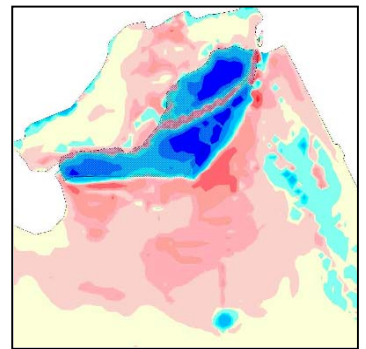
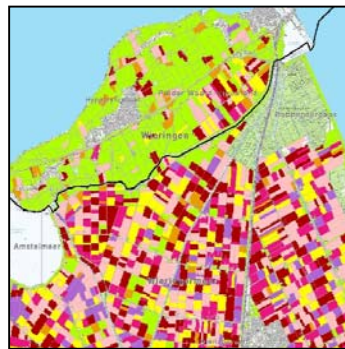
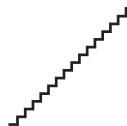


Lago Wirense

Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

Eindrapportage





Lago Wirense

Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

Eindrapportage

referentie WRW5-8-20/krub/008	projectcode WRW5-8-20	status eindrapport definitief 02
projectleider ir. Th.G.J. Witjes	projectdirecteur ir. A.G. Posthumus	datum 3 maart 2006

autorisatie goedgekeurd	naam ir. A.G. Posthumus	paraaf
-----------------------------------	-----------------------------------	---------------

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Doel onderzoek	1
1.3. Leeswijzer	1
2. GEBIEDSOMSCHRIJVING	2
2.1. Ligging en Landschap	2
2.2. Geologie	3
2.2.1. Geologische ontstaansgeschiedenis	3
2.3. Geohydrologie	5
2.3.1. Geohydrologische schematisatie	5
2.3.2. Grondwaterstroming	7
2.3.3. Grondwaterkwaliteit	8
2.4. Oppervlaktewaterhuishouding	11
2.4.1. Oppervlaktewaterkwantiteit	11
2.4.2. Oppervlaktewaterkwaliteit	14
3. BOUW GRONDWATERMODEL EN KALIBRATIE	15
3.1. Introductie	15
3.2. Modelinstrumentarium	15
3.3. Overzicht modelberekeningen	16
3.4. Actualisatie model	17
3.5. Kalibratie	18
3.5.1. Kalibratieproces	18
3.5.2. Kalibratie resultaten	19
3.6. Conclusie modelbouw en kalibratie	21
4. AUTONOME ONTWIKKELING	22
4.1. Inleiding	22
4.2. Resultaten	22
4.2.1. Grondwaterstanden	22
4.2.2. Kwel	24
4.2.3. Chlorideconcentraties	25
4.2.4. Zoutbelasting	29
5. BESCHRIJVING REFERENTIESITUATIE (2030)	31
5.1. Geohydrologische situatie	31
5.2. Landbouw	32
5.3. Natuur	36
5.4. Bebouwing	37
6. UITGANGSPUNTEN WIERINGERRANDMEER	40
6.1. Algemene beschrijving	40
6.2. Fase 1	41
6.3. Fase 2	41
7. EFFECTEN MODEL HALFLAND	43
7.1. Fase 1	43
7.1.1. Geohydrologische effecten	43

7.1.2.	Effecten op Landbouw	44
7.1.3.	Effecten op Natuur	46
7.1.4.	Effecten op bebouwing	46
7.2.	Fase 2	47
7.2.1.	Geohydrologische effecten	47
7.2.2.	Effecten op Landbouw	49
7.2.3.	Effecten op Natuur	50
7.2.4.	Effecten op bebouwing	50
8.	EFFECTEN MODEL WATERLAND	52
8.1.	Geohydrologische effecten	52
8.2.	Effecten op landbouw	53
8.3.	Effecten op natuur	55
8.4.	Effecten op bebouwing	55
9.	EFFECTEN MODEL NIEUWLAND	56
9.1.	Geohydrologische effecten	56
9.2.	Landbouw	57
9.3.	Natuur	57
9.4.	Bebouwing	57
10.	CONCLUSIES	58
10.1.	Geohydrologisch systeem	58
10.2.	Autonome ontwikkeling	58
10.3.	Geohydrologische effecten	59
10.4.	Afgeleide effecten	59
11.	AANBEVELINGEN	60
11.1.	Mitigerende maatregelen	60
11.2.	Monitoring	60
11.3.	Vervolgonderzoek en onzekerheden	60
12.	REFERENTIES	62
	laatste bladzijde	63

bijlagen	aantal bladzijden
I Peilbuisgegevens en tijdstijghoogtelijnen	5
II Meetreeksen grondwater chlorideconcentraties	3
III Hydrochemische analyse grondwater	1
IV Trendanalyse oppervlaktewater kwaliteit	15
V Actualisatie grondwatermodel	17
VI Bollenkaart	1
VII Geohydrologische situatie referentiesituatie	6
VIII Verslag bespreking geohydrologisch onderzoek	5
IX Landbouw doelrealisatie, droogte en natschade referentiesituatie	6
X Natuurdoeltypen en doelrealisatie	2
XI Geohydrologische effecten Halfland fase 1	5
XII Landbouw effecten Halfland fase 1	3
XIII Natuur effecten Halfland fase 1	1
XIV Geohydrologische effecten Halfland fase 2	5
XV Landbouw effecten Halfland fase 2	3
XVI Natuur effecten Halfland fase 2	1
XIV Geohydrologische effecten Waterland fase 2	5
XV Landbouw effecten Waterland fase 2	3
XVI Natuur effecten Waterland fase 2	1

SAMENVATTING

De conclusie van het geohydrologisch onderzoek is dat de aanleg van het Wieringerrandmeer het geohydrologisch systeem tot op een afstand van circa 5 kilometer beïnvloedt. In dit gebied, stijgt de freatische grondwaterstand en stijghoogte, en neemt de kwel toe. In de Wieringermeerpolder en de lagere delen van Wieringen, leidt de toename van kwel tot een stijging van het chloridegehalte van het freatische grondwater. Onder de hogere delen van Wieringen, leidt de aanleg van het Wieringerrandmeer tot een vergroting van de zoetwater lens.

De stijging van grondwaterstanden heeft een nadelig effect op de landbouw. De opbrengstderving uitgedrukt in totaal verloren landbouwareaal ligt (afhankelijk van gekozen uitvoeringsmodel) tussen circa 65 en 120 Ha. Deze negatieve effecten zijn met lokale maatregelen weg te nemen. De vernatting heeft een overwegend positief effect op omliggende natuurgebieden en de doelrealisatie (indicatie van ecologische gesteldheid) van de natuur neemt met circa 12 % toe. Er worden geen nadelige effecten verwacht op de bebouwde omgeving.

aanleiding

Het project Lago Wirense omvat de aanleg van het Wieringerrandmeer en herinrichting van de omliggende gebieden. Binnen het huidige planconcept, zal één van de volgende uitvoeringsvarianten worden gekozen: Nieuwland, Halfland en Waterland, waarbij de Polder Waard-Nieuwland in toenemende mate bij het Wieringerrandmeer wordt betrokken. De grootte van het Randmeer varieert van 565 Ha voor model Nieuwland tot 858 Ha voor model Waterland.

Voor ieder van de drie modellen geldt dat het toekomstige peil van Wieringerrandmeer bijna 4 m hoger ligt dan het huidige polderpeil. Dit zal effect hebben op de geohydrologische situatie in het gebied. De gevolgen treden op in zowel kwantitatieve zin (verandering grondwaterstanden, hoeveelheid kwel of wegzijging), als in kwalitatieve zin (grondwaterkwaliteit en ligging zoet-zout vlak).

Het project wordt in vier fasen uitgevoerd. In de eerste fase wordt de Polder Waard-Nieuwland heringericht, en het bestaande Amstelmeerkanaal verbreed. In de tweede fase wordt het Wieringerrandmeer aangelegd. In fase drie en vier wordt de infrastructuur aangelegd en woningen gerealiseerd. In de laatste twee fasen treden geen significante geohydrologische veranderingen op.

doel van het geohydrologisch onderzoek

Het geohydrologisch onderzoek dient feitelijk op vier hoofdvragen antwoord te geven:

1. hoe functioneert het huidige systeem en welke ontwikkelingen zijn er te verwachten ten aanzien van verdroging, vernatting en verzilting (autonome ontwikkeling)?
2. welke hydrologische effecten (grondwaterstand, kwel-wegzijging en verzilting, waterbalans) treden op als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer en hoe verhouden die zich ten opzichte van de autonome ontwikkeling?
3. welke afgeleide effecten (bebouwing, landbouw en natuur) zijn er te verwachten als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer?
4. welke mitigerende/compenserende effecten zijn beschikbaar om de effecten te compenseren?

geohydrologische situatie

In het onderzoeksgebied zijn twee zeer verschillende geohydrologische systemen aanwezig: het voormalig eiland Wieringen en de Wieringermeerpolder. Het waterhuishoudkundig systeem in de Wieringermeerpolder is volledig aangepast op de functie landbouw. Het huidige grondwaterregime is, in combinatie met de wateraanvoer, vrijwel optimaal voor de functie landbouw.

Op Wieringen wordt het geohydrologische systeem in grote mate bepaald door het voorkomen van de keileem in de ondergrond en de topografische hoogteverschillen. Hierdoor is een optimale ontwatering voor landbouwfuncties lastiger, wat tot gevolg heeft dat het grondwaterregime niet optimaal is voor

landbouw. Daarnaast wordt momenteel het peil opzettelijk hoger gehouden om een natuurfunctie te bevorderen.

modelbouw

Om de effecten te kwantificeren is een grondwaterstromingsmodel gebouwd met de modelcode SEAWAT. SEAWAT is een combinatie van de standaard modellen MODFLOW en MT3D met toevoeging van een dichtheidsstromingsmodule.

Uitgangspunt voor de modelbouw is het door Grontmij ontwikkelde model van het gebied. Dit model is geconverteerd naar SEAWAT, en geactualiseerd met REGIS gegevens voor de bodemopbouw en gedetailleerde gegevens van het topsysteem (polderpeilen, drainageweerstanden, e.d.). Ten slotte is het model gekalibreerd op grondwaterstanden, stijghoogten en afvoeren.

Het model is ten eerste gebruikt om de autonome ontwikkeling (klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling) over een periode van 150 jaar te simuleren. Vervolgens is het model verder verfijnd en zijn de effecten van de realisatie van het Wieringerrandmeer berekend.

autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling in het gebied zal de meeste effecten tot gevolg hebben op Wieringen en de aangedijkte polders. Uit de modelberekeningen volgt een sterke toename van zoute kwel met name in de polder Waard-Nieuwland en de kogen op Wieringen. Dit zal leiden tot een afname van de kwaliteit van het water in het Amstelmeerkanaal. Om deze te compenseren dient de vereiste doorspoeling vanuit de Zuiderhaven toe te nemen.

Een opvallend resultaat van de modelberekeningen is dat de effecten van de autonome ontwikkeling niet constant in de tijd zijn, in de gebieden op Wieringen wordt een stijging van kwel berekend tot circa 2050/2100 waarna deze weer afneemt terwijl de autonome ontwikkeling zelf lineair in de tijd is gemiddeld. Het verschil wordt veroorzaakt door verzilting van het ondiepe grondwater in de laag gelegen gebieden op Wieringen. De verzilting van deze gebieden werkt als een positieve terugkoppelingsmechanisme. Hierbij leidt de toename van chlorideconcentraties bij gelijkblijvend polderpeil tot een vergroting van de neerwaartse hydraulische druk.

geohydrologische effecten Wieringerrandmeer

Het Wieringerrandmeer zal als groot infiltrerend, licht brak oppervlaktewater lichaam fungeren en daarmee de grondwaterhuishouding in de omgeving beïnvloeden. Op hoofdlijnen treden de volgende geohydrologische veranderingen op:

- ter plaatse van het Wieringerrandmeer komt een grondwaterscheiding te liggen. Dit betekent dat de geohydrologische systemen van Wieringen en de Wieringermeerpolder van elkaar worden gescheiden;
- een stijging van de grondwaterstand variërend van 0,05 tot 0,5 m tot een afstand van circa 1,2 km;
- voor modellen Halfland en Nieuwland een zeer sterke toename van kwel en gemaalafvoer in Polder Waard-Nieuwland;
- voor alle modellen een afname van infiltratie op de hogere delen van Wieringen en een toename van kwel in de kogen;
- de zoutbelasting neemt met name voor de modellen Halfland en Nieuwland sterk toe in Waard-Nieuwland. Hier wordt tevens als gevolg van de autonome ontwikkeling een sterke verzilting verwacht;
- regionale verzoeting van het grondwater door infiltratie van relatief licht brak oppervlaktewater vanuit het Wieringerrandmeer blijft uit. Dit komt doordat de toename van infiltratie vanuit het Wieringerrandmeer leidt tot een toename van kwel in de poldergebieden. Hierbij wordt de mobilisatie van dieper gelegen en zouter grondwater naar het oppervlaktewatersysteem in feite versneld en treedt verdere verzilting op;

- Wieringen wordt in geohydrologische zin weer een eiland. Het licht brakke water dat infiltreert vanuit het Wieringerrandmeer, zal samen met de zoete grondwaterbel onder Wieringen één geheel vormen. Dit zoete tot licht brakke grondwaterlichaam drijft op het zoute onderliggende grondwater. Doordat deze grondwaterbel veel groter is dan de huidige zoete grondwaterbel onder Wieringen alleen, wordt deze minder snel weggedrukt door zeespiegelstijging.

gevolgen voor landbouw

De stijging van de grondwaterstand heeft een vernatting tot gevolg waardoor de natschade toeneemt. Dit leidt tot een afname van de landbouwopbrengsten. Op Wieringen kan deze afname, met name voor model Waterland, significant zijn (grootteorde 5 tot 7 %). In de Wieringermeerpolder is de afname van landbouwopbrengsten zeer klein (1% in afdeling 3 en in de overige afdelingen 0%). De opbrengstderiving als gevolg van vernatting, uitgedrukt als totaal verloren landbouwareaal, is 67 Ha voor model Halfland en 119 Ha voor model Waterland.

Het Amstelmeerkanaal is in de huidige situatie verantwoordelijk voor de watervoorziening op Wieringen en een deel van de noordelijke helft van de Wieringermeerpolder. Het Wieringerrandmeer kan de functie van het Amstelmeerkanaal overnemen en water leveren met een vergelijkbare kwaliteit. Daarnaast zal de kwaliteit van het Wieringerrandmeer minder fluctueren in de tijd. Dit laatste aspect maakt de watervoorziening betrouwbaarder voor landbouwgebruik. Het water van deze watervoorziening is echter alleen bruikbaar voor de huidige gewassen (grasland, granen en suikerbieten) en niet voor meer gevoelige gewassen zoals bollen of glastuinbouw.

gevolgen voor natuur

Voor de relatief natte natuurdoeltypen Bos (Robbenoord en Dijkgatbos) en Kemphaangras (langs het Amstelmeerkanaal) heeft de aanleg van het Wieringerrandmeer een positief effect. Voor het droge natuurdoeltype Bloemrijk grasland, gelegen op de hogere delen van Wieringen, heeft de aanleg van het Wieringerrandmeer een negatief effect. De gemiddelde doelrealisatie neemt voor natuur als geheel met circa 12 % toe. De effecten zijn tussen de modellen onderling vergelijkbaar waarbij de minste effecten optreden bij model Nieuwland en het meeste effect optreedt bij model Waterland.

gevolgen voor bebouwing

Bestaande bebouwde gebieden in het invloedsgebied liggen voornamelijk op Wieringen. Hier is bebouwing van oudsher met name op de hogere delen gevestigd. Hier worden derhalve geen problemen voor drooglegging van bebouwing verwacht bij de drie modellen. De drooglegging van toekomstige woongebieden is niet beoordeeld omdat hier nog niet voldoende informatie over beschikbaar is.

mitigerende maatregelen

Uit het onderzoek volgt dat de aanleg van het Wieringerrandmeer alleen voor landbouwfuncties een nadelig effect heeft. Mitigatie of compensatie kan plaatsvinden in twee richtingen:

- 1) in de Wieringermeerpolder: intensivering van landbouwdrainage;
- 2) op Wieringen: functiewijziging naar natuurgebied met natte natuurdoeltypen.

monitoring

Monitoring van grondwaterkwantiteit en kwaliteit is essentieel. Doordat de uitvoering van het totale project bijna 15 jaar bestrijkt, kan monitoringdata verzameld tijdens aanloopfase en de uitvoering worden gebruikt om maatregelen te nemen tegen eventueel onvoorziene nadelige effecten. Concreet moet het geohydrologische monitoringprogramma het volgende omvatten:

- freatische grondwaterstanden en stijghoogten in de directe omgeving van het toekomstige Wieringerrandmeer;
- grondwaterkwaliteitsmetingen (met name chloride);
- kwaliteit gemaalafvoer (met name chloride).

vervolgonderzoek

- om meer zekerheid te verkrijgen omtrent de geohydrologische parameters en de drainageweerstand, wordt aanbevolen een pompproef uit te voeren. Gezien de heterogeniteit in bodemopbouw, wordt aanbevolen dit op meerdere locaties uit te voeren. Te denken valt aan drie locaties: 1) op Wieringen, 2) in het toekomstige Boswoongebied in de Wieringermeerpolder; en 3) in het te handhaven landbouwgebied in de Wieringermeerpolder;
- verder wordt een evaluatie (of veldinventarisatie) van de huidige toestand drainagesysteem in combinatie met bodemopbouw in een strook van circa 1000 m langs het Wieringerrandmeer aanbevolen. Indien het drainagesysteem in de huidige staat slecht is, zal de vernatting van landbouwgrond door aanleg van het Wieringerrandmeer groter zijn;
- aanbevolen wordt de monitoringdata, de data uit pompproef en de veldinventarisatie van het drainagesysteem te gebruiken om het grondwatermodel te valideren. Dit betekent dat wordt gecontroleerd hoe goed het gekalibreerde model, de meetdata van de recent geplaatste peilbuizen kan voorspellen;
- met het model kan in combinatie met de inventarisatie van het huidige drainagesysteem worden bepaald welke maatregel zinvol zal zijn indien op lokale schaal aanvullende drainage maatregelen vereist zijn (gedacht wordt aan buisdrainage, verdichting slootstelsel, aanpassing peil);
- voor de realisatie van het bosrijke woongebied en ten zuidoosten van het Randmeer en het woongebied in polder Waard Nieuwland (modellen Halfland en Nieuwland) zal mogelijk een aanpassing van het bestaande drainagesysteem vereist zijn. Het gebied verandert van functie. In het gebied van de boswoningen zal de landbouwfunctie gewijzigd worden in een gecombineerde natuur / woonfunctie. In polder Waard-Nieuwland wordt de landbouwfunctie een woonfunctie. De noodzaak voor aanpassing van het drainagesysteem zal afhangen van het type woningen en de wijze van bouwrijp maken. Daarnaast is voor de boswoningen het ecologisch streefbeeld en daarvoor vereiste gewenste grondwaterregime en grondwaterkwaliteit van belang;
- om de natuurfuncties binnen het gebied meer kans te geven, dient de natuurdoeltypekartering te worden verfijnd. Op basis van een verfijnde indeling van natuurdoeltypes, kan de waterhuishouding worden geoptimaliseerd.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Het Wieringerrandmeer zal een invloed hebben op de grondwaterhuishouding in de kop van Noord-Holland. Het meer is geprojecteerd in een poldergebied waar de grondwaterstand door bemaling op een niveau van ca. NAP -4 à -5 m wordt gehouden. Het handhavingspeil van het Wieringerrandmeer zal op NAP -0,4 m komen te liggen. Hiermee wordt het gelijk aan het peil van het Amstelmeer. Dit betekent dat in het gebied waar het meer wordt aangelegd, een peilverandering wordt gerealiseerd van bijna 4 m.

De gevolgen van de aanleg van het meer treden op in zowel kwantitatieve zin (verandering grondwaterstanden, hoeveelheid kwel of wegzijging), als in kwalitatieve zin (grondwaterkwaliteit en ligging zoet-zout vlak). Om beide effecten te kwantificeren is een grondwaterstromingsmodel gebouwd waarmee de effecten van de aanleg van het meer kunnen worden onderzocht.

Een complicerende factor bij de berekening van de effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer is dat er een aantal autonome veranderingen te verwachten is in de waterhuishouding. Deze treden op ongeacht de aanleg van het Wieringerrandmeer. Deze ontwikkelingen zijn onder meer de zeespiegelstijging, veranderingen in landgebruik en veranderingen in klimaat (regenkarakteristiek). Het gebruik van een grondwatermodel maakt het mogelijk de autonome veranderingen mee te nemen in de berekeningen. Daarnaast kan de relatieve bijdrage van bepaalde processen worden gekwantificeerd. Opgemerkt wordt dat verziltingsvraagstukken met name op de lange termijn spelen.

Voor het in beeld brengen van de autonome ontwikkeling en het functioneren van het geohydrologisch systeem is het, gezien de kenmerken van het systeem, van belang om voor dit gebied een voldoende lange periode door te rekenen en daarbij rekening te houden met zowel de verandering in chloridegehalte als de daarmee samenhangende verandering van de dichtheidsverdeling in het grondwater (water met een hoog chloridegehalte is zwaarder dan zoet water en daardoor ontstaat ook stroming).

1.2. Doel onderzoek

Het geohydrologisch onderzoek dient feitelijk op vier hoofdvragen antwoord te geven:

- hoe functioneert het huidige systeem en welke ontwikkelingen zijn er te verwachten ten aanzien van verdroging, vernatting en verzilting (autonome ontwikkeling)?
- welke hydrologische effecten (grondwaterstand, kwel-wegzijging en verzilting, waterbalans) treden op als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer en hoe verhouden die zich ten opzichte van de autonome ontwikkeling?
- welke afgeleide effecten (bebouwing, landbouw en natuur) zijn er te verwachten als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer?
- welke mitigerende/compenserende effecten zijn beschikbaar om de effecten te compenseren of te neutraliseren?

1.3. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een gebiedsbeschrijving en systeemanalyse van de Wieringermeerpolder en omgeving. De modelbouw en kalibratie van het grondwatermodel worden behandeld in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de autonome ontwikkeling in het projectgebied. In hoofdstuk 5 wordt de referentiesituatie (2030) beschreven.

In hoofdstuk 6 wordt een beschrijving gegeven van het project en worden met name de specifieke geohydrologische aspecten van het project belicht. De geohydrologische en afgeleide effecten van de realisatie van het Randmeer volgens de drie modellen worden in hoofdstuk 7 t/m 9 beschreven. Ten slotte, worden de conclusies van deze studie in hoofdstuk 10 belicht en in hoofdstuk 11 worden de aanbevelingen beschreven.

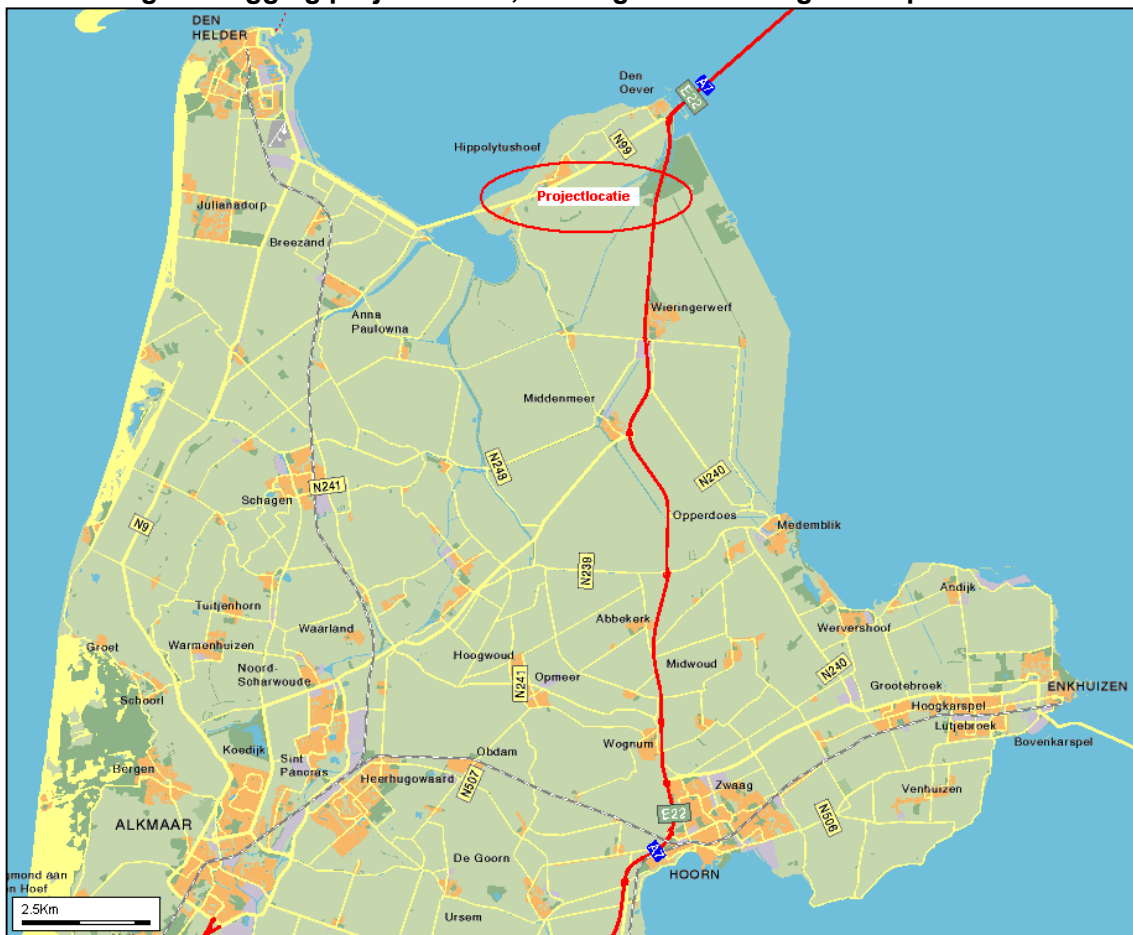
2. GEBIEDSOMSCHRIJVING

In dit hoofdstuk is een globale omschrijving opgenomen van het geohydrologisch systeem in de omgeving van Wieringen. Dit betreft zowel de geologische ontstaansgeschiedenis en opbouw van de ondergrond van het gebied, als de grondwaterstroming en –kwaliteit. De beschrijving is met name gebaseerd op onderzoek in de regio [Dienst Zuiderzeewerken, 1936; Lago Wirense, 2004; Grontmij, 2001].

2.1. Ligging en Landschap

Het Wieringerrandmeer is geprojecteerd op de grens van het voormalig eiland Wieringen en de Wieringermeerpolder, gelegen in kop van Noord-Holland. De rijksweg A7 doorsnijdt de Wieringermeerpolder en buigt oostelijk van Wieringen af naar de Afsluitdijk. Afbeelding 2.1. toont de ligging van het projectgebied.

Afbeelding 2.1. Ligging projectlocatie, Wieringen en Wieringermeerpolder

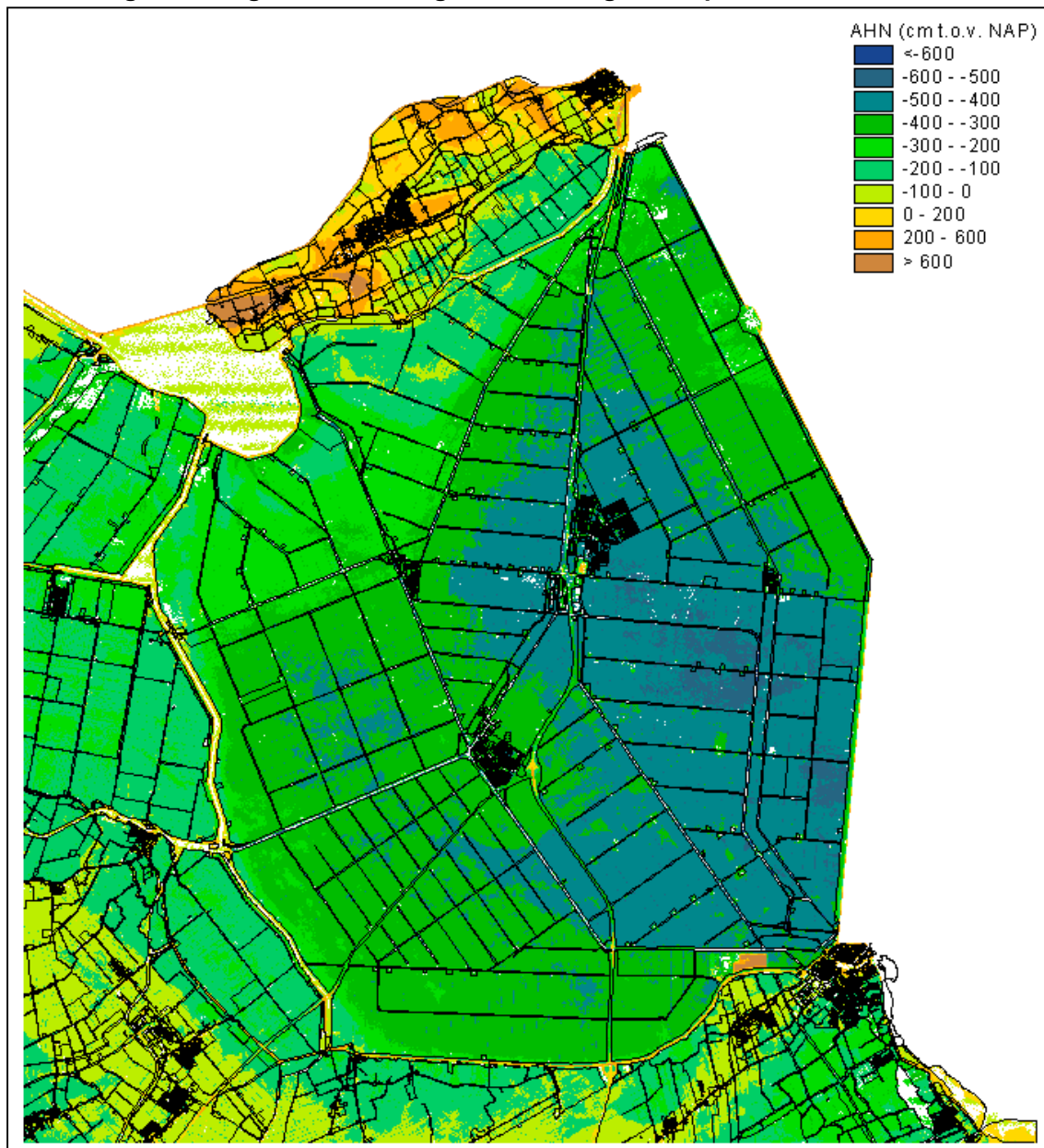


Wieringen was tot begin vorige eeuw een voormalig Zuiderzee eiland. Met de inpoldering van de zuidelijk gelegen Wieringermeerpolder, is het eiland in de dertiger jaren van de twintigste eeuw, onderdeel geworden van het vaste land. Voorafgaand aan de inpoldering van de Wieringermeerpolder, zijn enkele kleinere gebieden direct ten zuiden Wieringen in de 18^e eeuw ingepolderd. Dit zijn de polders Waard-Nieuwland en Hippolytushoef.

De ligging van het voormalige eiland, de aangedijkte polders en de Wieringermeerpolder zijn goed terug te zien in de hoogtekaart van het gebied (afbeelding 2.2.). De topografische hoogte varieert van NAP + 12 m op Wieringen tot NAP –6,5 in het zuidoostelijk deel van de Wieringermeerpolder. Opval-

lend is het hoogteverschil in de Wieringermeerpolder zelf; het noordwestelijk deel van de polder ligt opmerkelijk hoog rond NAP, terwijl het zuidwestelijk deel ruim 6 meter lager ligt.

Afbeelding 2.2. Hoogtekaart Wieringen en Wieringermeerpolder



2.2. Geologie

2.2.1. Geologische ontstaansgeschiedenis

Voor de beschrijving van het geohydrologisch systeem zijn de afzettingen uit het Kwartiaire tijdvak van belang. Het Kwartiaire tijdvak is onderverdeeld in het Pleistoceen en het Holoceen. Het Pleistoceen wordt onder meer gekenmerkt door het optreden van ijstijden. Het Holoceen wordt onder meer gekenmerkt door hogere temperaturen, het afsmelten van de ijskappen en een stijging van de zeespiegel.

Pleistoceen

Gedurende het Vroeg-Pleistoceen was het gebied door zee bedekt. Afzettingen uit deze periode behoren tot de Formatie van Maassluis. In het Pleistoceen begint de zee zich geleidelijk terug te trekken, waardoor fluviatiele sedimentatie de overhand krijgt. Rivieren van oostelijke herkomst zetten de Formaties van Peize, Appelscha en Urk af.

In het Elsterien (Midden-Pleistoceen) worden onder glaciële omstandigheden de afzettingen van de Formatie van Peelo gevormd. In de daarop volgende ijstijd, het Saalien, dringt landijs vanuit het noorden het huidige Nederland binnen. Een dik pakket landijs bedekt meer dan de helft van ons land. De aanwezige fluviatiele afzettingen worden omgewerkt en vermengd met nieuw aangevoerd materiaal. Dit materiaal wordt afgezet als keileem (Formatie van Drente). Door stuwing van het materiaal ontstaan er bulten in het landschap. Wieringen is een dergelijke keileembult die aan het eind van het Saalien beduidend boven zijn omgeving uitsteekt.

In het warmere Eemien (Laat-Pleistoceen) smelten de ijskappen en stijgt het zeespiegelniveau. Daardoor worden grote delen van Noord-Holland overstroomd. In deze periode worden de mariene afzettingen van de Eemformatie afgezet. Op het Eemien volgt de laatste koudere periode, het Weichselien. In deze periode trok de zee zich weer terug, maar het landijs bereikt ditmaal Nederland niet. Onder periglaciële condities werden de afzettingen van de Formatie van Bortel gevormd.

Holoceen

De periode die circa 10.000 jaar geleden begon wordt het Holoceen genoemd. In deze periode smelten de ijskappen door de hogere temperaturen, en stijgt het zeeniveau meer dan 20 meter. Uiteindelijk komen grote delen van Noord- en West-Nederland onder water te staan. Hier worden de mariene afzettingen van de Westland Formatie gesedimenteerd op het Pleistoceen oppervlak. De Westland formatie bestaat uit basisveen, afzettingen van Calais, Hollandveen en de afzettingen van Duinkerke.

In tabel 2.1. zijn de verschillende lithostratigrafische eenheden aangegeven.

Tabel 2.1. Lithostratigrafische eenheden

formatie	afzettingen	dikte
Westland	- Duinkerke: fijne tot matig fijne zanden - Hollandveen - Calais: fijne tot matig grove zanden - basisveen (ontbreekt hier)	tot ca. 15 m
Bortel	fijne zanden met siltige leemlagen	5 tot 20 m
Eem	matig grove zanden, lokaal kleilaag	10 tot 40 m
Drente (Gietenklei)	keileem, bekkenklei, grove grindhoudende zanden	tot 20 m, ontbreekt tussen Wieringen en Wieringerwerf Keileem dagzoomt op Wieringen
Peelo	potklei en zeer fijn tot matig fijn zand	niet overal aanwezig
Urk	matig grove tot grove grindhoudende zanden met kleilagen	30 tot 50 m
Appelscha	matig grove tot grove zanden, soms grindhoudend	10 tot 50 m
Peize	fijne tot grove zanden	140 tot 170 m
Maassluis	fijne zanden en klei	25 tot 40 meter

2.3. Geohydrologie

2.3.1. Geohydrologische schematisatie

Op basis van de geologische schematisatie zijn voor het beschouwde studiegebied de volgende geohydrologische eenheden onderscheiden:

matig doorlatende deklaag

De deklaag wordt in het onderzoeksgebied gevormd door de afzettingen behorend tot de Westland Formatie. Op het voormalige eiland Wieringen heeft de Westland Formatie een beperkte dikte van overwegend 1 à 2 m. In zuidelijke en oostelijke richting neemt de dikte verder toe tot meer dan vijftien meter.

ondiep (eerste) watervoerend pakket

Het eerste watervoerende pakket wordt gevormd door de zandige afzettingen van de Eem Formatie en de Formatie van Boxtel. De basis van deze laag wordt gevormd door de Formatie van Drente (keileem en bekkenkleien). Het eerste watervoerende pakket bestaat uit een afwisseling van fijne en grove zanden. De dikte van het eerste watervoerende pakket bedraagt op Wieringen overwegend 2 à 4 m. De basis van de eerste watervoerende laag wordt hier gevormd door keileem (grondmorene van de Formatie van Drente).

Ten zuiden van Wieringen ontbreekt de keileem (behorend tot de eerste scheidende laag) en is het eerste watervoerende pakket één geheel met het tweede watervoerende pakket. Ten zuiden van Wieringerwerf wordt de basis van het eerste watervoerend pakket gevormd door dieper gelegen bekkenkleien van de Formatie van Drente. De dikte van het eerste watervoerend pakket bedraagt hier 15 tot 20 m.

eerste slecht doorlatende laag

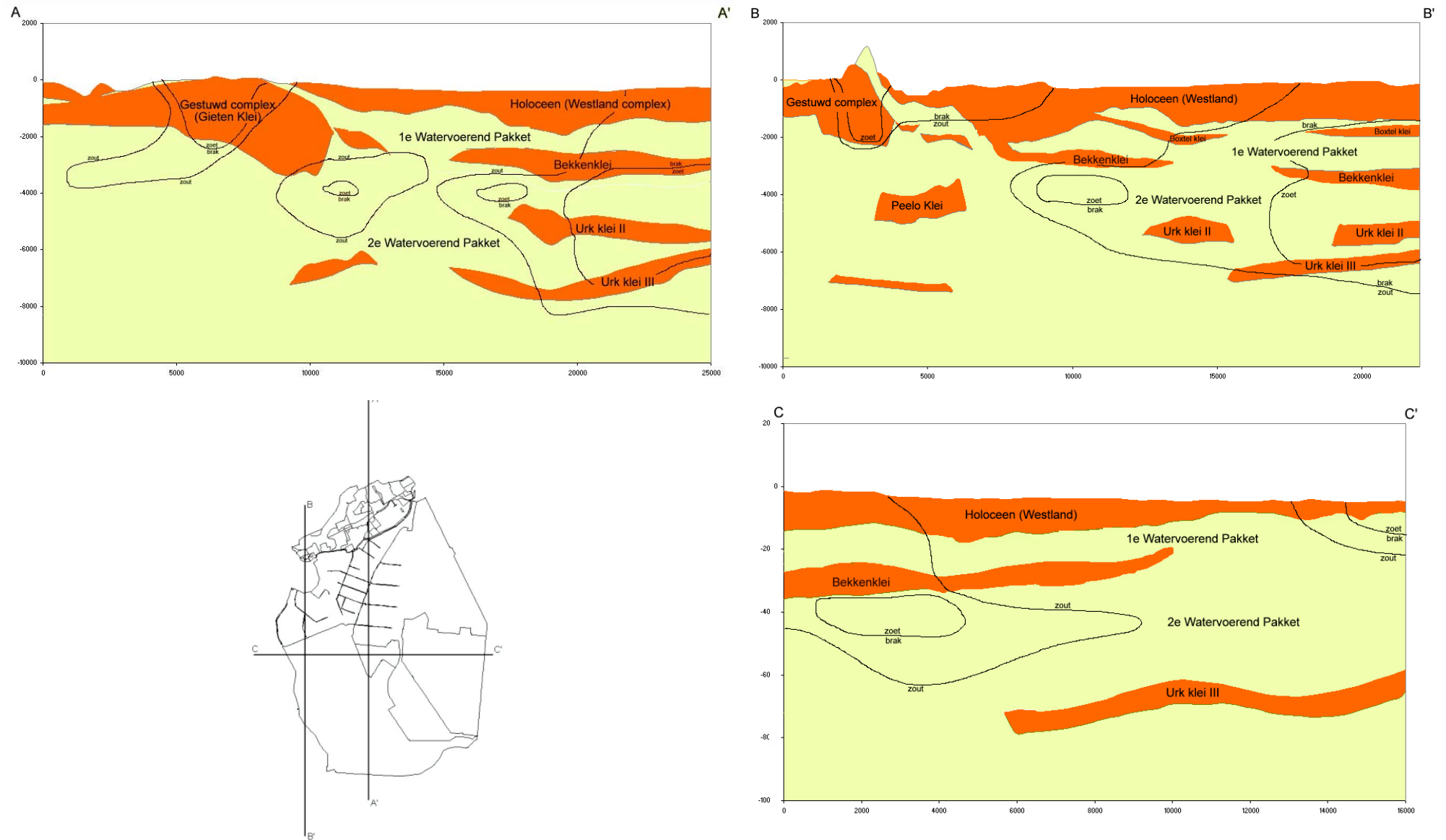
De eerste scheidende laag bestaat uit afzettingen van de Formatie van Drente. In de eerste scheidende laag kunnen onderscheiden worden: keileem, afgezet op het voormalige eiland Wieringen en bekkenklei, afgezet ten zuiden van Wieringerwerf. De keileemafzettingen komen tot nabij het maaiveld voor. De maximale diepteligging van de keileem bedraagt circa NAP -20 m. De specifieke weerstand van het keileem dat tot de Formatie van Drente wordt gerekend, is afhankelijk van de dikte van het afgezette keileempakket. De bekkenklei afzettingen bevinden zich beneden een diepte van circa NAP -30 m hebben een maximale dikte van overwegend 7,5 à 10 m. De basis van de eerste scheidende laag bevindt zich in het gebied op een diepte van overwegend NAP -10 à -15 m.

diep (tweede) watervoerend pakket

Het tweede watervoerende pakket wordt gevormd door de afzettingen van de Formaties van Urk/Sterksel, Appelscha en Peize/Waalre. De dikte van het tweede watervoerende pakket bedraagt tussen de 270 en 350 meter. Door het ontbreken van de eerste scheidende laag in het gebied tussen het voormalige eiland Wieringen en Wieringerwerf is de dikte van het totale watervoerend pakket hier groter. Binnen het tweede watervoerende pakket worden met name ten zuiden van Wieringerwerf twee slecht doorlatende lagen aangetroffen in de Formatie van Urk.

In afbeelding 2.3. is het voorkomen van de verschillende geologische eenheden in drie doorsneden weergegeven. Tevens is de aanwezigheid van zoet, brak en zout grondwater in deze profielen aangegeven.

Afbeelding 2.3. Geohydrologische profielen (bron REGIS)

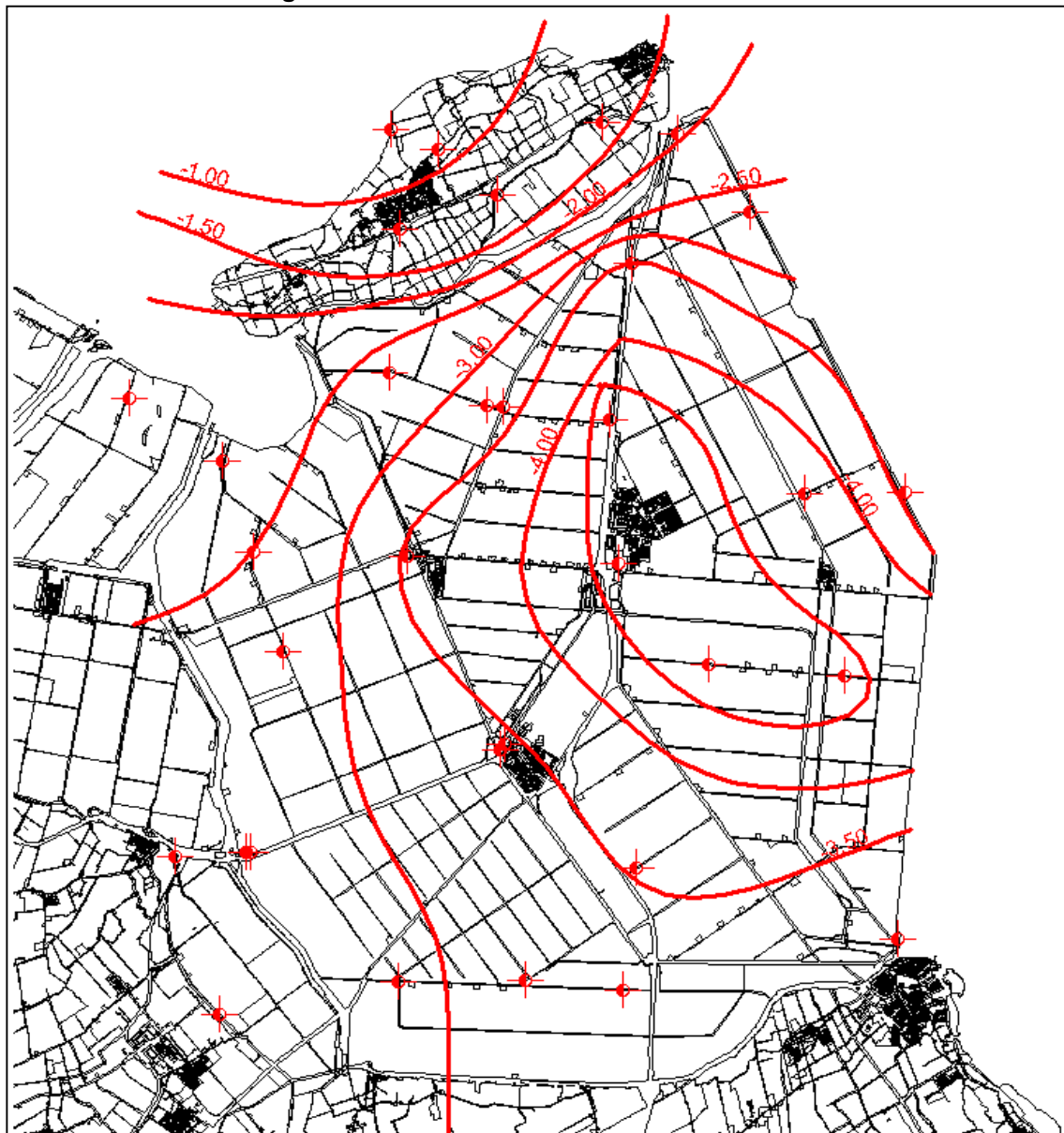


2.3.2. Grondwaterstroming

Lokaal komen grondwaterstanden op Wieringen boven NAP voor. Richting Wieringermeer dalen de grondwaterstanden tot beneden de NAP – 4 m.

Op afbeelding 2.4. is het isohypsenpatroon weergegeven voor het 1^e Watervoerende Pakket. De isohypsen zijn bepaald op basis van gemiddelde stijghoogten in de periode tussen 1995 en 2004 afkomstig van peilbuismetingen uit de TNO-DINO database. De stijghoogte ligt op Wieringen tussen NAP 0 m en NAP – 1,5 m. In het centrale deel van de Wieringermeer ligt de stijghoogte beneden de NAP – 4 m. Uit de metingen blijkt dat op Wieringen lokaal sprake is van een inzijgingssituatie. In de binnendijkse polders treedt lichte kwel op. In de polders Waard-Nieuwland, Robbenoordbos en in de Wieringermeer treedt sterkere kwel op.

Afbeelding 2.4. Isohypsenpatroon 1^e watervoerend pakket geïnterpoleerd op basis van gemiddelde metingen tussen 1995 en 2004



In bijlage I is een overzicht opgenomen van de beschikbare peilbuizen en zijn een aantal geselecteerde tijdstijghoogtelijnen weergegeven. Uit de tijdstijghoogtelijnen blijkt dat de fluctuatie van de freatische

grondwaterstand in de Wieringermeerpolder in de grootteorde ligt van circa 0,4 tot 0,6 m. De stijghoogtefluctuatie in de diepere watervoerende pakketten is veel kleiner en is in de grootteorde van circa 0,05 tot 0,2 m.

2.3.3. Grondwaterkwaliteit

In afbeelding 2.5. zijn de geïnterpoleerde chlorideconcentraties weergegeven in het ondiepe grondwater, het 1^e watervoerend pakket (NAP –30 m) en het 2^e watervoerend pakket (NAP –50 m). De interpolatie heeft plaatsgevonden op basis van chloridemetingen afkomstig van de TNO-DINO database. Op basis van deze interpolatie zijn in de geohydrologische profielen (afbeelding 2.3.) tevens de grensvlakken voor zoet/brak (300 mg/L) en brak/zout (1000 mg/L) weergegeven.

Het grondwater onder de Wieringermeerpolder en Wieringen wordt gekenmerkt door een grote variatie in chloridegehalten. In het freatische grondwater worden de hoogste chlorideconcentraties aangetroffen in het centrum van de Wieringermeerpolder. Op Wieringen zelf wordt juist zeer zoet ondiep grondwater aangetroffen met chlorideconcentraties beneden 150 mg/L.

In het diepere grondwater wordt een omgekeerd beeld aangetroffen: onder de Wieringermeerpolder (met name het zuidelijk deel) wordt grondwater aangetroffen met een lager chloridegehalte dan onder Wieringen. Deze inversie is het gevolg van een lange periode tijdens het Holocene, voorafgaand aan de Zuiderzee transgressie, waarin het gebied van de Wieringermeerpolder boven het toenmalige zeeniveau lag (Dienst der Zuiderzeewerken, 1936). Het voorkomen van zoeter grondwater tussen NAP –40 en –70 m is zeer karakteristiek voor dit gebied. Uit onderzoek naar de zoet-zout verdeling in het grondwater in West-Nederland uitgevoerd door Post (2004), blijkt dit niet uniek te zijn en dat zelfs onder de Noordzee zoet grondwater wordt aangetroffen.

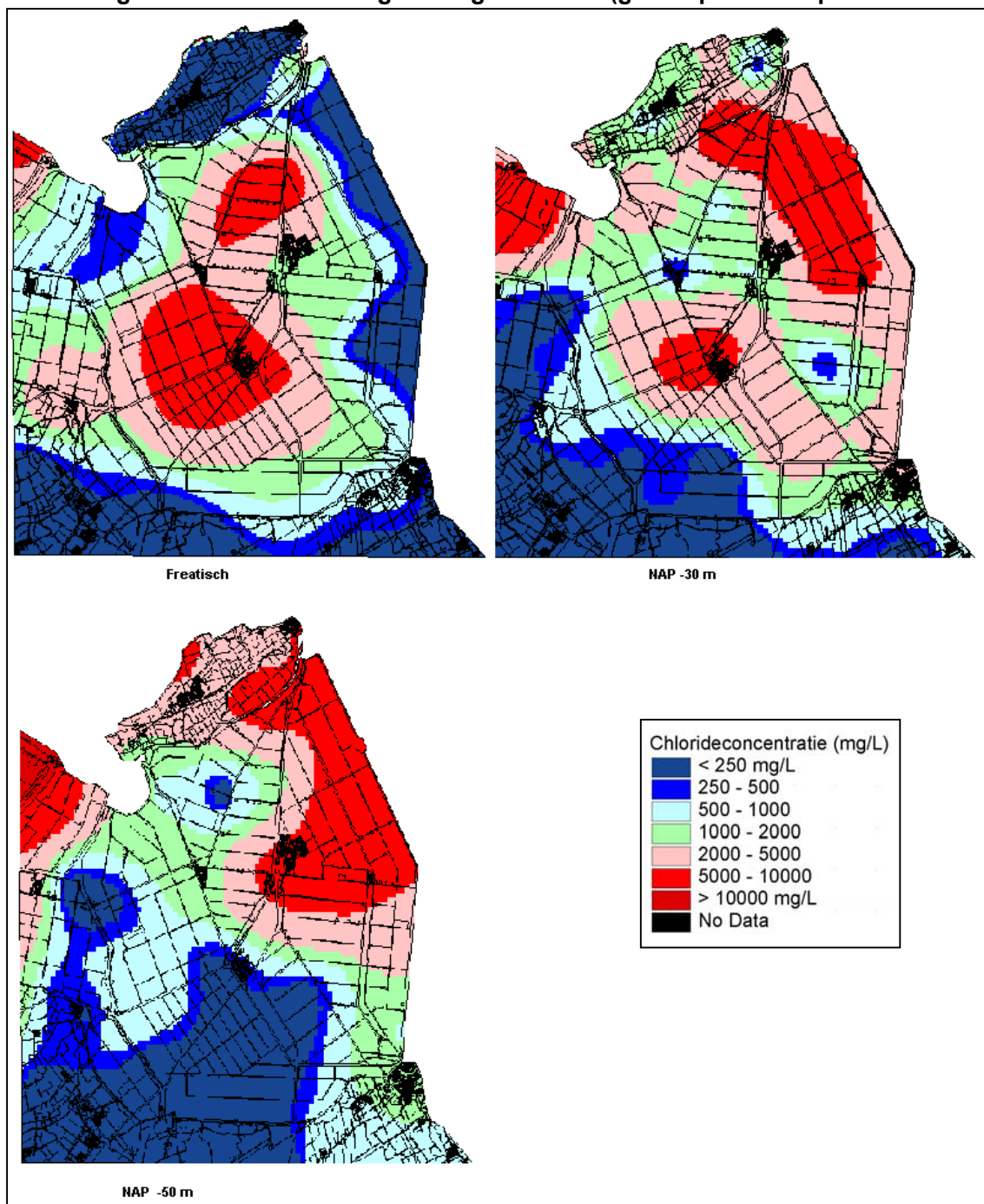
Uit afbeelding 2.3. blijkt dat het voorkomen van de zoetwaterlenzen samenhangt met het voorkomen van slecht doorlatende lagen. De zoetwaterlens ten zuiden van Wieringerwerf is ingeklemd tussen de keileem en klei van Urk. In de noordelijke helft van de Wieringermeerpolder ontbreken deze kleilagen en is het grondwater zout. Uit het geohydrologisch onderzoek uitgevoerd net na drooglegging van de Wieringermeerpolder (Dienst der Zuiderzeewerken, 1936), blijkt dat destijds ook in dit gebied nog een zoete waterlens aanwezig was. Door het ontbreken van de keileem en kleilagen van Urk is in dit gebied de kweldruk echter vele malen groter. Hierdoor is in dit gebied het zoete grondwater waarschijnlijk reeds verdrongen.

Bovenstaande ontwikkeling zou bevestigd kunnen worden door chloride tijdreeksen. Voor de gehele Wieringermeerpolder zijn echter slechts vijf peilbuizen aanwezig waarvoor meerdere chloridemetingen zijn verricht. De meetreeksen en locaties van deze zijn opgenomen in bijlage II. Uit de meetreeksen worden de volgende observaties gemaakt:

- de peilbuizen gelegen in het zuidelijk deel van de Wieringermeerpolder en langs de IJsselmeerdijk hebben een hoog chloridegehalte (hoger dan 2.000 mg/L) maar vertonen een dalende trend;
- de peilbuizen op het oude land ten zuiden van de Wieringermeerpolder en op Wieringen hebben een laag chloridegehalte (lager dan 200 mg/L) en vertonen geen trend.

Bovenstaande informatie suggereert dat in ieder geval in enkele delen van de Wieringermeerpolder sprake is van een verzoeting van het ondiepe grondwater. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de verzoetende invloed vanuit het IJsselmeer, en de stroming van zoet grondwater vanuit het oude land ten zuiden van de Wieringermeerpolder. De conclusie dat verzoeting van het grondwater optreedt kan echter door de beperkte beschikbaarheid van kwaliteitsmetingen, niet voor de gehele polder worden getrokken.

Afbeelding 2.5. Chlorideverdeling in het grondwater (geïnterpreteerd op basis van metingen)

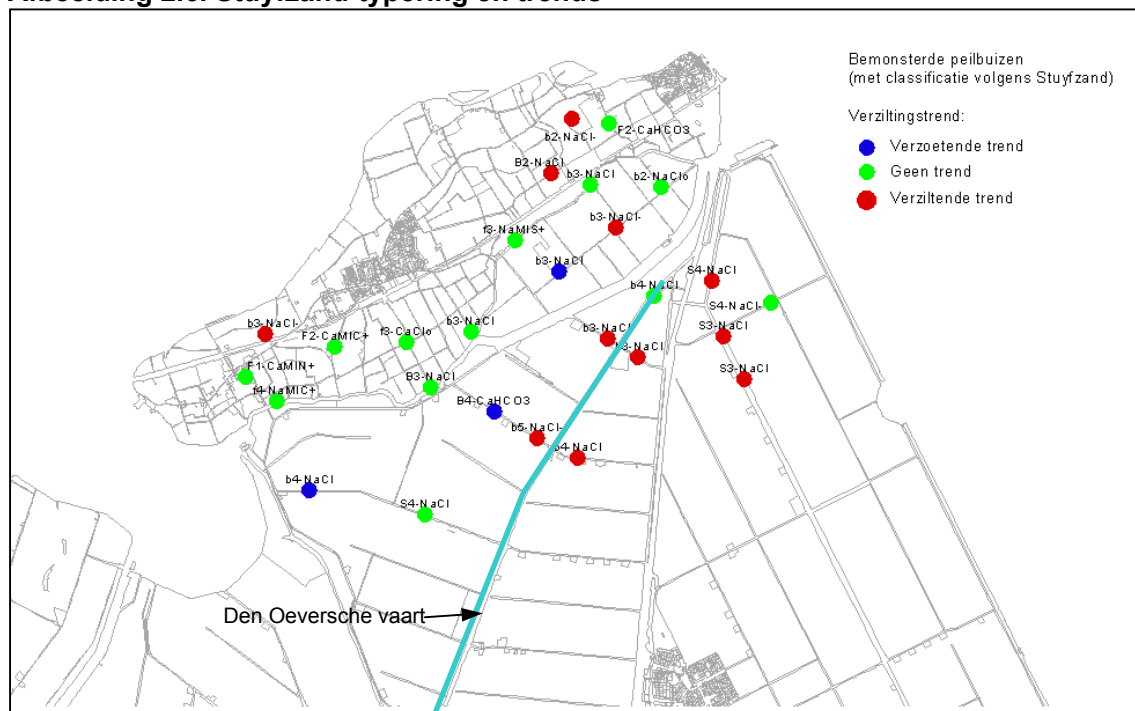


hydrochemische eigenschappen

In de zomer van 2005 zijn circa 30 peilbuizen bijgeplaatst, ieder met een ondiep filter en een filter in het watervoerend pakket. Eind oktober is een bemonstering uitgevoerd, en zijn de monsters geanalyseerd op macro-ionen.

De resultaten zijn geanalyseerd en geclassificeerd volgens de Stuyfzandmethode. Daarnaast is nagegaan of de samenstelling op een verzoetende of verziltende trend duidt (afbeelding 2.6.). Dit is gedaan op basis van de natrium, kalium en magnesiumgehalten in relatie tot het chloridegehalte (Stuyfzand, 1993). Berekeningen zijn uitgevoerd met het programma ChemProc (Biesheuvel, 1992). In bijlage III zijn de resultaten van de bemonstering opgenomen.

Afbeelding 2.6. Stuyfzand-typering en trends



Op basis van de Stuyfzand-typering valt af te leiden dat de meest voorkomende hydrochemische facies NaCl betreft. Deze grondwatermonsters zijn brak tot zout. Op de hogere delen van het eiland Wieringen wordt het grondwater getypeerd als zoet en is in hydrochemische zin van calcium/carbonaat facies.

Nabij en direct ten oosten van de Den Oeversche Vaart wordt een verziltende trend geconstateerd, dit komt ook overeen met de hoge chloridegehalte die daar worden gevonden. In het westelijk deel van de Wieringermeerpolder wordt geen verziltende trend gevonden.

Op Wieringen wordt veelal grondwater met lage chloridegehalten aangetroffen, zonder dat er sprake is van een chloridetrend. Het grondwater is dan wel dikwijls beïnvloed door nitraat.

2.4. Oppervlaktewaterhuishouding

2.4.1. Oppervlaktewaterkwantiteit

In de huidige situatie scheiden het Amstelmeer en het Amstelmeerkanaal het eiland Wieringen en de Polder Waard-Nieuwland van de Wieringermeerpolder. De drie gebieden Wieringen, Polder Waard-Nieuwland en de Wieringermeerpolder zijn in waterhuishoudkundig opzicht de hoofdeenheden binnen het gebied. In het onderstaande worden de drie eenheden beknopt beschreven.

Wieringen

Het voormalige eiland Wieringen bestaat voor een groot gedeelte uit een met pleistoceen dekzand bedekt keileemlandschap met grote hoogteverschillen op korte afstand. Het keileem komt doorgaans binnen een diepte van 1,20 m voor. De neerslag die op de hogere delen in het dekzand infiltreert stroomt ondiep af over een ondoorlatende keileemlaag. Dit water treedt onder vrij verval uit aan de voet van de heuvels uit. Het water wordt afgevangen door walsloten die zich rondom de heuvels bevinden. Door deze specifieke gebiedskenmerken kent Wieringen een zeer gebiedseigen 'systeemgedrag' van het neerslag-afvoersysteem.

Op Wieringen worden verschillende afwaterings- en bemalingsgebieden onderscheiden. Binnen deze gebieden bevinden zich verschillende peilvakken waar een zomer en een winterpeil wordt gehanteerd. In afbeelding 2.7. zijn de peilvakken, de winterpeilen en de locaties van de gemalen weergegeven. Het zomerpeil is 0,4 – 0,8 m hoger dan het winterpeil.

De hoger gelegen gebieden wateren op natuurlijk wijze (onder vrij verval) af op de polderwateren. De polderwateren van Wieringen lozen het overtollige water via bemaling op de Amstelmeerboezem. De lagere delen van Wieringen worden van water voorzien vanuit de Amstelmeerboezem. Op de hogere delen van Wieringen kan geen water worden aangevoerd. Door de hoogteverschillen kan er op hogere gronden geen water vastgehouden worden.

Polder Waard-Nieuwland

De Polder Waard-Nieuwland is lager gelegen dan Wieringen. De maaiveldhoogteligging is vlak en door de lagere ligging is er relatief meer (brakke) kwel dan op Wieringen.

De Polder Waard-Nieuwland watert via een gemaal af op de Amstelmeerboezem en wordt in droge periodes ook vanuit de Amstelmeerboezem (het Amstelmeerkanaal) van water voorzien. In afbeelding 2.7. zijn de peilvakken, de winterpeilen en de locaties van de gemalen weergegeven. Het zomerpeil is voor het grootste deel van de polder 0,2 m hoger dan het winterpeil. In de westelijke vakken ligt het zomerpeil tussen 0,6 tot 0,9 m hoger dan het winterpeil.

Wieringermeer

De Wieringermeerpolder ligt ver beneden zeeniveau: van –3,0 m NAP aan de randen tot –6,5 m NAP in het laagste deel van de Polder. Over de gehele Polder treedt (brakke) kwel op. De ondiepe ondergrond in de polder bestaat voornamelijk uit zand en zavel, en is in het zuidelijk deel is doorsneden door geulen en krekken. Over korte afstand komen grote verschillen in de bodemopbouw voor. De Wieringermeerpolder is een typische akkerbouwpolder. Op de zandigere percelen in het noorden en westen worden hier en daar bloembollen gekweekt. De percelen worden diep ontwaterd, de droogleggingen zijn relatief groot. Hierdoor bevat het watersysteem veel 'ruimte' voor het opvangen van piekbuien, waardoor de kans op wateroverlast relatief klein is. Binnen de Wieringermeerpolder worden vier afdelingen en vijf peilgebieden onderscheiden, zie afbeelding 2.7.

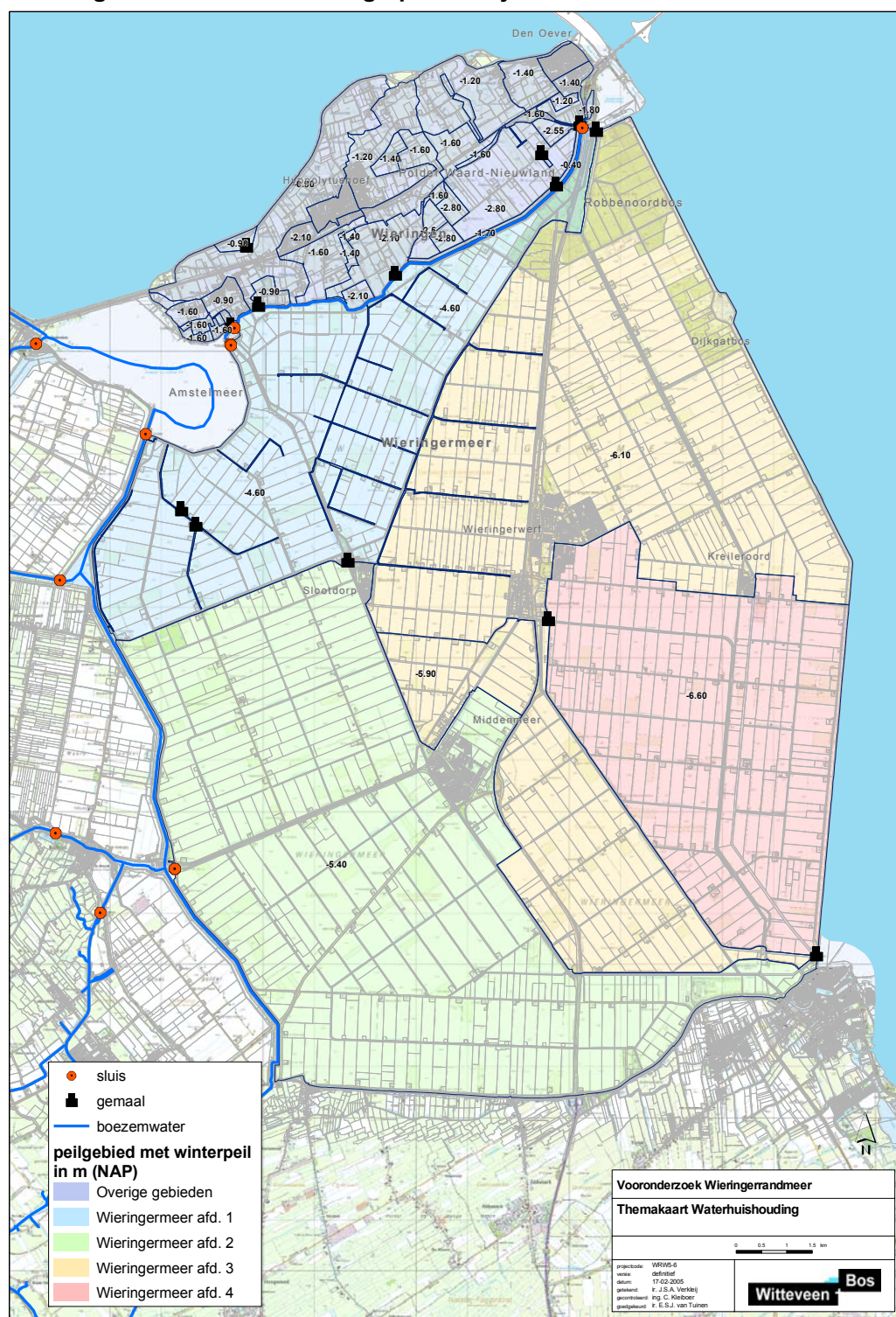
Het water wordt voornamelijk uitgeslagen op de Waddenzee nabij Wieringen, via het gemaal Leemans. De voornaamste stromingsrichting in de Wieringermeerpolder is dus in noordelijke richting. Onder extreme omstandigheden wordt tevens water uitgeslagen op het IJsselmeer ter plaatse van het gemaal Lely, aan de zuidoostkant van de Wieringermeerpolder bij Medemblik.

Om de zoute kwelstroming naar het wateraanvoersysteem en de noodzaak tot doorspoelen te verminderen wordt in het noordelijk gedeelte van de Wieringermeerpolder een gescheiden stelsel van aanvoersloten op een verhoogd peil toegepast.

De huidige wateraanvoersystemen ten behoeve van de akkerbouw zijn gedimensioneerd op een capaciteit van 0,35 l/s/ha (3 mm/dag). Dat is circa 300 mm per teeltseizoen. Voor de aanvulling van vochttekorten voor akkerbouwgewassen wordt in de praktijk in droogtegevoelige gebieden 100 à 150 mm per groeiseizoen berekend of geïnfiltreerd (1 à 1,5 mm/dag). Het resterende gedeelte (150 à 200 mm) is bestemd voor doorspoeling (verdunding) van brak kwelwater.

In afdelingen 1 en 2 vindt wateraanvoer plaats vanuit de Amstelmeerboezem. Verder zijn bij afdelingen 3 en 4 op een aantal plaatsen particuliere hevels aanwezig, waar water vanuit het IJsselmeer in de Wieringermeerpolder wordt ingelaten. Het water wordt hier niet ingelaten ten behoeve van de waterkwaliteitsverbetering, maar voor het aanvullen van het tekort aan water van goede kwaliteit voor onder andere beregening. De waterinlaat wordt veelal niet geregistreerd.

Afbeelding 2.7. Waterhuishouding op hoofdlijnen



2.4.2. Oppervlaktewaterkwaliteit

Kwaliteitsmetingen van het oppervlaktewater zijn beschikbaar gesteld door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. In vergelijking met de beschikbaarheid van grondwaterkwaliteitsdata is een relatief goede dataset beschikbaar. Voor dit onderzoek zijn met name de chloridemetingen van belang. Voor een beschrijving van de overige kwaliteitsgegevens wordt verwezen naar de Integrale Effect Rapportage (Witteveen+Bos, 2005).

Voor ieder meetpunt is de gemiddelde chlorideconcentratie bepaald en is door middel van regressie-analyse de trend tijdens de meetperiode bepaald. De chloridetrend is vervolgens omgerekend naar de relatieve trend als percentage van het gemiddelde. Zowel de gemiddelde concentratie als de relatieve trend zijn weergegeven in afbeelding 2.8. De grafieken van de meetreeksen zijn opgenomen in bijlage IV.

