohydrologie, welke tezamen het gedrag van het regionale grondwatersysteem verklaren. In hoofdstuk 3 wordt de waterhuishouding van het studiegebied beschreven. Dit behelst zowel het grondwater- als het oppervlaktewatersysteem. In hoofdstuk 4 wordt de chemische waterkwaliteit (met name stikstof en fosfor) van het studiegebied beschreven. In paragraaf 4.1 wordt nader ingegaan op de verschillende gemeten componenten van stikstof en fosfor en de huidige meetlocaties. In paragraaf 4.2 wordt de bijdrage van de atmosferische depositie op de nutriëntenbelasting van het studiegebied beschreven; in paragraaf 4.3 wordt dit gedaan voor de overige bronnen van stikstof en fosfor (externe belasting), te weten directe lozingen, effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties en emissie vanuit de landbouw. In paragraaf 4.4 wordt een beeld gegeven van nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewatersysteem in de afgelopen jaren. In paragraaf 4.5 wordt een beeld gegeven van nutriëntenconcentraties in het grondwatersysteem in de afgelopen jaren. In paragraaf 4.6 tenslotte wordt een overzicht van de gebruikte gegevensbestanden gegeven. Hoofdstuk 5 geeft de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2 Studiegebied Noordelijke Friese Wouden

Het studiegebied de Noordelijke Friese Wouden (NFW) is gelegen in het noordoostelijk deel van de provincie Friesland en bestaat uit de vijf gemeenten Achtkarspelen, Dantumadeel, Kollumerland, Smallingerland en Tytsjerksteradiel (figuur 2.1) en is ca. 60 000 hectare groot.



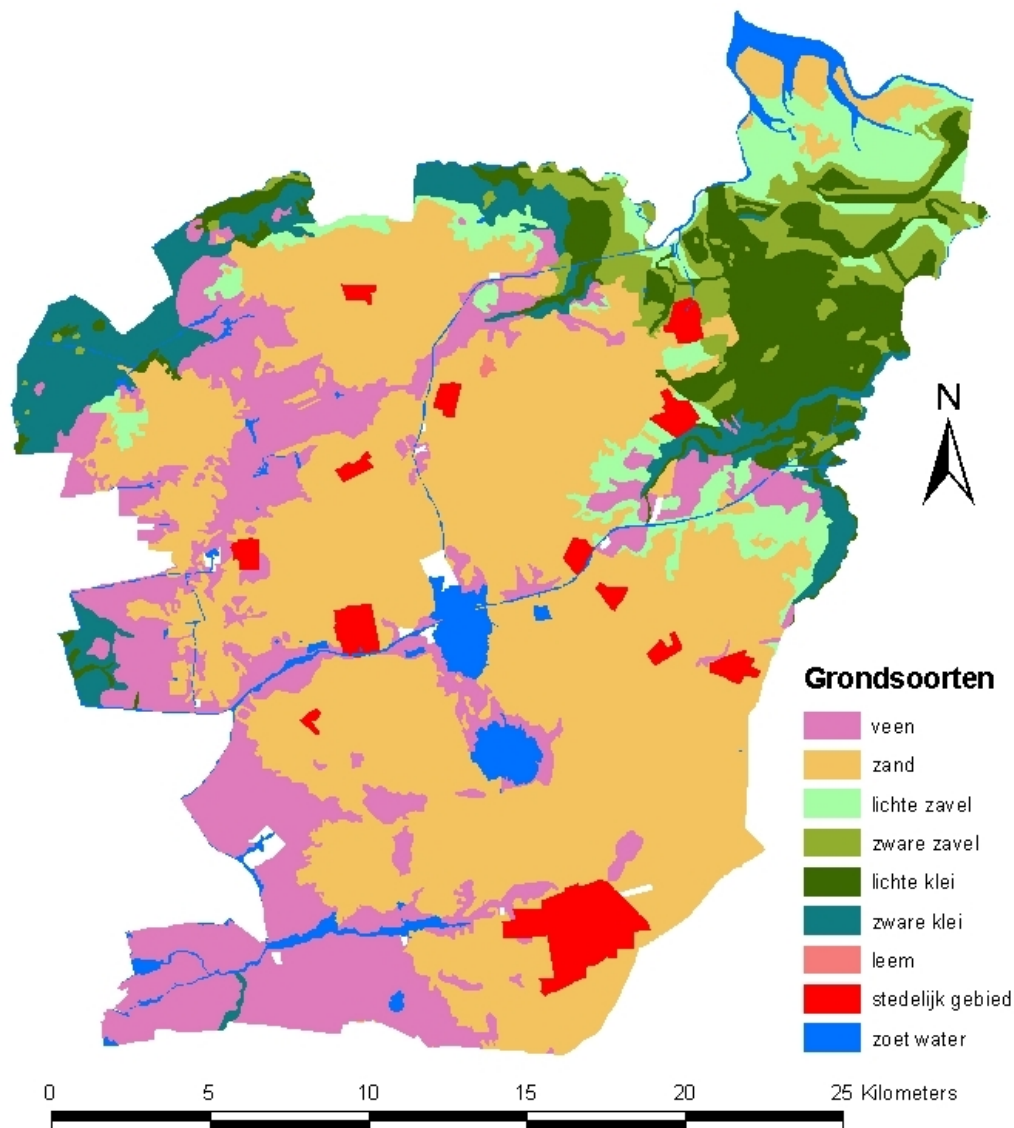
Figuur 2.1 Ligging van het studiegebied Noordelijke Friese Wouden (NFW) in de provincie Friesland

2.1 Grondsoort en geologie

De Noordelijke Friese Wouden kan op grond van bodemkundige en topografische kenmerken worden onderverdeeld in drie delen:

- het zandgebied
- het veengebied
- het kleigebied

Het kleigebied bevindt zich in het noorden en noordoosten, het zandgebied ligt centraal in het gebied en het veengebied omvat voornamelijk het westelijk gelegen deel (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2 Grondsoorten in het studiegebied Noordelijke Friese Wouden

Het relatief hoge zandgebied maakt deel uit van het Fries-Drents keileem plateau dat met name gevormd is in de laatste twee ijstijden, het Saalien en het Weichselien. De klei- en veengebieden zijn gevormd in het Holoceen toen het klimaat warmer werd en de zeespiegel rees.

Figuur 2.3 geeft een schematische beschrijving van de in het gebied voorkomende geologische formaties (gebaseerd op Mulder et al, 2003).

De geologische formaties kunnen worden onderscheiden naar de manier waarop deze werden afgezet:

Mariene afzettingen:

- Formatie van Breda
- Formatie van Oosterhout
- Eem formatie
- Formatie van Naaldwijk

Fluviatiele afzettingen:

- Formatie van Peize
- Formatie van Appelscha
- Formatie van Urk

Glaciale afzettingen:

- Formatie van Peelo
- Formatie van Drenthe

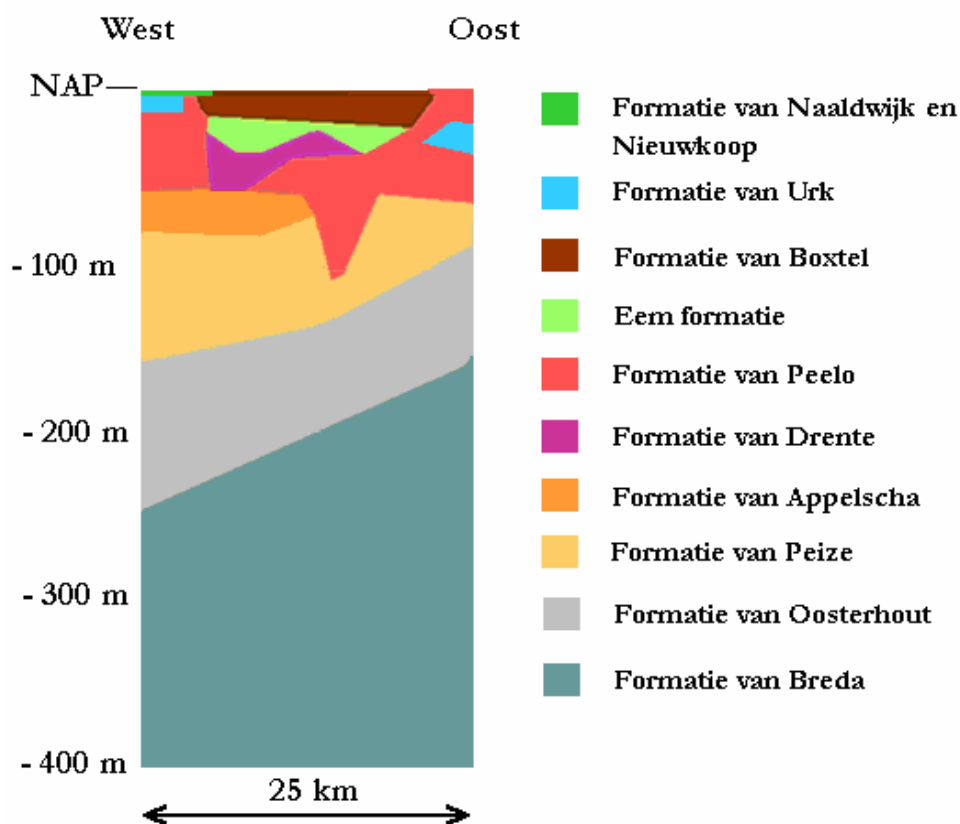
Eolische afzettingen:

- Formatie van Bostel

Lokaal-terrestrisch

- Formatie van Nieuwkoop

Bijlage 1 geeft een gedetailleerde beschrijving van deze formaties.



