ALTERRA
WAGENINGEN UR

Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden

Ontwikkeling van een monitoringstrategie

M. Knotters
J.A. de Vos



Alterra-rapport 1456, ISSN 1566-7197

Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden

In het kader van het wetenschappelijk project 3MG, onderdeel van het BSIK-programma “Transforum Agro & Groen”. Mede in opdracht van de LNV-kennisbasisthema’s “Inrichting en gebruik groene en blauwe ruimte”, “Duurzame landbouw” en “Wetenschappelijke infrastructuur”

Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden

Ontwikkeling van een monitoringstrategie

Martin Knotters
Bram de Vos

Alterra-rapport 1456

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Knotters, M. en J.A. de Vos, 2007. *Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden; Ontwikkeling van een monitoringstrategie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1456. 59 blz.; 18 fig.; 7 tab.; 17 ref.

Een eerste aanzet wordt gegeven voor een monitoringstrategie waarmee de kwaliteit van het oppervlaktewater in de Noordelijke Friese Wouden kan worden getoetst aan normen. De voorgestelde benadering is gebaseerd op een kanssteekproef, waarbij informatie uit bestaande meetnetten en hydrologische systeemkennis wordt gebruikt als hulpinformatie. Bij de berekening van het benodigde aantal waarnemingen is uitgegaan van toetsing van de zomergemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal aan MTR-waarden. Voordat de monitoringstrategie in detail kan worden uitgewerkt is het noodzakelijk keuzes te maken over de normen die moeten worden gehanteerd, de nauwkeurigheid waarmee moet worden getoetst, de gebiedsbegrenzing en de deelgebieden die moeten worden onderscheiden.

Trefwoorden: Monitoringplan, eutrofiëring, stikstof, fosfor, steekproeven, regressieschatters

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

© 2007 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.

[Alterra-rapport 1456/mei/2007]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 13
1.1 Achtergrond en probleem 13
1.2 Doel 13
1.3 Opbouw van het rapport 14

2 Uitgangspunten van monitoring 15
2.1 Typen monitoring 15
2.2 Typen dataverwerking 16
2.2.1 Ontwerp- of modelgebaseerde verwerking? 16
2.2.2 Type doelgrootheid 17
2.2.3 Type resultaat 17
2.2.4 Schatten, voorspellen, toetsen, classificeren of detecteren? 18

3 Uitwerking van een schema voor een monitoringplan 19
3.1 Inleiding 19
3.2 Doel van de monitoring 19
3.3 Kwaliteitsmaat 20
3.4 Randvoorwaarden 21
3.5 Voorinformatie 21
3.6 Volume van het monster 22
3.7 Bepalingsmethode 23
3.8 Samengestelde monsters 23
3.9 Keuze tussen ontwerp- of modelgebaseerde verwerking 23
3.10 Keuze van een aselect steekproeftype 23
3.11 Methode van statistische verwerking 24
3.11.1 Gecensoreerde waarnemingen 24
3.11.2 Regressieschatters 25
3.11.3 Het schatten van ruimte-tijdgemiddelden 26
3.11.4 Schatten van de hellingscoëfficiënt $\hat{B}_1$ 26
3.11.5 Ruimte-tijdinterpolatie van z 27
3.12 Samenvatting ontwikkeling monitoringstrategie 27

4 Analyse van de voor- en hulpinformatie 29
4.1 Inleiding 29
4.2 Wetterskip Fryslân, basismeetnet 29
4.3 Wetterskip Fryslân, gebiedsgericht en operationeel meetnet 39
4.4 Samenvatting 41

5 Analyse van de benodigde steekproefomvang 43
5.1 Synchroon design, enkelvoudig aselecte steekproef 43

5.2 Beperking van de benodigde steekproefomvang 47
6 Conclusies en aanbevelingen 49

Literatuur 51

Bijlage 1 Samenvatting ontwikkeling monitoringstrategie 53
Bijlage 2 Overzicht gegevens Wetterskip Fryslân 55

Woord vooraf

De studie waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan maakt deel uit van het wetenschappelijk project van het BSIK-programma "Transforum Agro & Groen" met als titel 'Meervoudige Milieu Monitoring voor Gebiedssturing', afgekort 3MG. De ontwikkeling van een monitoringstrategie voor de oppervlaktewaterkwaliteit maakt deel uit van het onderdeel 'Water' van 3MG; de andere onderdelen zijn 'Bodem' en 'Lucht'.

Het project werd gefinancierd door 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.

Wageningen, februari 2007

Martin Knotters en Bram de Vos

Samenvatting

Inleiding

De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' spant zich in om in de Noordelijke Friese Wouden (NFW) aan milieudoelen te voldoen, dit als alternatief voor milieubeleid dat is gebaseerd op nationaal of internationaal geformuleerde wetten en regels. De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' wil door zelfsturing zorgen dat de doelen worden gehaald, waarbij de NFW landbouwkundig als één groot bedrijf wordt gezien. De individuele boeren volgen een bedrijfsvoering waarin de mineralenkringloop veel aandacht krijgt, met als doel een geringe nutriëntenemissie naar grond- en oppervlaktewater en atmosfeer, en een goede bodemkwaliteit.

Een belangrijke voorwaarde voor zelfsturing is dat door middel van monitoring wordt vastgesteld of de milieudoelen worden gehaald. De vraag is echter hoe deze doelen zijn gedefinieerd, met andere woorden aan welke normen moet worden voldaan. Er moet gekozen worden voor ecologische doelen, chemische doelen of beide.

De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt niet uitsluitend bepaald door de landbouw, en de bijdrage van de landbouw aan de oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied kan variëren in tijd en plaats. Bij het vaststellen van normen dient hiermee rekening te worden gehouden. Verder is het de vraag of voor ieder type oppervlaktewater dezelfde norm moet gelden.

Het doel van deze studie is een eerste aanzet te geven tot de ontwikkeling van een monitoringplan voor de toetsing van de chemische oppervlaktewaterkwaliteit in de NFW aan nader af te spreken normen. In deze studie gaan wij vooralsnog uit van MTR-waarden voor N-totaal en P-totaal.

Uitgangspunten van monitoring

Er zijn drie typen monitoring te onderscheiden, die verschillende soorten informatie voortbrengen en verschillende vormen van dataverzameling en -verwerking vereisen. *Status monitoring* heeft als doel de toestand van een onderdeel van het milieu te karakteriseren en de verandering in de tijd kwantitatief te beschrijven. *Trend monitoring* heeft als doel mogelijke effecten van ingrepen door de mens in natuurlijke systemen vast te stellen. *Compliance monitoring* heeft als doel om te beoordelen of bepaalde normen worden nageleefd. Deze laatste vorm van monitoring sluit aan bij één van de doelen van monitoring voor de Europese Kaderrichtlijn Water (operationele monitoring). In de NFW moet *compliance monitoring* plaatsvinden omdat de oppervlaktewaterkwaliteit moet worden getoetst aan normen.

Bij monitoring kunnen twee verschillende statistische verwerkingsmethoden worden onderscheiden: de ontwerpgebaseerde benadering, die wordt gevolgd bij klassieke steekproeven, en de modelgebaseerde benadering, die wordt gevolgd in geostatistiek en tijdreeksanalyse. Voor *compliance monitoring* in de NFW verdient een

ontwerpgebaseerde benadering de voorkeur. Met een ontwerpgebaseerde benadering behoeven geen veronderstellingen te worden gedaan over de nauwkeurigheid van de geschatte gemiddelden, waardoor de uitkomst van de toets niet afhankelijk is van deze veronderstellingen.

Uitwerking van een schema voor een monitoringplan

Het monitoringplan moet informatie opleveren over het oppervlaktewater in de NFW dat grotendeels onder invloed staat van de landbouw. Daarbinnen moeten afzonderlijke uitspraken kunnen worden gedaan voor dobben, bemalen gebieden, gestuwde gebieden, gebieden met vrije afwatering en boezemwateren, en oppervlaktewater in het zand-, klei- en veengebied. Uitgaande van toetsing aan zogenaamde MTR-normen blijft de monitoring voorlopig beperkt tot het zomerhalfjaar.

De doelgrootheden zijn ruimte-tijdgemiddelde, logaritmisch getransformeerde concentraties N-totaal en P-totaal in toekomstige zomerhalfjaren, in het aangegeven gebied en de onderscheiden deelgebieden.

Het resultaat van de monitoring is kwalitatief: de uitkomst van een toets. De H0-hypothese luidt: de concentraties zijn hoger dan de MTR-waarden (2.2 mg/l voor N-totaal, 0.15 mg/l voor P-totaal). De kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de concentraties aan de normen voldoen (fout van de eerste soort) moet klein zijn. Ook de kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de normen worden overschreden (fout van de tweede soort) mag niet te groot zijn.

Een synchroon steekproefontwerp is geschikt bij toetsing van de waterkwaliteit in de NFW aan normen. Een synchroon ontwerp heeft twee trappen: in de eerste trap worden tijdstippen geloot, in de tweede worden voor elk tijdstip locaties geloot. Er wordt dus nooit op dezelfde locatie teruggekeerd. Het is mogelijk om bij een synchroon steekproefontwerp gebruik te maken van de informatie uit bestaande meetnetten, en van kennis van het hydrologische systeem, door middel van zogeheten regressieschatters. Een punt van aandacht is hoe wordt omgegaan met waarnemingen die zich beneden de detectielimiet bevinden (gecensoreerde waarnemingen). In deze studie zijn deze vervangen door de helft van de detectielimiet. Als er daadwerkelijk gaat worden getoetst moeten deze waarnemingen echter worden vervangen door *maximum likelihood*-schattingen.

Analyse van de voor- en hulpinformatie

In de NFW liggen 14 punten uit het basismeetnet van Wetterskip Fryslân. Zes daarvan liggen in open water dat overwegend door de landbouw wordt beïnvloed. In het basismeetnet wordt met een maandelijkse frequentie de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord op basis van een groot aantal variabelen, onder ander concentraties N-totaal en P-totaal. De zes locaties liggen in bemalen gebieden; gebieden met vrije afwatering of gestuwde peilen zijn niet vertegenwoordigd. Vier punten liggen in het veengebied, één in het kleigebied en één in het zandgebied. Op de zes locaties schommelen de zomergemiddelde concentraties N-totaal in de periode 2000-2005

rond de MTR-waarde van 2.2 mg/l. De zomergemiddelde concentraties P-totaal liggen onder de MTR-waarde van 0.15 mg/l.

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

Analyse van de benodigde steekproefomvang

Bij de analyse van de benodigde steekproefomvang gaan wij uit van een synchroon ontwerp, waarbij zowel de tijdstippen als de locaties volgens een enkelvoudige aselecte steekproef worden geselecteerd. In dit *worst-case*-scenario wordt dus geen gebruik gemaakt van stratificatie, en er wordt geen hulpinformatie benut in de vorm van regressieschatters.

Wij gaan ervan uit dat de kans op een fout van de eerste soort maximaal 0.05 mag zijn. De kans op een fout van de tweede soort mag maximaal 0.2 zijn, bij een relevante afwijking van tenminste 10 % van de norm.

Op basis van de voorinformatie uit het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân concluderen we dat voor toetsing van de zomergemiddelde concentratie N-totaal aan de MTR-waarde er tenminste 25 meetrondes per zomerhalfjaar nodig zijn met tenminste vijftig monsters per meetronde, en voor P-totaal tenminste 100 meetrondes met tenminste 90 locaties per meetronde. Vaker meten blijkt tot grotere nauwkeurigheid te leiden dan op meer locaties meten.

Conclusies en aanbevelingen

Deze studie leidt tot te volgende conclusies:

1. Bij monitoring ten behoeve van toetsing van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW moet een ontwerpgebaseerde benadering worden gevolgd. Hierbij kan vrij van veronderstellingen over de nauwkeurigheid van geschatte gemiddelden worden getoetst. Modellen kunnen als hulpinformatie worden gebruikt, waardoor het benodigde aantal waarnemingen mogelijk kan worden gereduceerd. Een ontwerpgebaseerde benadering sluit aan bij de *Guidance on monitoring* behorende bij de Europese Kaderrichtlijn Water.
2. De monitoringstrategie moet flexibel zijn; er moet met name voor een ruimtelijke spreiding van de locaties worden gezorgd. Als een toets namelijk uitwijst dat een bepaalde norm niet wordt gehaald, dan moeten vervolgens de bronnen van eutrofiëring kunnen worden opgespoord en verontreinigingspatronen in kaart kunnen worden gebracht. Ook monitoring van invoeren (bronmonitoring) kan hieraan bijdragen.
3. Een ruimte-tijdsteekproef volgens een synchroon ontwerp is geschikt om in de NFW toe te passen bij toetsing van de waterkwaliteit aan normen. Bij de verwerking van de gegevens kan gebruik worden gemaakt van de informatie uit de bestaande meetnetten van het Wetterskip Fryslân en kennis van het

hydrologische systeem, door regressieschatters van ruimte-tijdgemiddelden te berekenen.

4. De minimaal vereiste steekproefomvang voor toetsing van N-totaal bedraagt tenminste 25 meetrondes per zomerhalfjaar met tenminste vijftig monsters per meetronde, en voor P-totaal tenminste 100 meetrondes met tenminste 90 locaties per meetronde. Vaker meten blijkt tot grotere nauwkeurigheid te leiden dan op meer locaties meten. De minimaal benodigde steekproefomvang is bij de gehanteerde uitgangspunten onrealistisch groot.

Wij bevelen het volgende aan:

1. Er moeten keuzes worden gemaakt over de kwaliteitsnormen die moeten worden gehanteerd, de vereiste nauwkeurigheid waarmee aan deze normen moet worden getoetst, de kosten van monitoring en de begrenzing van het gebied. De begrenzing en de normen hangen met elkaar samen, omdat de normen verband houden met enerzijds de mate waarin de landbouw in de NFW de waterkwaliteit beïnvloedt en anderzijds de kwaliteit van het gebiedsvreemde inlaatwater.
2. Waarnemingen van zeer geringe concentraties beneden de detectielimiet (gecensoreerde waarnemingen) dienen te worden vervangen door *maximum-likelihood*-schattingen. Deze waarnemingen worden vaak weggelaten, vervangen door de detectielimiet of de helft van de detectielimiet. Dit leidt tot onzuivere schattingen van de gemiddelde concentratie. Omdat de normen waartegen getoetst liggen dichtbij de detectielimiet liggen is het van belang het gemiddelde zuiver te schatten.
3. Een mogelijk alternatief voor de klassieke statistische toets die in deze studie is toegepast, is een zogeheten Bayesiaanse toets. Doordat voorinformatie over de waterkwaliteit in voorgaande jaren wordt gebruikt zou de benodigde steekproefomvang kunnen worden beperkt. Een mogelijk nadeel is dat hiermee een element van subjectiviteit in de toets wordt geïntroduceerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleem

Op verschillende ruimtelijke schaalniveaus wordt getracht de kwaliteit van het milieu te verbeteren. 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-)stroomgebieds- en nationaal niveau, worden vaak doorvertaald naar bedrijfsniveau via regels voor productie, gebruik en aanwending van dierlijke en kunstmest 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.

Een belangrijke voorwaarde voor zelfsturing in de NFW is dat door middel van monitoring wordt vastgesteld of de milieudoelen worden gehaald. De vraag is echter hoe deze doelen zijn gedefinieerd, dus aan welke normen moet worden voldaan. Er moet worden gekozen voor ecologische doelen, chemische doelen of beide. Bij het definiëren van de doelen zou rekening moeten worden gehouden met het feit dat de kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW niet uitsluitend wordt bepaald door de landbouw, maar ook door bijvoorbeeld overstort van rioolwater, inlaat van gebiedsvreemd water en recreatief gebruik. Binnen de NFW kan de bijdrage van de landbouw aan de oppervlaktewaterkwaliteit variëren in tijd en plaats en kunnen deelgebieden worden onderscheiden. Hiermee kan rekening worden gehouden bij het vaststellen van normen. Verder is het de vraag of voor ieder type oppervlaktewater dezelfde norm moet gelden.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is een eerste aanzet te geven tot de ontwikkeling van een monitoringplan voor de toetsing van de chemische oppervlaktewaterkwaliteit in de NFW aan nader af te spreken normen. Vooralsnog gaan wij in deze studie uit van de

MTR-waarden (MTR=maximaal toelaatbaar risico; CIW, 2000). In de toekomst zouden echter normen moeten worden gedefinieerd die specifiek zijn voor de ecosystemen in de NFW. Deze normen zouden ook binnen de NFW kunnen variëren.

De studie zal beperkt blijven tot het oppervlaktewater in het gebied van de NFW. De monitoring zal zich beperken tot toetsing aan normen in het gebied van de NFW en deelgebieden, en heeft nadrukkelijk niet tot doel meer inzicht te krijgen in het hydrologische systeem of in de ruimtelijke patronen van oppervlaktewaterkwaliteit.