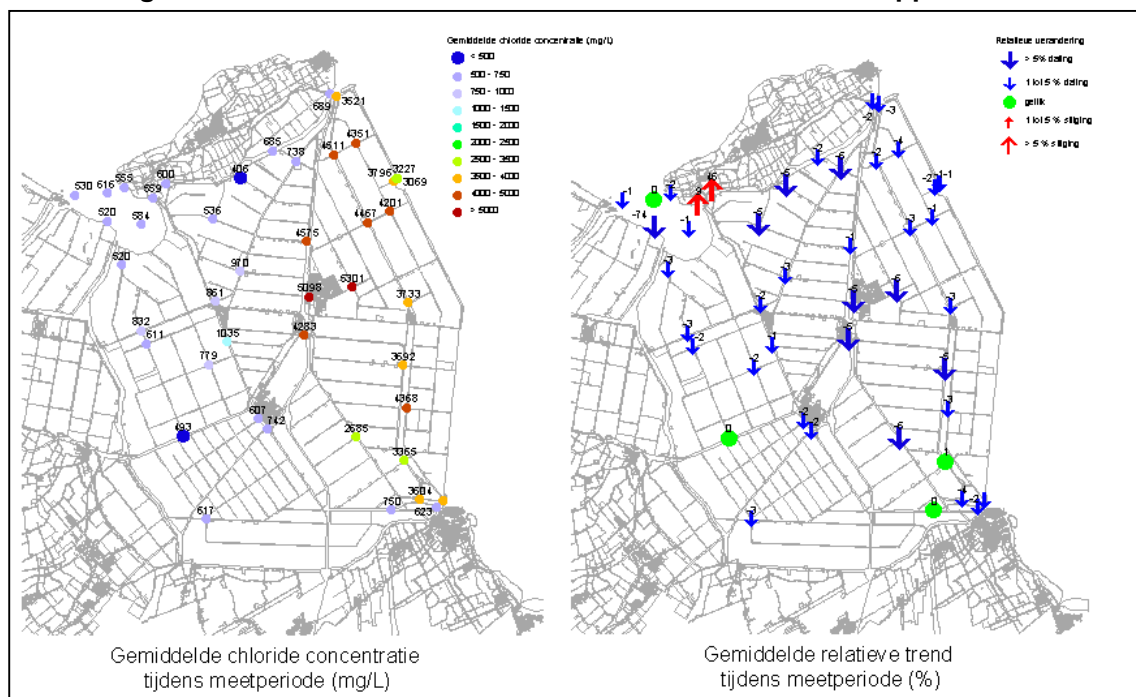
Uit deze analyse zijn de volgende conclusies te trekken:

- de gemeten chlorideconcentraties in het oppervlaktewater zijn vergelijkbaar met de geïnterpoleerde chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater (afbeelding 2.5.);
- vrijwel in de gehele Wieringermeerpolder is een verzoetende trend aanwezig in het oppervlaktewater;
- de verzoetende trend bedraagt circa 2 tot 5% van de gemiddelde concentratie per jaar;
- dit betekent dat in absolute zin (mg/L/jaar) de trend het grootst is in de gebieden waar het oppervlaktewater het hoogste chloridegehalte heeft.

De metingen suggereren een verzoeting van het oppervlaktewatersysteem in vrijwel de gehele Wieringermeerpolder. De verzoeting wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een aantal processen:

- een toename van inlaat van zoet water vanuit het IJsselmeer en omliggende boezemwateren voor beregening in de Wieringermeerpolder;
- verzoeting van het IJsselmeer (en dus verzoeting van het inlaatwater);
- de opwaartse beweging van fossiel zoet grondwater in de zuidelijke helft van de Wieringermeerpolder.

Afbeelding 2.8. Gemiddelde chloride concentratie en trend in het oppervlakte water



3. BOUW GRONDWATERMODEL EN KALIBRATIE

3.1. Introductie

Voor de bepaling van de effecten van de realisatie van het randmeer wordt gebruik gemaakt van een numeriek grondwatermodel. Een grondwatermodel is in essentie een vereenvoudigde weergave van de geohydrologische werkelijkheid. Het grondwatermodel is gebruikt om antwoord te geven op de onderzoeksvragen gesteld in hoofdstuk 1.2.

Het grondwatermodel is gebaseerd op het model dat is ontwikkeld voor het gebied door de Grontmij in 2001 (Grontmij, 2001). Dit model beslaat het gebied van de Wieringermeerpolder, het Wieringereiland, een deel van de Waddenzee en het IJsselmeer. Afbeelding 3.1. geeft een overzicht van het modelgebied.

3.2. Modelinstrumentarium

Het originele Grontmij model is ontwikkeld met het programma MOCDENSE3D. Dit programma is ontwikkeld door Oude Essink (1996). Het programma is niet publiekelijk toegankelijk en uitgebreide documentatie ontbreekt.

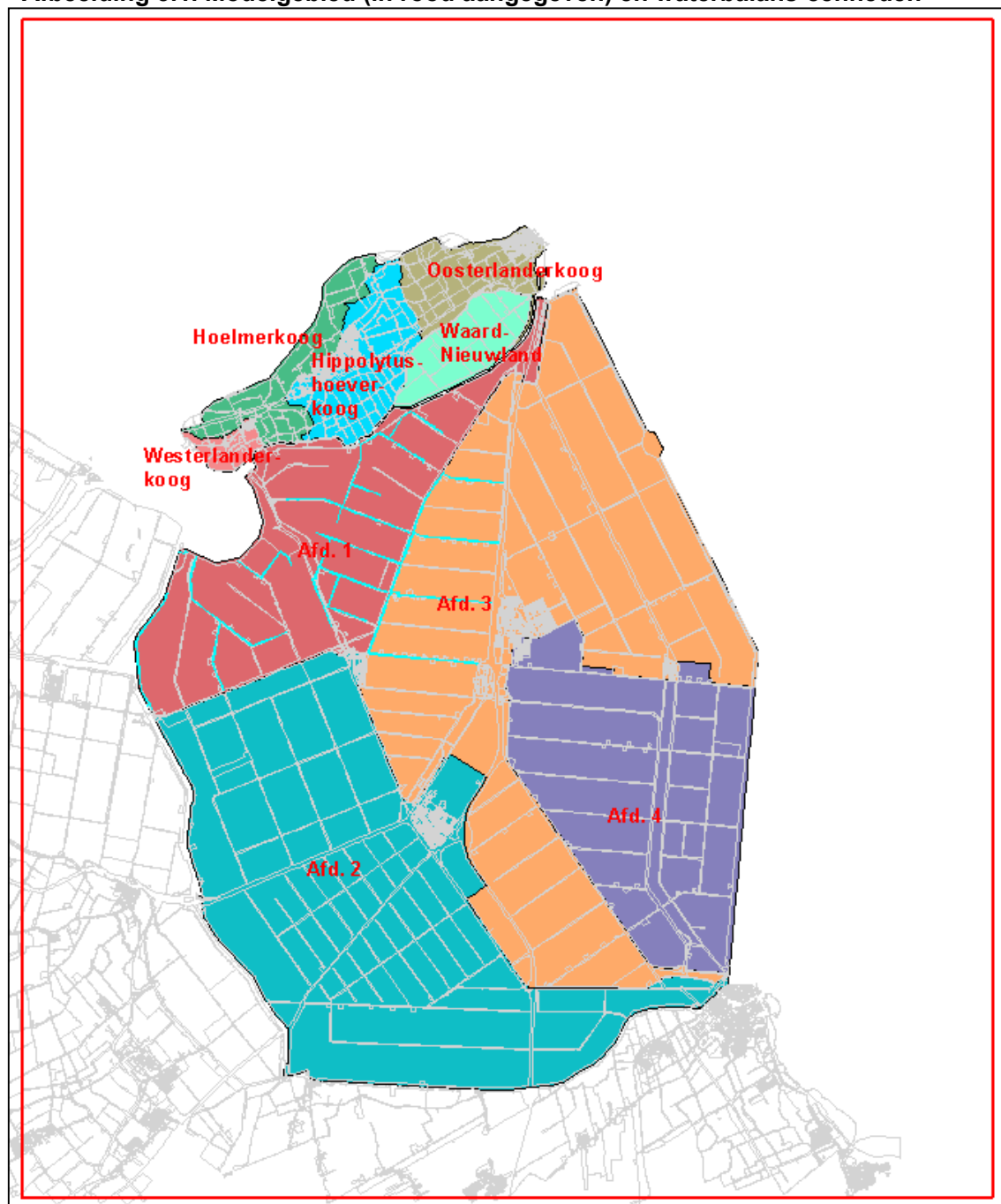
Op basis van bovenstaande redenen is gekozen om een andere modelcode te gebruiken voor de huidige studie. De keuze voor de modelcode is gebaseerd op de volgende criteria:

- de modelcode moet instationair grondwaterstroming en stoftransport (chloride) kunnen simuleren;
- dichtheidsgedreven grondwaterstroming moet dynamisch meegenomen kunnen worden, met andere woorden er moet een (automatische) terugkoppeling zijn tussen de veranderingen in het dichtheidsveld en de grondwaterstroming (voor het in beeld brengen van de autonome ontwikkelingen, waaronder de lange termijn consequenties van zeespiegelstijging);
- de modelcode moet qua opzet en structuur redelijk overeen komen met MOCDENSE3D zodat de invoer files van het originele model met geringe aanpassingen te gebruiken zijn.

Op basis van bovenstaande criteria is voor de modelcode SEAWAT gekozen. Het SEAWAT model is (net als MOCDENSE3D) voortgekomen uit een combinatie van Modflow (Harbaugh *et al.*, 2000) en MT3DMS (Zheng en Wang, 1999). De bestaande modellen zijn gekoppeld met toevoeging van een dichtheidsstromingsmodule. De SEAWAT modelcode is duidelijk gestructureerd en voorzien van voldoende documentatie.

Het programma Processing Modflow Pro (Integrated Environmental Services, 2003) is gebruikt voor pre- en postprocessing en aansturing van SEAWAT.

Abbeelding 3.1. Modelgebied (in rood aangegeven) en waterbalans-eenheden



3.3. Overzicht modelberekeningen

Voor de studie zijn de volgende twee modellen opgezet:

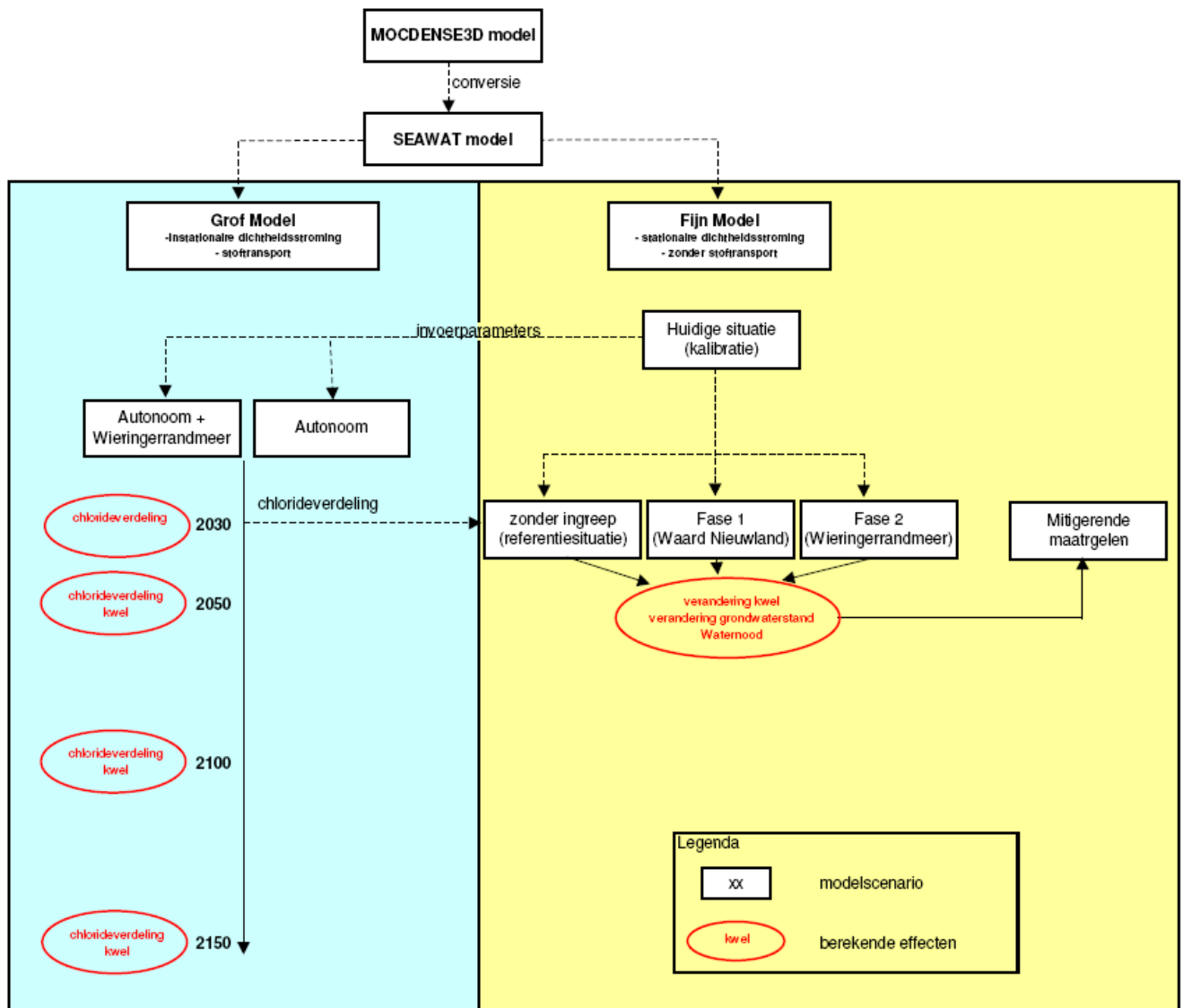
1. een **grof model** met een uniforme celgrootte van $200 \times 200 \text{ m}^2$ voor de berekening van het chloridegehalte met dichtheidsstroming voor de periode 2000-2150;
2. een **verfijnd model** met een celgrootte van $50 \times 50 \text{ m}^2$ in het gebied waar het Wieringerrandmeer is geprojecteerd.

Het grove model wordt gebruikt voor de berekening van de autonome ontwikkeling met en zonder realisatie van het Wieringerrandmeer. Bij de berekening wordt zowel stoftransport als dichtheidsstroming

meegenomen. De berekende chlorideverdeling en het daaruit afgeleide dichtheidsveld voor het jaar 2030 dient als invoer voor het verfijnde model. Afbeelding 3.2. geeft een grafisch overzicht van de modelberekeningen.

Het fijne model wordt gebruikt voor de kalibratie en de berekeningen van de effecten van de realisatie van het project in het jaar 2030. De situatie voor het jaar 2030 dient als referentie voor de berekende effecten. De berekeningen met het fijne model worden uitgevoerd met een stationair dichtheidsveld.

Afbeelding 3.2. Overzicht modelberekening



3.4. Actualisatie model

Het bestaande model is geactualiseerd met beschikbare relevante informatie. Tabel 3.1. geeft een overzicht van de belangrijkste wijzigingen. Naast actualisatie, zijn een aantal fouten in het bestaande model verbeterd.

Tabel 3.1. Overzicht actualisatie Wieringermeer grondwatermodel

parameter	aanpassing
grid	verfijning model tot 50x50 m ² ter plaatse van het toekomstige Wieringerrandmeer
initiële verdeling chlorideconcentratie grondwater	3D-Interpolatie op basis van velddata (hierbij zijn de waargenomen inversies meegenomen)
chlorideconcentraties oppervlaktewater	Waddenzee: 16.000 mg/L IJsselmeer: 100 mg/L Amstelmeer en Amstelmeerkanaal: 500 mg/L
peilen oppervlaktewater	Waddenzee: NAP + 0,4 m IJsselmeer: NAP – 0,3 m Amstelmeerboezem ¹ : NAP - 0,55 m (gemiddeld peil gebruikt voor kalibratie) NAP - 0,4 m (huidig peil gebruikt voor effectenberekeningen)
geologische schematisatie	op basis van REGIS gegevens
randvoorwaarden model	randvoorwaarden (General Head Boundaries) zijn in SEAWAT gedefinieerd op veldstijghoogte gegevens (i.e. niet gecorrigeerd voor dichtheid in tegenstelling tot MOCENSE3D)
grondwateraanvulling	op basis van landgebruikskaart (LGN) en klimaatgegevens van meetstation de Kooy
waterafvoer systeem	polderpeilen op basis van gemiddelde van zomer en winterpeil van peilenkaart drainageweerstand op basis van grondwatertrappen en kalibratie Kwelsloten snijdend door de deklaag zijn apart gemodelleerd
wateraanvoer systeem	aanvoersloten ingevoerd op basis van peilenkaart berekening vanuit sloten meegenomen in grondwateraanvulling

1: Uit informatie van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is gebleken dat sinds circa 2002 een constant peil in het Amstelmeerboezem wordt gehanteerd van NAP –0,4 m. Tot die tijd werd een afzonderlijk zomer- en winterpeil gehandhaafd van respectievelijk NAP –0,4 m en –0,7 m.

Voor meer detail over het model en de aanpassingen wordt verwezen naar bijlage V.

3.5. Kalibratie

Het verfijnde stationaire grondwatermodel is gekalibreerd op een gemiddelde situatie tussen de jaren 1995 en 2004. Hiervoor zijn gegevens voor de periode 1 januari 1995 t/m 31 december 2004 gebruikt. Kalibratie van het stationaire grondwatermodel is uitgevoerd met behulp van metingen van grondwaterstanden, stijghoogten en afvoer.

3.5.1. Kalibratieproces

Middels een gevoeligheidsanalyse is onderzocht welke modelparameters een grote invloed hebben op de modelresultaten. De meest gevoelige parameters zijn:

- horizontale doorlatendheid van de watervoerende pakketten;
- verticale doorlatendheid van de slecht doorlatende lagen;
- initiële chlorideverdeling;
- drainageweerstand;
- randvoorwaarden (stijghoogten langs de rand).

Bij de kalibratie is de betrouwbaarheid van het model gekwantificeerd met een aantal statistische parameters. Bij de kalibratie wordt het verschil tussen gemeten en berekende stijghoogten en afvoeren geminimaliseerd door een iteratieve aanpassing van modelparameters. Hierbij geldt als criteria dat de

fout moet worden geminimaliseerd en dat de fouten ruimtelijk niet systematisch mogen zijn verdeeld. Op basis van de resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn de volgende parameters aangepast:

- stijghoogten langs de modelranden;
- weerstand van de deklaag;
- drainageweerstand van het topsysteem;
- weerstand van slecht doorlatende lagen (Klei van Urk en Keileem);
- horizontale doorlatendheid 1^e en 2^e Watervoerende Pakket.

Een uitgebreide beschrijving van de aangepaste gegevens is beschreven als onderdeel van de model actualisatie in bijlage V.

3.5.2. Kalibratie resultaten

statistische parameters stijghoogten

Op basis van de berekende stijghoogten zijn in tabel 3.2. zijn de statistische parameters weergegeven voor het gekalibreerde stationaire model.

Tabel 3.2. Vergelijking gemeten en berekende stijghoogten

watervoerend pakket	modellaag	# filters	GV	GAV	RMS	MIN	MAX
bovenkant 1 ^e WVP	1-9	57	0,00	0,22	0,28	-0,68	0,79
onderkant 1 ^e WVP	10-15	38	0,07	0,16	0,21	-0,29	0,66
bovenkant 2 ^e WVP	16-18	20	-0,12	0,8	0,24	-0,56	0,17
onderkant 2 ^e WVP	19-22	9	0,15	0,42	0,46	-0,75	0,65
totaal	1-22	124	0,01	0.21	0,27	-0,75	0,79

GV: gemiddeld verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogte.

GAV: gemiddeld absoluut verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogte.

RMS: root mean square error: wortel van de gemiddelde kwadratenfout

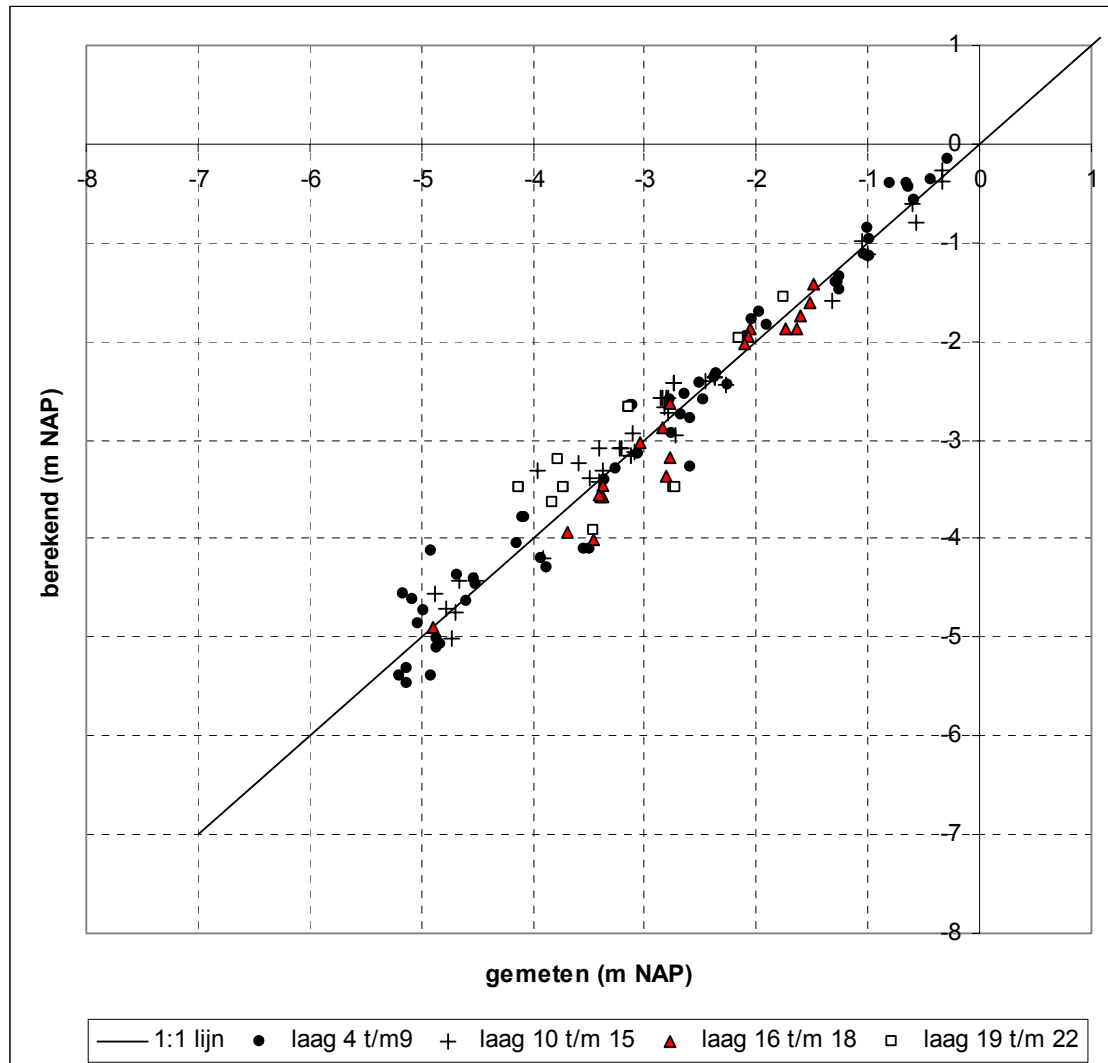
Max: grootst positieve verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogte.

Min: grootst negatieve verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogte.

De gemiddelde afwijking van de 124 peilbuizen bedraagt 0,01 m. De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 0,21 m. Afbeelding 3.3. geeft een overzicht tussen de gemeten en berekende waarden.

Als kalibratiecriterium wordt vaak uitgegaan van een toelaatbare gemiddelde afwijking van 10 % van het stijghoogteverschil in het grondwatermodel. Het stijghoogteverschil in het eerste watervoerende pakket is circa 8 m (NAP + 2 m in het noorden tot NAP – 6,5 m in het centrum van het model). Dit houdt in dat de toelaatbare afwijking van de peilbuizen maximaal 0,85 m mag bedragen. De kalibratie voldoet aan dit criterium.

Afbeelding 3.3. Vergelijking gemeten en berekende stijghoogten



ruimtelijke spreiding stijghoogte afwijking

In bijlage VI is een bollenkaart opgenomen. Een bollenkaart geeft de ruimtelijke spreiding weer van de gemiddelde afwijking (GV). De bollen op de kaarten geven het verschil aan tussen de berekende en de gemeten stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten. Hoe groter de bol, hoe groter de afwijking. De blauwe bollen geven aan dat de berekende stijghoogte lager uitvalt dan de gemeten stijghoogte. De rode bollen geven aan dat de berekende stijghoogte hoger uitvalt dan de gemeten stijghoogte. De groene bollen geven een fout weer van kleiner dan 0,15 m, dit wordt verwaarloosbaar geacht.

Uit de kaarten blijkt dat de grootte van de verschillen ruimtelijk varieert, onafhankelijk van de locatie. Dit betekent dat de fouten niet systematisch zijn verdeeld en de kalibratie op dit punt voldoet aan de gestelde eis.

afvoeren

De berekende en gemeten gemaalafvoeren zijn weergegeven in tabel 3.3. De afvoergebieden zijn tevens weergegeven op afbeelding 3.1. De afvoergegevens voor de Wieringermeerpolder zijn afkomstig van het Waterbeheersplan Hollands Kroon (1997-2000). Voor Wieringen en de aangedijkte polders zijn

draaigegevens van de gemalen afkomstig van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier geanalyseerd.

Tabel 3.3. Vergelijking gemeten en berekende afvoeren

	periode	gemaalafvoer (10 ³ x m ³ /dag)		rel. fout
		berekend	gemeten (+/- 20%)	
Wieringermeerpolder	1993-1994			
vak 1		68	66	4%
vak 2		93	89	5%
vak 3		243	254	-4%
vak 4		84	89	-6%
totaal		488	498	-2%
Wieringen en aangedijkte polders	2003-2004			
Waard-Nieuwland		8,1	7,7	5%
Hippolytushoeverkoog		5,3	5,2	1%
Hoelmerkoog		2,0	1,7	17%
Westlanderkoog		1,8	1,6	7%
Oostlanderkoog ¹		2,8	2,5	13%
Totaal		20,0	18,8	6%

Noot 1: Inclusief de Oever- en Gesterkoog

Het verschil tussen berekende en gemeten afvoer is ten hoogste 17% voor de Hoelmerkoog. Hierbij wordt opgemerkt dat de onnauwkeurigheid van afvoermetingen in de regel tussen de 20 en 30% ligt. Dit betekent dat het verschil tussen berekende en gemeten afvoer niet als significant kan worden beschouwd en de kalibratie op dit punt voldoet. De weergegeven gemaalafvoer van Oostlanderkoog is inclusief afvoer uit Oever en Gesterkoog.

3.6. Conclusie modelbouw en kalibratie

De algemene conclusie die volgt uit de stationaire kalibratie, is dat het model geschikt is voor de effectenberekening van de realisatie van het Wieringerrandmeer.

Gezien de regionale schaal van de modellering kunnen er op lokaal niveau afwijkingen van een decimeter worden berekend ten opzichte van de gemeten waarden. Dit heeft te maken met:

- de bodemopbouw: deze informatie is over genomen uit REGIS, echter lokaal kan de bodemopbouw anders zijn;
- onvoldoende meetpunten voor de chlorideverdeling in het grondwater;
- de sterke gradiënt in maaiveld en grondwaterstanden nabij Wieringen;
- het gebrek aan informatie m.b.t. waterinlaten;
- een ruimtelijk ongelijke verdeling van de peilbuizen.

4. AUTONOME ONTWIKKELING

4.1. Inleiding

Met de autonome ontwikkeling worden de hydrologische veranderingen aangeduid welke over de lange termijn (meer dan 100 jr.) zullen optreden onafhankelijk van de realisatie van het Randmeer. Voor de berekening van de autonome ontwikkeling wordt uitgegaan van het "Middenscenario" zoals aangegeven door de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw (2000). Voor het jaar 2050 betekent dit:

- een temperatuurstijging van gemiddeld +1°C;
- een zeespiegelstijging van gemiddeld +0,25 m;
- een toename van de gemiddelde neerslag met 3,5%;
- een toename van de neerslagintensiteit van extreme buien met 10%;
- een toename van de verdamping met circa 4%.

In de periode na 2050 neemt de zeespiegelstijging toe tot ca. +0,60 m over honderd jaar. Naast de bovenstaande aspecten vindt er bodemdaling plaats, voor de Wieringermeerpolder is de ordegrootte 0,10 tot 0,20 m voor het jaar 2100. Op basis van bovenstaande klimaatveranderingen wordt aangenomen dat de hoeveelheid grondwateraanvulling zal toenemen met circa 7% in het jaar 2100.

De totaal gesimuleerde periode bedraagt 150 jaar (2000 tot 2150). Over een periode van honderdvijftig jaar worden de volgende ontwikkelingen aangehouden:

- stijging peil Waddenzee + 0,90 m;
- stijging peil IJsselmeer + 0,30 m;
- bodemdaling Wieringermeerpolder -0,15 m;
- toename grondwateraanvulling met 10,5%.

De bodemdaling is in het model verdisconteerd in de zeespiegelstijging. Dat betekent dat in de Waddenzee een stijging van 1,05 m/150 jaar wordt ingevoerd en in het IJsselmeer 0,45 m/150 jaar. De autonome ontwikkeling is stapsgewijs in het grondwatermodel ingevoerd op basis van 5-jaarlijkse tijdstappen. De bovenstaande ontwikkelingen zijn hierbij lineair doorgezet over de gehele rekenperiode. De autonome ontwikkeling wordt besproken aan de hand van de volgende effecten:

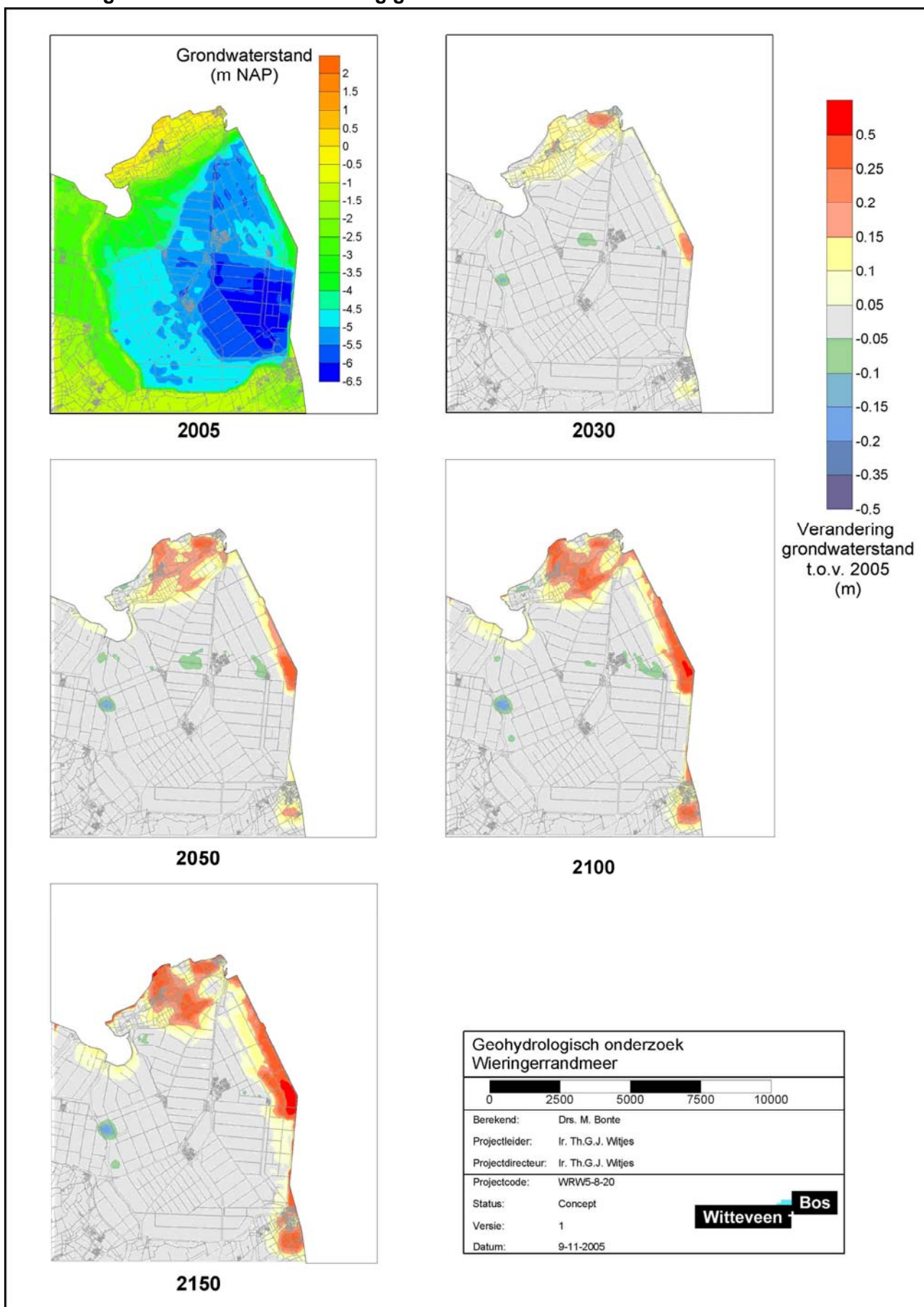
- effect op de grondwaterstanden;
- effect op de gemaalafvoer en kwel;
- effect op de chlorideconcentraties in het grondwater;
- effect op de zoutbelasting.

4.2. Resultaten

4.2.1. Grondwaterstanden

In afbeelding 4.1. is de verandering van de grondwaterstand weergegeven als gevolg van de autonome ontwikkeling. Tevens is in deze afbeelding de freatische grondwaterstand in 2005 weergegeven. In tabel 4.1. is voor ieder poldervak de gemiddelde verandering van de grondwaterstand weergegeven als gevolg van de autonome ontwikkeling. Opgemerkt wordt dat een verandering van minder dan 0,05 m als verwaarloosbaar wordt geacht.

Afbeelding 4.1. Autonome ontwikkeling grondwaterstand



Op basis van de berekeningsresultaten worden de volgende observaties gemaakt:

- de grootste veranderingen van de grondwaterstanden worden verwacht op Wieringen;
- in de Wieringermeerpolder wordt alleen langs het IJsselmeer een stijging van de grondwaterstand berekend. De gemiddelde grondwaterstand (weergegeven in tabel 4.1.) verandert niet tot 2150;
- in de Wieringermeerpolder wordt op een aantal locaties een daling van de grondwaterstand berekend. Dit wordt veroorzaakt door verzilting van het grondwater;
- opvallend is dat de veranderingen niet constant zijn in de tijd; dit wordt veroorzaakt door veranderingen in chlorideconcentraties in het grondwater;
- door de verschuiving van het zoet-zout grensvlak wordt aan de westzijde van Wieringen vrijwel geen verandering van de grondwaterstand berekend (hier treedt verzilting op).

Tabel 4.1. Autonome ontwikkeling gemiddelde grondwaterstand

		gemiddelde verandering van de grondwaterstand t.o.v. 2005			
		2030	2050	2100	2150
Wieringermeerpolder					
	vak 1	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
	vak 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	vak 3	<0,05	<0,05	<0,05	0,08
	vak 4	<0,05	<0,05	<0,05	0,05
Wieringen en aangedijkte polders					
	Waard-Nieuwland	0,08	0,15	0,19	0,17
	Hippolytushoevekoog	0,10	0,15	0,16	0,17
	Hoelmerkoog	0,08	0,08	0,09	0,15
	Westlanderkoog	0,06	0,05	0,03	0,04
	Oostlanderkoog	0,13	0,15	0,13	0,18
	Waddenzee (+bodemdaling)	0,21	0,35	0,70	1,05
	IJsselmeer (+ bodemdaling)	0,09	0,15	0,3	0,45

4.2.2. Kwel

Tabel 4.2. geeft een overzicht van de autonome ontwikkeling van de gemaalafvoer en kwel in de verschillende poldervakken. Op basis van de berekeningsresultaten worden de volgende observaties gemaakt:

- de berekende trends in gemaalafvoer en kwel zijn niet constant door de tijd (in tegenstelling tot de ingevoerde randvoorwaarden);
- In de Wieringermeerpolder is tot 2100 sprake van een vrijwel constante kwel en afvoer, na 2100 nemen beide licht toe;
- op het eiland Wieringen en de aangedijkte polders is in eerste instantie sprake van een toename van kwel en afvoer, vervolgens neemt in Haukes, Oostlanderkoog en Waard-Nieuwland kwel weer af. De afvoer neemt door de toenemende neerslag wel toe;
- opvallend is dat de kweldruk in sommige polders afneemt of nagenoeg gelijk blijft. De oorzaak hiervan is gelegen in de stijging van het chloridegehalte van het grondwater. Deze stijging veroorzaakt bij een gelijkblijvende stijghoogte een toename in de neerwaartse hydraulische druk. De druktoename is zichtbaar van vergelijkbare ordegrrootte als de stijging van het peil van het IJsselmeer. De invloed van dit dichtheidsstromingseffect is gecontroleerd door een berekening uit te voeren met een constant dichtheidsveld. Hieruit volgt een constante toename van de kwel en gemaalafvoer. Het proces waarbij ondanks de zeespiegel stijging de kwel afneemt, wordt tevens genoemd in het proefschrift van Oude Essink (1996);
- op het eiland Wieringen en de aangedijkte polders is sprake van een sterke toename van kwel of afname van infiltratie. De toename van kwel en afvoer is voor deze gebieden in de ordegrrootte van

30 tot 40 % en daarmee veel groter dan bij de Wieringermeerpolder. Dit verschil komt doordat de peilstijging in de Waddenzee ongeveer drie keer groter is dan in het IJsselmeer.

De resultaten van de berekeningen benadrukken het belang van de gekoppelde dichtheidsstroming. Als dichtheidsstroming niet wordt meegenomen in de berekeningen volgt een ander beeld van de ontwikkeling van de kweldruk in het gebied.

Tabel 4.2. Autonome ontwikkeling gemaalafvoer en kwel

	gemaalafvoer (mm/dag)					kwel (mm/dag)				
	2005	2030	2050	2100	2150	2005	2030	2050	2100	2150
Wieringermeer										
vak 1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
vak 2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
vak 3	3,5	3,5	3,5	3,6	3,7	2,4	2,3	2,4	2,4	2,5
vak 4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5
Wieringen										
Waard-Nieuw-land	1,9	2,0	2,3	2,4	2,4	0,8	0,9	1,2	1,3	1,2
Hippolytus	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	-0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Hoelm	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
Westland-derkoog	1,1	1,4	1,5	1,4	1,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,4
Oostland-derkoog	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	-0,2	0,1	0,1	-0,2	-0,2

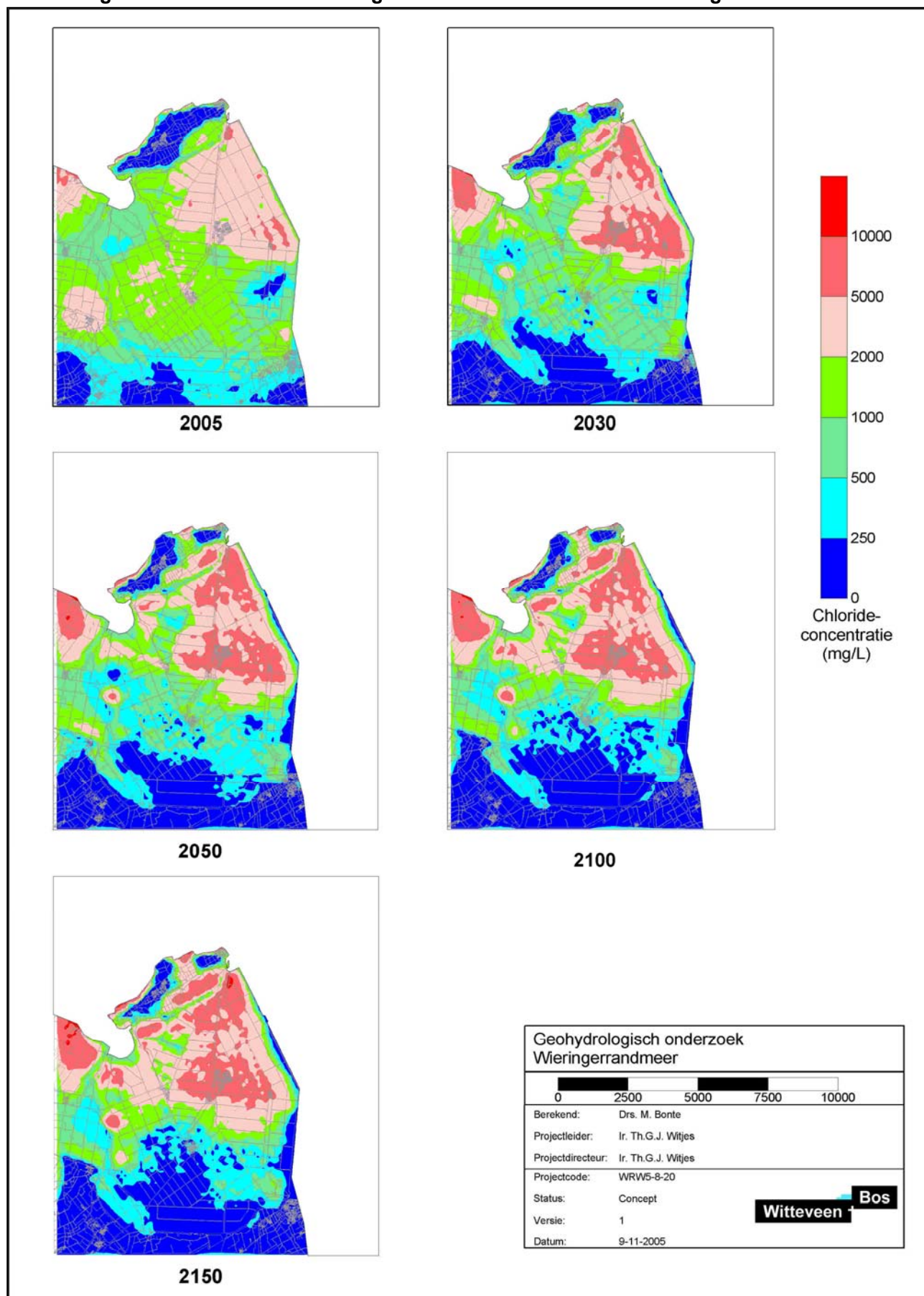
4.2.3. Chlorideconcentraties

In afbeeldingen 4.2. t/m 4.4. is de autonome ontwikkeling van de chlorideconcentratie van respectievelijk het ondiepe grondwater en het grondwater in het 1^e en 2^e watervoerend pakket weergegeven. De chlorideconcentraties zijn gepresenteerd voor de huidige situatie, de situatie in 2030 wanneer het Randmeer gerealiseerd zal worden, en in de jaren 2050, 2100 en 2150.

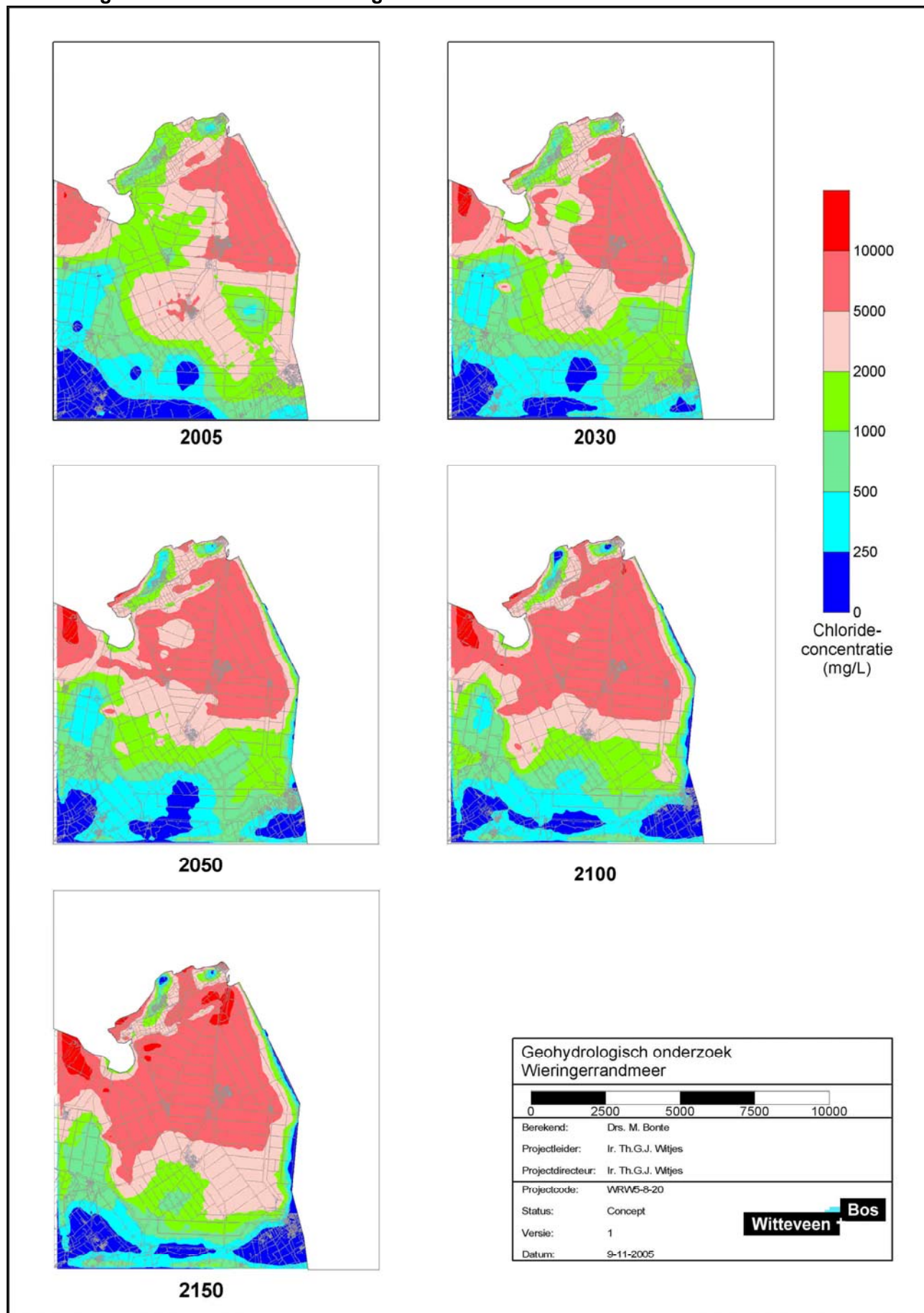
Uit de modelberekeningen worden de volgende observaties gemaakt:

- het zuiden van de Wieringermeerpolder wordt gekenmerkt door verzoeting van het freatische grondwater. In het noordelijk deel is sprake van verzilting (afbeelding 4.2.);
- op grotere diepten wordt vrijwel de gehele Wieringermeerpolder gekenmerkt door een toename van chloridegehalten (afbeeldingen 4.3. en 4.4.);
- in de poldergebieden op Wieringen (de zuidelijke helft van Hippolytushoef en het noorden van de Hoelm) vindt verzilting plaats. Op hoog gelegen gebieden van Wieringen blijft de zoetwater grondwaterbel gehandhaafd;
- in de polder Waard Nieuwland is sprake van een verziltende trend in het freatische grondwater.

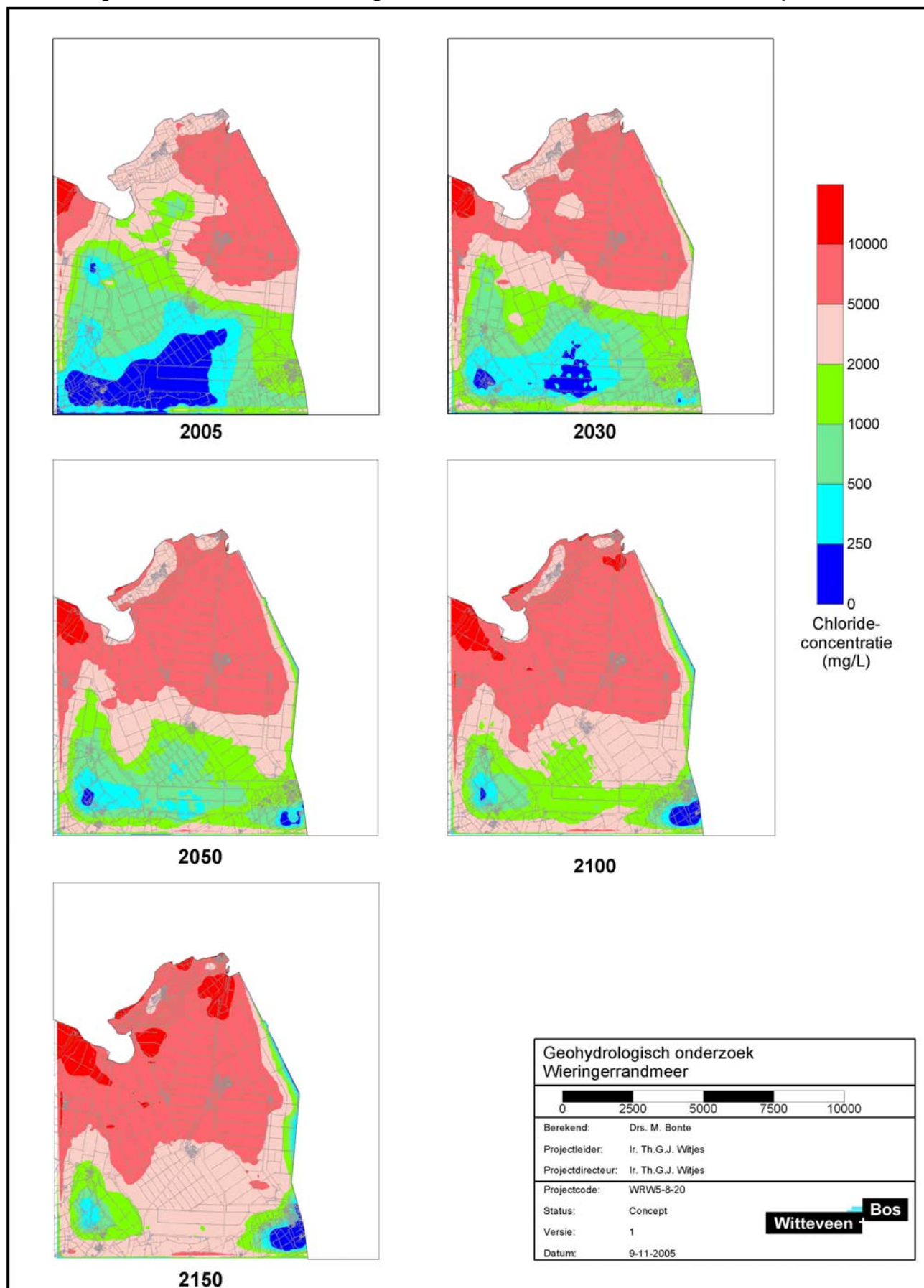
Afbeelding 4.2. Autonome ontwikkeling chlorideconcentraties – freatisch grondwater



Afbeelding 4.3. Autonome ontwikkeling chlorideconcentraties – 1^e Watervoerend Pakket



Afbeelding 4.4. Autonome ontwikkeling chlorideconcentraties – 2^e watervoerend pakket



4.2.4. Zoutbelasting

Op basis van de berekende ontwikkeling van kwel en chlorideconcentraties, is de zoutbelasting naar de verschillende deelgebieden berekend. In tabel 4.3. zijn zowel de zoutbelasting (in kg Cl⁻ /Ha/dag) als de verandering t.o.v. de huidige situatie weergegeven. Verder is in afbeelding 4.5. de autonome ontwikkeling van zoutbelasting weergegeven (in kg Cl⁻/Ha/dag).

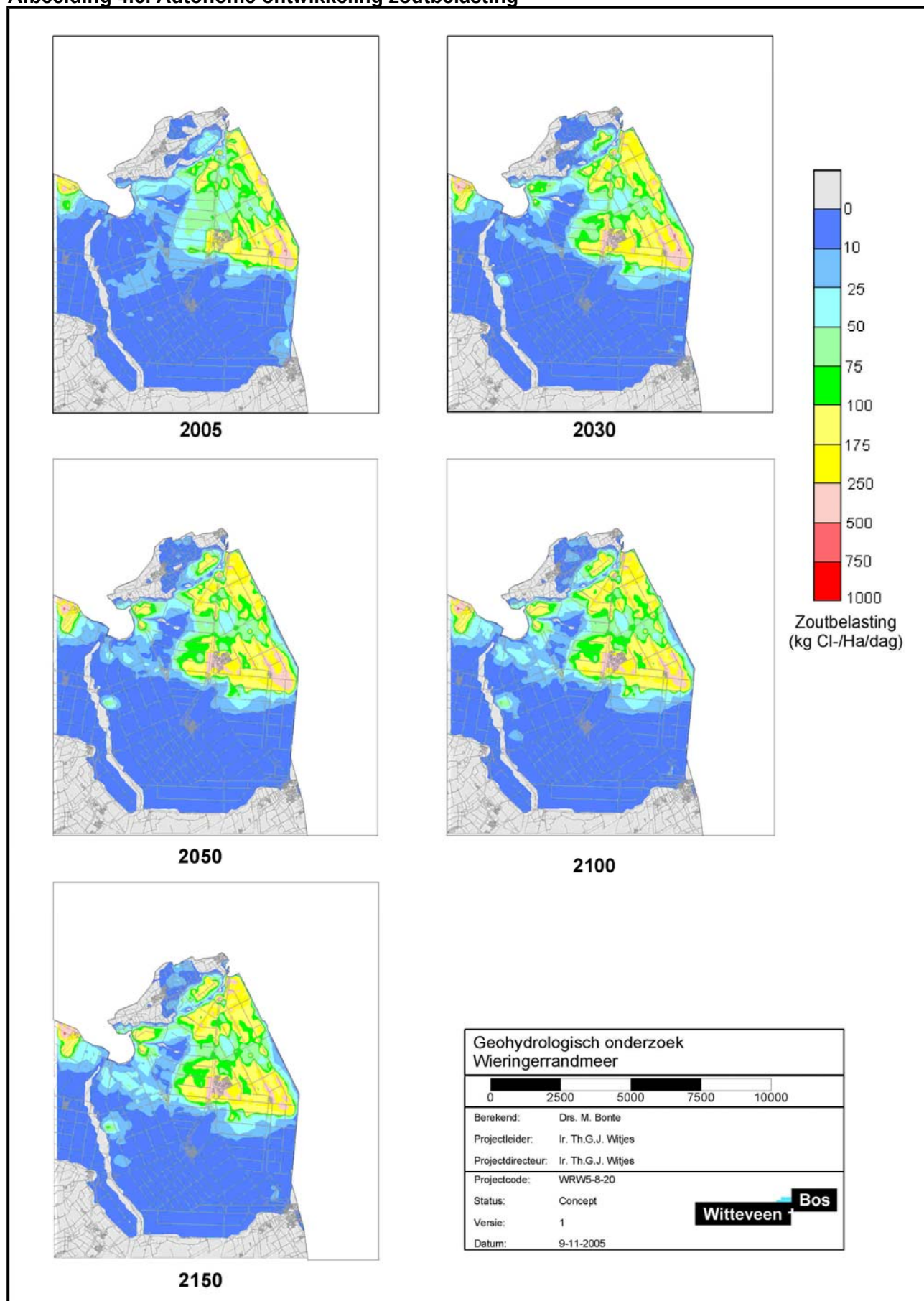
Uit de resultaten weergegeven in tabel 4.3. blijkt dat de grootste toename in zoutbelasting te verwachten is in de poldergebieden van Wieringen en polder Waard-Nieuwland.

Op basis van de ruimtelijke verdeling van de zoutvracht weergegeven in afbeelding 4.5., kan worden afgeleid dat de grootste zoutvracht wordt berekend in vak 3 van de Wieringermeerpolder. Met name ter plaatse van de diepe kwel sloten wordt een grote zoutvracht berekend. Dit wordt veroorzaakt doordat deze kwel sloten door de deklaag heen snijden. Daarnaast ontbreekt in dit gebied de 1^e slecht doorlatende laag (de bekkenklei) waardoor het 1^e en 2^e met elkaar in hydrologische contact staan.

Tabel 4.3. Autonome ontwikkeling gemiddelde zoutbelasting

deelgebied		gemiddelde zoutbelasting (kg Cl ⁻ /Ha/dag)				
		2005	2030	2050	2100	2150
Wieringermeerpolder						
	vak 1	20	27	33	40	44
	vak 2	4,2	2,1	2,3	3,2	3,8
	vak 3	74	86	86	85	87
	vak 4	40	52	52	50	49
Wieringen en aangedijkte polders						
	Waard-Nieuwland	21,1	50,7	66,3	87,5	88,0
	Hippolytushoeverkoog	0,2	1,5	2,9	5,6	7,1
	Hoelmerkoog	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3
	Westlanderkoog	8	15	18	20	25
	Oostlanderkoog	0,3	1,7	2,3	2,7	3,4

Afbeelding 4.5. Autonome ontwikkeling zoutbelasting



5. BESCHRIJVING REFERENTIESITUATIE (2030)

5.1. Geohydrologische situatie

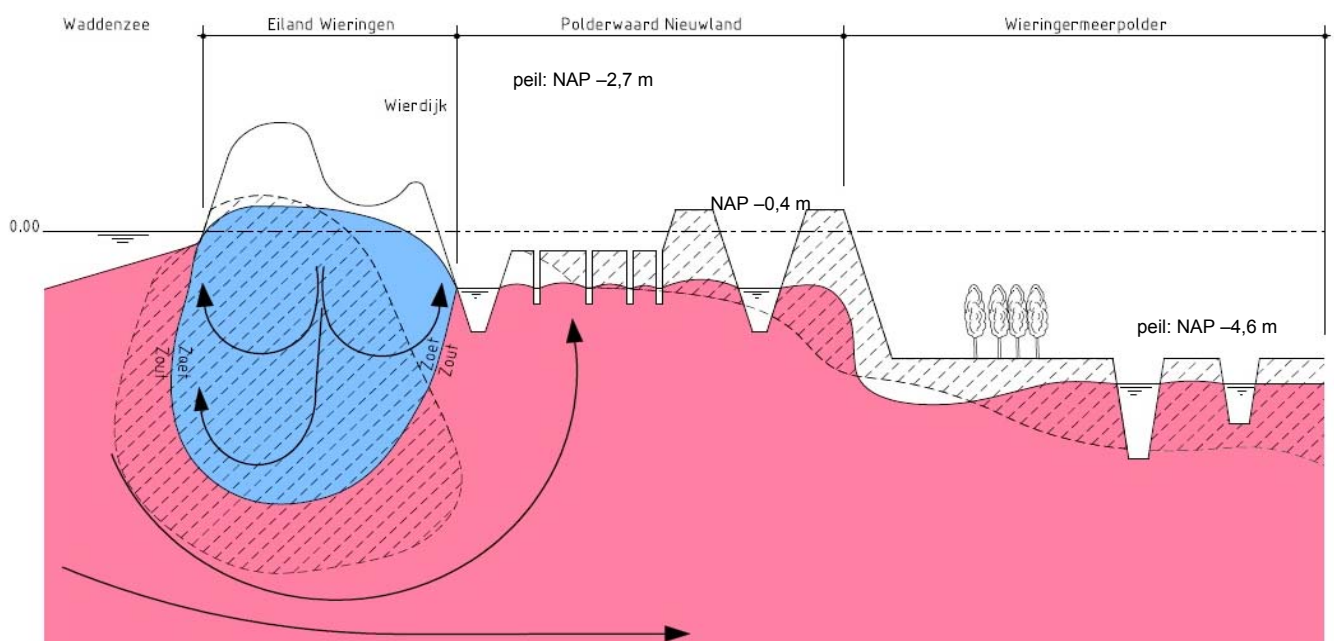
De berekeningen voor de referentiesituatie zijn uitgevoerd met een stationair grondwatermodel met de hydrologische randvoorwaarden voor het jaar 2030. Dichtheidsstroming is in deze berekening meegenomen door de chlorideverdeling uit het niet-stationaire model voor de autonome situatie voor het jaar 2030 over te nemen.

In bijlage VII zijn voor de referentiesituatie de volgende kaarten gepresenteerd:

- freatische grondwaterstand;
- drooglegging;
- stijghoogte 1^e WVP;
- kwel en infiltratiesituatie;
- zoutbelasting.

Afbeelding 5.1. geeft een schematisch overzicht weer van de geohydrologische referentie situatie. De afzonderlijke geohydrologisch aspecten worden in het onderstaande beschreven.

Afbeelding 5.1. Schematisch overzicht geohydrologische situatie referentie situatie



grondwaterstanden

De freatische grondwaterstand volgt in hoofdlijnen het streefpeil van de verschillende poldervakken. De drooglegging varieert tussen de 1 en 2 meter in de Wieringermeerpolder tot minder dan 1 meter in Polder Waard-Nieuwland. Op de hogere delen van Wieringen kan de drooglegging oplopen tot meer dan 10 meter. Het stijghoogtepatroon in het 1^e watervoerende pakket laat zien dat de globale richting van grondwaterstroming naar het centrum van de Wieringermeerpolder is.

kwel/wegzijing

De stijghoogte is over het algemeen groter dan de freatische grondwaterstand wat leidt tot een dominante kwelsituatie in met name de Wieringermeerpolder en Polder Waard-Nieuwland. Op Wieringen is veelal sprake van een neutrale situatie of een lichte wegzijgingssituatie.

chloride en zoutbelasting

Uit de berekeningen blijkt dat op Wieringen en in de zuidelijke helft van de Wieringermeerpolder, het freatische grondwater zoet is. In afdeling 3 van de Wieringermeerpolder wordt overwegend zout grondwater aangetroffen en in het resterende deel is het freatische grondwater brak.

De zoutbelasting varieert in de referentiesituatie van minder dan 10 kg Cl⁻/Ha/dag in de zuidelijke helft van de Wieringermeerpolder tot 150 à 200 kg Cl⁻/Ha/dag in de noordelijke helft. De grootste zoutbelastingen worden berekend langs de grote kwel sloten in de noordoosthoek van de Wieringermeerpolder. In de polder Waard-Nieuwland neemt de zoutbelasting toe van circa 10 kg Cl⁻/Ha/dag aan de randen van de polder tot 100 kg Cl⁻/Ha/dag in het centrum.

5.2. Landbouw

De huidige staat en de potentiële effecten op de landbouw in de Wieringermeerpolder en op Wieringen zijn besproken met medewerkers van De Domeinen. De Domeinen is pachteigenaar van het gebied die de problemen voor de landbouw goed kennen. Het verslag van deze bespreking is opgenomen in bijlage VIII. Uit deze bespreking zijn twee aspecten naar voren gekomen die met name van belang worden geacht voor de landbouw in de Wieringermeerpolder en op Wieringen:

- het grondwaterregime;
- de kwaliteit van de watervoorziening.

grondwaterregime

Het grondwaterregime bepaalt in grote mate de landbouwopbrengst. Indien de grondwaterstand te hoog staat, en het land niet bewerkt kan worden, treedt natschade op. Wanneer de grondwaterspiegel te laag staat, treedt droogteschade op. Op basis de nat- en droogteschade, wordt de doelrealisatie berekend. Een doelrealisatie van 100% betekent dat het grondwaterregime optimaal is, en de maximaal haalbare landbouwopbrengst wordt gerealiseerd.

De doelrealisatie en de nat- en droogteschade voor de landbouw is berekend met het WaterNOOD instrumentarium (Stowa, 2003). De doelrealisatie wordt uitgedrukt in twee parameters:

- **als percentage** van de potentiële maximaal haalbare productie bij een optimaal grondwaterregime;
- **als effectief landbouwareaal** waarbij het totale landbouwareaal in een poldervak is vermenigvuldigd met de procentuele doelrealisatie.

De doelrealisatie en de nat- en droogteschade zijn berekend op basis van de GLG/GHG kaarten, de bodemkaart en de landgebruikkartering LGN4. Deze kaarten zijn opgenomen in bijlage IX. De GLG en GHG kaarten zijn afgeleid van de grondwatertrappenkaart (versie 2003). Bij de toepassing van het WaterNOOD instrumentarium worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- binnen het onderzoeksgebied komen enkele gebieden voor waar associaties van samengestelde bodemeenheden voorkomen. WaterNOOD kan maar met één bodemsoort rekenen, en voor deze gebieden is steeds de eerste bodemsoort genomen. De meeste associaties betreffen twee bodemeenheden waarvoor de hoofdbodemcode gelijk is (bijv. Mn22A/Mn25A). Er wordt derhalve verwacht dat de onnauwkeurigheid die volgt uit deze aanname relatief klein is;
- omdat de doelrealisatie is berekend op basis van de grondwatertrappenkaart, is deze strikt genomen niet representatief voor de referentiesituatie in 2030. Uit de berekeningsresultaten voor de autonome ontwikkeling van de grondwaterstand (beschreven in hoofdstuk 5.2.1), blijkt dat op Wieringen de grondwaterstand licht zal zijn gestegen in 2030. Voor het jaar 2030 zal de natschade hier dus licht worden onderschat (grootteorde 5%). De meeste landbouw vindt plaats in de Wieringer-

meerpolder, waar de grondwaterstand nagenoeg gelijk blijft. In dit gebied vindt de meeste landbouwplaats en hier is deze fout dus niet aanwezig;

- omdat in alle poldervakken wateraanvoer plaatsvindt, is aangenomen dat over het gehele aanvoer van zoet water plaats vindt. Dit resulteert in een sterke reductie van de droogteschade.

De doelrealisatie en de nat- en droogteschade zijn gepresenteerd in bijlage IX. In deze bijlage is tevens een overzicht opgenomen van het landbouwgebruik. In tabel 5.1. is een samenvatting weergegeven van de berekende doelrealisatie per poldervak. De doelrealisatie voor de landbouw is over het algemeen goed tot zeer goed. In de Wieringermeerpolder is de doelrealisatie vrijwel overal groter dan 90%.

Uit de nat- en droogteschadekaarten in bijlage IX is af te leiden dat de droogteschade minimaal is door berekening en alleen op Wieringen enige sprake is van natschade in met name de lager gelegen gebieden. Deze gebieden zijn graslanden en hebben naast de landbouwfunctie een natuurfunctie. De berekende natschade voor landbouw is daarmee misleidend omdat het peil bewust hoog wordt gehouden en het peilbeheer niet (alleen) op een landbouwfunctie is gericht. De doelrealisatie voor natuur is tevens berekend met WaterNOOD (zie hoofdstuk 5.3.) en is voor de natte natuurdoeltypen in deze gebieden beter wat aanduidt dat het peilregime inderdaad op een natuurfunctie is gericht.

Tabel 5.1. Doelrealisatie landbouw referentiesituatie

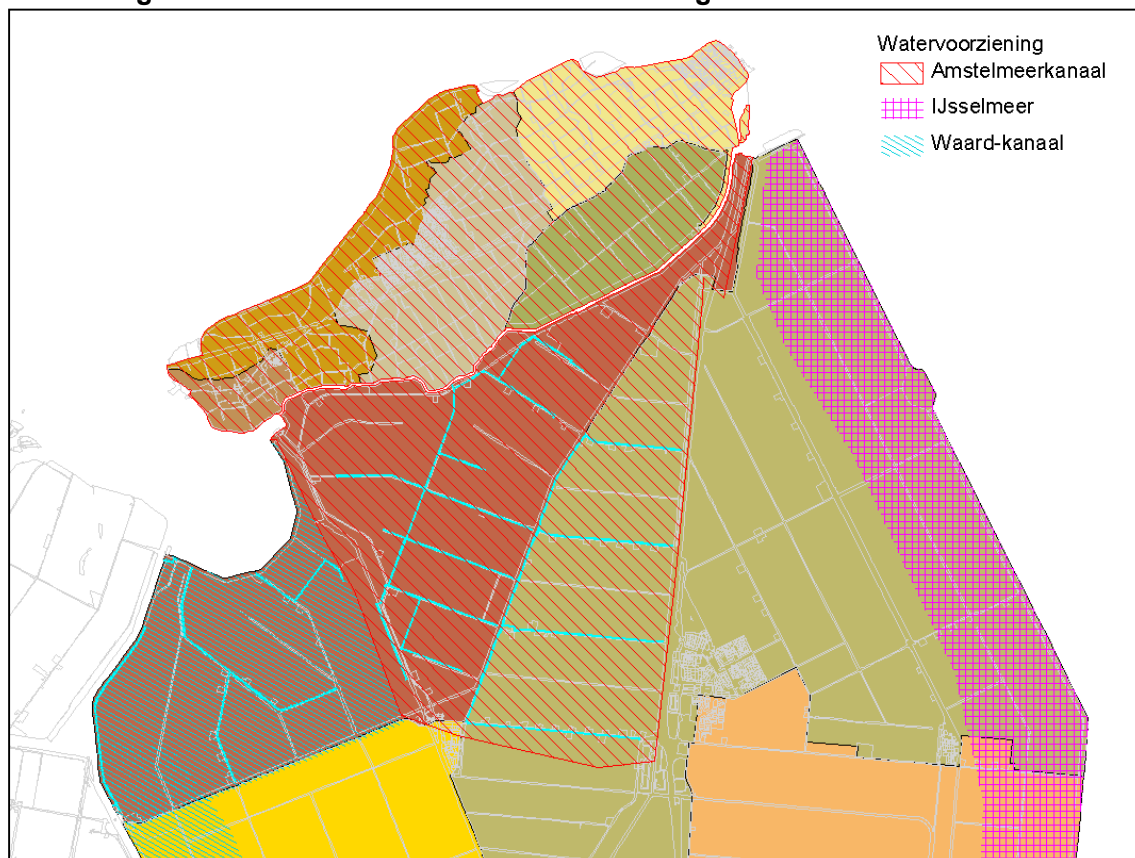
gebied	doelrealisatie (%)	effectief landbouwareaal (Ha)
Wieringermeerpolder		
afdeling 1	94	2420
afdeling 2	93	5217
afdeling 3	93	4795
afdeling 4	93	2716
Wieringen en aangedijkte polders		
Waard-Nieuwland	85	339
Hippolytushoevekoog	85	494
Hoelmerkoog	87	388
Westlanderkoog	83	74
Oostlanderkoog	86	329

De berekende doelrealisatie is voor een gemiddelde situatie afgeleid. Er kunnen dus uitzonderingen op deze gemiddelde situatie voorkomen. Zo was er bijvoorbeeld in 2000 sprake van uitzonderlijke situatie waarbij door langdurige aanhoudende regenval pas laat in het jaar geoogst kon worden. Dat er in de gemiddelde situatie weinig sprake is van wateroverlast in de Wieringermeerpolder wordt bevestigd door het Provinciaal Waterplan Noord Holland (Provincie Noord-Holland 2005). Hierin is de Wieringermeerpolder (met uitzondering van Texel) de enige polder waar geen wateroverlast wordt vastgesteld. Binnen het Amstelmeerboezemsysteem, waartoe Wieringen behoort is wel sprake van wateroverlast (totaal 12,2 Ha).

kwaliteit watervoorziening / zoutschade

De landbouwwatervoorziening in de Wieringermeerpolder en op Wieringen wordt voornamelijk gerealiseerd met oppervlaktewater. In de zuidelijke helft van de Wieringermeerpolder wordt tevens grondwater gebruikt. Oppervlaktewater wordt in de huidige situatie ingelaten via het Amstelmeerkanaal, via het Waardkanaal en direct uit het IJsselmeer. Aangenomen is dat deze situatie, zonder aanleg van het Wieringerrandmeer, tevens het geval zal zijn in de Referentiesituatie. Afbeelding 5.2. geeft een overzicht van de landbouwwatervoorziening.