Figuur 2.3 Schematische voorstelling van de belangrijkste geologische formaties in het studiegebied Noordelijke Friese Wouden (gebaseerd op Mulder et al, 2003)

2.2 Geohydrologie

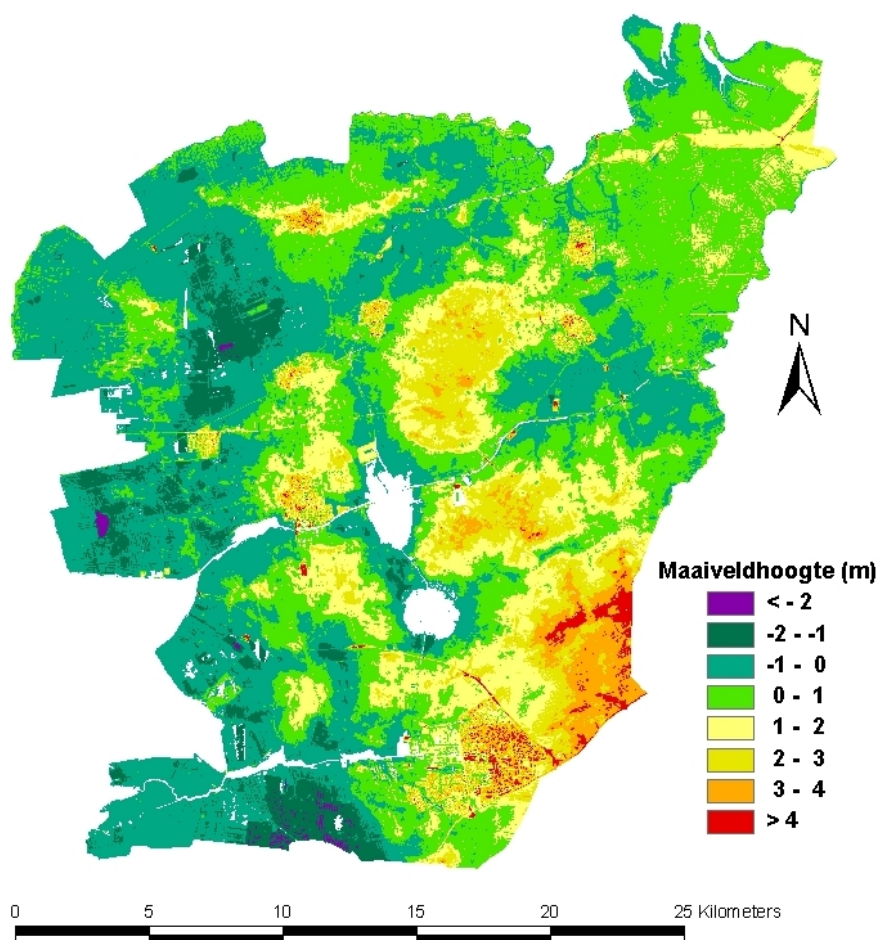
Voor het gebied Noordelijke Friese Wouden als geheel is geen goede beschrijving van de geohydrologische opbouw aangetroffen. Voor het waterwinpunt Bergum (zie ook hoofdstuk 3), gelegen in de gemeente Tytsjerksteradiel, is wel een geohydrologische opbouw van het profiel gegeven. Op deze locatie is de volgende geohydrologische opbouw aangetroffen (tabel 2.1):

Tabel 2.1 Geohydrologische opbouw van waterwinpunt Bergum

Diepte t.o.v. N.A.P. (in m)	Lithologie	Geohydrologische betekenis
+1 tot -5	keileem, matig fijn zand	deklaag
-5 tot -55	matig fijne zanden, leemlaagjes	
-55 tot -150	grove zanden	1 ^e watervoerend pakket
-150 tot -160	klei	slecht doorlatende laag
-160 tot -245	grove zanden	2 ^e watervoerend pakket
-245 tot -250	klei	slecht doorlatende laag
dieper dan -250	klei	basis

2.3 Maaiveld

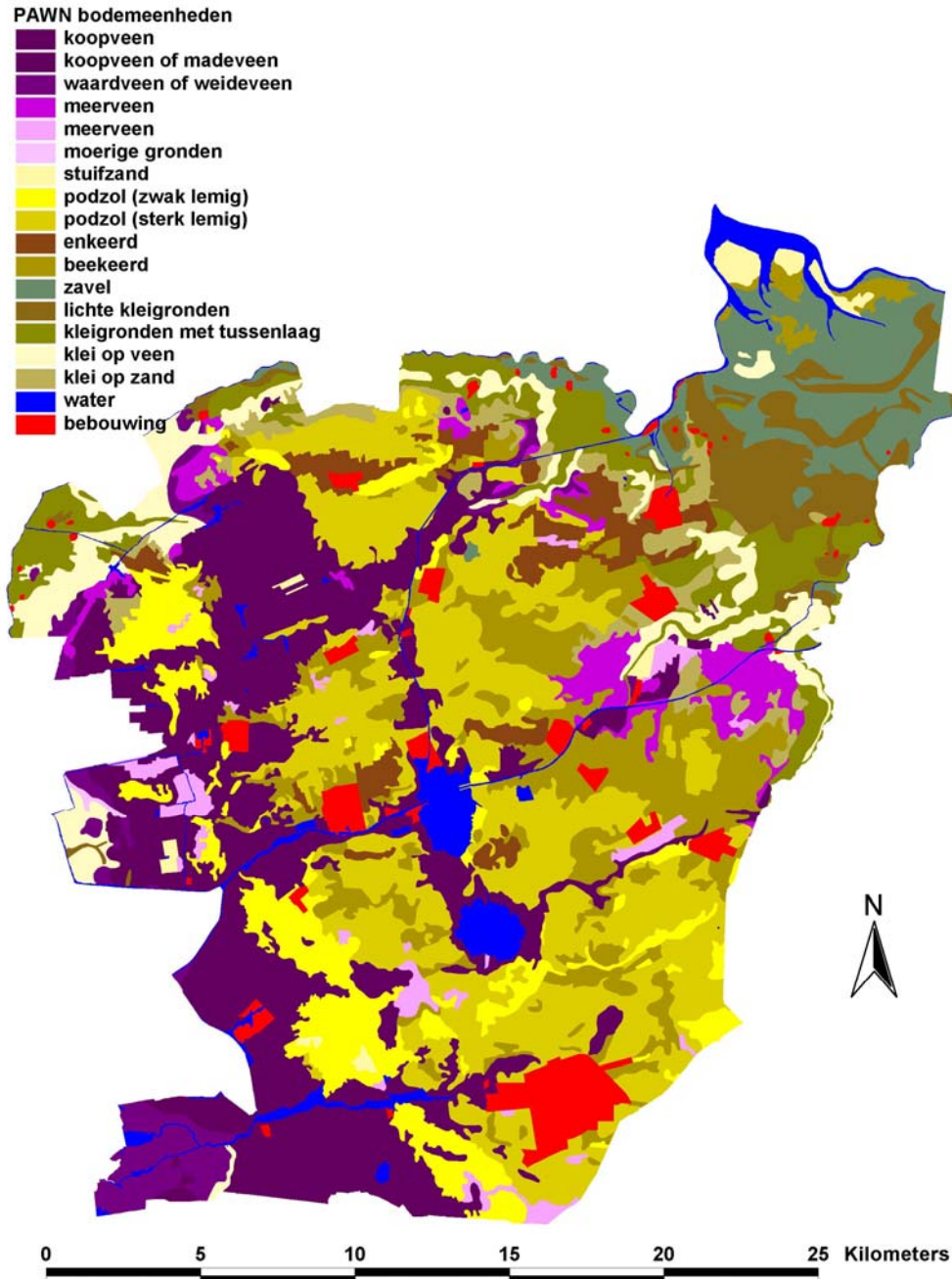
De hoogste delen van de Noordelijke Friese Wouden liggen in het zuidoostelijke deel van het gebied tegen de provinciegrens met Drenthe. Plaatselijk is de maaiveldhoogte ca 5 m boven N.A.P. (figuur 2.4). De laagste delen komen voor in het westelijk deel van het projectgebied. Lokaal komen hier maaiveldhoogten voor van minder dan – 2.50 m t.o.v. N.A.P. Over algemeen daalt het maaiveld gaande van oost naar west.



Figuur 2.4 Maaiveldhoogte ten opzichte van N.A.P. in de Noordelijke Friese Wouden volgens AHN

2.4 Bodem

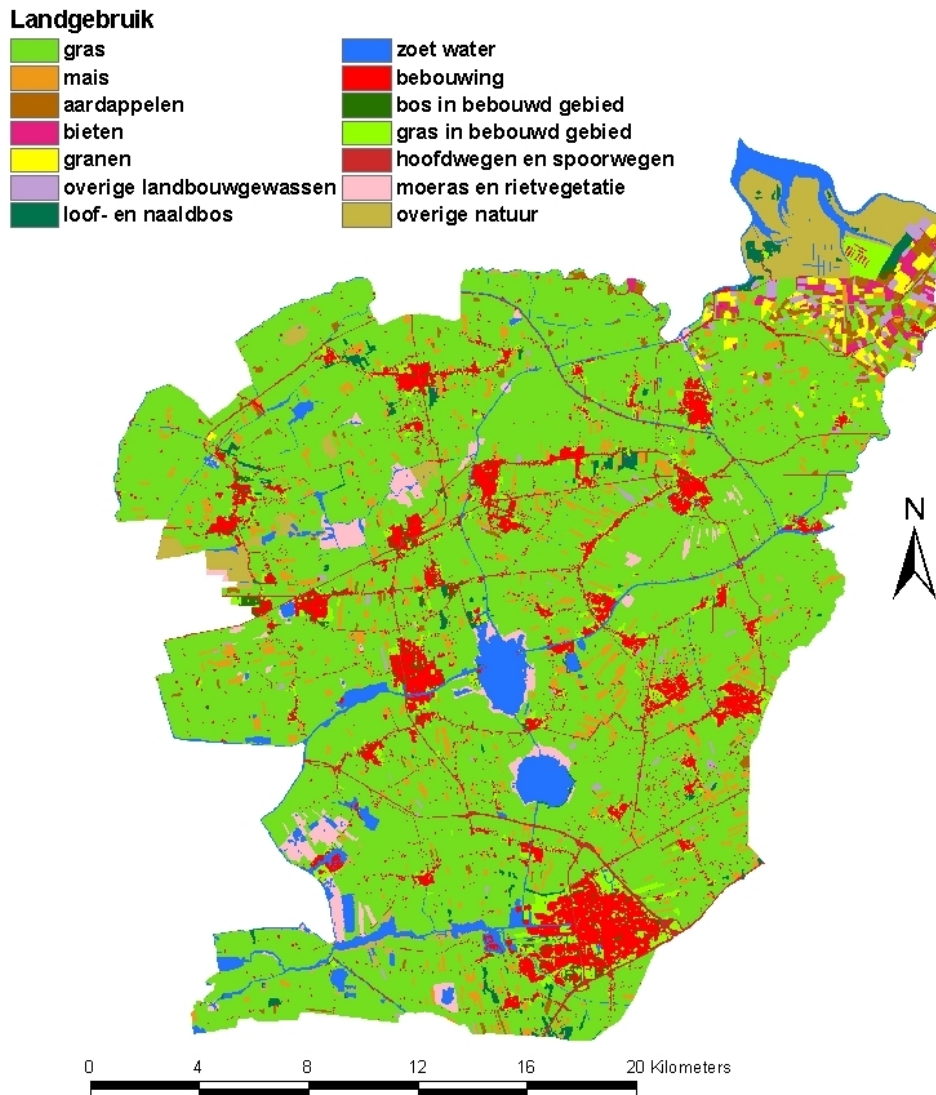
Zand is het meest voorkomende grondsoort in het gebied NFW (figuur 2.5). Van de verschillende zandgronden komen hydromorfe podzolen (zowel zwak als sterk lemig) het meest voor. De grondsoorten klei en veen tezamen zijn goed voor 50 % van het oppervlak in het studiegebied.



Figuur 2.5 PAWN-bodemeenheden volgens de 1:50 000 bodemkaart in het NFW-gebied

2.5 Landgebruik

Het gebied bestaat voor bijna 72 % uit grasland (figuur 2.6 en tabel 2.2). Verder nemen maïs en akkerbouw nog ca. 6 % van het landgebruik in beslag. De bebouwingskernen en wegen in het NFW-gebied nemen ca. 10 % van het landgebruik voor hun rekening, natuur ca. 7% en open water ca. 5 %.



