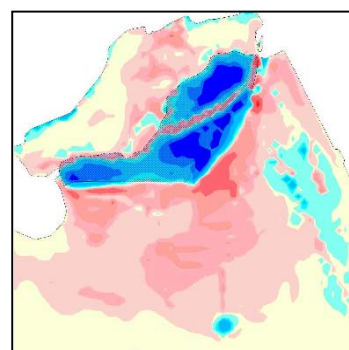
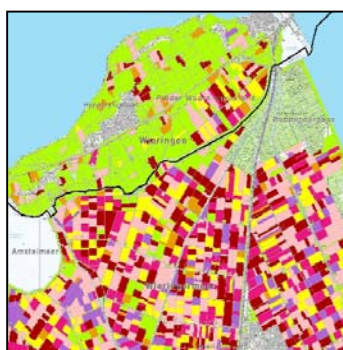
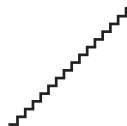


Productgroep Water en Groen

Achtergronddocument onderdeel waterkwaliteit en aquatische ecologie





Lago Wirense

Productgroep Water en Groen

Achtergronddocument onderdeel waterkwaliteit en aquatische ecologie

referentie WRW5-8-30/eekc/002	projectcode WRW5-8-30	status definitief
projectleider ir. N.G. Jaarsma	projectdirecteur ir. A.G. Posthumus	datum 20 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	3
1.1. Aanleiding en doel	3
1.2. Uitgangspunten in het kort	3
1.2.1. Huidige situatie Amstelmeerboezem	3
1.2.2. Modellen Waterland, Halfland en Nieuwland	6
1.2.3. Doorspoelen gedurende de zomerperiode	7
1.3. Onderzoeksvragen waterkwaliteit en aquatische ecologie	8
1.4. Gevolgde werkwijze en leeswijzer	9
2. THEORETISCH RAAMWERK WATER- EN ECOLOGISCHE KWALITEIT	11
2.1. Alternatieve stabiele toestanden en omslagpunten	11
2.2. Factoren die van invloed zijn op de ligging van het omslagpunt	12
2.3. Inschatting ligging van de omslagpunt voor het Wieringerrandmeer	14
2.4. Rol van de waterbodem	17
2.5. Rol van chloride in het ecologisch functioneren van het watersysteem	17
2.5.1. Effect van verzilten op de helderheid	18
2.5.2. Effect van verzilten op processen in de waterbodem	18
2.5.3. Effecten van verzilten op het voedselweb	18
2.6. Conclusies ten aanzien van het ecologisch functioneren	21
3. WATER- EN STOFFENBALANS VAN HET WIERINGERRANDMEER	23
3.1. Inleiding	23
3.2. Uitgangspunten	23
3.3. Gebruikte gegevens	26
3.4. Beschrijving werkwijze water- en stoffenbalansen	27
3.5. Resultaten	28
3.6. Conclusies	31
4. EFFECTEN VAN DOORSPOELEN OP DE CHLORIDEHUISHOUDING VAN HET AMSTELMEER	32
4.1. Inleiding	32
4.2. Beschrijving watersysteem	32
4.2.1. Waterhuishouding Amstelmeerboezem	32
4.2.2. Chloridehuishouding Amstelmeerboezem	33
4.3. Water- en chloridebalans Amstelmeer huidige situatie	36
4.3.1. Uitgangspunten	36
4.3.2. Water- en chloridebalans	36
4.3.3. Autonome ontwikkelingen	40
4.3.4. Beschouwing onzekerheden	40
4.4. Effecten van realisatie fase 1 op chloridehuishouding	40
4.4.1. Inleiding	40
4.4.2. Verwacht effect fase 1 Halfland	40
4.5. Effecten van realisatie fase 2 op chloridehuishouding	41
4.5.1. Inleiding	41
4.5.2. Scenario's gedrag zouttong	41
4.5.3. Verwacht effect van fase 2	41
4.6. Effecten op Waardkanaal en Balgzandkanaal	43
4.6.1. Waardkanaal	43
4.6.2. Balgzandkanaal	43

4.6.3. Conclusies en aanbevelingen	43
5. SYNTHESE	46
5.1. Verwachte ontwikkeling in het Wieringerrandmeer	46
5.2. Verwachte ontwikkeling in de voorboezem	48
5.3. Verwachte gevolgen voor de omliggende watersystemen	48
5.4. Verwachte gevolgen voor de functies	50
5.5. Relatie met de Europese Kaderrichtlijn Water	50
5.6. Verwachting situatie zonder doorspoelen	51
5.7. Leemten in kennis en informatie	52
6. LITERATUUR	54

laatste bladzijde	54
-------------------	----

bijlagen	aantal bladzijden
I Water- en stoffenbalansen Wieringerrandmeer per deelwatersysteem en aanlegfase	10
II Schematiseringen waterstromen van en naar polders	3
III Ligging meetpunten in en nabij het Amstelmeer	1
IV Uitgangspunten water- en chloridebalans	5
V Water- en chloridebalans Amstelmeer	3

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de verwachte waterkwaliteit en ecologische kwaliteit van het Wieringerrandmeer en de effecten van de aanleg van het meer op de omgeving. Daarbij is uitgegaan van de modellen Halfland, Waterland en Nieuwland. De beide eerste modellen zijn duidelijk verschillend en zijn daarom gedetailleerd uitgewerkt, model Nieuwland heeft kenmerken van beide en is hiervan afgeleid.

Bij de ecologische kwaliteit gaat het vooral om de ecologische verschuivingstoestand in termen van 'helder en plantenrijk' versus 'troebel'. De verwachte verschuivingstoestand is gebaseerd op een toetsing van de verwachte nutriëntenbelasting aan de kritische belastingsgrenzen. De kritische belasting geeft aan wanneer een systeem omslaat van een heldere en plantenrijke toestand naar een troebele toestand (en omgekeerd) en wordt uitgedrukt in grammen fosfor en stikstof per vierkante meter per jaar. De waterkwaliteit wordt beschreven in termen van absolute fosfor-, stikstof- en chloridegehalten. Ook is gekeken naar de kans op bloei van blauwalgen bij verschillende scenario's. Voor wat betreft de effecten op de omgeving is gekeken naar de chloridegradiënt in het Balgzandkanaal en de effecten op de zoutgehalteverdeling en nutriëntenbelasting van de Waddenzee.

doorspoelen als uitgangspunt

Gezien de verwachte hoge nutriëntengehalten bij aanleg van het Wieringerrandmeer is doorspoelen vooraf als uitgangspunt opgelegd ter vermindering van de kans op blauwalgenproblemen. Er zijn twee belangrijke redenen waarom hoge nutriëntengehalten worden verwacht. De eerste is dat er in de boezemwateren in de omgeving van het meer ook hoge nutriëntengehalten worden gemeten, het Amstelmeer bijvoorbeeld is erg voedselrijk. De andere reden is dat er een meer wordt aangelegd op een plek die nu als landbouwgrond in gebruik is. Na decennialange bemesting zal de bouwvoor en mogelijk ook de ondergrond sterk verrijkt zijn met voedingsstoffen. Wanneer het meer wordt aangelegd komen deze door nalevering beschikbaar voor algengroei in het water. Bij de berekening van de effecten is ter voorkoming van overmatige blauwalgengroei (bloei met drijfslagen) uitgegaan van een doorspoelscenario waarbij de verblijftijd in alle onderdelen van het systeem in de zomerperiode (juli-september) minder dan 20 dagen bedraagt.

verwachte ecologische toestand

In de huidige situatie is de Amstelmeerboezem voor het grootste deel een troebel watersysteem met een gering aandeel waterplanten. Bij de aanleg van het Wieringerrandmeer volgens fase 1 van model Halfland wordt bij de berekende nutriëntenbelasting verwacht dat zich hier eveneens een troebel en plantenarm watersysteem zal ontwikkelen. Het watersysteem van de voorboezem is echter ondiep en daardoor in potentie plantenrijk.