Afbeelding 5.2. Overzicht landbouwwatervoorziening

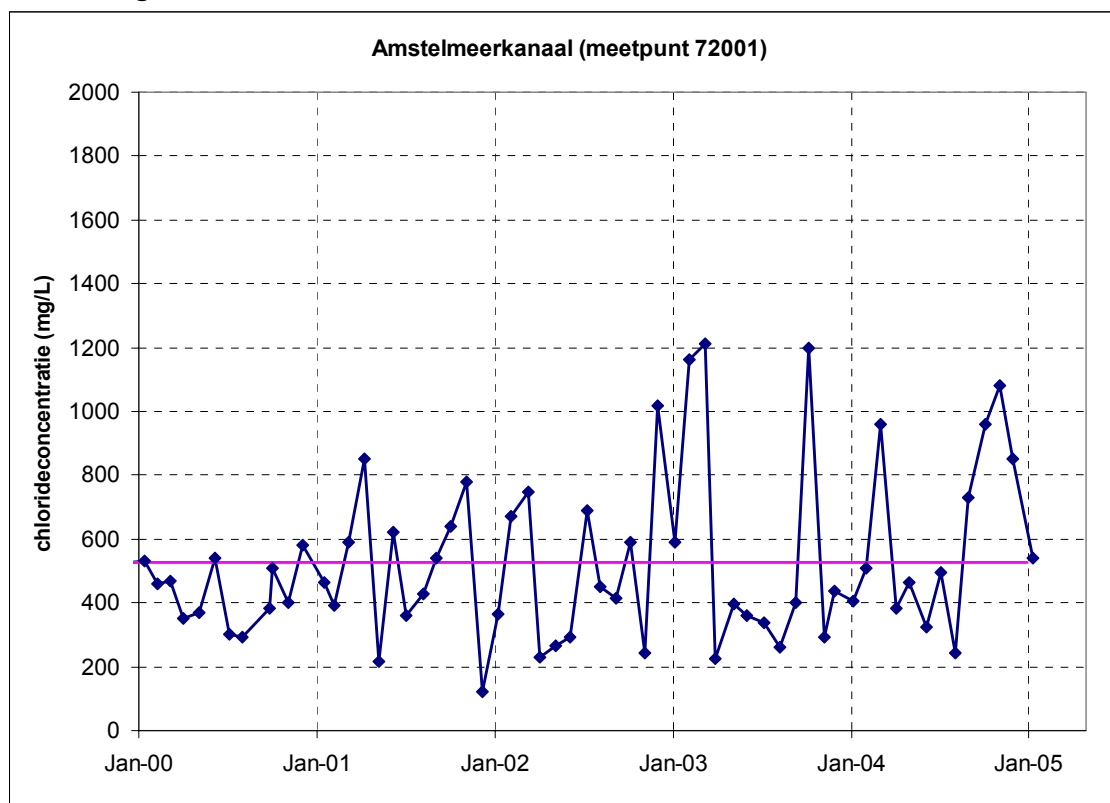


De kwaliteit van het oppervlaktewater van het Waardkanaal en IJsselmeer zijn over het algemeen zeer goed. In het IJsselmeer is de chlorideconcentratie vrijwel gedurende het hele jaar lager dan 200 mg/L. In het Waardkanaal is de chlorideconcentratie lager dan 500 mg/L.

In het projectgebied wordt de watervoorziening voornamelijk vanuit het Amstelmeerkanaal gerealiseerd. De waterkwaliteit van het Amstelmeerkanaal wordt bepaald door waterinlaat vanuit de Zuiderhaven en afvoer vanuit Waard-Nieuwland en de polders op Wieringen. Afbeelding 5.3. geeft een overzicht van de gemeten chlorideconcentraties tussen 2000 en 2005.

Uit de metingen blijkt dat de chlorideconcentratie fluctueert tussen 200 en 1200 mg/L. Gemiddeld is de chlorideconcentratie circa 500 mg/L. Uit de meetreeks blijkt dat de hoogste concentraties over het algemeen optreden tijdens de winter. De laagste concentraties treden op in de zomer. Dit wordt veroorzaakt door het doorspoelen van het Amstelmeerkanaal met relatief zoeter water vanuit de Zuiderhaven in de zomer.

Afbeelding 5.3. Waterkwaliteit Amstelmeerkanaal

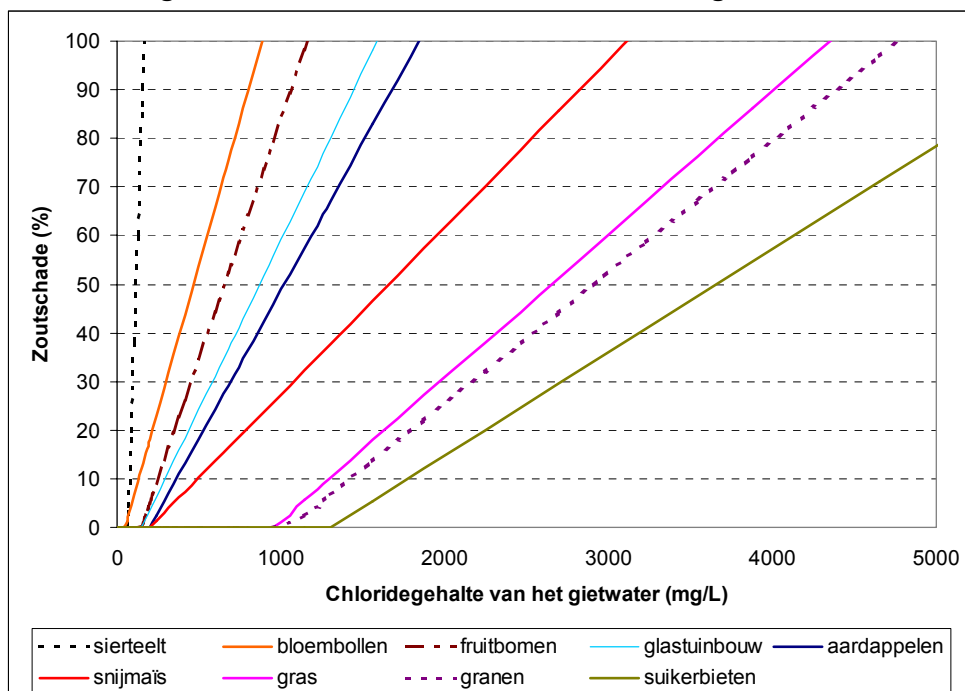


De hoeveelheid schade, of opbrengstderving, die optreedt is voor ieder gewas verschillend. Alterra (2003) heeft voor een groot aantal gewassen onderzoek gedaan naar de drempelwaarde voor chloride waarbij schade optreedt, en de relatie tussen opbrengstderving en chloridegehalte bepaald. Een overzicht van de resultaten van deze studie is weergegeven in tabel 5.2. Een grafische weergave van het verband tussen zoutschade en chloridegehalte is weergegeven in afbeelding 5.4.

Tabel 5.2. Zoutschade chloride drempelwaarden en zoutschade

gewas	chloridegehalte in beregeningswater drempelwaarden (mg/L)	zoutschade hellingslijn (%/mg/L)
aardappelen	200	0,061
gras	950	0,0294
suikerbieten	1300	0,0212
snijmaïs	200	0,0343
granen	1050	0,0269
fruitbomen	150	0,0991
sierteelt	70	1,0327
glastuinbouw	150	0,0696
bloembollen	50	0,12

Afbeelding 5.4. Zoutschadefuncties voor landbouwgewassen



Toetsing met de drempelwaarden afgeleid door Alterra (tabel 5.3.) laat zien dat in de huidige situatie het water van het Amstelmeerkanaal geschikt is voor beregening van gras, suikerbieten en granen. De grote fluctuatie in waterkwaliteit van het Amstelmeerkanaal betekent echter wel dat alleen beregend kan worden bij voldoende doorspoeling. Het water van het Amstelmeerkanaal is ongeschikt voor glastuinbouw of bloembollen. Uit de landgebruikartering blijkt dat deze functies in het gebied momenteel niet voorkomen.

Over het algemeen kan dus worden geconcludeerd dat van zoutschade voor de landbouw vrijwel geen sprake is in de Wieringermeerpolder. Door de intensieve drainage wordt het grondwaterpeil voldoende laag gehouden zodat zout grondwater niet in de wortelzone komt. Daarnaast wordt zout dat door capillaire opstijging accumuleert in het bodemprofiel door aanvoer van zoet water weggespoeld. De kwaliteit van de watervoorziening stelt echter wel beperkingen aan het soort gewas dat wordt verbouwd.

Het verschil met gebieden waar wel sprake kan zijn van zoutschade (bijvoorbeeld Texel) is dat daar het grondwaterpeil hoog wordt gehouden om het (zoete) regenwater dat in de winter infiltreert in de zomer vast te houden als watervoorziening. Omdat in de Wieringermeerpolder een onafhankelijke watervoorziening vanuit oppervlaktewater aanwezig is, is de landbouw niet afhankelijk van zoetwaterlenzen en is de kans op zoutschade relatief kleiner.

5.3. Natuur

In het Vooronderzoek Integrale Effect Rapportage (Witteveen+Bos, 2005) zijn drie natuurdoeltypen beschreven in de nabijheid van het Wieringerrandmeer:

- natuurdoeltype Bos (het Robbernoord en Dijkgatbos);
- natuurdoeltype Kemphaangras, nat schraalland, of rietland (zuidelijk van het Amstelmeerkanaal);
- natuurdoeltype Bloemrijk grasland, droog duingrasland of heide (graslanden op Wieringen).

Deze natuurdoeltypen zijn gebaseerd op de natuurdoeltypenkaart van de Provincie Noord-Holland. Deze kaart is opgenomen in bijlage X. Om de effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer op de natuur te beoordelen, wordt het WaterNOOD instrumentarium gebruikt. De natuurdoeltypen gehanteerd door de Provincie Noord-Holland zijn niet gelijk aan de natuurdoeltypen gehanteerd in WaterNOOD.

Daarom zijn de gekarteerde natuurdoeltypen vertaald naar natuurdoeltypen aanwezig in WaterNOOD (weergegeven in tabel 5.3.). In de tabel is tevens een korte beschrijving gegeven van het hydrologische regime.

Tabel 5.3. Natuurdoeltypen gebruikt in WaterNOOD

kartering Noord-Holland	WaterNOOD doeltype	hydrologisch regime	gemiddelde huidige doelrealisatie (%)
Bos	Bos van voedselrijke, vochtige gronden (3.66)	redelijk nat: GVG maximaal 0,3 m -m.v.	40%
Kemphaan-gras	Dotterbloem grasland (3.31)	zeer nat: GVG tussen 0 en 0,5 m - m.v.	32%
Bloemrijk grasland	Bloemrijk grasland van zand- en veengebieden (3.38)	redelijk nat tot droog: GVG maximaal 0,4 m -m.v.	93%

Op basis van de bodemkaart, de GVG en GLG kaarten (afgeleid uit de grondwatertrappenkaart) en de berekende kwelkaart, is voor aanwezige natuurdoeltypen de doelrealisatie voor de referentiesituatie berekend. De berekende doelrealisaties zijn weergegeven in bijlage X.

De doelrealisatie voor het drogere doeltype Bloemrijk grasland is op Wieringen momenteel goed tot zeer goed. Voor het Kemphaangras is het momenteel nog te droog wat resulteert in een lagere doelrealisatie. De doelrealisatie voor het Robbenoordbos en Dijkgatbos (natuurdoeltype Bos) is direct langs de IJsselmeerdijk goed tot zeer goed (95 tot 100%). Verder van de dijk af is het grondwaterpeil te laag wat leidt tot een lagere doelrealisatie (< 60%). Gemiddeld is de doelrealisatie voor Bos 40%.

Mogelijk wordt deze lagere doelrealisatie veroorzaakt door een verkeerde inschatting van het natuurdoeltype. De typering 'Bos' in de natuurdoeltypenkartering van de Provincie Noord-Holland is erg breed en de berekening van de doelrealisatie natuur kan derhalve slechts als indicatief worden beschouwd.

5.4. Bebouwing

Op basis van de topografische kaart is afgeleid dat in de nabijheid van het Wieringerrandmeer de volgende grote dorpskernen liggen:

- Den Oever;
- Oosterland;
- Hippolytushoef;
- Westerland;
- Wieringerwerf;
- De Haukes.

Naast deze dorpskernen zijn enkele kleine dorpjes aanwezig zoals Westerklijf, De Hoelm, Oosterklief, Hollebalg, Noordburen, Smerp en Stroe. In de Wieringermeerpolder liggen verder nog een groot aantal boerderijen.

Voor bebouwing wordt in de regel een droogleggingseis van 0,75 m- m.v. gehanteerd ter voorkoming van grondwateroverlast. Voor de referentiesituatie is met het grondwatermodel voor de vijf bovenstaande dorpskernen de gemiddelde drooglegging berekend. Tevens is per dorpskern het oppervlak berekend van gebied waar de droogleggingseis niet wordt gehaald. Omdat deze berekening is gebaseerd op een gebiedsdekkende regionale hoogtekkaart, is dit berekende oppervlak indicatief.

Tabel 5.4. geeft de resultaten van de droogleggingsberekening per dorpskern weer. De ligging van deze dorpen is weergegeven in afbeelding 2.1. Uit de berekende drooglegging volgt dat met name in Den Oever, Wieringerwerf en Hippolytushoef lokaal de drooglegging onvoldoende kan zijn.

Tabel 5.4. Drooglegging bij bebouwing in grotere dorpskernen referentiesituatie

dorp	totaal bebouwd gebied (Ha)	gemiddelde droog- legging (m – m.v.)	gebied waar grondwaterstand < 0,75 m- m.v. (Ha, % van totaal gebied)
Den Oever	19	0,52	17 (89%)
Hippolytushoef	62	1,4	16 (25%)
Westerlanden	3	1,5	0 (0%)
Wieringerwerf	107	0,7	58 (54%)
Oosterland	3	4,4	0 (0%)
Haukes	4	0,88	1 (22%)

Bij de Domeinen is grondwateroverlast in bebouwde omgeving alleen bekend in Wieringerwerf. Hier is in een nieuwbouwwijk het oude landbouwdrainagesysteem verwijderd voordat de huizen zijn gebouwd. Door kwel is de freatische grondwaterstand dermate hoog komen te staan dat het slechts enkele decimeters onder bouwpeil staat. In Hippolytushoef is soms sprake van water op straat na hevige regenval. Dit wordt veroorzaakt door onvoldoende rioolcapaciteit en niet door grondwateroverlast. In Den Oever is geen sprake van grondwateroverlast en is waarschijnlijk met de bouwstijl rekening gehouden met de lage ligging.

6. UITGANGSPUNTEN WIERINGERRANDMEER

6.1. Algemene beschrijving

Het project Wieringerrandmeer bestaat uit vier fasen. Een eis voor de waterhuishouding van het project is dat in iedere afzonderlijke fase het watersysteem goed functioneert. De effecten van de verschillende fasen dienen dus voor iedere fase inzichtelijk te worden gemaakt. De vier fasen zijn:

- fase 1: verbreding Amstelmeerkanaal en aanleg voorboezem (alleen model Halfland en Nieuwland);
- fase 2: aanleg van het Wieringerrandmeer en de eilanden in het Wieringerrandmeer;
- fase 3: aanleg waterrecreatiegebied Haukes, woninggebied Zuiderhaven en wooneilanden Ipelsheim;
- fase 4: aanleg infra knooppunt Zuiderhaven en afronding woninggebied Zuiderhaven en Ipelsheim.

Binnen deze fasering, is er momenteel nog keuze uit drie modellen:

- model Halfland waarbij een gedeelte van de polder Waard-Nieuwland wordt afgegraven voor het Wieringerrandmeer en de voorboezem wordt vergroot naar noordelijke richting;
- model Nieuwland waarbij de polder Waard-Nieuwland behouden blijft, maar wel een verbreding van de voorboezem plaatsvindt;
- model Waterland waarbij de gehele polder Waard-Nieuwland onderdeel wordt van het Wieringerrandmeer.

Afbeelding 6.1. geeft een overzicht van de drie modellen.

Afbeelding 6.1. Drie modellen voor het Wieringerrandmeer (eindsituatie)



Niet iedere fase heeft significante invloed op de geohydrologie van het gebied. Daarnaast zijn de verschillen tussen het model Halfland en Nieuwland dermate klein dat voor de laatste geen afzonderlijke berekening is uitgevoerd. Tabel 6.1. geeft een overzicht van de uitgevoerde berekeningen.

Tabel 6.1. Overzicht uitgevoerde berekeningen en geohydrologische effecten

model	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4
Halfland	✓	✓	-	-
Waterland	-	✓	-	-
Nieuwland	x	x	-	-

-: geen geohydrologisch effect;

✓: kwantitatieve beschrijving, berekening uitgevoerd;

x: kwalitatieve beschrijving, geen berekening uitgevoerd.

De effecten voor de verschillende fasen worden beoordeeld ten opzicht van de situatie in 2030. De situatie in 2030 dient dus als referentiesituatie. Dat is het jaar dat de ingrepen het volledige geohydrologische effecten zullen hebben veroorzaakt.

In het onderstaande worden de uitgangspunten voor model Halfland en Waterland beschreven voor Fase 1 en Fase 2.

6.2. Fase 1

Voor de geohydrologische effecten van de realisatie van de eerste projectfase, zijn twee waterhuishoudkundige ingrepen van belang: de verbreding van de voorboezem en de verbreding van het Amstelmeerkanaal ten zuiden van de polder Waard-Nieuwland.

Tabel 6.2. geeft een samenvatting van de uitgangspunten gehanteerd in de effectenberekeningen voor de twee watergangen.

Tabel 6.2. Samenvatting uitgangspunten model Halfland - Fase 1

	oppervlakte (Ha)	peil (m NAP)	diepte (m NAP)	intreeweers- stand (da- gen)	Cl ⁻ concen- tratie (mg/L)
aanleg voorboezem					
Model Halfland	46	-2,7	-4,7	25	600
Model Waterland	0			n.v.t.	
verbreding Amstelmeerkanaal					
Model Halfland	116	-0,4	-3,0	25	600
Model Waterland	0			n.v.t.	

In fase 1 verandert in geohydrologisch oogpunt niets voor model Waterland.

6.3. Fase 2

In de tweede fase wordt het Wieringerrandmeer aangelegd. De gehanteerde uitgangspunten voor de modelberekening voor de aanleg van het Wieringerrandmeer zijn samengevat in tabel 6.3.

Tabel 6.3. Samenvatting uitgangspunten model Halfland - Fase 2

	oppervlakte (Ha)	peil (m NAP)	diepte (m NAP)	intreeweers- stand (dagen)	Cl ⁻ concentratie (mg/L)
Model Halfland	609	-0,4	-3,0	25	600
Model Waterland	858	-0,4	-3,0	25	600

Er is één diepte voor het Randmeer aangehouden in beide modellen, terwijl in het voorlopige ontwerp een groot deel van het meer een diepte zal krijgen van NAP –1,9 m. Tevens zal er een vaargeul (met kleiner totaal oppervlak) worden aangelegd met een diepte van NAP –4,25 m. Omdat de precieze verdeling en ruimtelijke indeling nog niet bekend is, is gekozen een conservatieve aanname gemaakt dat het gehele meer een diepte heeft van NAP –3,0 m.

De chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in het Wieringerrandmeer is een belangrijk uitgangspunt. De gehanteerde waarde van 600 mg/L is gebaseerd op de driedimensionale hydraulische berekeningen van de Zuiderhaven (Witteveen + Bos 2006a) in combinatie met de water- en stoffenbalans voor het oppervlaktewatersysteem (Witteveen + Bos 2006b).

Verder worden de volgende uitgangspunten gehanteerd (gelijk voor beide modellen):

- ten zuiden van de westelijke helft van het Wieringerrandmeer wordt een slibdijk aangelegd. Aangenomen wordt de bestaande slootjes worden gedempt en geen vervangende drainage wordt aangelegd;
- ten zuiden van de slibdijk wordt een kwelsloot aangelegd. Op basis van de voorlopige ontwerp tekening wordt aangenomen dat de sloot 2 m diep is, een breedte heeft van 5 meter (ter hoogte van de waterlijn) en een inttreeweerstand van 25 dagen.

7. EFFECTEN MODEL HALFLAND

7.1. Fase 1

7.1.1. Geohydrologische effecten

In bijlage XI zijn de volgende effecten van de ingreep van fase 1 weergegeven:

- de verandering van de freatische grondwaterstand;
- de verandering van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket;
- de verandering van de kwel en infiltratiesituatie;
- de verandering van de chlorideconcentratie van het freatische grondwater;
- de verandering van de zoutbelasting.

grondwaterstanden en stijghoogte

Uit de berekende verandering van de grondwaterstand blijkt dat de verbreding van het Amstelmeerkanaal leidt tot een stijging van de freatische grondwaterstand van circa 0,05 à 0,1 meter aan weerszijden van het Amstelmeerkanaal tot een afstand van 300 meter. Ten noorden van de voorboezem daalt de freatische grondwaterstand met maximaal circa 0,05 à 0,13 meter tot een afstand van circa 200 meter.

Het totale gebied waarbinnen de grondwaterstand meer dan 0,05 m stijgt bedraagt circa 100 Ha in de Wieringermeerpolder, en 150 Ha in het restant van Polder Waard-Nieuwland.

kwel/wegzijging

Tabel 7.1. geeft de berekende veranderingen weer in gemaalafvoer en kwel en infiltratie.

Ter plaatse van het verbrede Amstelmeerkanaal verandert de kwelsituatie in een infiltratiesituatie. In polder Waard-Nieuwland treedt de meest significante verandering op en verdubbelt de kwelintensiteit. Aan weerszijden van het verbrede Amstelmeerkanaal neemt de kwel toe met 0,1 à 0,3 mm/dag. Langs de voorboezem neemt de kwel toe met meer dan 1 mm/dag.

De wegzijging vanuit de verbrede Amstelmeerkanaal bedraagt 5 mm/dag. De wegzijging is relatief groot. Dit wordt veroorzaakt doordat het verbrede Amstelmeerkanaal op een aantal plaatsen door de deklaag heen snijdt en in direct contact staat met het 1^e watervoerende pakket.

Tabel 7.1. Verandering afvoer en kwel – Halfland Fase 1

		gemaalafvoer (mm/dag)			kwel (mm/dag)		
		ref	fase 1	verschil ² (%)	ref	fase 1	verschil ¹ (%)
Wieringermeerpolder							
	afdeling 1	2,3	2,3	1%	1,2	1,2	1%
	afdeling 2	1,4	1,4	0%	0,3	0,3	0%
	afdeling 3	3,5	3,5	1%	2,4	2,4	1%
	afdeling 4	2,6	2,6	0%	1,4	1,4	0%
Wieringen en aangedijkte polders							
	Waard-Nieuwland	2,0	3,4	73%	0,9	1,9	115%
	Hippolytushoeverkoog	0,9	0,9	0%	0,0	0,1	-
	Hoelmerkoog	0,6	0,6	1%	-0,2	-0,2	1%
	Westlanderkoog	1,4	1,4	0%	0,4	0,4	0%
	Oostlanderkoog	0,7	0,7	-1%	0,0	0,1	-
oppervlaktewater							
	Wieringerrandmeer / Amstelmeerkanaal				-1,7	-5,0	-190%

1: een verandering t.o.v. een neutrale situatie (kwel = <0,1 mm/dag) is niet gegeven.

2: Percentages kunnen anders zijn dan volgt uit tabel door afronding

chlorideconcentraties en zoutbelasting

Het verbrede Amstelmeerkanaal leidt tot een verzoeting van het freatische grondwater tot een afstand van respectievelijk circa 2 kilometer ten zuiden in de Wieringermeer, en een halve kilometer ten noorden in Polder Waard Nieuwland. Buiten de verzoetende zone, wordt een gebied aangetroffen waar het chloridegehalte in het freatische grondwater juist stijgt. Dit treedt op in zowel Polder Waard Nieuwland ter plaatse van de voorboezem, en in de Wieringermeerpolder.

Tabel 7.2. geeft de berekende veranderingen van de zoutbelasting weer. De grootste toename van de zoutbelasting treedt op in de Polder Waard-Nieuwland (78%). Verder neemt in de kogen op Wieringen en afdelingen 1 en 3 van de Wieringermeerpolder de zoutbelasting toe.

De toegenomen kwel leidt tot een versnelde mobilisatie van dieper gelegen, zouter grondwater, naar het oppervlaktewatersysteem. Hierbij treedt dus feitelijk een versnelling op van de autonome verzilting in de delen van de polder.

Tabel 7.2. Verandering gemiddelde zoutbelasting fase 1

		referentie	fase 1	verschil	
		(kg Cl/Ha/dag)	(kg Cl/Ha/dag)	(kg Cl/Ha/dag)	(%)
Wieringermeerpolder					
	afdeling 1	27	28	1	4%
	afdeling 2	2	2	0	0%
	afdeling 3	86	88	2	2%
	afdeling 4	52	52	0	0%
Wieringen en aangedijkte polders					
	Waard-Nieuwland	51	91	40	78%
	Hippolytushoeverkoog	1,5	1,8	0,3	21%
	Hoelmerkoog	0,1	0,1	0	0%
	Westlanderkoog	15	15	0	0%
	Oostlanderkoog	1,7	2,0	0,3	17%

7.1.2. Effecten op Landbouw

grondwaterregime en doelrealisatie

Tabel 7.3. geeft de verandering weer van de doelrealisatie voor de landbouw. De ruimtelijke verdeling van de verandering in nat- en droogteschade en de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XII.

De grootste geohydrologische veranderingen treden op in Polder Waard-Nieuwland. Omdat dit gebied in het plan een woningbouw functie krijgt, heeft dit geen invloed op de verandering van doelrealisatie.

Verder veroorzaakt de daling van de grondwaterstand ten noorden van de voorboezem, een daling van de natschade voor de landbouw. Dit resulteert in toename van de doelrealisatie in de Oostlanderkoog en Hippolytushoeverkoog.

Tabel 7.3. Opbrengstvermindering landbouw – Halfland Fase 1

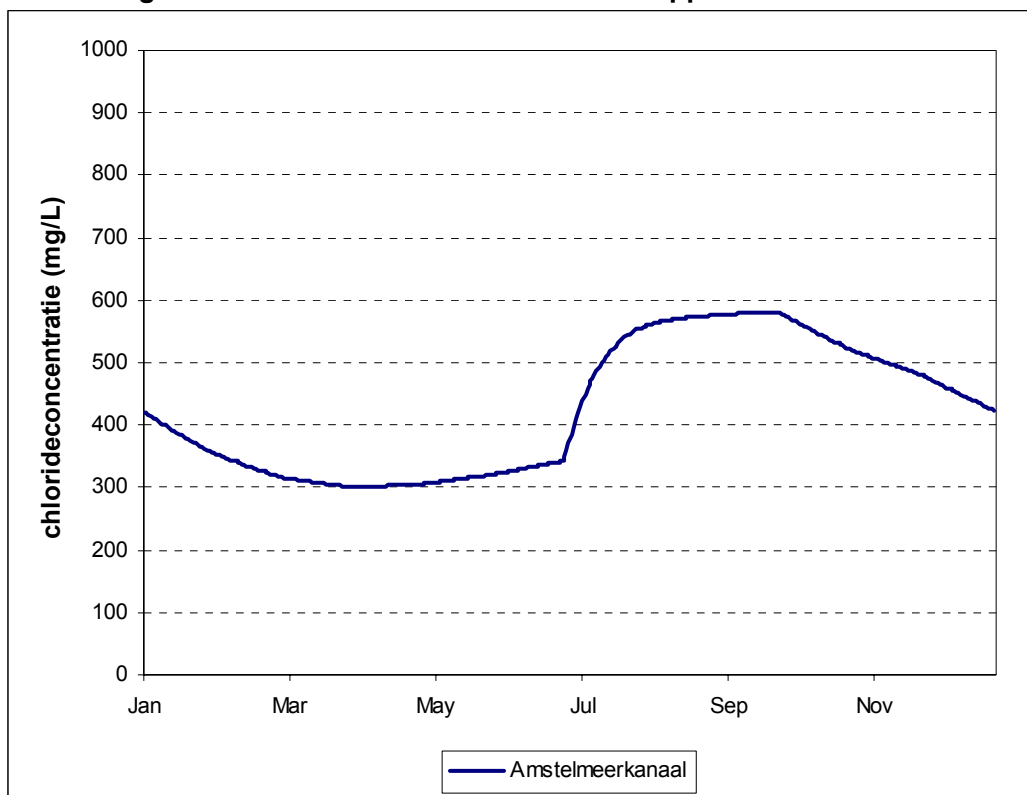
gebied	verandering effectief landbouw- areaal (Ha)	verandering doelrealisatie (%)
Wieringermeerpolder		
afdeling 1	-1	0%
afdeling 2	0	0%
afdeling 3	0	0%
afdeling 4	0	0%
Wieringen en aangedijkte polders		
Waard-Nieuwland ¹	n.v.t.	n.v.t.
Hippolytushoeverkoog	2	0%
Hoelmerkoog	0	0%
Westlanderkoog	0	0%
Oostlanderkoog	3	+1%

1: In het planconcept krijgt Waard-Nieuwland een woningbouw bestemming.

kwaliteit watervoorziening en zoutschade

Afbeelding 7.1. geeft de berekende chlorideconcentratie weer voor het oppervlaktewater in het restant van het Amstelmeerkanaal.

Het chloridegehalte van het verbrede Amstelmeerkanaal en het restant van het Amstelmeerkanaal, fluctueert tussen 300 en 600 mg/L. Dit maakt het geschikt voor beregening van gras, granen of suikerbieten. De fluctuatie in chlorideconcentraties in het Amstelmeerkanaal vermindert ten opzichte van de huidige situatie. Dit laatste is een positief effect omdat de waterkwaliteit voor landbouwgebruik daarmee constanter en meer betrouwbaar is dan in de huidige situatie.

Afbeelding 7.1. Berekende chlorideconcentratie oppervlaktewater – Model Halfland fase 1

7.1.3. Effecten op Natuur

Tabel 7.4. geeft de veranderingen weer in de doelrealisatie voor de natuurdoeltypen. De ruimtelijke verdeling van de verandering van de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XIII.

De stijging van de grondwaterstanden en de toegenomen kwel resulteren in een toename van de doelrealisatie in de grootteorde van 1 à 2 procent.

Tabel 7.4. Verandering doelrealisatie natuur – model Halfland fase 1

kartering Noord-Holland	doelrealisatie (%)	verandering doelrealisatie t.o.v. referentiesituatie (%)
Bos	41%	1%
Kemphaangras	34%	2%
Bloemrijk grasland	94%	1%
Totaal ¹	54%	1%

Noot 1: totaal: het naar oppervlakte gewogen gemiddelde van de afzonderlijke effecten

7.1.4. Effecten op bebouwing

In geen van de omliggende dorpen treedt een stijging van de freatische grondwaterstand op. Op basis hiervan wordt geen toename van grondwateroverlast in bebouwde omgeving verwacht.

7.2. Fase 2

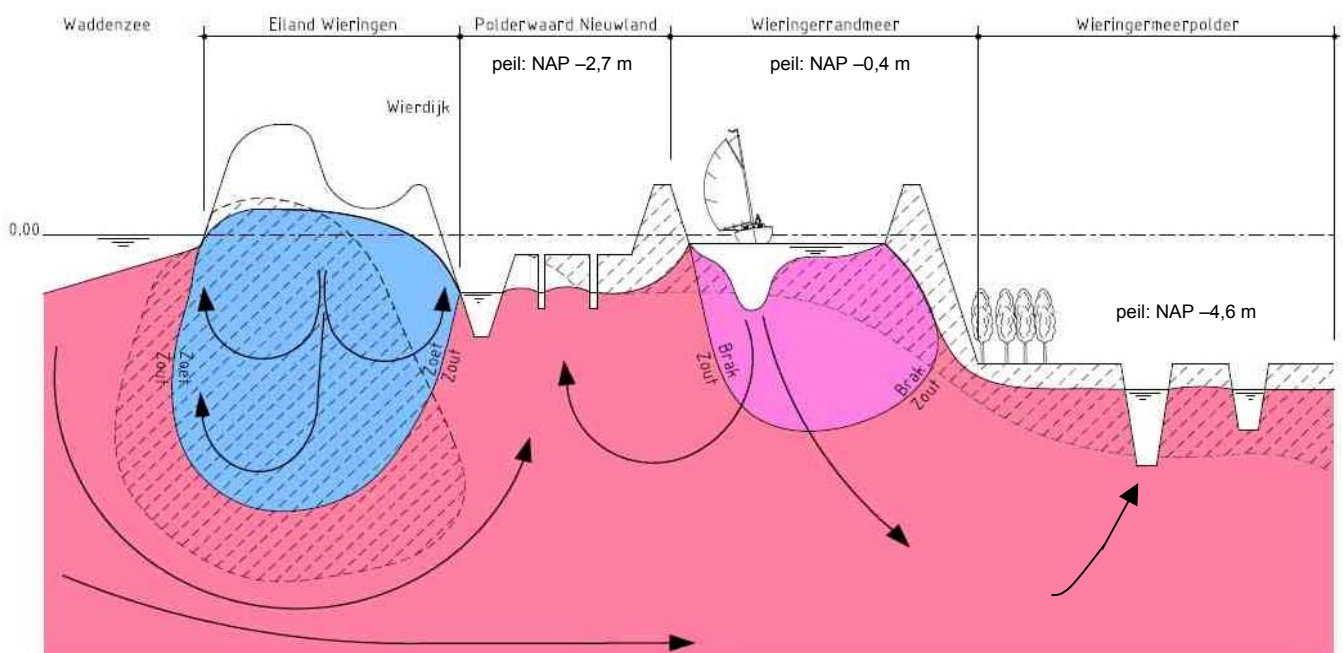
7.2.1. Geohydrologische effecten

In bijlage XIV zijn de volgende effecten van de ingreep van Halfland - fase 2 weergegeven:

- de verandering van de freatische grondwaterstand;
- de verandering van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket;
- de verandering van de kwel en infiltratiesituatie;
- de verandering van de chlorideconcentratie van het freatische grondwater;
- de verandering van de zoutbelasting.

Afbeelding 7.2. geeft een schematisch overzicht weer van de geohydrologische situatie na voltooiing van Fase 2 van model Halfland. De veranderingen worden per geohydrologisch aspect in het onderstaande beschreven.

Afbeelding 7.2. Schematisch overzicht geohydrologische situatie model Halfland



grondwaterstanden

De grondwaterstand direct onder het Wieringerrandmeer stijgt met meer dan 1,5 m. Het Wieringerrandmeer gaat hiermee als waterscheiding fungeren, waarbij het de geohydrologische systemen van Wieringen en de Wieringermeerpolder van elkaar scheidt.

Buiten het Wieringerrandmeer treedt een stijging op van de freatische grondwaterstand van 0,05 tot 0,3 meter aan weerszijden van het Wieringerrandmeer tot een afstand van circa 1,5 kilometer. Ten noorden van de voorboezem daalt de freatische grondwaterstand met maximaal circa 0,05 à 0,13 meter tot een afstand van circa 200 meter.

Het totale gebied waarbinnen de grondwaterstand meer dan 0,05 m stijgt bedraagt circa 800 Ha in de Wieringermeerpolder, 600 Ha op Wieringen en 200 Ha in het restant van Polder Waard-Nieuwland.

kwel/wegzijing

Tabel 7.5. geeft de veranderingen in afvoer en kwel weer. Uit deze tabel volgt dat de gemaalafvoer en kwel met name in Polder Waard-Nieuwland, op Wieringen en de Westlanderkoog sterk toenemen. Dit

wordt veroorzaakt doordat deze poldervakken vrijwel geheel in het invloedsgebied van het Wieringerrandmeer liggen. Met name in Waard-Nieuwland nemen zowel afvoer als kwel sterk toe.

De afvoer en kwel in het restant van afdeling 1 van de Wieringermeerpolder nemen af. Dit wordt veroorzaakt doordat het Wieringerrandmeer in een gebied is gelegen waar in de huidige situatie de grootste kweldruk wordt berekend. Doordat dit gebied na voltooiing van fase 2 niet wordt meegenomen in de afvoer berekening neemt de kwel voor het restant van het poldervak af.

De wegzijging vanuit het Wieringerrandmeer bedraagt 2,3 mm/dag. Dit is lager dan bij fase 1 (5,0 mm/dag). Dit verschil wordt veroorzaakt door de grotere afmeting van het meer. Hierdoor stijgt de stijghoogte in het onderliggende 1^e Watervoerende Pakket meer dan bij de aanleg van een deel van het Randmeer in fase 1. Doordat het verschil tussen het handhavingspeil in het Randmeer en de stijghoogte in het watervoerende pakket kleiner wordt, neemt de infiltratieflux (in mm/dag) af. De totale hoeveelheid wegzijging (in m³/dag) is echter groter dan bij aanleg van een deel van het Randmeer na fase 1.

Tabel 7.5. Verandering afvoer en kwel – Halfland Fase 2

		gemaalafvoer (mm/dag)			kwel (mm/dag)		
		ref	fase 2	verschil (%)	ref	fase 2	verschil (%)
Wieringermeerpolder							
	afdeling 1	2,3	2,1	-9%	1,2	1,0	-16%
	afdeling 2	1,4	1,4	0%	0,3	0,3	1%
	afdeling 3	3,5	3,7	4%	2,4	2,5	6%
	afdeling 4	2,6	2,6	1%	1,4	1,4	1%
Wieringen en aangedijkte polders							
	Waard-Nieuwland	2,0	3,9	97%	0,9	2,4	168%
	Hippolytushoevekoog	0,9	1,0	21%	0,0	0,2	-
	Hoelmerkoog	0,6	0,7	13%	-0,2	-0,1	38%
	Westlanderkoog	1,4	1,9	42%	0,4	0,9	131%
	Oostlanderkoog	0,7	0,8	3%	0,0	0,1	-
Oppervlaktewater							
	Wieringerrandmeer				-1,7	-2,3	-30%

1: een verandering t.o.v. een neutrale situatie (kwel = <0,1 mm/dag) is niet gegeven

2: Percentages kunnen anders zijn dan volgt uit tabel door afronding

chlorideconcentraties en zoutbelasting

Direct aan weerszijden van het Wieringerrandmeer treedt een verzoeting van het freatische grondwater op. Deze verzoetende invloed is het grootst aan de oostelijke helft van het Wieringerrandmeer, omdat hier al in Fase 1 een deel van het Randmeer is aangelegd.

Op de hogere delen van Wieringen heeft de aanleg van het meer geen invloed op het freatische chloridegehalte. De zoetwaterlens onder Wieringen wordt wel dikker als gevolg van de aanleg van het Wieringerrandmeer. De zoetwater lens onder Wieringen vormt één geheel met het licht brakke water dat infiltreert vanuit het Wieringerrandmeer.

Buiten de verzoetende zone, wordt een stijging van het chloridegehalte in het freatische grondwater berekend in Polder Waard Nieuwland ter plaatse van de voorboezem, en in de Wieringermeerpolder. De chlorideconcentraties neemt in de Wieringermeerpolder met maximaal circa 500 mg/L toe. De toename bedraagt gemiddeld circa 200 mg/L. Binnen dit gebied varieert de chlorideconcentratie in de referentiesituatie tussen circa 4000 en 6000 mg/L en de relatieve toename is gelijk aan ongeveer 5%.

Tabel 7.6. geeft de verandering weer van de gemiddelde zoutbelasting naar de poldervakken. De grootste absolute toename wordt berekend in Waard-Nieuwland en afdeling 3 van de Wieringermeerpolder. De toename van de zoutbelasting op Wieringen zijn door de lage huidige zoutbelasting relatief groot. Voor een aantal polders is de toename van zoutbelasting groter dan de toename in kwel, dit komt door een toename van het chloridegehalte van het grondwater.

In afdeling 1 neemt de zoutbelasting af. Dit wordt veroorzaakt door de afnemende kweldruk.

Tabel 7.6. Verandering gemiddelde zoutbelasting Halfland fase 2

	referentie (kg Cl/Ha/dag)	fase 1 (kg Cl/Ha/dag)	verschil (kg Cl/Ha/dag)	(%)
Wieringermeerpolder				
vak 1	27	28	0,4	1%
vak 2	2	2	0	0%
vak 3	86	87	0,5	1%
vak 4	52	52	0	0%
Wieringen en aangedijkte polders				
Waard-Nieuwland	51	92	41	81%
Hippolytushoeverkoog	1,5	1,8	0,3	20%
Hoelmerkoog	0,1	0,1	0	0%
Westlanderkoog	15	15	0	0%
Oostlanderkoog	1,7	1,9	0,2	11%

7.2.2. Effecten op Landbouw

grondwaterregime en doelrealisatie

Tabel 7.7. geeft de verandering van de doelrealisatie voor de landbouw weer, berekend met het WaterNOOD instrumentarium. De ruimtelijke verdeling van de verandering in nat- en droogteschade en de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XV.

De opbrengstderving treedt met name op door een toename van natschade direct ten zuiden van het Wieringerrandmeer en op Wieringen. In de Wieringermeerpolder is de totale opbrengstderving klein. Op Wieringen treedt het grootste effect op in Hippolytushoeverkoog. Hier treedt een opbrengstderving op van circa 5%.

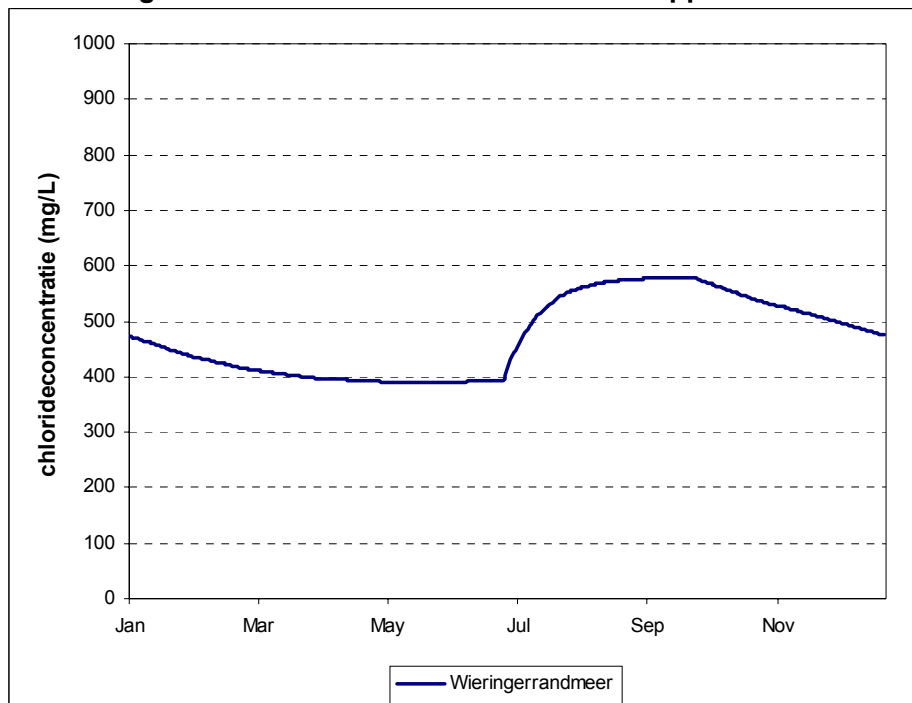
Tabel 7.7. Opbrengstvermindering landbouw – Halfland Fase 2

gebied	verandering effectief landbouwareaal (Ha)	verandering doelrealisatie (%)
Wieringermeerpolder		
afdeling 1	-8	<1%
afdeling 2	0	0%
afdeling 3	-19	<1%
afdeling 4	0	0%
Wieringen en aangedijkte polders		
Waard-Nieuwland	n.v.t.	n.v.t.
Hippolytushoeverkoog	-21	-4%
Hoelmerkoog	-19	-5%
Westlanderkoog	-2	-3%
Oostlanderkoog	2	0%

kwaliteit watervoorziening en zoutschade

Afbeelding 7.3. geeft de berekende chlorideconcentratie weer voor het oppervlaktewater in het Wieringerrandmeer. Het chloridegehalte van het Wieringerrandmeer fluctueert tussen 400 en 600 mg/L. Dit is vergelijkbaar met het gehalte berekend tijdens fase 1 en de gebruiksmogelijkheden zijn vergelijkbaar.

Afbeelding 7.3. Berekende chlorideconcentratie oppervlaktewater – Model Halfland fase 2



7.2.3. Effecten op Natuur

Tabel 7.8. geeft de veranderingen weer in de doelrealisatie voor de natuurdoeltypen. De ruimtelijke verdeling van de verandering van de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XVI.

De stijging van de grondwaterstanden en de toegenomen kwel resulteren in een toename van de doelrealisatie voor Bos en Kempngaangras. Voor het natuurdoeltype Bloemrijk grasland echter is de stijging van de grondwaterstand te hoog en neemt de doelrealisatie af.

Omdat de toename in doelrealisatie voor Bos en Kempngaangras veel groter is dan de afname bij Bloemrijk grasland, wordt het netto effect als positief beschouwd.

Tabel 7.8. Verandering doelrealisatie natuur – model Halfland fase 2

kartering Noord-Holland	doelrealisatie (%)	verandering doelrealisatie t.o.v. referentiesituatie (%)
Bos	54%	13%
Kempngaangras	67%	33%
Bloemrijk grasland	85%	-9%
Totaal ¹	65%	12%

Noot 1: totaal: het naar oppervlakte gewogen gemiddelde van de afzonderlijke effecten

7.2.4. Effecten op bebouwing

Alleen in de dorpskernen van Hippolytushoef en Westerland wordt een stijging van de grondwaterstand berekend als gevolg van aanleg van het Wieringerrandmeer. Westerland heeft in de referentiesituatie

een zeer grote drooglegging (> 5 meter) en de stijging van de grondwaterstand zal naar verwachting geen problemen voor de drooglegging tot gevolg hebben.

In Hippolytushoef wordt een stijging van de grondwaterstand berekend in de grootteorde van circa 0,05 meter. Er zijn momenteel geen problemen m.b.t. grondwateroverlast bekend en het is bekend dat op Wieringen veelal op de hogere plaatsen is gebouwd. Derhalve worden geen problemen met de drooglegging van bebouwing verwacht.

8. EFFECTEN MODEL WATERLAND

Voor model Waterland zijn alleen de effecten na voltooiing van fase 2 beschreven. In fase 1 van model Waterland worden geen waterhuishoudkundige ingrepen uitgevoerd, en wordt derhalve geen significante invloed op de geohydrologische situatie verwacht.

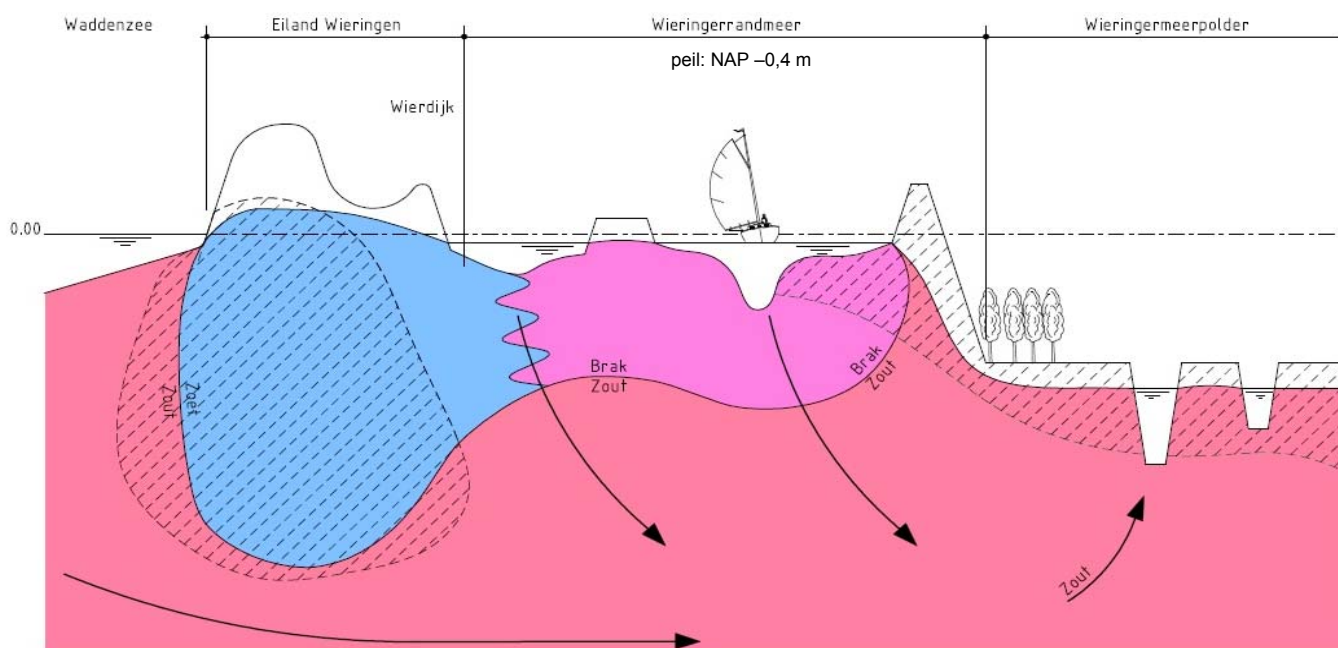
8.1. Geohydrologische effecten

In bijlage XVII zijn de volgende effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer weergegeven:

- de verandering van de freatische grondwaterstand;
- de verandering van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket;
- de verandering van de kwel en infiltratiesituatie;
- de verandering van de chlorideconcentratie van het freatische grondwater;
- de verandering van de zoutbelasting.

Afbeelding 8.1. geeft een schematisch overzicht weer van de geohydrologische situatie na voltooiing van Fase 2 van model Waterland. De veranderingen worden per geohydrologisch aspect in het onderstaande beschreven.

Afbeelding 8.1. Schematisch overzicht geohydrologische situatie model Waterland



kwel/wegzijing

Tabel 8.1. geeft de berekende verandering weer van afvoer en kwel. Op Wieringen worden de grootste veranderingen van kwel en afvoer berekend. In Hippolytushoevekoog en Oostlanderkoog neemt de kwel toe, waardoor voor deze bemalingseenheden als geheel de huidige neutrale situatie verandert in een licht kwel situatie.

De wegzijing vanuit het Wieringerrandmeer is vergelijkbaar met het huidige Amstelmeerkanaal en minder dan bij model Halfland.

Tabel 8.1. Verandering afvoer en kwel – Waterland Fase 2

		gemaalafvoer (mm/dag)			kwel – infiltratie (mm/dag)		
		ref	fase 2	verschil (%)	ref	fase 2	verschil (%)
Wieringermeerpolder							
	afdeling 1	2,3	2,1	-8%	1,2	1,0	-14%
	afdeling 2	1,5	1,5	0%	0,3	0,3	1%
	afdeling 3	3,5	3,7	5%	2,4	2,5	7%
	afdeling 4	2,6	2,6	1%	1,4	1,4	2%
Wieringen en aangedijkte polders							
	Waard-Nieuwland	2,0	-	-	0,9	-	-
	Hippolytushoeverkoog	0,9	1,2	37%	0,0	0,3	-
	Hoelmerkoog	0,6	0,6	16%	-0,2	-0,1	50%
	Westlanderkoog	1,4	1,9	44%	0,4	1,0	135%
	Oostlanderkoog	0,7	0,9	29%	0,0	0,2	-
oppervlaktewater							
	Wieringerrandmeer				-1,7	-1,8	-6%

1: een verandering t.o.v. een neutrale situatie (kwel = 0) is niet gegeven

chlorideconcentraties en zoutbelasting

Het effect op het chloridegehalte van het freatische grondwater van Waterland Fase 2, is op hoofdlijnen vergelijkbaar met Halfland Fase 2. Het gebied waarbinnen een toename van het chloridegehalte optreedt in de Wieringermeerpolder is groter.

Tabel 8.2. geeft de verandering van de zoutbelasting voor model Waterland weer. In de Wieringermeerpolder als geheel is de verandering van de zoutbelasting minder groot dan voor model Halfland. Het verschil wordt veroorzaakt doordat bij Waterland de verzoetende werking vanuit het Wieringerrandmeer wordt versterkt ten opzicht van het model Halfland.

Tabel 8.2. Verandering zoutbelasting fase 2

		referentie (kg Cl/Ha/dag)	fase 2 (kg Cl/Ha/dag)	verschil (kg Cl/Ha/dag) (%)	
Wieringermeerpolder					
	afdeling 1	27	23	-4	-15%
	afdeling 2	2	2	0	2%
	afdeling 3	86	96	10	8%
	afdeling 4	52	51	-1	-2%
Wieringen en aangedijkte polders					
	Waard Nieuwland	51	-	-	-
	Hippolytushoeverkoog	1,5	2,3	0,8	55%
	Hoelmerkoog	0,1	0,9	0,8	1420%
	Westlanderkoog	15	21	6	45%
	Oostlanderkoog	1,7	3,4	1,7	97%

8.2. Effecten op landbouw

grondwaterregime en doelrealisatie

Tabel 8.3. geeft de opbrengstderving van de landbouw weer berekend met het WaterNOOD instrumentarium. De ruimtelijke verdeling van de verandering in nat- en droogteschade en de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XVIII.

De opbrengstderving treedt met name op door een toename van natschade direct ten zuiden van het Wieringerrandmeer en op Wieringen. In de Wieringermeerpolder is het totale effectieve landbouwareaal dat verloren gaat circa 1% van het totale areaal. Op Wieringen treedt het grootste effect op in Hippolytushoeverkoog en Oostlanderkoog. Hier vermindert de doelrealisatie met circa 7%.

Tabel 8.3. Opbrengstvermindering landbouw – Waterland Fase 2

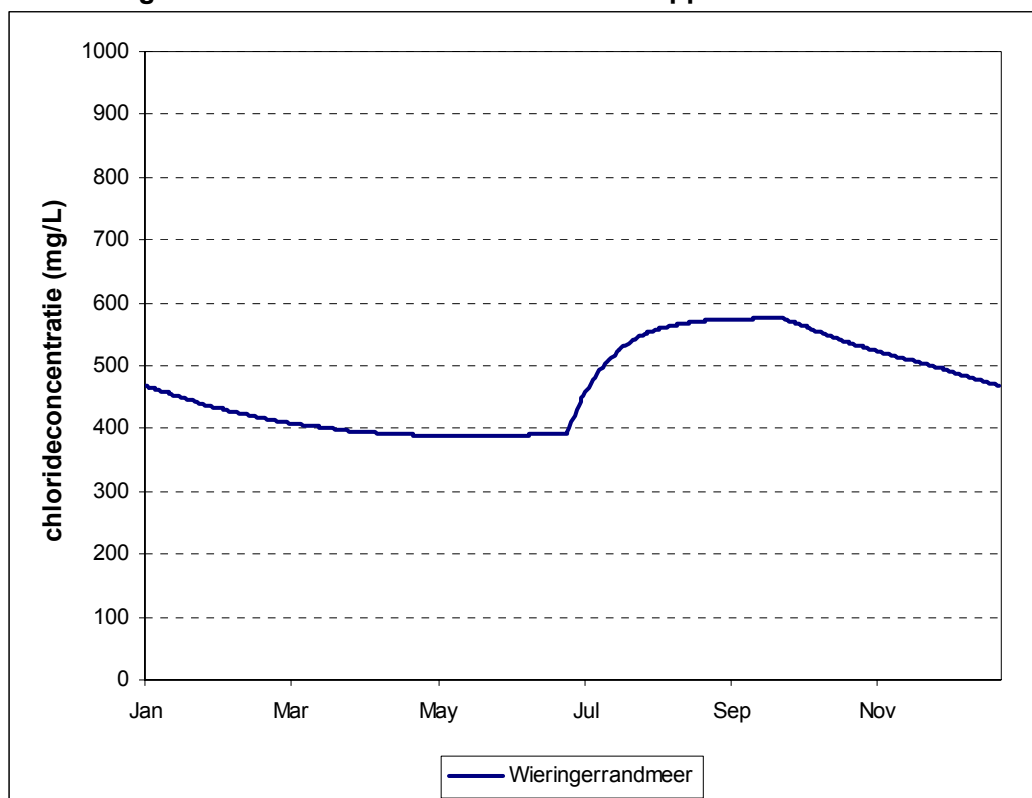
Gebied	Verandering effectief landbouwareaal (Ha)	Verandering doelrealisatie (%)
Wieringermeerpolder		
afdeling 1	-8	0%
afdeling 2	0	0%
afdeling 3	-25	-1%
afdeling 4	0	0%
Wieringen en aangedijkte polders		
Waard-Nieuwland ¹	n.v.t.	n.v.t.
Hippolytushoeverkoog	-37	-7%
Hoelmerkoog	-22	-6%
Westlanderkoog	-2	-3%
Oostlanderkoog	-25	-7%

1: Waard-Nieuwland wordt geheel onderdeel van het Wieringerrandmeer.

kwaliteit watervoorziening en zoutschade

Afbeelding 8.2. geeft de berekende chlorideconcentratie weer voor het oppervlaktewater in het Wieringerrandmeer. Het chloridegehalte fluctueert tussen 400 en 600 mg/L en is daarmee geschikt voor be-
rekening van gewassen die in de huidige situatie worden geteeld in de Wieringermeerpolder. Grootste verschil is dat de fluctuatie minder wordt. Hiermee wordt de betrouwbaarheid van de watervoorziening vanuit kwalitatief oogpunt groter.

Afbeelding 8.2. Berekende chlorideconcentratie oppervlaktewater – Model Waterland fase 2



8.3. Effecten op natuur

Tabel 8.4. geeft de veranderingen weer in de doelrealisatie voor de natuurdoeltypen. De ruimtelijke verdeling van de verandering van de doelrealisatie is weergegeven in bijlage XIX.

Het effect op de doelrealisatie is vergelijkbaar maar iets groter dan voor Model Halfland. Omdat de toename in doelrealisatie voor Bos en Kemphaangras veel groter is dan de afname bij Bloemrijk grasland, wordt het netto effect als positief beschouwd.

Tabel 8.4. Verandering doelrealisatie natuur – model Waterland fase 2

kartering Noord-Holland	doelrealisatie (%)	verandering doelrealisatie t.o.v. referentiesituatie (%)
Bos	57%	17%
Kemphaangras	68%	36%
Bloemrijk grasland	78%	-15%
Totaal ¹	65%	12%

Noot 1: totaal: het naar oppervlakte gewogen gemiddelde van de afzonderlijke effecten

8.4. Effecten op bebouwing

De effecten voor bebouwing zijn voor het model Waterland grotendeels vergelijkbaar met het model Halfland. Uitzondering is dat bij Den Oever voor het model Waterland ook een stijging van de freatische grondwaterstand wordt berekend. Daarnaast is de stijging nabij Hippolytushoef lokaal maximaal 0,1 m.

Doordat de bebouwing op Wieringen historisch gezien met name plaats vond op de hogere gelegen delen worden hier geen negatieve effecten verwacht.

9. EFFECTEN MODEL NIEUWLAND

Voor model Nieuwland is geen volledige berekening uitgevoerd. Op basis van de berekeningsresultaten van de modellen Halfland en Waterland is een kwalitatieve beoordeling gegeven van de te verwachten veranderingen.

Uit de berekeningen voor de modellen Halfland en Waterland volgt dat deze beide modellen in geohydrologische effecten niet veel verschillen. Op basis hiervan wordt verwacht dat de effecten voor het model Nieuwland met redelijke zekerheid kunnen worden ingeschat. De grootste verschillen tussen model Halfland en Nieuwland zullen optreden in Polder Waard-Nieuwland. Omdat dit gebied een andere functie krijgt, zijn deze voor de effecten bepaling minder van belang.

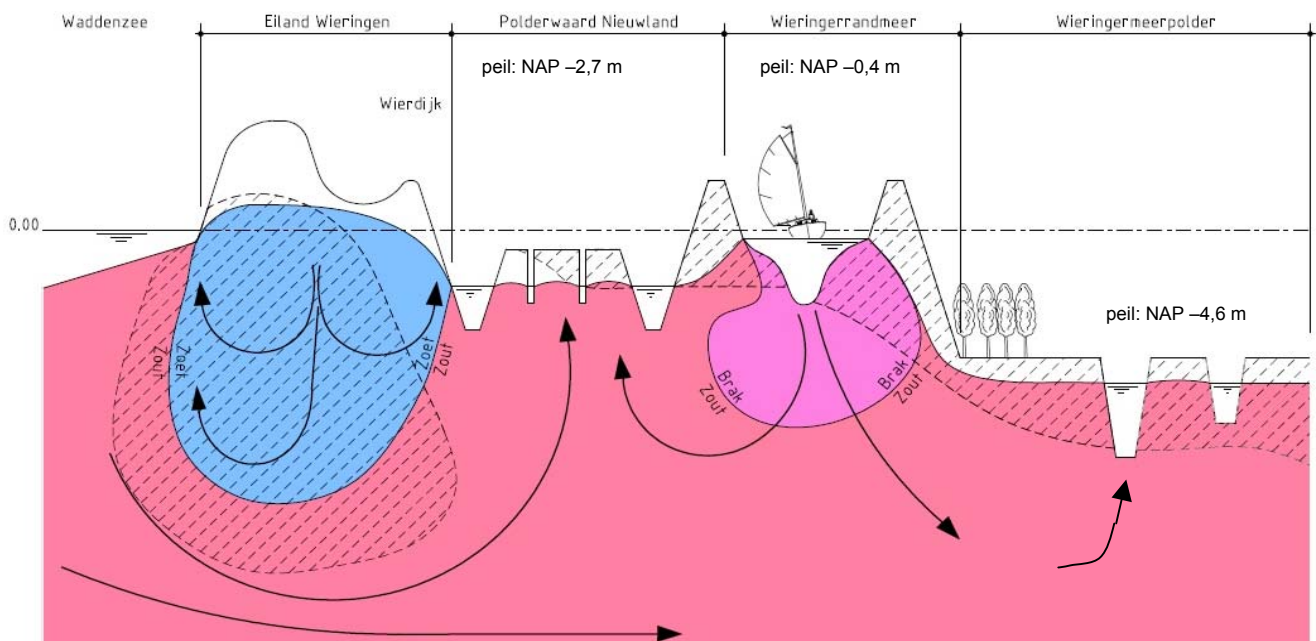
9.1. Geohydrologische effecten

Het netto effect van de aanleg van het Wieringerrandmeer en de voorboezem in Polder Waard-Nieuwland zal vergelijkbaar zijn met de effecten van model Halfland. De veranderingen van de grondwaterstanden zullen gelijk of iets kleiner zijn dan van het model Halfland.

Doordat de gehele polder Waard-Nieuwland gehandhaafd blijft zal de zoutbelasting en kwel naar deze polder echter groter worden dan voor model Halfland. Dit wordt tevens veroorzaakt door de grotere voorboezem. In de omliggende poldergebieden zal de toename van kwel kleiner zijn dan de veranderingen voor model Halfland.

Afbeelding 9.1. geeft een schematisch overzicht weer van de geohydrologische situatie na voltooiing van Fase 2 van model Nieuwland. De veranderingen worden per geohydrologisch aspect in het onderstaande beschreven.

Afbeelding 9.1. Schematisch overzicht geohydrologische situatie model Nieuwland



9.2. Landbouw

De effecten voor de landbouw voor model Nieuwland zijn vrijwel gelijk aan het model Halfland. De vermindering van de doelrealisatie voor de landbouw zal niet meer toenemen dan de berekende doelrealisatie voor het model Halfland.

9.3. Natuur

De effecten voor natuur voor model Nieuwland zijn vrijwel gelijk aan het model Halfland. Verwacht wordt dat de grondwaterstand iets minder stijgen. Het positieve effect op natuur zal minder groot zijn dan voor het model Halfland.

9.4. Bebouwing

De verandering van de grondwaterstanden ter plaatse van de bebouwing zal minder groot zijn dan voor model Halfland. Voor model Halfland worden geen negatieve effecten voor bebouwde omgeving verwacht en dit zal dus voor model Nieuwland gelijk zijn.

10. CONCLUSIES

10.1. Geohydrologisch systeem

Op basis van de data-inventarisatie en de gebiedsomschrijving beschreven in hoofdstuk 2, worden de volgende conclusies getrokken:

- de werking van grondwatersysteem wordt bepaald door de drooglegging van de Wieringermeerpolder. De richting van grondwaterstroming is vanuit de Waddenzee en IJsselmeer naar het hart van de polder;
- in de gehele Wieringermeerpolder en de aangedijkte polders op het eiland Wieringen, is sprake van een kwelsituatie. Alleen op de hoger gelegen delen van het eiland Wieringen is sprake van een infiltratiesituatie;
- de grondwaterkwaliteit in de Wieringermeerpolder en het voormalig eiland Wieringen worden gekenmerkt door een grote variatie in het voorkomen van zoet- en zout grondwater.
 - ter plaatse van het voormalig eiland Wieringen is sprake van een zoetwaterlens die ligt op zout grondwater;
 - In de Wieringermeerpolder is het ondiepe grondwater brak tot zout, vervolgens wordt een zoete tot brakke grondwaterlens aangetroffen waaronder wederom zout grondwater wordt aangetroffen;
 - het voorkomen van de zoete grondwaterlens onder de Wieringermeerpolder is het gevolg van de historische ontwikkeling van het gebied (waarbij het gebied gedurende een lange tijd aan het begin van de jaartelling boven zeeniveau lag) en de geologische opbouw van het gebied;
- chloridetijdreeksen gemeten in het oppervlaktewater suggereren een verzoeting van het oppervlaktewater in vrijwel de gehele Wieringermeerpolder;
- hydrochemische analyses van het grondwater laten een gevarieerder beeld zien, waarbij in het noordoosten van de Wieringermeerpolder verzilting plaats vindt, en in het noordwesten verzoeting. Op het eiland is sprake van een neutrale situatie;

10.2. Autonome ontwikkeling

Op basis van de modelbouw en het doorrekenen van de autonome ontwikkelingen worden de volgende conclusies getrokken:

- de effecten van autonome ontwikkeling (zeespiegelstijging en neerslagtoename) zijn in de Wieringermeerpolder relatief gering (toename afvoer < 5%);
- de gevolgen van de klimaatveranderingen hebben op het eiland Wieringen een relatief grote invloed. Op Hippolytushoef en de Hoelm is thans sprake van een neutrale kwel/infiltratie situatie. Als gevolg van de zeespiegelstijging wordt hier een sterke toename van kwel verwacht (>25% over 150 jaar) en een lichte stijging van de grondwaterstand (grootteorde 0,1 tot 0,2 m);
- in de zuidelijke helft van de Wieringermeerpolder wordt een daling van de chlorideconcentraties berekend. In de noordelijke helft is deze trend juist omgekeerd en wordt een stijging van de chlorideconcentratie in het grondwater berekend. Deze ontwikkeling is vooral het gevolg van de opwaartse beweging van grondwater met variërende chloridegehalten, en dus niet het gevolg van de stijging van de zeespiegel;
- op Wieringen blijft het chloridegehalte van het freatische grondwater constant, de zoetwaterbel wordt echter wel dunner als gevolg van zeespiegelstijging;
- de effecten van de autonome ontwikkeling zijn niet constant in de tijd. Op Wieringen wordt een stijging van kwel berekend tot circa 2050/2100 waarna deze weer afneemt. Opvallend is dat de autonome ontwikkeling zelf, als lineair in de tijd is gemodelleerd. Het verschil wordt veroorzaakt door verzilting van het ondiepe grondwater in de laag gelegen gebieden op Wieringen. De verzilting van deze gebieden werkt als een positieve terugkoppelingsmechanisme. Hierbij leidt de toename van chlorideconcentraties bij gelijkblijvend polderpeil tot een vergroting van de neerwaartse hydraulische druk;
- bovenstaande benadrukt het belang van dichtheidsstroming in effectberekeningen in gebieden met een grote ruimtelijk variatie in het voorkomen van zoet en zout grondwater. Bij de modellering is dichtheidsstroming dan ook meegenomen.