Figuur 2.6 Landgebruik volgens LGN4 in de Noordelijke Friese Wouden

Tabel 2.2 Landgebruik in de Noordelijke Friese Wouden volgens LGN4

Landgebruik	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
Landbouw	45227	76.0
Grasland	41085	69.0
Maïs	2083	3.5
Akkerbouw	1562	2.6
Aardappelen	704	1.2
Bieten	345	0.6
Granen	513	0.9
Overige Landbouw	497	0.8
Natuur	3621	6.0
Loof- en naaldbos	552	0.9
Moeras- en rietvegetatie	1049	1.7
Overigen natuur	2020	3.4
Open water	3015	5.1
Bebouwd gebied	7665	12.9
Bebouwing	4369	7.3
Wegen	1123	1.9
Bos in bebouwd gebied	386	0.6
Gras in bebouwd gebied	1786	3.0
Totaal	59527	100

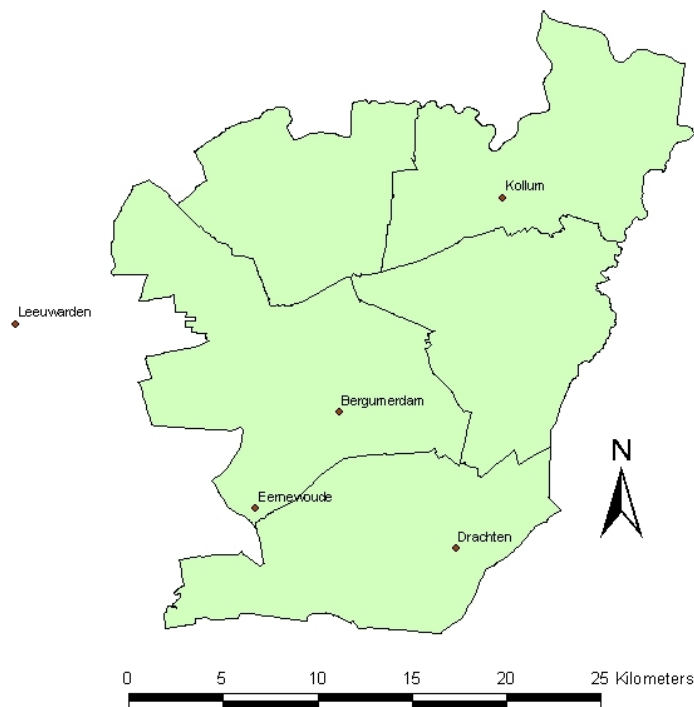
2.6 Gegevens(bestanden)

Gegevens over de geologie zijn afkomstig van Mulder et al. (2003). De maaiveldshoogte komt van het digitale landsdekkende Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN; Ministerie van Verkeer en Waterstaat). De bodemgegevens zijn afkomstig van de digitale landsdekkende 1:50 000 bodemkaart, beschreven door de Vries (1999). De gegevens over het grondgebruik zijn afkomstig van het digitale landsdekkende bestand Landgebruik Nederland (LGN4, opname 2000; Centrum voor Geo-informatie, Alterra-WUR).

3 Het watersysteem

3.1 Neerslag en verdamping

Er bevinden zich vier weerstations in de Noordelijke Friese Wouden: Kollum, Bergumerdam, Drachten en Eernewoude (figuur 3.1). De stations Bergumerdam en Kollum liggen het meest centraal in het gebied. Het meest nabij gelegen weerstation waarvan referentie-gewasverdampingen bekend zijn is Leeuwarden.



Figuur 3.1 Weerstations in de Noordelijke Friese Wouden

De referentie-gewasverdamping wordt volgens de methode Makkink berekend en is bepaald als de niet-vochtgelimiteerde verdamping van kort gras. Andere grondgebruiksvormen dan grasland kennen andere verdampingen. De totale gewasreferentieverdamping van het gebied dient daarom gecorrigeerd te worden voor het grondgebruik door middel van een correctiefactor (gewasfactor). De waarde van de gewasfactor is afhankelijk van het gewas en het tijdstip in het groeiseizoen.

De totale verdamping van het gebied wordt berekend door de oppervlakte per grondgebruik te vermenigvuldigen met de gewasfactoren (grasland = 1, bouwland = 0.9, loofbos en naaldbos = 1.2, open water = 1.25, natuur gras = 1 en bebouwd gebied = 0.3).

De verdampingscorrectie voor de Noordelijke Friese Wouden wordt dan: $0.72 \cdot 1 + 0.062 \cdot 0.9 + 0.015 \cdot 1.2 + 0.051 \cdot 1.25 + 0.052 \cdot 1 + 0.092 \cdot 0.3 = 0.943$.

Dit resulteert in de potentiële verdampingen zoals aangegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jaarlijkse neerslag en verdamping in de periode 1996 – 2005. Neerslag van de weerstations Kollum, Bergumerdam, Eernewoude en Drachten. Verdamping van weerstation Leeuwarden.

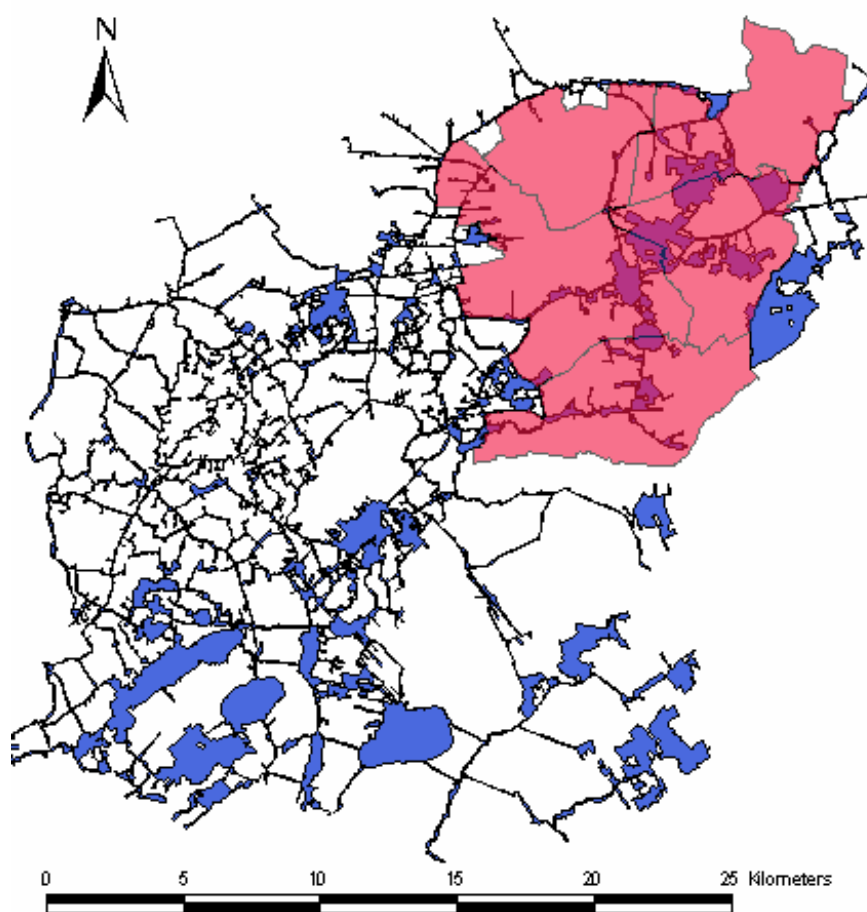
Jaar	Neerslag (mm)	Referentie-gewasverdamping (mm)	Gewasfactor voor NFW	Potentiële verdamping (mm)	Potentieel neerslag-overschot (mm)
1996	590	540	0.943	509	81
1997	658	576	0.943	543	115
1998	1088	513	0.943	484	604
1999	955	587	0.943	554	401
2000	1012	525	0.943	495	517
2001	1083	569	0.943	537	546
2002	1060	538	0.943	507	553
2003	748	618	0.943	583	165
2004	1047	574	0.943	541	506
2005	845	568	0.943	536	309
Gemiddeld	909	575	-	529	380

Het potentiële neerslagoverschot is de neerslag minus de potentiële verdamping. Bij de potentiële verdamping wordt ervan uitgegaan dat bodem en gewas optimaal van water worden voorzien. In de praktijk blijkt dat deze ideale situatie meestal niet voorkomt. De werkelijke of actuele verdamping is over het algemeen kleiner dan de potentiële verdamping. Dit is afhankelijk van de bodemgesteldheid en landgebruik. Voor het gebied Noordelijke Friese Wouden wordt hiervoor een correctiefactor van 0.9 geschat (WaterWatch, 2003). De actuele verdamping voor de periode 1996 – 2005 komt hiermee op $529 * 0.9 = 476$ mm en het actuele neerslagoverschot op 433 mm.

3.2 Oppervlaktewater

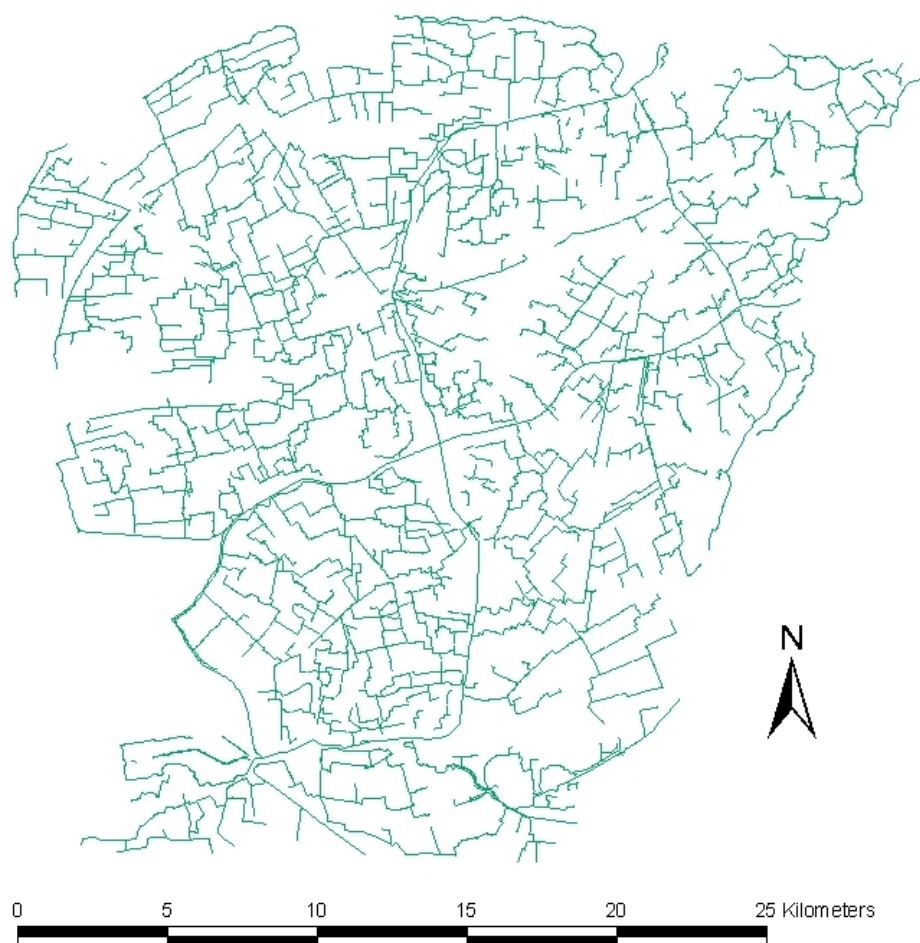
3.2.1 Oppervlaktewaterstructuur

Het gebied de Noordelijke Friese Wouden maakt deel uit van het stroomgebied Friesland. Het stroomgebied Friesland beslaat de gehele Friese boezem en de gebieden die voor hun wateraanvoer en waterafvoer afhankelijk zijn van de boezem. Ook het gebied de Noordelijke Friese Wouden is voor water aan- en afvoer afhankelijk van de boezem. Figuur 3.2 geeft een overzicht van de Friese boezem met daarin het gebied de Noordelijke Friese Wouden. Het streefpeil van de Friese boezem bedraagt -0.52 m + N.A.P.