1.3 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 geeft de verschillende uitgangspunten, doelen en typen van monitoring en mogelijkheden van dataverwerking, en plaatst deze in de context van gebiedssturing in de NFW. De belangrijkste keuzes die moeten worden gemaakt bij het ontwerp van een monitoringstrategie worden in hoofdlijnen beschreven. Voor gedetailleerde informatie verwijzen wij naar De Gruijter *et al.* (2006). In hoofdstuk 3 zal een schema worden uitgewerkt voor een dergelijk monitoringplan. In hoofdstuk 4 zal de voor- en hulpinformatie die afkomstig is uit het meetnet van het Wetterskip Fryslân worden geanalyseerd. Hoofdstuk 5 bevat een analyse van de benodigde steekproefomvang. Hoofdstuk 6 geeft de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2 Uitgangspunten van monitoring

2.1 Typen monitoring

De Gruijter *et al.* (2006) onderscheiden de volgende drie typen van monitoring:

1) *status* of *ambient monitoring*, met als doel de toestand van een bepaald onderdeel van het milieu te karakteriseren en de verandering in de tijd kwantitatief te beschrijven. Een voorbeeld is de monitoring van emissies van broeikasgassen op nationaal niveau. Statusmonitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit vindt voor stroomgebieden en deelstroomgebieden plaats in het kader van de Europese Kaderrichtlijn water ('toestand- en trendmonitoring', Anonymus, 2000; WFD Working Group 2.7, 2003);
2) *trend* of *effect monitoring*, met als doel mogelijke effecten van ingrepen door de mens in natuurlijke systemen vast te stellen. Het gaat hierbij dus niet alleen om het beschrijven van veranderingen in de tijd, zoals bij *status monitoring*, maar ook om de relatie van deze veranderingen met ingrepen door de mens. Een voorbeeld van *trend monitoring* is het volgen van de effecten van drinkwaterwinning op de grondwaterstanden in de omgeving. Één van de doelen van operationele monitoring die de Europese Kaderrichtlijn Water onderscheidt is het vaststellen van effecten van maatregelen. Dit doel valt in de categorie *trend* of *effect monitoring*;
3) *compliance* of *regulatory monitoring*, met als doel om te beoordelen of bepaalde normen worden nageleefd (compliance = naleving). Een voorbeeld is monitoring van concentraties zware metalen in de bovengrond van landbouwgrond, om te beoordelen of deze onder wettelijke maxima blijven. De reden voor *compliance monitoring* is in de regel het handhaven van wetten en regels. Één van de doelen van operationele monitoring die de Europese Kaderrichtlijn Water onderscheidt is om vast te stellen of de waterkwaliteit beantwoordt aan de milieudoelen. Dit doel kan worden gezien als een vorm van *compliance* of *regulatory monitoring*.

Deze indeling is van belang bij het ontwerpen van een monitoringstrategie. De verschillende typen monitoring brengen namelijk verschillende soorten informatie voort, die verschillende vormen van dataverzameling en -verwerking vereisen. Een belangrijke vraag in de NFW is of het oppervlaktewater 'schoon' is of niet. 'Schoon' is gedefinieerd met normen voor chemische en ecologische kwaliteit (CIW, 2000). *Compliance monitoring* zou moeten worden gevolgd om de vraag te kunnen beantwoorden of het water in de NFW voldoet aan de wettelijke normen voor schoon oppervlaktewater. Om te onderzoeken of veranderingen in de agrarische bedrijfsvoering in het gebied effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater, zou *effect monitoring* moeten plaatsvinden.

De WFD Working Group 2.7 (2003) adviseert in de *Guidance on monitoring* (Leidraad voor monitoring) over de opzet van monitoringprogramma's en gaat in op de statistische aspecten van deze programma's. Normtoetsing en risicoanalyse worden

geplaatst in de context van statistische toetsen. Benadrukt wordt dat voor het ontwerp van een monitoringstrategie van groot belang is zorgvuldig hypothesen te formuleren, realistische en meetbare doelen te kiezen en acceptabele niveaus van risico, precisie en betrouwbaarheid aan te geven. De WFD Working Group 2.7 (2003) wijst op de samenhang tussen de monitoringstrategie en kansen op fouten van de eerste en tweede soort, resp. het ten onrechte verwerpen en accepteren van de H_0-hypothese. Deze fouten kunnen leiden tot desinvesteringen en milieuschade. De Guidance adviseert kanssteekproeven (met name *stratified random sampling*) toe te passen bij operationele of *compliance* monitoring, zie paragraaf 2.2.1.

2.2 Typen dataverwerking

2.2.1 Ontwerp- of modelgebaseerde verwerking?

Twee fundamenteel verschillende statistische verwerkingsmethoden kunnen worden onderscheiden: de ontwerpgebaseerde benadering, die wordt gevolgd bij klassieke steekproeven, en de modelgebaseerde benadering, die wordt gevolgd in geostatistiek en tijdreeksanalyse. De Gruijter *et al.* (2006) geven een uitvoerige beschrijving van de verschillen tussen beide benaderingen. Kort gezegd maakt de ontwerpgebaseerde benadering gebruik van het gegeven dat de waarnemingslocaties en/of -tijdstippen zijn geselecteerd volgens een kansmechanisme waarbij de kans dat een punt of tijdstip deel uitmaakt van de steekproef (insluitkans) bekend is, terwijl de modelgebaseerde benadering gebaseerd is op de veronderstelling dat een bepaald ruimtelijk-temporeel fenomeen de uitkomst is van een kansmechanisme ('stochastisch proces') dat beschreven wordt met een model.

De praktische betekenis van het onderscheid tussen een ontwerp- of een modelgebaseerde benadering ligt in het type informatie dat de monitoring moet voortbrengen. Een ontwerpgebaseerde benadering wordt bijvoorbeeld gevolgd als moet worden getoetst of gemiddelde concentraties van bepaalde stoffen onder wettelijke normen blijven. Met een ontwerpgebaseerde benadering behoeven dan geen veronderstellingen te worden gedaan over de nauwkeurigheid van de geschatte gemiddelden, waardoor de uitkomst van de toets niet afhankelijk is van deze veronderstellingen. Als er behoefte is aan schattingen van gemiddelden, oppervlaktefracties, etc., in een bepaald gebied of in een bepaalde periode, kan een ontwerpgebaseerde benadering vaak efficiënter zijn (minder waarnemingen nodig bij gelijke nauwkeurigheid) dan een modelgebaseerde benadering.

Als bijvoorbeeld jaarlijks een kaartje met ruimtelijke patronen moet worden gemaakt, dan ligt een modelgebaseerde benadering voor de hand, waarbij met een geostatistisch model ruimtelijke voorspellingen worden verricht. Een modelgebaseerde benadering wordt ook gevolgd wanneer bijvoorbeeld de invloed van een ingreep door de mens moet worden gescheiden van de invloed van het weer op de grondwaterstand. Tijdreeksmodellering wordt dan toegepast om de verschillende invloeden te kwantificeren en bijvoorbeeld trendparameters te schatten.

De keuze voor een ontwerp- of een modelgebaseerde verwerkingsmethode heeft belangrijke consequenties voor de wijze waarop de data worden verzameld. Bij een ontwerpgebaseerde benadering dienen de insluitkansen van de locaties en/of tijdstippen bekend te zijn; deze zullen daarom via een vorm van loting worden geselecteerd. Bij een modelgebaseerde benadering dient het model van ruimtelijke en/of temporele variatie zo goed mogelijk te worden geschat; dit vereist een gerichte selectie van locaties en tijdstippen.

Om de oppervlaktewaterkwaliteit in de NFW te toetsen aan normen zou een ontwerpgebaseerde benadering moeten worden gevolgd. Als informatie gewenst is over de ruimtelijke verspreiding van concentraties, bijvoorbeeld om bronnen van verontreiniging te kunnen traceren, dan zou een modelgebaseerde benadering moeten worden gevolgd. Behalve de oppervlaktewaterkwaliteit zou dan ook de nutriëntenbalans op bedrijfsniveau kunnen worden gemonitord, als vorm van bronmonitoring. Ook wanneer het eventuele effect van veranderingen in de bedrijfsvoering op de oppervlaktewaterkwaliteit moet worden beschreven kan een modelgebaseerde benadering (tijdreeksmodellering) worden toegepast.

2.2.2 Type doelgrootheid

Een belangrijk verschil tussen de ontwerp- en modelgebaseerde benadering is het type informatie dat wordt verkregen. Bij een ontwerpgebaseerde benadering worden statistieken verkregen over de vaste (of werkelijke), maar onbekende toestand van een variabele in een bepaald gebied of in een bepaalde periode. Een voorbeeld is de oppervlaktefractie gronden die niet aan een bepaalde wettelijke norm voldoen in een bepaalde provincie, of de gemiddelde grondwaterstand op een bepaalde locatie in een bepaalde periode. De oppervlaktefractie en het gemiddelde in deze voorbeelden worden de doelgrootheden genoemd, zie paragraaf 3.2, en deze worden geschat.

Bij een modelgebaseerde benadering kan onderscheid worden gemaakt tussen schattingen van modelparameters en voorspellingen in ruimte, tijd of beide. Een voorbeeld van een modelparameter is de lineaire trend in een tijdreeks. Een voorspelling in de ruimte is bijvoorbeeld een geostatistisch geïnterpoleerde kaart.

2.2.3 Type resultaat

Het resultaat van monitoring kan kwantitatief zijn of kwalitatief. Kwantitatief wil zeggen dat het resultaat bestaat uit een getal of een interval. Een kwalitatief resultaat geeft bijvoorbeeld aan dat de waarde in een bepaalde klasse valt, of een bepaald niveau over- of onderschrijdt, zonder de waarde zelf te geven. De uitkomst van een toets is bijvoorbeeld kwalitatief: de uitkomst geeft antwoord op de vraag of de kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet aan de norm.

2.2.4 Schatten, voorspellen, toetsen, classificeren of detecteren?

Tabel 1 geeft een samenvatting van verwerkingsmethode, doelgrootheden en type resultaat. Bij schatten wordt er informatie verkregen over een vaste doelgrootheid (met één vaste, werkelijke waarde), zoals het ruimtelijke gemiddelde van een variabele in een bepaald gebied of de parameter van een bepaald tijdreeksmodel dat de temporele variatie van een variabele beschrijft. Bij voorspellen wordt er informatie verkregen over een doelgrootheid waarvan we veronderstellen dat de waarde niet vastligt, maar voortkomt uit een stochastisch proces. Bij deze benadering veronderstellen we dat de waarde van de doelgrootheid voortkomt uit een kansexperiment (stochastisch proces), omdat we onzeker zijn over de werkelijke waarde. Het stochastische proces wordt beschreven met een stochastisch model, zoals een semivariogram of een tijdreeksmodel.

Tabel 1 Overzicht van methoden van verwerking, typen doelgrootheid en type resultaat (naar De Gruijter et al., 2006)

Basis van verwerking	Type doelgrootheid	Type resultaat	Verwerkingsmethode
Steekproefontwerp	Statistieken die de toestand in een bepaald gebied/periode karakteriseren	Kwantitatief Kwalitatief	Schatten Toetsen
Stochastisch model	Statistieken voor de toestand op niet-bemonsterde locaties/tijdstippen	Kwantitatief Kwalitatief	Voorspellen Classificeren
	Statistieken die een onderliggend stochastisch proces karakteriseren	Kwantitatief Kwalitatief	Schatten Toetsen

Bij classificatie wordt een object op basis van zijn eigenschappen toegekend aan een klasse. Op basis van geschatte gemiddelde concentraties wordt een waterlichaam bijvoorbeeld geclassificeerd als 'sterk verontreinigd', 'matig verontreinigd' of 'niet verontreinigd'. Bij toetsing wordt een beslissing genomen op basis van een geschatte waarde, waarbij rekening wordt gehouden met de onzekerheid over de werkelijke waarde. Naast schatten, voorspellen, classificeren en toetsen kan nog detecteren worden onderscheiden. Bij detectie gaat het bijvoorbeeld om de vraag of er een verontreinigingsbron in een gebied aanwezig is en zo ja, waar deze bron zich bevindt. Bij het ontwerpen van een monitoringstrategie dat detectie tot doel heeft moet de kans dat zo'n verontreinigingsbron over het hoofd wordt gezien zo klein mogelijk worden gehouden. Een goede ruimtelijke verspreiding van bemonsteringslocaties zal hier bijvoorbeeld toe bijdragen. In de NFW is detectie aan de orde wanneer uit toetsing aan normen blijkt dat de gebiedsdoelstellingen niet worden gehaald, en de oorzaak moet worden achterhaald.

De relevantie van het bovenstaande voor de NFW is om, gegeven het type informatie dat wordt vereist, de juiste te beslissing te nemen over de verwerkingsmethode en de daarvoor geëigende methode van dataverzameling. In het volgende hoofdstuk zal dit systematisch worden uitgewerkt.

3 Uitwerking van een schema voor een monitoringplan

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk werken we een schema voor monitoring uit, volgens hoofdstuk 3 in De Gruijter *et al.* (2006). Enkele onderdelen van dit schema zullen we niet invullen, zoals een protocol voor het uitvoeren van het veldwerk en een exacte beschrijving van de bemonsteringslocaties en -tijdstippen. Deze onderdelen zullen worden beschreven wanneer een definitieve keuze is gemaakt voor een monitoringstrategie.

3.2 Doel van de monitoring

Doeluniversum
Tot het doeluniversum wordt het oppervlaktewater in de NFW gerekend dat grotendeels onder invloed staat van de landbouw. Het gaat immers om de beoordeling van de bijdrage van de landbouw aan het nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. De NFW worden doorsneden door enkele kanalen en watergangen zoals het Prinses Margrietkanaal en de Stroobosser Trekvaart, waarvan de waterkwaliteit mogelijk niet of slechts minimaal door de landbouw uit de NFW wordt beïnvloed. In overleg met gebieds- en systeemdeskundigen moet worden beoordeeld welke watergangen tot het doeluniversum worden gerekend. Water in de bebouwde kom blijft buiten beschouwing.

In de tijd is het doeluniversum voorlopig beperkt tot het zomerhalfjaar (1 april-30 september), van enig jaar in de toekomst. De keuze voor het zomerhalfjaar is afgeleid van de MTR-norm voor N- en P-totaal. Voor de ecologische kwaliteit is echter ook het winterhalfjaar relevant. Als er in de toekomst gebiedsspecifieke normen zijn gedefinieerd wordt daarom mogelijk het doeluniversum uitgebreid tot het gehele jaar.

Interessedomein(en)
Het open water dat grotendeels onder invloed staat van de landbouw in de NFW kan worden ingedeeld in sloten, (trek-)vaarten, meertjes en dobben. Dobben, veelal pingoruïnes uit de laatste ijstijd, komen veel voor in de NFW. Het water in deze dobben is van wisselende kwaliteit; er zijn dobben die door schoon kwelwater worden gevoed, dobben met stilstaand water en algengroei, dobben met veengroei, dobben die als veedrenkplaats worden gebruikt, etc. De vraag is of landelijke normen van toepassing kunnen zijn op deze gebiedsspecifieke dobben. Ten tweede moet onderscheid worden gemaakt tussen gebieden met vrije afwatering, bemalen gebieden, gestuwde gebieden en boezemwateren zoals (trek-)vaarten, die vaak weer direct in verbinding staan met meren. Ook dit onderscheid moet in overleg met gebieds- en systeemdeskundigen worden gemaakt. Ten derde kan onderscheid worden gemaakt tussen watergangen in het zand-, het klei- en het veengebied, omdat bekend is dat het de processen die nutriëntenbelasting veroorzaken anders verlopen in deze gebieden.

Het doel van het onderscheiden van verschillende 'domains of interest' of deelgebieden is om de locaties zo goed mogelijk te verspreiden over het gebied, en om per deelgebied uitspraken te kunnen doen over de waterkwaliteit, waarbij tegen verschillende normen kan worden getoetst.

Doelvariabele(n)
De doelvariabelen zijn *loggetransformeerde* concentraties N-totaal en P-totaal. De logtransformatie is nodig omdat de individuele concentraties lognormaal verdeeld zijn en bij (naar verwachting) kleine steekproefomvangen niet gegarandeerd kan worden dat het ruimte-tijdgemiddelde normaal verdeeld is.

Doelparameter(s)
De ruimte-tijdgemiddelden van de loggetransformeerde concentraties N-totaal en P-totaal.

Doelgrootheden
De ruimte-tijdgemiddelde loggetransformeerde concentraties N- en P-totaal in het oppervlaktewater van poldersloten, boezemwateren en dobben in het klei-, zand- en veengebied van de NFW.

Type resultaat
Het type resultaat is kwalitatief, namelijk een antwoord op de vraag of de ruimte-tijdgemiddelden zich boven of onder de NFW-normen bevinden (toetsing).

3.3 Kwaliteitsmaat

Wij willen toetsen of de gemiddelde (loggetransformeerde) concentraties N-totaal en P-totaal in het oppervlaktewater in de NFW voldoen aan de MTR-waarden. De toets heeft als nulhypothese, H0: de concentraties zijn hoger dan de MTR-waarden, en als alternatieve hypothese, H1: de concentraties zijn lager dan de MTR-waarden. Omdat we werken op logschaal, veronderstellen we impliciet dat de MTR-waarden zijn gedefinieerd voor mediane concentraties. Volgens CIW (2000) gelden deze waarden echter voor rekenkundige gemiddelden van concentraties op de oorspronkelijke schaal. Gezien de scheefheid van de verdeling van concentraties en de gevoeligheid van het rekenkundige gemiddelde voor uitschieters kiezen we hier voor een toetsing van gemiddelden op logschaal, en veronderstellen we dat de MTR-waarden gelden voor mediane concentraties.