10.3. Geohydrologische effecten

Het Wieringerrandmeer zal als groot infiltrerend, licht brak oppervlaktewater lichaam fungeren en daarmee de grondwaterhuishouding in de omgeving beïnvloeden. Op hoofdlijnen treden de volgende geohydrologische veranderingen op:

- de freatische grondwaterstand stijgt variërend van 0,5 m direct ten zuiden van het meer, tot 0,05 m op een afstand van circa 1,2 km;
- voor de modellen Halfland en Nieuwland nemen kwel en gemaalafvoer in Polder Waard-Nieuwland sterk toe;
- voor alle modellen neemt de infiltratie op de hogere delen van Wieringen af en zal de kwel in de kogen toenemen;
- de zoutbelasting neemt met name voor de modellen Halfland en Nieuwland sterk toe in Waard-Nieuwland. Hier wordt tevens als gevolg van de autonome ontwikkeling een sterke verzilting verwacht;
- regionale verzoeting van het grondwater door infiltratie van relatief licht brak oppervlaktewater vanuit het Wieringerrandmeer blijft uit. Alleen direct aan weerszijden van het Randmeer treedt zal enige verzoeting optreden. Dit komt doordat de toename van infiltratie leidt tot een toename van kwel in de poldergebieden. Hierbij wordt de mobilisatie van dieper gelegen en zouter grondwater naar het oppervlaktewatersysteem in feite versneld en treedt verdere verzilting op.
- Wieringen wordt in geohydrologische zin weer een eiland. Het licht brakke water dat infiltreert vanuit het Wieringerrandmeer, zal samen met de zoete grondwaterbel onder Wieringen één geheel vormen. Dit zoete tot licht brakke grondwaterlichaam drijft op het zoute onderliggende grondwater. Doordat deze grondwaterbel veel groter is dan de huidige zoete grondwaterbel onder Wieringen alleen, wordt deze minder snel weggedrukt door zeespiegelstijging.

10.4. Afgeleide effecten

De directe geohydrologische effecten zijn vertaald naar afgeleide effecten voor diverse functies:

- **landbouw:**
 - Grondwater peilregime: de stijging van de grondwaterstand heeft een vernatting tot gevolg waardoor de natschade toeneemt. Dit leidt tot een afname van de landbouwopbrengsten. Op Wieringen kan deze afname, met name voor model Waterland, significant zijn (grootteorde 5 tot 7 %). In de Wieringermeerpolder is de afname van landbouwopbrengsten kleiner (1% in afdeling 3 en in de overige afdelingen 0%);
 - Watervoorziening: Het Amstelmeerkanaal is in de huidige situatie verantwoordelijk voor de watervoorziening op Wieringen en een deel van de noordelijke helft van de Wieringermeerpolder. Het Wieringerrandmeer kan de functie van het Amstelmeerkanaal overnemen en water leveren met een vergelijkbare kwaliteit. Daarnaast zal de kwaliteit van het Wieringerrandmeer minder fluctueren in de tijd. Dit laatste aspect maakt de watervoorziening betrouwbaarder voor landbouwgebruik. Het water van deze watervoorziening is echter alleen bruikbaar voor de huidige gewassen (grasland, granen en suikerbieten) en niet voor meer gevoelige gewassen zoals bollen of glastuinbouw;
- **natuur:** Voor de relatief natte natuurdoeltypen Bos en Kempfaangras heeft de aanleg van het Wieringerrandmeer een positief effect. Voor het droge natuurdoeltype Bloemrijk grasland heeft de aanleg van het Wieringerrandmeer een negatief effect. De effecten zijn tussen de modellen onderling vergelijkbaar waarbij de minste effecten optreden bij model Nieuwland en het meeste effect optreedt bij model Waterland;
- **bebouwde omgeving:** Bebouwde gebieden in het invloedsgebied liggen voornamelijk op Wieringen. Hier is bebouwing van oudsher met name op de hogere delen gevestigd. Hier worden derhalve geen problemen voor drooglegging van bebouwing verwacht bij de drie modellen.

11. AANBEVELINGEN

11.1. Mitigerende maatregelen

Uit het onderzoek volgt dat de landbouw een negatief effect ondervindt van de realisatie van het Wieringerrandmeer. De oorzaak is voornamelijk gelegen in de toename van natschade als gevolg van stijgende grondwaterstanden.

Er zijn twee oplossingsrichtingen mogelijk om deze negatieve invloed te mitigeren:

- intensivering van landbouwdrainage. Dit is met name een oplossing in de Wieringermeerpolder. Hier is het landschap reeds volledig ingericht op akkerbouw en is het aanleggen van additionele drainage vrij eenvoudig te realiseren. De berekende opbrengstderving is echter klein zodat regionale intensivering van drainage niet nodig wordt geacht. Mogelijk kan lokaal door variaties in bodemopbouw en/of slechte staat van bestaande drainage, wateroverlast toch optreden. In dergelijke gevallen zal aanvullende drainage als maatwerk en lokaal kunnen worden uitgevoerd. In hoofdstuk 11.3 wordt hier verder op in gegaan;
- functiewijziging. Op Wieringen is door de slecht doorlatende ondergrond reeds sprake van verhoogde natschade in de landbouwgebieden. Zowel de autonome ontwikkeling als de realisatie van het Wieringerrandmeer, zal de natschade verder doen toenemen. De natte natuurdoeltypes, zoals Kemphaangras, gedijen onder deze omstandigheden beter. Vanuit waterhuishoudkundig oogpunt is het daarom aantrekkelijk, deze gebieden een natuurfunctie te geven.

11.2. Monitoring

Monitoring van grondwaterkwantiteit en kwaliteit is essentieel. Doordat de uitvoering van het totale project bijna 15 jaar bestrijkt, kan monitoringdata verzameld tijdens aanloopfase en de uitvoering worden gebruikt om maatregelen te nemen tegen eventueel onvoorziene nadelige effecten. Concreet moet het geohydrologische monitoringprogramma het volgende omvatten:

- freatische grondwaterstanden en stijghoogten in de directe omgeving van het toekomstige Wieringerrandmeer;
- grondwaterkwaliteitsmetingen (met name chloride);

Eind 2005 is een meetnetwerk geïnstalleerd waarmee bovenstaande aspecten worden gemeten. Het is essentieel dat deze monitoring wordt gecontinueerd tot ten minste 20 jaar na aanleg van het Wieringerrandmeer. Daarnaast moet de verzamelde data regelmatig worden geëvalueerd. Het is belangrijk dat de monitoringdata na voltooiing van Fase 1 wordt geëvalueerd voordat Fase 2 begint. De data kan worden gebruikt om de uitkomsten van de modelberekeningen te valideren (zie hoofdstuk 11.3).

11.3. Vervolgonderzoek en onzekerheden

Tijdens het geohydrologisch onderzoek zijn een aantal onzekerheden naar voren gekomen waar aanvullend onderzoek voor wordt aanbevolen.

onzekerheden

- de geohydrologische parameters van de watervoerende en waterremmende lagen. Voor de modellering is gebruik gemaakt van REGIS gegevens en gekalibreerd op peilbuismetingen. In de nabijheid van het Randmeer zijn de REGIS gegevens gebaseerd op boorbeschrijvingen. Afhankelijk van het aantal en kwaliteit van de boorbeschrijvingen, zit er een onzekerheid aan deze data;
- de intreeweerstand van het Wieringerrandmeer. Voor de huidige studie is een conservatief lage waarde aangehouden. Indien deze hoger blijkt te zijn, zullen de effecten minder groot zijn;
- de drainageweerstand van de poldergebieden is bepaald door kalibratie van het grondwatermodel op lokaal gemeten afvoeren en grondwaterstanden. De afvoerinformatie was echter beperkt tot een gering aantal jaren. Indien de werkelijke drainageweerstand afwijkt van de met modelkalibratie bepaalde waarde, zullen de effecten voor de landbouw anders zijn;
- de natuurdoeltypekartering is erg algemeen van aard om een nauwkeurige gewenste grondwaterregime te definiëren.

vervolgonderzoek

- om meer zekerheid te verkrijgen omtrent de geohydrologische parameters en de drainageweerstand, wordt aanbevolen een pompproef uit te voeren. Gezien de heterogeniteit in bodemopbouw, wordt aanbevolen dit op meerdere locaties uit te voeren. Te denken valt aan drie locaties: 1) op Wieringen, 2) in het toekomstige Boswoongebied in de Wieringermeerpolder; en 3) in het te handhaven landbouwgebied in de Wieringermeerpolder;
- verder wordt een evaluatie (of veldinventarisatie) van de huidige toestand drainagesysteem in combinatie met bodemopbouw in een strook van circa 1000 m langs het Wieringerrandmeer aanbevolen. Indien het drainagesysteem in de huidige staat slecht is, zal de vernatting van landbouwgrond door aanleg van het Wieringerrandmeer groter zijn;
- aanbevolen wordt de monitoringdata, de data uit de pompproef en de veldinventarisatie van het drainagesysteem te gebruiken om het grondwatermodel te valideren. Dit betekent dat wordt gecontroleerd hoe goed het gekalibreerde model, de meetdata van de recent geplaatste peilbuizen kan voorspellen;
- met het model kan in combinatie met de inventarisatie van het huidige drainagesysteem worden bepaald welke maatregel zinvol zal zijn indien op lokale schaal aanvullende drainage maatregelen vereist zijn (gedacht wordt aan buisdrainage, verdichting slootstelsel, aanpassing peil);
- voor de realisatie van het bosrijke woongebied en ten zuidoosten van het Randmeer en het woongebied in polder Waard Nieuwland (modellen Halfland en Nieuwland) zal mogelijk een aanpassing van het bestaande drainagesysteem vereist zijn. Het gebied verandert van functie. In het gebied van de boswoningen zal de landbouwfunctie gewijzigd worden in een gecombineerde natuur / woonfunctie. In polder Waard-Nieuwland wordt de landbouwfunctie een woonfunctie. De noodzaak voor aanpassing van het drainagesysteem zal afhangen van het type woningen en de wijze van bouwrijp maken. Daarnaast is voor de boswoningen het ecologisch streefbeeld en daarvoor vereiste gewenste grondwaterregime en grondwaterkwaliteit van belang;
- om de natuurfuncties binnen het gebied meer kans te geven, dient de natuurdoeltypekartering te worden verfijnd. Op basis van een verfijnde indeling van natuurdoeltypes, kan de waterhuishouding worden geoptimaliseerd.

12. REFERENTIES

- Alterra, Roest C.W.J.; Bakel P.J.T.; Smit A.A.M.F.R. (2003)
Actualisatie van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium.
- Biesheuvel, A (1992)
ChemProc version 4.0, user's manual: storage and analysis of hydrochemical data. Amsterdam.
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw (2000)
Waterbeleid voor de 21^e eeuw.
- Dienst der Zuiderzeewerken (1936)
Geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer.
- Grontmij (2001)
Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer.
- Harbaugh, A.W., E. R. Banta, M. C. Hill & M. G. McDonald. (2000)
MODFLOW-2000, The U.S. Geological survey modular ground-water model – user guide to modularization concepts and the ground-water flow process. U.S. Geological Survey Open File Report 00-92. Reston, Virginia.
- Integrated Environmental Services Inc (2003)
Processing Modflow Pro version 7.
- Lago Wirense (2004)
Water als drijvende kracht voor een nieuwe economie, Lago Wirense. De toekomst vooruit. Boskalis, VolkerWessels, Witteveen+Bos.
- Langevin, C.D., W.B. Schoemaker, W. Guo (2003)
MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model—Documentation of the SEAWAT- 2000 Version with the Variable-Density Flow Process (VDF) and the Integrated MT3DMS Transport Process (IMT).
- Oude Essink, G.H.P., 1996
Impact of sea level rise on groundwater flow regimes.
- Post, V.E.A. (2004)
Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene.
- Provincie Noord-Holland en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2004)
Bescherming Wateroverlast Noorderkwartier, hoofdrapport.
- Provincie Noord-Holland (2005)
Provinciaal waterplan Noord-Holland 2006-2010. Bewust omgaan met water (ontwerp)
- Stuyfzand, P.J. (1993)
Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of Western Netherlands, Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.

STOWA (2003) Waterlood instrumentarium handleiding V1.1. Kenmerk 110302/OF3/4C1/000782/LE d.d. 10-12-2003. (in samenwerking met Arcadis en Alterra)

Waterschap Hollands Kroon & Uitwaterende Sluizen. (2000)
Waterbeheersplan Hollands Kroon 1997-2000.

Witteveen+Bos, (2000)
Groot Geohydrologisch Onderzoek Texel.

Witteveen+Bos (2005)
Vooronderzoek Integrale Effect Rapportage (IER) Wieringerrandmeer.

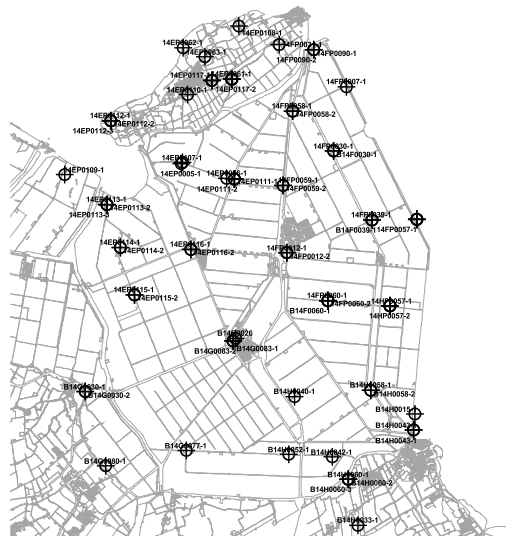
Witteveen+Bos (2006a)
3D zoutmodellering Zuiderhaven Den Oever

Witteveen+Bos (2006b)
Achtergrondrapport waterkwaliteit en aquatische ecologie Wieringerrandmeer

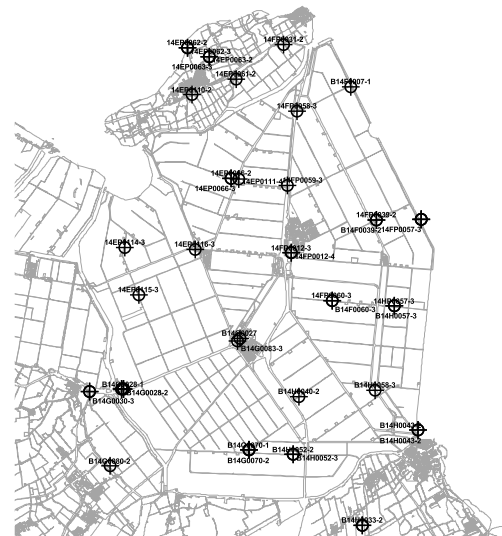
Zheng, C., Wang, P.P. (1999)
MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems; Documentation and User's Guide. Contract Report SERDP-99.

BIJLAGE I Peilbuisgegevens en tijdstijghoogtelijnen

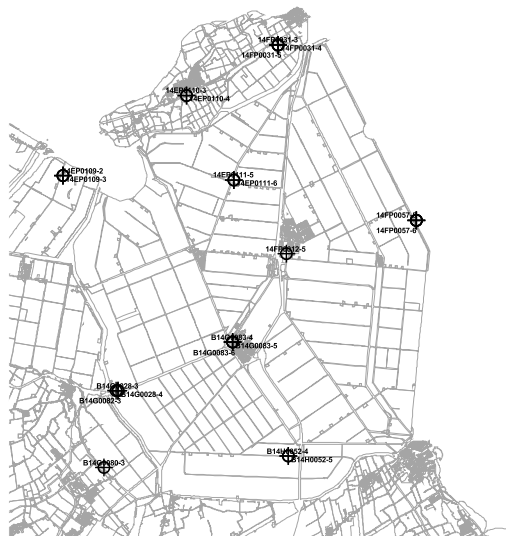
Overzicht beschikbare peilbuizen



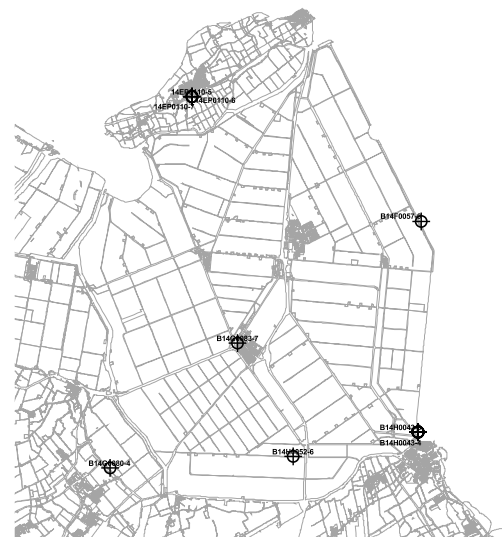
Peilbuizen tot NAP -30



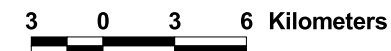
Peilbuizen tussen NAP -30 m en NAP -60 m

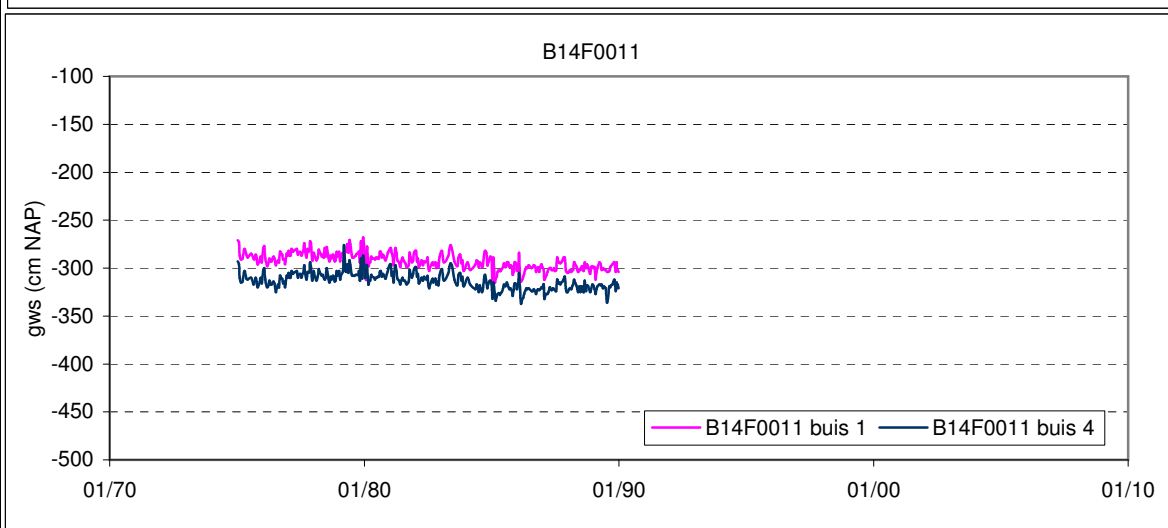
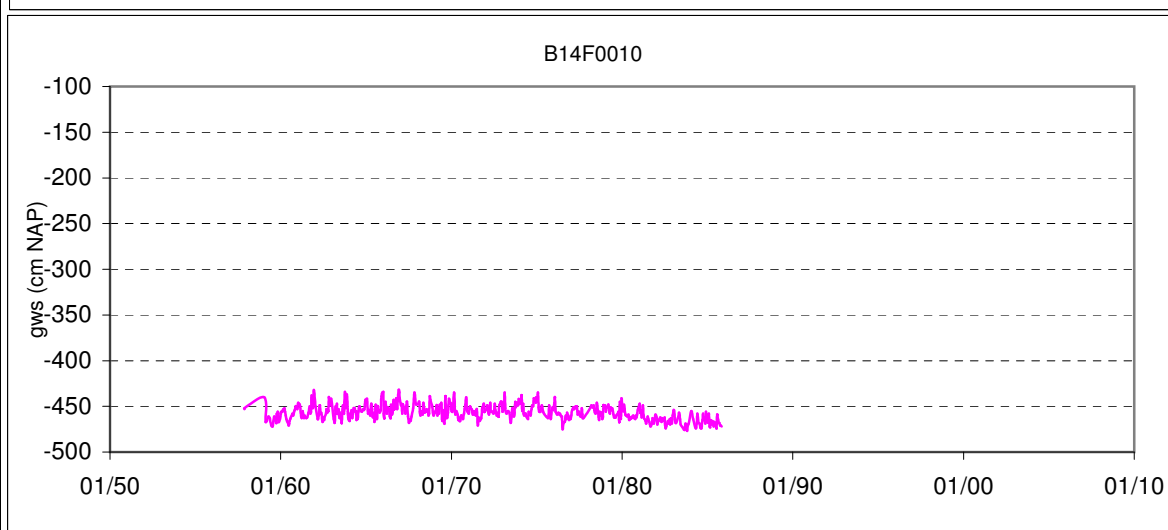
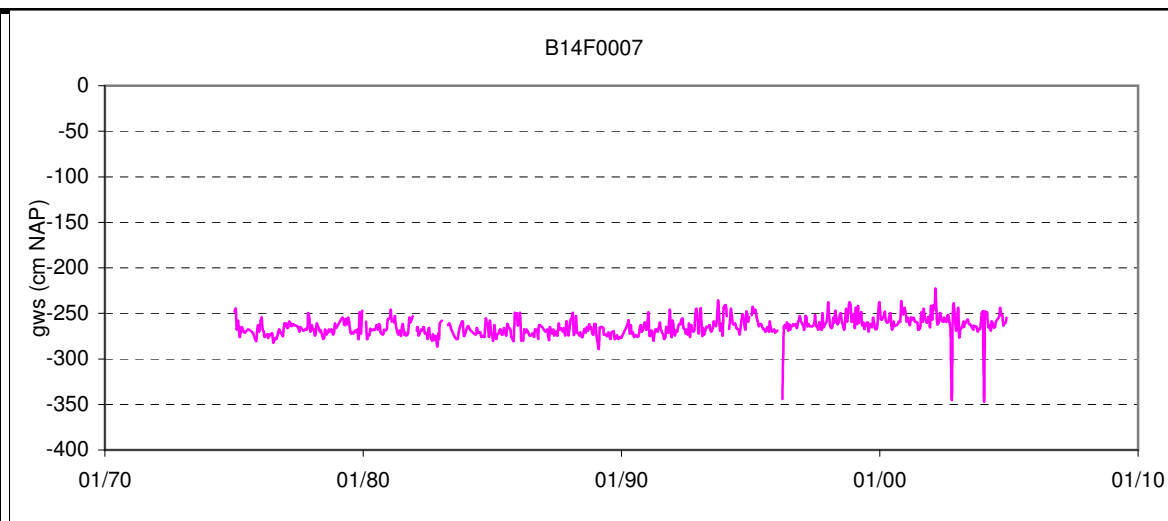


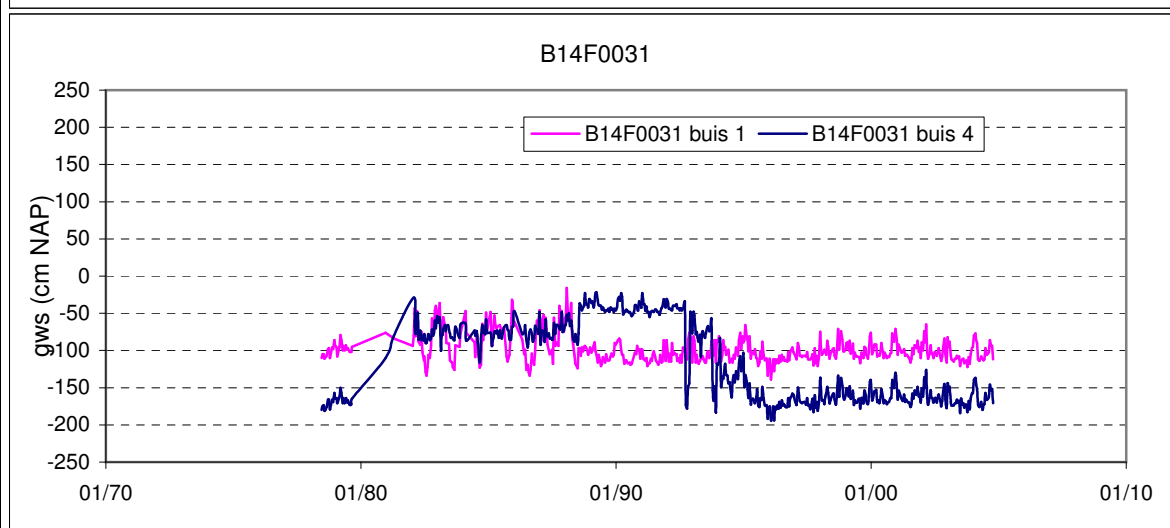
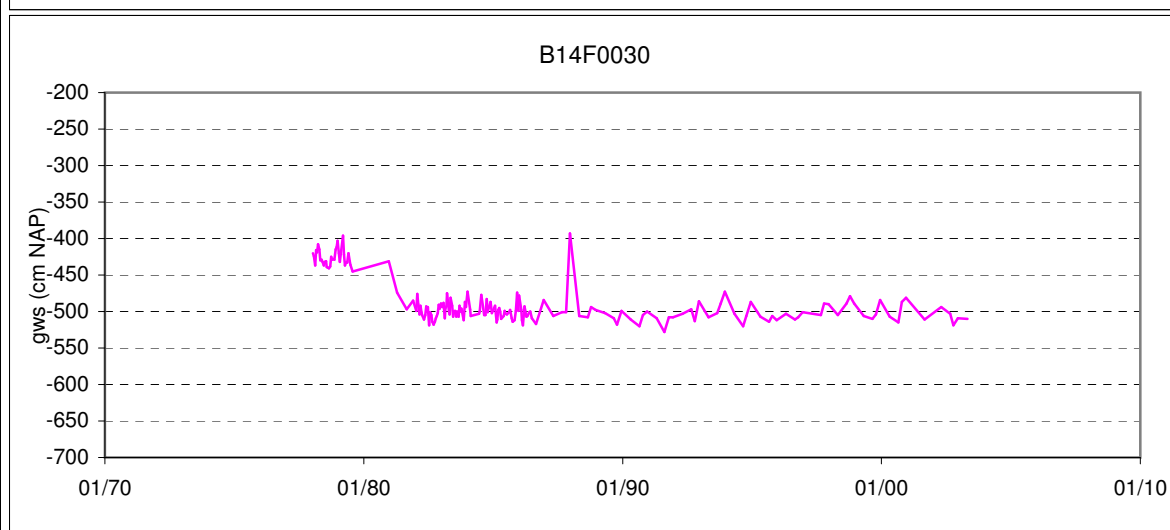
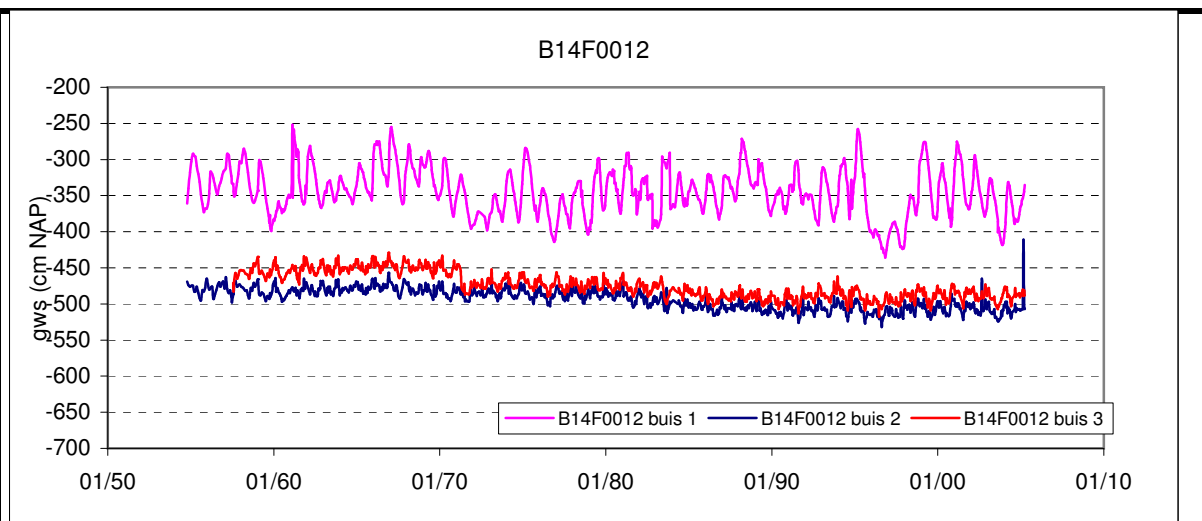
Peilbuizen tussen NAP -60 m en NAP -150 m

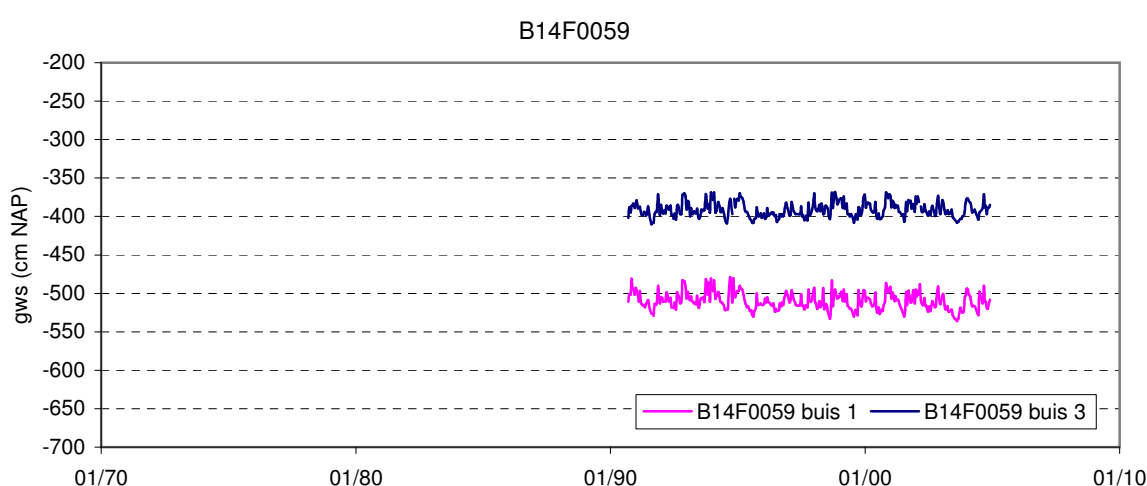
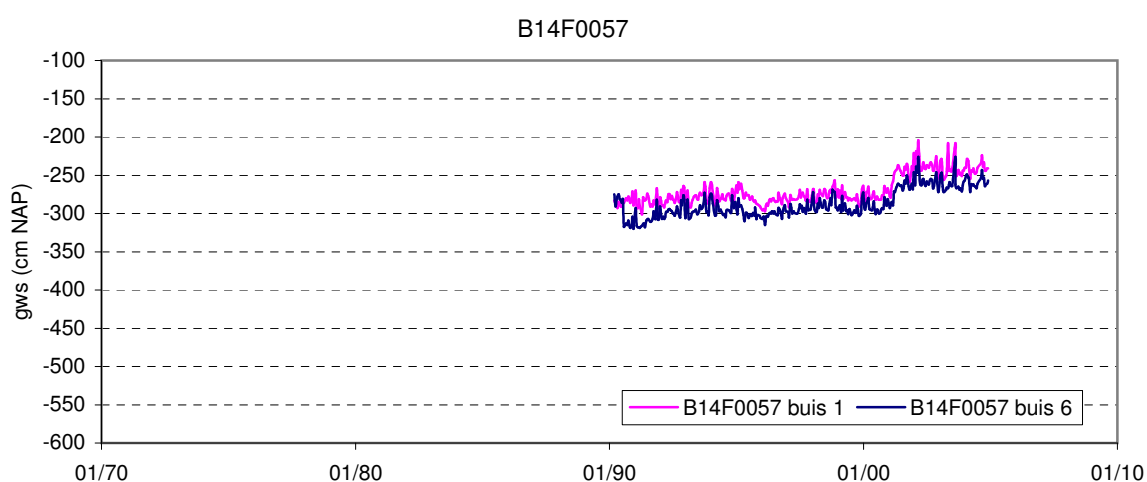
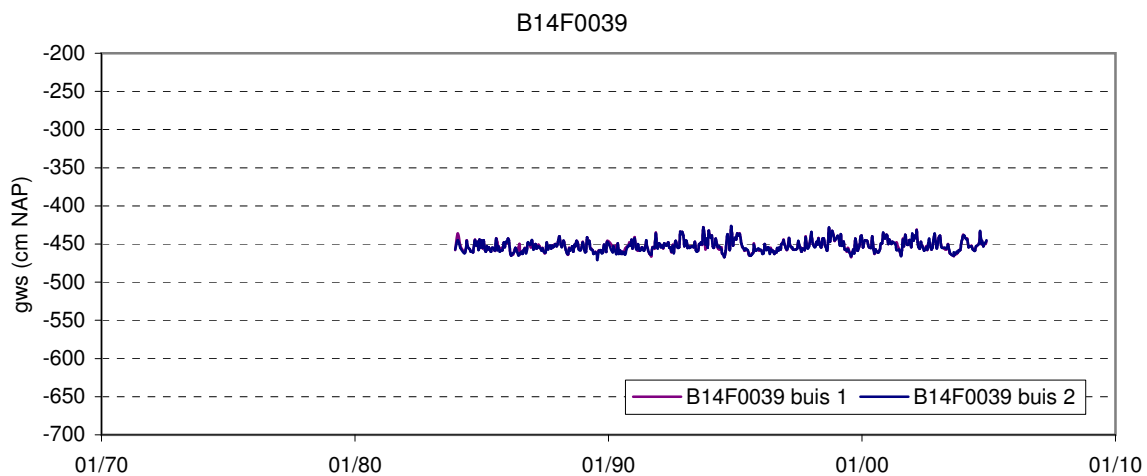


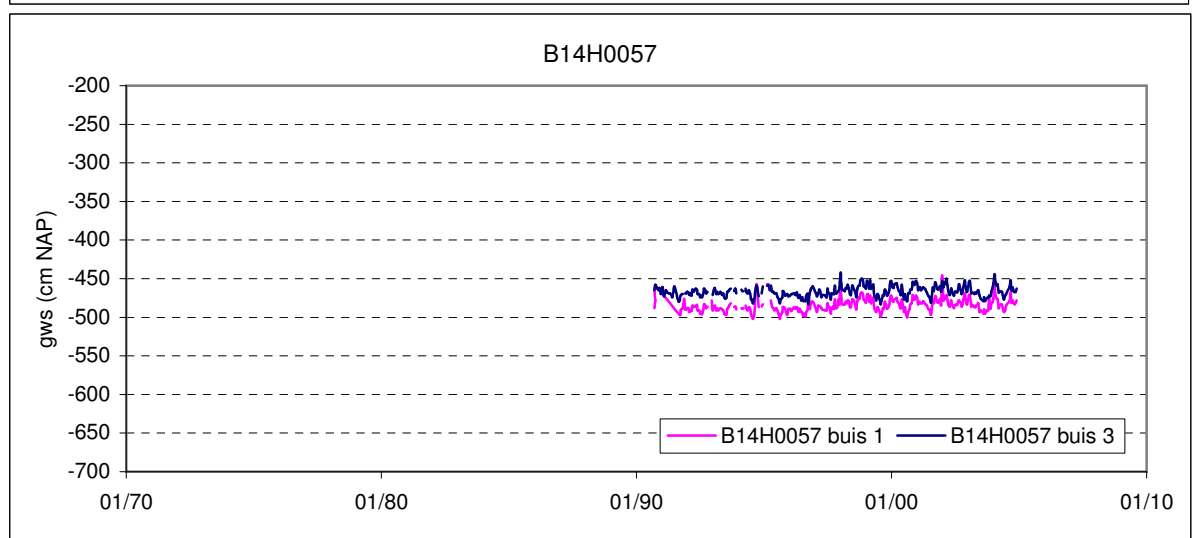
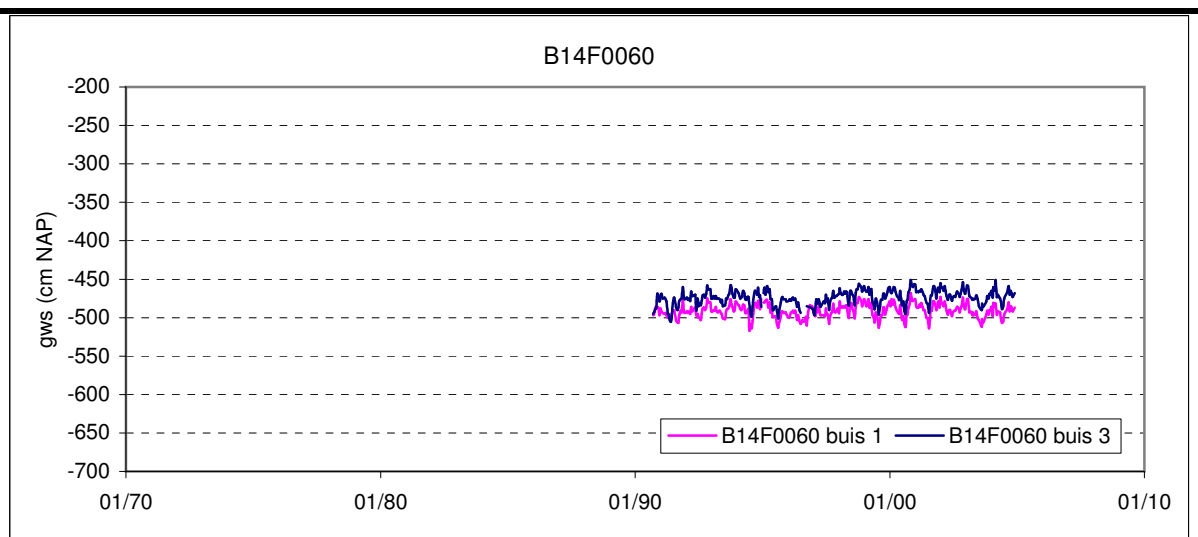
Peilbuizen dieper dan NAP -150 m





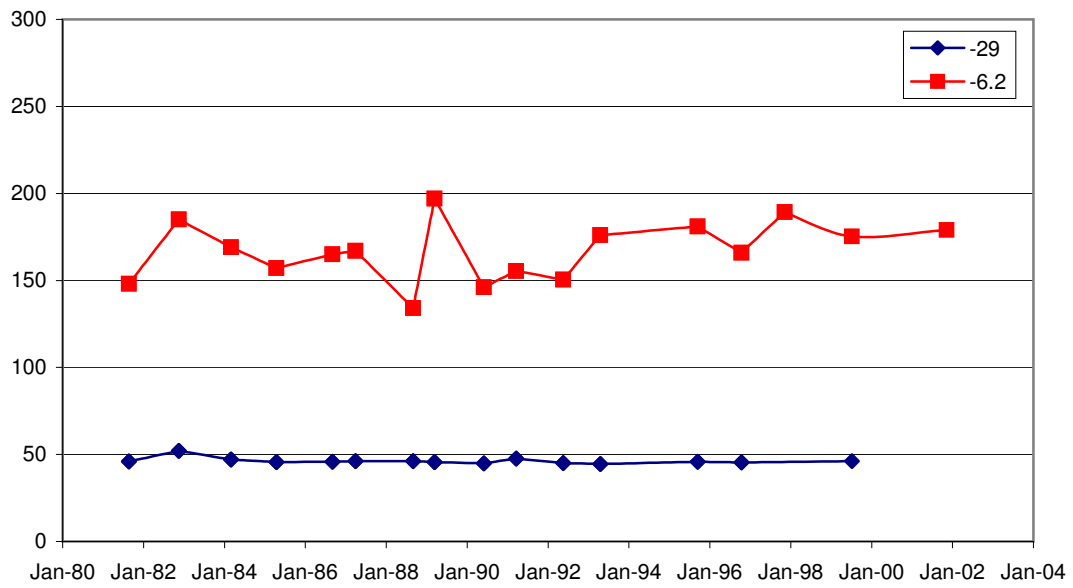




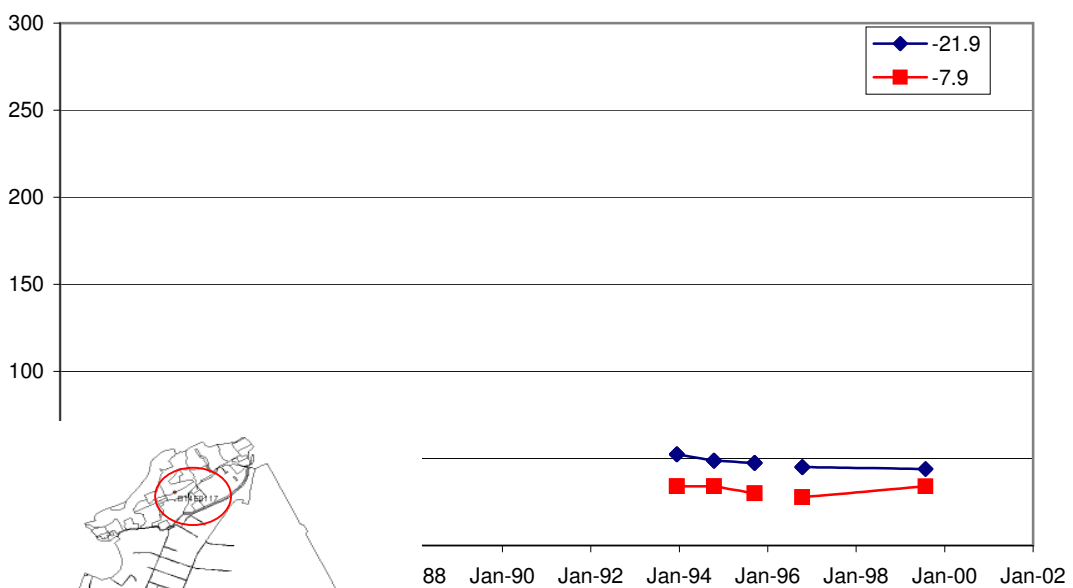


BIJLAGE II Meetreeksen grondwater chlorideconcentraties

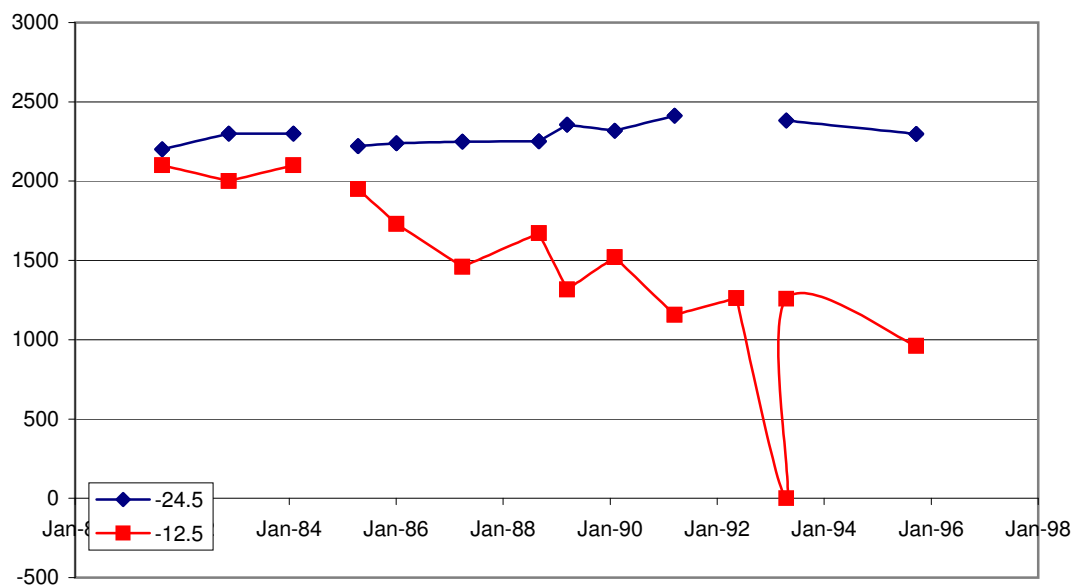
B14D0067



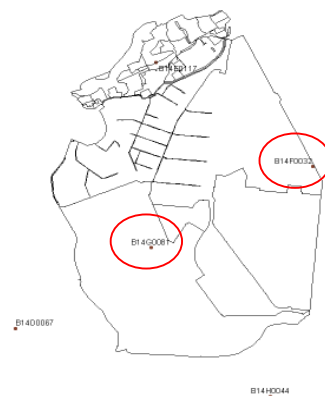
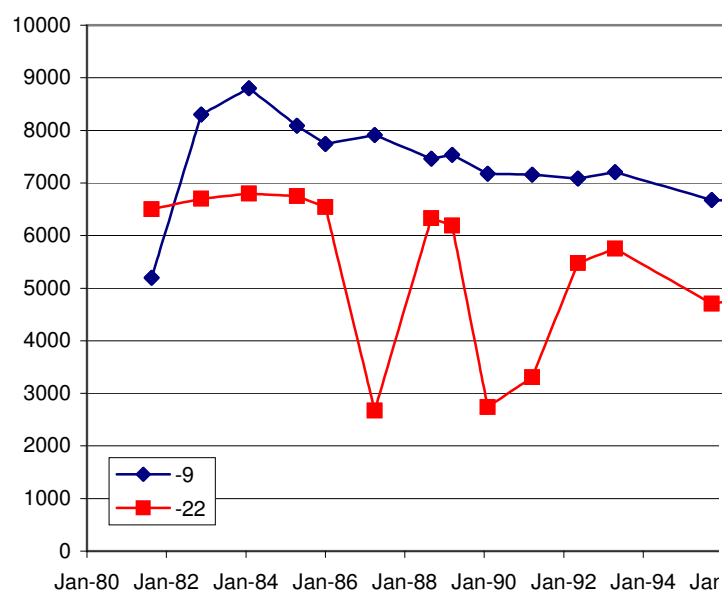
B14E0117

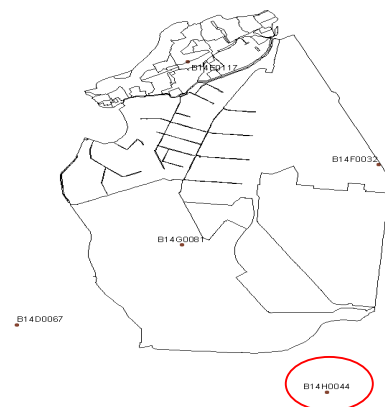
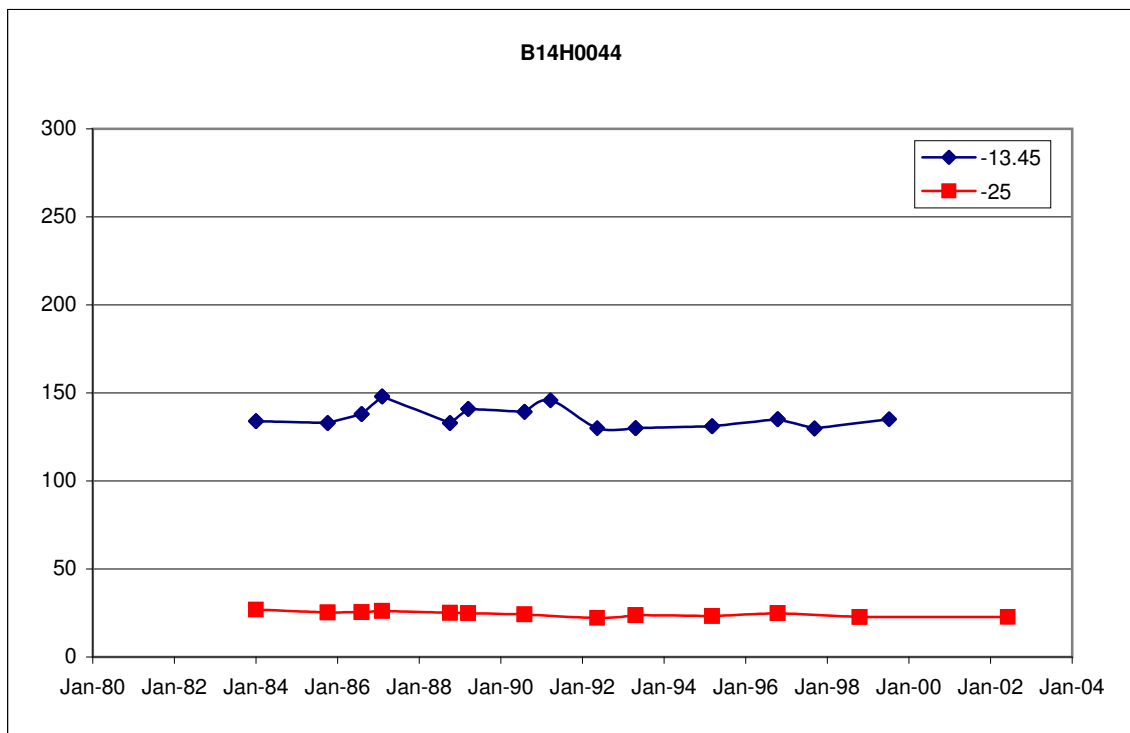


B14F0032



B14G0081





BIJLAGE III Hydrochemische analyses

BIJLAGE III. Grondwaterkwaliteit

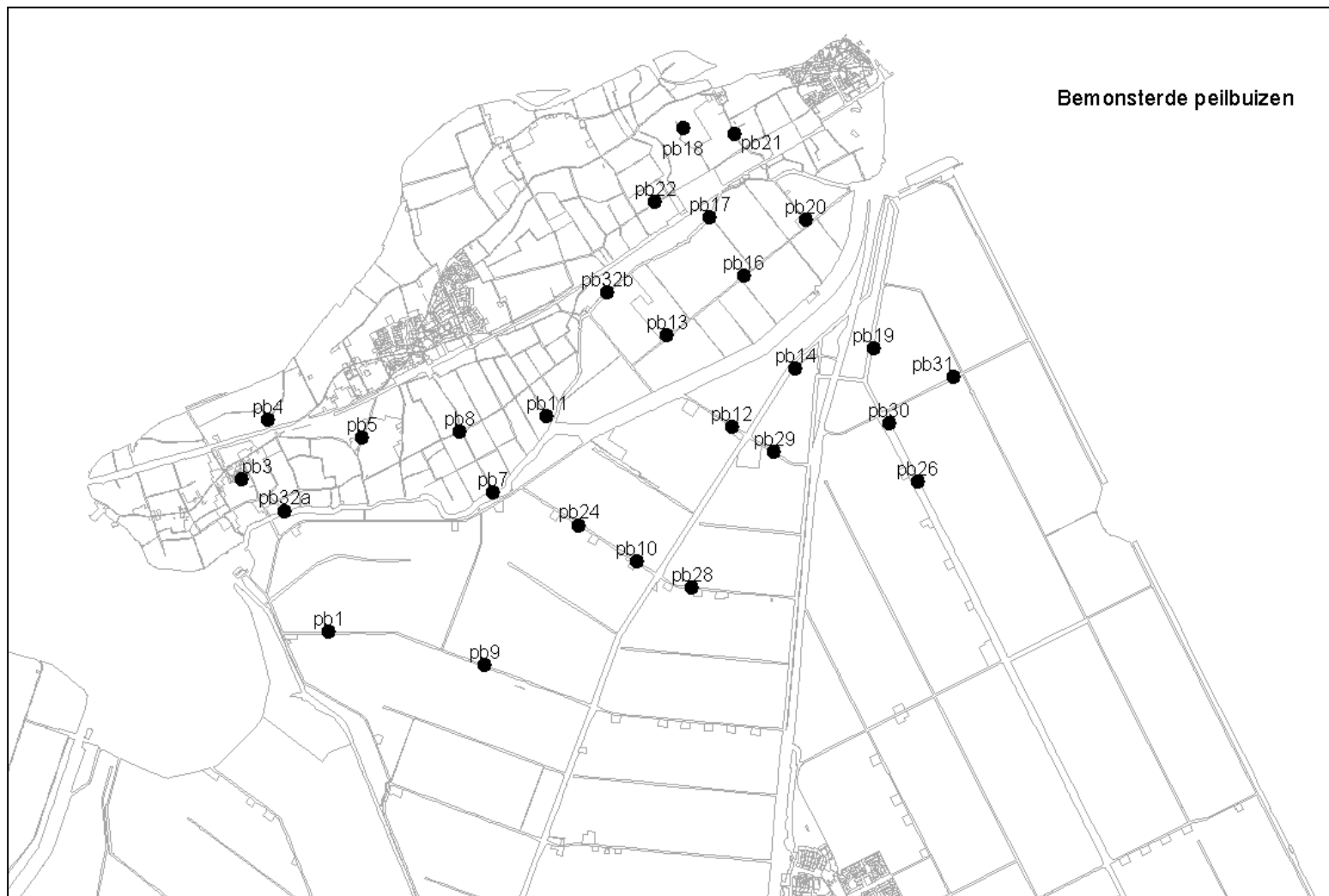
Tabel --.1 Resultaten bemonstering en interpretatie

peilbuis	EC	pH	Temp.	Na	K	Mg	Ca	NH4	Cl	HCO3	SO4	NO3	Fe	Mn	tot P	SI-calc	SI-vivian	Sum cat	Sum an	IB err	W typ	Exch	trend
	µS/cm	[-]	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	[-]	[-]	[meq/l]	[meq/l]	[%]			
pb1	3800	7.5	21	830	52	66	101	8.3	1300	770	100	1.2	7	0.53	1.8	0.59	2.66	47.74	-50.54	-2.85	b4-NaCl	3.56	verzoet
pb3	510	6.4	20	41	9.1	12	31	0	37	88	33	100	0.14	0	0.2	-1.69	-6.52	4.47	-4.7	-2.54	F1-CaMIN+	1.88	geen
pb4	3900	7	10	870	12	59	329	0.2	1700	270	440	0	21	1.9	0.5	-0.08	1.23	57.82	-59.12	-1.11	b3-NaCl-	-8.38	verzilt
pb5	810	7.1	21	52	11	18	70	0.2	56	170	86	140	0	1	1.7	-0.4	-42.12	7.22	-8.1	-5.73	F2-CaMIC+	2.33	geen
pb7	1600	7.6	20	240	32	33	64	0.9	380	260	100	0	0.84	0.17	0.4	0.15	-0.62	16.82	-16.64	0.55	B3-NaCl+	2.48	geen
pb8	1400	7.4	21	150	5.2	14	170	0.2	300	330	140	0	7.8	0.5	1	0.48	2.43	15.77	-15.97	-0.64	f3-CaClo	-1.26	geen
pb9	10000	6.8	21	4900	76	400	596	5.2	11000	530	950	110	42	1.5	0.8	0.21	1.3	271.55	-332.51	-10.09	S4-NaCl	-84.51	verzilt
pb10	4200	6.8	20	920	29	79	460	4.7	2100	1000	0	0	28	1.5	0.3	0.58	0.66	70.47	-74.57	-2.83	b5-NaCl-	-16.22	verzilt
pb11	2800	7.4	16	1600	12	21	366	0.5	2400	300	180	0	20	1.4	2	0.49	3.4	89.48	-75.2	8.67	b3-NaCl	-0.92	geen
pb12	9500	6.8	21	2400	38	240	418	3.5	8700	390	950	0	15	0.3	0	-0.03	-27.6	140.82	-265.69	-30.72	b3-NaCl	-137.87	verzilt
pb13	4100	8.1	20	1400	13	42	210	1.3	1600	420	330	0	3	0.4	1.5	1.15	2.4	73.49	-57.06	12.59	b3-NaCl	16.32	verzoet
pb14	6900	7.3	20	2300	66	200	347	2.9	3900	500	570	6.8	9.7	0.4	0	0.54	-26.71	132.06	-126.21	2.26	b4-NaCl	0.3	geen
pb16	9000	6.7	20	4100	30	290	861	1.2	9900	320	960	0	34	0.5	1.7	0.05	1.41	239.38	-296.66	-10.69	b3-NaCl-	-96.29	verzilt
pb17	3500	7.4	20	760	9.3	24	66	1.2	1200	260	270	0	5	0.2	0.8	-0.16	1.47	38.03	-42.96	-6.09	b3-NaCl	-1	geen
pb18	4800	7	21	1300	35	100	372	1.8	2800	240	380	0	30	1.3	1	0.05	2.23	83.01	-88.4	-3.15	b2-NaCl-	-18.97	verzilt
pb19	12000	6.8	21	5900	120	470	469	5	15000	540	1100	8.4	0	0	0.1	0.11	-47.33	312.96	-445.91	-17.52	S4-NaCl	-155.04	verzilt
pb20	3700	7.3	21	980	16	40	121	2.2	1500	240	240	0	1.4	0	0.9	-0.04	-0.48	51.56	-50.28	1.26	b2-NaClo	0.99	geen
pb21	600	7.2	20	30	22	14	63	0.2	61	190	40	24	0	1.4	1.3	-0.28	-41.97	6.04	-5.89	1.25	F2-CaHCO3+	1.18	geen
pb22	2500	7.4	20	270	5.1	11	32	0	820	230	120	0	0	0	1.1	-0.42	-41.89	14.14	-29.18	-34.73	B2-NaCl	-12.01	verzilt
pb24	1700	7.3	20	320	15	62	223	3.4	310	730	23	0	24	0	0	0.77	-24.72	30.88	-20.49	20.23	B4-CaHCO3	10.04	verzoet
pb26	11000	6.7	20	5300	140	450	489	6.4	11000	380	1200	4.6	27	1.7	0.9	-0.14	0.55	287.6	-332.26	-7.2	S3-NaCl	-61.36	verzilt
pb27	5600	6.9	20	1600	48	98	262	12	2700	990	0	0	6.6	0.9	3.2	0.41	1.19	91.91	-91.45	0.25	b5-NaClo	-2.73	geen
pb28	9100	6.7	20	3300	120	230	368	8.8	10000	870	230	0	9.1	0.4	1.5	0.16	-0.11	182.14	-298.57	-24.22	b4-NaCl	-136.74	verzilt
pb29	7900	6.9	21	1400	38	140	221	3.6	4300	360	440	0	9.2	0.4	1.2	-0.13	0.61	82.57	-133.99	-23.74	b3-NaCl	-56.59	verzilt
pb30	15000	6.7	20	7000	210	530	610	5.7	14000	450	1500	0	20	0.6	5.7	0.01	1.68	372.03	-420.69	-6.14	S3-NaCl	-69.73	verzilt
pb31	13000	7.1	21	6100	170	470	512	7.1	11000	560	1400	0	19	1.1	3.5	0.45	2.27	323.5	-337.16	-2.07	S4-NaCl-	-24.15	geen
pb32a	1600	7.5	21	250	65	57	19	1	260	500	130	0	5.2	0.4	5.4	-0.2	3.67	17.82	-17.73	0.26	f4-NaMIC+	9.37	geen
pb32b	1300	7	20	270	2.4	4.7	33	0	170	250	260	0	0.6	0.4	0.5	-0.77	-2.27	13.45	-13.89	-1.6	f3-NaMIS+	7.05	geen

toelichting:

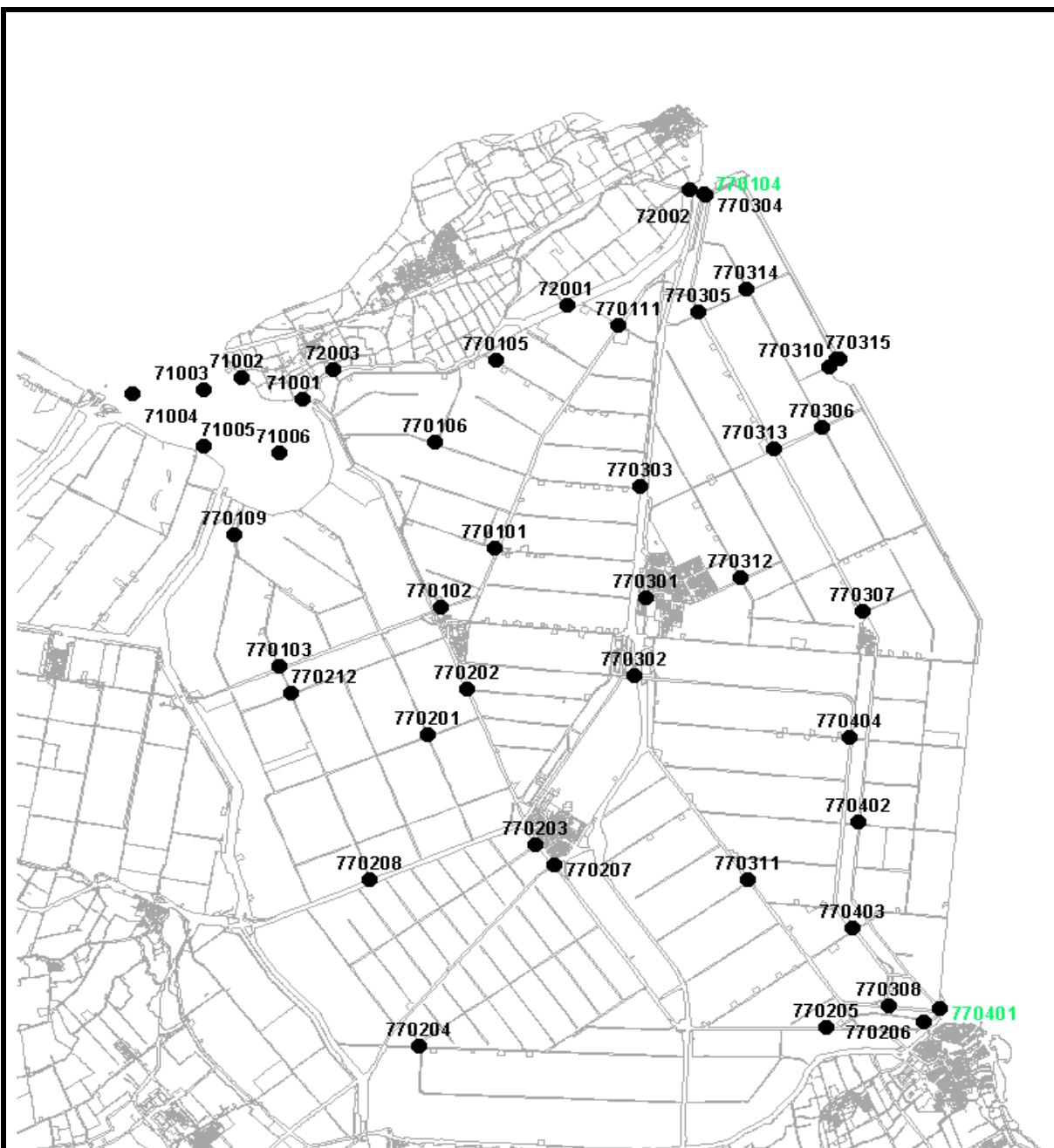
- SI-Calc : verzadigingsindex kalk
- SI-Vivian : verzadigingsindex vivianiet (ijzerfosfaat)
- Sum-cat : som kation
- Sum_an : som anionen
- IB_err : fout in de ionenbalans
- W_typ : Stuyfzandtypering
- Exch : exchange-factor, berekend op basis van Na, Mg, K en Cl; geeft trend aan

Voor een aantal monsters is de fout in de ionenbalans tamelijk groot ($> 10\%$), dit betekent dat de analyses minder betrouwbaar zijn.