Figuur 3.2 De Friese boezem met de ligging van de Noordelijke Friese Wouden

In figuur 3.3. is het stelsel van hoofdwaterwegen in het NFW-gebied aangegeven. De totale lengte van dit stelsel bedraagt ca. 1185 km. Een aantal van deze hoofdwaterwegen is onderdeel van de Friese boezem.

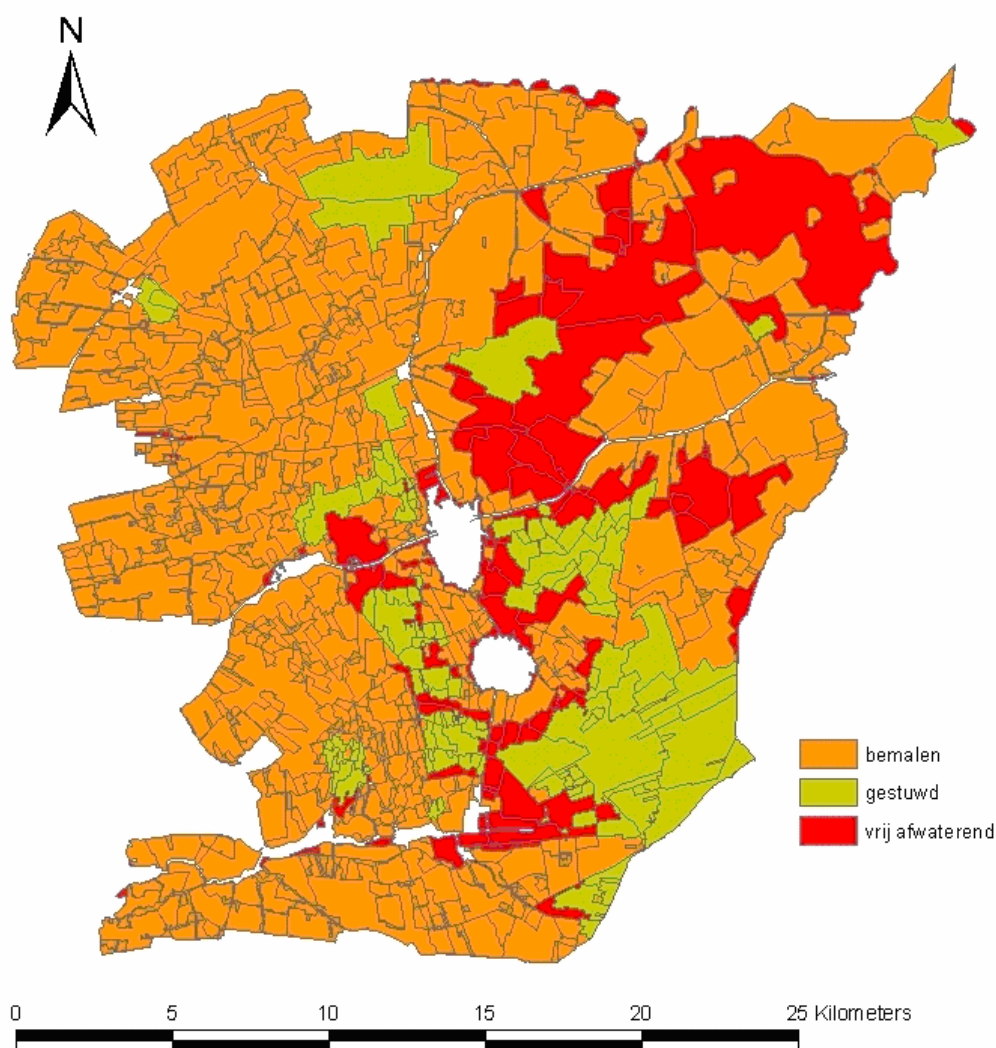


Figuur 3.3 Hoofdwaterlopenstelsel in de Noordelijke Friese Wouden

Een belangrijke onderverdeling binnen de Noordelijke Friese Wouden is de indeling volgens bemalen, gestuwde en vrij afwaterende gebieden (zie figuur 3.4).

- De vrij voor de boezem liggende gebieden zijn gronden die hun overtollig water zonder tussenkomst van een gemaal of stuw afvoeren naar de Friese boezem, zoals de boezemlanden en de zomerpolders. Boezemlanden zijn gronden die bij hoge waterstanden van de boezem onder water komen te staan. Zomerpolders zijn gronden die in de zomer bemalen worden, maar waar in de winter hetzelfde peil gehandhaafd wordt als op de boezem. De totale oppervlakte binnen het projectgebied bedraagt ca. 10.000 ha
- Polders zijn afgebakende gebieden die individueel bemalen worden door één of meerdere gemalen. De polders worden beschermd door kaden en/of hoge gronden. In het gebied van de NFW zijn ca 80 afvoergemalen en ca 40 onderbemalings-gemalen aanwezig. De afvoergemalen lozen hun water op de boezem. Gedurende de zomer wordt soms ook water ingelaten voor handhaving van de peilen. De hoeveelheden uitgemaal water kunnen bij benadering uit de pompuren worden bepaald. De hoeveelheden ingelaten water kunnen met de huidige gegevens niet worden bepaald. De oppervlakte van de polders binnen het projectgebied bedraagt ca. 36.000 ha.

- In de NFW bevinden zich ca 45 opmalings-gemalen, die water opmalen naar hoger gelegen gronden, de zogenaamde gestuwde gebieden. Een deel van het opgemalen water komt door middel van de zwaartekracht via stuwen weer terug op de boezem. Deze gebieden bevinden zich voornamelijk aan de oostelijke kant van het NFW-gebied. De hoeveelheden opgemalen water kunnen bij benadering uit de pomputuren worden bepaald. De hoeveelheid water die via de stuwen weer terugvloeit naar de boezem kan met de huidige gegevens niet worden bepaald. De oppervlakte van deze gebieden binnen de NFW bedraagt circa 7800 ha.



Figuur 3.4 Indeling van de Noordelijke Friese Wouden naar afwateringstype

3.2.2 Wateraanvoer en -afvoer

Het peilbeheer van de Friese boezem is gericht op het handhaven van een constant streefpeil van N.A.P -0.52 m + N.A.P. met een marge van +/- 0.01 m en het zo snel mogelijk afvoeren van een overschot aan water.

Om het streefpeil op de boezem binnen de marges te houden, zijn er een aantal grote afvoerkunstwerken beschikbaar. Ook kan indien nodig water in de Friese boezem worden ingelaten. De voerkunstwerken en hun normale afvoercapaciteit staan hieronder gegeven:

1. De Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen	(13 m ³ .s ⁻¹)
2. De Friese sluis bij Zoutkamp	(10 m ³ .s ⁻¹)
3. De spui- en schutsluis bij Dokkumer Nieuwe Zijlen	(49 m ³ .s ⁻¹)
4. Het Ir. D.F. Woudagemaal in Lemmer	(65 m ³ .s ⁻¹)
5. Het J.L. Hooglandgemaal in Stavoren	(65 m ³ .s ⁻¹)

De Tsjerk Hiddessluizen kunnen direct op de Waddenzee spuien bij laag water. De Friese sluis bij Zoutkamp en de sluizen bij Dokkumer Nieuwe Zijlen lozen hun water op het Lauwersmeer onder vrij verval. Het streefpeil van het Lauwersmeer ligt op NAP -0.93 m + N.A.P. ten opzichte van de Friese boezem NAP -0.52 m + N.A.P. Via het Hooglandgemaal en het Woudagemaal kan boezemwater op het IJsselmeer worden uitgemalen.

Naast de bovengenoemde gemalen is er ook nog de Groninger sluis Gaarkeuken waar Fries boezemwater kan worden doorgevoerd naar de Groninger Electraboezem die eveneens een streefpeil heeft van -0.93 m + N.A.P. Normaal gesproken ligt deze hoeveelheid tussen de 5 en 15 m³.s⁻¹.

De gemiddelde waterafvoer vanuit de Friese boezem bedraagt 1 200 10⁶ m³ per jaar, de gemiddelde water inlaat bedraagt 250 10⁶ m³ per jaar.

Gemiddeld over de periode 1970 – 1989 was het procentuele aandeel van de verschillende afvoerkunstwerken in de totale jaarlijkse afvoer van overtollig boezemwater:

- Tsjerk Hiddes sluizen te Harlingen:	14.3%
- Schut- en spuisluis Dokkumer Nieuwe Zijlen	49.7%
- Friese sluis bij Zoutkamp	7.2%
- Hooglandgemaal te Stavoren	21.6%
- Woudagemaal te Lemmer	7.1%

Uit het bovenstaande blijkt dat meer dan 50 % van al het water dat in Friesland wordt afgevoerd, via de Friese boezem door het NFW-gebied wordt doorgevoerd naar de uitwaterende sluizen Dokkumer Nieuwe Zijlen en de Friese Sluis bij Zoutkamp (figuur 3.5). Slechts een deel van dit water is afkomstig uit het gebied zelf. De doorgevoerde hoeveelheden worden niet gekwantificeerd.



Figuur 3.5 De Friese boezem en de ligging van de uitwaterende sluiszen Tsjerk Hiddes(1), het J.L. Hooglandgemaal(2), het ir. D.F. Woudagemaal(3), de Dokkumer Nieuwe Zijlen(4) en de Friese sluis bij Zoutkamp (5) (Bron: Wetterskip Fryslân)

3.2.3 Lozingen op het oppervlaktewater

In het NFW-gebied bevinden zich circa 400 rioolwateroverstorten. De hoeveelheid water die jaarlijks via deze overstorten op het oppervlaktewater bereikt is niet bekend met de huidige gegevens. In en op de grens van de Noordelijke Friese Wouden bevinden zich vijf rioolwaterzuiveringsinstallaties: Bergum, Drachten, Kloostertille, Damwoude en Dokkum. De kwaliteit van het gezuiverde rioolwater dat geloosd wordt op het oppervlaktewater wordt maandelijks enkele malen bepaald. Geloosde debieten zijn bij benadering bekend zodat een schatting kan worden gemaakt van de geloosde vracht aan nutriënten (zie hoofdstuk 4).