Als ten onrechte H0 wordt verworpen dan is de consequentie dat ten onrechte het water voor schoon wordt aangezien. Het risico van deze "fout van de eerste soort" moet klein zijn. Als ten onrechte H0 wordt geaccepteerd wordt schoon water voor vuil water aangezien ("fout van de tweede soort"). Boeren in de NFW zouden dan ten onrechte de bedrijfsvoering moeten aanpassen. Tabel 2 geeft de mogelijke uitkomsten van de toets schematisch weer. Deze formulering van de toets sluit aan bij het huidige stadium van de KRW, waarbij de landbouw wil anticiperen op de implementatie van de richtlijn.

Tabel 2 Mogelijke uitkomsten van een toets aan MTR-normen voor oppervlaktewaterkwaliteit

	Conclusie toets	
Werkelijkheid	concentratie > MTR	concentratie ≤ MTR
concentratie > norm	goed	fout van de eerste soort
concentratie ≤ norm	fout van de tweede soort	goed

De kans op een fout van de eerste soort (onterecht concluderen dat de waterkwaliteit aan de normen voldoet) moet klein zijn en stellen wij op maximaal 0.05. Ook de kans op een fout van de tweede soort, namelijk dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de ruimte-tijdgemiddelde concentraties niet voldoen aan de KRW-normen, dient klein te zijn. Het houdt voor de boeren in de NFW immers in dat er ten onrechte beperkingen in de bedrijfsvoering kunnen worden opgelegd. Stel dat een afwijking ten opzichte van de KRW-norm voor N-totaal van tenminste 0.22 mg/l (10 %) relevant is, en voor P-totaal eveneens 10 % van de norm, namelijk 0.015 mg/l, en stel dat we bij dat verschil een kans op een fout van de tweede soort van maximaal 0.2 toelaten, oftewel het onderscheidingsvermogen van de toets bedraagt 1-0.2=0.8.

Bovenstaande risico's dienen met de betrokkenen te worden besproken, voordat er beslissingen worden genomen over kleinste relevant geachte afwijkingen van de norm, en maximaal toelaatbare kansen op fouten van de eerste en tweede soort. Deze beslissingen hebben namelijk gevolgen voor het benodigde aantal waarnemingen en daarmee voor de kosten van de monitoring.

3.4 Randvoorwaarden

De eisen ten aanzien van kosten zijn niet bekend. Door zoveel mogelijk gebruik te maken van gegevens uit bestaande monitoringnetwerken zullen de kosten worden beperkt. De mate waarin is echter zonder een testfase van de monitoring moeilijk aan te geven. Ook moet rekening worden gehouden met beperkte bemonsterings- en laboratoriumcapaciteit. Verder is de frequentie van belang waarmee de resultaten naar het gebied worden teruggekoppeld.

3.5 Voorinformatie

Steekproefkader
Locaties worden geselecteerd vanaf een GIS-bestand met daarin de begrenzing van de NFW.

Overige informatie
Voor een gedetailleerde beschrijving van voor- en hulpinformatie verwijzen wij naar hoofdstuk 4. In de NFW liggen 14 punten uit het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân. Zes daarvan liggen in open water dat door voornamelijk de landbouw wordt beïnvloed. In het basismeetnet wordt min of meer regelmatig met een maandelijkse frequentie de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord op basis van een groot aantal variabelen, onder andere concentraties N-totaal en P-totaal.

Naast het basismeetnet is er een gebiedsgericht en een operationeel meetnet in Friesland, waarvan 74 punten in de NFW liggen. Hiervan liggen er 41 in open water dat grotendeels door de landbouw wordt beïnvloed. In het gebiedsgerichte meetnet wordt om de vier jaar een jaar lang maandelijks de oppervlaktewaterkwaliteit gemonitord op basis van een groot aantal variabelen waaronder de concentraties N-totaal en P-totaal. Voor de locaties zelf kan worden beoordeeld of de gemiddelde concentratie boven of onder de norm is, waarbij een (tijdreeks-)model wordt aangenomen (Van den Boomen, 2006). Het modelgemiddelde, μ, wordt vergeleken met de norm. Deze toets hangt echter af van de modelveronderstellingen, zoals stationariteit en onafhankelijke en gelijk verdeelde residuen.

Met een methode die gebaseerd is op een kanssteekproef kan modelvrij worden getoetst. De informatie die op de 6+41 locaties wordt verzameld kan daarbij worden gebruikt als hulpinformatie, bij het berekenen van zogenaamde regressieschatters van het ruimte-tijdgemiddelde, zie paragraaf 3.11.2 tot en met paragraaf 3.11.5. Het aantal extra punten dat in ruimte en tijd moet worden geselecteerd volgens een kanssteekproef kan door deze hulpinformatie worden beperkt. De waarnemingen van de 6+41 locaties moeten in ruimte en tijd worden geïnterpoleerd naar de locaties en tijdstippen van de kanssteekproef. Het nut van de hulpinformatie hangt sterk af van de nauwkeurigheid van deze interpolatie. Hierop gaan wij in paragraaf 3.11.5 nader in.

Model van de variatie
Een model van de ruimtelijke en temporele variatie van loggetransformeerde N- en P-totaal kan worden gemaakt op basis van de voorinformatie van het Wetterskip Fryslân. Een variogram kan bijvoorbeeld nodig zijn als een modelgebaseerde benadering wordt gevolgd. Gezien het doel van de monitoring, namelijk toetsing, wordt echter in eerste instantie voor een ontwerpgebaseerde opzet gekozen. Overigens sluit deze opzet een modelgebaseerde verwerking in een later stadium niet uit, wanneer het bijvoorbeeld nodig is bronnen van verontreiniging op te sporen. Omgekeerd sluit een modelgebaseerde opzet ontwerpgebaseerde, modelvrije verwerking, zoals bij toetsing, wel uit. Paragraaf 2.2.1 gaat nader in op de keuze tussen een ontwerp- en een modelgebaseerde opzet en verwerking.

3.6 Volume van het monster

Hier gaat het om het volume oppervlaktewater dat bemonsterd wordt. Het is uit kostenoogpunt aan te bevelen om bij de bemonsteringspraktijk die er is in het Wetterskip aan te sluiten. De monstername, inclusief het volume van de monsters, vindt plaats volgens de Leidraad Monitoring (CIW, 2001).

3.7 Bepalingsmethode

Deze sluit aan bij de Leidraad Monitoring (CIW, 2001).

3.8 Samengestelde monsters

Het kan uit kostenoogpunt aantrekkelijk zijn om mengmonsters samen te stellen, als we geïnteresseerd zijn in gemiddelden van concentraties (Knotters, 2005; Knotters *et al.*, 2006). Er zijn echter nadelen:

1. een mogelijk nadeel is dat door chemische reacties de waarneembare concentraties N en P worden beïnvloed. Een deel kan zich namelijk binden aan de vaste bestanddelen;
2. een ander nadeel is dat informatie over met name de ruimtelijke variatie op een bepaald tijdstip verloren gaat;
3. mengmonsters zijn niet mogelijk als we medianen toetsen (of gemiddelden op logaritmische schaal).

3.9 Keuze tussen ontwerp- of modelgebaseerde verwerking

Omdat het doel toetsing is en wij er de voorkeur aan geven de toets vrij van modelveronderstellingen uit te voeren, zal de verwerking ontwerpgebaseerd zijn. De locaties en tijdstippen van bemonstering zullen daarom volgens kanssteekproeven worden geselecteerd. Ruimtelijke en temporele verschillen kunnen worden aangegeven door deelgebieden of deelperioden (ruimtelijke of temporele strata) te onderscheiden.

Gegevens die volgens een ontwerpgebaseerde methode zijn verzameld kunnen met een modelgebaseerde methode worden verwerkt, het omgekeerde kan niet. De locaties en tijdstippen zijn echter niet geoptimaliseerd voor modelgebaseerde *inference*. Als bij de selectie een goede ruimtelijke en temporele verdeling wordt nagestreefd dan is het mogelijk om met gegevens die volgens kanssteekproeven zijn verzameld nauwkeurige ruimtelijke en temporele voorspellingen te doen. Dit kan van belang zijn nadat een toets heeft uitgewezen dat een bepaalde norm niet wordt gehaald. De bronnen van eutrofiëring moeten dan worden opgespoord en verontreinigings-patronen moeten in kaart worden gebracht.

3.10 Keuze van een aselect steekproeftype

Voor de keuze van een aselect steekproeftype volgen wij de beslissingsbomen op blz. 78-79 in De Gruijter *et al.* (2006) voor ruimtelijke steekproeven en de methoden in paragraaf 15.2 van datzelfde boek, en de beschrijving van ruime-tijdsteekproeven in hoofdstuk 14 en paragraaf 15.2. Knotters (2005) volgt een synchroon ontwerp dat vergelijkbaar is met een tweetrapssteekproef, waarbij eerst een aantal tijdstippen zijn geloot (trap 1) en vervolgens voor elk tijdstip een aantal locaties (trap 2). Er wordt

dus nooit op dezelfde locatie teruggekeerd. Deze opzet heeft het operationele bezwaar dat telkens nieuwe locaties in het veld moeten worden opgezocht. Een voordeel is dat hierdoor wordt voorkomen dat belanghebbenden de resultaten kunnen beïnvloeden. De uitvoering kan worden vergemakkelijkt door van GPS-apparatuur gebruik te maken.

Bij een statische ruimte-tijdsteekproef wordt op vaste locaties bemonsterd. De tijdstippen van bemonstering worden voor elke locatie apart geloot, wat operationeel gezien een bezwaar is. Het aantal veldbezoeken is namelijk erg groot, terwijl er per veldbezoek maar weinig monsters worden genomen.

Bij een statisch-synchrone ruimte-tijdsteekproef wordt op vaste locaties en tijdstippen geloot. Operationeel gezien is deze opzet aantrekkelijk: locaties kunnen worden gemarkeerd en het aantal veldbezoeken is beperkt. De Gruijter *et al.* (2006) geven echter aan dat optimalisering van de steekproef en berekening van de standaardfout van het geschatte ruimte-tijdgemiddelde gecompliceerder is dan bij statische en synchrone ontwerpen.

Een synchrone ruimte-tijdsteekproef is geschikt voor het toetsen van ruimte-tijdgemiddelden aan normen (zie tabel 15.1 in De Gruijter *et al.*, 2006). Bij deze steekproef kan gebruik worden gemaakt van hulpinformatie die beschikbaar is uit bestaande meetnetten. Deze meetnetten zijn ontworpen volgens *convenience* of *purposive sampling*. Brus en De Gruijter (2003) beschrijven hoe informatie uit deze meetnetten kan worden gebruikt bij het schatten van ruimtelijke gemiddelden. Deze aanpak zal in de NFW worden uitgebreid tot het schatten van ruimte-tijdgemiddelden en het toetsen van deze gemiddelden aan normen (zie paragraaf 3.11.2 tot en met 3.11.5).

Bij de synchrone ruimte-tijdsteekproef zal zowel in ruimte als in tijd worden gestratificeerd om een zo goed mogelijke spreiding van locaties en meettijdstippen over het gebied en het zomerhalfjaar te krijgen.

De stratificatie in de ruimte zal zodanig moeten zijn dat alle watertypen zijn vertegenwoordigd (zie de indeling van het Wetterskip Fryslân) en alle bodemkundig/hydrologische deelgebieden zijn vertegenwoordigd (Roelsma, 2007; Roelsma en Kselik, 2007).

De stratificatie in de tijd kan door middel van gelijke strata, bijvoorbeeld strata van één of twee maanden.

3.11 Methode van statistische verwerking

3.11.1 Gecensoreerde waarnemingen

Een waarneming is gecensoreerd als alleen bekend is dat de waarde buiten een bepaald meetbereik of buiten bepaalde censorgrenzen ligt. Bij waarnemingen van

concentraties P-totaal en N-totaal in het oppervlaktewater hebben we te maken met een ondergrens. Van een aantal waarden is dan slechts bekend dat zij onder deze ondergrens vallen. Afhankelijk van het doel van statistische verwerking moet een methode worden gekozen waarmee rekening wordt gehouden met gecensoreerde waarnemingen.

In deze studie zouden de gecensoreerde waarnemingen in tijdreeksen van maandelijks waargenomen concentraties kunnen worden vervangen door *maximum-likelihood*-schattingen, waarbij rekening wordt gehouden met de temporele autocorrelatiestructuur van de reeks. Hiervoor is methodiek ontwikkeld door Zeger en Brookmeijer (1986) en door Park *et al.* (2005). Toepassing hiervan bleek echter niet mogelijk binnen de termijn van dit project. Bij het schatten van de benodigde steekproefomvang (hoofdstuk 5) vervangen we vooralsnog de gecensoreerde waarnemingen door de helft van de detectielimiet. Als er daadwerkelijk gaat worden getoetst moeten deze waarnemingen echter worden vervangen door *maximum-likelihood*-schattingen.

3.11.2 Regressieschatters

Wij onderscheiden twee steekproeven:

1. een *purposive/convenience sample* S_a, namelijk het monitoringnetwerk oppervlaktewaterkwaliteit van het Wetterskip Fryslân;
2. een *probability sample* S_π, namelijk de kanssteekproef die ten behoeve van normtoetsing elk zomerhalfjaar in de NFW uitgevoerd gaat worden.

Het ruimte-tijdgemiddelde van de loggetransformeerde concentraties N-totaal en P-totaal wordt geschat met behulp van een *regression estimator* waar bij beide steekproeven worden gebruikt, analoog aan het schatten van ruimtelijke gemiddelden zoals beschreven door Brus en De Gruijter (2003). De loggetransformeerde concentraties uit het *purposive/convenience sample* S_a duiden we aan met z, die uit het *probability sample* S_π met y. De z-waarden in S_a worden geïnterpoleerd in ruimte en tijd naar de locaties en meettijdstippen van het *probability sample* S_π. De *regression estimator* is als volgt opgebouwd:

$$\hat{\bar{y}}_{\text{reg}} = \hat{\bar{y}}_\pi + \hat{B}_1\left(\bar{z} - \hat{\bar{z}}_\pi\right). \qquad (1)$$

Hierin is:

$\hat{\bar{y}}_\pi$ het geschatte ruimte-tijdgemiddelde van de loggetransformeerde concentratie op basis van de y-waarden in S_π;

$\bar{z}$ het werkelijke ruimte-tijdgemiddelde van de *geïnterpoleerde* waarden van z;

$\hat{\bar{z}}_\pi$ een π-schatting hiervan op basis van de geïnterpoleerde waarden van z in S_π;

$\hat{B}_1$ de hellingscoëfficiënt van y uitgezet tegen z, geschat op basis van de waarden van y en z in het *probability sample* S_π.

3.11.3 Het schatten van ruimte-tijdgemiddelden

Het ruimte-tijdgemiddelde van y wordt bij een synchroon ontwerp met stratificatie in zowel ruimte als tijd als volgt geschat:

$$\hat{\bar{y}}_{\pi} = \sum_{h=1}^{H} W_h \hat{\bar{y}}_{sth} \,, \qquad (2)$$

met $\hat{\bar{y}}_{sth}$ het ruimte-tijdgemiddelde in het temporele stratum $h, h = 1 \ldots H$, en W_h het gewicht voor het temporele stratum h. Het ruimte-tijdgemiddelde $\hat{\bar{y}}_{sth}$ voor het temporele stratum h wordt als volgt geschat:

$$\hat{\bar{y}}_{sth} = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} \hat{\bar{y}}_{si} \,, \qquad (3)$$

met $\hat{\bar{y}}_{si}$ het ruimtelijke gemiddelde op tijdstip i, en n_h het aantal tijdstippen in het temporele stratum h. Het ruimtelijke gemiddelde $\hat{\bar{y}}_{si}$ wordt op basis van ruimtelijke stratificatie geschat met

$$\hat{\bar{y}}_{si} = \sum_{k=1}^{K} W_k \hat{\bar{y}}_{ki} \,, \qquad (4)$$

waarin $\hat{\bar{y}}_{ki}$ het ruimtelijke gemiddelde is in het ruimtelijke stratum $k, k = 1 \ldots K$, op tijdstip i en W_k het gewicht van het ruimtelijke stratum k. Het ruimtelijke gemiddelde $\hat{\bar{y}}_{ki}$ wordt geschat met

$$\hat{\bar{y}}_{ki} = \frac{1}{n_{ki}} \sum_{j=1}^{n_{ki}} y_i \,, \qquad (5)$$

met n_{ki} het aantal waarnemingen in ruimtelijk stratum k op tijdstip i.

Een π-schatting $\hat{\bar{z}}_{\pi}$ op basis van de geïnterpoleerde waarden van z in S_{π} kan worden berekend door in vergelijking (2) tot en met (5) y te vervangen door z.