Afbeelding III.1. Lokatie peilbuizen

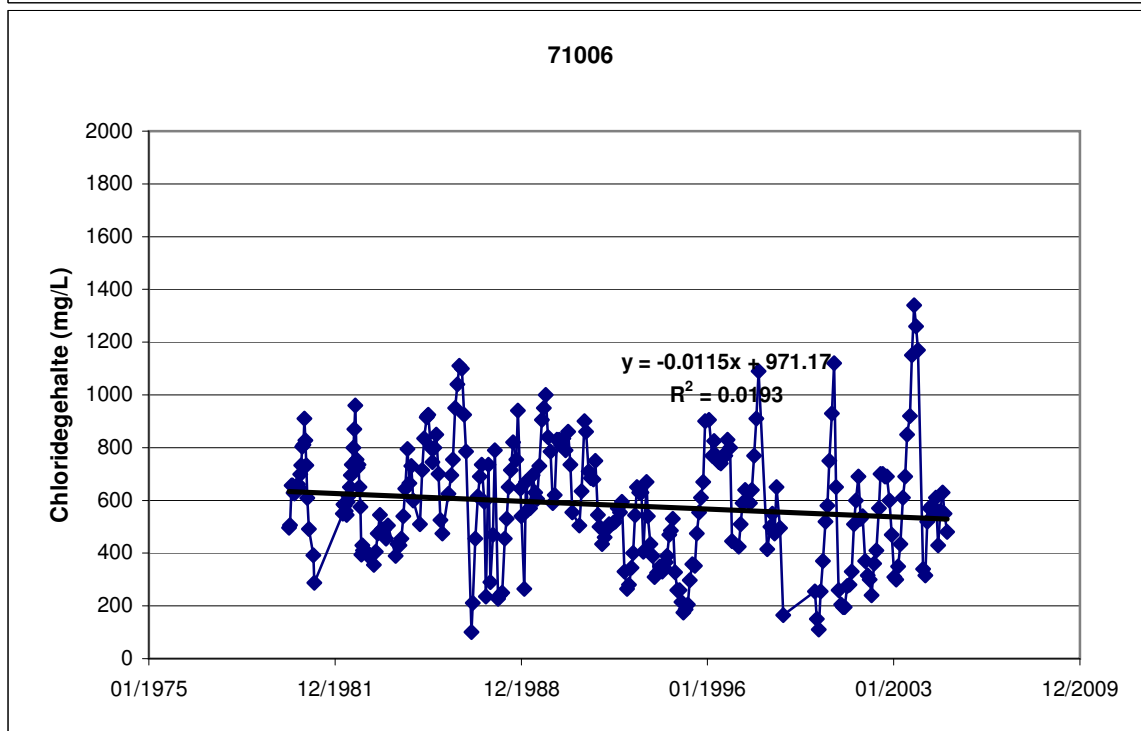
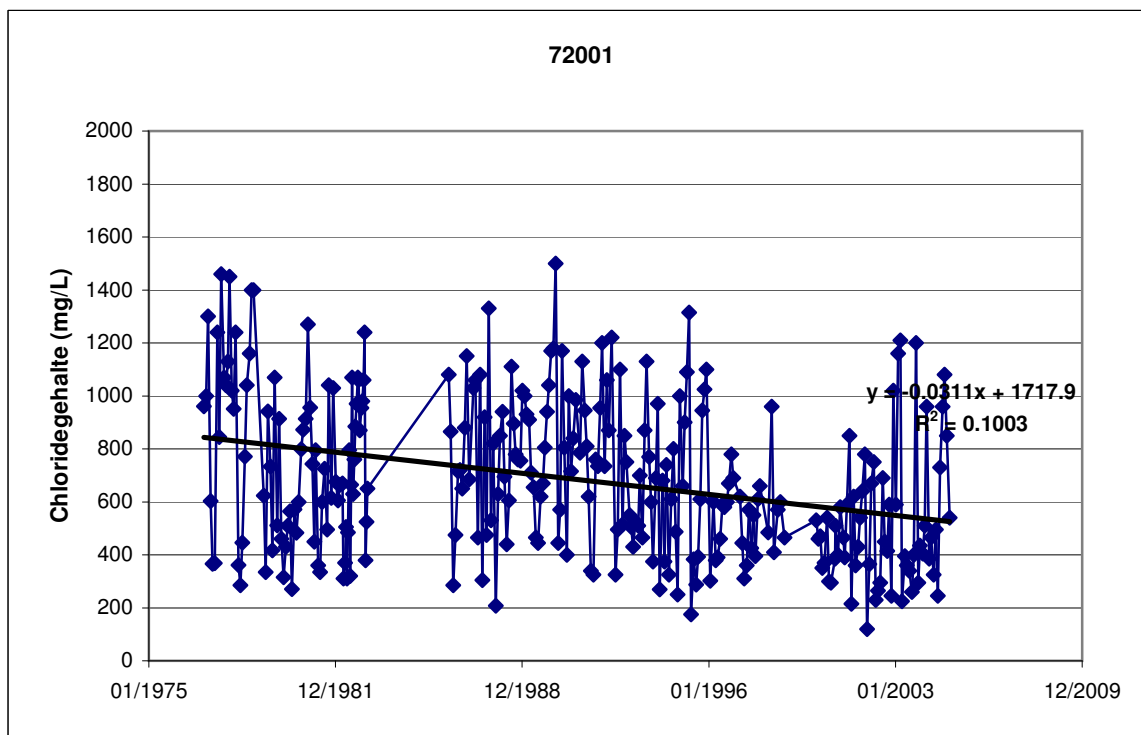
BIJLAGE IV Trendanalyse oppervlaktewaterkwaliteit



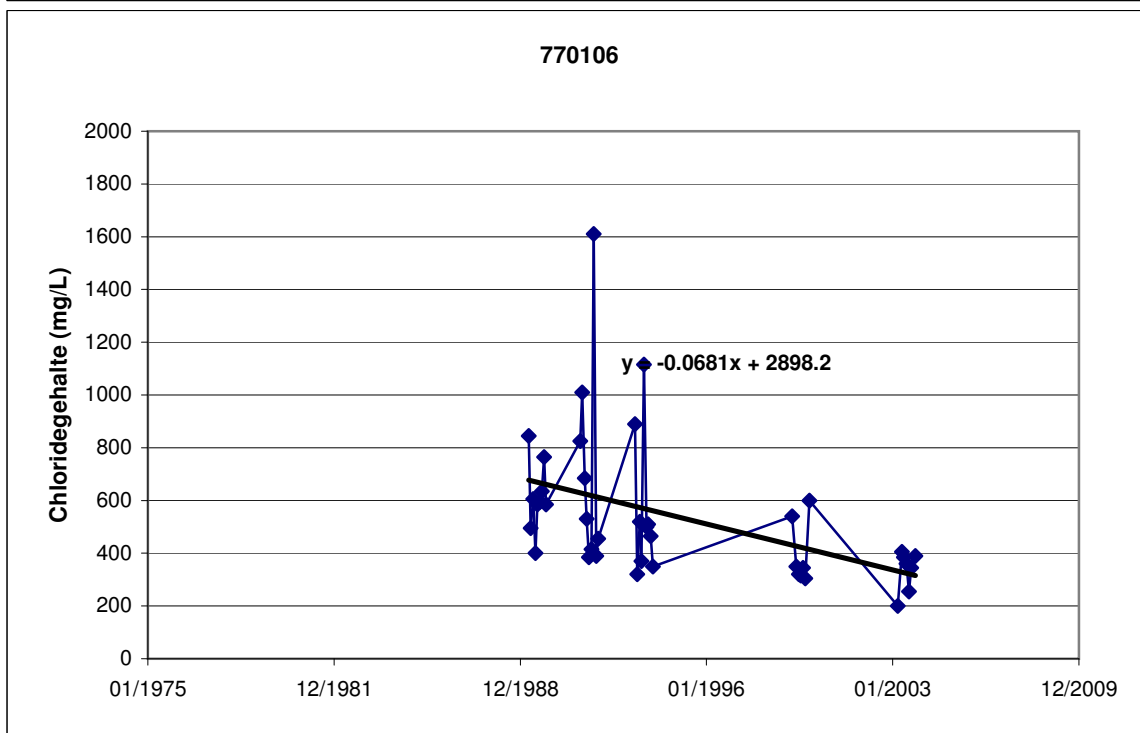
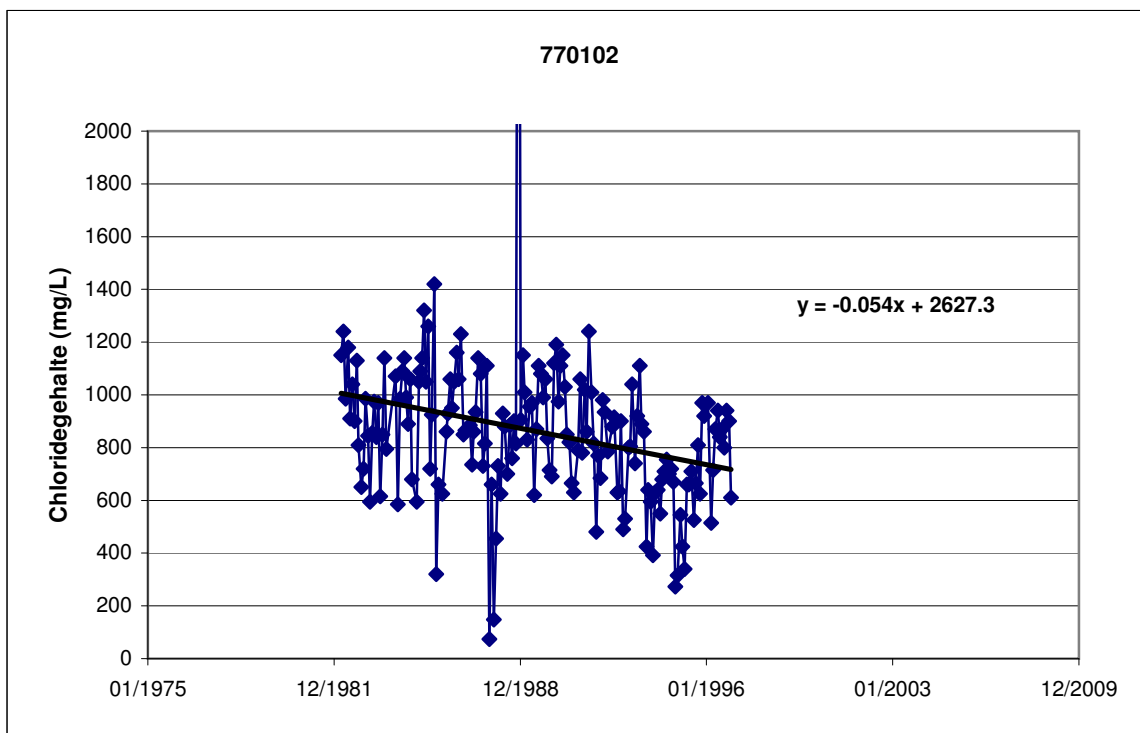
Kode1	X	Y	Naam
071001	124220	544220	Amstelmeer, de Haukes, t.p.v. westelijk havenhoofd
071002	123109	544629	Westerland, Amstelmeer
071003	122410	544390	Amstelmeer, midden van Noordelijk deel
071004	121124	544323	Amstelmeer, Noord-Oos elijk van Ewijcksluis
071005	122406	543285	Amstelmeer, krib t/o Lotweg
071006	123800	543160	Amstelmeer, midden Z. deel, 0,5 m diep
071007	123800	543160	Amstelmeer, midden Z. deel, 5 m diep
071008	123800	543160	Amstelmeer, midden Z. deel, 10 m diep
071009	123800	543160	Amstelmeer, midden Z. deel, 0,5 m b. bodem.
072001	129030	546080	Amstelmeerkanaal t.p.v. brug in Burgerweg
072002	131268	548352	Den Oever, Amstelmeerkanaal, Zuidzijde inlaat
072003	124771	544788	Amstelmeerkanaal, brug tpv de Haukes
177201	122680	542350	Waardkanaal, brug te Ulkesluis.
177202	121590	540020	Pishoek, tpv Noordelijkste punt
285101	124348	544459	Wieringen ZW, Haukesdijk, voor gemaal.
285102	124279	544417	Wieringen ZW, De Haukes, dijksloot.
285103	123910	544596	Wieringen ZW, thv Westdamsterweg.
285201	126695	549015	Wieringen M, Hippolytushoef, Kraaiengat Stroe.
285202	125634	547325	Wieringen M, Hippolytushoef, na overstort H-N.
285203	124825	545664	Wieringen M, Westerland, thv rioolgemaal.
285204	125075	545075	Wieringen, duiker in Hoelmerweg, O van Poelweg
285401	130738	547230	Waard Nieuwlandpolder, voor krooshek gemaal
285402	128926	546155	Waard Nieuwlandpolder, voorboezem tpv Burgerweg.
285403	131192	548404	Waard Nieuwlandpolder, voor gemaal "Stontelee"
285501	127577	545489	Wieringen C, Hipp lyttushoef,voor gemaal Lonjeweg
285503	126535	546367	Wieringen C, Z v Hippolytushoef.
285504	128056	547012	Wieringen C, Burgerweg voor de dijk W. Nieuwland
285505	126887	547646	Wieringen C, tpv duiker in Pieter Wilms Weelweg
285506	127795	548010	Wieringen C, Verlengde Hofweg.
285601	130466	549114	Wieringen O, ZW v Den Oever, regenwateroverstort.
285602	130360	548782	Wieringen, berm sl ventweg N99, NO Zingende Wielen
770101	127720	541280	Slootdorp, Oeverse vaart, tpv brug in de Wierweg
770102	126720	540100	Slootdorp, Nieuwesluizervaart, tpv brug N-Westelij
770103	123794	538932	Slootdorp, Nieuwesluizervaart, tpv brug in de Ulke
770104	131517	548262	Den Oever, westelijk aanvoerkanaal, voor krooshek
770105	127731	544996	Klieverweg tpv schuif . 250 m van kruising met Wie
770106	126633	543365	Schelpenbolweg, tpv duiker/krooshek, ten westen va
770107	125300	540380	N'zijde duiker Kooltuinentocht, thv driesprong Koo
770108	124264	541946	Wegsloot langs Molenweg ca. 25 m ten zuiden van nr
770109	122980	541550	Wegsloot oostkant Ulkeweg ca 700 m van kruising Ul
770110	124718	543990	Bermsloot, W'kant Slootweg, tpv kruising met Hauke
770111	129960	545680	Den Oeversche Vaart, tpv brug in Hypolitushoeverwe
770201	126490	537585	Slootdorp, Noorma tocht, tpv brug in de Molenweg
770202	127200	538490	Slootdorp, Slootvaart, thv Dolfijnweg
770203	128456	535425	Middenmeer, Winkelerhoofdwijk, tpv brug in de Kolh
770204	126343	531435	Middenmeer, Oudelandertocht, tpv westelijke brug i
770205	133754	531801	Medemblik, Westfriesche Vaart, thv Medemblikkerslu
770206	135542	531907	Medemblik, Zuidelijk Aanvoerkanaal, tpv brug t/o g
770207	128794	535011	Westfriesche vaart vanaf brug t.p.v. Alkmaarseweg
770208	125441	534721	Westfriesche Vaart thv de Ulkeweg
770209	131100	530350	Oudelandertocht tpv brug in de par. weg v. E10
770211	124261	534175	Groettocht, tpv brug in Kolhornerweg.
770212	124001	538426	Paardetocht, tpv duiker in de Ulkeweg
770213	128825	535137	Wieringermeer, Middenmeer, zwemplaats 'Alkmaarse B
770301	130470	540290	Wieringerwerf, Oosterterptocht, tpv brug in de Ter

Kode1	X	Y	Naam
770302	130270	538750	Wieringerwerf, Hoekvaart, tpv brug in de Hoornsewe
770303	130373	542491	Robbevaart vanaf brug .p.v. Schelperbolweg
770304	131556	548252	Den Oever, oostelijk aanvoerkanaal, voor krooshek
770305	131426	545936	Hoge Kwelvaart, t.p.v. brug in de Sluitgatweg
770306	133688	543663	Kreileroord, Hoge Kwelsloot, tpv duiker in de Oom
770307	134420	540040	Hoge kwelvaart thv Korte Zeugtocht.
770308	134887	532236	Medemblikkervaart, t.p.v. brug in de Zuiderkwelweg
770309	135807	532152	Medemblik, Middelste Aanvoerkanaal, voor krooshek
770310	133808	544861	Wieringermeer, tpv afvoer van "de Wielen".
770311	132316	534723	Medemblikkervaart tpv brug in de Tussenweg
770312	132195	540680	Oostertocht, tpv brug in de Robbenoordweg, o'zijde
770313	132800	543240	Hoge kwelvaart, tpv brug in de Oom Keesweg
770314	132310	546387	Hoge kwelsloot tpv duiker in de Sluitgatweg
770315	133950	545000	Noordelijke Wiel, Noordzijde.[Vogelhuisje]''''''''
770401	135821	532176	Medemblik, Noordelijk Aanvoerkanaal, voor krooshek
770402	134330	535880	Oostelijke lage kwelvaart t v brug in de Ooster Mi
770403	134236	533762	Wieringermeer, de Hoekvaart tpv brug in het Wagenp
770404	134180	537550	Hoekvaart tpv brug in de Schervenweg
901102	131490	548450	Den Oever, Zuiderhaven, t.h.v. gemaal Leemans
BDV017	134000	545000	Dijkgatsbosch, Noordelijk Wiel, Noordzijde tpv Vog
BDV020	131180	548339	Wieringen, einde van de Voorboezem t.p.v. Nieuwlan
BDV021	128997	549690	Wieringen, plasje ten Noorden van Vatrop
BDV043	131435	545919	Hooge kwelvaart, tpv duiker in de Sluitgatweg
PAWR01	124603	531774	Parel, Wieringermeer; IN/UIT 1
PAWR02	124265	534178	Parel, Wieringermeer; IN/UIT 2
PAWR03	128452	535433	Parel, Wieringermeer; IN/UIT 3
PAWR12	125192	532845	Parel, Wieringermeer; GEBIED 12
PAWR13	125868	533622	Parel, Wieringermeer; GEBIED 13
PAWR14	127513	534777	Parel, Wieringermeer; GE IED 14
STNH35	130470	540290	Wieringerwerf, circa 100m oost van 770301
STNH36	132195	540680	Wieringerwerf
STNH37	126790	546400	Hippolytushoef, ijsbaan aan de Lonjeweg 50mzuid va
STNH38	127082	545834	Hippolytushoef, Hippolytushoeverkruisweg tpv duike

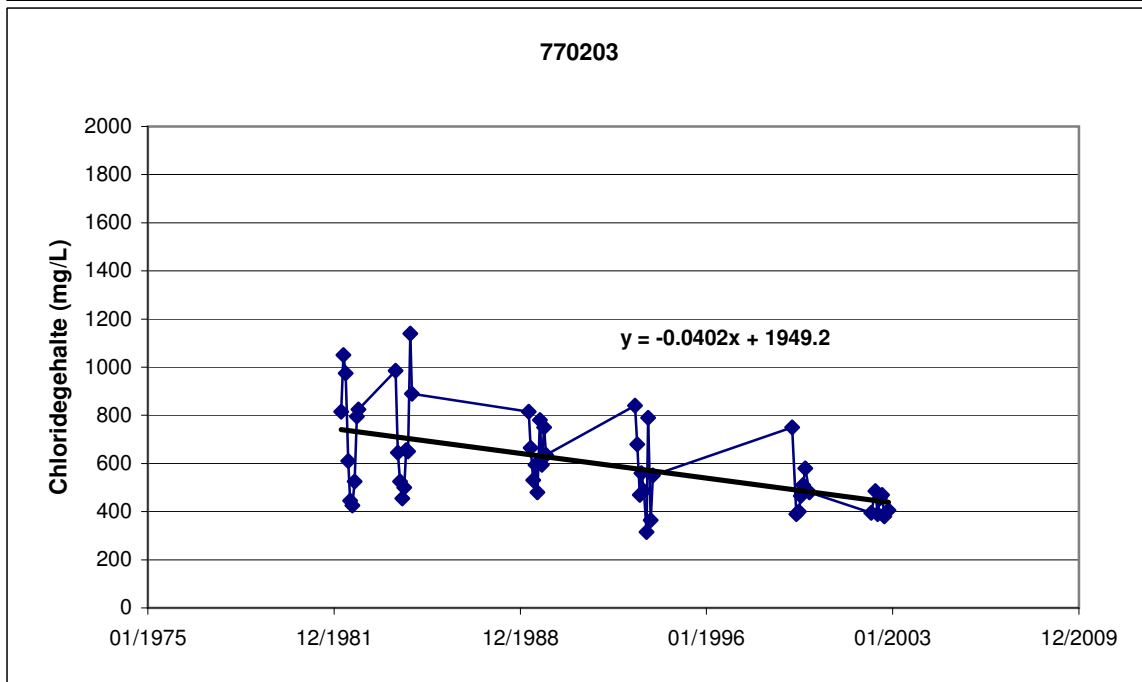
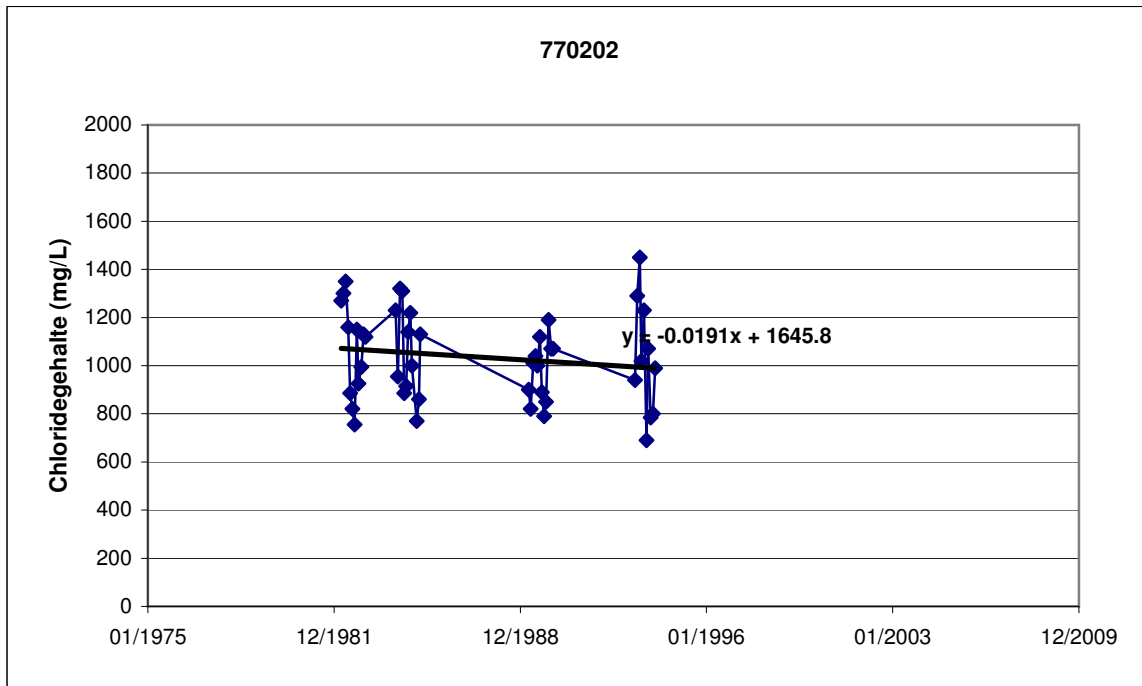
Chloridemetingen (mg/L)



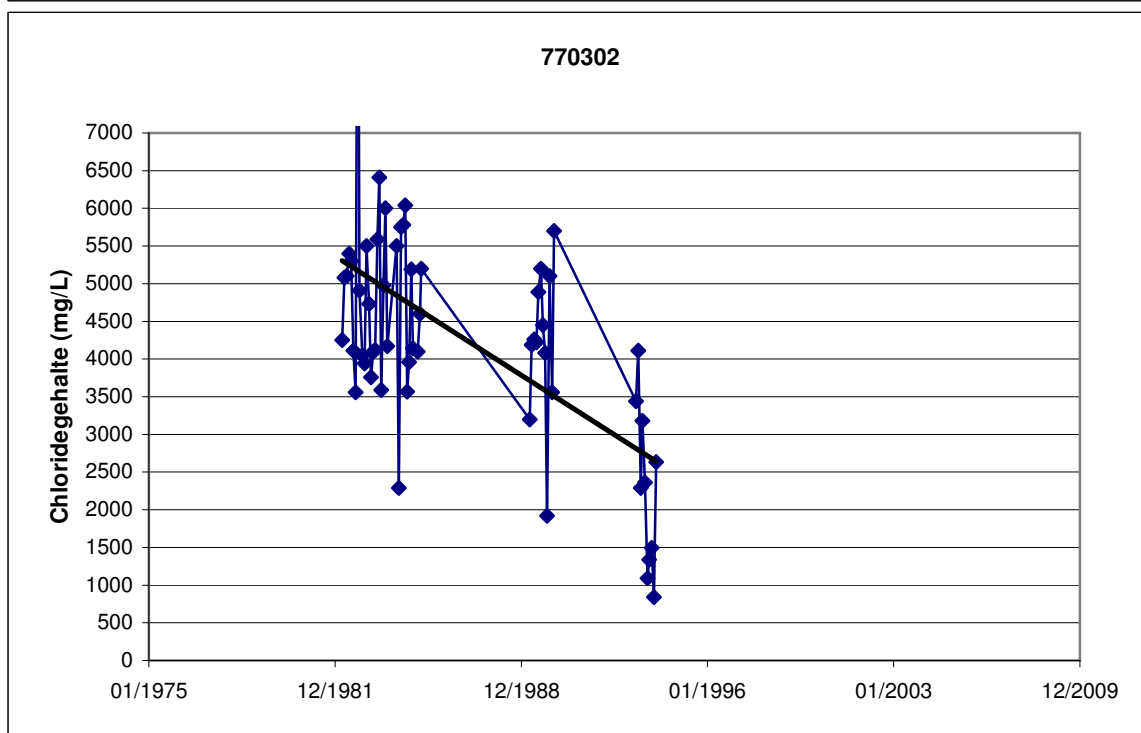
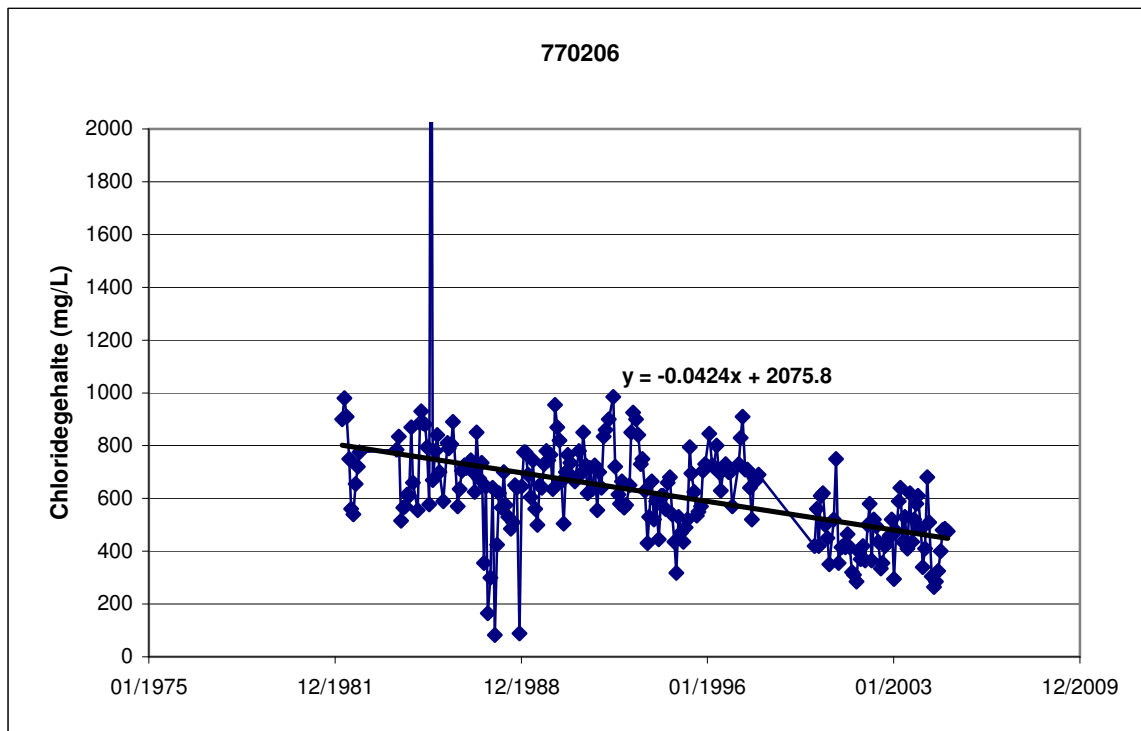
Chloridemetingen (mg/L)



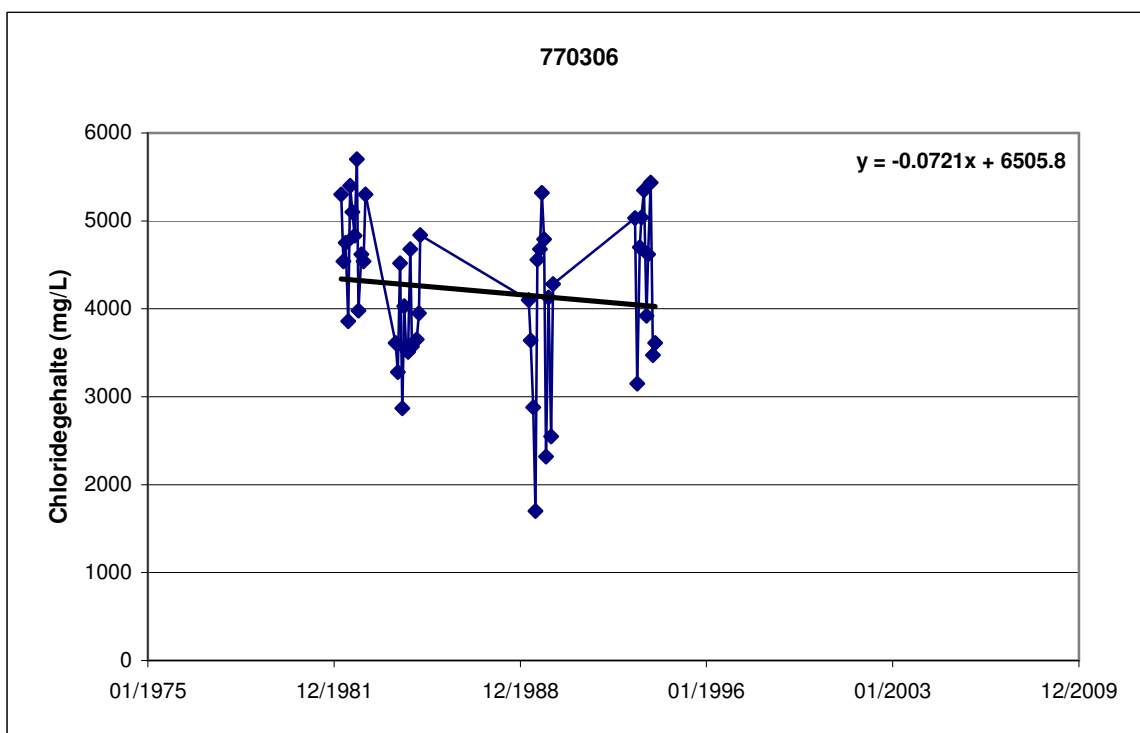
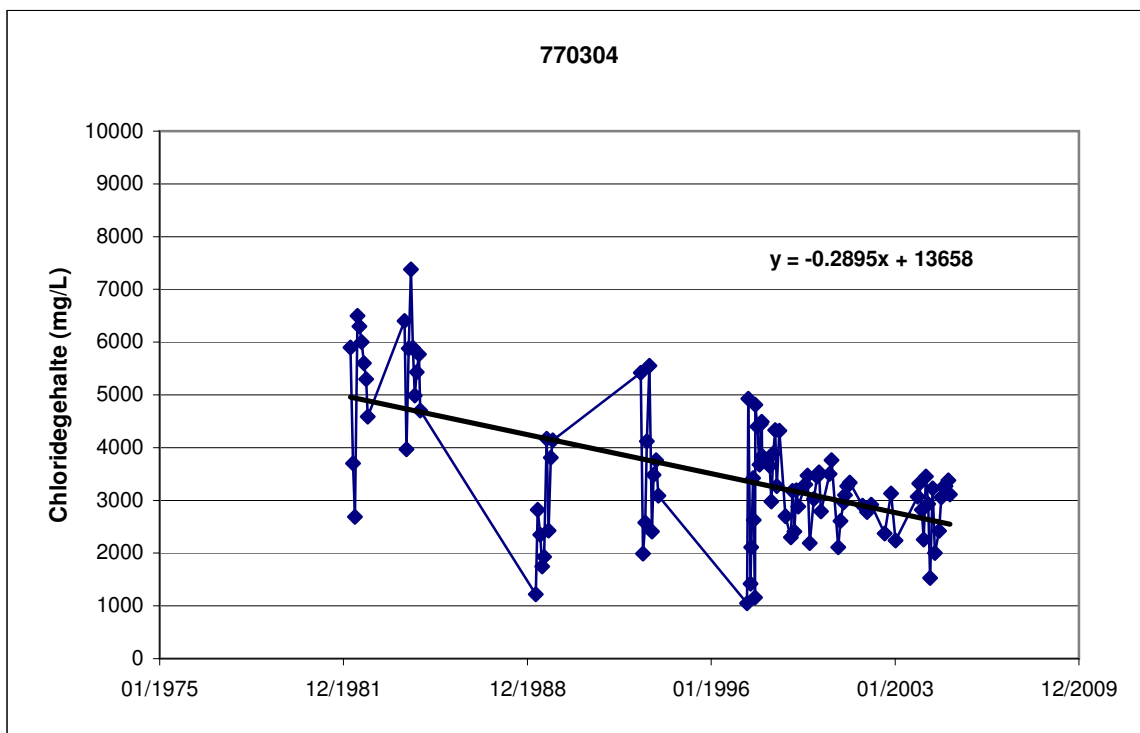
Chloridemetingen (mg/L)



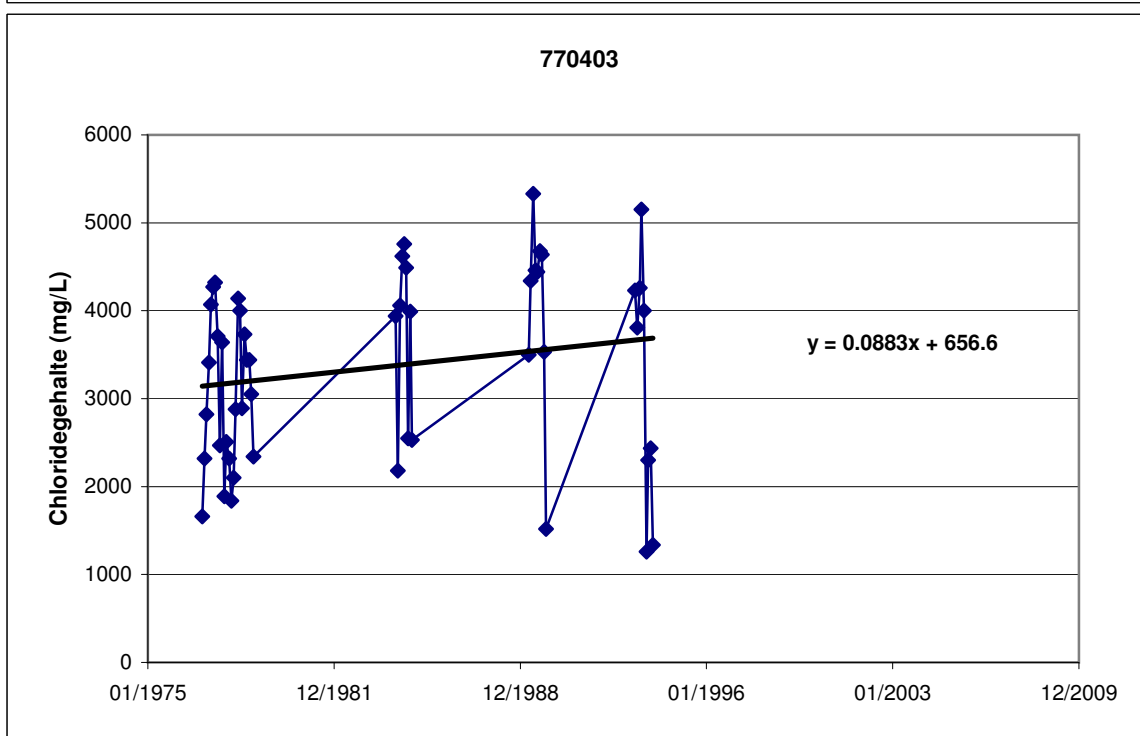
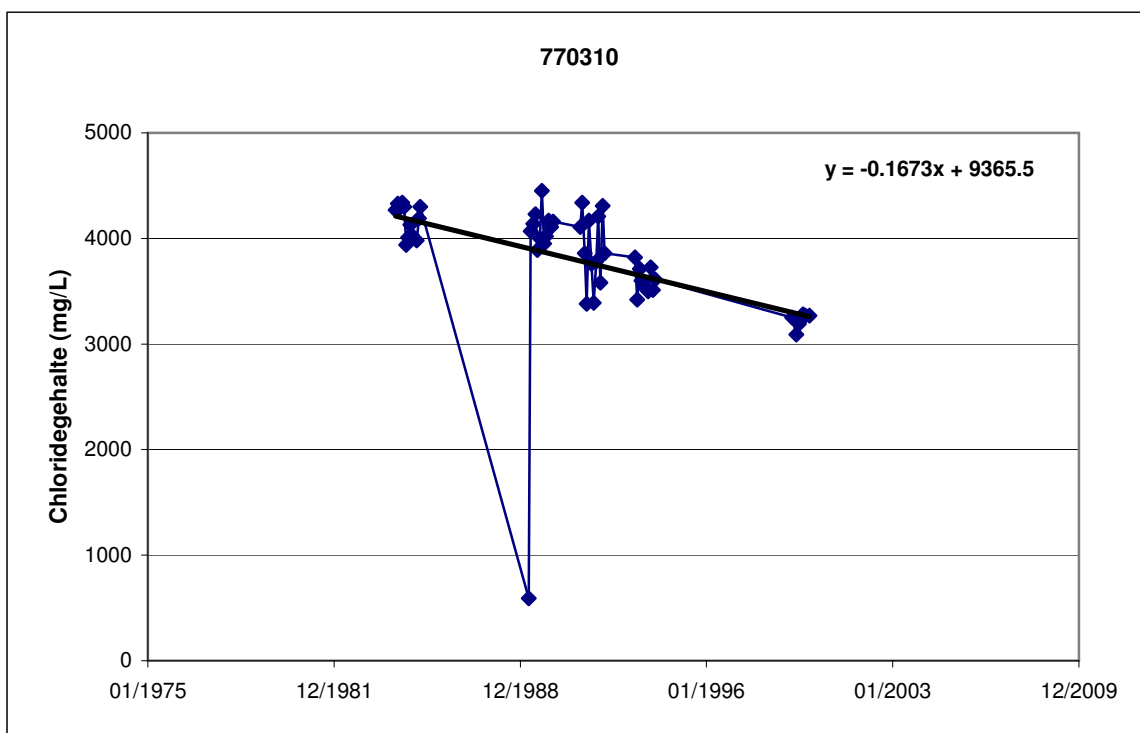
Chloridemetingen (mg/L)



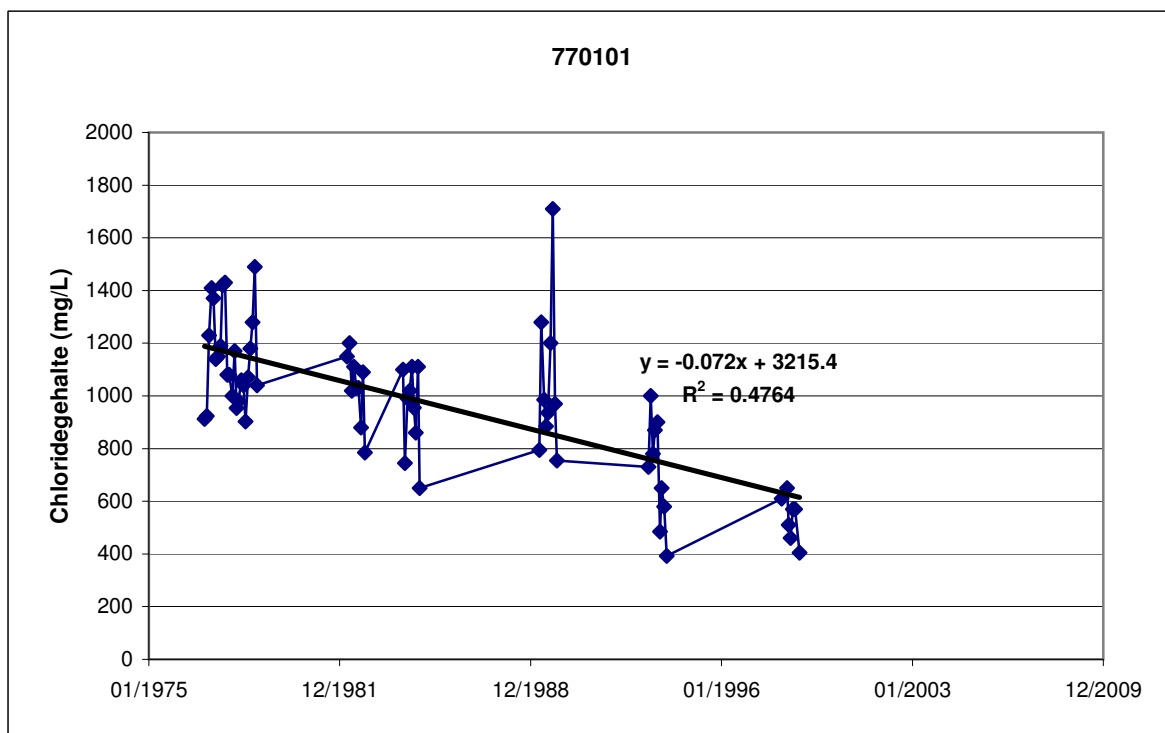
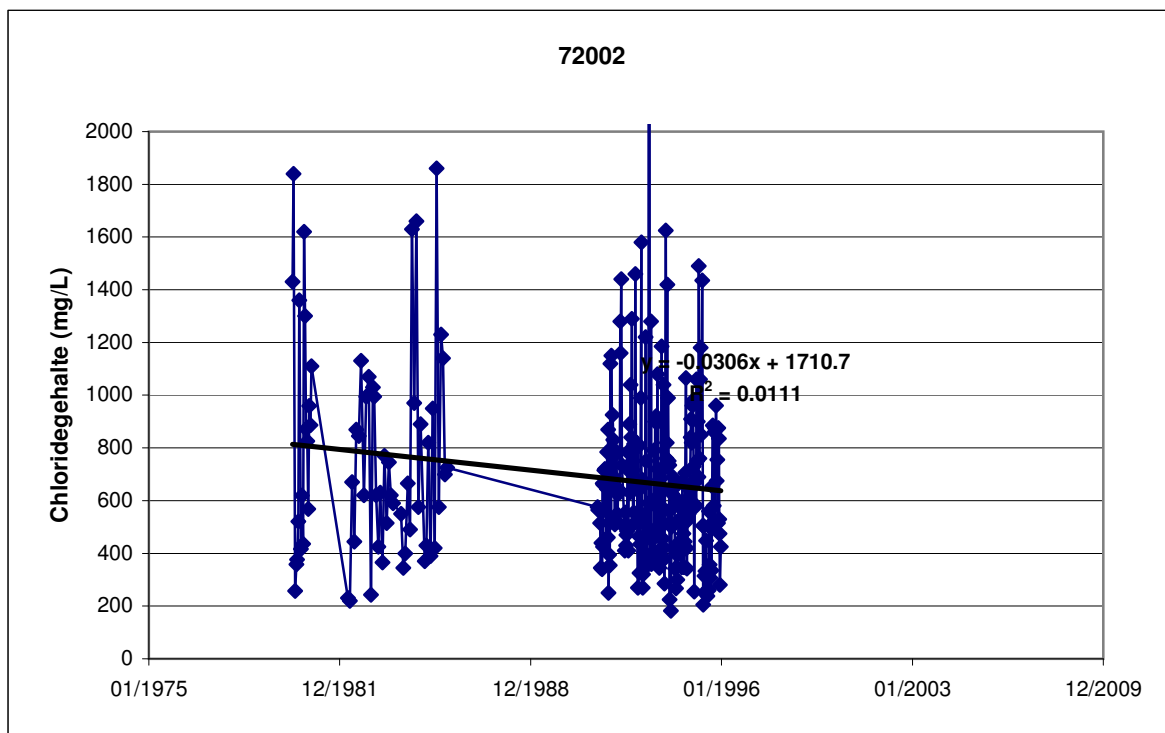
Chloridemetingen (mg/L)



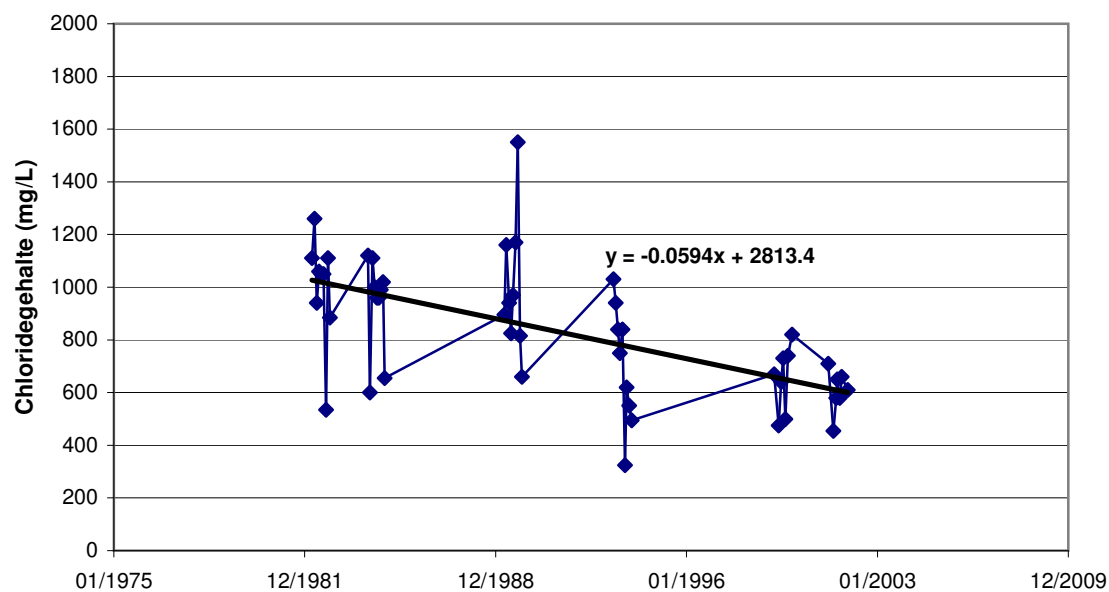
Chloridemetingen (mg/L)



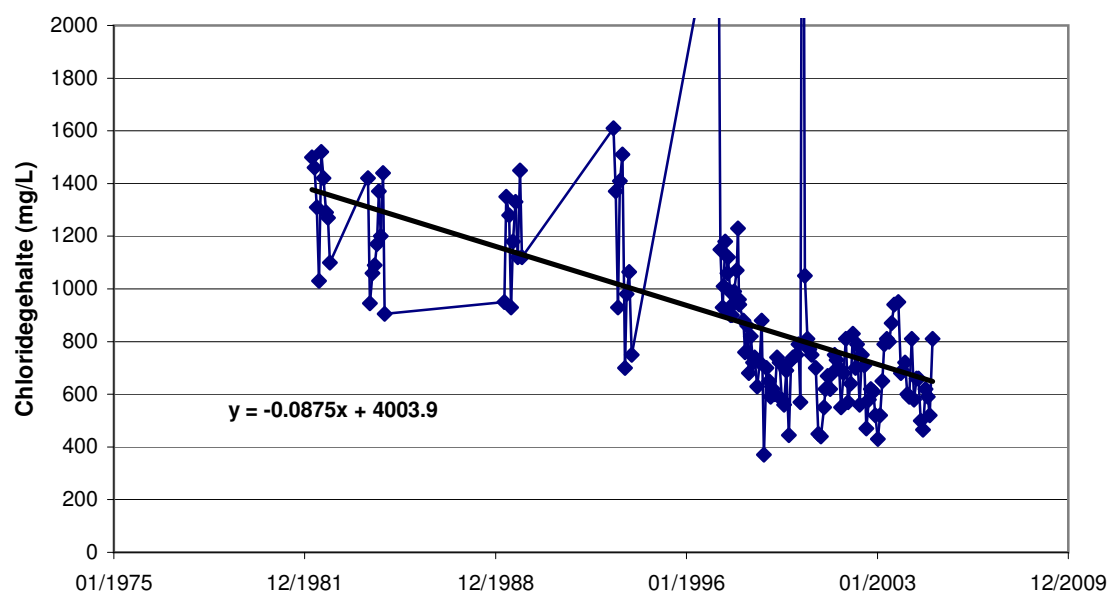
Chloridemetingen (mg/L)



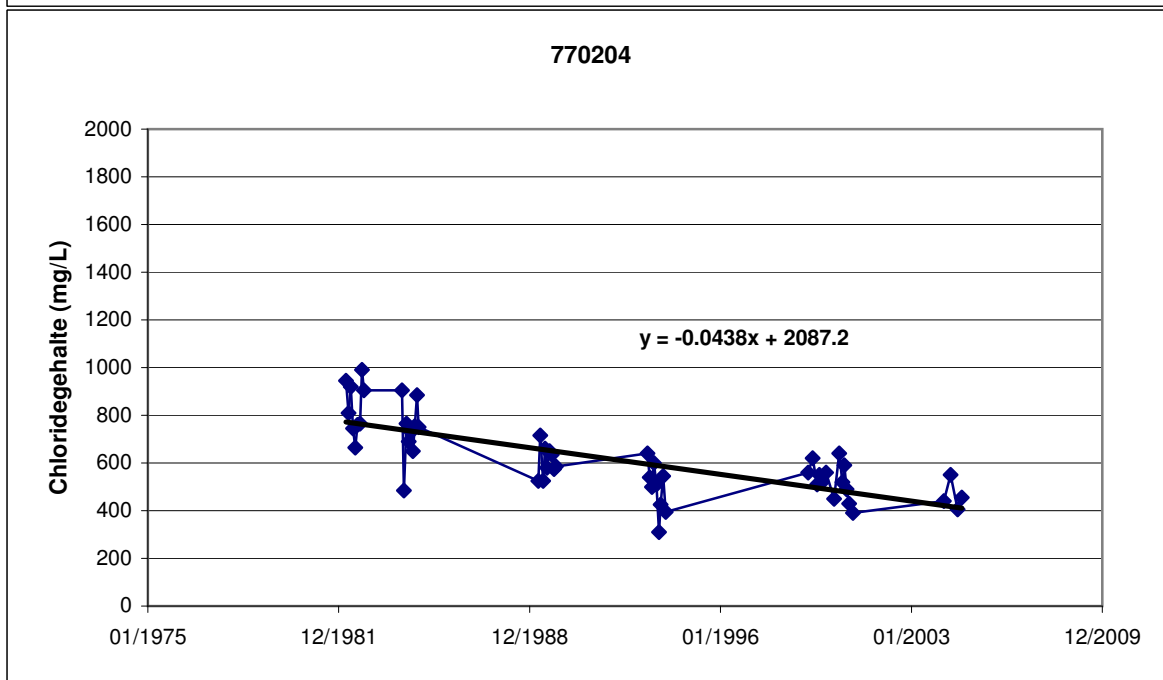
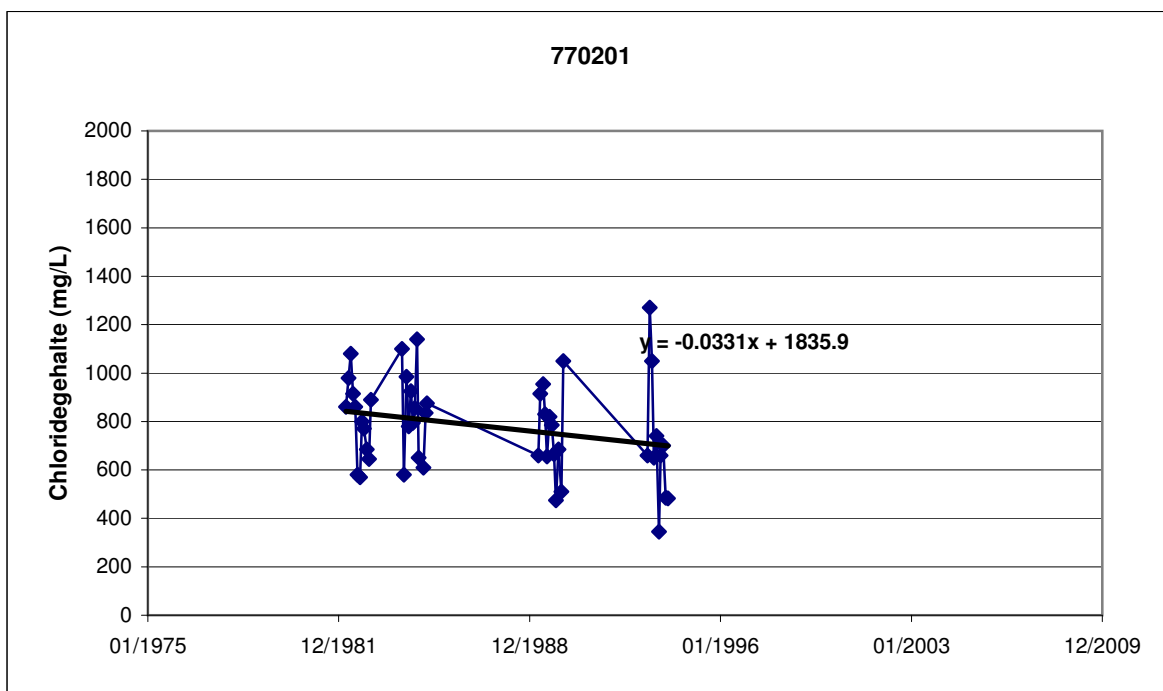
770103



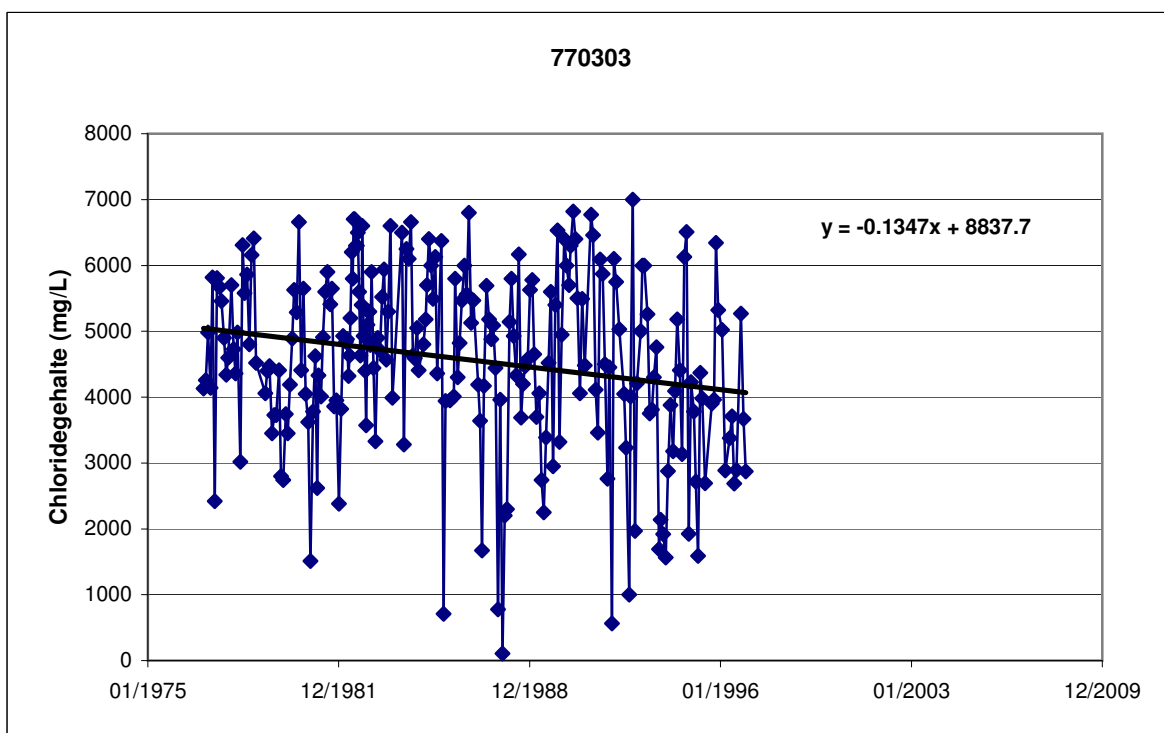
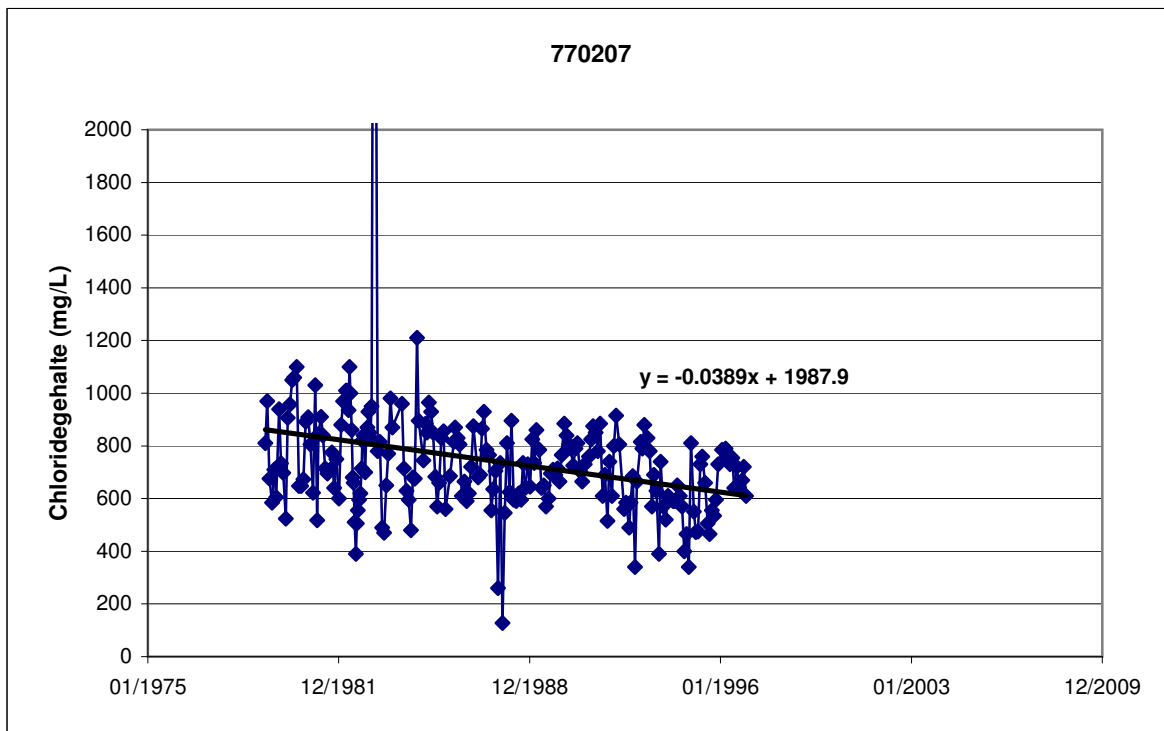
770104



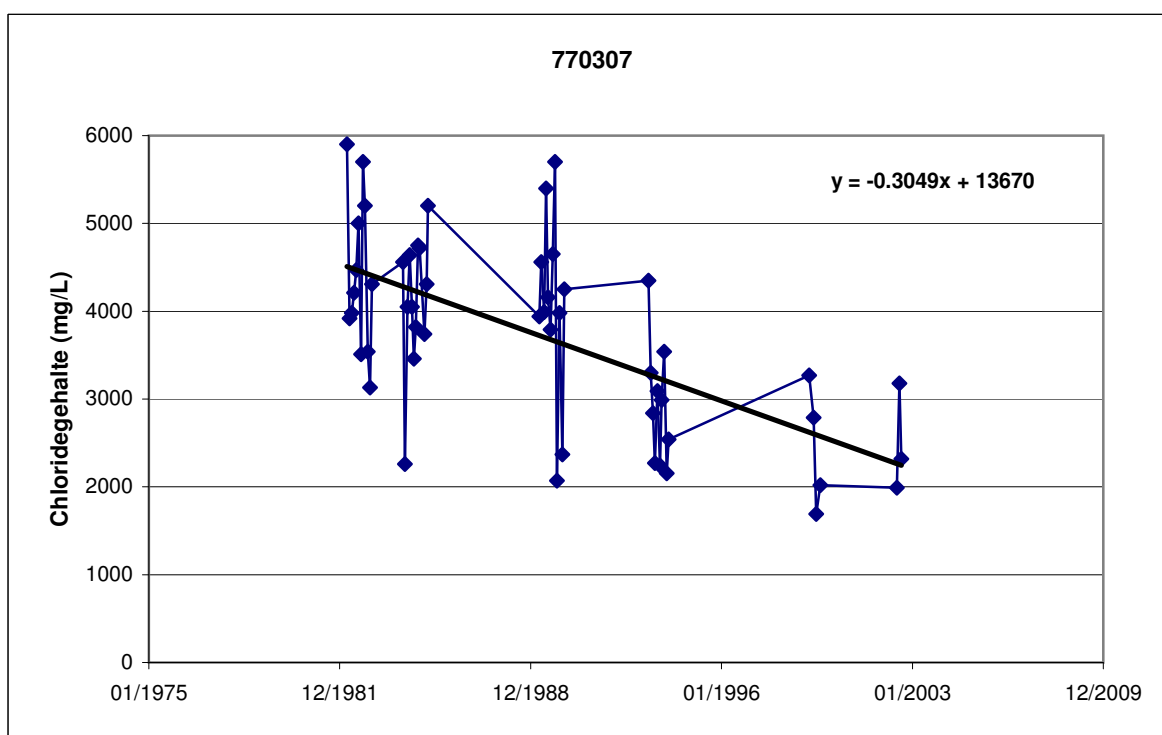
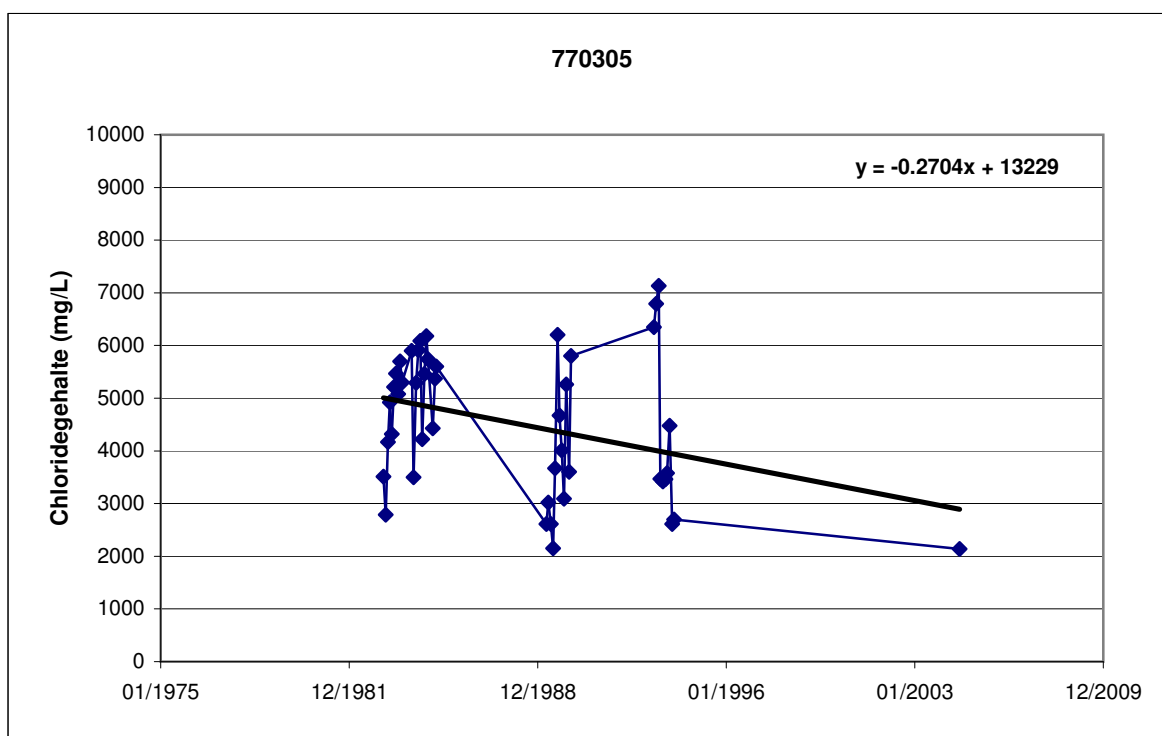
Chloridemetingen (mg/L)



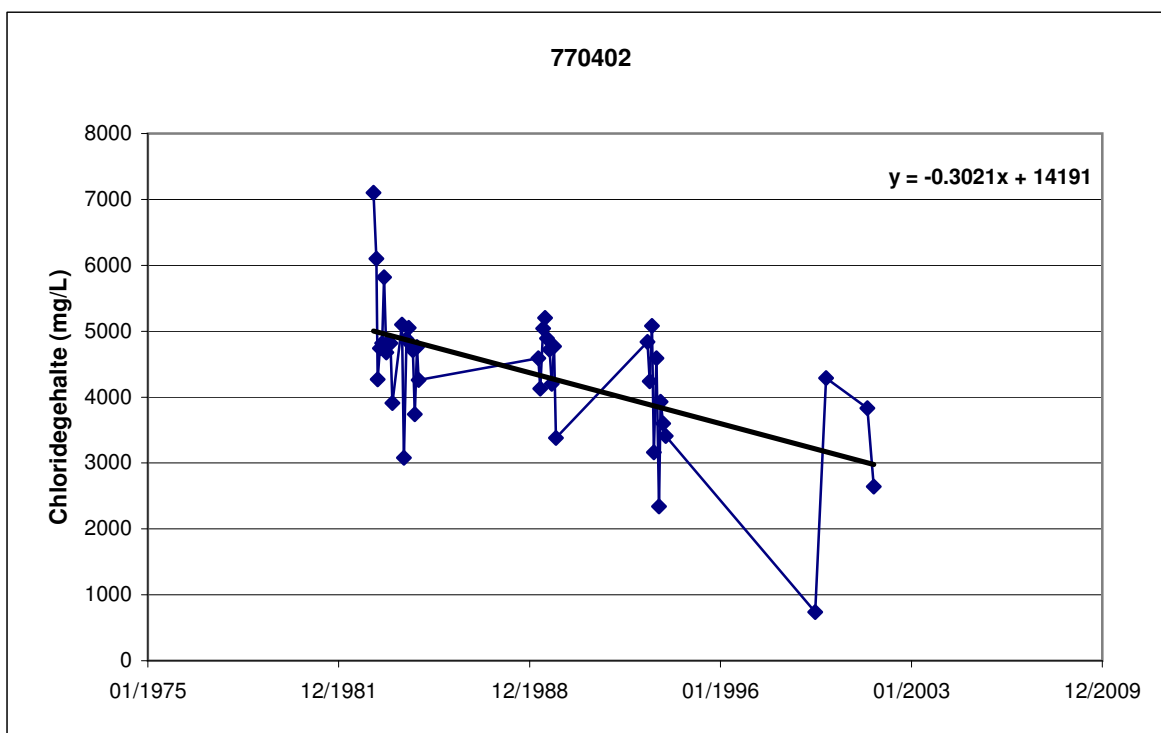
Chloridemetingen (mg/L)



Chloridemetingen (mg/L)

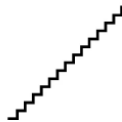


Chloridemetingen (mg/L)



BIJLAGE V Actualisatie grondwatermodel

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen+Bos
postbus 10095
1301 AB Almere
telefoon 036 548 29 00
telefax 036 533 38 83

onderwerp Details SEAWAT model Wieringermeer
projectcode WRW5-8-20
referentie
opgemaakt door BONM
datum opmaak 014-11-2005

aan WITT
kopie

1. INLEIDING

In deze notitie staan de technische details beschreven van het grondwatermodel gebruikt voor het project "Wieringerrandmeer". De volgende aspecten worden belicht:

- gebruikte gegevens;
- grid, modeldimensies;
- bodemschematisatie en parameters;
- randvoorwaarden;
- initiële stijghoogten en chlorideverdeling;
- kalibratieaanpassingen van bovenstaande modelparameters;
- numerieke instellingen en simulatie-code.

2. GEGEVENS

Bij de bouw en kalibratie van het grondwatermodel zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Provincie Noord-Holland:
 - bestaande model van Grontmij, inclusief alle invoerfiles en rapportage;
 - AHN (5x5m2);
 - LGN4;
 - Top10vector ondergrond;
 - digitale bodemkaart en grondwatertrappenkaart;
 - REGIS-gegevens;
 - digitale neerslag en verdamingsgegevens (decade basis);
 - peilbuisgegevens DINO (kwantiteit en kwaliteit);
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier:
 - digitale leggergegevens (polderpeilen, afwateringseenheden, stuwpeilen, bodemdiepten, bemalingsgegevens)
- Consortium Lago Wierense: dimensioneringsgegevens te realiseren werken.

3. DISCRETISATIE

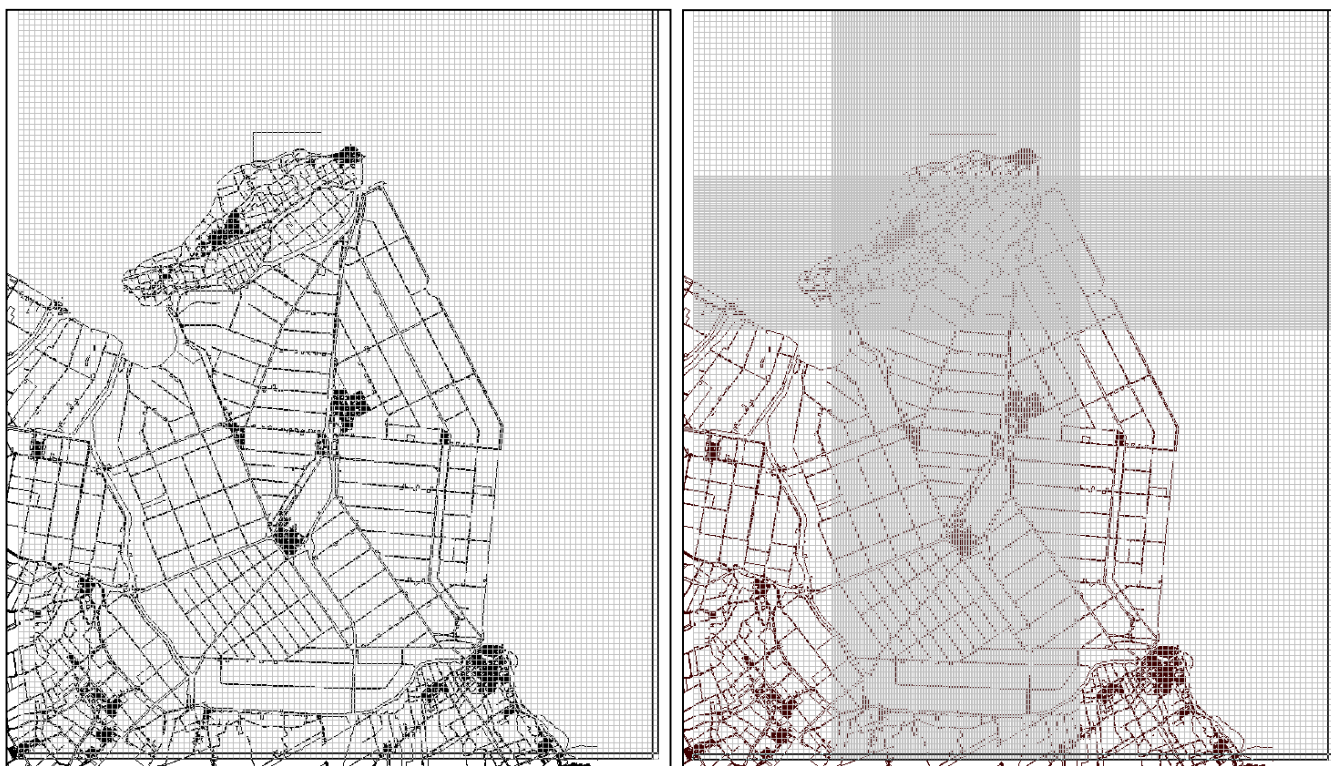
Het modelgebied is ongewijzigd ten opzichte van het Grontmij model en beslaat de Wieringermeerpolder, het eiland Wieringen, en een gedeelte van de Waddenzee en het IJsselmeer.

3.1. Horizontale modelschematisatie

Voor de berekeningen is gebruikt van twee modellen:

1. een grof model met een uniforme celgrootte van $200 \times 200 \text{ m}^2$ voor de berekening met stoftransport en dichtheidsstroming voor de periode 2005-2150.
2. een verfijnd model met een celgrootte van $50 \times 50 \text{ m}^2$ in het gebied waar het Wieringerrandmeer is geprojecteerd en $200 \times 200 \text{ m}^2$ in het overige gebied. Dit model wordt gebruikt voor de kalibratie voor de huidige situatie en worden de effecten van het project in het jaar 2030 berekend.

Afbeelding 2.1 geeft een overzicht van het grove en fijne model.



Afbeelding 3.1 Modelgrid grof en fijn model

3.2. Verticale modelschematisatie

In het model wordt de ondergrond in 22 lagen gediscretiseerd. Voor de modelschematisatie van de ondergrond is in eerste instantie het originele Grontmij model gebruikt en aangevuld met REGIS-gegevens (resolutie $100 \times 100 \text{ m}$). Dit houdt in dat aangesloten is bij de REGIS-laagindeling met betrekking tot de diepte en dikte van de formaties, en de horizontale en verticale doorlatendheid.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de verticale modeldiscretisatie.