Voor zowel Halfland als Nieuwland is het in fase 2 te realiseren randmeer overwegend diep. Verwacht wordt dat het meer bij de berekende nutriëntenbelasting grotendeels troebel en plantenarm zal zijn. Uitzondering zijn de vooroevers die circa 1 meter diep zijn, het water is hier waarschijnlijk helder genoeg voor plantengroei. De vooroevers nemen circa 10 % van het oppervlak in van het randmeer. Het watersysteem van de voorboezem is ondiep en daardoor in potentie ook plantenrijk.

Voor wat betreft Waterland wordt bij de berekende nutriëntenbelasting eveneens verwacht dat het in fase 2 te realiseren watersysteem overwegend troebel en plantenarm zal zijn. De vooroevers kunnen wel helder en plantenrijk zijn. In dit model is het areaal vooroevers het grootst, circa 20 % van het oppervlak van het randmeer.

verwachte waterkwaliteit in termen van absolute gehalten van fosfaat, stikstof en chloride

De huidige waterkwaliteit van de Amstelmeerboezem is overwegend slecht, de gehalten aan fosfor en stikstof zijn erg hoog. Uitzondering is het Amstelmeerkanaal, hier worden onder invloed van het IJsselmeerwater en Polder Waard-Nieuwland lagere fosforgehalten aangetroffen. Qua chloridegehalte kan het water als licht-brak worden gekarakteriseerd (chloridegehalte tussen 300 en 1000 mg/l).

De verwachte waterkwaliteit van het randmeer ligt voor fosfaat rond de huidige MTR waarde (0,13-0,17 mgP/l, MTR = 0,15 mgP/l). Dit lijkt goed in vergelijking met de MTR maar is aan de hoge kant voor een dergelijk groot meer. Voor stikstof liggen de berekende gehalten rond 2,3 – 3,2 (MTR = 2,2). Voor zowel Halfland, Waterland als Nieuwland kan het randmeer als licht-brak worden gekarakteriseerd (chloridegehalte zomergemiddeld rond 450 mg/l).

kans op bloei van cyanobacteriën

In de huidige situatie treden in het Amstelmeer periodiek blauwalgenbloeien op, ook worden in het Amstelmeerkanaal drijfslagen van blauwalgen aangetroffen (mogelijk door inlaat). Voor Halfland en Waterland is de kans op de bloei van cyanobacteriën (blauwalgen) gering als gevolg van de korte verblijftijden ten gevolge van doorspoelen.

aanwezigheid zoet-zoutgradiënt Amstelmeerboezem

Op dit moment ligt er in het Balgzandkanaal een zouttong die een belangrijke functie heeft voor de migratie van vis tussen zoet en zout. Bij de aanleg van het Wieringerrandmeer wordt in de zomerperiode voor zowel model Halfland als voor Waterland het terugdringen van de zouttong en daarmee het verdwijnen van de gradiënt voorspeld. In het voor- en najaar kan de gradiënt zich echter nog steeds vormen wat betekent dat dit in de voor vismigratie belangrijkste periode niet beperkend is.

zoutgehalteverdeling en nutriëntenbelasting van de Waddenzee

Verwacht wordt dat het effect van de aanleg van het Wieringerrandmeer op de Waddenzee als geheel verwaarloosbaar is. Lokaal kunnen wel effecten optreden doordat de zoutgehalteverdeling en de nutriëntenbelasting van de Waddenzee worden beïnvloed. De reikwijdte van deze effecten worden echter gering verondersteld, gezien de relatief geringe veranderingen in de waterstromen en de dynamiek van het systeem (waterbeweging en daardoor menging tijdens een getijdencyclus).

Voor wat betreft de effecten op de zoutgehalteverdeling wordt nog opgemerkt dat variaties in het zoutgehalte in tijd en ruimte horen bij het ecosysteem. Spreiding van spuilocaties kan bijdragen aan de diversiteit en kwaliteit van zoet-zoutgradiënten (Alterra, 2002). De aanleg van het Wieringerrandmeer biedt kansen en kan mogelijk een zelfs positieve bijdrage hieraan leveren.

NB. Opgemerkt wordt dat een extra nutriëntenbelasting van de Waddenzee als gevolg van naleveringsprocessen vanuit de waterbodem van het Wieringerrandmeer niet kan worden uitgesloten. De informatie en kennis hierover ontbreekt.

onzekerheden en leemten in kennis

- Optimaal doorspoeldebiet. Het aangeven van een optimaal doorspoeldebiet is binnen het kader van deze studie niet mogelijk gezien de complexiteit van de relaties tussen nutriënten(belasting), verblijftijd, morfologie etc. en de ontwikkeling van blauwalgen.
- Kwaliteit van de waterbodem en mogelijkheden voor het verwerken van de bouwvoor. Vanwege het ontbreken van gegevens van de toekomstige waterbodem is het niet mogelijk om uitspraken te doen ten aanzien van mogelijke nalevering van nutriënten vanuit de bodem en de mogelijkheden om de bouwvoor te verwerken.
- Ligging kritische belastinggrenzen en ontwikkeling van waterplanten. Er bestaan nog een aantal onzekerheden omtrent de ligging van de kritische belastinggrenzen en het ontwikkeling van waterplanten. Dit geldt onder andere voor de invloed van ionenrijk brak water (binding fosfaat, toxische sulfiden) maar ook voor wat betreft de rol van de vis (tegengaan van plantengroei door bodemwoeling) in de ondiepe delen van het randmeer.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding en doel

Dit rapport beschrijft de verwachte ontwikkelingen in de waterkwaliteit en aquatische ecologie als gevolg van de aanleg van het Wieringerrandmeer. Het gaat daarbij om zowel de verwachtingen ten aanzien van het Wieringerrandmeersysteem zelf als de effecten op de omliggende watersystemen (Amstelmeerboezem en Waddenzee). Daarbij wordt onderscheid gemaakt in de verschillende onderdelen van het watersysteem en de verschillende modellen en fasen van uitvoering. De uitwerking is een iteratief proces geworden waarbij uitkomsten van eerdere analyses zijn vertaald naar optimalisatiemogelijkheden en verwerkt in nieuwe modellen en ontwerpen. Voorbeelden hiervan zijn het doorspoelen om de kans op blauwalgenproblemen te beperken en het opnemen van substantiële arealen aan ondiepe zones in nieuwe ontwerpen.