3.11.4 Schatten van de hellingscoëfficiënt $\hat{B}_1$

De hellingscoëfficiënt $\hat{B}_1$ uit vergelijking (1) wordt geschat uit de y- en z-waarden in S_{π}. Hiertoe moet de vergelijking die Brus en De Gruijter (2003) geven voor ruimtelijke steekproeven worden uitgebreid naar een ruimte-tijdsteekproef:

$$\hat{B}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left\{ \left(z_{ij} - \hat{\bar{z}}_{\pi} \right) \left(y_{ij} - \hat{\bar{y}}_{\pi} \right) / \pi_{ij} \right\}}{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left\{ \left(z_{ij} - \hat{\bar{z}}_{\pi} \right)^2 / \pi_{ij} \right\}} \,, \qquad (6)$$

waarin $i, i = 1 \ldots n$, de tijdstippen indiceert en $j, j = 1 \ldots m$, de locaties in S_{π}.

De hellingscoëfficiënt $\hat{B}_1$ wordt per ruimtelijk stratum geschat, zie De Gruijter *et al.* (2006), p. 118. Vervolgens wordt per temporeel stratum een ongewogen gemiddelde hellingscoëfficiënt berekend, waaruit tenslotte een gewogen gemiddelde

hellingscoëfficiënt wordt berekend. Als het aantal punten in een stratum klein is (< 10-20) dan worden strata samengevoegd.

3.11.5 Ruimte-tijdinterpolatie van *z*

Voor het berekenen van de *regression estimator* is het nodig om de z-waarden van het *purposive/convenience sample* S_a te interpoleren naar de locaties en tijdstippen van het *probability sample* S_π. De nauwkeurigheid van de uiteindelijke π-schatting van het ruimte-tijdgemiddelde en het onderscheidingsvermogen van de toets zal afhangen van de interpolatiemethode. De validiteit van de toets is dus niet afhankelijk van de interpolatiemethode, uitsluitend het onderscheidingsvermogen.

Interpolatie van oppervlaktewaterkwaliteit heeft voor een belangrijk deel betrekking op lijnvormige watergangen die behoren tot bepaalde polders en boezems. Verder zijn er meren en dobben. Een geostatistische interpolatiemethode ligt niet voor de hand omdat een model van ruimtelijke structuur rekening zou moeten houden met grenzen tussen polders en boezems, meren en dobben zou moeten onderscheiden en complexe anisotropieën zou moeten beschrijven die voortkomen uit de oriëntatie en stromingsrichting van de waterlopen. Het feit dat er geïnterpoleerd moet worden in ruimte én tijd maakt het nog complexer.

Bij de interpolatie kan het heel zinvol zijn om gebiedskennis die beschikbaar is bij de waterbeheerder (Wetterskip Fryslân) te gebruiken, en kennis van het hydrologische systeem zoals beschreven is door Roelsma en Kselik (2007) en Roelsma (2007). Omdat de interpolatiemethode uitsluitend nauwkeurigheid en onderscheidingsvermogen beïnvloedt, maar niet de validiteit van de toets, staat benutting van deze gebiedskennis bij het interpoleren de objectiviteit van de toets niet in de weg.

3.12 Samenvatting ontwikkeling monitoringstrategie

De belangrijkste stappen in het ontwerp van een schema voor monitoring zijn samengevat in het stroomschema in figuur B1 (Bijlage 1). Op basis van dit schema kan alle ontwerpinformatie worden verzameld. Het stroomschema in figuur B2 (Bijlage 1) vat vervolgens de overige stappen samen die moeten worden genomen om te komen tot een schema voor monitoring.

4 Analyse van de voor- en hulpinformatie

4.1 Inleiding

De voor- en hulpinformatie over de oppervlaktewaterkwaliteit in de NFW is afkomstig van het Wetterskip Fryslân. Wetterskip Fryslân (2000) beschrijft de achtergronden van het monitoringontwerp voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Een beschrijving van de oppervlaktewaterkwaliteit in 2001 in het hele beheersgebied wordt gegeven door Van den Bergs *et al.* (2002). Van den Boomen (2006) analyseert de eutrofiëring van het oppervlaktewater op basis van de dataset van het Wetterskip Fryslân, en voorspelt voor verschillende watertypen de concentraties nutriënten die in 2015 haalbaar zouden zijn. Voor een verkenning en een analyse van het hydrologische systeem verwijzen wij naar Roelsma en Kselik (2007) en Roelsma (2007).

In dit hoofdstuk analyseren we de gegevens die zijn verzameld in de NFW. In paragraaf 4.2 analyseren we de gegevens uit het basismeetnet. Dit is een netwerk van locaties waar maandelijks waarnemingen aan de waterkwaliteit worden verricht. Paragraaf 4.3 geeft een analyse van de gegevens uit het gebiedsgerichte meetnet, aangevuld met metingen die voor specifieke projecten zijn verricht, het zogeheten operationele meetnet. In het gebiedsgerichte meetnet wordt bij toerbeurt een jaar lang maandelijks gemeten in het noordwesten, het zuidwesten, het zuidoosten of het noordoosten van Friesland. De NFW behoren tot het noordoosten; hier wordt dus eenmaal per vier jaar de waterkwaliteit maandelijks waargenomen op een aantal locaties, aanvullend op het basismeetnet. De geschiktheidsbeoordeling van de oppervlaktewaterkwaliteit in 2004 voor een aantal functies, waaronder landbouw en natuur, wordt gegeven door Wetterskip Fryslân (2006), op basis van de gegevens van het gebiedsgerichte meetnet.

4.2 Wetterskip Fryslân, basismeetnet

Tabel 3 geeft een overzicht van de waarnemingspunten die behoren tot het basismeetnet oppervlaktewaterkwaliteit van het Wetterskip Fryslân. Figuur 1 geeft de ligging van de punten weer. Figuur 2 geeft aan in welk type afwateringsmiddel de punten liggen, en Figuur 3 geeft aan in welke bodemkundig-landschappelijke eenheid de punten vallen.

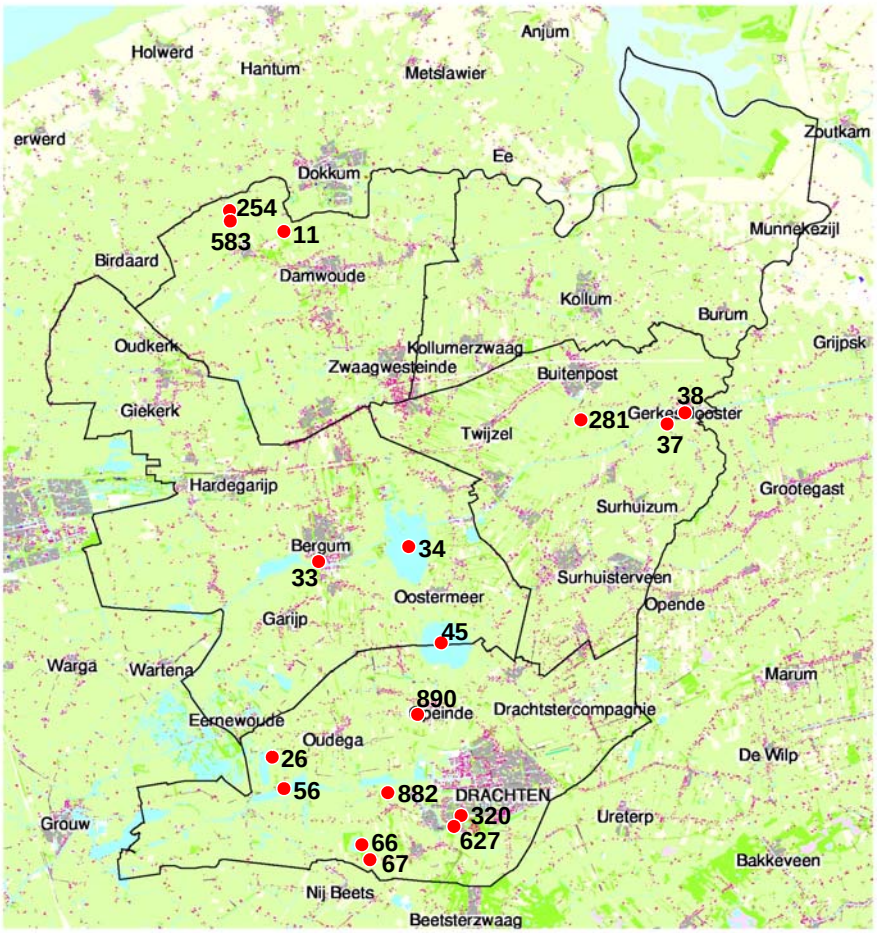
Omdat we uitsluitend geïnteresseerd zijn in de waterkwaliteit van het landelijke gebied vallen een aantal locaties af voor nadere analyse:

- de locaties 320, 627, 882 en 890 liggen in stedelijk gebied;
- de locaties 33 en 38 liggen in grote, diepe kanalen;
- de locaties 34, 45, 56, 261 en 583 liggen in meren.

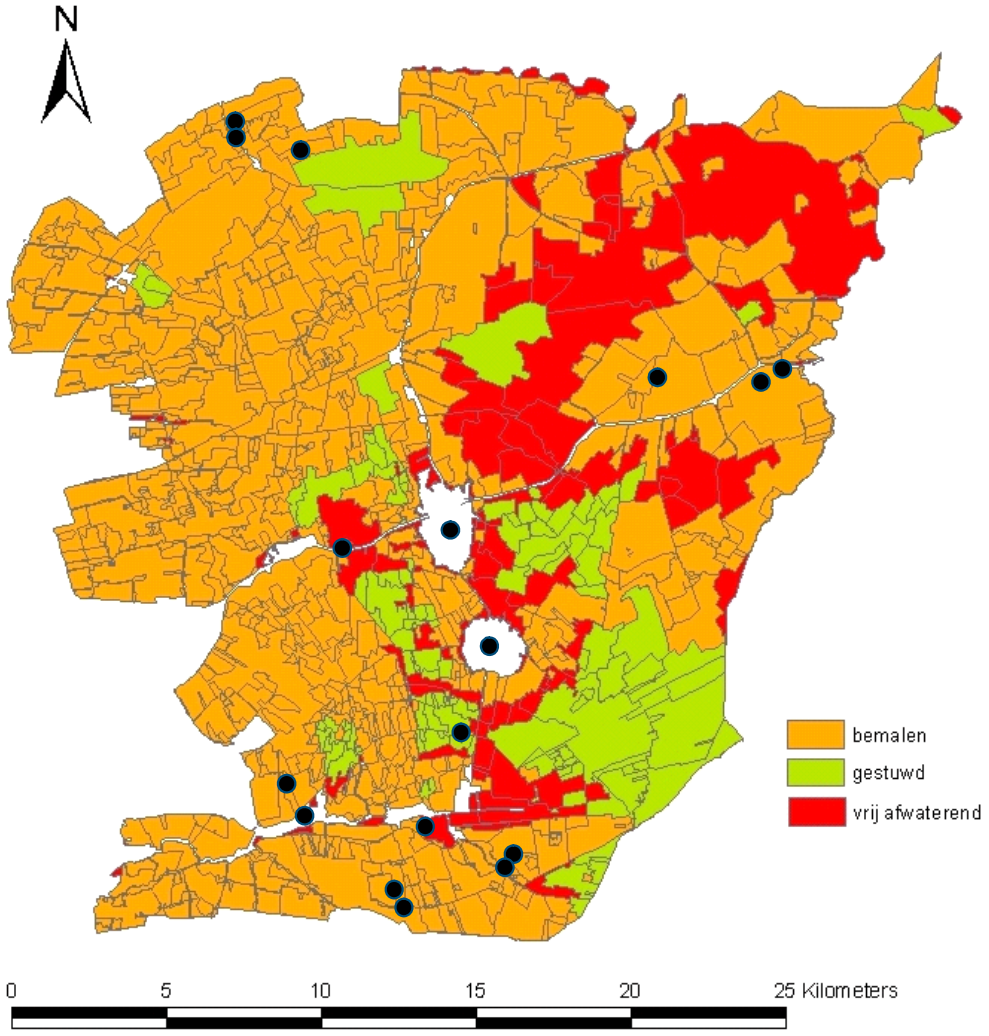
Er blijven dus zes locaties over in het oppervlaktewater van de NFW waarvan de waterkwaliteit mede door de landbouw wordt beïnvloed: 11, 37, 66, 67, 254 en 281. Uit figuur 1 blijkt dat er geen waarnemingslocaties liggen in het noordoosten van het gebied, de gemeente Kollumerland. De locaties zijn door het Wetterskip Fryslân gericht geselecteerd, met als doel een beeld te krijgen van de toestand en trends in waterkwaliteit in verschillende typen oppervlaktewater verspreid over het beheersgebied (Wetterskip Fryslân, 2000; Van den Bergs *et al.*, 2002). Bij de selectie is niet een ontwerpgebaseerde benadering gevolgd zoals beschreven in paragraaf 3.9. Hierdoor kunnen de gegevens niet worden gebruikt voor toetsing van ruimte-tijdgemiddelde concentraties aan normen, omdat betrouwbaarheidsintervallen immers niet modelvrij kunnen worden geschat. De gegevens kunnen echter wel als hulpinformatie worden gebruikt, zie paragraaf 3.11.2.

Tabel 3 Waarnemingspunten van het basismeetnet oppervlaktewaterkwaliteit Wetterskip Fryslân. M1=gebufferde sloten, M7=grote, diepe kanalen, M8=gebufferde laagveensloten, M14=ondiepe gebufferde plassen, M25=ondiepe laagveenplassen, M30=zwak brakke wateren

nr. Wetterskip	gemeente	KRW-type	afwatering	grondsoort
0011	Dantumadeel	M1	bemalen	zand
0033	Tietjerksteradeel	M7	vrije afwatering	veen
0034	Tietjerksteradeel	M14	vrije afwatering	veen
0037	Achtkarspelen	M1	bemalen	veen
0038	Achtkarspelen	M7	bemalen	klei
0045	Tietjerksteradeel	M14	vrije afwatering	veen
0056	Smallingerland	M14	vrije afwatering	veen
0066	Smallingerland	M8	bemalen	veen
0067	Smallingerland	M8	bemalen	veen
0254	Dantumadeel	M30	vrije afwatering	klei
0261	Smallingerland	M25	bemalen	veen
0281	Achtkarspelen	M1	bemalen	veen
0583	Dantumadeel	M30	bemalen	klei
0627	Smallingerland	M25	bemalen	zand
0320	Smallingerland	M1	bemalen	zand
0882	Smallingerland	M1	vrije afwatering	veen
0890	Smallingerland	M1	gestuwd	zand

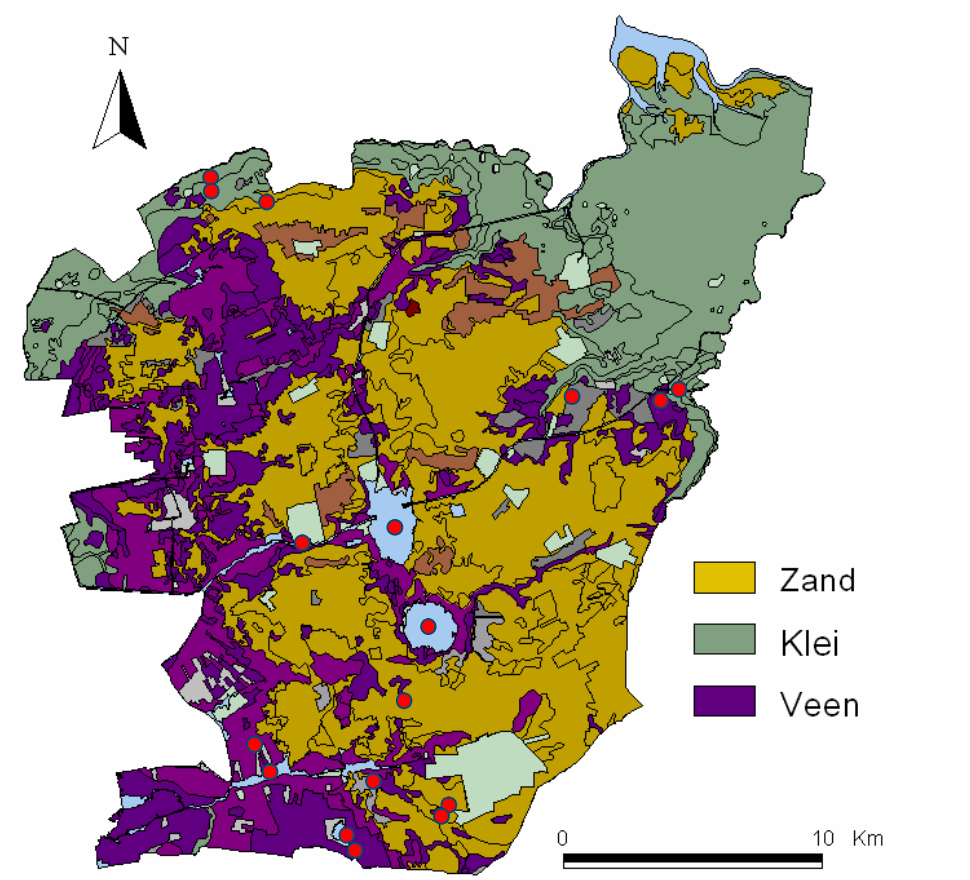


Figuur 1 Waarnemingslocaties basismeetnet oppervlaktewaterkwaliteit Wetterskip Fryslân (naar Van den Boomen, 2006; Wetterskip Fryslân, 2006)



Figuur 2 Verspreiding van de waarnemingslocaties van het basismeetnet oppervlaktewaterkwaliteit van het Wetterskip Fryslân over de verschillende typen afwatering

Uit figuur 1 en 2 en tabel 3 blijkt dat de zes locaties die zijn geselecteerd voor nadere analyse alle liggen in bemalen gebied. Vrij afwaterende en gestuwde gebieden zijn dus niet vertegenwoordigd.