3.3 Grondwater

3.3.1 Onttrekkingen

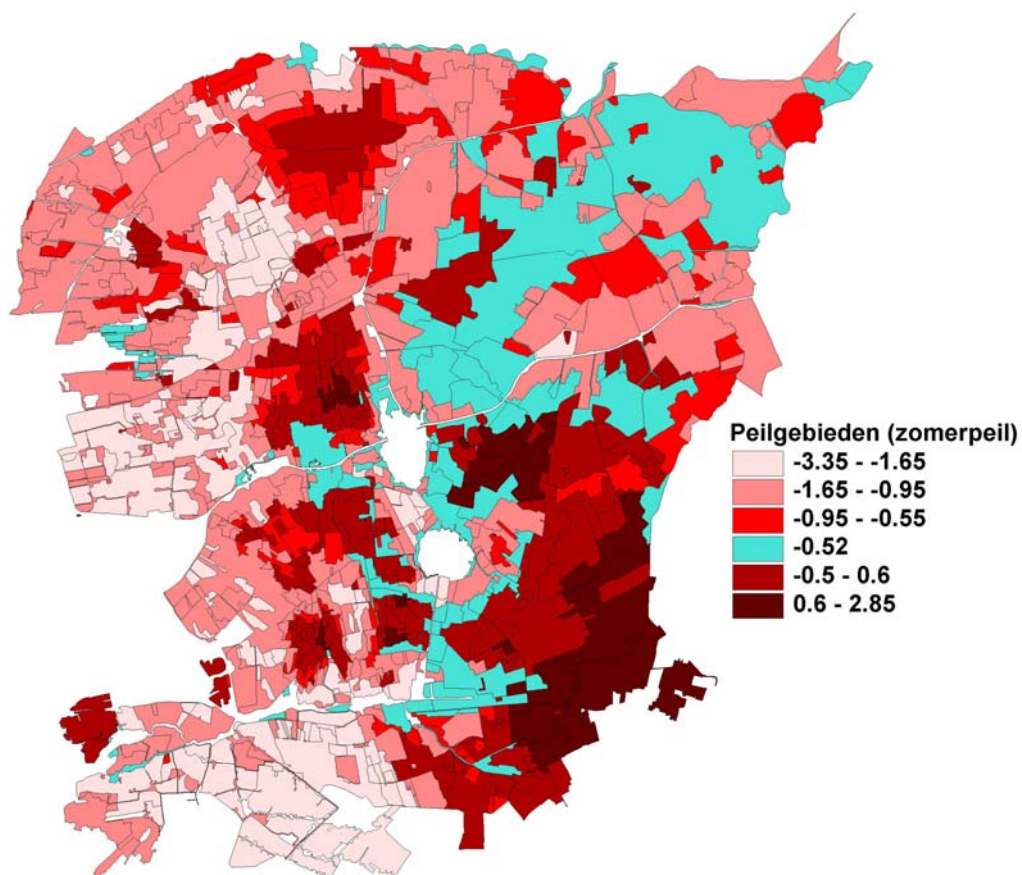
In het gebied wordt door de Provincie Friesland een register bijgehouden van alle grondwateronttrekkingen die registratieplichtig zijn. Grondwater wordt onttrokken op verschillende diepten en met verschillende doeleinden. De meest voorkomende doelen voor onttrekking van grondwater zijn: bronbemalingen, grondwater saneringen, koel- en proceswater, beregening en drinkwaterwinningen. De grootste onttrekkingen in het NFW-gebied komen voor rekening van de drinkwaterwinpunten Bergum en Noard-Bergum. Gezamenlijk onttrekken deze twee winningen ca. $16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar. Dit komt overeen met 75 % van de totale hoeveelheid water die wordt onttrokken in het NFW-gebied.

3.3.2 Grondwaterstanden

Het beheer van waterpeilen dient om meerdere doelen te realiseren:

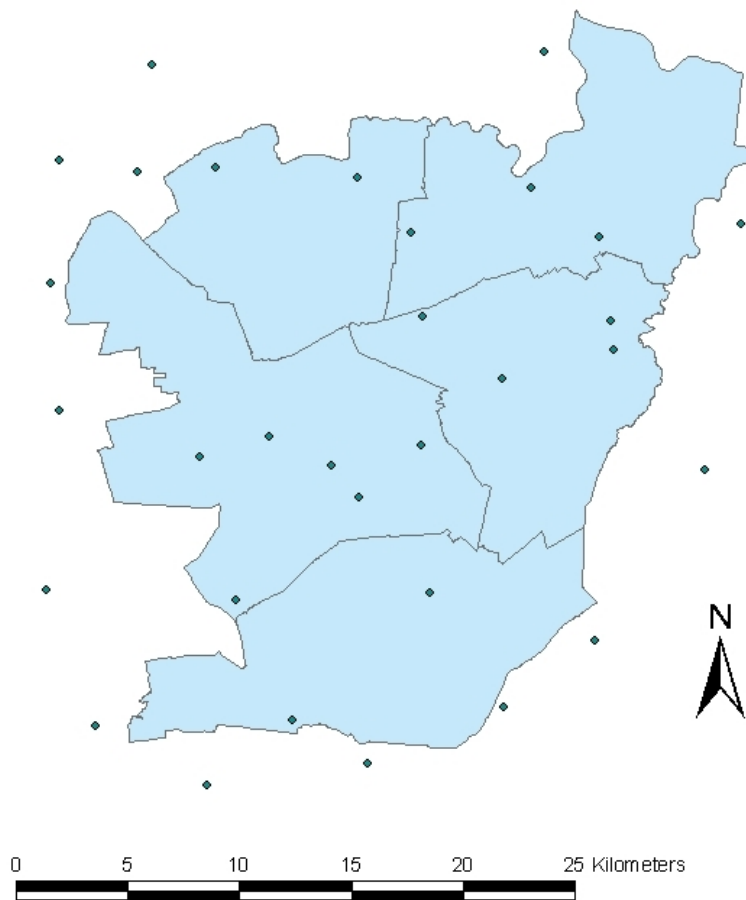
- optimale grondwaterstanden;
- waterberging;
- aan- en afvoer van water in tijden van wateroverlast of waterschaarste;
- goede waterkwaliteit.

Het Wetterskip Fryslân heeft in de Noordelijke Friese Wouden het beheer over 645 verschillende peilgebiedjes, elk en met een verschillend zomer- en winterpeil. Figuur 3.6 laat de zomerpeilgebieden zien. Gebieden met hetzelfde peil als de boezem, dat wil zeggen met een peil van $-0.52 \text{ m} + \text{N.A.P.}$, zijn in blauw weergegeven.



Figuur 3.6 Zomerpeilgebieden (in m + N.A.P.) in het NFW-gebied (bron: Wetterskip Fryslân)

Figuur 3.7 geeft de locatie aan van 30 geselecteerde TNO-peilbuizen uit het totaal van enkele honderden peilbuizen en putten in het gebied. De geselecteerde buizen zijn buizen met meerdere filters op diverse diepten.



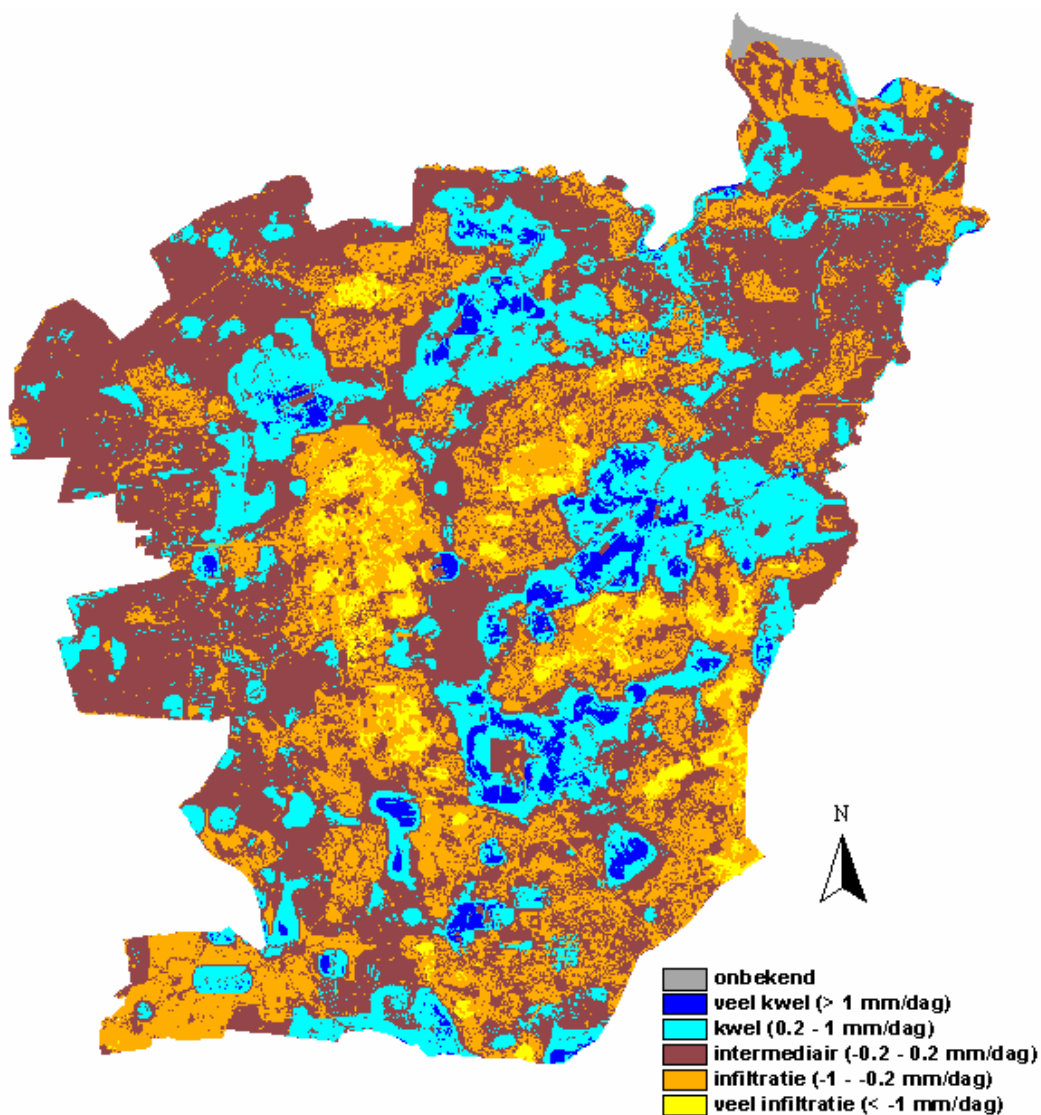
Figuur 3.7 Locaties van TNO-peilbuizen voor grondwaterstanden op meerdere dieptes in het NFW-gebied

3.3.3 Grondwaterstroming

Op basis van de waargenomen grondwaterstanden in de verschillende TNO-peilbuizen in het gebied NFW kon geen eenduidige grondwaterstroming worden afgeleid. Op basis van gehanteerde peilen van het grondwater valt er een globale stromingsrichting van oost naar west af te leiden.