Voorliggend rapport vormt de basis voor de invulling van het onderdeel Waterkwaliteit en Aquatische Ecologie in de Integrale Effect Rapportage Wieringerrandmeer (IER).

1.2. Uitgangspunten in het kort

Onderstaand wordt de huidige situatie voor wat betreft waterkwaliteit en aquatische ecologie kort beschreven en worden de gehanteerde uitgangspunten op hoofdlijnen toegelicht. Dit laatste betreft een presentatie van de doorgerekende modellen en modelfasen en een toelichting op het doorspoelen van de meren gedurende de zomerperiode.

1.2.1. Huidige situatie Amstelmeerboezem

In de huidige situatie is de Amstelmeerboezem het belangrijkste watersysteem in het gebied. Centraal hierin ligt het Amstelmeer dat aan de oostzijde is verbonden met het Amstelmeerkanaal, aan de westzijde met het Balgzandkanaal en aan de zuidzijde met het Waardkanaal en de Ewijksvaart. Het systeem kent een duidelijke brakwatergradiënt in het Balgzandkanaal die loopt vanaf Oostoever en reikt tot het Amstelmeer. Naast de Amstelmeerboezem is er een voorboezem die ligt in de polder Waard-Nieuwland. Het wateraan- en afvoersysteem van de Amstelmeerboezem wordt weergegeven in afbeelding 1.1.

waterkwaliteit

Onderstaand een overzicht van meetresultaten van enkele relevante waterkwaliteitsvariabelen in de Amstelmeerboezem in 2005. Hoewel er in 2005 op weinig locaties in de boezem is gemeten, geeft het wel een beeld van de huidige waterkwaliteit. Het Amstelmeer is erg voedselrijk, stikstof en fosfaat liggen beide boven de MTR, chlorofyl-a precies op de norm. De kwaliteit van het Amstelmeerkanaal is duidelijk beter, in ieder geval voor wat betreft fosfaat en chlorofyl-a. Hier wordt de waterkwaliteit vooral bepaald door IJsselmeerwater en water uit de polder Waard-Nieuwland. Overigens vormt de waterkwaliteit van Waard Nieuwland (niet gemeten in 2005) voor wat betreft fosfaat eveneens een positieve uitzondering in het gebied. Hier worden in de zomer vaak waarden beneden 0.1 mgP/l gemeten en ook in de winter zijn de gehalten meestal relatief laag.

Het water in de Ewijksvaart is duidelijk brakker en slecht van kwaliteit, hier worden ook de hoogste chlorofyl-a gehalten gemeten.

Tabel 1.1. Zomergemiddelde waterkwaliteit op enkele meetlocaties in 2005

meetpunt code	naam water	chloride (mg/l)	totaal-fosfaat (mgP/l)	totaal stikstof (mgN/l)	chlorofyl-a (µg/l)
71006	Amstelmeer, midden van het Zuidelijk deel, 5 m diepte	489	0,31	2,5	100
72001	Amstelmeerkanaal t.p.v. brug in Burgerweg	504	0,09	3,2	34
74001	Ewijksvaart vanaf brug t.p.v. Kleine Sluis	1016	0,67	2,9	127

Afbeelding 1.1. Wateraan- en afvoersysteem van de Amstelmeerboezem



ecologische kwaliteit

De wateren in de Amstelmeerboezem zijn overwegend 'troebel' zodat er niet of nauwelijks sprake is van enige plantengroei (van ondergedoken waterplanten). Bij inventarisaties werden plaatselijk alleen *Tenger fonteinkruid*, *Draadwier* en *Zilte waterranonkel* gevonden. In de rietlanden bij de dijkverzakking (Amstelmeer) komen zeldzame plantensoorten voor die kenmerkend zijn voor overgangen tussen zoete/brakke en natte/droge milieuomstandigheden, zoals Moeraswespenorchis, Vleeskleurige orchis, Rietorchis, Echt lepelblad, Addertong, Zilte rus en Zilt torkruid (Witteveen+Bos, 2005).

Voor het Amstelmeerkanaal, het Amstelmeer en het Balgzandkanaal geldt dat de visgemeenschap wordt gedomineerd door zoetwatersoorten, brasem is de dominante soort naast soorten als kolblei, snoekbaars, paling en blankvoorn. Plantminnende vissen als snoek, zeelt en ruisvoorn worden in lage abundanties aangetroffen. Naast zoetwatersoorten worden vooral in het Balgzandkanaal en het Am-

stelmeer ook mariene soorten aangetroffen zoals Spiering, Bot en Haring echter in lage abundanties (Witteveen+Bos, 2003).

Het Amstelmeer herbergt weinig zeldzame of bijzondere macrofaunasoorten. De soorten die zijn aangetroffen en landelijk als vrij zeldzaam of zeldzaam worden gekarakteriseerd zijn voornamelijk brakwatersoorten die zeldzaam zijn vanwege het geringe aantal brakke wateren. De macrofaunagemeenschap bestaat voornamelijk uit slakken, kreeftachtigen, borstelwormen en muggenlarven. Het voorkomen van de vlokreeften *Gammarus duebeni*, *Gammarus zaddachi*, *Gammarus tigrinus*, de muggenlarf *Chironomus gr. halophilus* en de aasgarnaal (*Neomysis integer*) indiceren brakke omstandigheden. Vooral de aasgarnaal was in het verleden (tot 1993) vaak abundant aanwezig met enkele duizenden tot tienduizend individuen per monster. Na 1994 zijn geen macrofaunagegevens meer bekend (Witteveen+Bos, 2005).

Vanaf 1987 tot in ieder geval 1996 is er door USHN (Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier) onderzoek gedaan naar de algenontwikkeling in het Amstelmeer. Er is een tendens merkbaar van een door groenwieren gedomineerd systeem naar een door blauwwieren gedomineerd systeem (in 1993). Het gaat hierbij om een beperkt aantal soorten die dominant zijn. De groenwiersoorten die een dominerende rol spelen zijn *Dictyosphaerium subsolitarium*, *Monoraphidium contortum*, *M. tortile*, *Chlorolobion sp.*, *Pyramidomonas spp.*, *Tetrastrum glabrum*. De blauwwieren worden gekenmerkt door *Gomphospaeria lacustris*, *Aphanocapsa sp.*, *Oscillatoria agardii* en *Microcystis sp.* (Witteveen+Bos, 2005).

bloei van cyanobacteriën

In de huidige situatie treden er in het Amstelmeer periodiek bloeien van blauwalgen op, over de frequentie en het tijdstip zijn geen exacte waarnemingen bekend. Ook in het Amstelmeerkanaal worden periodiek drijfslagen van cyanobacteriën waargenomen, mogelijk dat dit samenhangt met de inlaat van IJsselmeerwater vanuit de Zuiderhaven. Hier komen onder (voor blauwalgen) gunstige omstandigheden (stabiel zomerweer, warm, oostenwind) drijfslagen van blauwalgen voor die door inlaat in het Amstelmeerkanaal terecht kunnen komen. Het kan echter ook zijn dat de drijfslagen zich tijdens warm weer en een stabiele waterkolom (geen inlaat) in het kanaal zelf vormen. Gezien de relatief lage nutriëntengehalten wordt dit niet verwacht, het is echter goed mogelijk dat de voedingsstoffen in de waterbodem hierin een rol spelen. Overigens vallen de algenproblemen gezien de voedselrijkdom van de Amstelmeerboezem over het algemeen mee. De beperkte verblijftijd in veel van de wateren speelt hierin naar verwachting zeker een belangrijke rol [Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland, s.a.].

zoet-zoutgradiënt Amstelmeerboezem

De belangrijkste zoet-zoutgradiënt in de Amstelmeerboezem ligt in het Balgzandkanaal en loopt van Oostoever naar het Amstelmeer. Het Balgzandkanaal ligt langs de Waddenzee. Hierdoor is er sprake van kwel van zeewater onder de dijk door naar het Balgzandkanaal. Daarnaast is er sprake van lekverliezen bij de sluis bij Oostoever. Door dichtheidsverschillen blijft het zwaardere zoute water van de kwel en lekverliezen op de bodem liggen en vormt zo een zouttong. Boven deze zouttong bevindt zich het zoetere water.