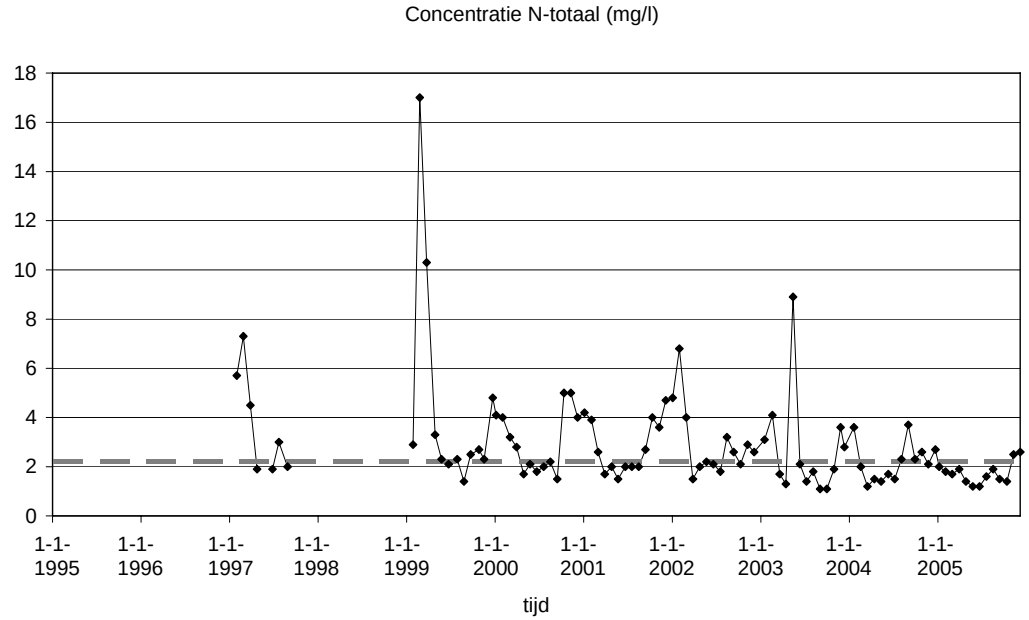
Figuur 3 Verspreiding van de waarnemingslocaties van het basismeetnet oppervlaktewaterkwaliteit van het Wetterskip Fryslân over de verschillende bodemkundig-landschappelijke eenheden

Uit figuur 1 en 3 en tabel 3 blijkt dat van de zes locaties die zijn geselecteerd voor nadere analyse er vier in het veengebied liggen, één in het kleigebied en één in het zandgebied.

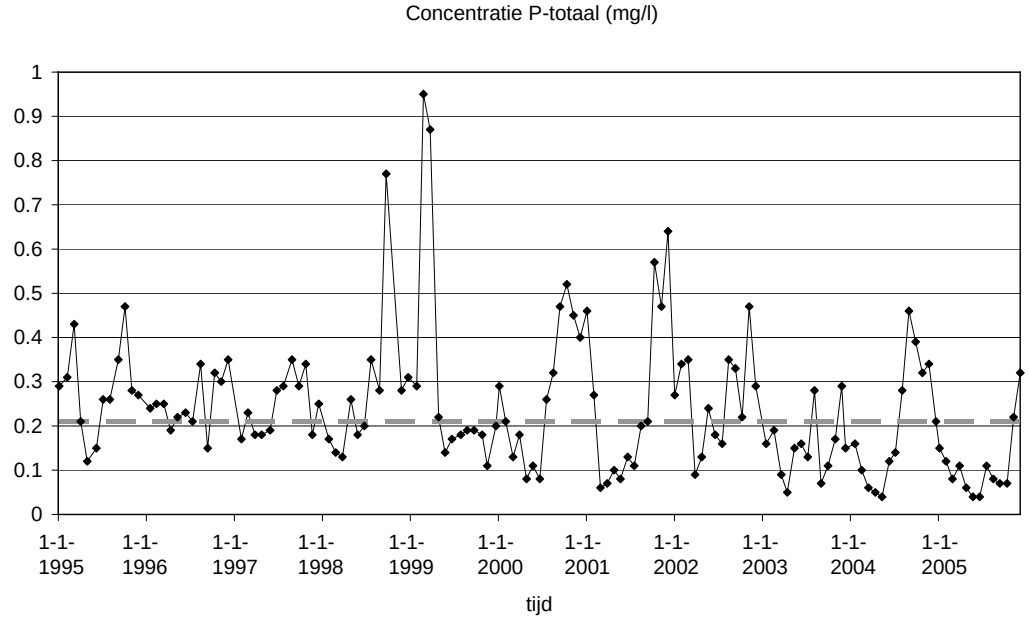
Tabel B1 en B2 in bijlage 2 geven de data die de laatste 10 jaar in het basismeetnet zijn verzameld schematisch weer voor respectievelijk N-totaal en P-totaal. Er is doorgaans bemonsterd met een min of meer regelmatige, maandelijkse frequentie. Van P-totaal zijn meer gegevens beschikbaar dan van N-totaal.

Figuur 4 en 5 geven tijdreeksgrafieken van gehaltes N-totaal en P-totaal voor locatie 11, Akkerwoudstervaart, ten noordoosten van Rinsumageest in een veengebied. Er is een duidelijke seizoensvariatie in de data aanwezig. Verder lijkt het gemiddelde niveau van de gehaltes geleidelijk te dalen. De mediaan van de gehaltes N-totaal is 2.2 mg/l, die van de gehaltes P-totaal 0.21 mg/l.

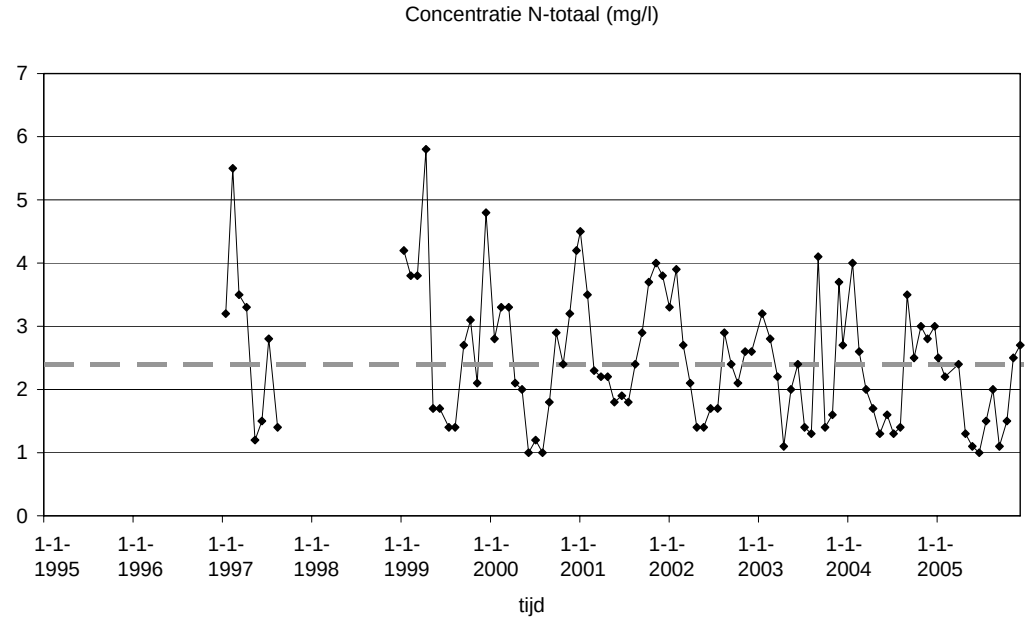
Figuur 6 en 7 geven tijdreeksgrafieken van de gehaltes N-totaal en P-totaal voor locatie 37, Oude Vaart Blauwverlaat, ten zuidwesten van Gerkesklooster. Ook hier vinden we een duidelijke seizoensvariatie in de data. De gehaltes van P-totaal liggen overwegend lager dan bij punt 11; de mediaan bedraagt 0.14 mg/l. De gehaltes van N-totaal liggen hoger: de mediaan is 2.4 mg/l.



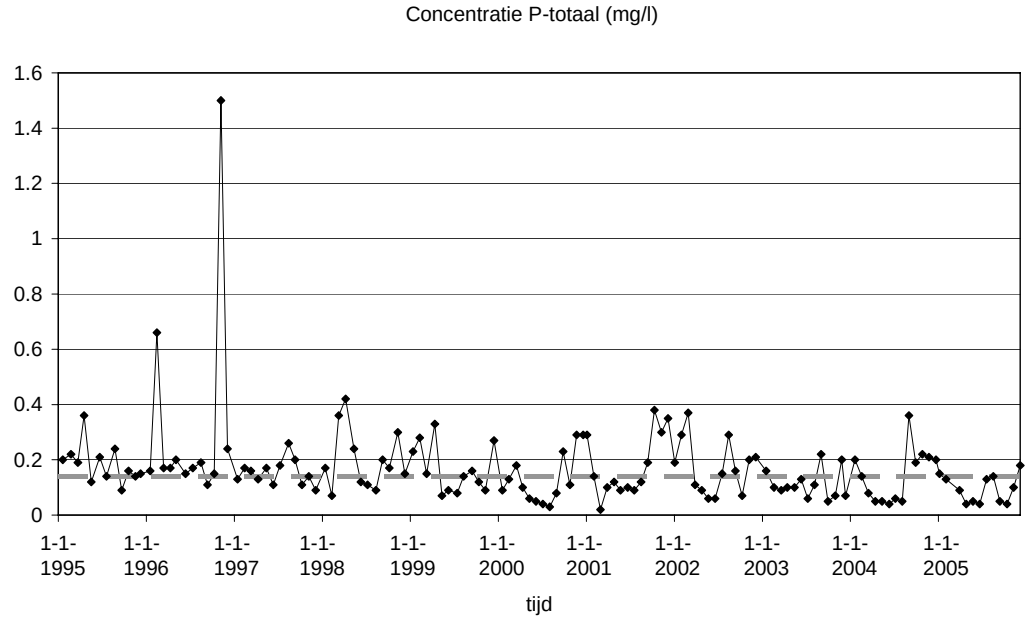
Figuur 4 Concentraties N-totaal (mg/l) vs. tijd voor het meetpunt 11 Akkerwoudstervaart. Grijze onderbroken lijn: mediane concentratie (2.2 mg/l)



Figuur 5 Concentraties P-totaal (mg/l) vs. tijd voor het meetpunt 11 Akkerwoudstervaart. Grijze onderbroken lijn: mediane concentratie (0.21 mg/l)



Figuur 6 Concentraties N-totaal (mg/l) vs. tijd voor het meetpunt 37 Oude Vaart, Blauwverlaat. Grijze onderbroken lijn: mediane concentratie (2.4 mg/l)



Figuur 7 Concentraties P-totaal (mg/l) vs. tijd voor het meetpunt 37 Oude Vaart, Blauwverlaat. Grijze onderbroken lijn: mediane concentratie (0.14 mg/l)

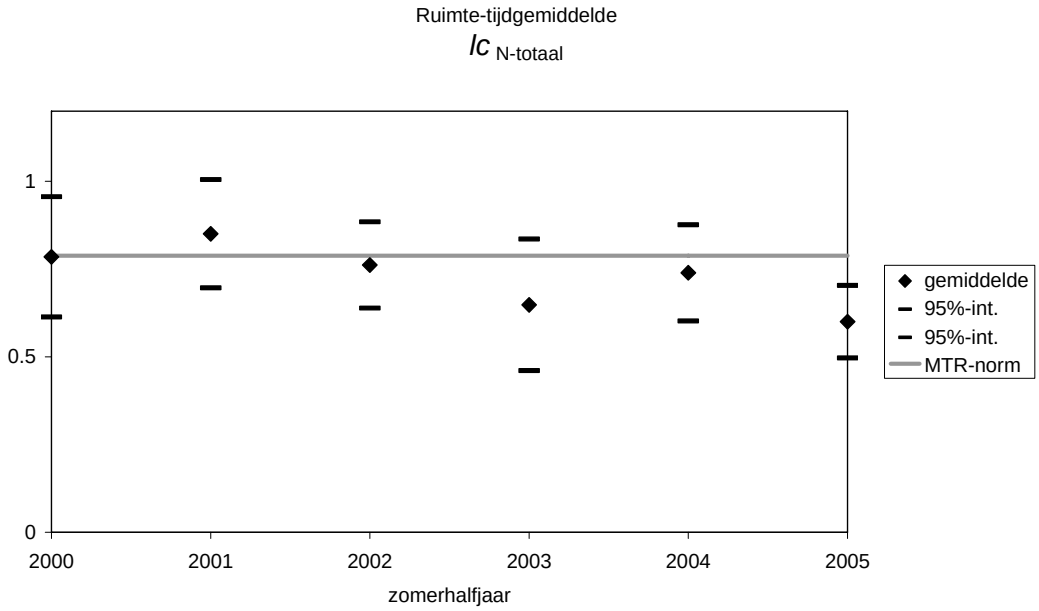
Zoals uit figuur 4 tot en met 7 blijkt zijn de concentraties van N-totaal en P-totaal scheef verdeeld. Concentraties zijn vaak bij benadering logaritmisch verdeeld (Oude Voshaar, 1994) en daarom passen wij bij de analyses een logtransformatie toe:

$$lc_{\text{N-totaal}} = \ln(c_{\text{N-totaal}} / c_{\text{u}}), \qquad (7)$$

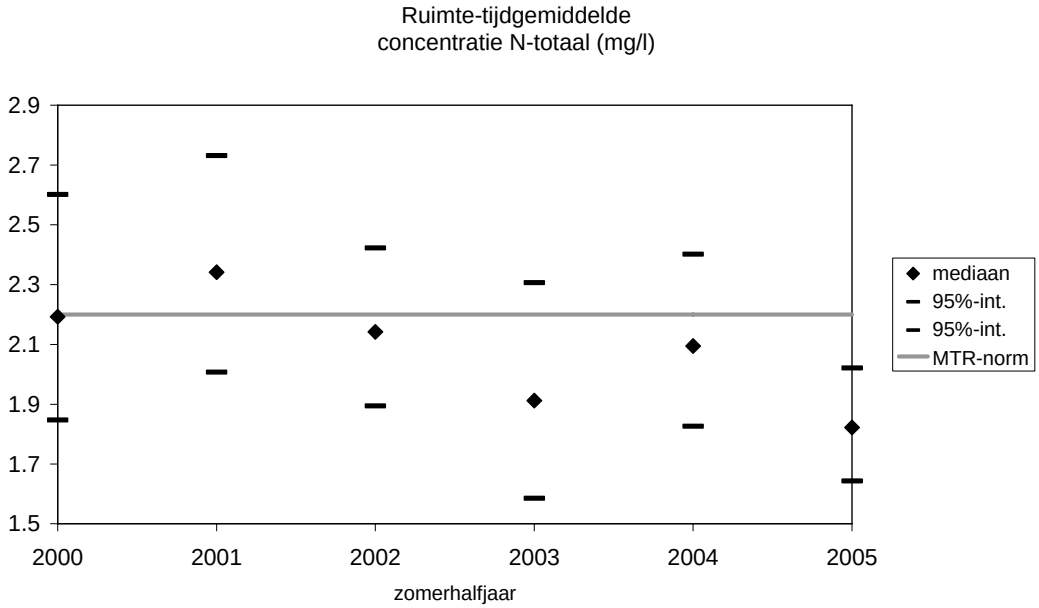
waarin $c_{\text{N-totaal}}$ de concentratie van N-totaal is (in mg/l) en c_{u} gelijk is aan 1 mg/l. Logtransformatie van concentraties P-totaal vindt op dezelfde wijze plaats.

Als we veronderstellen dat er geen ruimtelijke of temporele afhankelijkheid is, dan kunnen we eenvoudig uit de meetgegevens van het basismeetnet van Wetterskip een ruimte-tijdgemiddelde voor een zomerhalfjaar schatten, en een 95-%-betrouwbaarheidsinterval voor deze schatting aangeven. Opgemerkt dient te worden dat wij hier de concentraties vergelijken met een MTR-waarde die wij toepassen op de *gemiddelde* concentratie op logschaal, en dus op de *mediaan* op de oorspronkelijke schaal (zie paragraaf 3.2).