Tabel 3.1 Verticale modelschematisatie

Laag	Van	Tot	Geologische Formatie	Geohydrologische eenheid	Conceptueel profiel ¹		
					WE	W1	W2
1	5	2	Westland, Boxtel	Deklaag			
2	2	-1	Westland, Gieten Klei, Boxtel	Deklaag, 1 ^e WVP			
3	-1	-3	Westland, Gieten Klei, Boxtel	Deklaag, 1 ^e WVP, SDL			
4	-3	-8	Westland, Gieten Klei, Boxtel	Deklaag, 1 ^e WVP, SDL			
5	-8	-13	Westland, Gieten Klei, Boxtel	Deklaag, 1 ^e WVP, SDL			
6	-13	-18	Westland, Gieten Klei, Boxtel	Deklaag, 1 ^e WVP, SDL			
7	-18	-23	Gieten Klei, Boxtel, Eem	1 ^e WVP, SDL			
8	-23	-27	Eem (Bekkenklei), Drente(Keileem)	1 ^e WVP, 1 ^e SDL			
9	-27	-32	Eem (Bekkenklei), Drente(Keileem), Peelo	1 ^e WVP, 1 ^e SDL			
10	-32	-38	Eem, Urk, Peelo	2 ^e WVP			
11	-38	-43	Urk, Peelo	2 ^e WVP			
12	-43	-48	Urk, Urk klei I, Peelo	2 ^e WVP, SDL			
13	-48	-53	Urk	2e WVP			
14	-53	-61	Urk, Urk klei II	2e WVP, SDL			
15	-61	-69	Urk	2e WVP			
16	-69	-85	Appelscha	2e WVP			
17	-85	-105	Appelscha	2e WVP			
18	-105	-155	Peize	2e WVP			
19	-155	-215	Peize	2e WVP			
20	-215	-285	Maasluis	2e WVP			
21	-285	-355	Maasluis	2e WVP			
22	-355	-385	Maasluis	2e WVP			

1: WE: Wieringen eiland

W1: Wieringermeerpolder ten noorden van Wieringerwerf

W2: Wieringermeerpolder ten zuiden van Wieringerwerf

Deklaag

In REGIS is geen hydraulische weerstand van de deklaag opgenomen. De beginwaarde voor de hydraulische weerstand van de deklaag is daarom berekend op basis van de relatie afgeleid door Rijks-waterstaat en gegeven in het Grontmij rapport:

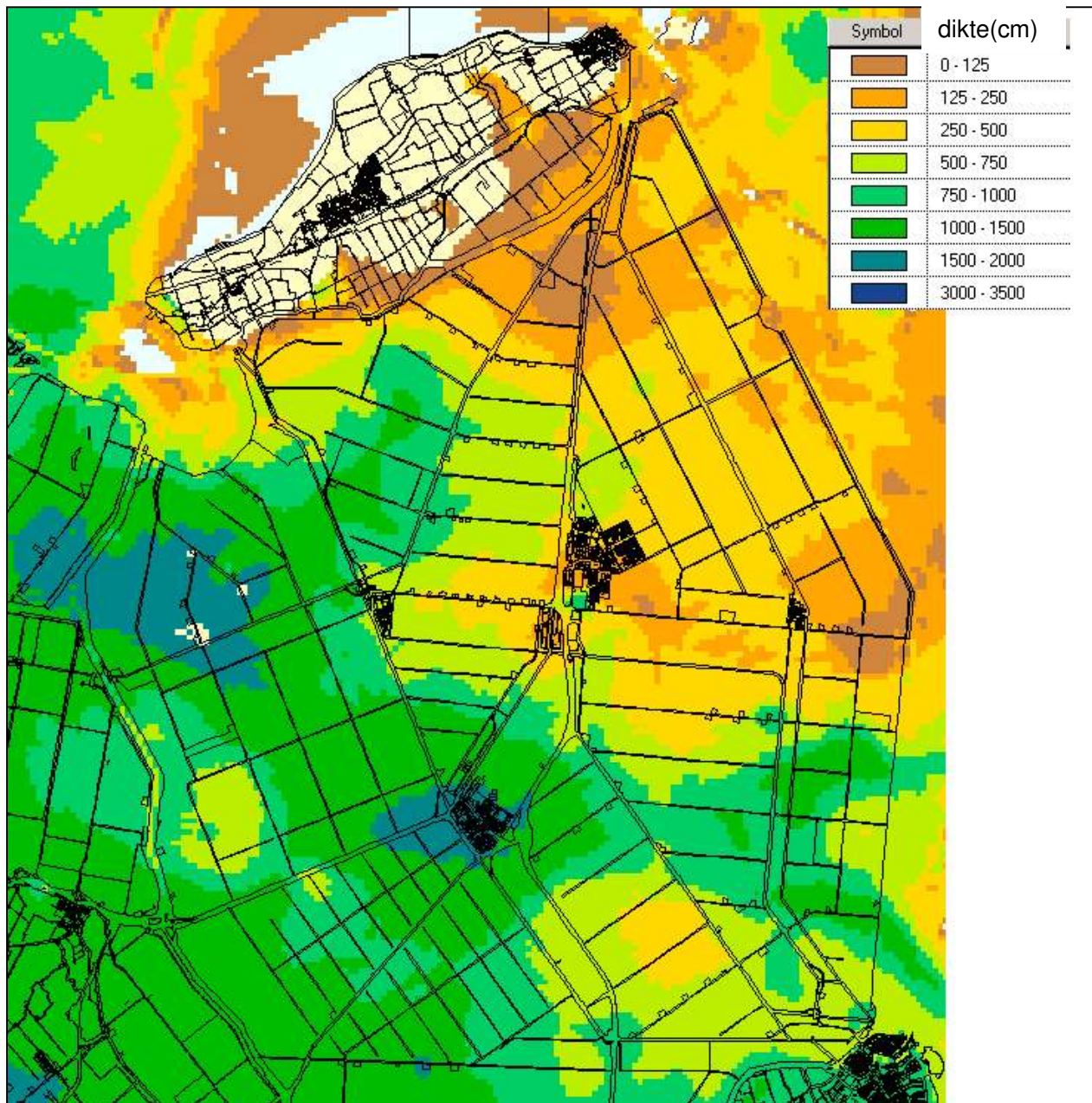
$$c = 50 + 100H + 20H^2$$

De dikte van de deklaag is weergegeven in afbeelding 3.2. In het Grontmij rapport wordt vermeld dat deze waarde als te hoog wordt beschouwd en daarom is verlaagd. Tijdens modelkalibratie bleek dat met name de kwel in eerste instantie te laag werd berekend doordat de kwel sloten in de oostelijke helft van de Wieringermeerpolder een diepte hebben tot in het 1^e Watervoerend Pakket. Nadat deze discreet in het model zijn gezet (zie hoofdstuk *, topsysteem) bleek de weerstand berekend met bovenstaande relatie nog steeds een factor 2 te hoog, met name in de noordelijke helft van de Wieringermeerpolder.

Op basis van kalibratie zijn globaal de volgende weerstanden ingevoerd:

- Wieringen: tot 100 dagen;
- Polder Waard-Nieuwland: 100 tot 250 dagen;
- Wieringermeerpolder vak 1: 100 tot 500 dagen
- Wieringermeerpolder vak 2: 400 tot 4.000 dagen
- Wieringermeerpolder vak 3: 700 tot 9.000 dagen

- Wieringermeerpolder vak 4: 100 tot 8.000 dagen



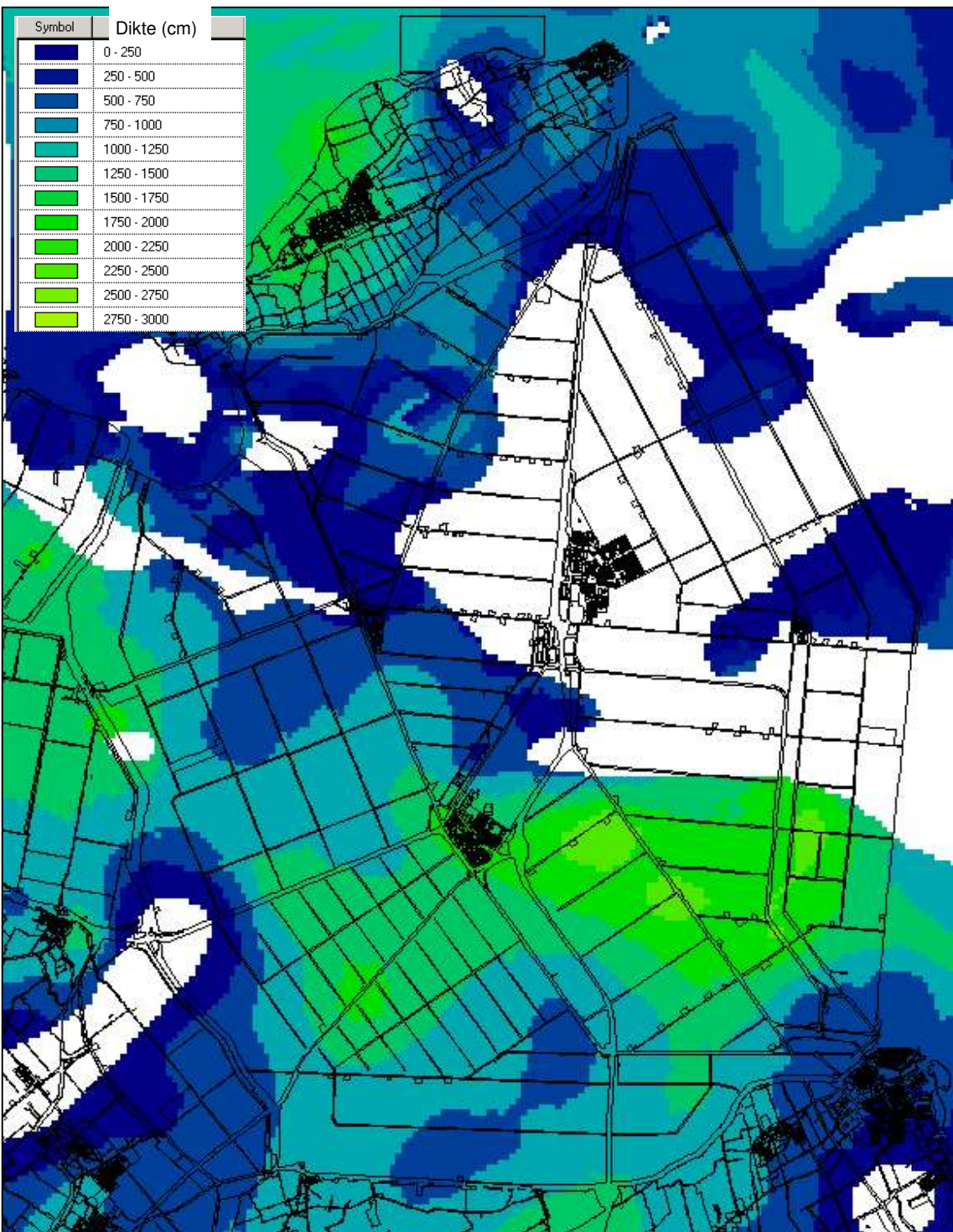
Afbeelding 3.2 Dikte van de Holocene Deklaag (bron REGIS)

1^e Watervoerend Pakket

Het eerste Watervoerend Pakket bestaat uit de geologische afzettingen van Boxtel en Eem. Deze formaties liggen op het eiland zeer ondiep en ter plaatse van de Polder Waard-Nieuwland komt deze lokaal aan maaiveld voor.

Slecht Doorlatende Laag

De slecht doorlatende laag wordt gevormd door bekkenklei ten zuiden van Wieringerwerf van Eem ouderdom en keileem van de Formatie van Drente (Drente Gietenklei). Tussen het eiland Wieringen en Wieringerwerf is een gebied waar de slecht doorlatende laag ontbreekt. Afbeelding 3.3 geeft een overzicht van de verspreiding van de Slecht Doorlatende Laag.



Afbeelding 3.3 Dikte 1^e Slecht Doorlatende Laag (Bron REGIS)

De verticale weerstand van de keileem onder Wieringen varieert tussen 1000 dagen aan de randen van het eiland tot 5000 dagen in het centrale deel. De hoge weerstand heeft tot gevolg dat Wieringen een geïsoleerd hydrologisch systeem is, waar neerslag direct tot afvoer komt en in beperkte mate infiltreert naar het 2^e Watervoerend Pakket. De ingevoerde verticale weerstand is veel hoger dan opgenomen in REGIS (90 tot 400 dagen).

Op basis van de REGIS data varieert de specifieke weerstand van de bekkenklei tussen 200 dagen nabij het noordelijk voorkomen van deze laag tot 350 dagen in het centrum van het poldervak 3. De totale weerstand is ingevoerd op basis van de REGIS data en varieert tussen 200 tot 4000 dagen.

2^e Watervoerend Pakket

Het tweede watervoerend pakket bestaat uit de geologische formaties: Peelo, Urk, Appelscha, Peize en Maassluis. Al deze formaties bestaan voornamelijk uit matig fijn tot matig grove zanden. In eerste instantie zijn doorlatendheden ingevoerd op basis van REGIS gegevens en waar noodzakelijk aangepast tijdens kalibratie. Indien de REGIS data geen of weinig ruimtelijke variatie in doorlatendheid hebben binnen het modelgebied, is een constante waarde ingevoerd.

Verder zijn in het modelgebied in de formatie van Urk twee vrij dikke kleilagen aanwezig: Urk klei II en III. Deze waterremmende lagen zijn niet aanwezig in het originele model en zijn ingevoerd op basis van de REGIS data.

Samenvatting

Tabel 3.2 geeft een samenvatting van de geohydrologische parameters toegepast in het Seawat model. Tevens weergegeven zijn de originele invoerwaarden gebruikt in het Grontmij model en de REGIS data.

Tabel 3.2 Samenvatting geohydrologische parameters

Geologische Formatie	Geohyd. eenheid	model lagen	Grontmij	REGIS	Na kalibratie
Westland	Deklaag	1 t/m 5	100 tot 4000 dagen	geen informatie	100 tot 9000 dagen
Boxtel	1e WVP	2 t/m 6	15 m/dag	5 tot 20 m/dag	Wieringen: 7 m/dag W'meer: 18 m/dag
Eem	1e WVP	7 t/m 9	15 m/dag	10 tot 20 m/dag	15 m/dag
Keileem	SDL	2 t/m 6	20 tot 1500 dagen	90 tot 400 dagen	1000 tot 5000 dagen
Bekkenklei	SDL	8 & 9	2000 dagen	200 tot 4000 dagen	200 tot 4000 dagen
Urk	2e WVP	10 t/m 15	40 m/dag	3 tot 15 m/dag	6 tot 30 m/dag
Urk Klei II & III	SDL	12 & 14	niet in model	800 tot 2400 dagen	800 tot 2400 dagen
Appelscha	2e WVP	16 & 17	40 m/dag	15 tot 30 m/dag	20 tot 50 m/dag
Peize	2e WVP	18 & 19	40 m/dag	17 tot 25 m/dag	30 tot 40 m/dag
Maassluis	2e WVP	20 t/m 22	40 m/dag	2,5 tot 10 m/dag	2,5 tot 25 m/dag

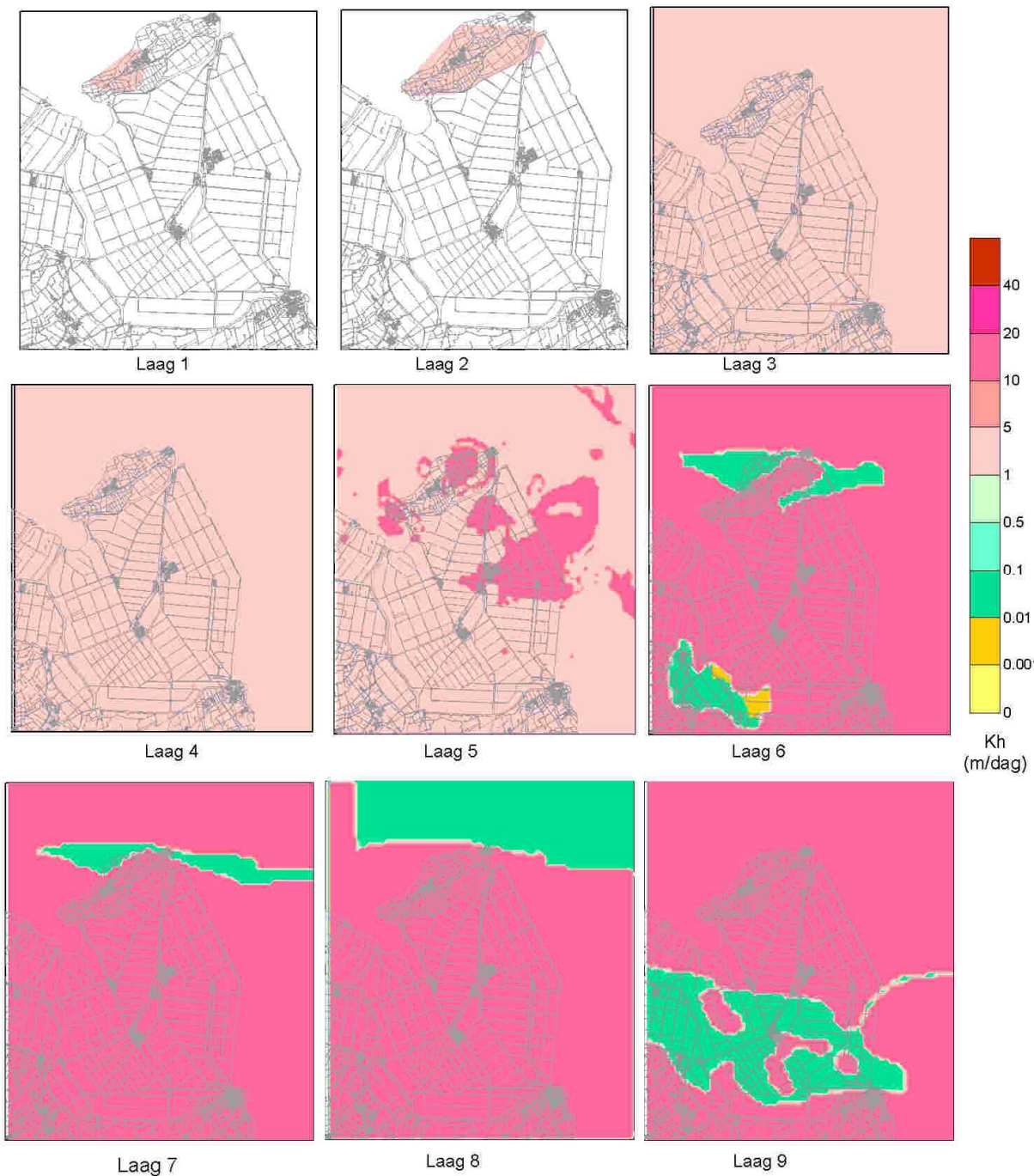
De geohydrologische parameters zijn omgerekend naar horizontale en verticale doorlatendheden en ingevoerd in Seawat. De verticale doorlatendheid (K_v) an de slecht doorlatende lagen is gecorrigeerd voor het verschil tussen de werkelijke laagdikte ($D_{\text{werkelijkheid}}$) en de modellaagdikte (D_{model}) met de volgende formule:

$$K_{v, \text{model}} = K_{v, \text{werkelijk}} \frac{D_{\text{model}}}{D_{\text{werkelijkheid}}}$$

Voor watervoerende lagen is aangenomen dat de verticale doorlatendheid gelijk is aan 0,25 x de horizontale doorlatendheid. In afbeelding 3.4 t/m 3.6 zijn de ingevoerde horizontale en verticale doorlatendheden per laag weergegeven.

Afbeelding 3.4 Horizontale doorlatendheid modellagen 1 t/m 9

Horizontale doorlatendheid



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 5000 10000

Getekend: Drs. M. Bonte

Projectleider: Ir. Th. G. J. Wijtes

Projectdirecteur: Ir. Th. G. J. Wijtes

Projectcode: WRWS-8-20

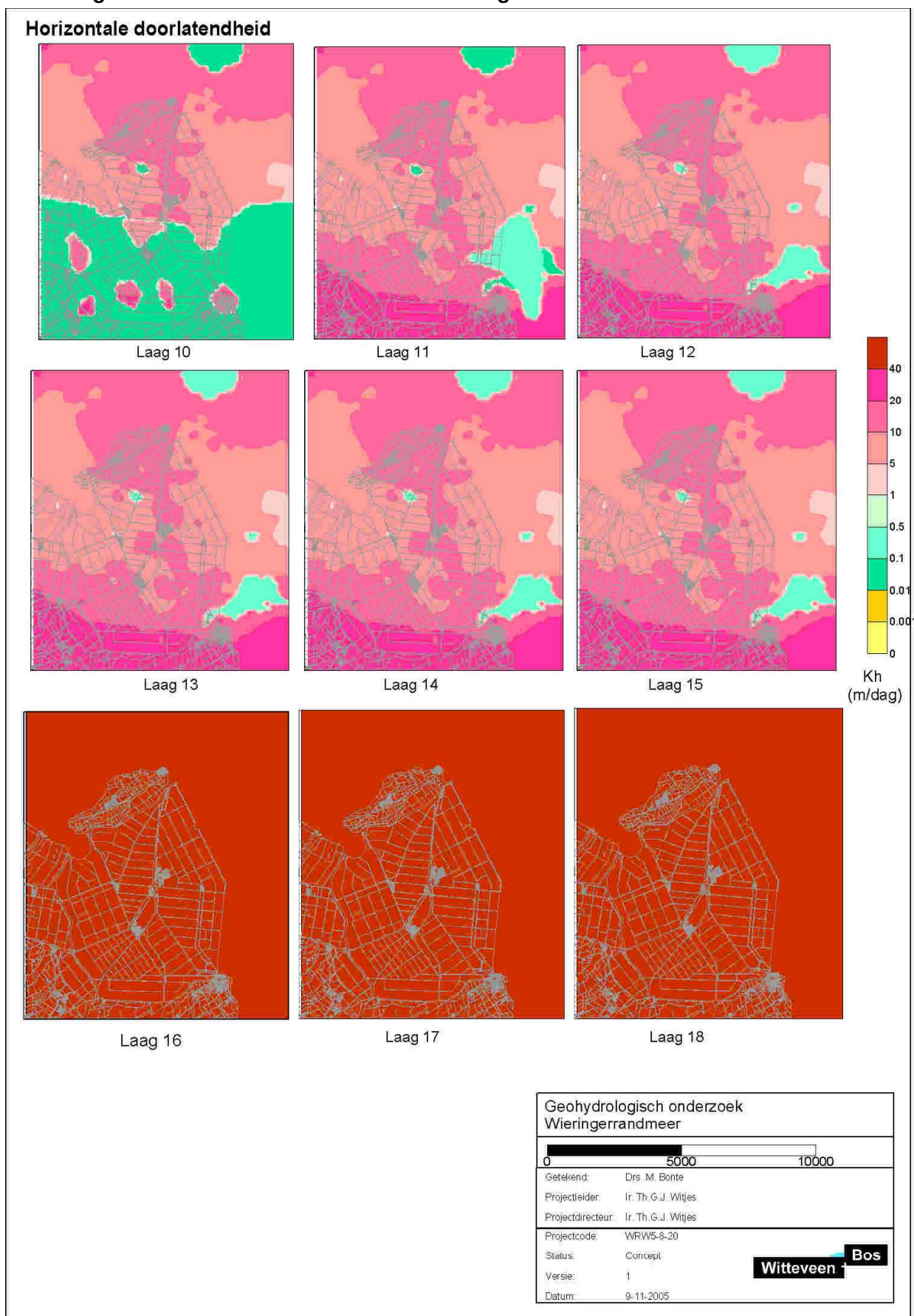
Status: Concept

Versie: 1

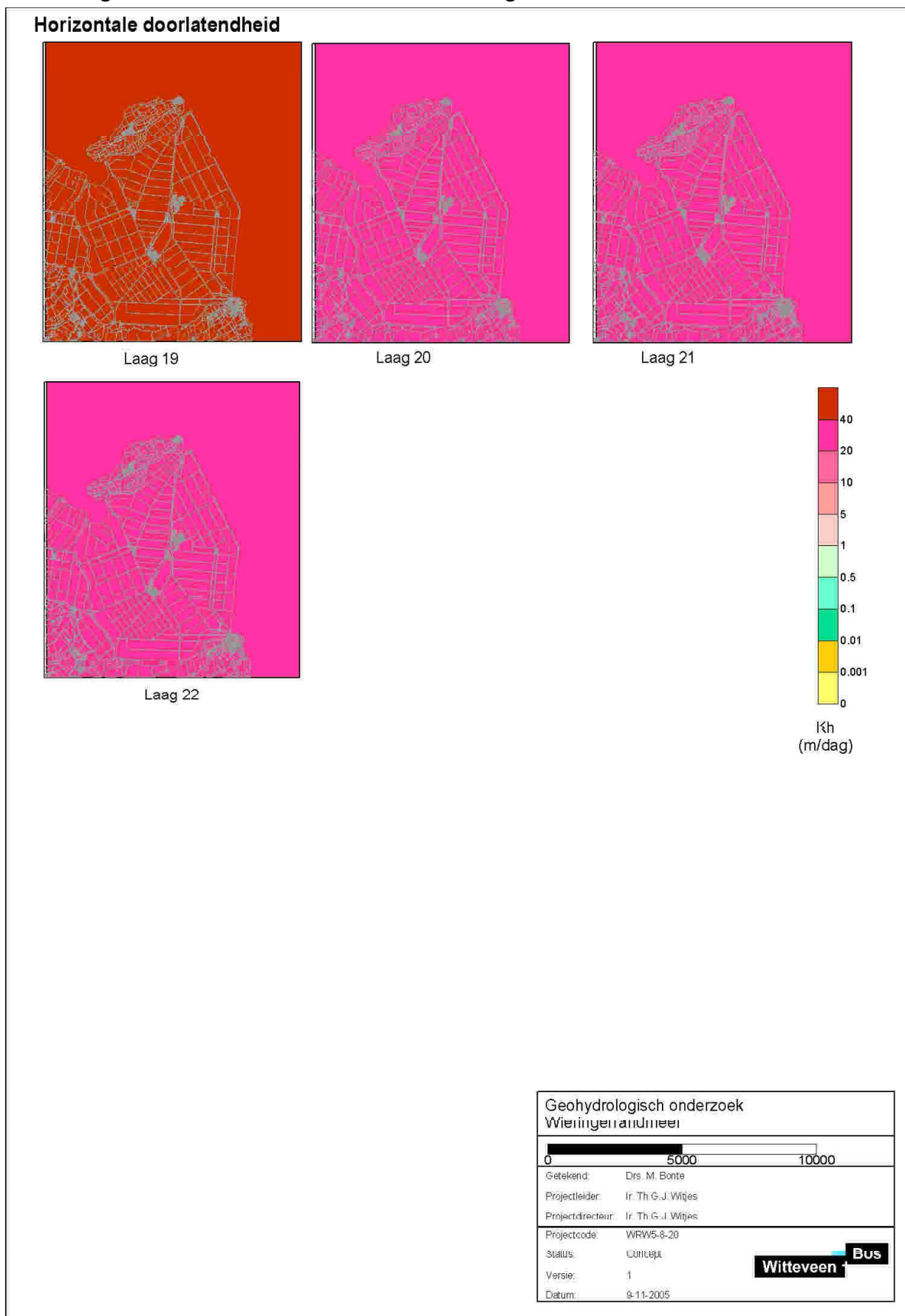
Datum: 9-11-2005

Witteveen + Bos

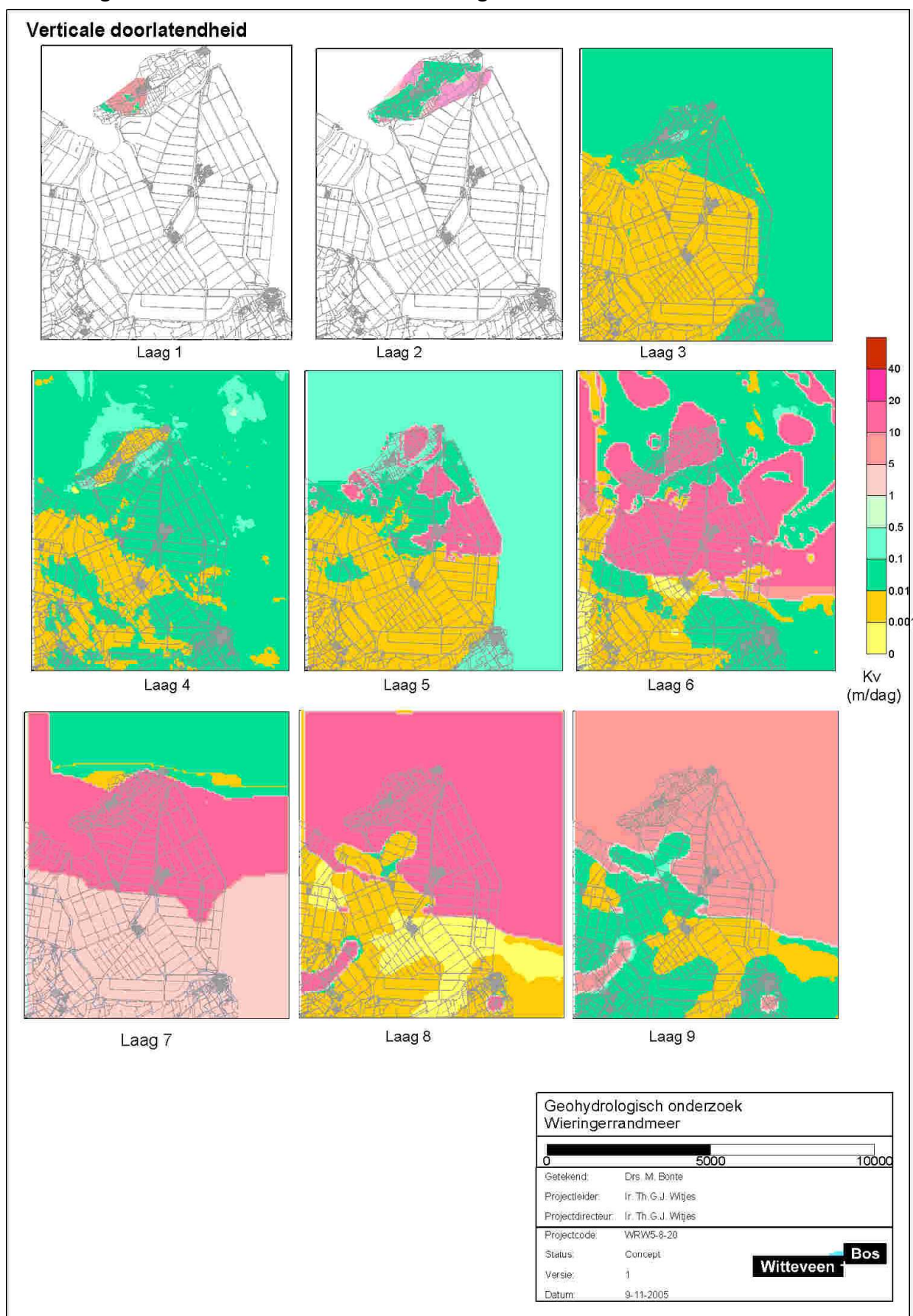
Afbeelding 3.5 Horizontale doorlatendheid modellagen 10 t/m 18



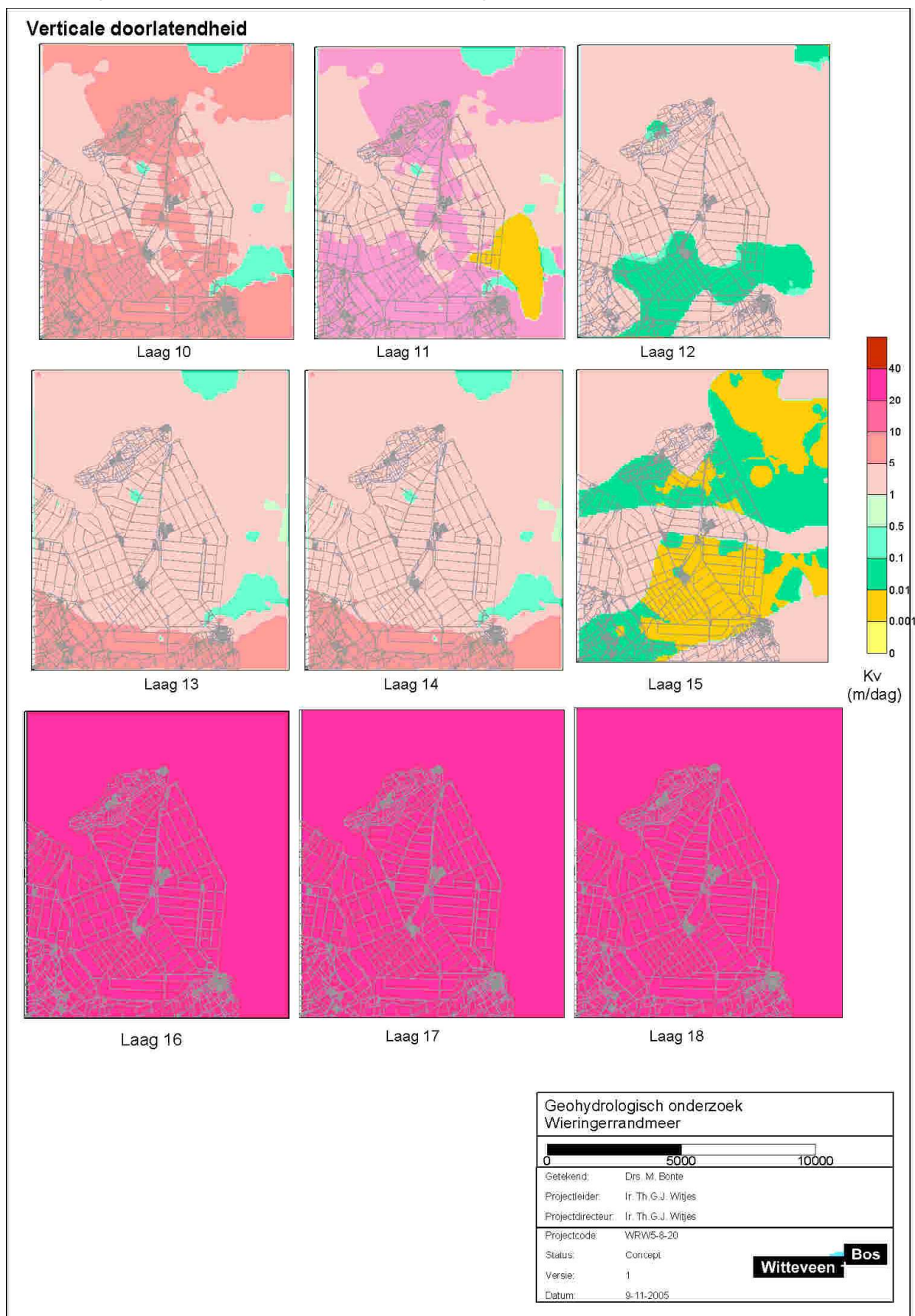
Afbeelding 3.6 Horizontale doorlatendheid modellagen 19 t/m 22



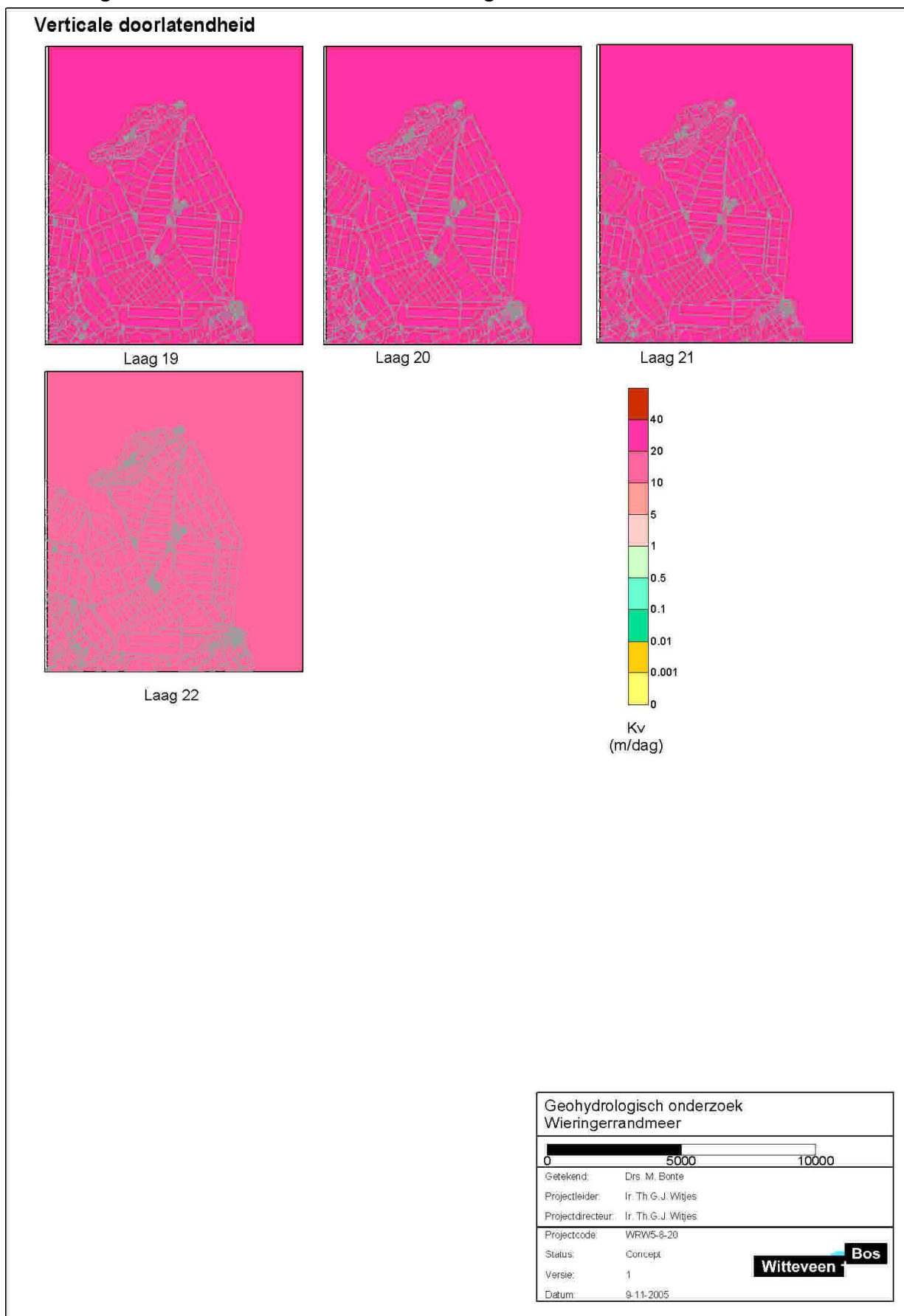
Afbeelding 3.7 Verticale doorlatendheid modellagen 1 t/m 9



Afbeelding 3.8. Verticale doorlatendheid modellagen 10 t/m 18



Afbeelding 3.9. Verticale doorlatendheid modellagen 19 t/m 22



4. Randvoorwaarden

In het model zijn de volgende randvoorwaarden toegepast:

- topsysteem, bestaande uit: neerslag, en wateraanvoer, drainage en de grote oppervlaktewateren (Waddenzee & IJsselmeer);
- modelranden: vaste stijghoogte;
- onderkant model: ondoorlatend.

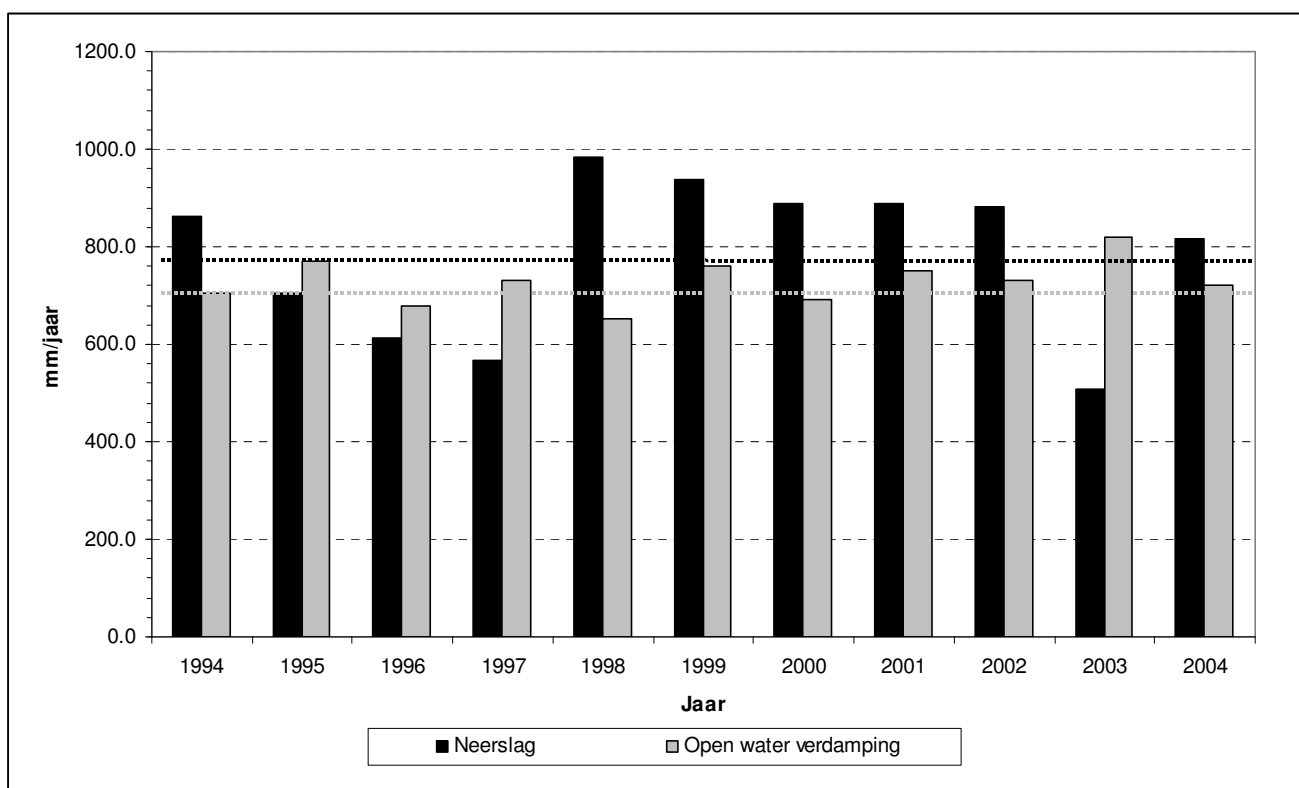
In het onderstaande worden deze vier groepen nader beschreven. Het model is opgezet als stationair model. Hierbij wordt de gemiddelde situatie doorgerekend voor de periode 1995-2005.

4.1. Topsysteem

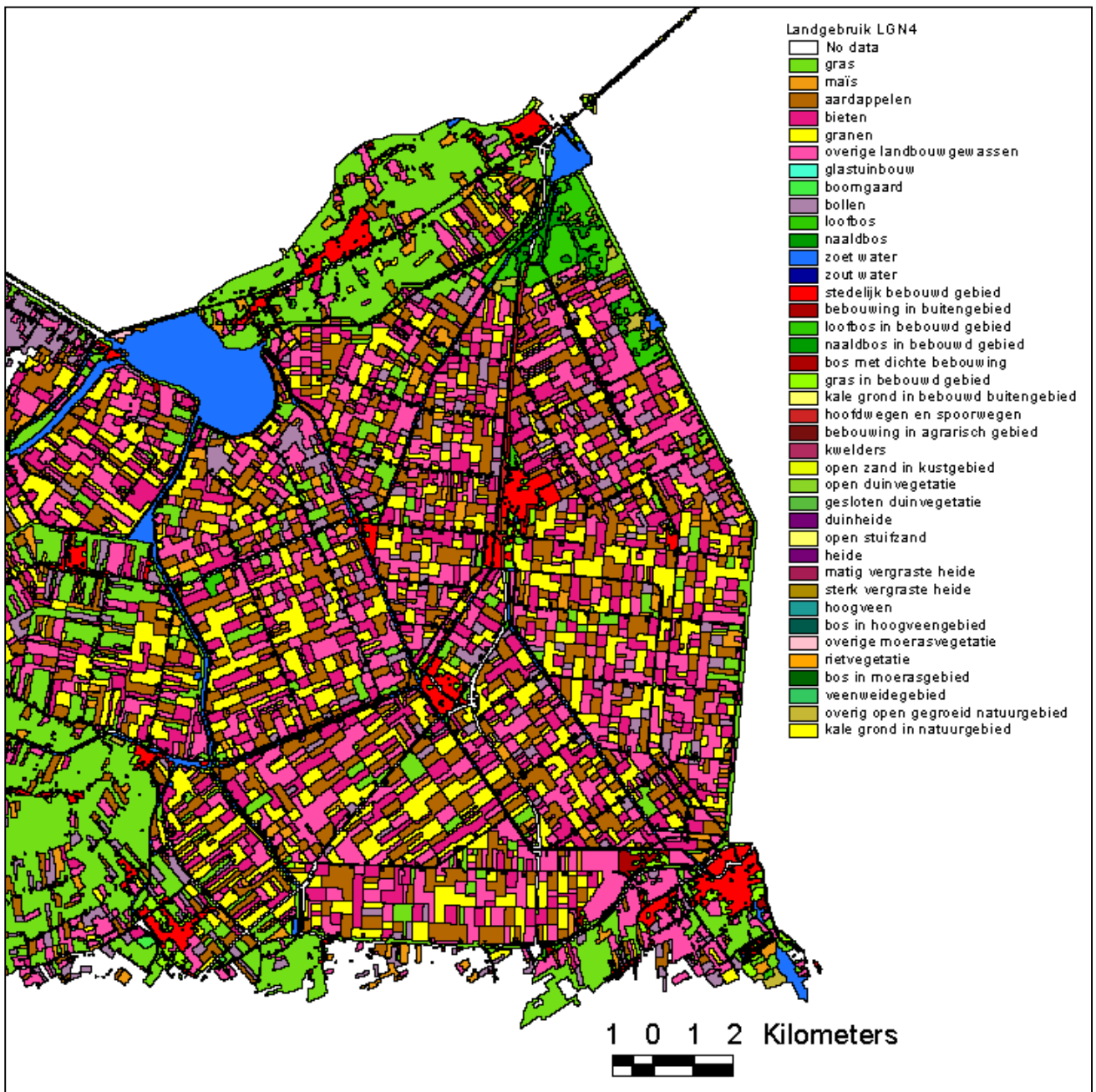
Grondwateraanvulling

De hoeveelheid grondwateraanvulling is berekend op basis van klimaatgegevens (neerslag en verdamping), gewas en interceptiefactoren en de gebiedsdekkende landgebruik kaart (LGN4).

In de omgeving van het plangebied is één meteostations waar de neerslag dagelijks wordt geregistreerd: de Kooy. In afbeelding 4.1 zijn de jaartotalen voor neerslag en verdamping voor de modelperiode 1995—2004 weergegeven.



Afbeelding 4.1 Neerslag en verdamping 1994-2004 station de Kooy (met gemiddelde lijnen)



Afbeelding 4.2 Landgebruik volgens LGN 4

Met behulp van gewasfactoren voor verschillende vegetatietypen is een onderscheid gemaakt in de grondwateraanvulling voor landbouw (behalve maïs), maïs, heide, kale grond, bos, stad en open water. De vegetatietypen zijn afgeleid van de landgebruikskaat (LGN4). Afbeelding 4.2 geeft het landgebruik weer waar de berekening van de grondwateraanvulling op gebaseerd is.

Voor elk vegetatietype is het gemiddelde neerslagoverschot ingevoerd (voor het stationaire model). De in het model ingevoerde grondwateraanvulling is in tabel 4.1 opgenomen. De grondwateraanvulling is op maandelijkse basis berekend met de volgende formule:

$$N = P - i * P - f * E$$

waarin

N = grondwateraanvulling

P = neerslag

E = verdamping

i = interceptiefactor

f = gewasfactor (Penman open waterfactor)

Tabel 4.1 Grondwateraanvulling

Landgebruik volgens LGN	Oppervlakte (Ha)	jaarlijkse gewasfactor	jaarlijkse interceptiefactor	aanvulling (mm/d)
gras	1300	0.70	0.00	0.61
maïs	200	0.53	0.00	0.72
aardappelen	1191	0.48	0.00	0.85
bieten	919	0.50	0.00	0.85
granen	1165	0.47	0.00	0.87
overige landbouwgewassen	1501	0.46	0.00	1.01
boomgaard	6	0.94	0.00	-0.01
bollen	328	0.53	0.00	0.72
loofbos	118	0.50	0.18	0.78
naaldbos	25	0.50	0.26	0.62
zoet water	347	1.00	0.00	0.13
stedelijk bebouwd gebied	219	0.60	0.23	0.47
bebouwing in buitengebied	24	0.60	0.23	0.47
loofbos in bebouwd gebied	5	0.50	0.18	0.78
naaldbos in bebouwd gebied	2	0.50	0.26	0.62
bos met dichte bebouwing	2	0.50	0.18	0.78
gras in bebouwd gebied	105	0.70	0.00	0.61
kale grond in bebouwd buitengebied	7	0.30	0.00	1.54
hoofdwegen en spoorwegen	141	0.50	0.23	0.68
bebouwing in agrarisch gebied	88	0.50	0.23	0.68
overige moerasvegetatie	2	0.70	0.00	0.61
rietvegetatie	2	0.70	0.00	0.61
bos in moerasgebied	2	0.70	0.18	0.26
overig open gegroeid natuurgebied	25	0.70	0.00	0.61
totaal	7724			0.78

Wateriaanvoer

Wateriaanvoer in het modelgebied vindt plaats op 2 manieren:

- in polderafdelingen 1 en 2 van de Wieringermeerpolder via een aanvoersloten systeem gevoed vanuit het Amstelmeerkanaal en Waardkanaal;
- in poldervakken 3 en 4 van de Wieringermeerpolder en polder Waard-Nieuwland via hevels vanuit boezemwater of IJsselmeer.

In het Vooronderzoek Integrale Effectrapportage (Witteveen + Bos, 2005) zijn de aanvoer hoeveelheden op basis van diverse bronnen geïnventariseerd. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de wateraanvoer. De aanvoer is gemodelleerd door deze bij de natuurlijke grondwateraanvulling op te tellen.

Tabel 4.2 Wateriaanvoer

Deelgebied	mm/jaar	mm/dag
Wieringermeerpolder		
<i>Afdeling 1+2</i>	80	0.22
<i>Afdeling 3+ 4</i>	85	0.23
Wieringen en aangedijkte polders		
<i>Polder Waard-Nieuwland</i>	62.5	0.17
<i>De Haukes</i>	52.5	0.14
<i>De Hoelm</i>	37.5	0.1
<i>Hippolytushoef</i>	49	0.14

In poldervakken 1 en 2 zijn tevens de aanvoersloten gemodelleerd door deze discreet in het model aan te brengen als *river* randvoorwaarden. Voor de aanvoersloten is aangenomen dat deze 4 m breed zijn en een intreeweerstand hebben van 10 dagen.

Afbeelding 4.3. geeft een overzicht van de ligging van de sloten en de aanvoerpeilen, met een fotoimpressie van een dergelijke aanvoersloot. Opgemerkt wordt dat bij de realisatie van het Wieringerrandmeer, de noordelijke tak van de oostelijke aanvoersloot zal komen te vervallen.



Afbeelding 4.3 Ligging aanvoersloten en aanvoerpeilen met een foto aanvoersloot

Drainagesysteem

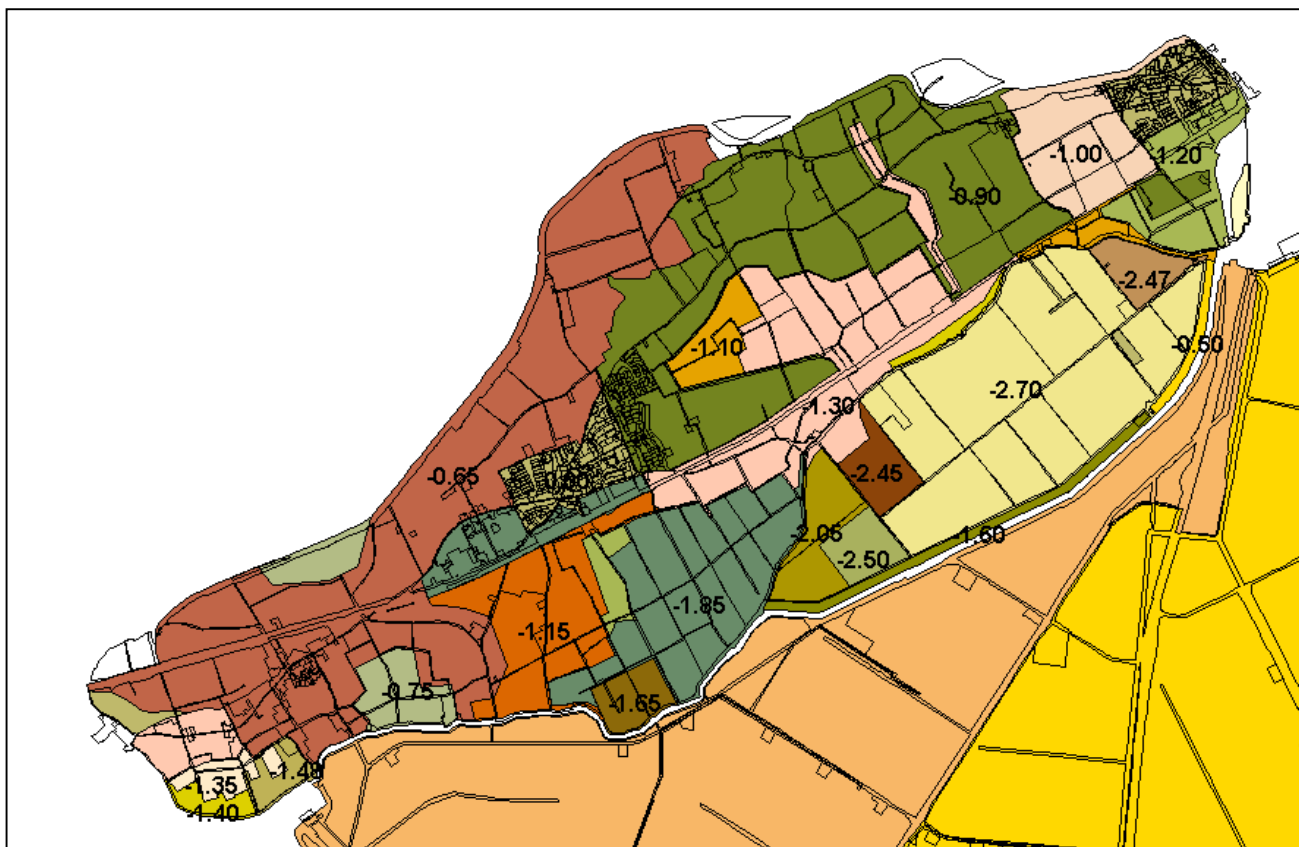
Drainage vindt in de poldergebieden plaats via systeem met een aantal grote kwel sloten waarop perceel sloten afwateren. Op de percelen liggen drains. Voor het eiland Wieringen zijn alleen sloten aanwezig op de lagere delen. Op de hogere delen zijn geen sloten aanwezig.

De polderpeilen voor de Wieringermeerpolder zijn opgedeeld in vier afdelingen. Het gesimuleerde polderpeil is ingevoerd als gemiddelde van het zomer- en winterpeil. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de polderpeilen.

Tabel 4.3. Polderrpeilen Wieringermeer

afdeling	peilvak	zomerpeil (m NAP)	winterpeil (m NAP)	Gemiddeld Peil (m NAP)
1	1	-4,60	-4,60*	-4,60
2	2	-5,40	-5,30	-5,35
3	3a	-6,10	-6,10	-6,10
3	3b	-6,10	-5,70	-5,90
4	4	-6,60	-6,60	-6,60

Op het eiland Wieringen en de aangedijkte polders is sprake van een sterk gefragmenteerd peilregime met een gemiddeld peil variërend van NAP -2,7 m tot NAP -0,65 m. In dit gebied is tevens het gemiddelde van het zomer en winterpeil ingevoerd. Afbeelding 4.4 geeft een overzicht de verschillende peilvakken op het eiland Wieringen.



Afbeelding 4.4. Poldervakken Eiland Wieringen met gemiddeld peil

Drainage is op een aantal manieren gemodelleerd:

- het ontwateringsstelsel in de poldergebieden (modellagen 3 en 4) is in het model gesimuleerd met een *Drain randvoorwaarde*. In deze gebieden wordt water afgevoerd als de grondwaterstand boven het polderpeil komt.
- de grotere tochten in de oostelijke helft van de Wieringermeerpolder snijden door de deklaag. Deze zijn discreet in het model gezet met een *river randvoorwaarde* in modellagen 4 en 5.
- In de hogere gebieden op het eiland Wieringen (modellagen 1 en 2) zijn gebieden geïdentificeerd waar sloten aanwezig zijn. In deze gebieden zijn sloten ingevoerd als *River randvoorwaarde*. Het verschil met de poldergebieden is dat hier de sloten mogelijk een voedende werking hebben.
- In de hogere gebieden waar geen sloten aanwezig zijn, is geen drainage ingevoerd. Hier ligt het maaiveld over het algemeen voldoende hoog om op natuurlijke wijze te ontwateren.
- de boezemwateren (Amstelmeerkanaal en Waardkanaal) zijn discreet gemodelleerd met een *river randvoorwaarde*. Hierbij wordt opgemerkt dat in het Amstelmeerkanaal tot circa drie jaar geleden een afzonderlijk zomer en winter peil werd gehanteerd (respectievelijk NAP -0,4 / -0,7 m)

Bij inpoldering van de Wieringermeerpolder is drainage aangelegd op circa 0,8 m – m.v. met een h.o.h. afstand van 11 meter. Door klink ligt deze drainage momenteel op circa 0,5 m – m.v. Langs de IJsselmeerdijk, en op andere locaties waar de kweldruk groot is, zijn naast de drainage greppels gegraven en gevuld met takkenbossen.

In de jaren '60/'70 is een extra drainage systeem tussen de oude drainage ingelegd. Hiermee komt de h.o.h. afstand op 5,5 meter. Dit drainagesysteem ligt op circa 1,2 m-m.v. Op locaties die nog steeds nat waren, is daarnaast het oude drainagesysteem vervangen.

Natschade en grondwateroverlast wordt wel de boeren en Domeinen als één van de grootste gevaren van de aanleg van het Wieringerrandmeer gezien. Uit de praktijk is bekend dat in gebieden waar de kweldruk hoog is, dit kan leiden tot onbegaanbaar land. Dit is over het algemeen opgelost door aanleg van extra drainage.

De drainageweerstand is bepaald op basis van de grondwatertrap (GT). In eerste instantie zijn de in tabel 4.4 weergegeven drainageweerstand ingevoerd in het model. Hoe lager de grondwatertrap, hoe lager de drainageweerstand en hoe beter het grondwater wordt afgevoerd via sloten / drains.

Tabel 4.2. Drainageweerstand op basis van grondwatertrappen

GT	kenmerken		Oppervlakte (Ha)	drainageweerstand (dagen)
II	GHG < 25	GLG 50-80	2176	100
II*	GHG 25-80	GLG 50-80	916	150
III	GHG <25	GLG 80-120	11360	150
III*	GHG 25-40	GLG 80-120	6112	200
IV	GHG 40-120	GLG 80-120	28252	300
V	GHG < 25	GLG > 120	7356	200
V*	GHG 25-40	GLG > 120	5696	250
VI	GHG 40-80	GLG > 120	62964	350
VII	GHG 80-140	GLG > 120	4200	400
VII*	GHG 40-80	GLG > 180	76	400

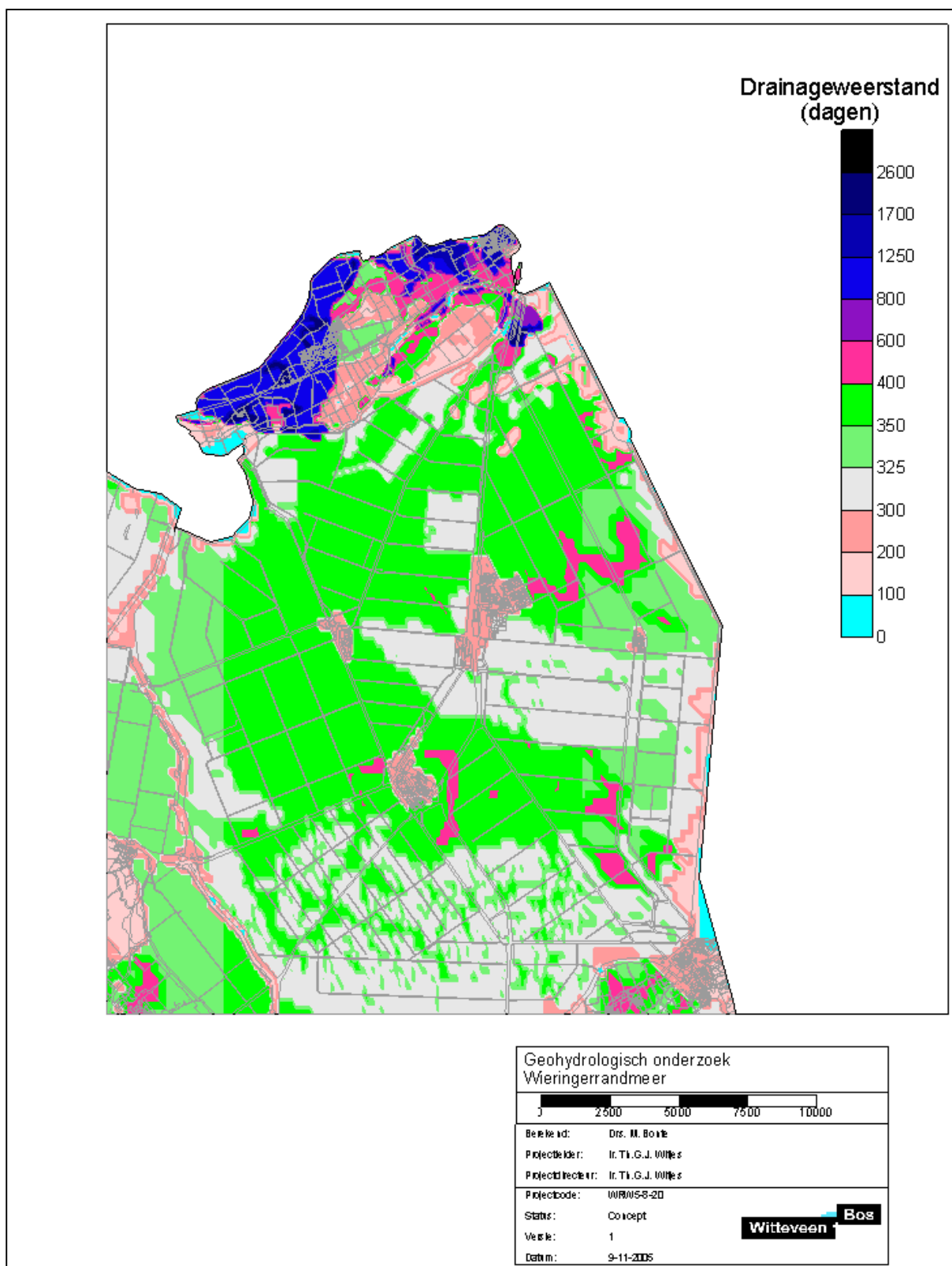
Tijdens kalibratie is gebleken dat op Wieringen de afvoer met name op de hoog gelegen gebieden te hoog werd berekend. Dat betekent dat de ingevoerde drainageweerstand hier te hoog is. Na kalibratie op gemeten afvoeren en stijghoogten, zijn de volgende aanpassingen op tabel 4.2 ingevoerd:

- De Hoelm: drainageweerstand is met een factor 4 verhoogd (drainageweerstand tussen 800 en 1100 dagen);
- Hippolytusehoef: drainageweerstand is met een factor 1,6 verhoogd (drainageweerstand tussen 165 tot 335 dagen);
- Stontele: drainageweerstand is met een factor 2,5 verhoogd (drainageweerstand tussen 300 en 850 dagen);
- Waard-Nieuwland: drainageweerstand is met een factor 2 verhoogd (drainageweerstand tussen 350 en 500 dagen).

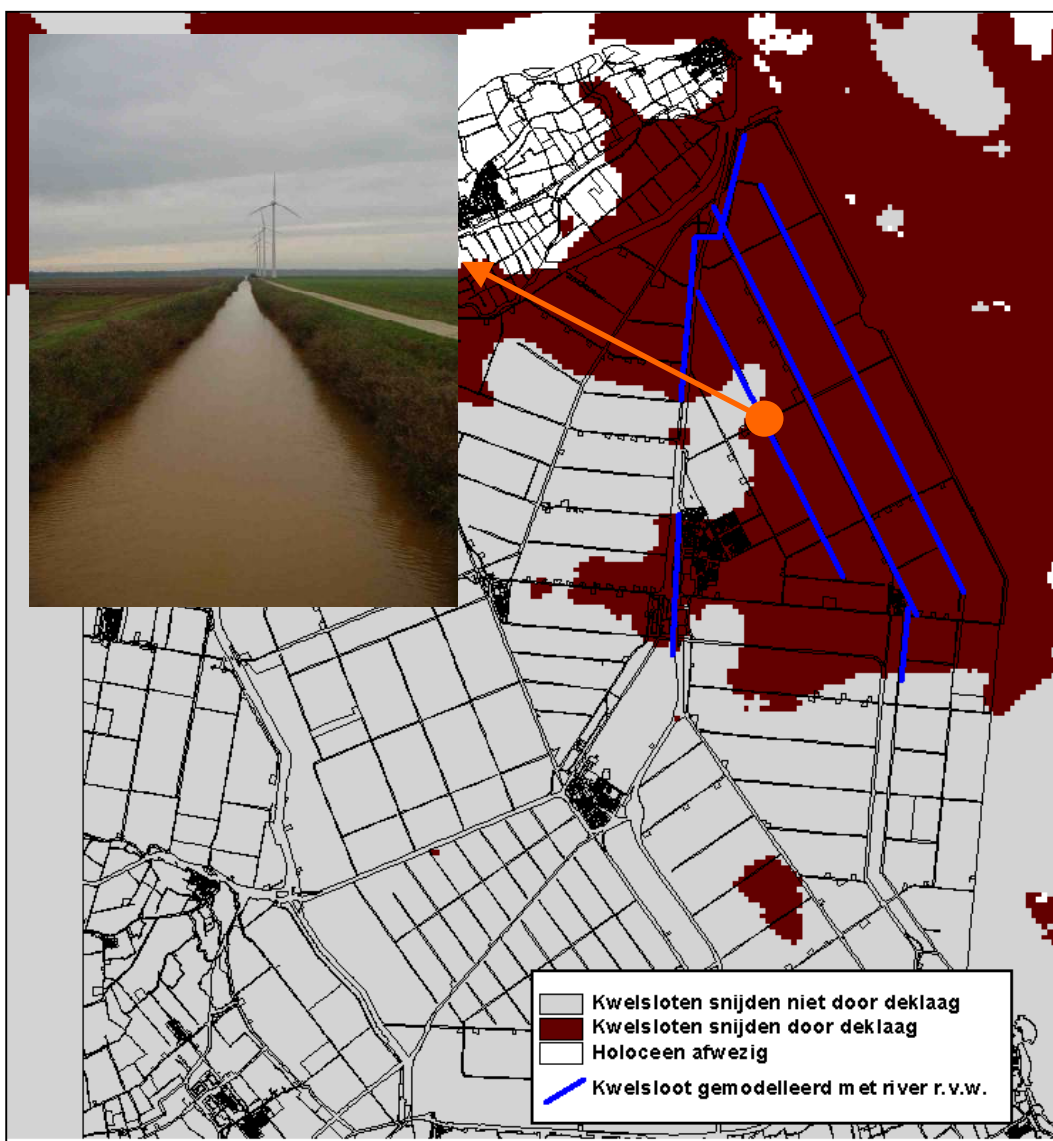
Afbeelding 4.5. geeft een overzicht van de gesimuleerde drainagewestanden.

Voor de kwelsloten is aangenomen dat deze 10 m breed zijn, 2 m diep en een intreeweerstand hebben van 10 dagen. Op basis van de REGIS kartering van de dikte van de deklaag is het gebied bepaald waar op basis van het polderpeil een diepte van 2 m de kwelsloten, de deklaag doorsnijden. Het gebied waar de kwelsloten door de deklaag snijden, de discreet gemodelleerde welsloten, is weergegeven in afbeelding 4.6.

Voor zowel het Amstelmeerkanaal als het Weerdkanaal is aangenomen dat deze 25 m breed zijn, 2 meter diep en een intreeweerstand hebben van 25 dagen. Het Amstelmeerkanaal heeft een gemiddeld peil van NAP – 0,4 m.



Afbeelding 4.5. Drainageweerstand



Afbeelding 4.6 Ligging discreet gemodelleerde kwelsloten

Groot oppervlakte water

De Waddenzee en het IJsselmeer zijn met *General Head Boundaries* gemodelleerd. Hierbij zijn de volgende waarden ingevoerd:

- gemiddeld peil Waddenzee: NAP + 0,4 m;
- gemiddeld peil IJsselmeer: NAP - 0,3 m;
- intree weerstand: 8 dagen (conductance van 5.000 m²/dag)

4.2. Modelranden

De modelranden zijn gemodelleerd als *General Head Boundaries* met een gefixeerde stijghoogte. De stijghoogte is bepaald uit een 3D-interpolatie van de velddata. De stijghoogten op de randen zijn gelijk aan de initiële voorwaarden.

Opgemerkt wordt dat in Seawat de gemeten (niet voor dichtheid gecorrigeerde) stijghoogte worden ingevoerd.

4.3. Modelonderkant

De onderkant van het model is gemodelleerd als *no flow boundary randvoorwaarde*.

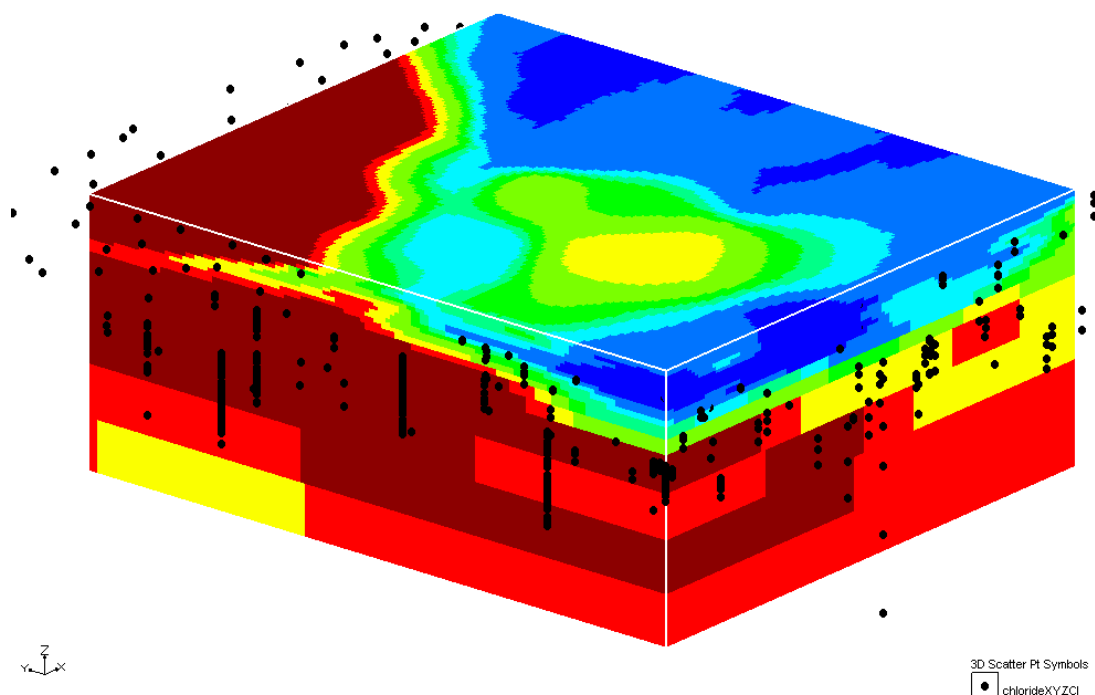
5. INITIËLE VOORWAARDEN

5.1. Stijghoogten

De beginvoorwaarden voor de stijghoogte dient alleen als beginvoorwaarde voor de berekening van de stationaire situatie. De verdeling is bepaald op basis van gemiddelde veldstijghoogtemetingen. De data is met behulp van het programma GMS (groundwater modelling system) middels 3-dimensionale kriging geïnterpoleerd.