Gezien het geringe aantal metingen, met name op verschillende dieptes, is het lastig om een goed beeld te krijgen van de huidige situatie. Metingen wijzen uit dat de gradiënt van Oostoever naar de monding van het Balgzandkanaal in het Amstelmeer loopt. Hier worden op de bodem chloridegehalten tot circa 10.000 mg/l gemeten. In het Amstelmeer zelf zijn in de diepere delen metingen van circa 2.000-3.000 mg/l bekend, aan het oppervlak is het gehalte minder dan 1.000 mg/l.

Voor de vis is het Balgzandkanaal een belangrijke migratieroute en is de aanwezigheid van een zoutgradiënt een essentiële voorwaarde voor migratie. Aan de westkant van het Amstelmeer worden vissoorten waargenomen die alleen in zout water voorkomen (mondelinge mededeling H. Roodzand, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

zoutgehalteverdeling en nutriëntenbelasting van de Waddenzee

In de huidige situatie wordt het wateroverschot uit de Amstelmeerboezem onder vrij verval geloosd via het Balgzandkanaal. Hier komt dus een vracht zoet water met nutriënten (N en P) de Waddenzee binnen. Het IJsselmeerwater wordt voornamelijk bij Den Oever en bij Kornwerderzand gespuid. Onderstaande tabel geeft een aantal kentallen die een indicatie geven voor de gespuide hoeveelheden water en de kwaliteit (N en P- gehalten) daarvan. Het chloridegehalte van het gespuide water ligt tussen circa 100 en 700 mg chloride per liter en daarmee ver beneden het gehalte van de Waddenzee (circa 14.000 mg/l).

Tabel 1.2 Gespuide hoeveelheden en kwaliteit voor wat betreft nutriënten.

maand	afvoer Balgzand- kanaal 2004 (10 ⁶ m ³)	afvoer Den Oever 2000 (10 ⁶ m ³)	afvoer Kornwer- derzand 2000 (10 ⁶ m ³)	P- Am- stelmeer 2004	N- Am- stelmeer 2004	P- IJsselmeer gem. 1994- 2003	N- IJsselmeer gem. 1994- 2003
januari	26	1355	1062	0,35	2,38	0,16	5,07
februari	17	1355	1062	0,35	2,38	0,14	4,89
maart	3	1355	1062	0,28	1,8	0,14	4,92
april	3	585	353	0,15	2,1	0,09	4,38
mei	2	585	353	0,21	1,6	0,11	3,85
juni	4	585	353	0,18	3,655	0,09	3,05
juli	4	604	419	0,2	2,54	0,10	2,11
augustus	11	604	419	0,26	3,83	0,12	1,42
september	7	604	419	0,32	5,12	0,14	2,04
oktober	12	977	795	0,17	7,7	0,16	2,22
november	9	977	795	0,26	5,04	0,16	2,62
december	11	977	795	0,30	3,71	0,21	3,30

1.2.2. Modellen Waterland, Halfland en Nieuwland

Als uitgangspunt voor de berekeningen zijn de modellen Halfland en Waterland genomen, deze verschillen onderling vooral voor wat betreft de invulling van de polder Waard-Nieuwland. In het geval van Waterland ontstaat er één groot randmeer. In het geval van model Halfland is er sprake van twee watersystemen, een randmeer en een voorboezem tussen Wieringen en Waard-Nieuwland. Model Nieuwland lijkt erg op model Halfland en verschilt vooral qua oppervlak van het randmeer. Alle modellen zijn in vier fasen uitgewerkt. Voor de waterkwaliteit en aquatische ecologie is in het geval van model Waterland alleen fase 2 beschouwd, in fase 1 ontstaat er geen oppervlaktewater. In het geval van Halfland ontstaat er zowel in de fase 1 als fase 2 oppervlaktewater en zijn beide fasen beschouwd. De effecten van de aanleg van model Nieuwland zijn niet uitgewerkt, deze worden afgeleid van de verwachte effecten bij de aanleg van Halfland. Afbeelding 1.2. laat de modellen op hoofdlijnen zien.

Afbeelding 1.2. Drie modellen voor het Wieringerrandmeer (eindsituatie)



Voor fase 1 en 2 van model Halfland (en Nieuwland) geldt:

- In de eerste fase van de uitvoering worden de voorboezem en het verbrede Amstelmeerkanaal aangelegd. Het verbrede Amstelmeerkanaal wordt gevoed door IJsselmeerwater dat ingelaten wordt vanuit de Zuiderhaven en wordt verder alleen gevoed door neerslag. Het verbrede Amstelmeerkanaal voedt de voorboezem en voert overtollig water af via het gehandhaafde deel van het Amstelmeerkanaal. De voorboezem wordt aan de westkant gevoed door water uit het verbrede Amstelmeerkanaal en ontvangt daarnaast ook water vanuit de aanliggende polders. Dit systeem watert af op de Waddenzee.
- In de tweede fase wordt het Wieringerrandmeer aangelegd. Zoals is aangegeven in afbeelding 1.1. worden het gehandhaafde deel van het Amstelmeerkanaal en het Wieringerrandmeer in fase 2 met elkaar verbonden.

1.2.3. Doorspoelen gedurende de zomerperiode

Gezien de verwachte hoge nutriëntengehalten bij aanleg van het Wieringerrandmeer is doorspoelen vooraf als uitgangspunt opgelegd ter vermindering van de kans op blauwalgenproblemen. Er zijn twee belangrijke redenen waarom hoge nutriëntengehalten worden verwacht. De eerste is dat er in de boezemwateren in de omgeving van het meer ook hoge nutriëntengehalten worden gemeten, het Amstelmeer bijvoorbeeld is erg voedselrijk. De andere reden is dat er een meer wordt aangelegd op een plek die nu als landbouwgrond in gebruik is. Na decennialange bemesting zal de bouwvoor en mogelijk ook de ondergrond sterk verrijkt zijn met voedingsstoffen. Wanneer het meer wordt aangelegd komen deze door nalevering beschikbaar voor algengroei in het water. Bij de berekening van de effecten is ter voorkoming van overmatige blauwalgengroei (bloei met drijfslagen) uitgegaan van een doorspoelscenario waarbij de verblijftijd in alle onderdelen van het systeem in de zomerperiode (juli-september) minder dan 20 dagen bedraagt. In onderstaand kader wordt dit nader toegelicht.

doorspoelen als maatregel ter voorkoming van blauwalgenbloei

Wanneer voedingsstoffen niet beperkend zijn voor de algengroei kan gebruik worden gemaakt van doorspoelen als maatregel om de kans op blauwalgenbloei te beperken. Hierdoor wordt de verblijftijd de beperkende factor, de algen spoelen letterlijk het systeem uit. Een tweede effect van doorspoelen is het in beweging brengen van het water waardoor enige turbulentie optreedt. Het ontstaan van een stabiele waterkolom kan hierdoor worden tegengegaan. Bepaalde algenbloei veroorzakende soorten hebben juist deze stabiele omstandigheden nodig om naar de bovenste laag van de waterkolom te kunnen migreren, waar ze drijflagen kunnen vormen. Overigens zijn er weer andere soorten die het onder meer turbulente omstandigheden goed doen.