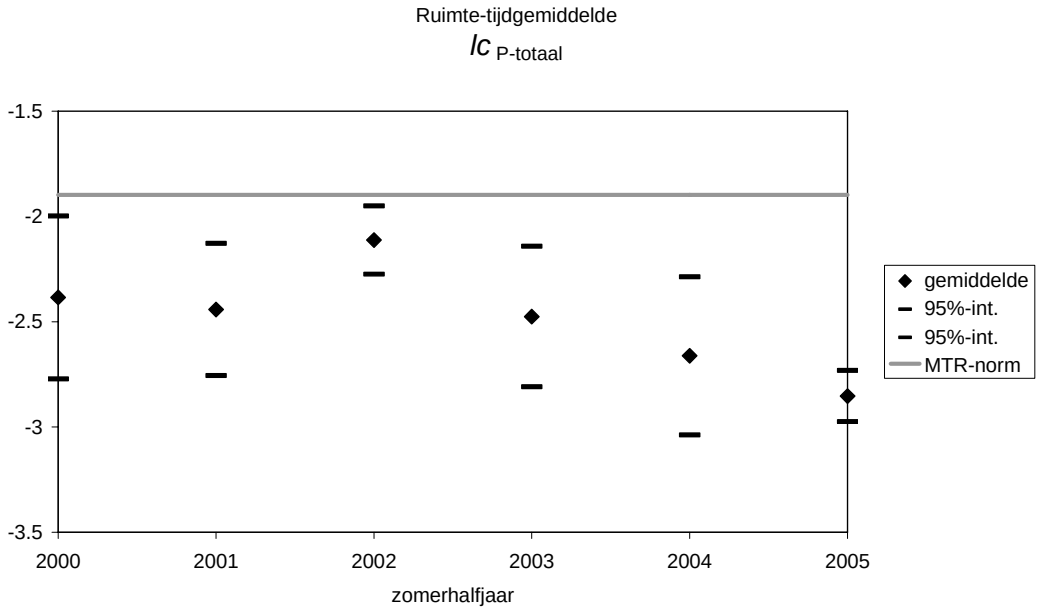
Figuur 8 geeft deze schattingen grafisch weer loggetransformeerde gehalten van N-totaal voor de jaren 2000 tot en met 2005 (vergelijking (7)), en figuur 9 voor de gehalten na terugtransformatie naar de oorspronkelijke schaal. Figuur 10 en 11 geven deze schattingen weer voor respectievelijk loggetransformeerde gehalten P-totaal en gehalten van P-totaal op de oorspronkelijke schaal. De schattingen in figuur 8 tot en met 11 zijn gebaseerd op waarnemingen op zes locaties en zes tijdstippen per zomerhalfjaar, dat loopt van 1 april tot 1 oktober. De 95%-betrouwbaarheids-intervallen geven de nauwkeurigheid van de geschatte gemiddelden aan. Deze intervallen zijn te breed om een kleine afwijking ten opzichte van de MTR-waarde (zeg 10 % van de MTR-waarde) in een toekomstig jaar nauwkeurig te kunnen vaststellen. Bovendien zijn door de veronderstelling van ruimtelijke en temporele onafhankelijkheid de schattingen hoogstwaarschijnlijk niet zuiver, en zijn de breedtes van de 95-%-intervallen onderschat.



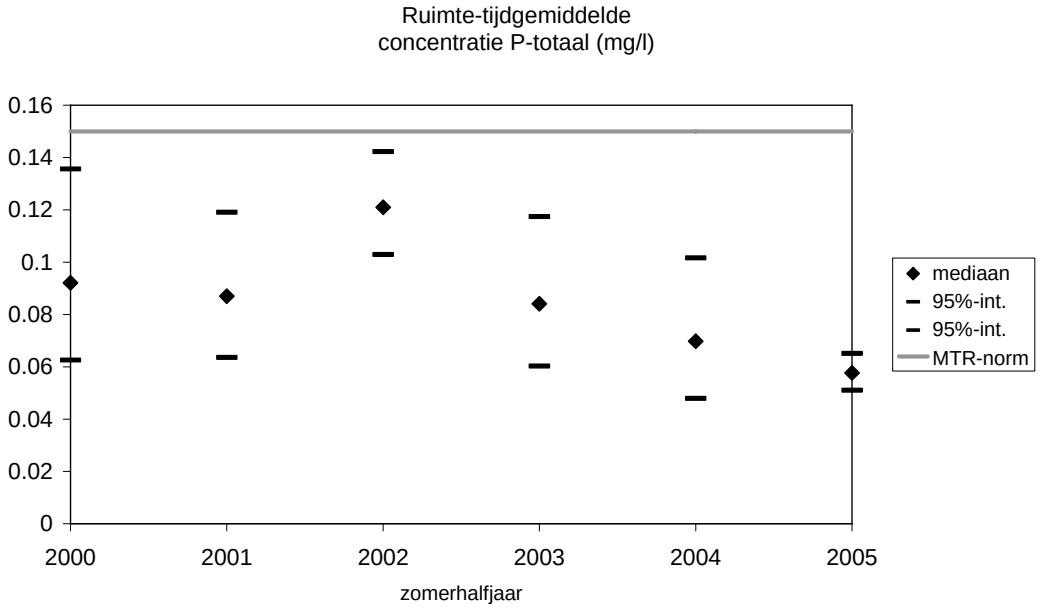
Figuur 8 Geschatte ruimte-tijdgemiddelden van loggetransformeerde concentraties N-totaal (mg/l) in het zomerhalfjaar in de NFW, op basis van maandelijkse waarnemingen op 6 locaties van het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân



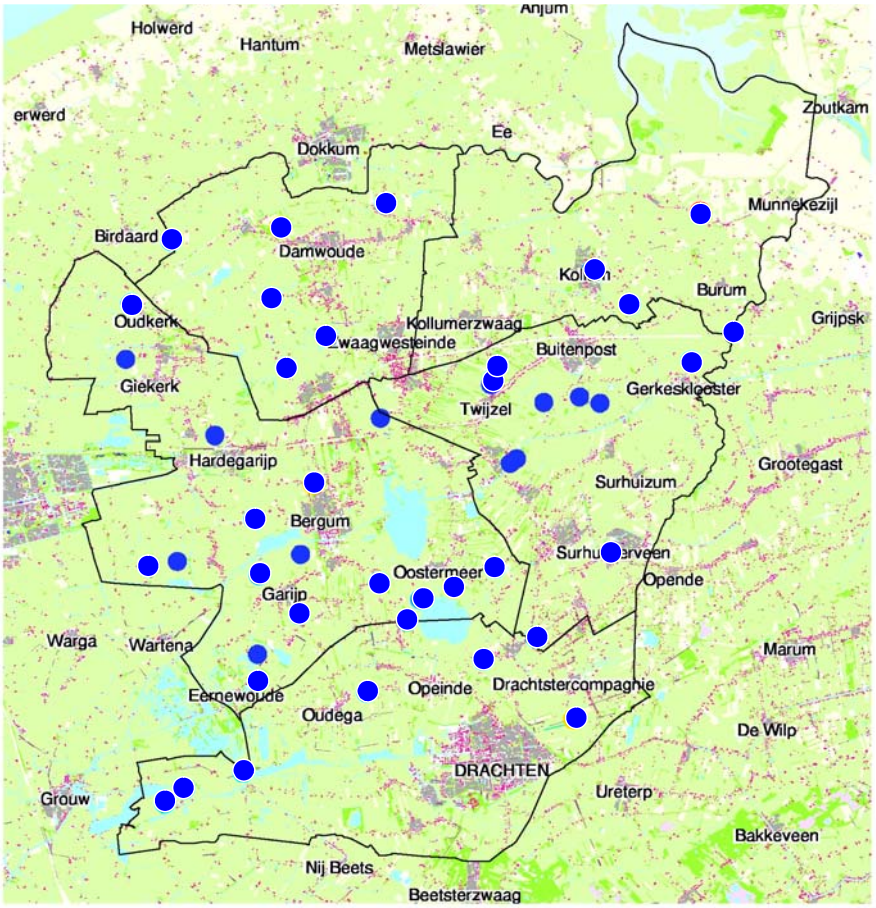
Figuur 9 Geschatte mediane concentraties N-totaal in het zomerhalfjaar in de NFW, op basis van maandelijkse waarnemingen op 6 locaties van het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân



Figuur 10 Geschatte ruimte-tijdgemiddelden van loggetransformeerde concentraties P-totaal in het zomerhalfjaar in de NFW, op basis van maandelijkse waarnemingen op 6 locaties van het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân



Figuur 11 Geschatte mediane concentraties P-totaal in het zomerhalfjaar in de NFW, op basis van maandelijkse waarnemingen op 6 locaties van het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân



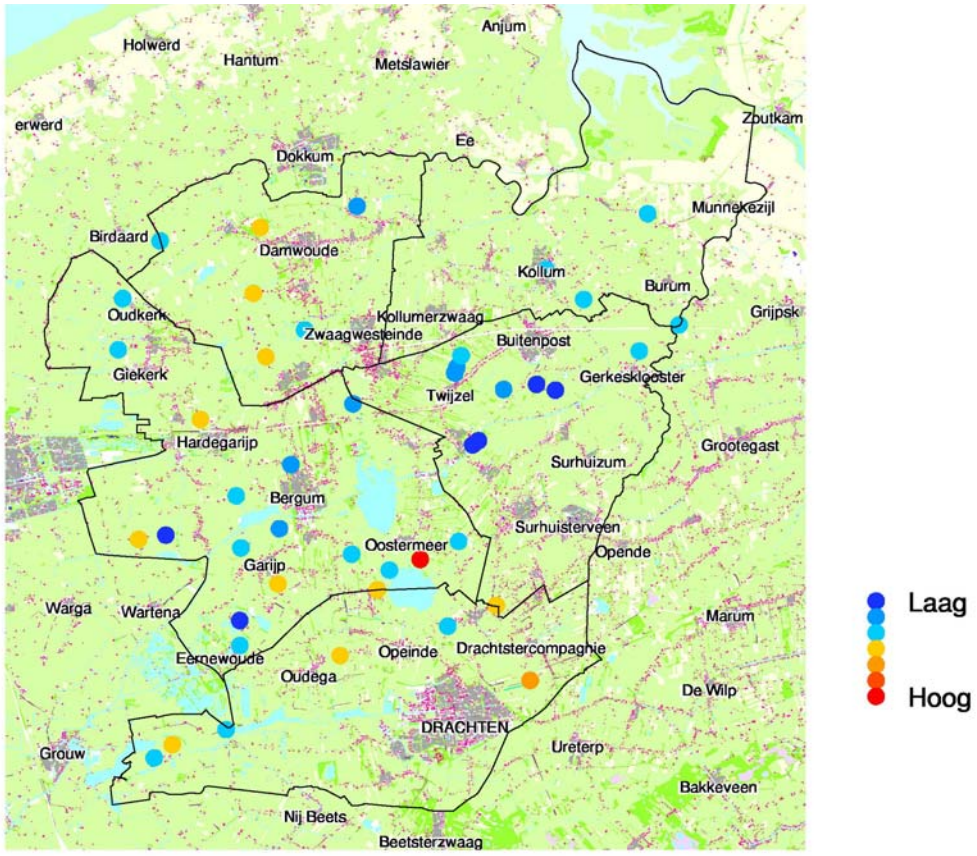
Figuur 12 Ligging van de meetpunten van het gebiedsgerichte en operationele meetnet in 2004, van het Wetterskip Fryslân. Punten in de bebouwde kom, kanalen en meren zijn niet weergegeven. Naar Van den Boomen (2006) en Wetterskip Fryslân (2006).

4.3 Wetterskip Fryslân, gebiedsgericht en operationeel meetnet

In 2004 werd er een jaar lang maandelijks gemeten in het gebied waar ook de NFW toe behoren. De volgende meetronde zal in 2008 zijn, omdat er bij toerbeurt een jaar lang één van de vier gebieden wordt gemeten. Een beoordeling van de waterkwaliteit in 2004 wordt gegeven door Wetterskip Fryslân (2006). Figuur 12 geeft een overzicht van de locaties waar in 2004 werd gemeten. Een deel van deze locaties behoort tot het gebiedsgerichte meetnet van het Wetterskip Fryslân, een ander deel tot het operationele meetnet voor specifieke projecten. Tabel B3 en B4 (Bijlage 2) geven een schema van de gegevens die in het gebiedsgerichte en operationele meetnet zijn verzameld, voor respectievelijk N-totaal en P-totaal.

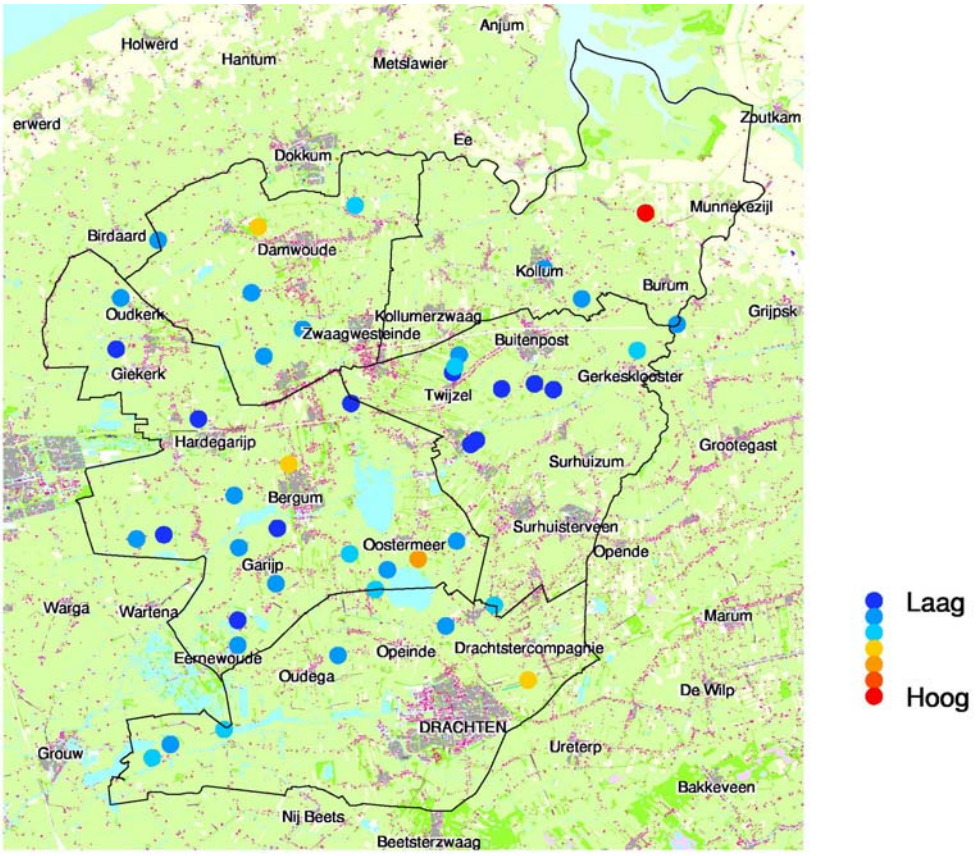
Figuur 13 en 14 geven een ruimtelijk beeld van de concentraties N-totaal en P-totaal in het zomerhalfjaar van 2004. Figuur 13 laat een uitschieter naar boven zien bij

Eastermar. Relatief hoge concentraties kwamen in 2004 vooral in het westelijke deel van het gebied voor.



Figuur 13 Ruimtelijk beeld van de gemiddelde concentraties N-totaal in het zomerhalfjaar van 2004. De laagste concentratie was 1.0 mg/l, de hoogste 4.6 mg/l.

Zoals figuur 14 laat zien waren de concentraties van P-totaal in het zomerhalfjaar van 2004 relatief laag. Ten noordoosten van Kollum kwam een uitschieter naar boven voor. Ook bij Eastermar was de concentratie van P-totaal relatief hoog.



Figuur 14 Ruimtelijk beeld van de gemiddelde concentraties P-totaal in het zomerhalfjaar van 2004. De laagste concentratie was 0.0 mg/l, de hoogste 1.7 mg/l.

4.4 Samenvatting

Uit de tijdreeksen van het basismeetnet blijkt dat de concentraties N-totaal en P-totaal sinds ca. 2000 geleidelijk dalen. In het zomerhalfjaar (1 april – 1 oktober) worden de MTR-waarden steeds vaker onderschreden. Uit waarnemingen in het gebiedsgerichte en operationele meetnet blijkt dat in 2004 de gemiddelde concentraties N-totaal in het zomerhalfjaar vooral in het westelijke deel van de NFW en bij Eastermar relatief hoog waren. De gemiddelde concentraties P-totaal in het zomerhalfjaar van 2004 waren vaak laag. Uitschieters naar boven werden gezien ten noordoosten van Kollum en bij Eastermar.

5 Analyse van de benodigde steekproefomvang

5.1 Synchroon design, enkelvoudig aselecte steekproef

In eerste instantie gaan wij uit van een synchroon design, waarbij zowel de tijdstippen als de locaties volgens een enkelvoudige aselecte steekproef worden geselecteerd. Dit is het *worst-case*-scenario waarin geen kennis wordt aangewend in de vorm van stratificatie of gebruik van hulpinformatie door middel van regressieschatters.