3.3.4 Kwel

Figuur 3.8 geeft de kwel en infiltratiegebieden weer in het NFW-gebied. Op grond van deze kaart is er op 13235 ha matig ($0.2 - 1 \text{ mm.dag}^{-1}$) tot veel kwel ($> 1 \text{ mm.dag}^{-1}$), op 17160 ha matig ($-0.2 - -1 \text{ mm.dag}^{-1}$) tot veel infiltratie ($< -1 \text{ mm.dag}^{-1}$) en 28925 ha is intermediair ($-0.2 - 0.2 \text{ mm.dag}^{-1}$), dat wil zeggen weinig of geen kwel dan wel infiltratie.



Figuur 3.8 Kwel en infiltratie in de Noordelijke Friese Wouden

3.4 Gegevens(bestanden)

Gegevens met betrekking tot neerslag en gewasreferentieverdamping zijn afkomstig van het KNMI. Gegevens over de oppervlaktewaterstructuur zijn afkomstig van Wetterskip Fryslân. Gegevens over kwel en infiltratie zijn eveneens afkomstig van Wetterskip Fryslân. Gegevens over grondwateronttrekkingen zijn aangeleverd door Provincie Fryslân. Gegevens over gemeten grondwaterstanden zijn afkomstig vanuit de landelijke database DINO van NITG-TNO.

4 Chemische waterkwaliteit

Dit hoofdstuk beschrijft de nutriëntenhuishouding (N en P) van het NFW-gebied. Paragraaf 4.1 gaat in op een beschrijving van de ligging van het huidige meetnet voor oppervlaktewaterkwaliteit en de verschillende gemeten componenten van stikstof en fosfor in dit meetnet. In paragraaf 4.2 wordt de bijdrage van de atmosferische depositie op de nutriëntenbelasting beschreven. Paragraaf 4.3 beschrijft de depositie van overige bronnen van stikstof en fosfor, zoals effluent van zuiveringsinstallaties, incidentele overstorten etc. Paragraaf 4.4 geeft een beeld van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewatersysteem in de afgelopen jaren. Paragraaf 4.5 geeft een beeld van de nutriëntenconcentraties in het grondwatersysteem in de afgelopen jaren.

4.1 Beschouwde stoffen in het huidige meetnet

In de Noordelijke Friese Wouden worden voor de studie de nutriënten stikstof en fosfor (N-totaal en P-totaal) in het oppervlaktewater in beschouwing genomen. Met name het oppervlaktewater dat onder invloed staat van de landbouw is van belang, aangezien het in de studie gaat om de nutriëntenbijdrage van de landbouw aan het milieu.

Het Wetterskip Fryslân kent een basismetnet waar met een maandelijkse frequentie de oppervlaktewaterkwaliteit wordt bemonsterd op een groot aantal variabelen, waar onder N-totaal en P-totaal. In de NFW liggen 17 punten uit dit basismetnet van Wetterskip Fryslân, waarvan 14 in het landelijk gebied en 3 in het stedelijk gebied (figuur 4.1).

Het gaat om de volgende punten in het landelijk gebied:

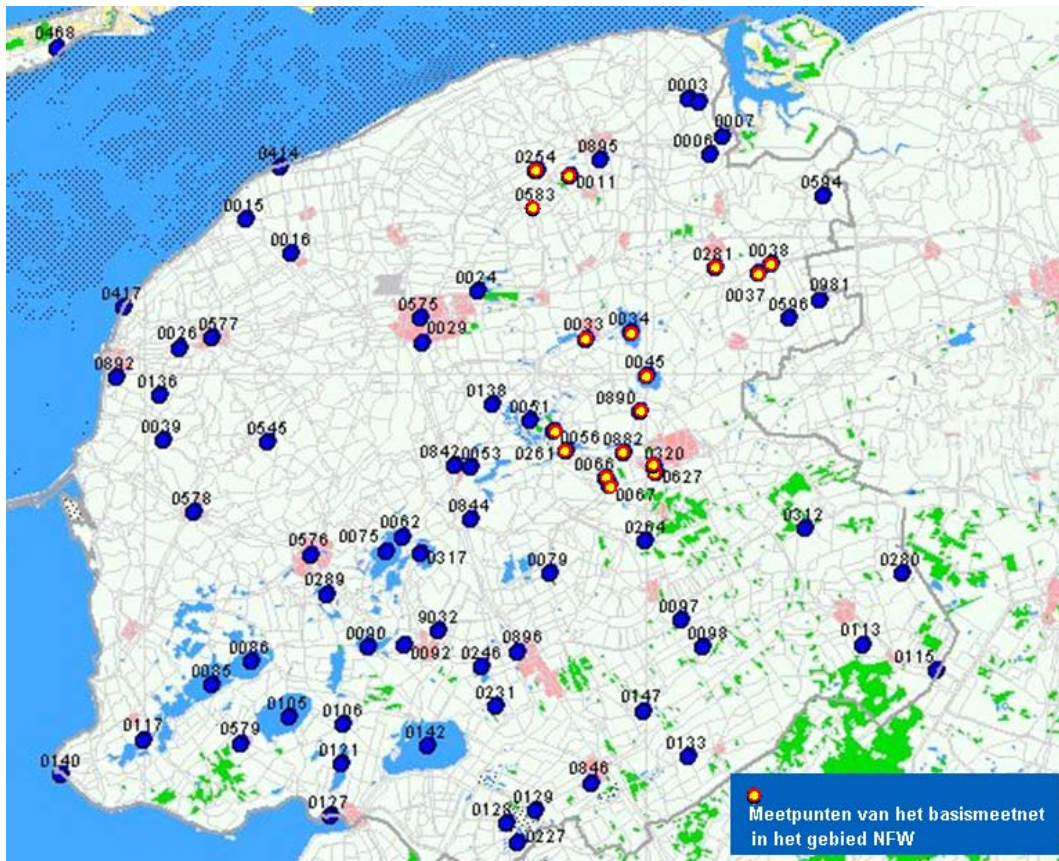
0011, Dantumadeel,
0033, Tietjerksteradeel,
0034, Tietjerksteradeel,
0037, Achtkarspelen,
0038, Achtkarspelen,
0045, Tietjerksteradeel,
0056, Smallerland,
0066, Smallerland,
0067, Smallerland,
0254, Dantumadeel,
0261, Smallerland,
0281, Achtkarspelen,
0583, Dantumadeel,
0627, Smallerland,

en 3 meetpunten in het stedelijke gebied:

0320, Smallerland,

0882, Smalingerland,
0890, Smalingerland,

Het noordoosten van het gebied, de gemeente Kollummerland is niet vertegenwoordigd in het basismetnet. Zes van deze meetpunten liggen in open water dat grotendeels door de landbouw wordt beïnvloed namelijk de punten: 0011, 0254, 0281, 0037, 0066 en 0067. Hierdoor is ook de gemeente Tietjerksteradeel voor de studie niet meer vertegenwoordigd in het basismetnet.



Figuur 4.1 Locatie van meetpunten van het basismmeetnet van het Wetterskip Fryslân

Naast het basismeetnet is er een roulerend meetnet in Friesland, waarvan 74 punten in de NFW liggen. Hiervan liggen er 41 in open water dat grotendeels door de landbouw wordt beïnvloed. Om de vier jaar wordt hier een jaar lang maandelijks de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord op basis van een groot aantal variabelen waaronder de concentraties N-totaal en P-totaal.

De meetpunten van het basismetnet en de meetpunten van het roulerende meetnet die in het agrarisch beïnvloede gebied in de Noordelijke Friese Wouden liggen zijn aangegeven in figuur 4.2.

4.3 Externe belasting

Zoals al eerder werd aangegeven kan van de ca 400 rioolwateroverstorten geen uitspraak worden gedaan wat betreft de belasting van nutriënten op het oppervlaktewater. In en op de grens van de Noordelijke Friese Wouden bevinden zich vijf rioolwaterzuiveringsinstallaties: Bergum, Drachten, Kloostertille, Damwoude en Dokkum. De kwaliteit van het gezuiverde rioolwater dat geloosd wordt op het oppervlaktewater wordt maandelijks enkele malen bepaald. Tabel 4.2 geeft het N- en P-effluent van de rioolwaterzuiveringen in de Noordelijke Friese Wouden in 2005.

Tabel 4.2 N en P in het effluentwater van 5 rioolwaterzuiveringen in de Noordelijke Friese Wouden in het jaar 2005

RWZI	N mg.l ⁻¹	P mg.l ⁻¹	Q m ³ .dag ⁻¹	N kg.jr ⁻¹	P kg.jr ⁻¹
Bergum	3.1	0.39	9553	10809	1360
Damwoude	6.0	1.56	5948	13026	3387
Dokkum	3.6	1.02	9415	12371	3505
Kloostertille	5.9	2.65	9733	20960	9414
Drachten	12.5	0.85	17592	80264	5458

4.4 Oppervlaktewater

De frequenties waarmee gegevens gedurende de laatste 10 jaar in het basismeetnet zijn verzameld (op de bovengenoemde locaties) zijn schematisch weergegeven in de tabellen 4.3 en 4.4 voor respectievelijk N-totaal en P-totaal. Er is doorgaans bemonsterd met een min of meer regelmatige, maandelijks frequentie. Van P-totaal zijn meer gegevens beschikbaar dan van N-totaal. Analyse van de tijdsreeksen toont aan dat er duidelijke seizoensinvloeden in de data aanwezig zijn. Voor een uitgebreide beschrijving van het meetnet en de meetresultaten van Wetterskip Fryslân voor het NFW-gebied verwijzen wij naar Knotters en de Vos (2007).