Wat in een concrete situatie zoals het Wieringerrandmeer de optimale strategie is, is niet eenvoudig te beantwoorden. Gezorgd moet worden dat de verdwijnsnelheid als gevolg van doorspoelen in evenwicht is met de aanwas van algen (bij een lage concentratie). De volgende punten zijn betrokken in de afweging:

- voor het Volkerak-Zoommeer is tijdens een vierjarig onderzoek aan de hand van modelstudies het effect van doorspoelen op de blauwalgenconcentraties onderzocht. In de huidige situatie zijn er grote blauwalgenproblemen bij een verblijftijd van ruim 100 dagen. Het advies was gedurende het gehele jaar doorspoelen met 75 m3 per seconde, dit komt globaal overeen met een verblijftijd van ruim 30 dagen. In de studie zijn ook alternatieven bekeken waarbij 's zomers minder wordt doorgespoeld. Deze lossen eveneens het probleem op maar gaan allen gepaard met een hoger doorspoeldebiet in de winterperiode;
- in het boek 'Ecology of Cyanobacteria' [Whitton & Potts, 2000] wordt een verblijftijd van 10 dagen als grens aangehouden. In wateren met kortere verblijftijden is de biomassa van cyanobacteriën altijd laag. Ook in het rapport 'Algenontwikkeling' van Hoogheemraadschap van uitwaterende sluizen [Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland, s.a.] wordt gesproken van een verblijftijd van 10 dagen. Overigens werden blijkens het rapport in Hollands Noorderkwartier alleen hoge algenbiomassa's aangetroffen in wateren met een verblijftijd van 40 dagen of meer;
- in meren in de Donaudelta [Barayani, et. al., 2002] is aangetoond dat er bij verblijftijden van circa 2-3 weken grote veranderingen optreden in de samenstelling van de zooplankton (watervlooien) gemeenschap, bij het verkorten van de verblijftijd worden grote soorten worden vervangen door kleine. Deze kleine soorten zijn in het algemeen veel minder efficiënt in het filteren van algen uit het water;
- stikstof is op dit moment de overwegend limiterende nutriënt in de Amstelmeerboezem. Voorkomen moet worden dat grote vrachten stikstof aangevoerd worden (bijvoorbeeld door inlaat). Het stikstofgehalte in het IJsselmeer (inlaatwater) vertoont een duidelijke jaarverloop. Het gehalte is het laagst aan het einde van de zomerperiode.

keuze van de verblijftijd waarmee de scenario's zijn doorgerekend

De effecten van doorspoelen op het ecologisch functioneren van het watersysteem zijn complex. Bij hoge verblijftijden hebben algen voldoende tijd om voedingsstoffen te benutten en bestaat het risico van algenbloeien. Bij zeer lage verblijftijden kunnen echter ook allerlei andere (gewenste) soorten verdwijnen zoals grotere watervlooien. Op basis van bovenstaande is voor het Wieringerrandmeer gekozen om te rekenen met een verblijftijd van 20 dagen gedurende de voor blauwalgenbloeien meest risicovolle periode (juli-september). Enerzijds wordt dit scenario veilig geacht qua kans op algenbloeien, anderzijds maakt het de aanwezigheid van grote watervlooien niet onmogelijk. Ook is de stikstofvracht gedurende deze periode het laagst, door in te laten gedurende een langere periode van het jaar zal de stikstofbelasting toenemen. Een verdere optimalisatie van de verblijftijd kan gezien de complexiteit en onzekerheden binnen het bestek van dit project niet plaatsvinden.

1.3. Onderzoeksvragen waterkwaliteit en aquatische ecologie

Wanneer we kijken naar de effecten van de aanleg van het Wieringerrandmeer op de waterkwaliteit en aquatische ecologie gaat het niet alleen om de verwachte ontwikkeling van het meer zelf maar ook om de gevolgen op de omliggende watersystemen. Belangrijk daarbij zijn vooral het chloridegehalte, de nutriënten stikstof (N) en fosfaat (P) en de vertaling van de nutriënten in algen. Hiervoor zijn de volgende onderzoeksvragen gedefinieerd:

- welke waterkwaliteit ontstaat in het meer ten aanzien van:
 - chloridegehalte (inclusief het ontstaan van gradiënten);
 - nutriënten;
 - kans op algenoverlast (drijflagen, toxische blauwalgen)?

- hoe is de waterkwaliteit in het meer te sturen met behulp van inrichting, doorspoelen, circulatie en/of onderhoud (maaïen, baggeren)?
- in hoeverre correspondeert de waterkwaliteit in het meer met de gebruiksfuncties (landbouw, recreatie, zwemwater, ecologie, KRW) op en rond het meer?
- in hoeverre wordt de waterkwaliteit in het Wieringerrandmeer negatief beïnvloed door de geplande gebruiksfuncties als scheepvaart en recreatie?
- welke aquatische levensgemeenschappen worden verwacht in het Wieringerrandmeer?
- welke aquatisch ecologische effecten kunnen in de Amstelmeerboezem verwacht worden ten aanzien van de soortgroepen die in de Kaderrichtlijn Water worden onderscheiden (vis, emergente vegetatie, submerse vegetatie, fyto-benthos, fytoplankton en macrofauna)?

1.4. Gevolgde werkwijze en leeswijzer

Bij de aanleg van het Wieringerrandmeer zijn er vele factoren die de uiteindelijke waterkwaliteit en ecologische kwaliteit bepalen. De effecten van deze factoren en daarmee de te verwachten waterkwaliteit en ecologische kwaliteit is op basis van recente inzichten steeds beter in te schatten. Vertrekpunt van de studie is daarom een overzicht van de laatste wetenschappelijke inzichten op het gebied van waterkwaliteit en aquatische ecologie. Deze zijn verwerkt tot een theoretisch raamwerk (hoofdstuk 2). Het raamwerk laat de verwachte kwaliteit van het Wieringerrandmeer zien (helder/troebel) als resultante van sturende factoren met enerzijds de externe belasting en de belasting vanuit de waterbodem met nutriënten en anderzijds dimensie (oppervlakte, diepte), verblijftijd, inrichting (moeraszones/rietoevers, diepteverloop) en bodemtype.