Het synchrone design is op te vatten als een tweetrapssteekproef met de tijdstippen als primaire eenheden en de locaties als secundaire. In dit geval zijn zowel de tijdstippen als de locaties geselecteerd volgens een enkelvoudige aselecte steekproef (SI). Het aantal tijdstippen dat in de eerste trap wordt geloot is *n*, het aantal locaties dat op elk tijdstip wordt bemonsterd is *m*. We veronderstellen dat *m* niet varieert in de tijd. De variantie van het ruimte-tijdgemiddelde is nu

$$\tilde{V}\left(\hat{\bar{z}}_{\mathrm{SI,SI}}\right)=\frac{1}{n}\left(\tilde{V}_{\mathrm{b}}+\frac{1}{m}\tilde{V}_{\mathrm{w}}\right), \qquad (8)$$

waarin $\tilde{V}_{\mathrm{b}}$ de variantie tussen de tijdstippen is, en $\tilde{V}_{\mathrm{w}}$ de gepoolde variantie binnen de tijdstippen is. Gegeven een a priori schatting van de variantie van het ruimte-tijdgemiddelde, kan het onderscheidingsvermogen van de toets worden berekend met

$$1-\beta=\Phi\left(c_{\mathrm{crit}};(c_{\mathrm{MTR}}-d);\tilde{V}_{(\mathrm{SI,SI})}(\bar{z})\right), \qquad (9)$$

waarin $1-\beta$ het onderscheidingsvermogen is (β is de kans op een fout van de tweede soort, in dit geval kiezen we $\beta=0.2$), c_{crit} is de kritische waarde van de gemiddelde concentratie waaronder H_0 wordt verworpen, en Φ is de cumulatieve normale verdeling. c_{MTR} is de normconcentratie (MTR: maximaal toelaatbaar risico), en *d* is de kleinste afwijking ten opzichte van deze normconcentratie die nog relevant wordt geacht. In dit geval is gekozen voor $d=0.1c_{\mathrm{MTR}}$.

c_{crit} is gegeven als

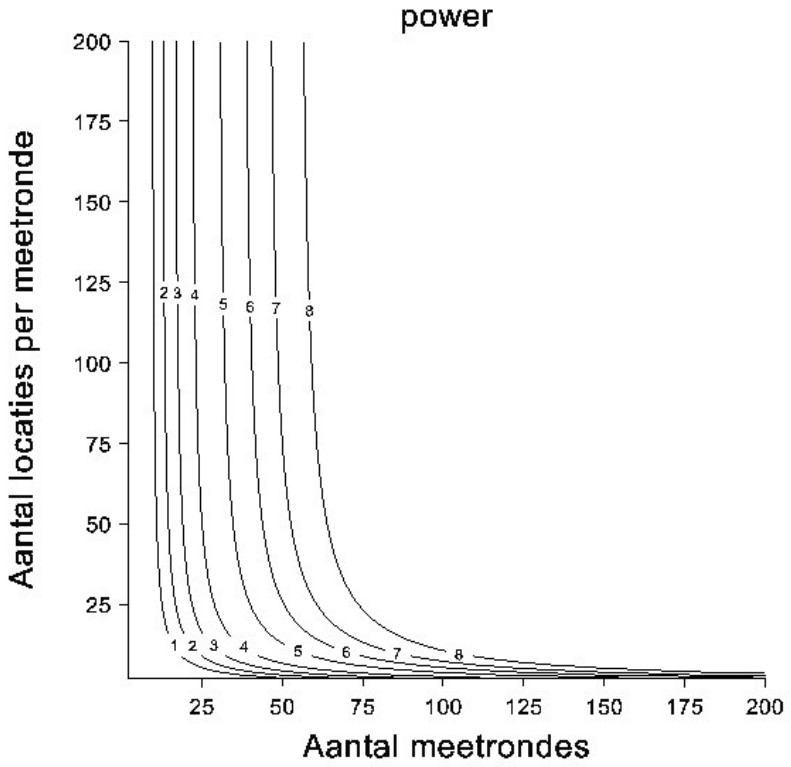
$$c_{\mathrm{crit}}=\Phi^{-1}\left(\alpha;c_{\mathrm{MTR}};\tilde{V}_{(\mathrm{SI,SI})}(\bar{z})\right), \qquad (10)$$

waarin α de maximaal toelaatbare kans op een fout van de eerste soort is. In dit geval is gekozen voor $\alpha=0.05$.

Als c_{MTR} bekend is, er een beslissing is genomen over het niveau van α en *d*, en als $\tilde{V}_{\mathrm{b}}$ en $\tilde{V}_{\mathrm{w}}$ zijn geschat uit voorinformatie dan kan het onderscheidingsvermogen $1-\beta$ voor verschillende combinaties van aantallen tijdstippen *n* en aantallen locaties *m* worden geschat.

Voor concentraties N-totaal schatten we op basis van de gegevens uit het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân vanaf 2000 $\tilde{V}_{\mathrm{b}}=0.0382$ en $\tilde{V}_{\mathrm{w}}=0.3392$ (bij concentraties op logschaal). Dit zijn verwachte varianties voor een toekomstig jaar, voor oppervlaktewater waarvan de kwaliteit grotendeels door landbouw wordt

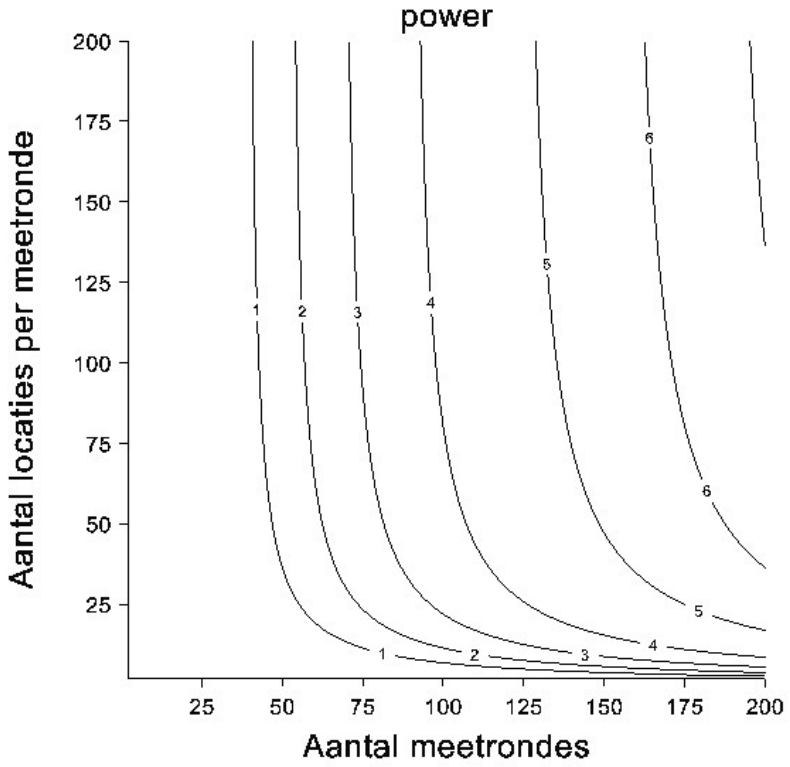
beïnvloed. Figuur 15 laat het onderscheidingsvermogen zien bij verschillende aantallen tijdstippen *n* en locaties *m*. Uit deze figuur blijkt dat een onderscheidingsvermogen van 0.8 kan worden bereikt met 25 meetrondes per zomerhalfjaar, waarbij per meetronde vijftig monsters worden genomen.



Figuur 15 Onderscheidingsvermogen (power) uitgezet tegen aantal meetrondes en aantal locaties per meetronde, voor een toets op onderschrijding van de MTR-concentratie van N-totaal in het oppervlaktewater van de NFW (2.2 mg/l). a=0.05, kleinste relevant geachte onderschrijding is 0.22 mg/l, $\tilde{V}_b = 0.0382$, $\tilde{V}_w = 0.3392$, *beide voor concentraties na logtransformatie, gebaseerd op gegevens uit het basismeetnet van Wetterskip Fryslân, 2000-2005. Onderscheidingsvermogen (1-β): 1=0.5, 2=0.6, 3=0.7, 4=0.8, 5=0.9, 6=0.95, 7=0.975, 8=0.99.*

Op basis van de gegevens uit het basismeetnet van het Wetterskip Fryslân vanaf 2000 schatten we voor $lc_{\text{P-totaal}}$ $\tilde{V}_b = 0.1584$ en $\tilde{V}_w = 1.6984$. Dit zijn verwachte varianties die in een toekomstig zomerhalfjaar zullen optreden. De varianties zijn geschat voor het oppervlaktewater waarvan de kwaliteit grotendeels door landbouw wordt beïnvloed; de gegevens van meren, kanalen en stedelijk water zijn buiten beschouwing gebleven. Figuur 16 laat het onderscheidingsvermogen zien bij verschillende aantallen tijdstippen *n* en locaties *m*. Uit deze figuur blijkt dat om een onderscheidingsvermogen van 0.8 te bereiken er zeker 100 meetrondes per zomerhalfjaar nodig zijn en op circa 90 locaties per meetronde een watermonster moet worden genomen. Deze inspanning is vanuit kostenoogpunt niet reëel. De vraag moet dan ook zijn of de concentratie P-totaal een geschikte parameter is om op

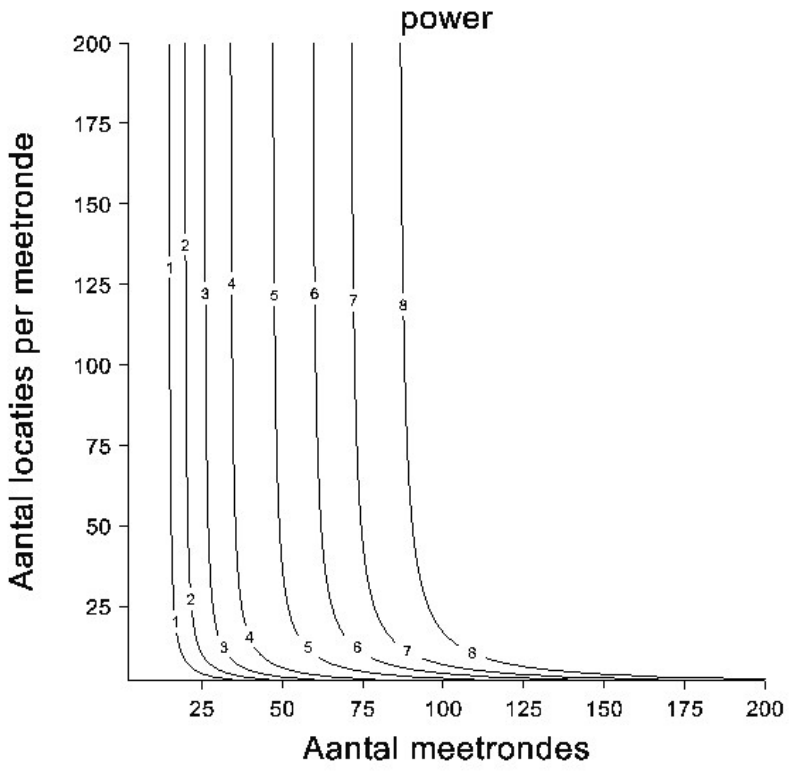
te toetsen, gezien de grote ruimtelijke en temporele variatie. Verder moet kritisch worden gekeken naar de randvoorwaarden van de toets (de waarden van α, β en *d*).



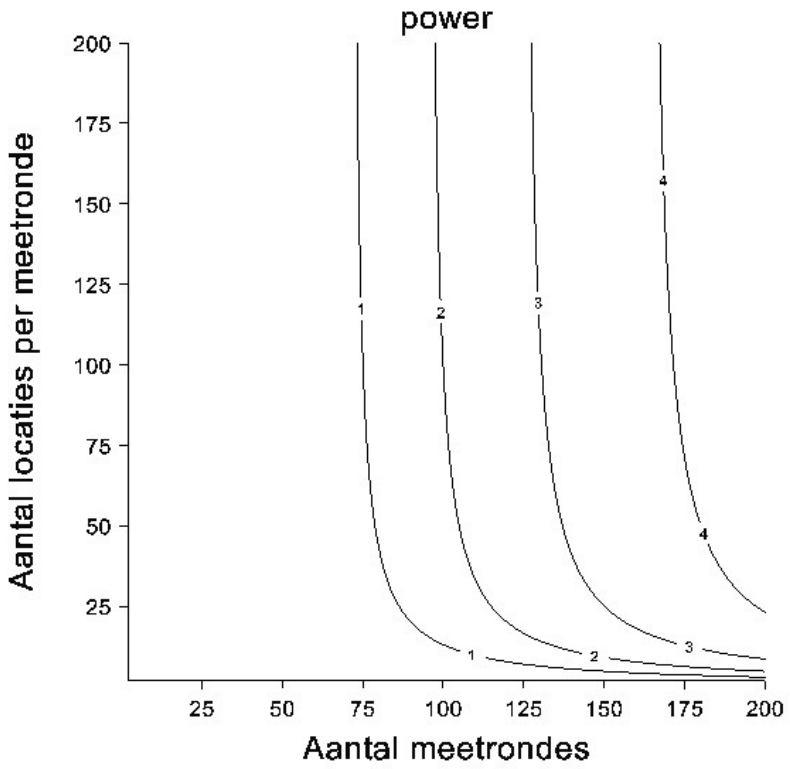
Figuur 16 Onderscheidingsvermogen (power) uitgezet tegen aantal meetrondes en aantal locaties per meetronde, voor een toets op onderschrijding van de MTR-concentratie van P-totaal in het oppervlaktewater van de NFW (0.15 mg/l). a=0.05, kleinste relevant geachte onderschrijding is 0.015 mg/l, $\tilde{V}_b = 0.1584$, $\tilde{V}_w = 1.6984$, *beide voor concentraties op logschaal, gebaseerd op gegevens uit het basismeetnet van Wetterskip Fryslân, 2000-2005. Onderscheidingsvermogen (1-β): 1=0.5, 2=0.6, 3=0.7, 4=0.8, 5=0.9, 6=0.95, 7=0.975, 8=0.99.*

In het roterende meetnet van het Wetterskip Fryslân zijn in 2004 maandelijks concentraties gemeten op 44 punten waar de kwaliteit alleen door landbouw wordt beïnvloed. Deze informatie levert hogere a priori schattingen op voor $\tilde{V}_b$ (temporele variatie), maar lagere voor $\tilde{V}_w$ (ruimtelijke variatie). Figuur 17 en 18 geven het onderscheidingsvermogen, geschat op basis van deze voorinformatie, voor respectievelijk N-totaal en P-totaal, bij verschillende aantallen meetrondes en aantallen locaties per meetronde. Het benodigde aantal meetrondes neemt toe. Als per meetronde vijftig monsters worden genomen, dan zijn er 36 meetrondes per zomerhalfjaar nodig om de gemiddelde concentratie van N-totaal te kunnen toetsen.

Op basis van figuur 15 tot en met 18 kan worden geconcludeerd dat vaker meten tot grotere nauwkeurigheid leidt dan op meer dan circa 50 locaties meten.



Figuur 17 Onderscheidingsvermogen (power) uitgezet tegen aantal meetrondes en aantal locaties per meetronde, voor een toets op onderschrijding van de MTR-concentratie van N-totaal in het oppervlaktewater van de NFW (2.2 mg/l). a=0.05, kleinste relevant geachte onderschrijding is 0.22 mg/l, $\tilde{V}_b = 0.0602$, $\tilde{V}_w = 0.1715$, *beide voor concentraties op logschaal, gebaseerd op gegevens uit het roterende meetnet van Wetterskip Fryslân, 2004. Onderscheidingsvermogen (1-β): 1=0.5, 2=0.6, 3=0.7, 4=0.8, 5=0.9, 6=0.95, 7=0.975, 8=0.99.*



Figuur 18 Onderscheidingsvermogen (power) uitgezet tegen aantal meetrondes en aantal locaties per meetronde, voor een toets op onderschrijding van de MTR-concentratie van P-totaal in het oppervlaktewater van de NFW (0.15 mg/l). a=0.05, kleinste relevant geachte onderschrijding is 0.015 mg/l, $\tilde{V}_b = 0.2927$, $\tilde{V}_w = 1.5290$, *beide voor concentraties op logschaal, gebaseerd op gegevens uit het roterende meetnet van Wetterskip Fryslân, 2004. Onderscheidingsvermogen (1-β): 1=0.5, 2=0.6, 3=0.7, 4=0.8, 5=0.9, 6=0.95, 7=0.975, 8=0.99.*

5.2 Beperking van de benodigde steekproefomvang

De benodigde steekproefomvang kan als volgt worden beperkt:

1) Stratificatie in ruimte en tijd. Dit levert variantiereductie op. Het effect van stratificatie in de ruimte is niet goed te analyseren op basis van de zes waarnemingslocaties uit het basismeetnet. Mogelijk dat met de gegevens uit het roterende meetnet voor 2004 hier iets over te zeggen is. Er moet dan wel eerst inzicht zijn in de watersystemen. De berekening van de benodigde steekproefomvang voor gestratificeerde steekproeven in combinatie met een synchroon design is overigens complex. Een testseizoen is zeer aan te bevelen.
2) Gebruik van informatie uit het bestaande meetnet van Wetterskip Fryslân. Deze informatie zou kunnen worden gebruikt door de methode van regressieschatters toe te passen die in paragraaf 3.11 is beschreven. Het succes hiervan wordt bepaald door de correlatie tussen de geïnterpoleerde concentraties en de gemeten concentraties op de locaties van de kanssteekproef. Geostatistische interpolatie is

geen optie; er dient hier zoveel mogelijk systeemkennis te worden gebruikt. Ook hier geldt dat pas na een testseizoen iets kan worden gezegd over het effect van het benutten van informatie uit het bestaande meetnet.