5.2. Chlorideverdeling

De beginvoorwaarde voor de chlorideverdeling is tevens bepaald op basis van 3-D kriging. Hiervoor zijn metingen gebruikt van de afgelopen 20 jaar (1985-2005) om voldoende datapunten te verkrijgen. Afbeelding 5.1 geeft een weergave van de 3-D kriging.



Afbeelding 5.1 3-D Kriging initiële chloride verdeling

6. NUMERIEKE INSTELLINGEN

De modelberekeningen zijn uitgevoerd met Seawat-2000 (versie 3.11.02 2005/09/23).

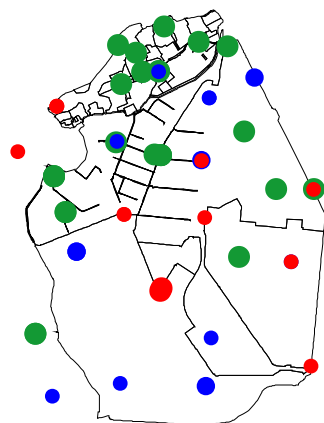
De relevante numerieke rekeninstellingen voor de berekening van grondwaterstroming, stoftransport en dichtheidstroming zijn samengevat in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Overzicht relevant numerieke instellingen

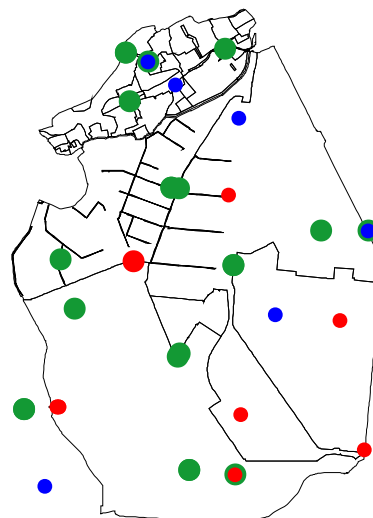
Parameter	Waarde
Grondwaterstroming	
Solver:	PCG2
Type:	Modified incomplete Cholesky
Relaxation:	0.97
Head change criteria:	1,00E-07
Waterbalance criteria:	10
Stoftransport	
Solver	Modified incomplete Cholesky
Concentration closure criteria	0.0001
Advection	Third order TVD scheme (Ultimate)
Perceel (Courant nummer)	0.75
Negligible concentration gradient	0.001
Particles per cell	4
DCHMOC	0.001
Longitudinale dispersiviteit	10 m
Horizontale & transversale dispersie	1 m
Porositeit	0,25
Dichtheidsstroming	
Maximale dichtheid	1100
Minimale dichtheid	1000
Referentie dichtheid	1000
Dichtheidshelling	0,0013

BIJLAGE VI Bollenkaart

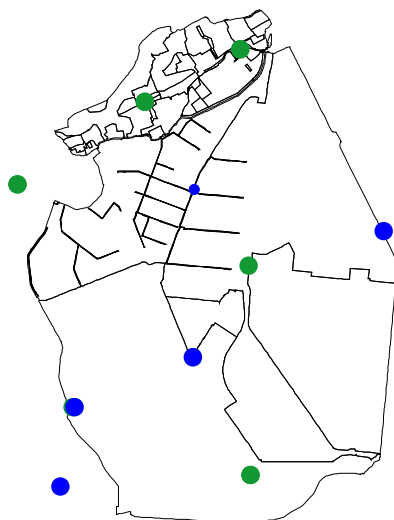
Vergelijking gemeten en berekende stijghoogten



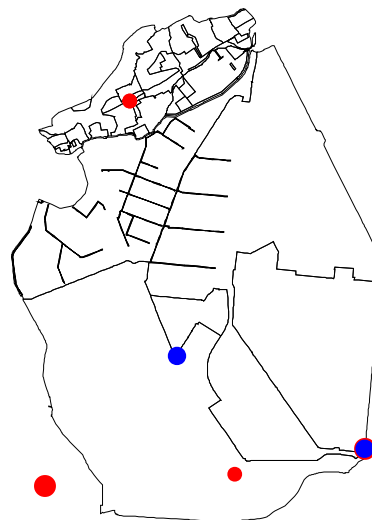
Modellagen 1 t/m 9



Modellagen 10 t/m 15



Modellagen 16 t/m 18



Modellagen 19 t/m 22

Berekende - gemeten stijghoogte

- < -0,3 m te laag
- -0,3 tot -0,15 m
- -0,15 - 0,15
- 0,15 tot 0,3m
- > 0,3m te hoog
- Peilvakken Wieringen

**Geohydrologisch onderzoek
Wieringerrandmeer**

0 5 10 Kilometers

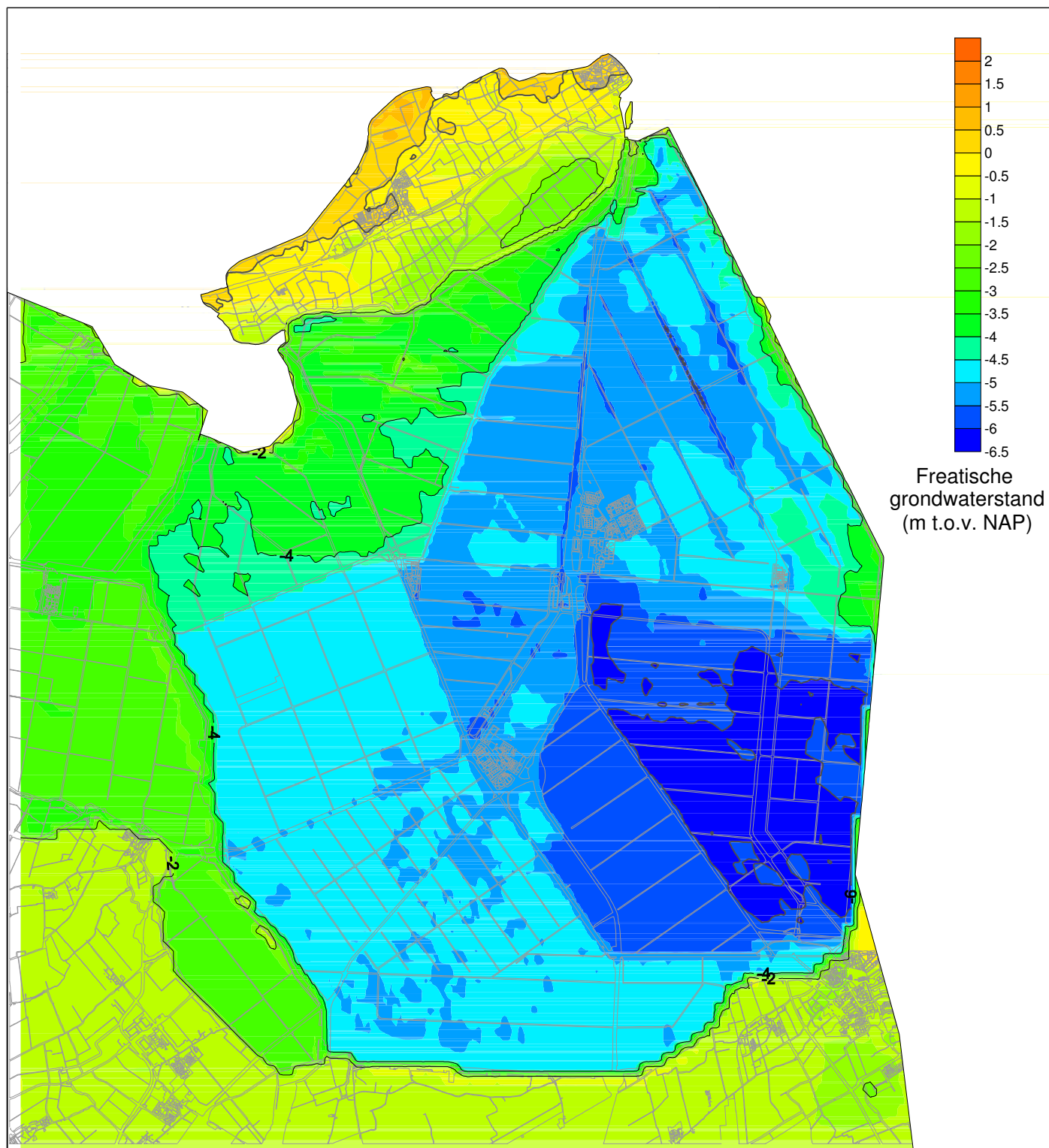
getekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Witjes
projectleider: Ir Th. G. J. Witjes

projectcode: SK53-1
status: concept
versie: 1.0
datum: 18-08-2005

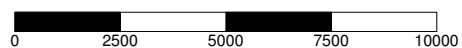
Witteveen + Bos

BIJLAGE VII Geohydrologische situatie referentiesituatie

Freatische grondwaterstand - Referentiesituatie (2030)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

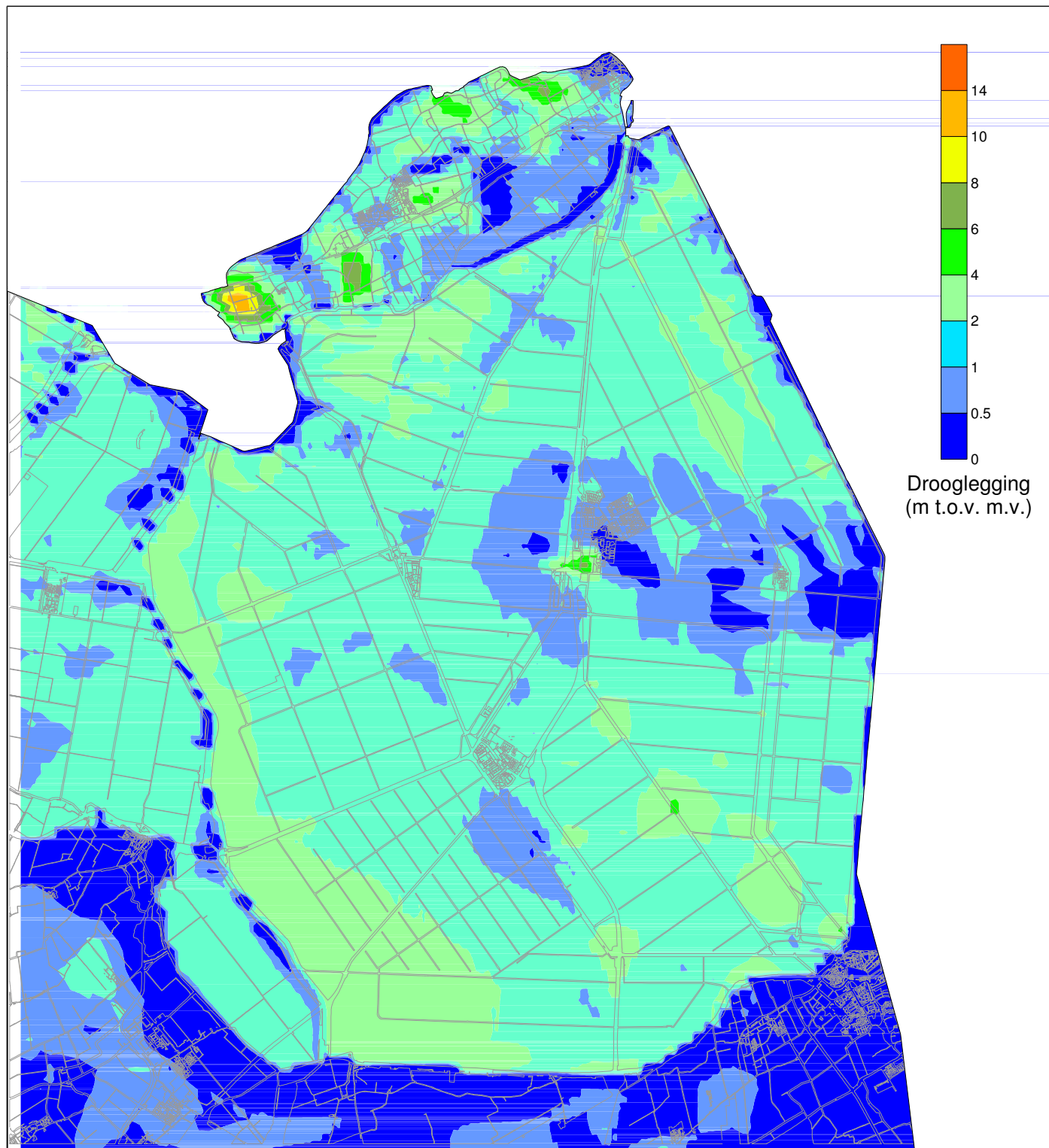
Status: Concept

Versie: 1

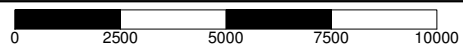
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Drooglegging - Referentiesituatie (2030)



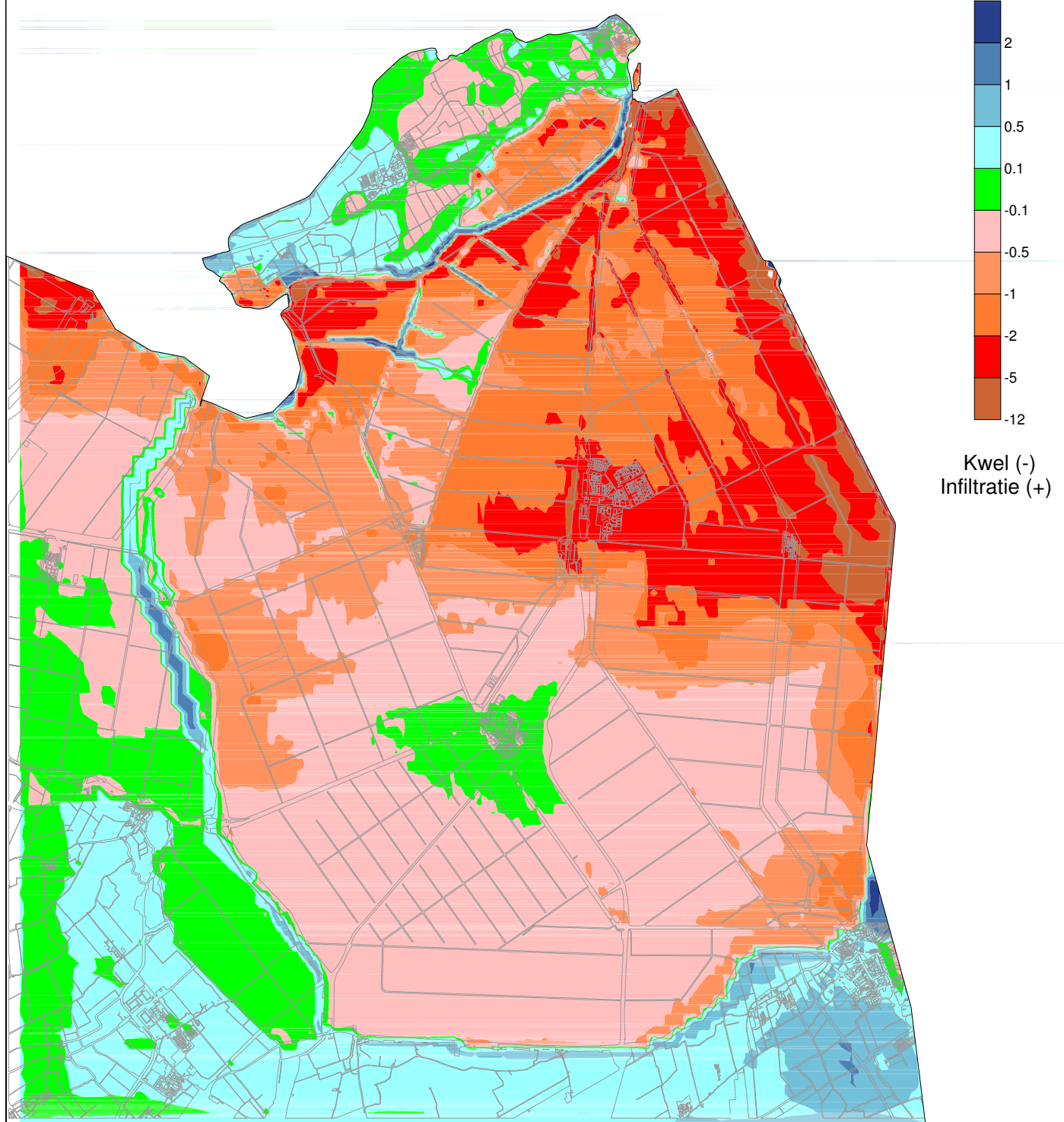
Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Berekend: Drs. M. Bonte
Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectcode: WRW5-8-20
Status: Concept
Versie: 1
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Kwel en infiltratie Referentiesituatie (2030)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 1000 2000 3000 4000 5000

Getekend: Drs. M. Bonte

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

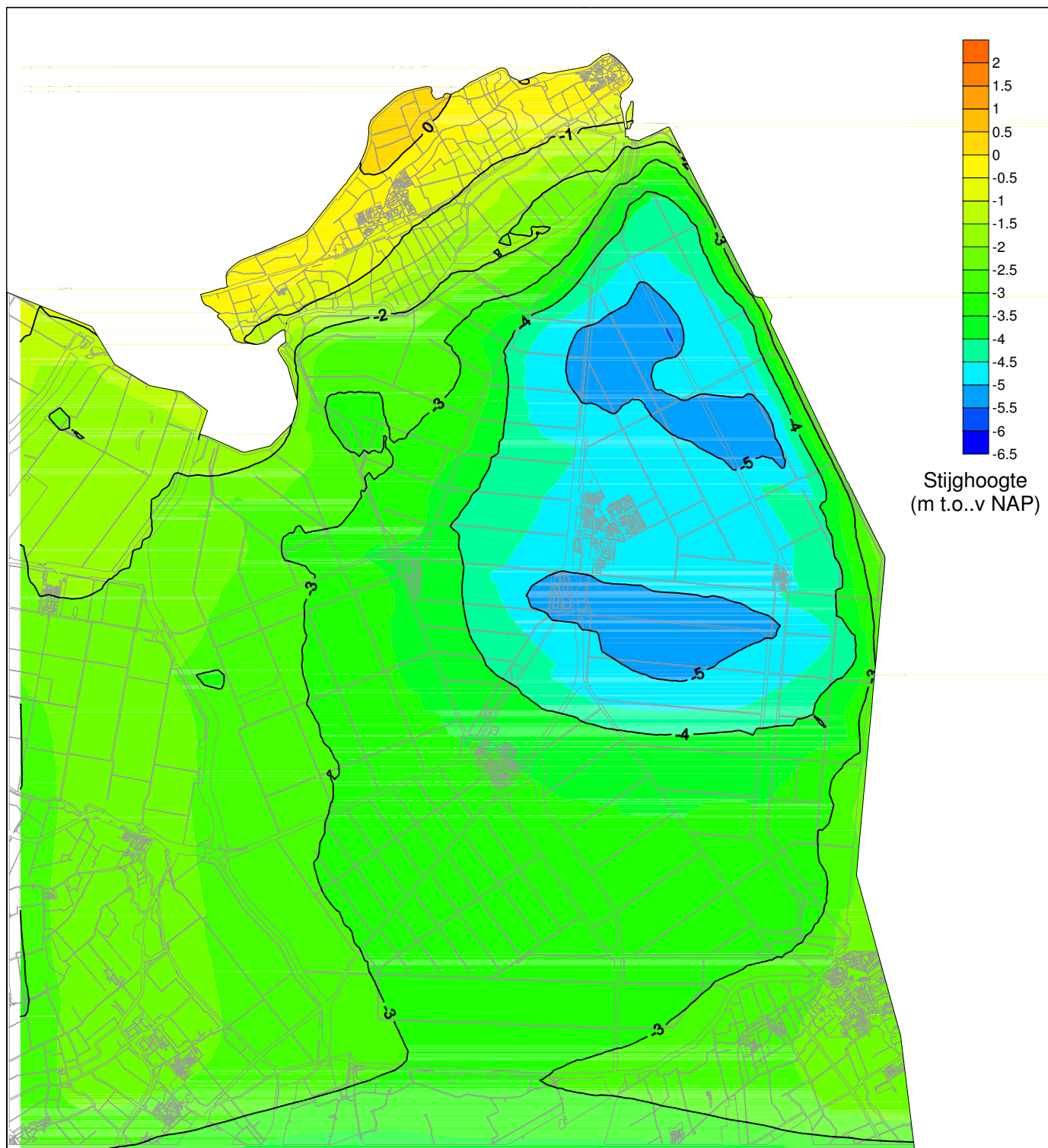
Status: Concept

Versie: 1

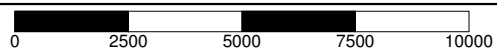
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Stijghoogte 1e Watervoerend Pakket (NAP -30m) - Referentiesituatie (2030)



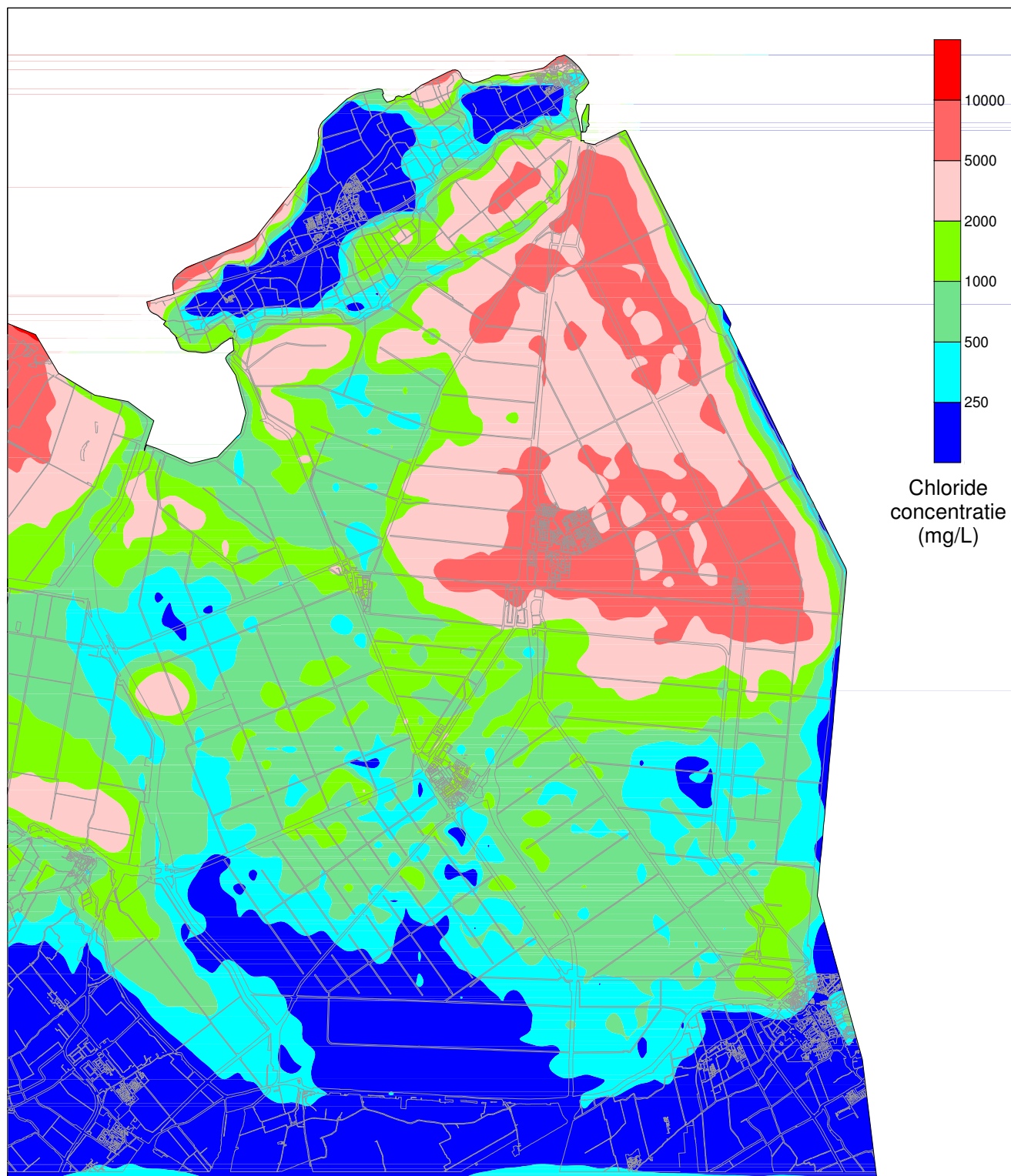
Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



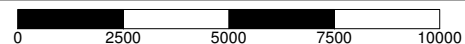
Getekend: Drs. M. Bonte
Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectcode: WRW5-8-20
Status: Concept
Versie: 1
Datum: 9-11-2005

Witteveen + Bos

Chlorideconcentratie freatisch grondwater - Referentiesituatie (2030)



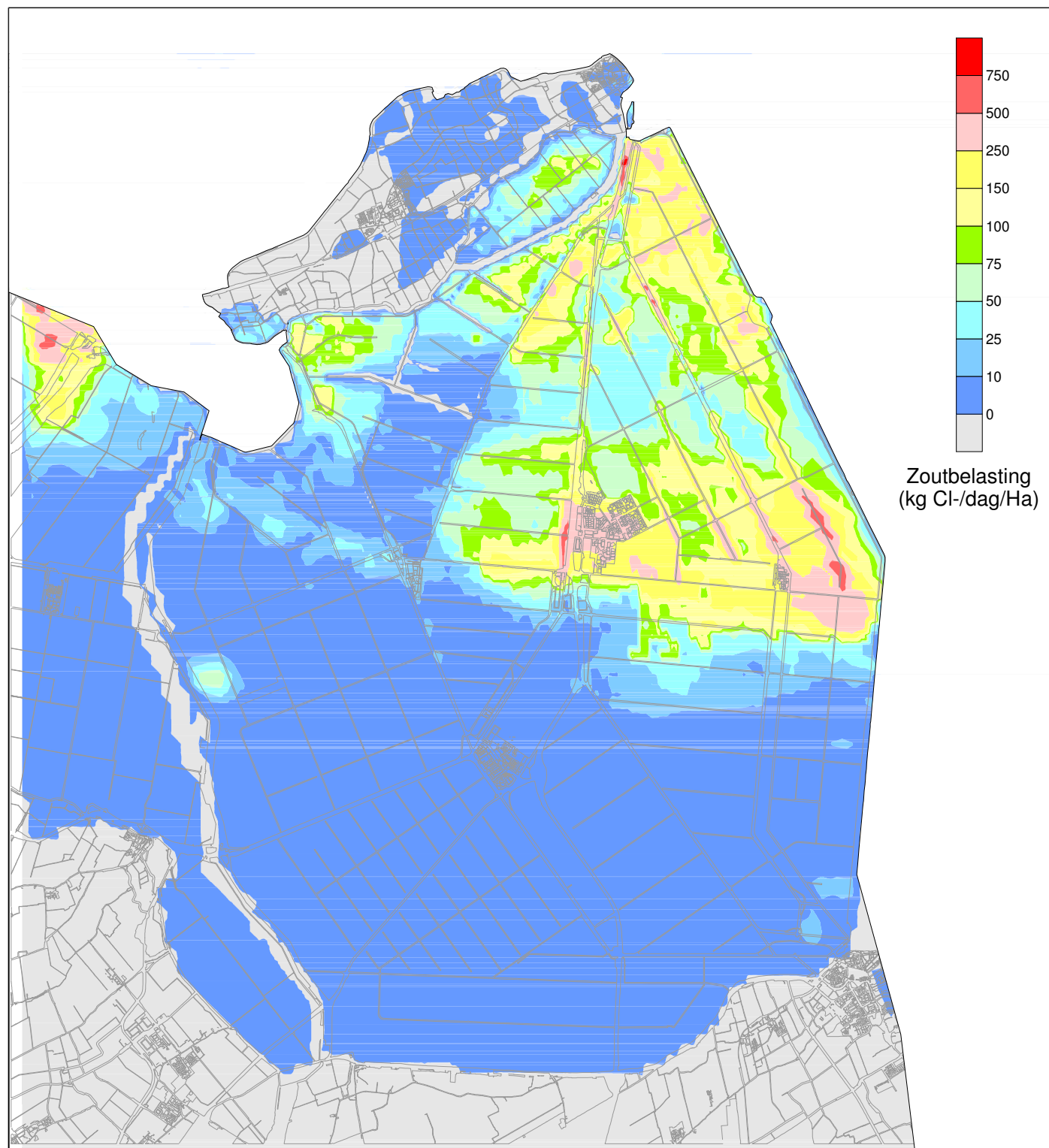
Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



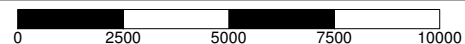
Getekend: Drs. M. Bonte
Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectcode: WRW5-8-20
Status: Concept
Versie: 1
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Zoutbelasting - Referentiesituatie (2030)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

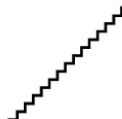


Getekend: Drs. M. Bonte
Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectdirecteur: Ir. Th.G.J. Witjes
Projectcode: WRW5-8-20
Status: Concept
Versie: 1
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

BIJLAGE VIII Verslag bespreking geohydrologisch onderzoek Domeinen

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen+Bos
Louis Armstrongweg 6
postbus 10095
1301 AB Almere
telefoon 036 548 29 00
telefax 036 533 38 83

onderwerp Bespreking geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer
project Wieringerrandmeer
verslagnummer
datum 2 december 2005
tijd 10:00
plaats Wieringerwerf
projectcode WRW5-8-20
referentie
opgemaakt door Drs. M. Bonte
datum opmaak 2 december 2005

aanwezig	Drs. M. Bonte Dhr. W. Braak Dhr. S. Bruinsma	Witteveen+Bos Domeinen (Ministerie van Financiën) Domeinen (Ministerie van Financiën)
afwezig		
kopie	Ir. Th. Witjes Dhr. T.R. Vergeer	Witteveen+Bos Boskalis

Aanleiding

Aanleiding voor deze bespreking is het geohydrologische onderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd naar de effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer. Het geohydrologisch onderzoek maakt onderdeel uit van de Integrale Effecten Rapportage en dient antwoord te geven op de volgende vragen:

1. hoe functioneert het huidige geohydrologische systeem en welke ontwikkelingen zijn er te verwachten ten aanzien van verdroging, vernatting en verzilting (autonome ontwikkeling)?
2. welke hydrologische effecten (grondwaterstand, kwel-wegzijging en verzilting, waterbalans) treden op als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer en hoe verhouden die zich ten opzichte van de autonome ontwikkeling?
3. welke afgeleide effecten (bebouwing, landbouw en natuur) zijn er te verwachten als gevolg van het realiseren van het Wieringerrandmeer?
4. welke mitigerende/compenserende effecten zijn beschikbaar om de effecten te compenseren of te neutraliseren?

In het voortraject van het Wieringerrandmeerproject is een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd door Grontmij. Vanuit de lokale akkerbouwers is veel kritiek geweest op de resultaten van dit onderzoek; met als voornaamste punt van kritiek dat de effecten van het Randmeer zouden worden onderschat.

Om een beter inzicht te krijgen in de lokale landbouwsituatie en met name wat de gevoelige punten van akkerbouw in de Wieringermeerpolder en Wieringen zijn, is contact gezocht met de Domeinen. De Domeinen (onderdeel van het Ministerie van Financiën) is pachteigenaar van een groot deel van de grond in de polder en heeft decennia ervaring met de lokale landbouw situatie. In een bespreking zijn daarmee bovenstaande punten, en met name de landbouwactiviteiten in de Wieringermeer besproken.

Geohydrologische situatie

Besproken is dat bij het huidige geohydrologische onderzoek het originele Grontmij grondwatermodel als startpunt is gebruikt. Het model is echter wel vrijwel geheel opnieuw opgebouwd waarbij onder andere het geologische model van TNO (REGIS) is ingevoerd, en het wateraanvoersysteem opnieuw is ingevoerd.

De resultaten van de grondwatermodellering zijn globaal besproken. De kwelkaarten en zoutbelastingkaarten zijn bekeken en de verdeling van kwel en zoutbelasting komt volgens dhr. Bruinsma overeen met de ervaring uit de praktijk. Met name in de noordoost hoek van de Wieringermeerpolder is de kwel en zoutdruk hoog. Langs de Den Oeversche Vaart is tevens een aantal gebieden waar de kweldruk hoog is. In erg droge zomers kan het land zelfs wit uitslaan door zout dat via capillaire werking omhoog komt.

Drainage en natschade

Bij inpoldering van de Wieringermeerpolder is drainage aangelegd op circa 0,8 m – m.v. met een h.o.h. afstand van 11 meter. Door klink ligt deze drainage momenteel op circa 0,5 m – m.v. Langs de IJsselmeerdijk, en op andere locaties waar de kweldruk groot is, zijn naast de drainage greppels gegraven en met takkenbossen gevuld.

In de jaren '60/'70 is een extra drainage systeem tussen de oude drainage ingelegd. Hiermee komt de h.o.h. afstand op 5,5 meter. Dit drainagesysteem ligt op circa 1,2 m-m.v. Op locaties die nog steeds nat waren, is daarnaast het oude drainagesysteem vervangen.

Natschade en grondwateroverlast wordt door de boeren en Domeinen als één van de grootste gevaren van de aanleg van het Wieringerrandmeer gezien. Uit de praktijk is bekend dat in gebieden waar de kweldruk hoog is, dit kan leiden tot onbegaanbaar land. Dit is over het algemeen opgelost door aanleg van extra drainage.

In de Wieringermeerpolder is met huidige drainagesysteem vrijwel geen sprake van grondwateroverlast. Dit komt overeen met de natschade berekend met WaterNOOD waarin vrijwel geen natschade wordt berekend. In de jaren 1998 en 2000 was wel sprake van onbegaanbaar land, dit werd echter vooral veroorzaakt door een bovengemiddelde hoeveelheid regenval (1998) en bovengemiddeld langdurige regenval (2000).

Op veel van de gebieden op Wieringen, wordt geen ander landgebruik toegestaan dan grasland. Deze graslanden worden door het Hoogheemraadschap op beschermd (en hoog) peil gehouden. Er mag op deze gronden pas laat in het jaar worden gemaaid en geen andere gewassen mogen worden geteeld. Deze graslanden hebben naast de landbouwfunctie een natuurfunctie. De berekende natschade voor landbouw is daarmee misleidend omdat het peil bewust hoog wordt gehouden en het peilbeheer niet (alleen) op een landbouwfunctie is gericht. De natuurdoelrealisatie is tevens met WaterNOOD berekend en deze is voor deze gebieden optimaal wat aanduidt dat het peilregime inderdaad op een natuurfunctie is gericht.

WATERAANVOER EN DROOGTESCHADE

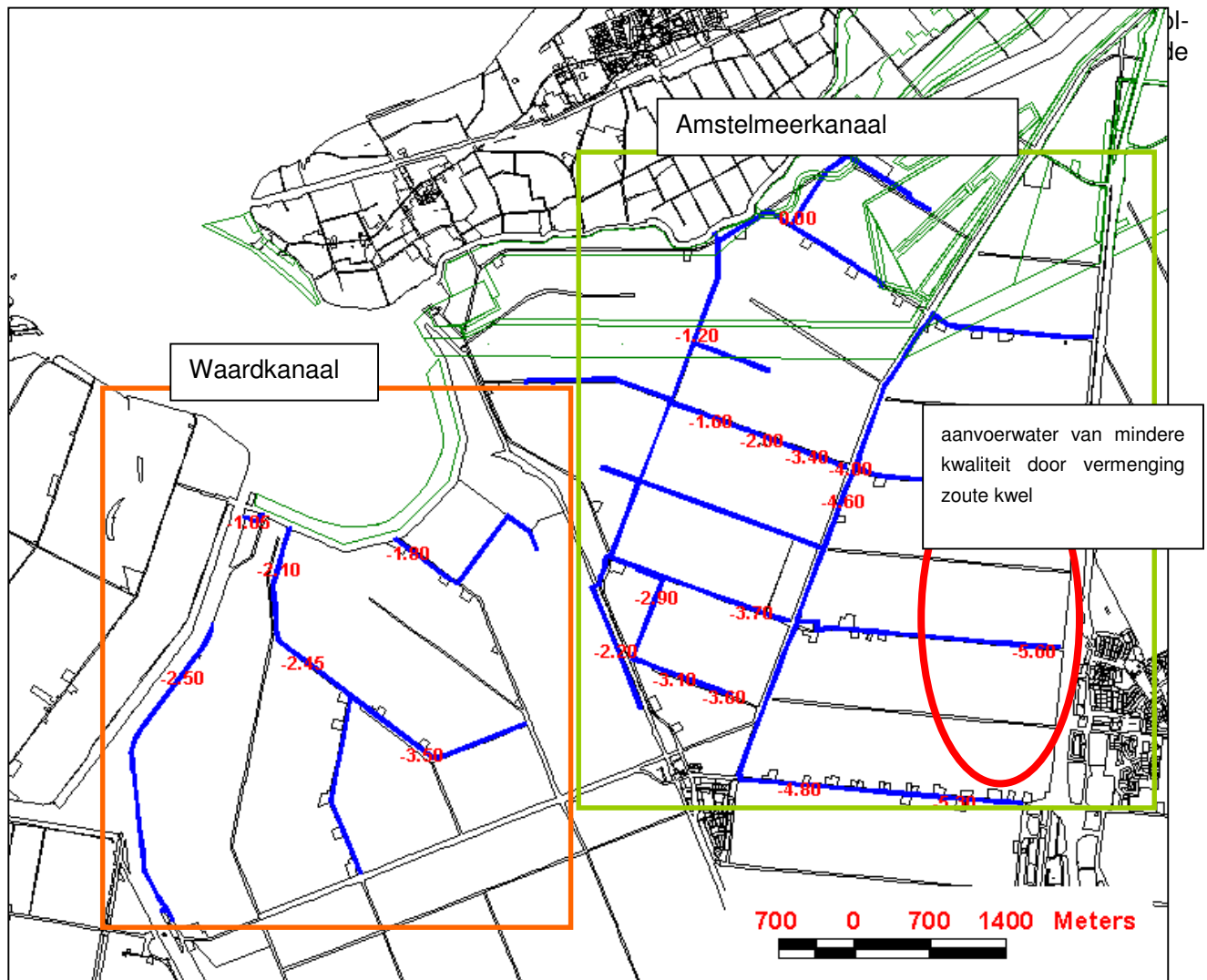
Vrijwel in de gehele Wieringermeerpolder en op Wieringen vindt wateraanvoer plaats. In de oostelijke helft van de polder wordt water direct vanuit het IJsselmeer ingelaten via hevels. In poldervak 1 en op Wieringen vindt aanvoer plaats via het Amstelmeerkanaal. De aanvoersloten zijn weergegeven in bijlage V van het rapport. Dit figuur klopt op grote lijnen. Wel wordt opgemerkt dat in dit figuur de drie westelijke aanvoersloten worden gevoed vanuit het Waardkanaal en niet vanuit het Amstelmeer. Het water wordt via een pijpleiding naar de slootjes getransporteerd vanuit het Waardkanaal. Het water in het Amstelmeer is te zout.

Het water wordt via de aanvoersloten naar de percelen gelaten via kavelslootjes. Vanuit de kavelsloten wordt beregend. In een enkel gebied waar de bodem zandig is, is beregening niet nodig omdat het water vanuit de kavelslootjes direct infiltreert. De kwaliteit van het aanvoerwater in de stroomafwaarts gelegen aanvoerslootjes is vaak minder goed door vermenging met zout kwelwater.

De waterkwaliteit wordt als kritisch gezien. Momenteel is het chloridegehalte van het Amstelmeerkanaal net toereikend en kan in droge zomers zelfs erg hoog worden (tot 700 mg/L). Het chloridegehalte is daarmee te hoog voor bollenteelt. Dit zal wel mogelijk worden als water via een pijpleiding direct uit het IJsselmeer beschikbaar komt.

Het water in het IJsselmeer is vrijwel overal goed. Er wordt wel een gradiënt waargenomen in chloridegehalte waarbij het naar het zuiden toe zoeter wordt. De eerste hevel ligt bij de Oom Keesweg (bij het Dijkgatbos), hier is het water dus voldoende zoet voor landbouw gebruik (voor welk gewas is niet bekend).

Ten zuiden van Wieringerwerf wordt grondwater gebruikt voor beregening. De bronnen worden gevoed door de zoetwaterbel van Hoorn. Deze wordt ingeklemd door de Eemklei en de kleilagen van Urk. Deze zit ook zo in het grondwatermodel. De bronnen zijn in eerste instantie overigens geboord voor methaangas. Bij Wieringerwerf is ook een grondwaterbron geboord, maar deze werd na enige tijd pompen zout. Dit wordt veroorzaakt door de ligging van zoet-zout grensvlak nabij Wieringerwerf.



Zoutschade

Van zoutschade is vrijwel geen sprake in de Wieringermeerpolder. Door de intensieve drainage wordt het grondwaterpeil voldoende laag gehouden zodat zout grondwater niet in de wortelzone terecht komt. Het verschil met gebieden waar wel sprake kan zijn van zoutschade (bijvoorbeeld Texel) is dat daar het grondwaterpeil hoog wordt gehouden om het zoete water dat infiltreert in de winter vast te houden als watervoorziening.

Omdat in de Wieringermeerpolder watervoorziening vanuit oppervlaktewater aanwezig is, is de landbouw niet afhankelijk van zoetwater lenzen en is de kans op zoutschade klein.

Bebouwde omgeving

Grondwateroverlast in bebouwde omgeving treedt alleen op in Wieringerwerf. Hier is in een nieuwbouwwijk het oude landbouwdrainagesysteem verwijderd voordat de huizen zijn gebouwd. Door kwel is de freatische grondwaterstand dermate hoog komen te staan dat het slechts enkele decimeters onder bouwpeil staat.

In Hippolytushoef is soms sprake van water op straat na hevige regenval. Dit wordt echter veroorzaakt door onvoldoende rioolcapaciteit en niet door grondwateroverlast.

In Den Oever is sprake van (zee)water overlast als de wind verkeerd staat. Dan staat het water op de kade in de haven.

Mitigerende maatregelen

Gevraagd wordt wat Domeinen als belangrijkste mitigerende maatregelen ziet om ongewenste effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer ziet. Twee punten worden genoemd:

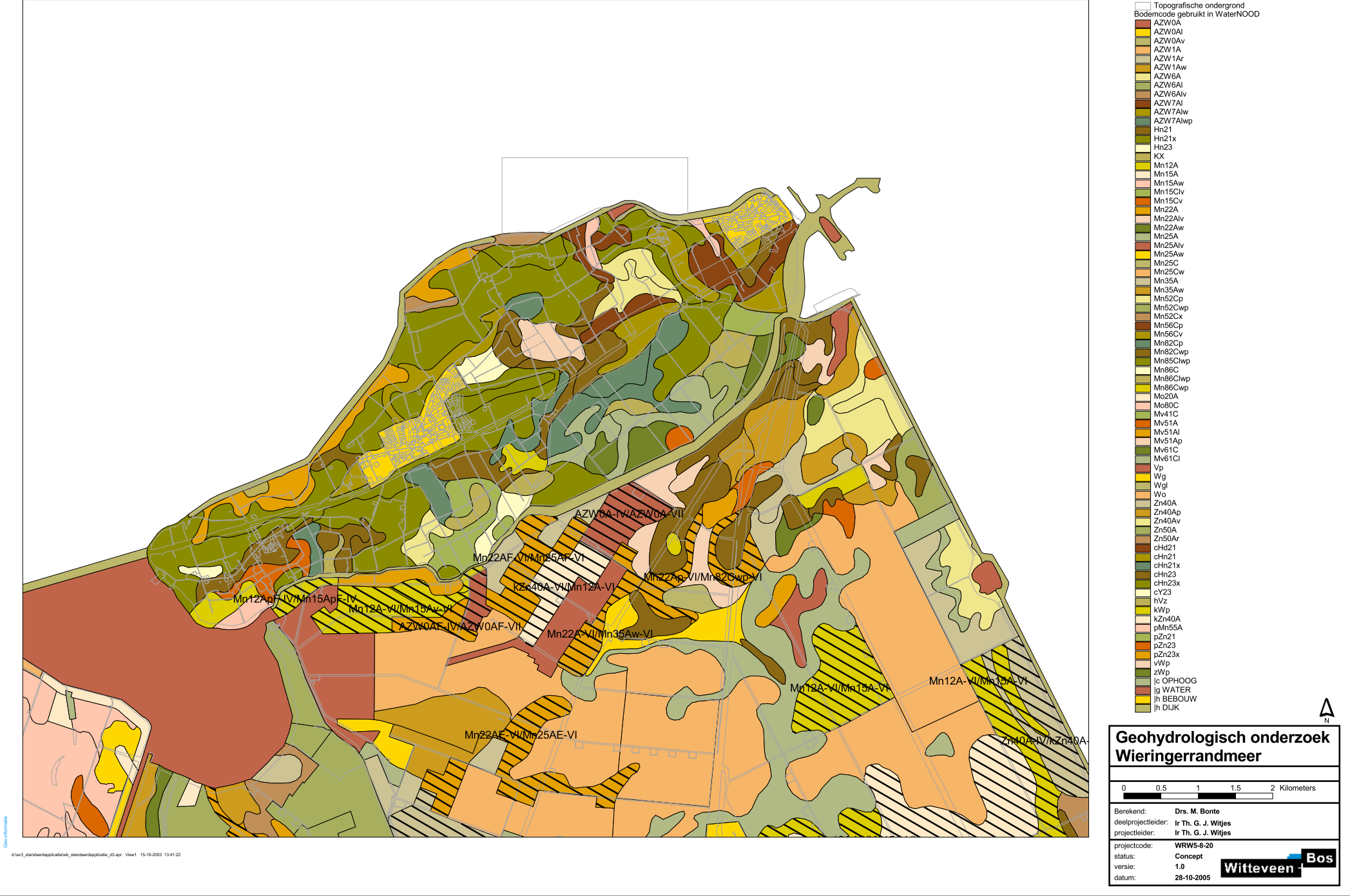
1. herstel watervoorziening als het water uit het Wieringerrandmeer te zout is voor gebruik in landbouw
2. intensivering drainagestelsel in gebieden waar grondwaterstandstijging of kweltoename wordt berekend.

Overige aspecten

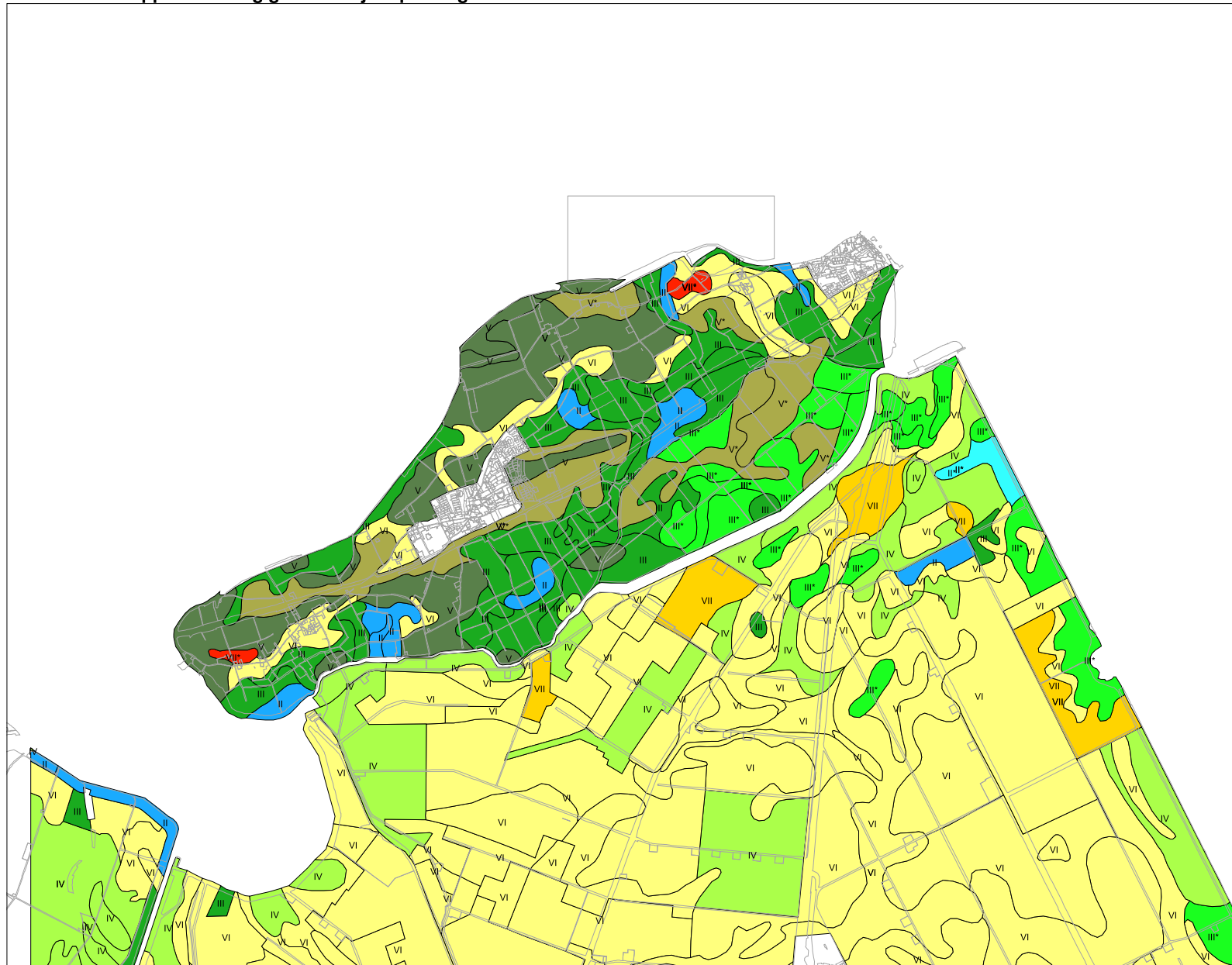
Afgevraagd wordt wat de afstemming is met het Amstelmeeroeverproject. Hiervoor wordt een geohydrologische studie uitgevoerd door Grontmij en er zijn hier peilbuizen geplaatst.

BIJLAGE IX Landbouw doelrealisatie, droogte en natschade referentiesituatie

Bodemkartering gebruikt bij toepassing WaterNOOD instrumentarium



Grondwatertrappenkartering gebruikt bij toepassing van het WaterNOOD instrumentarium voor landbouw en natuur



- Topografische ondergrond
Grondwatertrappen
- - I = H <40 L <50
 - II = H <40 L 50-80
 - II* = H 25-40 L 50-80
 - III = H <40 L 80-120
 - III* = H 25-40 L 80-120
 - IV = H 40-80 L 80-120
 - V = H <40 L >120
 - V* = H 25-40 L >120
 - Vb = H 25-40 L >120
 - VI = H 40-80 L >120
 - VII = H 80-140 L >120
 - VII* = H >140 L >160
 - VIII = H >140 L >160

Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0,5 1 1,5 2 Kilometers

Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005

Witteveen Bos

Landgebruik landbouwtypen

Landbouw typen

- gras
- maïs
- aardappelen
- bieten
- granen
- overige landbouwgewassen



**Geohydrologisch onderzoek
Wieringerrandmeer**

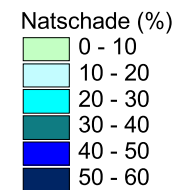
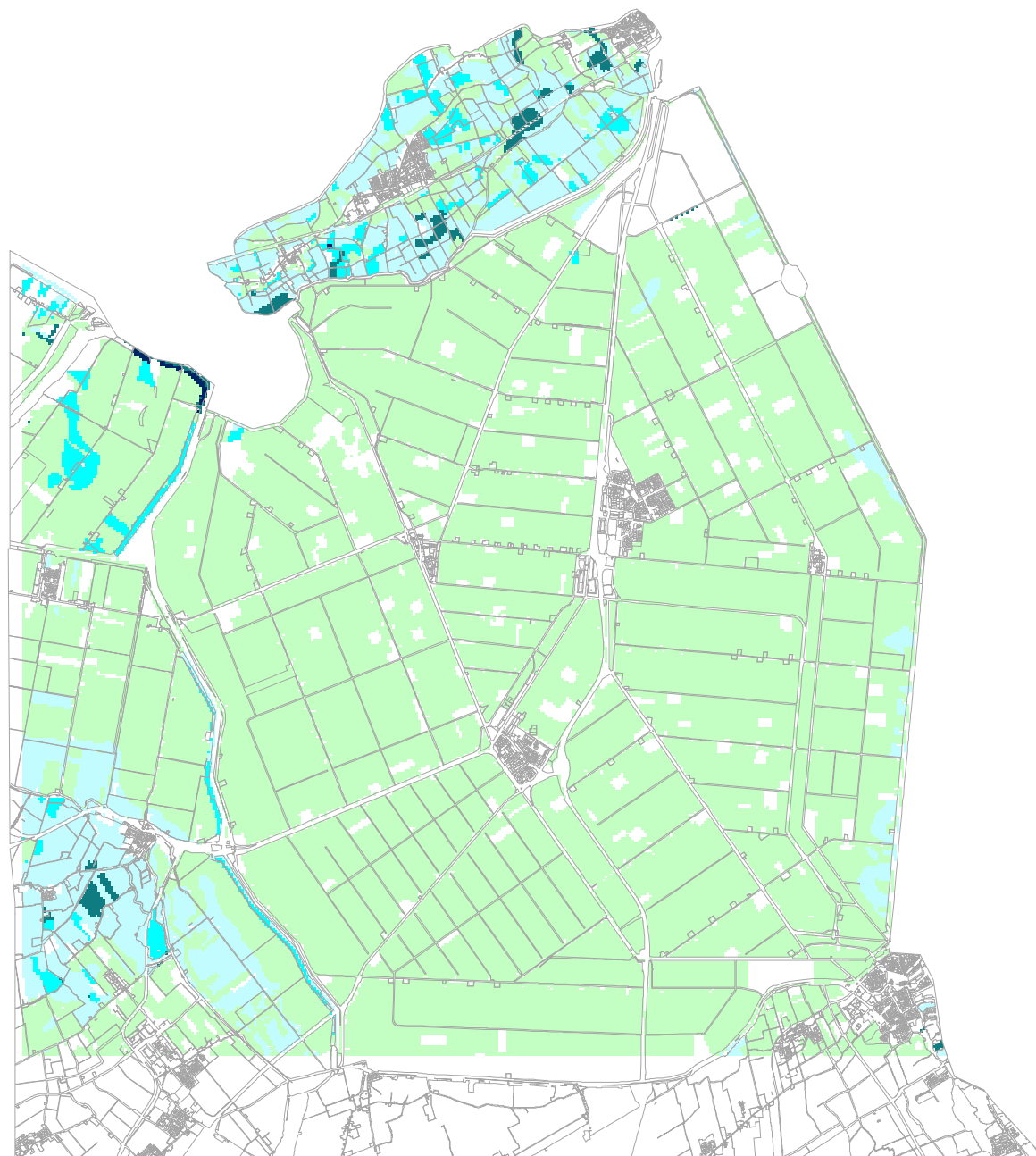
0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRWS-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005

Witteveen + Bos

Berekende natschade landbouw - referentiesituatie



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

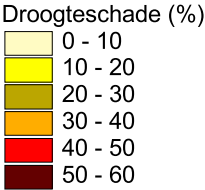
0 1 2 3 4 5 Kilometers

getekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Witjes
projectleider: Ir Th. G. J. Witjes

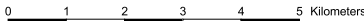
projectcode: WRW5-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005

Witteveen **Bos**

Berekende droogteschade landbouw - referentiesituatie



Geohydrologisch onderzoek
Wieringerrandmeer

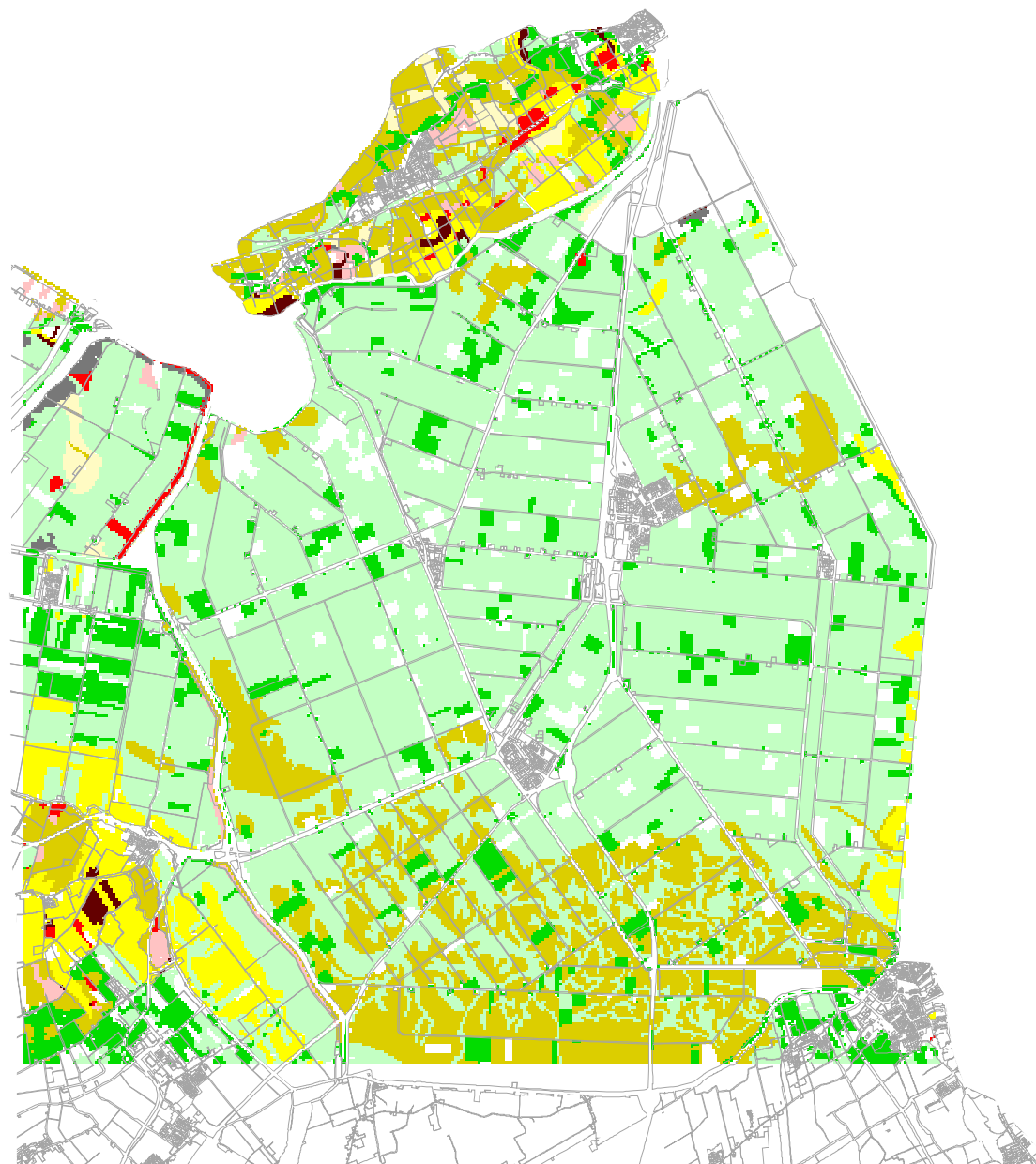


getekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Witjes
projectleider: Ir Th. G. J. Witjes

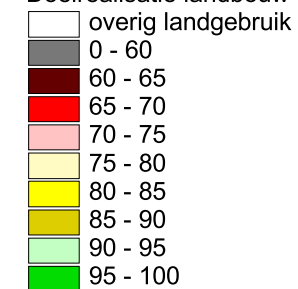
projectcode: WRW5-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005



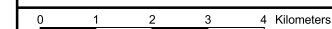
Berekende doelrealisatie landbouw - referentiesituatie



Doelrealisatie landbouw (%)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen **Bos**

BIJLAGE X Natuurdoeltypenkaart en doelrealisatie

Natuurdoeltypen gebruikt in Waterlood

Natuurdoeltypen

-  Bos
(3.66: Bos van
voedselrijke gronden)
-  Kemphaangrasland,
nat schraalland of
rietland als
dominant natuurdoeltype
(3.31 Dotterbloem grasland)
-  Bloemrijk grasland
(3.38 bloemrijk grasland)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

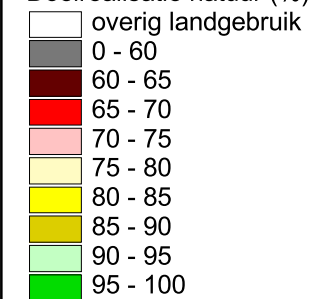
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005

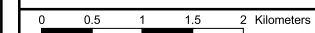


Berekende doelrealisatie natuur- referentiesituatie

Doelrealisatie natuur (%)



Geohydrologisch onderzoek Wieringgerrandmeer



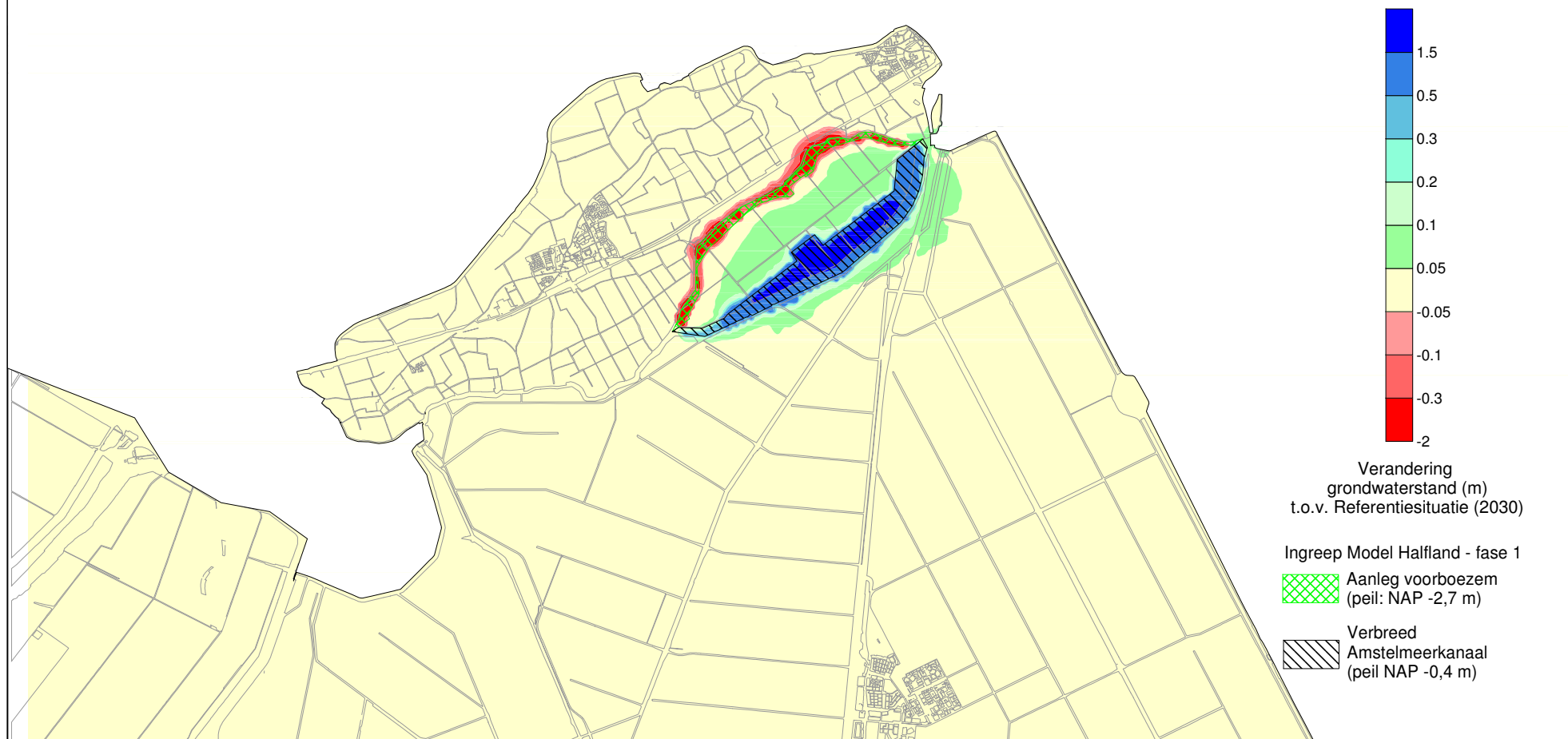
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

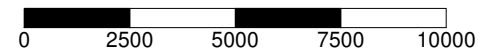
Witteveen **Bos**

BIJLAGE XI Geohydrologische effecten Halfland fase 1

Verandering grondwaterstand - Model Halfland Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

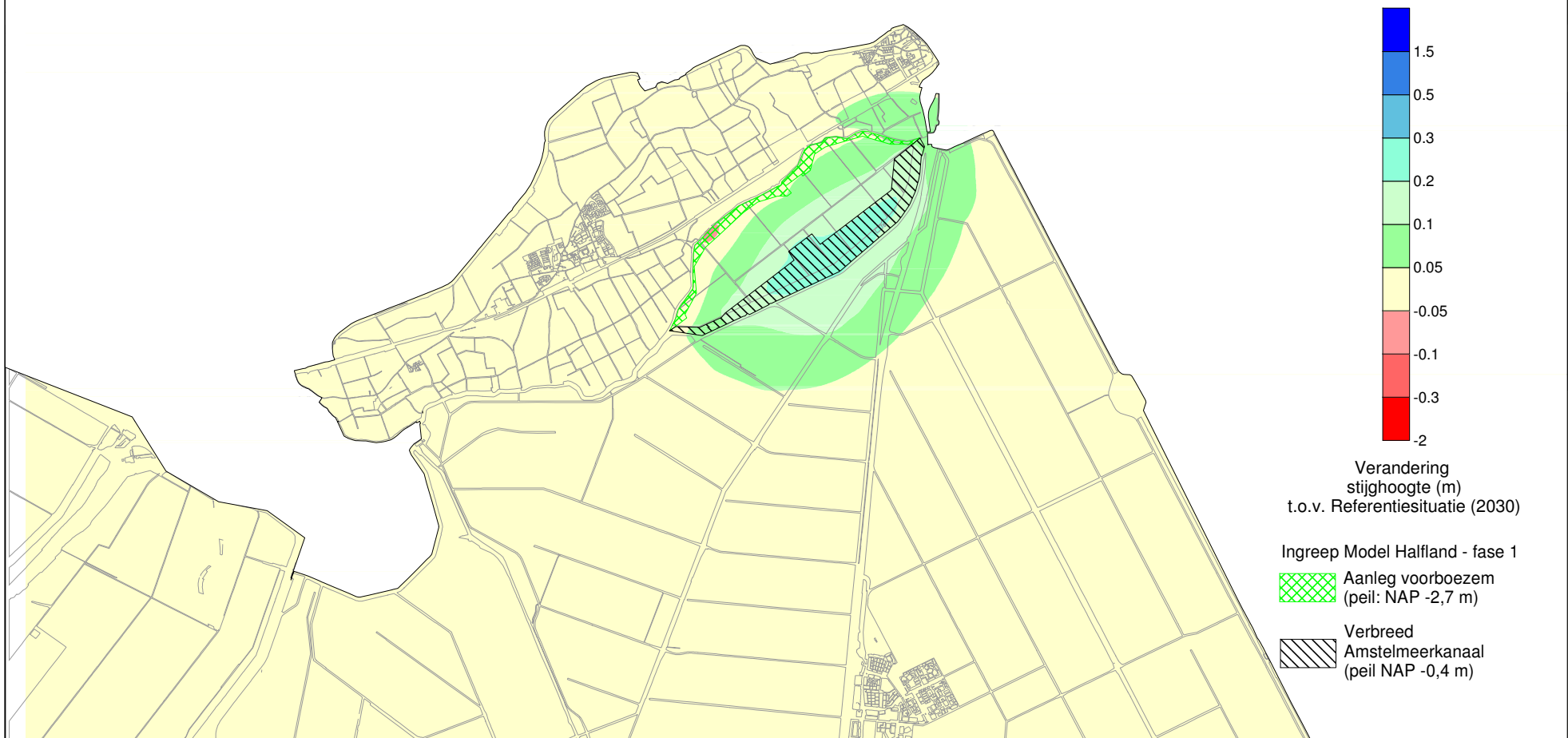
Status: Definitief

Versie: 1

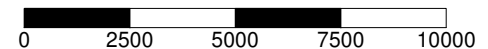
Datum: 10-1-2006

Witteveen **Bos**

Verandering stijghoogte - Model Halfland Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