De volgende stap is het in kaart brengen van de water- en stofstromen voor de verschillende onderdelen van het systeem voor de verschillende planfasen. Hierbij zijn water- en stoffenbalansen opgesteld voor P, N en chloride (hoofdstuk 3).

Daarnaast is een studie gedaan naar de effecten op de zoutgradiënt in de Amstelmeerboezem (hoofdstuk 4). Op basis van modelberekeningen is het verwachte effect van doorspoelen voor verschillende scenario's op de chloridegradiënt in het Amstelmeer en Balgzandkanaal onderzocht. In de literatuur is gezocht naar kritische grenzen voor het zoutgehalte waarbij ecologische effecten op het systeem mogen worden verwacht.

Voor alle situaties zijn in hoofdstuk 5 de verwachtingen ten aanzien van de waterkwaliteit en ecologie uitgewerkt. Deze zijn doorvertaald naar de gevolgen voor functies en doelstellingen (zwemwater, natuur en de Europese Kaderrichtlijn Water) en effecten op de omgeving. De volgende situaties zijn onderscheiden:

model waterland

- verwachte nutriëntenbelasting op het Wieringerrandmeer;
- verwachte chloridegehalte in het Wieringerrandmeer;
- verwachte effect van doorspoelen op chloridegehalte in de Amstelmeerboezem en op de Waddenzee.

model Halfland

- fase 1:
 - verwachte nutriëntenbelasting op het verbreed Amstelmeerkanaal, de voorboezem en op het gehandhaafd Amstelmeerkanaal;
 - verwachte chloridegehalte in het verbreed Amstelmeerkanaal, de voorboezem en op het gehandhaafd Amstelmeerkanaal;
 - verwachte effect van doorspoelen op chloridegehalte in de Amstelmeerboezem en op de Waddenzee;

- fase 2:
 - verwachte nutriëntenbelasting op het Wieringerrandmeer en op de voorboezem;
 - verwachte chloridegehalte in het Wieringerrandmeer en op de voorboezem;
 - verwachte effect van doorspoelen op chloridegehalte in de Amstelmeerboezem en op de Waddenzee.

2. THEORETISCH RAAMWERK WATER- EN ECOLOGISCHE KWALITEIT

Het theoretisch raamwerk vormt de basis voor het denken over waterkwaliteit en ecologische kwaliteit van het Wieringerrandmeer. Een belangrijke plaats in het raamwerk wordt ingenomen door de nutriënten (met name N en P) en de vertaling hiervan in biomassa zoals algen, waterplanten en vis. Het theoretisch raamwerk geeft inzicht in de omstandigheden waaronder er een gewenste situatie met helder water ontstaat en wanneer er ongewenste effecten optreden zoals vertroebeling door overmatige algengroei of zelfs gezondheidsrisico's in het geval van blauwalgenbloei. Dit laatste wordt als randvoorwaarde gesteld bij het ontwerp: geen blauwalgenbloei. Niet alleen de nutriëntenbelasting maar ook de inrichting van een water speelt hierbij een belangrijke rol.

Een ander aspect wat naast de nutriënten in sterke mate bepalend is voor de waterkwaliteit en daarmee ecologische kwaliteit is het chloridegehalte van het water. Een brak water - vanaf 300 mg chloride per liter wordt reeds gesproken van licht brak water - functioneert anders dan een zoet water. Licht-brakke wateren, tot circa 1.000 mg chloride per liter, functioneren in veel opzichten hetzelfde als zoete wateren. Boven deze grens is het zoutgehalte de meest bepalende factor voor de ecologie.

Bovenstaande aspecten (nutriënten, chloride en inrichting) worden in dit hoofdstuk besproken in relatie tot de ecologische kwaliteit van het watersysteem, dit vormt het theoretisch raamwerk. De ecologische kwaliteit wordt daarbij uitgedrukt in termen van helder (gezond, gewenst) en troebel (kans op blauwalgenproblemen, ongewenst) water. Het raamwerk bevat de volgende onderdelen die in de volgende paragrafen worden toegelicht:

1. alternatieve stabiele toestanden en omslagpunten;
2. factoren die van invloed zijn op de ligging van het omslagpunt;
3. inschatting ligging van de omslagpunten per watersysteem;
4. rol van de waterbodem;
5. rol van chloride in het ecologisch functioneren.

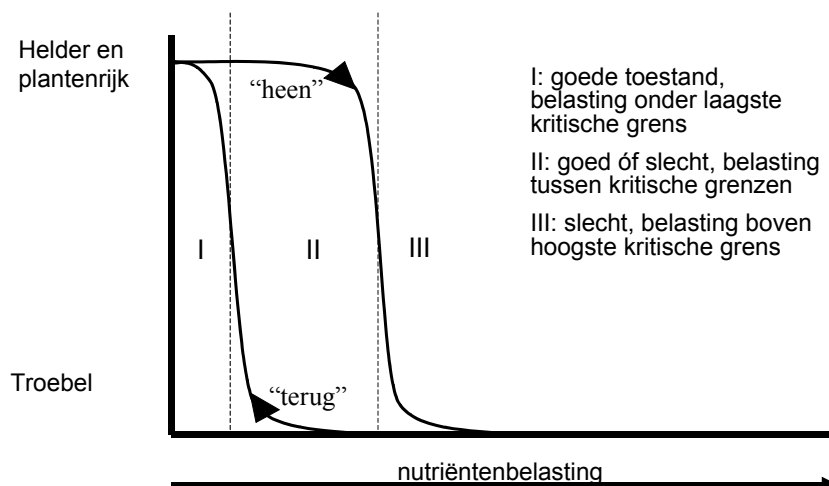
2.1. Alternatieve stabiele toestanden en omslagpunten

Meren en plassen kunnen verschillende verschijnings toestanden hebben, de uitersten zijn een helder en plantenrijk water aan de ene kant en een troebel, algenrijk en plantenarm water aan de andere kant. Bepalende factor voor deze toestand is de nutriëntenbelasting (meestal N en P), een helder water kan omslaan in een troebel systeem bij een toename van de externe nutriëntenbelasting. Dit is de weg 'heen' in afbeelding 2.1. De nutriëntenbelasting waarbij het systeem omslaat wordt ook wel de **kritische belasting** genoemd. De kritische belasting wordt vaak uitgedrukt in de fosfaat- of stikstofbelasting in $\text{mg/m}^2/\text{dag}$ of $\text{g/m}^2/\text{jaar}$.

Omgekeerd kan een troebel water ook helder worden bij de reductie van de externe nutriëntenbelasting. Dit is de weg 'terug' in de afbeelding. Dit gebeurt echter niet op hetzelfde moment als de omslag van helder naar troebel, de kritische grens voor troebel-helder ligt bij een lagere nutriëntenbelasting. De reden hiervoor is dat zowel de heldere als de troebele toestand min of meer stabiel zijn, het systeem biedt weerstand tegen de overgang van de ene toestand naar de andere. Dit wordt het **hysterese effect** genoemd.