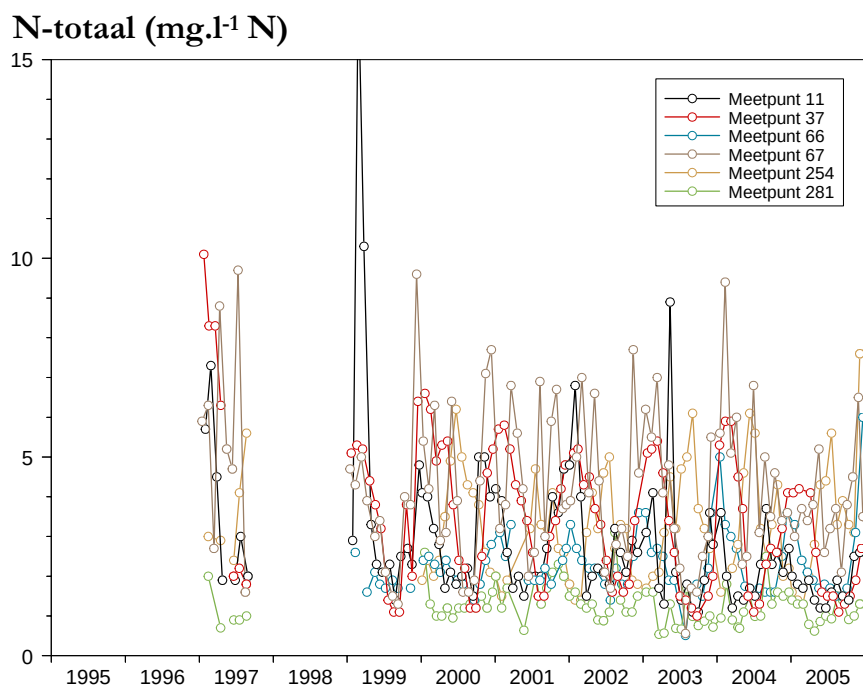
Tabel 4.3 Waarnemingsfrequenties van N-totaal in het basismetnet van Wetterskip Fryslân voor de meetlocaties in het NFW-gebied. Donkergrijs: waarnemingsfrequentie maandelijks of hoger. Lichtgrijs: waarnemingsfrequentie lager dan maandelijks. K=kanaal, M=meer, overig: sloten

nr.	loc.	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0011												
0033	K											
0034	M											
0037												
0038	K											
0045	M											
0056	M											
0066												
0067												
0254												
0261	M											
0281												
0320	S											
0583	M											
0627	K											
0882	S											
0890	S											

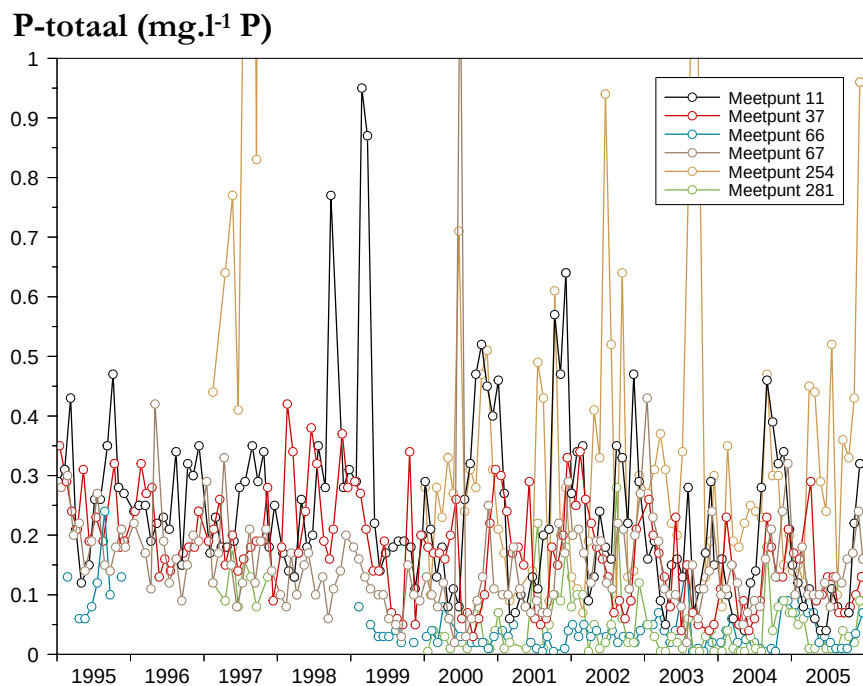
Tabel 4.4 Waarnemingsfrequenties van P-totaal in het basismetnet van Wetterskip Fryslân voor de meetlocaties in het NFW-gebied. Donkergrijs: waarnemingsfrequentie maandelijks of hoger. Lichtgrijs: waarnemingsfrequentie lager dan maandelijks. K=kanaal, M=meer, overig: sloten

nr.	loc.	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0011												
0033	K											
0034	M											
0037												
0038	K											
0045	M											
0056	M											
0066												
0067												
0254												
0261	M											
0281												
0320	S											
0583	M											
0627	K											
0882	S											
0890	S											

Tussen de verschillende locaties blijken duidelijke verschillen aanwezig in de concentraties N-totaal en P-totaal. Figuur 4.3 geeft een beeld van de gemiddelde concentraties P-totaal en N-totaal in de zomer van 2004 voor de locaties van het roulerende meetnet in de NFW.



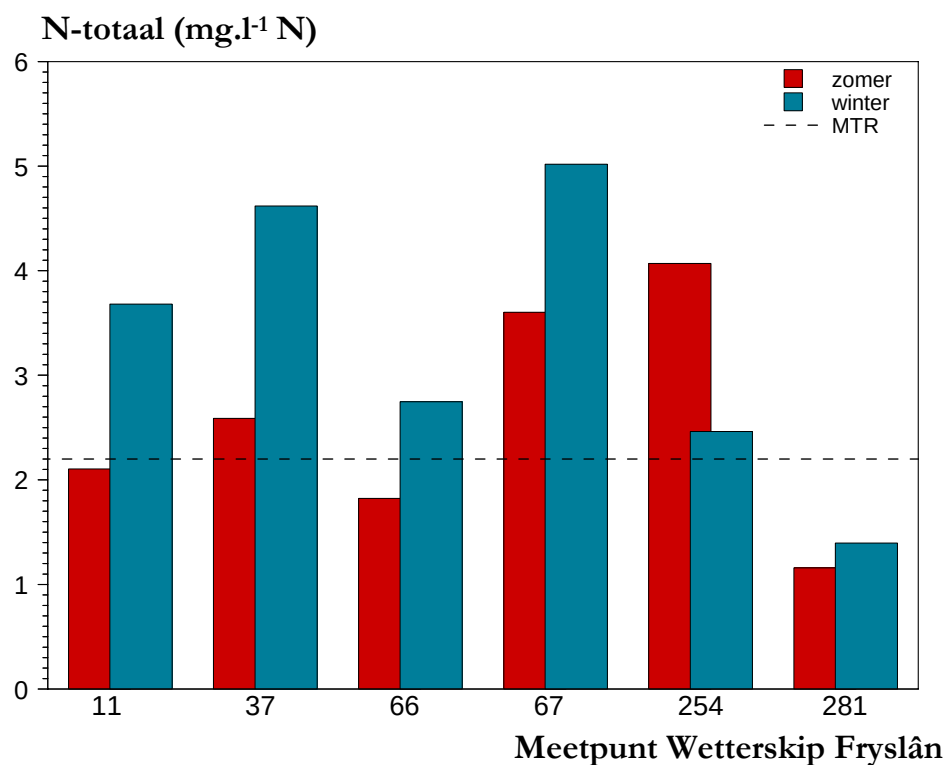
Figuur 4.4 Gemeten stikstofconcentraties in het oppervlaktewater op verschillende meetlocaties van het basismetnet van Wetterskip Fryslân



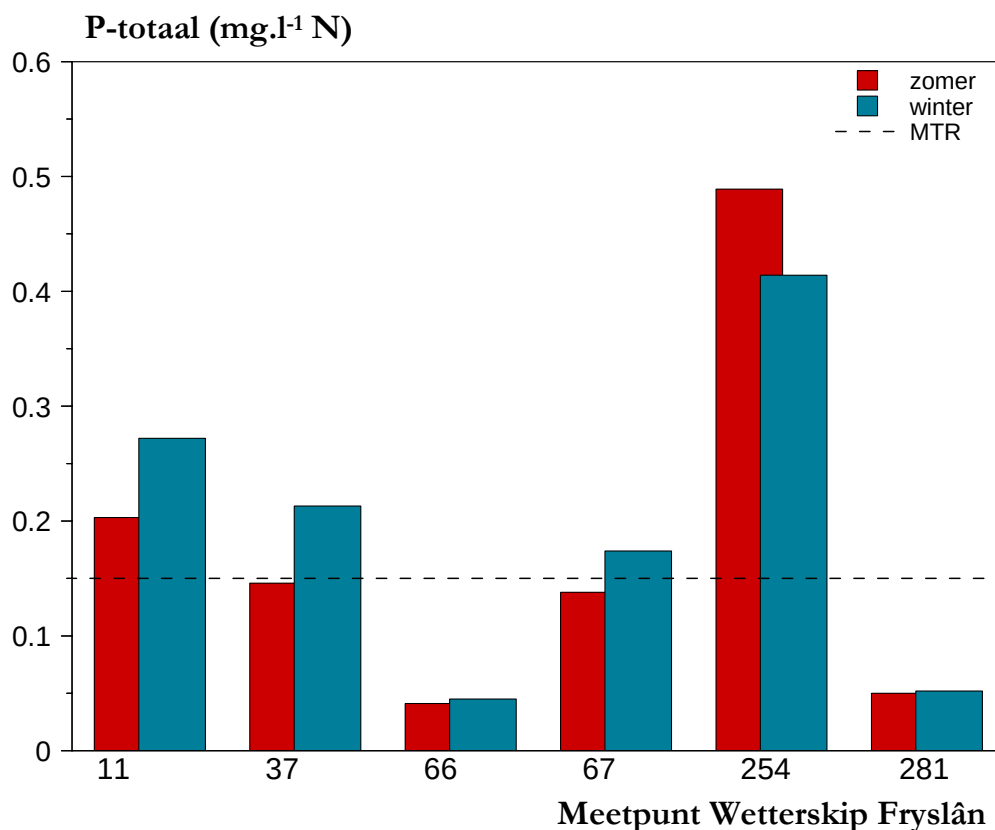
Figuur 4.5 Gemeten fosforconcentraties in het oppervlaktewater op verschillende meetlocaties van het basismetnet van Wetterskip Fryslân

Figuren 4.6 en 4.7 geven de halfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties van de zes geselecteerde meetlocaties weer, gemiddeld over de periode 1997 – 2005. Uit deze twee figuren valt het volgende op te maken:

- Drie van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de stikstofconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico (MTR) ligt.
- Twee van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de fosforconcentratie in de zomerperiode welke boven het maximale toelaatbare risico ligt.
- De stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater is hoger in de winterperiode dan in de zomerperiode (meetpunt 254 vormt hierop een uitzondering; de reden hiervoor is niet duidelijk).
- De waargenomen stikstof- en fosforconcentraties op meetlocatie 281 zijn in vergelijking tot de andere meetlocaties als zeer laag te beschouwen. Hetzelfde geldt voor de waargenomen fosforconcentraties op meetlocatie 66.
- Over de periode 1995 t/m 2005 lijkt voor zowel de stikstof- als voor de fosforconcentratie een lichte daling op te treden



Figuur 4.6 Waargenomen zomer- en winterhalfjaargemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater op de meetlocaties 11, 37, 66, 67, 254 en 281 van het basismetnet van Wetterskip Fryslân over de periode 1997 – 2005



Figuur 4.7 Waargenomen zomer- en winterhalfjaargemiddelde fosforconcentraties in het oppervlaktewater op de meetlocaties 11, 37, 66, 67, 254 en 281 van het basismetnet van Wetterskip Fryslân over de periode 1997 – 2005

4.5 Grondwater

Ten tijden van de systeemverkenning waren de gegevens met betrekking tot de grondwaterkwaliteit niet beschikbaar voor gebruik.