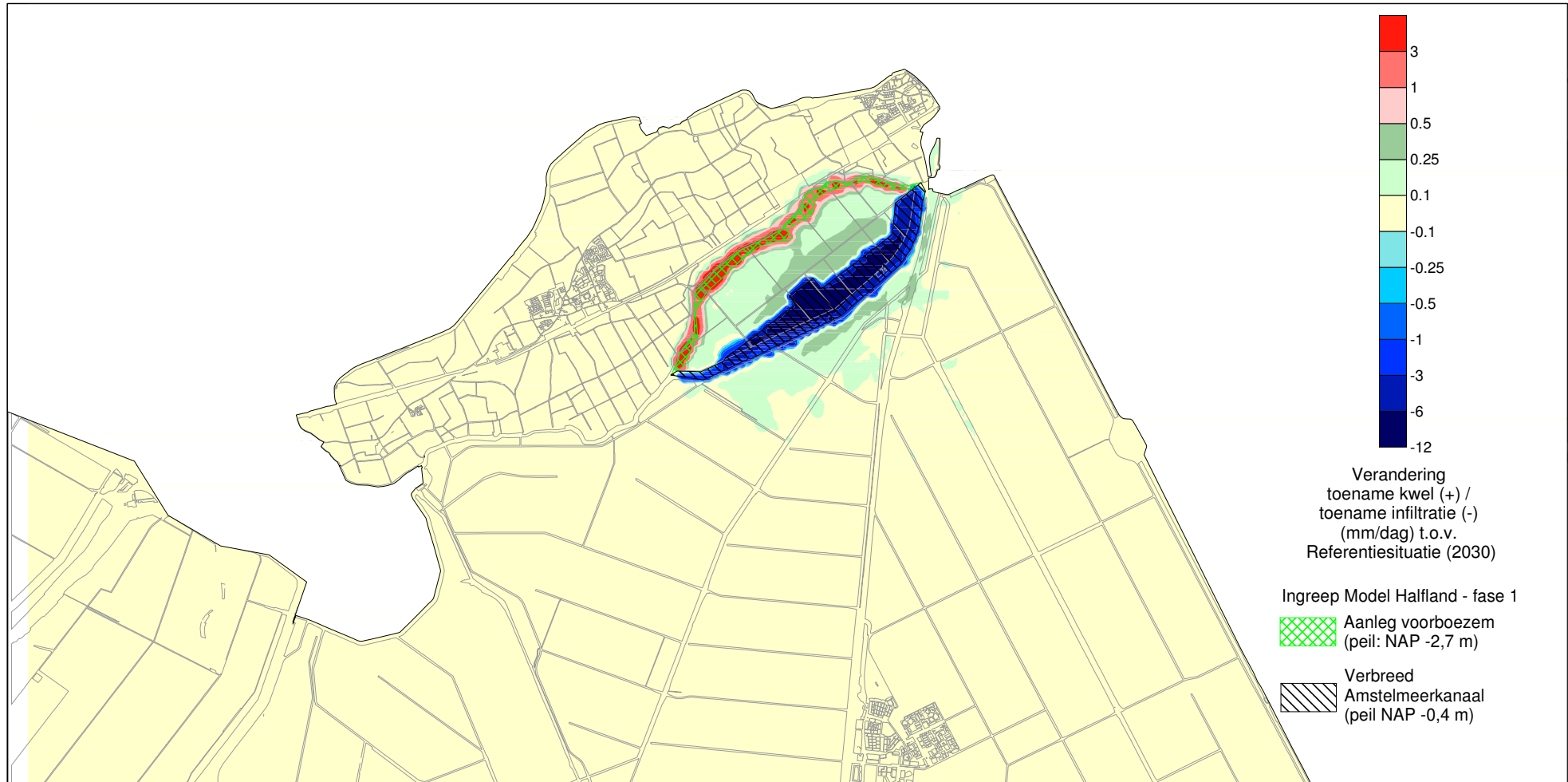
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

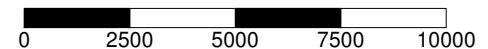
Versie: 1

Datum: 10-1-2006

Verandering kwel en infiltratie - Model Halfland Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

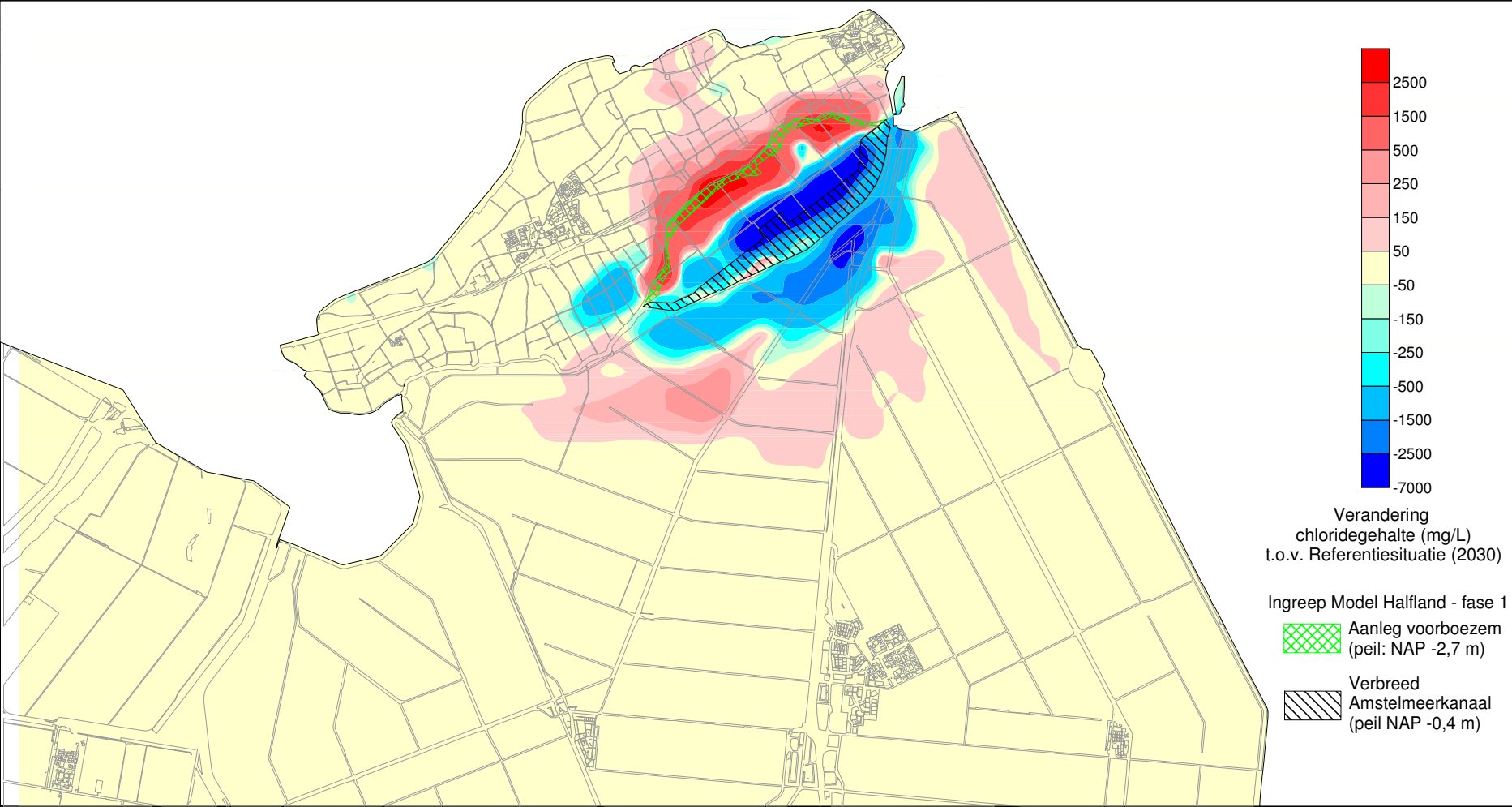
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

Datum: 10-1-2006

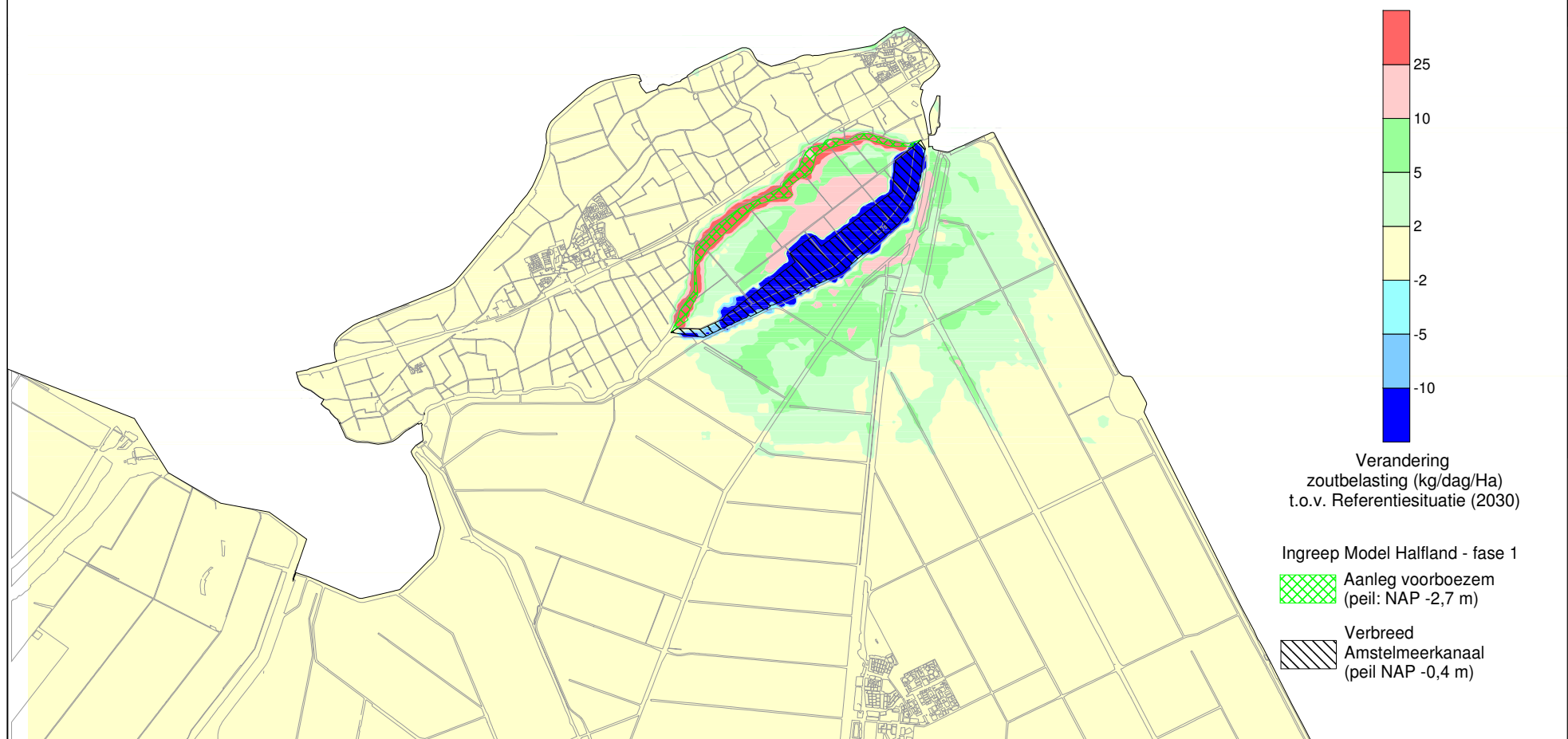
Verandering chlorideconcentratie freatisch grondwater - Model Halfland Fase 1



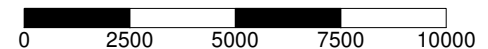
Geohydrologisch onderzoek
Wieringerrandmeer

0 2500 5000 7500 10000	
Getekend:	Drs. M. Bonte
Deelprojectleider:	Ir. Th.G.J. Witjes
Projectleider:	Ir. Th.G.J. Witjes
Projectcode:	WRW5-8-20
Status:	Definitief
Versie:	1
Datum:	10-1-2006

Verandering zoutbelasting - Model Halfland Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

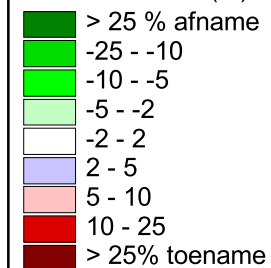
Datum: 10-1-2006

Witteveen **Bos**

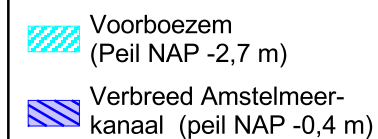
BIJLAGE XII Landbouweffecten Halfland fase 1

Verandering natschade landbouw referentiesituatie - Model Halfland Fase 1

Verandering natschade t.o.v.
referentiesituatie (%)



Halfland - Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringgerrandmeer

0 500 1000 1500 2000 Meters

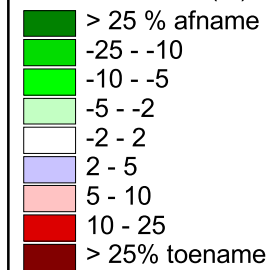
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 23-1-2006

Witteveen+Bos

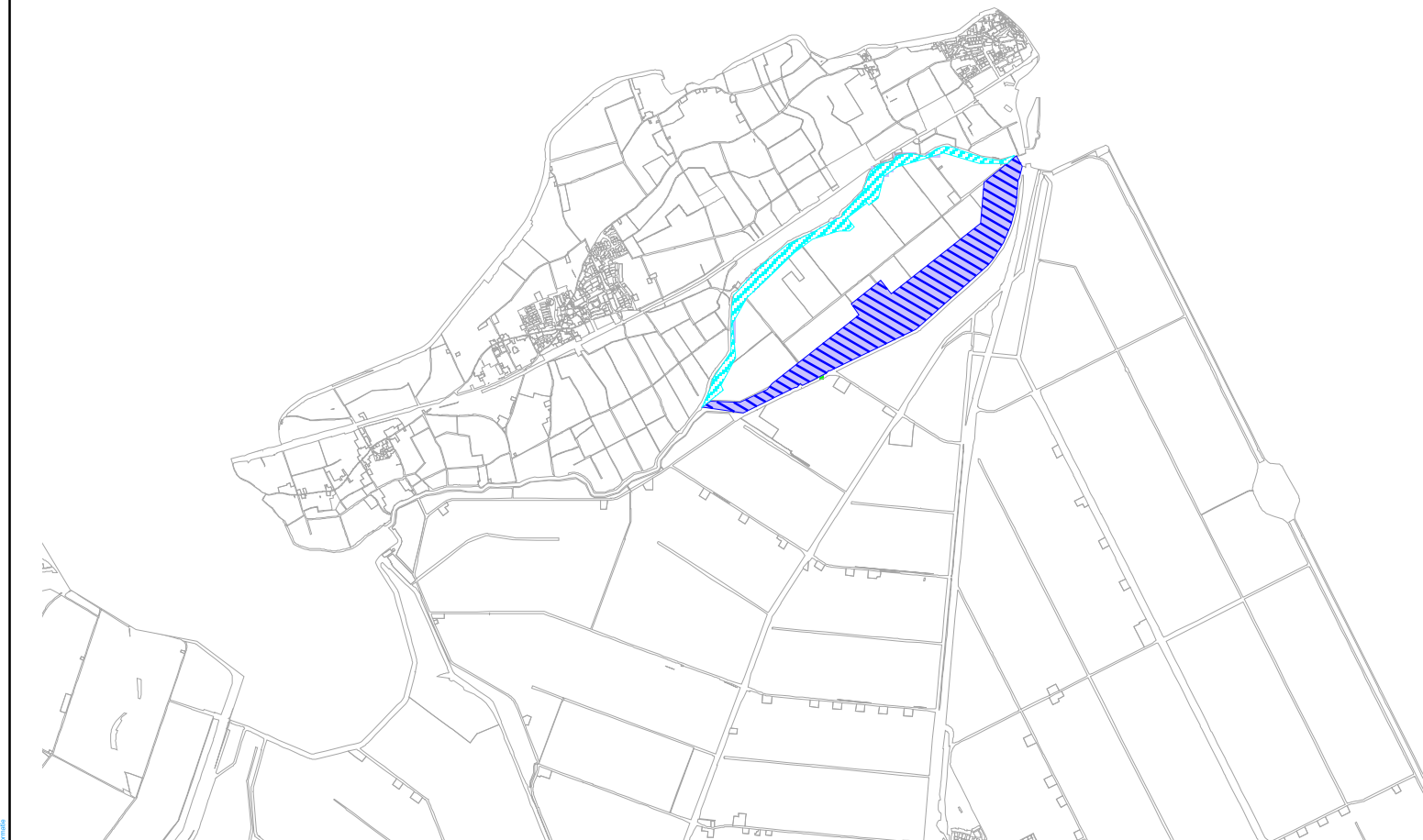
Verandering droogteschade landbouw referentiesituatie - fase 1

Verandering droogteschade t.o.v.
referentiesituatie (%)



Halfland - Fase 1

-  Voorboezem
(Peil NAP -2,7 m)
-  Verbreed Amstelmeer-
kanaal (peil NAP -0,4 m)



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

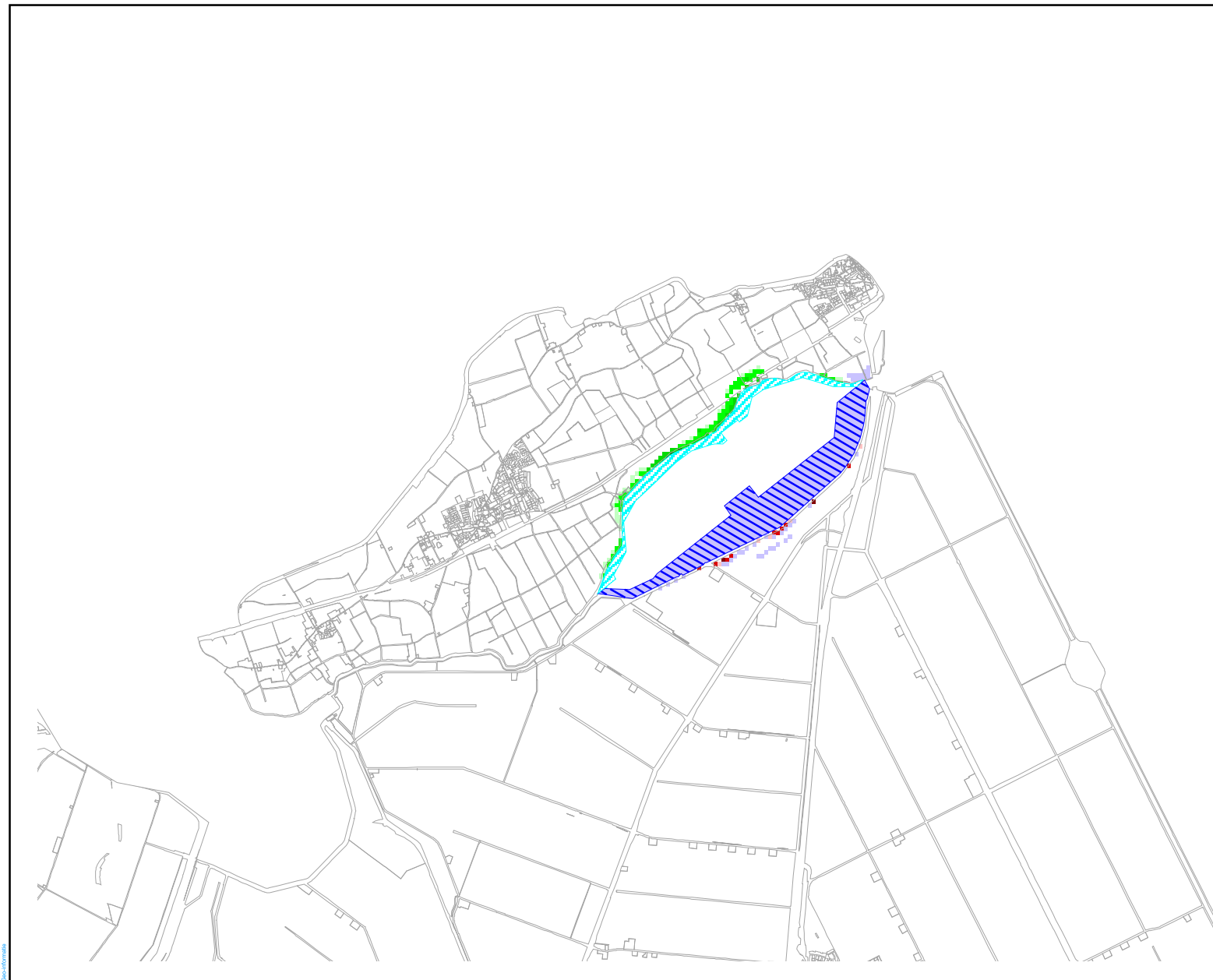
0 500 1000 1500 2000 Meters

Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

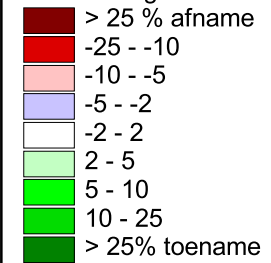
projectcode: WRW5-8-20
status: Concept
versie: 1.0
datum: 28-10-2005

Witteveen+Bos

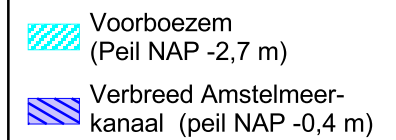
Verandering doelrealisatie landbouw referentiesituatie - Model Halfland Fase 1



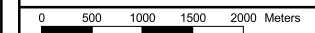
Verandering doelrealisatie (%)



Halfland - Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

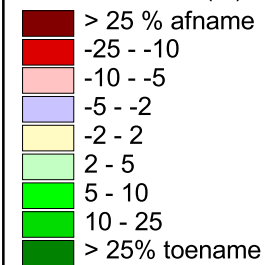
projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 23-1-2006



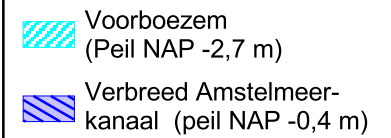
BIJLAGE XIII Natuureffecten Halfland fase 1

Verandering doelrealisatie natuur referentiesituatie - Model Halfland Fase 1

Verandering doelrealisatie t.o.v.
referentiesituatie (%)



Halfland - Fase 1



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



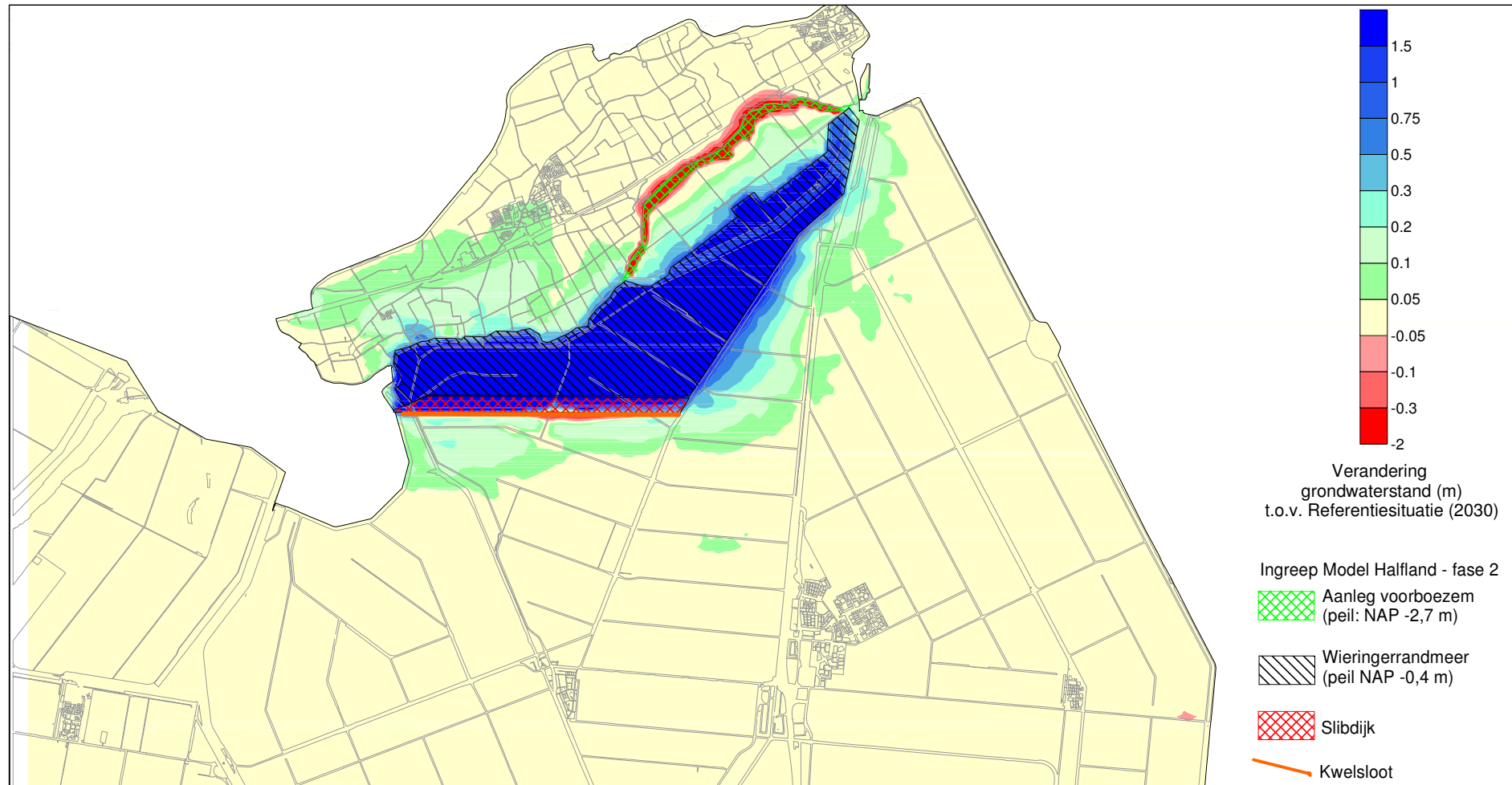
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 23-1-2006

Witteveen **Bos**

BIJLAGE XIV Geohydrologische effecten Halfland fase 2

Verandering freatische grondwaterstand - Model Halfland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

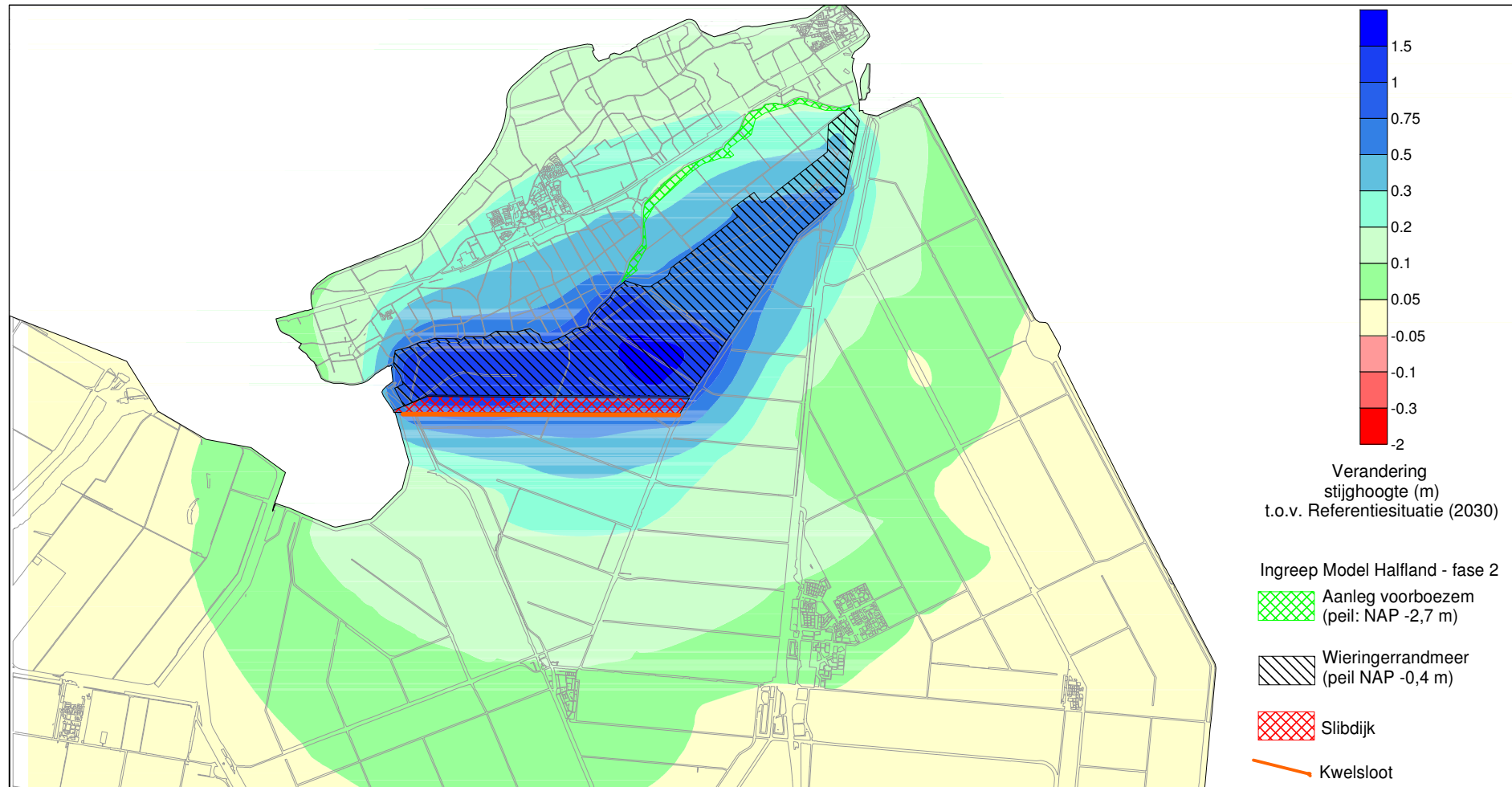
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

Datum: 10-1-2006

Verandering stijghoogte - Model Halfland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

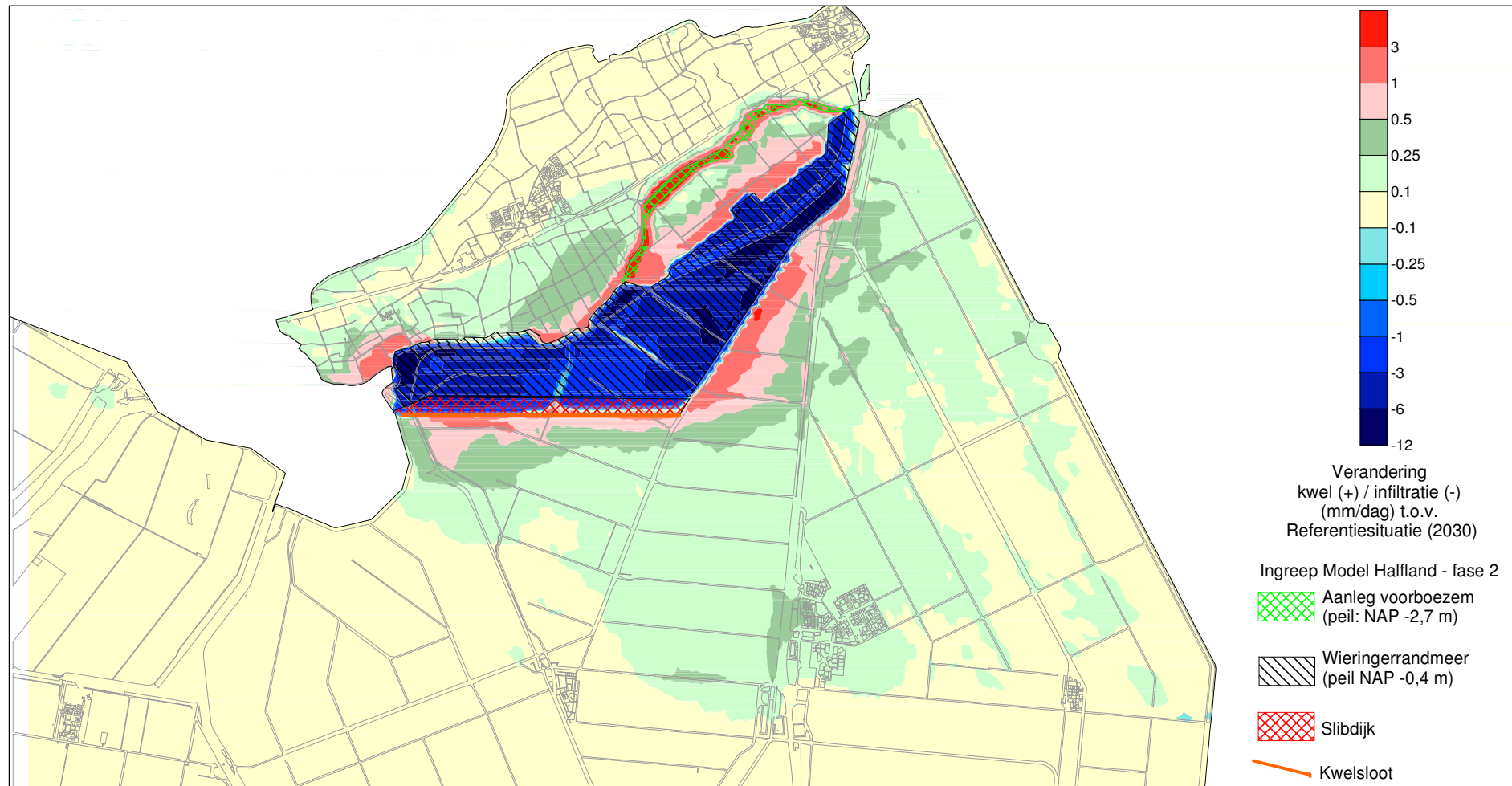
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

Datum: 10-1-2006

Verandering kwel en infiltratie - Model Halfland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

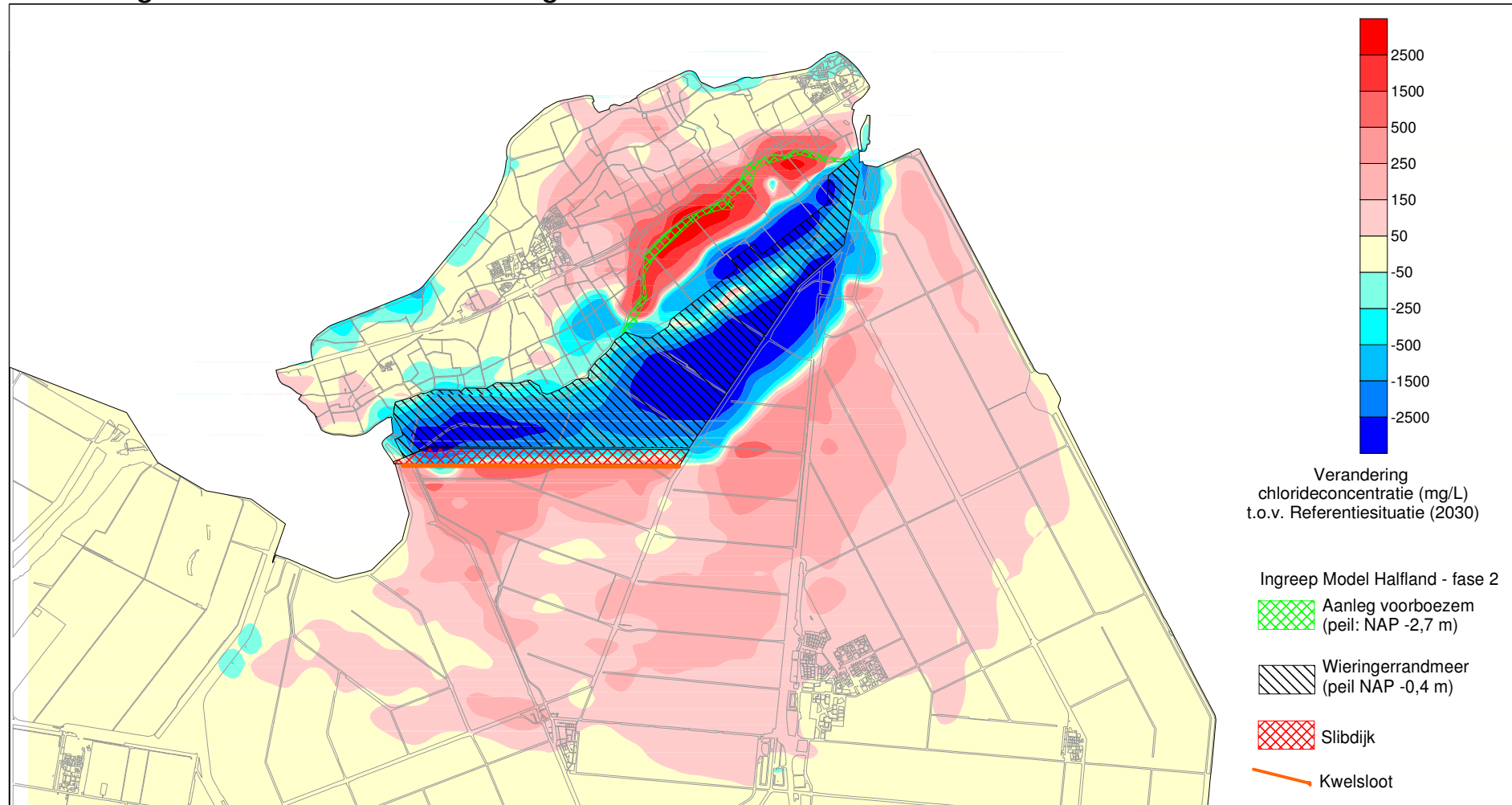
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

Datum: 10-1-2006

Verandering chlorideconcentratie freatisch grondwater - Model Halfland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

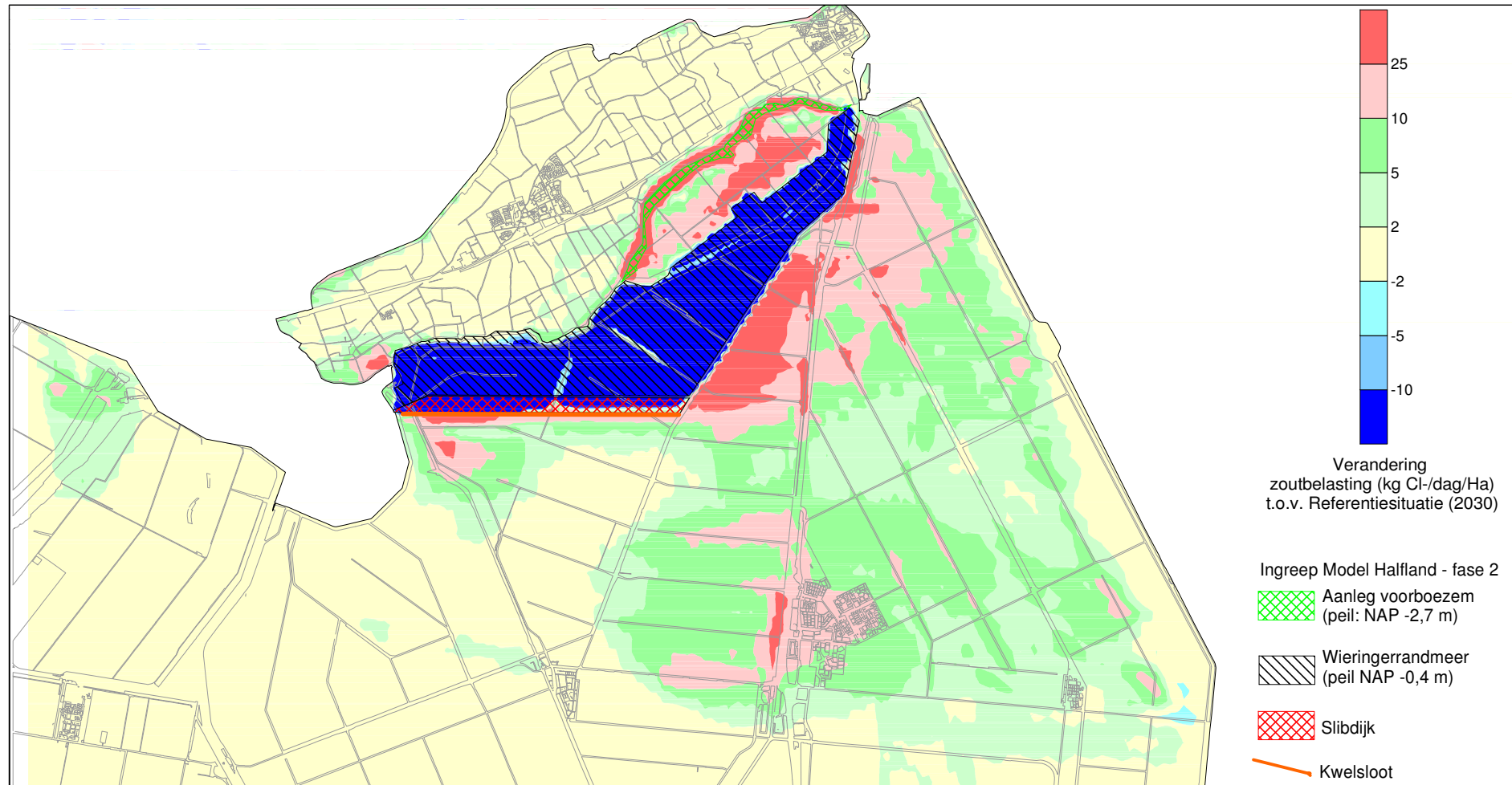
Status: Definitief

Versie: 1

Datum: 10-1-2006

Witteveen **Bos**

Verandering zoutbelasting - Model Halfland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

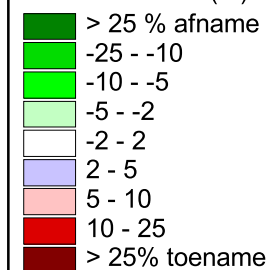
Versie: 1

Datum: 10-1-2006

BIJLAGE XV Landbouweffecten Halfland fase 2

Verandering natschade landbouw t.o.v. referentiesituatie - Model Halfland fase 2

Verandering natschade t.o.v.
referentiesituatie (%)



Ingreep Halfland Fase 2:

 Wieringerrandmeer
(peil NAP -0,4 m)

 Voorboezem
(Peil NAP -2,7m)

 Slibdijk

 Kwelsloot

Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

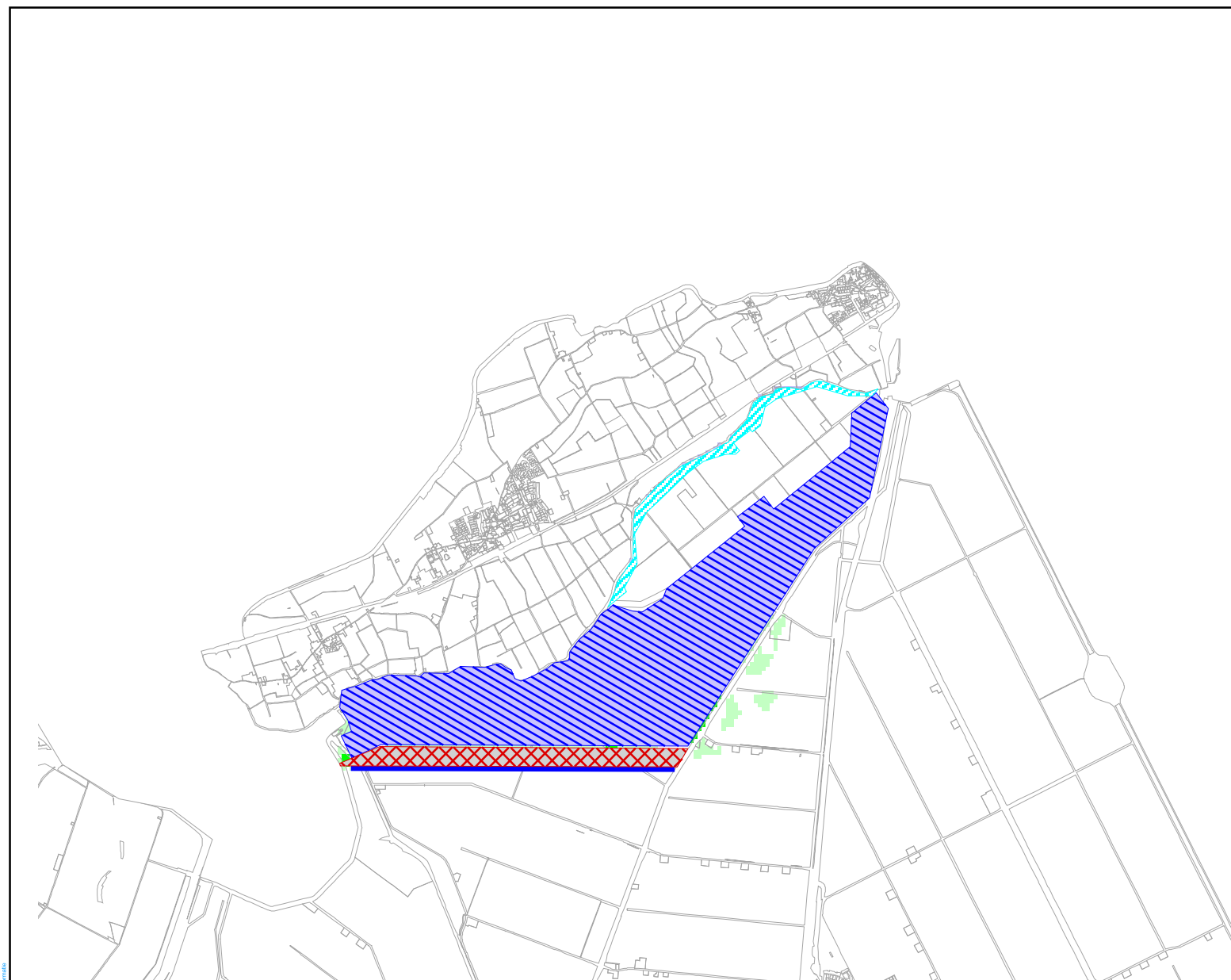
0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

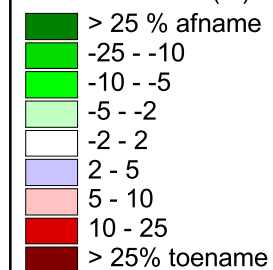
projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

 Witteveen-Bos

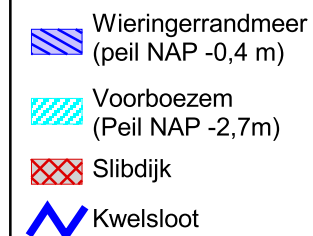
Verandering droogteschade landbouw referentiesituatie - Model Halfland fase 2



Verandering droogteschade t.o.v. referentiesituatie (%)



Ingrep Halfland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

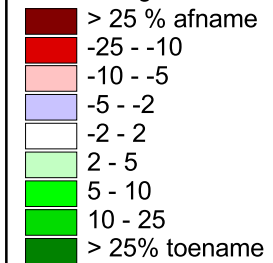
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

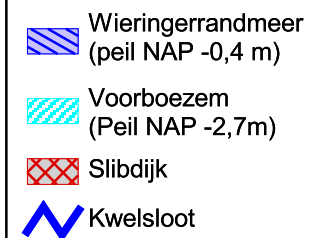
Witteveen **Bos**

Verandering doelrealisatie landbouw referentiesituatie - Model Halfland fase 2

Verandering doelrealisatie (%)



Ingreep Halfland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

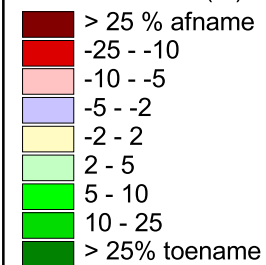
projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen **Bos**

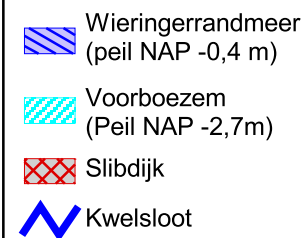
BIJLAGE XVI Natuureffecten Halfland fase 2

Verandering doelrealisatie natuur t.o.v. referentiesituatie - Model Halfland fase 2

Verandering doelrealisatie t.o.v. referentiesituatie (%)



Ingreep Halfland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

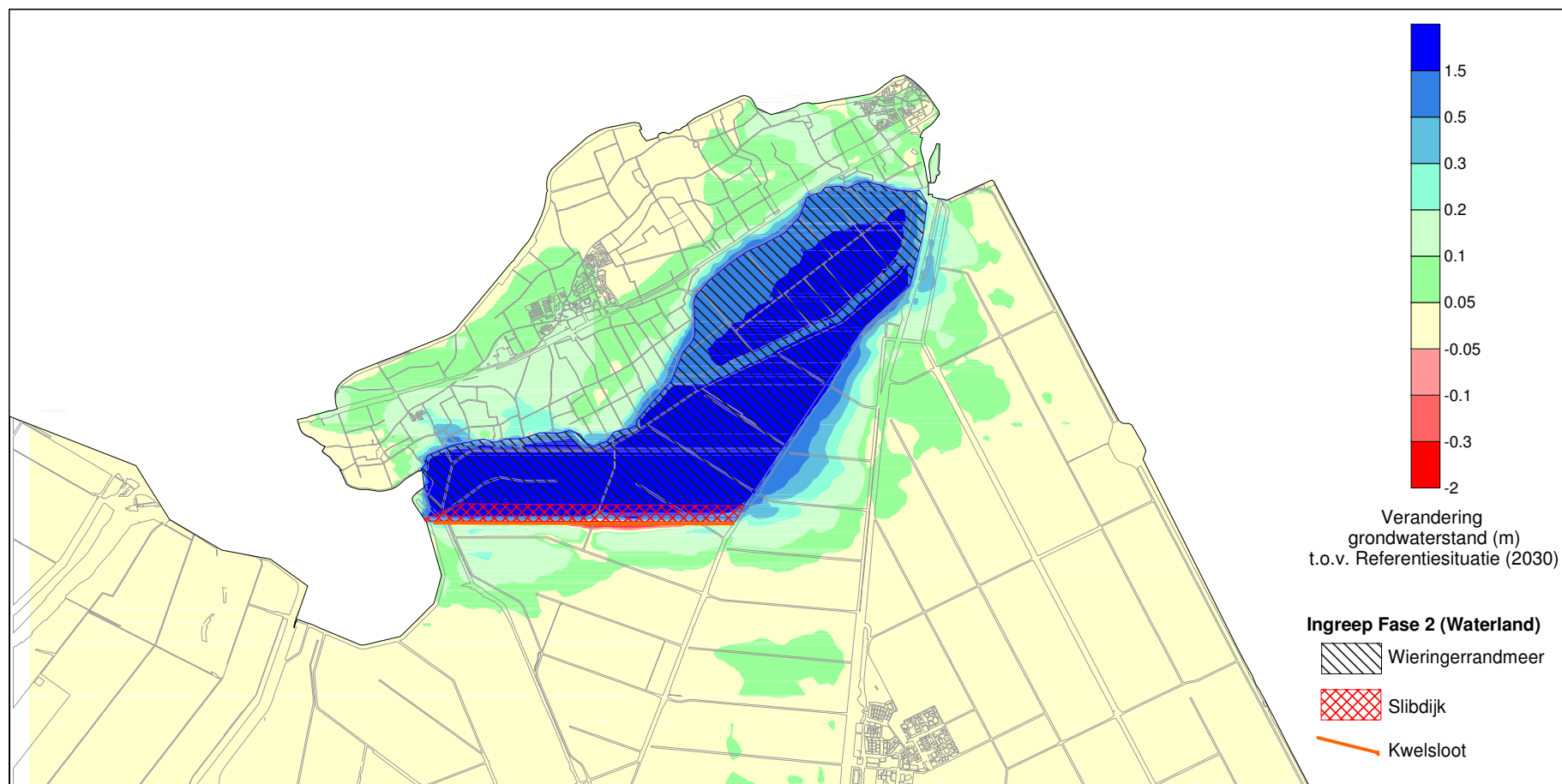
Berekend: Drs. M. Bonte
deelparticipatie: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

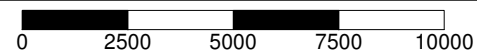
Witteveen **Bos**

BIJLAGE XVII Geohydrologische effecten Waterland fase 2

Verandering grondwaterstand - Model Waterland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

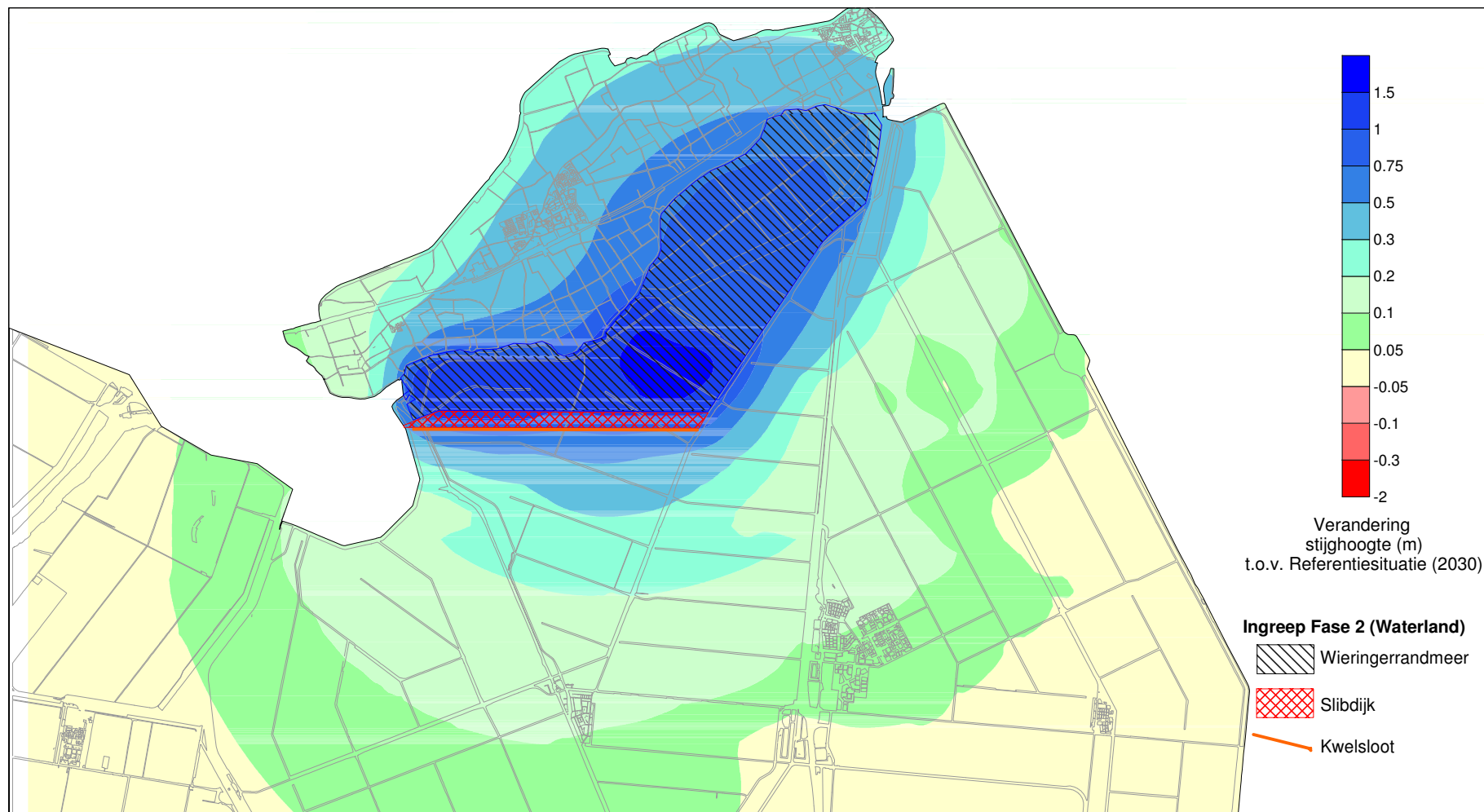
Status: Concept

Versie: 1

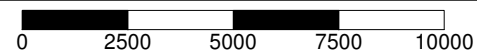
Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Verandering stijghoogte 1e Watervoerend Pakket - Model Waterland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

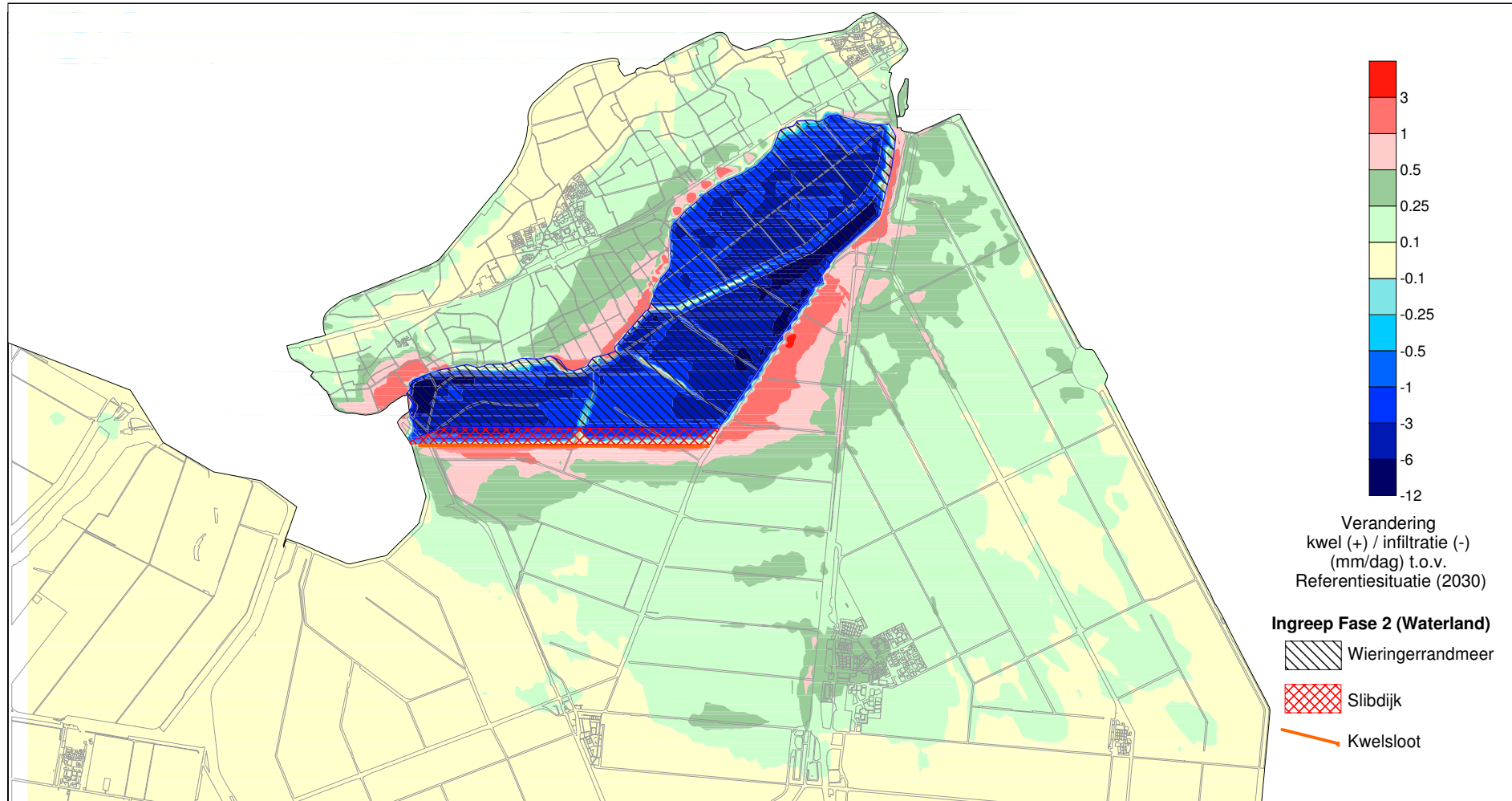
Status: Concept

Versie: 1

Datum: 9-11-2005

Witteveen **Bos**

Verandering kwel en infiltratie - Model Waterland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 2500 5000 7500 10000

Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

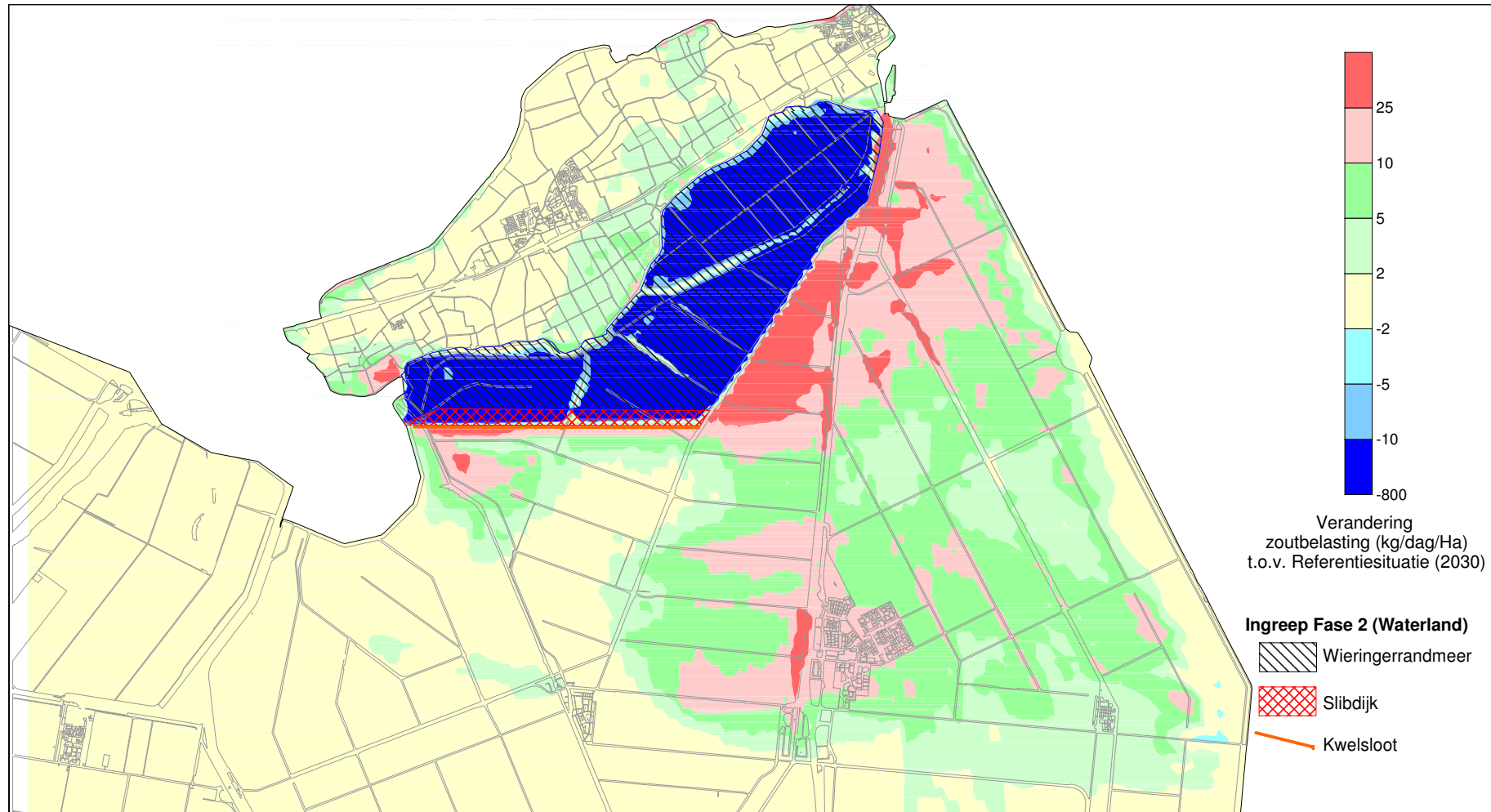
Status: Concept

Versie: 1

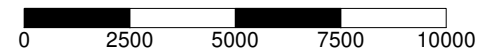
Datum: 9-11-2005

Witteveen + Bos

Verandering Zoutbelasting - Model Waterland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

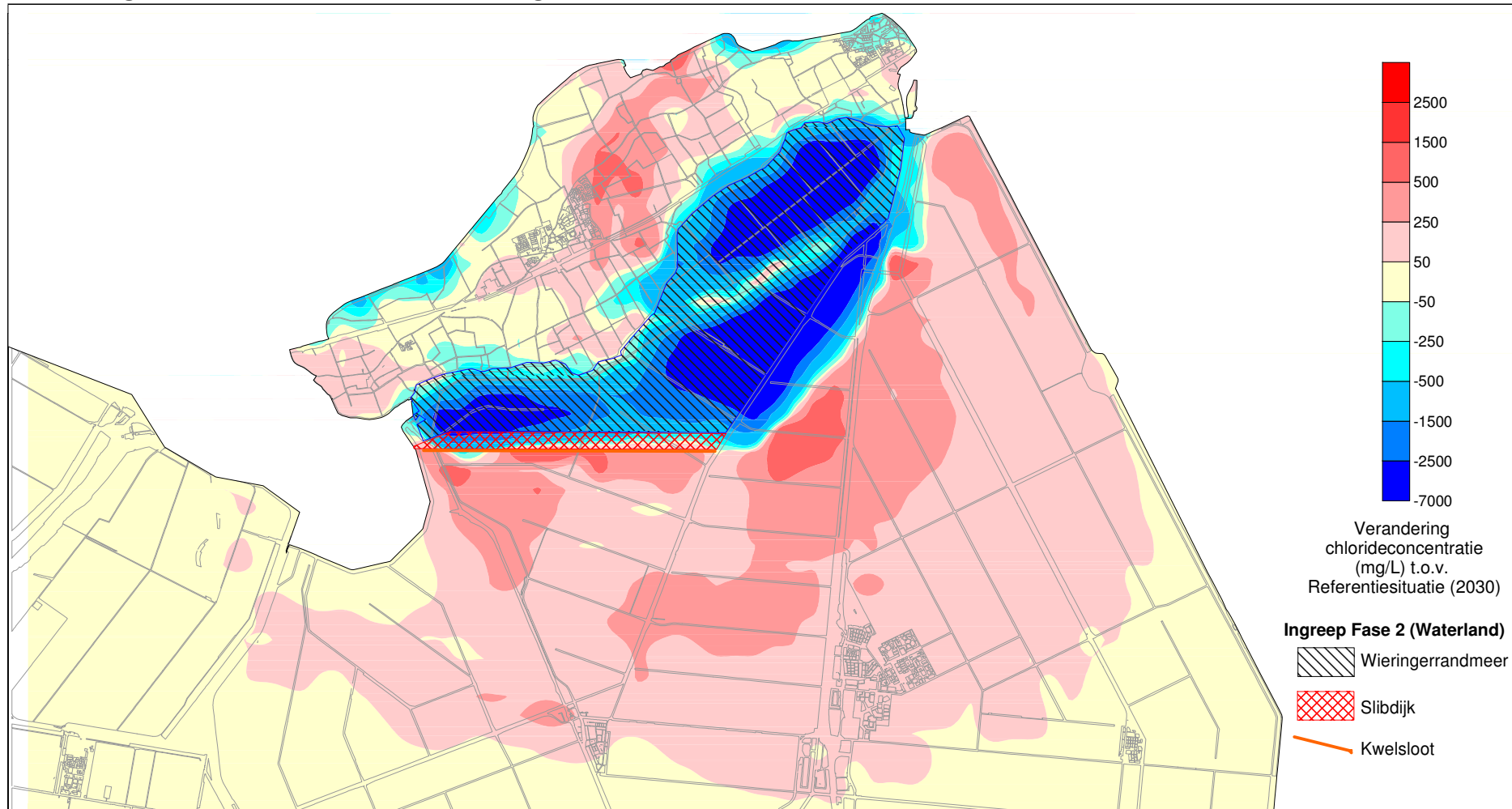
Projectcode: WRW5-8-20

Status: Concept

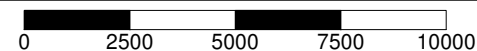
Versie: 1

Datum: 9-11-2005

Verandering chlorideconcentratie freatisch grondwater - Model Waterland Fase 2



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Getekend: Drs. M. Bonte

Deelprojectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectleider: Ir. Th.G.J. Witjes

Projectcode: WRW5-8-20

Status: Definitief

Versie: 1

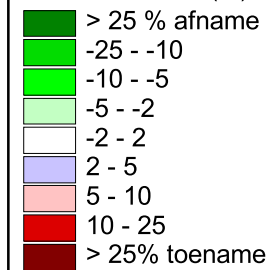
Datum: 23-1-2006

Witteveen + Bos

BIJLAGE XVIII Landbouweffecten Waterland fase 2

Verandering natschade landbouw t.o.v. referentiesituatie - Model Waterland fase 2

Verandering natschade t.o.v. referentiesituatie (%)



Ingreep Waterland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0.6 1.2 1.8 2.4 Kilometers

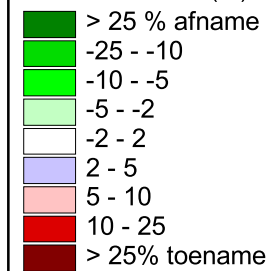
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Witjes
projectleider: Ir Th. G. J. Witjes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen **Bos**

Verandering droogteschade landbouw t.o.v. referentiesituatie - Model Waterland fase 2

Verandering droogteschade t.o.v. referentiesituatie (%)



Ingreep Waterland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer

0 0.6 1.2 1.8 2.4 Kilometers

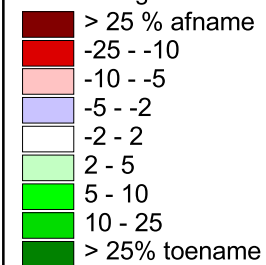
Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen **Bos**

Verandering doelrealisatie landbouw referentiesituatie - Model Waterland fase 2

Verandering doelrealisatie (%)



Ingreep Waterland Fase 2:

Wieringerrandmeer
(peil NAP -0,4 m)

Slibdijk

Kwelsloot

**Geohydrologisch onderzoek
Wieringerrandmeer**

0 0.5 1 1.5 2 Kilometers

Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

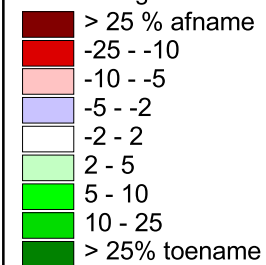
projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen Bos

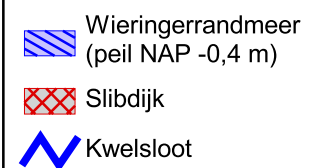
BIJLAGE XIX Natuureffecten Waterland fase 2

Verandering doelrealisatie natuur t.o.v. referentiesituatie - Model Waterland fase 2

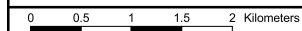
Verandering doelrealisatie (%)



Ingreep Waterland Fase 2:



Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer



Berekend: Drs. M. Bonte
deelprojectleider: Ir Th. G. J. Wijtes
projectleider: Ir Th. G. J. Wijtes

projectcode: WRW5-8-20
status: Definitief
versie: 1.0
datum: 24-1-2006

Witteveen Bos