3) De benodigde steekproefomvang wordt mede bepaald door de eis die gesteld wordt aan het risico op een fout van de eerste en tweede soort, en het kleinste verschil dat nog moet kunnen worden aangetoond. Tot nu toe zijn er randvoorwaarden aangenomen. Het maximaal acceptabele risico op een fout van de tweede soort (risico van het ten onrechte concluderen dat het water 'vuil' is) dient door de boeren in de NFW te worden aangegeven. Dit risico hangt samen met de onderschrijding van de norm die minimaal moet worden aangetoond; deze moet ook worden aangegeven door de boeren in de NFW. Het maximaal acceptabele risico op een fout van de eerste soort (risico van het ten onrechte concluderen dat het water 'schoon' is) dient door de overheid te worden aangegeven.
4) Als alternatief voor de klassieke statistische toets zou een zogeheten Bayesiaanse toets (Brus, 2004) kunnen worden toegepast. Doordat bij deze toets voorinformatie wordt gebruikt over de waterkwaliteit in voorgaande jaren zou de benodigde steekproefomvang kunnen worden beperkt. Een mogelijk nadeel is dat hiermee een element van subjectiviteit in de toets wordt geïntroduceerd.

6 Conclusies en aanbevelingen

Deze studie heeft als doel een eerste aanzet te geven tot de ontwikkeling van een monitoringplan voor de toetsing van de chemische oppervlaktewaterkwaliteit in de NFW aan nader af te spreken normen.

De eerste conclusie is dat bij monitoring ten behoeve van toetsing van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW een ontwerpgebaseerde benadering moet worden gevolgd. Bij deze benadering kan een toets vrij van veronderstellingen over de nauwkeurigheid van geschatte gemiddelden worden uitgevoerd, wat bij een modelgebaseerde benadering niet mogelijk is. De benadering wordt ontwerp-gebaseerd genoemd, omdat gebruik gemaakt wordt van het gegeven dat de waarnemingslocaties en/of -tijdstippen volgens een bepaald kansmechanisme zijn geselecteerd. Overigens kunnen modellen wel als hulpinformatie worden gebruikt, waardoor het benodigde aantal waarnemingen mogelijk kan worden gereduceerd. Een ontwerpgebaseerde benadering sluit aan bij het advies dat de WFD Working Group 2.7 (2003) geeft in de *Guidance on monitoring* voor de Europese Kaderrichtlijn Water. Monitoring met als doel te beoordelen of bepaalde normen worden nageleefd wordt ook wel *compliance monitoring* genoemd. Dit komt overeen met één van de doelen van 'operationele monitoring' die wordt onderscheiden in de Europese Kaderrichtlijn Water. De WFD Working Group 2.7 (2003) benadrukt dat het bij het ontwerp van een monitoringstrategie van groot belang is zorgvuldig hypothesen te formuleren, realistische en meetbare doelen te kiezen en acceptabele niveaus van risico, precisie en betrouwbaarheid aan te geven. In de Guidance wordt gewezen op de samenhang tussen de monitoringstrategie en kansen op fouten van de eerste en tweede soort, resp. het ten onrechte verwerpen en accepteren van de H_0-hypothese. Deze fouten kunnen leiden tot desinvesteringen en milieuschade. De Guidance adviseert om kanssteekproeven (met name *stratified random sampling*) toe te passen bij operationele of *compliance* monitoring.

De tweede conclusie is dat de monitoringstrategie flexibel moet zijn. In het bijzonder moet voor een ruimtelijke spreiding van de locaties worden gezorgd. Als een toets namelijk uitwijst dat een bepaalde norm niet wordt gehaald, dan moeten vervolgens de bronnen van eutrofiëring kunnen worden opgespoord en verontreinigings-patronen in kaart kunnen worden gebracht. Ook monitoring van invoeren (bronmonitoring) kan hieraan bijdragen.

De derde conclusie is dat een ruimte-tijdsteekproef volgens een synchroon ontwerp geschikt is om in de NFW toe te passen bij toetsing van de waterkwaliteit aan normen. Bij de verwerking van de gegevens kan gebruik worden gemaakt van de informatie uit de bestaande meetnetten van het Wetterskip Fryslân en kennis van het hydrologische systeem (Roelsma, 2007; Roelsma en Kselik, 2007), door regressie-schatters van ruimte-tijdgemiddelden te berekenen.

De vierde conclusie heeft betrekking op het benodigde aantal waarnemingen. Deze wordt bepaald door de formulering van de hypothese die moet worden getoetst, de variatie van de doelvariabele, de kwaliteit van de hulpinformatie, en de vereiste nauwkeurigheid. In deze studie is uitgegaan van een H0-hypothese die luidt dat de zomergemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal hoger zijn de MTR-normen. Verder is ervan uitgegaan dat de kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de zomergemiddelde concentraties voldoen aan de MTR-normen (fout van de eerste soort) niet groter mag zijn dan 0.05. De kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de zomergemiddelde concentraties de MTR-normen overschrijden mag niet groter zijn 0.2 (kans op fout van de tweede soort), bij een kleinste relevant geachte afwijking t.o.v. de normconcentratie van 10 %. Met deze uitgangspunten berekenden we op basis van de voorinformatie uit de kwaliteitsmeetnetten van het Wetterskip Fryslân de minimaal vereiste steekproefomvang. We concluderen dat voor N-totaal tenminste 25 meetrondes per zomerhalfjaar nodig zijn met tenminste vijftig monsters per meetronde, en voor P-totaal tenminste 100 meetrondes met tenminste 90 locaties per meetronde. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel nut van het gebruik van hulpinformatie, maar wij verwachten dat dit nut beperkt zal zijn. Vaker meten blijkt tot grotere nauwkeurigheid te leiden dan op meer locaties meten. De minimaal benodigde steekproefomvang is bij de gehanteerde uitgangspunten echter onrealistisch groot.

Het is aan te bevelen keuzes te maken over de kwaliteitsnormen die moeten worden gehanteerd, de vereiste nauwkeurigheid waarmee aan deze normen moet worden getoetst en de kosten van monitoring. Ook is een goede afbakening van het gebied waarin moet worden gemonitord belangrijk. Deze afbakening hangt samen met de normen waaraan moet worden getoetst. Deze houden verband met enerzijds de mate waarin de landbouw in de NFW de waterkwaliteit beïnvloedt en anderzijds de kwaliteit van het gebiedsvreemde water. Bij eutrofiëring is het de vraag of de gemiddelde concentraties N- en P-totaal in het zomerhalfjaar zinnige maten zijn voor de ecologische waterkwaliteit in alle oppervlaktewateren. Voor de N- en P-belasting van de Noordzee lijkt de totale vracht op jaarbasis een belangrijke maat.

Waarnemingen van zeer geringe concentraties beneden de detectielimiet (gecensoreerde waarnemingen) dienen te worden vervangen door *maximum-likelihood*-schattingen. Deze waarnemingen worden vaak weggelaten, vervangen door de detectielimiet of de helft van de detectielimiet. Dit leidt tot onzuivere schattingen van de gemiddelde concentratie. Omdat de normen waartegen getoetst liggen dichtbij de detectielimiet liggen is het van belang het gemiddelde zuiver te schatten.

Een mogelijk alternatief voor de klassieke statistische toets die in deze studie is toegepast, is een zogeheten Bayesiaanse toets (Brus, 2004). Doordat bij deze toets voorinformatie over de waterkwaliteit in voorgaande jaren wordt gebruikt zou de benodigde steekproefomvang kunnen worden beperkt. Een mogelijk nadeel is dat hiermee een element van subjectiviteit in de toets wordt geïntroduceerd.

Literatuur

Anonymus, 2000. *Richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.* Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen.

Bergs, J. van den, P. Sollie en F. Grijpstra, 2002. *Kwaliteit oppervlaktewater Fryslân 2001.* Leeuwarden, Wetterskip Fryslân, afdeling Beleid, Plannen en Onderzoek.

Boomen, R.M. van den, 2006. *Wetterskip Fryslân. Themaonderzoek eutrofiëring. Eindrapport.* Deventer, Witteveen+Bos, rapportnr. LW196-1/krub/008.

Brus, D.J. en J.J. de Gruijter, 2003. A method to combine non-probability sample data with probability sample data in estimating spatial means of environmental variables. *Environmental Monitoring and Assessment* **83**: 303-317.

Brus, D.J., 2004. *Beslissen over vrij grondverzet op basis van Bayesiaanse toets op oppervlaktefractie ernstig verontreinigde grond.* Wageningen, Alterra-rapport 867.

CIW (Commissie Integraal Waterbeheer), 2000. *Normen voor het waterbeheer.* CIW, Achtergronddocument NW4.

CIW, 2001. *Leidraad monitoring.* CIW, definitief rapport.

Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens en M. Knotters, 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring.* Springer, Berlijn.

Knotters, M., 2005. *Monitoringstrategie voor de oppervlaktewaterkwaliteit van melkveebedrijven in het veenweidegebied.* Alterra, Wageningen, Rapport 1227.

Knotters, M., B. de Vos, I. Hoving en D. Brus, 2006. Monitoringstrategie voor de oppervlaktewaterkwaliteit van melkveebedrijven in het veenweidegebied. *H_2O* **13**: 40-43.

Park, J.W., M.G. Genton en S.K. Ghosh, 2005. *Censored time series analysis with autoregressive moving average models.* Draft paper.

Roelsma, J., 2007. *Systeemanalyse Noordelijke Friese Wouden.* Wageningen, Alterra-rapport 1465.

Roelsma, J. en R.A.L. Kselik, 2007. *Systeemverkenning Noordelijke Friese Wouden.* Wageningen, Alterra-rapport 1464.

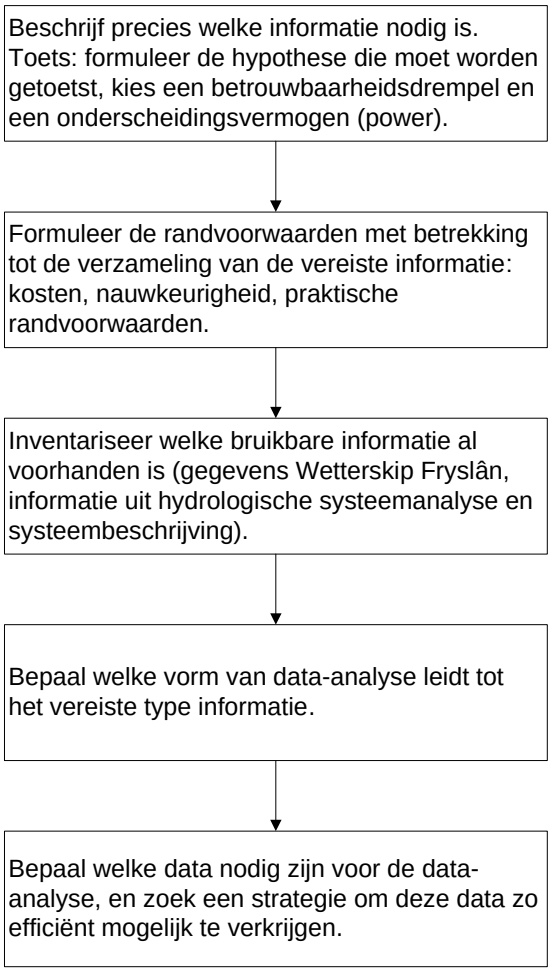
Wetterskip Fryslân, 2000. *Monitoringsoptimalisatie watersystemen.* Leeuwarden, Wetterskip Fryslân, afdeling Watersystemen.

Wetterskip Fryslân, 2006. *Regionale watersysteemrapportage Noord-Oost Fryslân 2004. Hoofdrapport.* Leeuwarden, Wetterskip Fryslân.

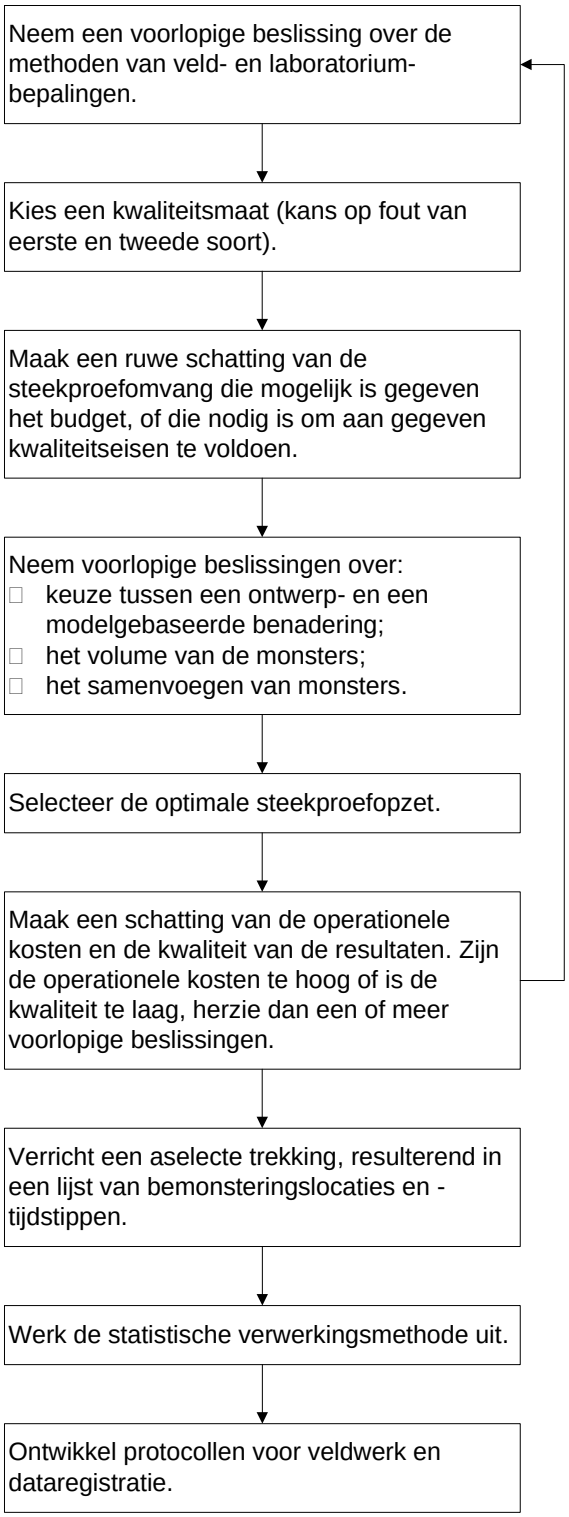
WFD (Water Framework Directive) Common Implementation Strategy Working Group 2.7 Monitoring, 2003. *Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive.* Final version.

Zeger, S.L. en R. Brookmeyer, 1986. Regression analysis with censored autocorrelated data. *Journal of the American Statistical Association* **81**(395): 722-729.

Bijlage 1 Samenvatting ontwikkeling monitoringstrategie



Figuur B1 Stroomschema voor het ontwerp van een schema voor monitoring (naar De Gruijter et al., 2006)



Figuur B2 Stroomschema voor de stappen bij de uitwerking van een schema voor monitoring (naar De Gruijter et al., 2006)

Bijlage 2 Overzicht gegevens Wetterskip Fryslân

Tabel B1 Wetterskip Fryslân, basismeetnet, N-totaal. 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 B2 Wetterskip Fryslân, basismeetnet, P-totaal. 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 B3 Wetterskip Fryslân, oppervlaktewaterkwaliteit, gebiedsgericht en operationeel meetnet, noordoostelijk deel, N-totaal. 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
0008	K											
0012	M											
0014	M											
0017												
0018												
0020	K											
0030												
0032												
0035	K											
0044												
0052	K											
0054	M											
0057	M											
0150												
0177	M											
0210	M											
0229	M											
0273	K											
0282												
0283												
0285												
0286												
0325	P											
0327	P											
0328	P											
0349	P											
0351	P											
0440												
0441												
0444												
0447												
0448												
0449												
0450	K											
0452												
0453												
0455												
0456												
0477												
0533												
0561	M											
0622												
0662												
0753												
0823	K											
0871	K											
0873	K											
0884	S											
0887	S											

0893	S											
0938												
0939												
0940												
0941												
0942												
0943	M											
0944	S											
0945												
0946												
0947												
0948	M											
0949												
0975	S											
0976	S											
0977												
0978												
0982												
0983	S											
0984												
0985												
0986	S											
0987												
0988												
0989	S											

Tabel B4 Wetterskip Fryslân, oppervlaktewaterkwaliteit, gebiedsgericht en operationeel meetnet, noordoostelijk deel, P-totaal. 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
0008	K											
0012	M											
0014	M											
0017												
0018												
0020	K											
0030												
0032												
0035	K											
0044												
0052	K											
0054	M											
0057	M											
0150												
0177	M											
0210	M											
0229	M											
0273	K											
0282												
0283												
0285												
0286												
0325	P											
0327	P											
0328	P											
0349	P											
0351	P											
0440												
0441												
0444												
0447												
0448												
0449												
0450	K											
0452												
0453												
0455												
0456												
0477												
0533												
0561	M											
0622												
0662												
0753												
0823	K											
0871	K											
0873	K											
0884	S											
0887	S											

0893	S											
0938												
0939												
0940												
0941												
0942												
0943	M											
0944	S											
0945												
0946												
0947												
0948	M											
0949												
0975	S											
0976	S											
0977												
0978												
0982												
0983	S											
0984												
0985												
0986	S											
0987												
0988												
0989	S											