4.6 Gegevens(bestanden)

Gegevens met betrekking tot de atmosferische depositie zijn afkomstig van Milieubalans 2002 (RIVM, 2003). De gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in de Noordelijke Friese Wouden zijn verkregen door het meetnet van Wetterskip Fryslân. Gegevens met betrekking tot op het oppervlaktewater geloosd effluentwater zijn eveneens afkomstig van Wetterskip Fryslân

5 Conclusies en aanbevelingen

Om een waterbalans van de Noordelijke Friese Wouden op te stellen moet allereerst de hydrologische grens van het gebied bekend zijn. Vanuit gegevens bij het waterschap Friesland met betrekking tot afwateringseenheden blijkt dat de buitengrens van de vijf gemeenten niet precies samenvalt met de hydrologische grens. De hydrologische grens voor het gebied de Noordelijke Friese Wouden kan door enkele eenvoudige aanpassingen op de grens van enkele gemeenten worden verkregen. Om een waterbalans van het gebied de Noordelijke Friese Wouden op te stellen ontbreekt een aantal essentiële gegevens, zoals de hoeveelheid ingelaten en uitgelaten water, ook nadat de grenzen zijn bijgesteld. De Noordelijke Friese Wouden kan worden ingedeeld in drie waterhuishoudkundig verschillende gebieden, namelijk de vrij op de boezem afwaterende gebieden, de bemalen gebieden en de gestuwde gebieden. Alleen van de vrij op de boezem afwaterende gebieden kan een waterbalans worden opgesteld met de huidige gegevens, te weten neerslag, verdamping en eventuele kwel of wegzijging. Deze gebieden nemen echter slechts 17 % van de totale oppervlakte van de Noordelijke Friese Wouden in. De overige 83 % bestaat uit de bemalen en de gestuwde gebieden. Voor deze gebieden ontbreken essentiële gegevens voor een waterbalans. Er wordt namelijk in de zomermaanden water in de polders ingelaten vanuit de boezem. Water dat vanuit de polders wordt uitgemalen naar de boezem kan wel ingeschat worden aan de hand van de pompcapaciteit en pompuren. Voor de gestuwde gebieden geldt in principe hetzelfde, zij het dat in dit geval de hoeveelheid opgemalen water kan worden geschat uit de pompcapaciteiten en de draaiuren, maar dat de hoeveelheid water die via één of meerdere stuwen weer terugstroomt naar de boezem niet bekend is.

Circa 50 % van het water dat in de provincie Friesland moet worden afgevoerd, wordt via de Friese boezem doorgevoerd naar de Lauwersmeer en/of de Groninger boezem. Dit water moet vanuit de Noordelijke Friese Wouden beschouwd worden als gebiedsvreemd water. Omdat de hoeveelheid ingelaten en uitgelaten water niet wordt gemeten en ook geen stikstof- en fosforconcentraties worden gemeten kan met de huidige gegevens geen water- en stoffenbalans voor de Noordelijke Friese Wouden worden opgesteld.

Het Wetterskip Fryslân kent 6 meetpunten in open water dat door alleen door de landbouw wordt beïnvloed. Op basis van de zomerhalfjaargemiddelde stikstof- en fosforconcentraties van de zes geselecteerde meetlocaties voor de periode 1997 – 2005 valt op te maken dat drie van de zes meetlocaties een gemiddelde waarde voor de stikstofconcentratie in de zomerperiode welke boven de toegepaste MTR waarde ligt. Twee van de zes meetlocaties hebben een gemiddelde waarde voor de fosforconcentratie in de zomerperiode welke boven de toegepaste MTR waarde ligt.

Vanwege de grootte van het gebied en de onbekendheid met de locaties en hoeveelheden van ingelaten water en afstromend water uit opmalingsgebieden zal gekozen moeten worden voor een andere manier om tot een water- en stoffenbalans

te komen. Een mogelijkheid zou bijvoorbeeld kunnen zijn om een aantal kleine proefgebieden te kiezen voor de verschillende waterbeheersingstypen en/of gebaseerd op de verschillende voorkomende bodemsoorten (klei, zand en veen) in het gebied.

Literatuur

Knotters, M. en J.A. de Vos, 2007. *Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden; Ontwikkeling van een monitoringstrategie*. Alterra-rapport 1456, Wageningen

Mulder, F.J. de, M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff en Th. E. Wong (eds), 2003. *De ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland deel 7*. TNO.

RIVM, 2003. *Milieubalans 2002*. ISBN 90 14 08867 1, Kluwer, Bilthoven.

Vries, F. de, 1999. *Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken*. Alterra-rapport 654, Wageningen.

WaterWatch, 2003. *SEBAL vs. Makkink, wat zijn de verschillen?*

Bijlage 1 Beschrijving van de geologische formaties in het studiegebied Noordelijke Friese Wouden

(gebaseerd op Mulder et al., 2003)

Formatie van Naaldwijk

De Formatie van Naaldwijk bestaat uit een complexe opeenvolging van overwegend zeer fijn tot matig fijn zand en sterk zandige tot zwak siltige klei. De sedimenten in deze formatie zijn over het algemeen kalkhoudend en bevatten vaak schelpresten. De afzettingen van de Formatie van Naaldwijk liggen ongestoord, via het basisveen van de Formatie van Nieuwkoop op de Formatie van Boxtel. De formatie is van Holocene ouderdom.

Formatie van Nieuwkoop

De Formatie van Nieuwkoop bestaat uit mineraalarm bruin tot zwart veen. De formatie ligt meestal met een duidelijke grens op zeer fijn tot matig grof zand en leem van de Formatie van Boxtel. De Formatie van Nieuwkoop is gevormd in de kust- en riviervlakte en in delen van het Nederlandse zandgebied met gebrekkige afwatering. De formatie is vaak vertand met de klastische afzettingen van de Formatie van Naaldwijk. De vorming begon in het Laat-Weichselien, maar het grootste deel ervan dateert uit het Holoceen.

Formatie van Urk

De Formatie van Urk bestaat uit matig fijn tot uiterst grof zwak tot sterk grindhoudend zand. De kleur varieert van grijs tot bruin. Het sediment is meestal kalk- en glimmerhoudend en plaatselijk komen kleilagen voor. Het betreft afzettingen van de Rijn. De zware mineraleninhoud toont een instabiele Rijn-associatie, gekenmerkt door relatief hoge percentages vulkanische mineralen. Deze zijn afkomstig van een vulkanisch gebied in de Eifel, dat tijdens het Midden-Pleistoceen zeer actief was. Grote delen van de Formatie van Urk zijn tijdens de glaciatie van het Saalien in de stuwwallen opgenomen. De Formatie van Urk is tijdens het Midden-Pleistoceen afgezet.

Formatie van Boxtel

De Formatie van Boxtel bestaat uit zeer fijn tot matig grof, zwak tot sterk siltig, kalkloos tot sterk kalkhoudend zand. Het zand is lokaal zwak tot sterk grindhoudend. De zanden zijn lichtgrijs en bovenin vaak geelbruin van kleur. Daarnaast komt zwak tot sterk zandige, kalkloze tot sterk kalkhoudende leem voor. In de formatie worden ook geregeld dunne veenlagen aangetroffen en lagen die rijk zijn aan organische stof, zoals gyttja's. De formatie van Boxtel is afgezet door de wind of door kleine rivieren, onder wisselende klimatologische omstandigheden. De ouderdom varieert van het laatste deel van het Midden-Pleistoceen tot en met het Holoceen.

Eem Formatie

De Eem Formatie bestaat uit matig fijn tot (plaatselijk) zeer grof zand en klei. Vaak zijn deze afzettingen schelphoudend, lokaal zelfs zeer schelprijk. Door zijn mariene

kenmerken onderscheiden de afzettingen zich duidelijk van de onderliggende glaciale (Formatie van Drenthe) en fluviatiele afzettingen. Aan de bovenkant wordt de formatie begrensd door de goed herkenbare zanden van de Formatie van Bostel. De afzettingen zijn in ondiep marien of in kustnabije milieus gevormd. De ouderdom is Laat-Pleistoceen.

Formatie van Peelo

De Formatie van Peelo bestaat uit uiterst fijn tot uiterst grof, kalkarm zand dat soms zwak tot sterk grindhoudend is. De kleur van het zand varieert van geelgrijs en lichtgrijs tot donkergrijs. Daarnaast komt zandig tot zwak siltige stevige en harde klei voor. De klei is veelal kalkrijk en glimmerhoudend en lichtgrijs tot donkergrijs en soms bijna zwart van kleur. De formatie van Peelo dankt haar ontstaan aan de glaciatie gedurende het Elsterien. Grote delen van de Noordzee en Noord-Nederland waren toen met een ijskap bedekt. De zandige afzettingen van deze formatie zijn smeltwaterafzettingen, afgezet in subglaciale dalen en voor het ijsfront. De dikte kan variëren van een enkele meter tot tientallen meters buiten erosiegeulen. Binnen erosiegeulen kan de dikte oplopen tot honderden meters.

Formatie van Drenthe

De formatie van Drenthe is een complexe eenheid van een sterk variabele lithologische samenstelling. Naast matig fijn tot uiterst grof zand met grind en stenen komt ook zandige tot zwak siltige klei voor. Ook vormen mengsels van zand, klei en leem kenmerkende afzettingen van deze formatie. Een deel laagpakket, het Laagpakket van Gieten, wordt ook wel 'keileem' genoemd. Alle afzettingen van de Formatie van Drenthe staan direct of indirect in verband met de glaciatie tijdens het Saalien. De laagpakketten zijn afgezet tijdens de koudste fase van het Saalien.

Formatie van Appelscha

De formatie van Appelscha bestaat uit goeddoorlatend, matig grof tot uiterst grof grindhoudend zand met een overwegend grijswitte kleur. De Formaties van Urk en Peelo bedekken deze tot ruim 150 meter dikke formatie. De sedimenten van de Formatie van Appelscha zijn door rivieren voornamelijk uit Midden-Duitsland aangevoerd en dateren uit het laatste deel van het Vroeg-Pleistoceen en het begin van het Midden-Pleistoceen.

Formatie van Peize

De Formatie van Peize bestaat uit matig grof tot uiterst grof zand dat plaatselijk grindhoudend is. De kleur van deze kwartsrijke en goeddoorlatende sedimenten varieert van grijs tot wit. In deze eenheid kunnen vooral onderin kleilagen voorkomen. De sedimenten van deze formatie zijn aangevoerd door het Eridanos-riviersysteem en dateren uit het Pliocene tot vroeg Pleistoceen.

Formatie van Oosterhout

De Formatie van Oosterhout bestaat uit fijn tot matig grof donker en lichtgrijs zwak tot matig glauconiethoudend, kalkhoudend zand. Het glauconietgehalte is opvallend veel lager dan in de Formatie van Breda. De zanden bevatten schelpen en kunnen op regionale schaal extreem schelpenrijk zijn. De Formatie van Oosterhout komt vrijwel

in heel Nederland voor. De overgang naar de Formatie van Breda kenmerkt zich door een duidelijke toename in het glauconietgehalte en afname van het aantal schelpen. De ouderdom is Plioceen.

Formatie van Breda

De Formatie van Breda is een complexe eenheid van zeer fijn tot matig grof glauconiethoudend zand en soms kalkhoudende, sterk zandige tot matig siltige klei. Het glauconietgehalte van soms meer dan 50% geeft de eenheid meestal een karakteristieke groene tot groenzwarte kleur. De afzettingen van deze formatie dateren merendeels uit het Mioceen.