Voor het verschil in de ligging van beide kritische grenzen (hysterese effect) zijn meerdere mechanismen verantwoordelijk, een centrale rol daarin spelen de waterplanten in relatie tot algen, watervlooien en vis. Een plantenrijk water blijft helder doordat de planten nutriënten opnemen en het bodemslib vasthouden. Een algenrijk water blijft troebel doordat algen en opgewerveld bodemslib de terugkeer van planten tegengaan. De vis speelt een belangrijke rol door predatie op watervlooien en door het opwervelen en 'loshouden' van bodemslib. Deze mechanismen zorgen ervoor dat een water bij eenzelfde nutriëntenbelasting in het ene geval helder is terwijl in het in het andere geval in een troebele toestand kan verkeren.

Afbeelding 2.1. Ecologische toestand en kritische belasting



Er zijn op basis van de kritische grenzen 3 trajecten te onderscheiden in de afbeelding:

- I: belasting onder laagste kritische grens, het water bevindt zich in de heldere toestand;
- II: belasting tussen kritische grenzen, het water is helder of troebel;
- III: belasting boven hoogste kritische grens, het water is troebel.

In traject II kan het water bij eenzelfde nutriëntenbelasting in het ene geval (duurzaam) helder zijn terwijl in het in het andere geval in een troebele toestand verkeert, dit zijn alternatieve stabiele toestanden. Deze **alternatieve stabiele toestanden** kunnen lange tijd blijven bestaan, ze kunnen echter ook plotseling in elkaar overgaan door natuurlijke of door de mens geïnduceerde calamiteiten (catastrophic shifts). Voorbeelden van natuurlijke calamiteiten zijn droogval of het tot op de bodem dichtvriezen van een meer waardoor de visstand sterk wordt gereduceerd en de kieming van planten wordt gestimuleerd. De mens kan dit onder andere nabootsen door biomanipulatie (reductie van de visstand). Het concept van alternatieve stabiele toestanden is vooral bekend van meren en plassen maar is recent ook op allerlei andere ecosystemen toegepast (o.a. Scheffer, 1998; Scheffer et. al. 2001).

relevantie voor het Wieringerrandmeer

Het nieuw aan te leggen Wieringerrandmeer en de voorboezem hebben beide als randvoorwaarde dat er ze een voldoende waterkwaliteit moeten hebben zonder blauwalgenbloei. In hoofdlijnen komt deze eis overeen met de heldere toestand uit bovenstaande concept, in een laagbelast (stabiel helder) water is het risico op blauwalgen klein. Wanneer de nutriëntenbelasting van een water echter boven de laagste kritische grens ligt bestaat reeds het risico dat het (tijdelijk) 'omslaat' naar een troebele toestand. Is de belasting hoger dan de bovenste kritische grens dan zal het water uiteindelijk omslaan naar een stabiel troebele toestand. In de range van toenemende nutriëntenbelasting neemt het risico van blauwalgenbloei eveneens toe. De kritische belastingsgrenzen zijn daarom richtinggevend voor de kans op blauwalgen. Gestreefd moet worden naar een systeem dat bij voorkeur een belasting heeft die lager is dan de laagst kritische grens (traject I in de afbeelding) of tenminste tussen beide kritische grenzen (traject II).

2.2. Factoren die van invloed zijn op de ligging van het omslagpunt

Zoals in de voorgaande paragraaf is uiteengezet kunnen meren en plassen omslaan van helder naar troebel en omgekeerd. Het belastingniveau waarbij dat gebeurt is niet voor ieder meer gelijk. Janse (2005) heeft door middel van modelstudies de factoren onderzocht die van invloed zijn op de ligging van de omslagpunten, ofwel de kritische belastingen. Uit deze studies blijkt dat de kritische belasting voor meren (o.a.) afhankelijk is van de volgende factoren (Janse, 2005):

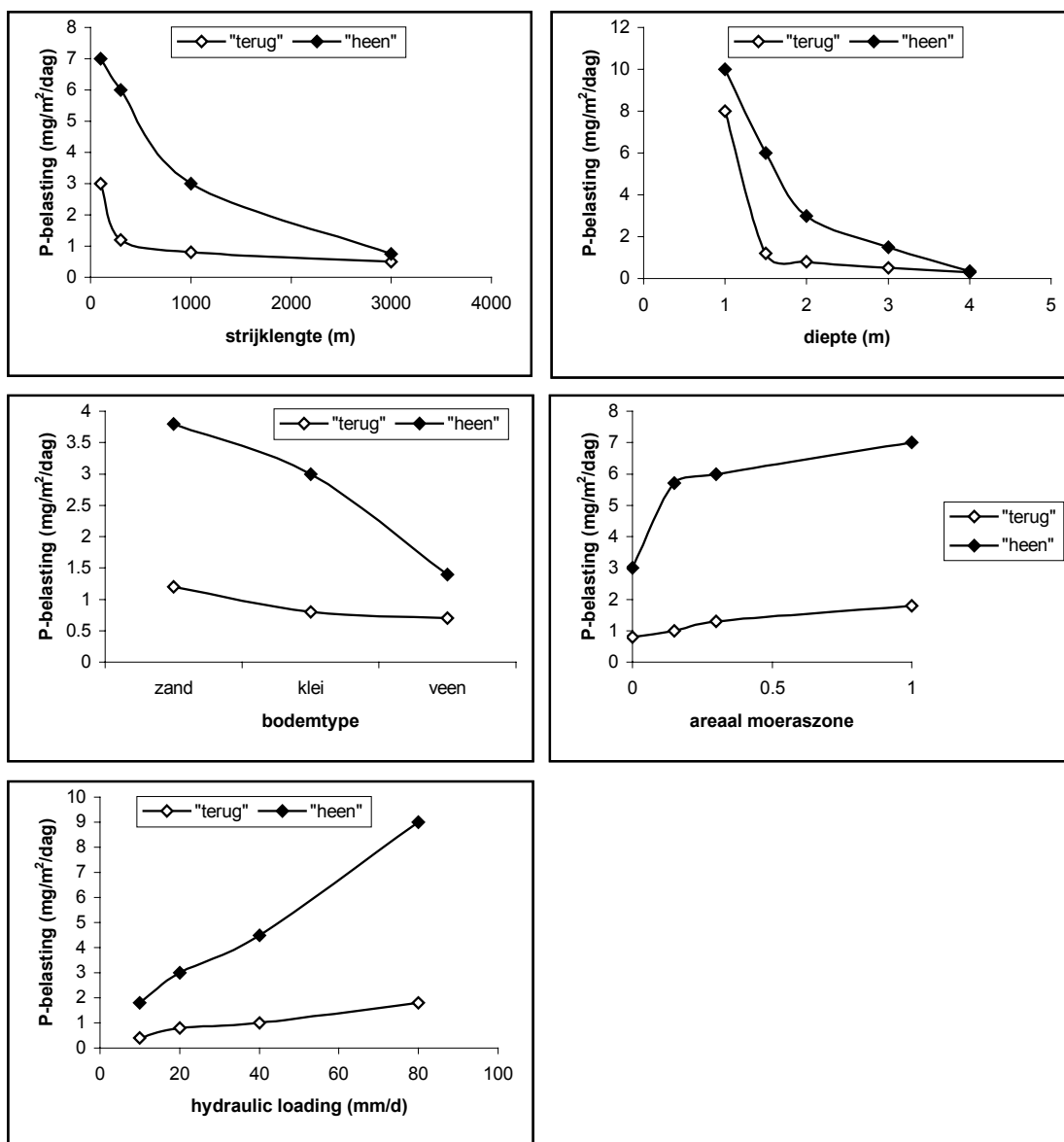
- strijklengte, kritische belasting neemt af bij toenemende strijklengte;
- diepte, kritische belasting neemt af bij toenemende diepte;
- bodemtype, kritische belasting is het hoogst voor zand, het laagst voor veen en intermediair voor klei;
- moeraszones, kritische belasting neemt toe bij een groter aandeel moeraszone;
- verblijftijd, kritische belasting neemt toe met een toenemende 'hydraulic loading rate' oftewel neemt toe bij een afnemende verblijftijd;
- N/P ratio en visserij (hier niet verder uitgewerkt).

Een meer kan dus een hogere nutriëntenbelasting verwerken wanneer het kleiner is, ondieper is, een zandbodem heeft, een groot areaal moeraszones heeft en een geringe verblijftijd heeft. Door bij het ontwerp rekening te houden met deze factoren kan de kans op waterkwaliteitsproblemen dus ook worden verkleind.

Janse (2005) heeft de gevoeligheid van het model PC-Lake voor ieder van bovenstaande factoren afzonderlijk onderzocht. Daarbij heeft hij gekeken naar de verschuivingen in de kritische belasting onder invloed van bovenstaande factoren, uitgaande van een 'heldere' en een 'troebele' situatie. Daarbij is hij uitgegaan van een 'default meer', dit is een meer met hydraulische belasting van 20 mm/dag, een diepte van 2 meter (en dus een verblijftijd van 100 dagen), een strijklengte van 1.000 meter, een N/P ratio in de belasting van 10, een moeraszone van 0,001 (m² moeras per m² meeroppervlak), een kleibodem en een bepaalde visserijdruk. Dit meer slaat om van helder naar troebel bij een belasting van 3 mgP/m²/dag en van troebel naar helder bij 0,8 mgP/m²/dag.

Afbeelding 2.2. laat ter illustratie het resultaat van de modelberekeningen zien. Op de horizontale as staat telkens de factor die is onderzocht, de verticale as geeft de kritische belasting weer voor 'heen' (van helder naar troebel) en 'terug' (troebel-helder).

Afbeelding 2.2. Kritische belastingen voor meren en plassen voor de omslag van helder naar troebel ('heen') en troebel-helder ('terug') onder invloed van verschillende factoren



2.3. Inschatting ligging van de omslagpunt voor het Wieringerrandmeer

Het toekomstige Wieringerrandmeer heeft afhankelijk van het model een oppervlakte van circa 600 – 850 hectare en een diepte die varieert van circa 3,8 meter voor de vaargeul, 2,6 meter voor de diepe delen, 1,5 meter voor de ondiepe delen en 1 meter voor de vooroevers. De verhoudingen tussen diep en ondiep verschillen voor de modellen en de fasen. De voorboezem (alleen model Halfland en Nieuwland) is veel kleiner en slechts 1 meter diep.

Het randmeer kan worden gekarakteriseerd als een matig groot, ondiep tot matig diep meer. Een dergelijk meer is vrij gevoelig voor nutriëntenbelasting. De ligging en het wateroppervlak zorgen voor een grote strijklengte, waardoor de wind een belangrijke invloed heeft op de waterbeweging en opwerveling van bodemslib kan optreden. De diepte is dermate groot dat reeds bij een matige troebelheid de plantengroei wordt beperkt door een tekort aan licht op de bodem. Deze factoren zijn dus relatief ongunstig maar worden deels opgeheven door de aanleg van een wooneiland halverwege het meer waardoor de

strijklengte wordt beperkt. Een ander positief effect mag worden verwacht van de ondiepe vooroevers die afhankelijk van het model en de fase tussen circa 10 % (Halfland fase 2) en 20 % (Waterland) van het wateroppervlak zullen gaan bedekken. Deze factoren bepalen samen met het bodemtype en de verblijftijd de ligging van de kritische grenzen voor de nutriëntenbelasting. Deze worden hieronder afgeleid met behulp van de resultaten van modelberekeningen van Janse (2005). Ook voor de voorboezem worden op vergelijkbare wijze de kritische grenzen afgeleid.

kritische grenzen voor meren en plassen

We geven hieronder op basis van de bepalende factoren uit afbeelding 2.2. een inschatting van de ligging van de kritische belastingsgrenzen. Hiervoor gebruiken we de resultaten van een lineaire regressie die door Janse is uitgevoerd op de modelresultaten voor de fosfaatbelasting. Tabel 2.1. laat het resultaat van de regressie zien van analyse voor meren en plassen (let op: het gaat om de ln-getransformeerde P-belasting!).

Tabel 2.2. Resultaten van lineaire regressie van (ln-getransformeerde) omslagpunten voor de fosfaatbelasting van meren en plassen in mgP/m²/dag (naar Janse, 2005). De tabel geeft de coëfficiënten van het model voor de factoren bodemtype (klei of veen), hydraulische belasting, diepte (invers), strijklengte en aandeel moeraszones

	omslag helder-troebel (mgP/m ² /dag)		omslag troebel-helder (mgP/m ² /dag)	
	coëfficiënt	P (significantie)	coëfficiënt	P (significantie)
constante	-0,0524	0,4322	-2,3293	0
Klei (0/1)	-0,1028	0,0001	-0,3241	0
Veen (0/1)	-0,2962	0	-0,5295	0
Hydraulische belasting (mm/dag)	0,0235	0	0,0265	0
Inverse diepte (1/m)	2,9668	0	4,9804	0
Strijklengte (km)	-0,456	0	-0,6109	0
Aandeel moeraszones (-)	0,6319	0	0,957	0

Het regressiemodel is toegepast op het Wieringerrandmeer en de voorboezem tijdens de verschillende ontwikkelingsfases om kritische grenzen af te leiden. Tabel 2.3. laat de gebruikte parameterwaarden en het resultaat hiervan zien. Deze grenzen worden aangehouden in de verdere uitwerking.

Tabel 2.3. Resultaten van de toepassing van de lineaire regressie op het Wieringerrandmeer (WRM eindfase), het verbrede Amstelmeerkanaal (AMK verbreed) en de voorboezem. Onderscheid is gemaakt tussen Halfland fase 1 en fase 2 en Waterland. NB let op de eenheid van kritische belasting (gP per m² per jaar in plaats van gP per m² per dag in tabel 2.2.)

model	fase	naam	klei	veen	hydraulische belasting (mm/dag)	diepte (m)	strijklengte (km)	aandeel moeras- zones (-)	omslag troe- bel helder (gP/m²/jaar)	omslag helder troe- bel (gP/m²/jaar)
Halfland	1	AMK verbreed diep	1	0	50	2,8	3,0	0,01	0,09	0,7
		voorboezem	1	0	46	1,0	2,0	0,1	4,1	7,6
	2	WRM diep	1	0	36	2,7	4,0	0,01	0,04	0,4
		WRM ondiep	1	0	36	1,5	2,8	0,01	0,3	1,5
		WRM vooroevers	1	0	36	1,0	2,8	0,01	1,8	4,1
		voorboezem	1	0	49	1,0	2,0	0,1	4,4	8,1
Water- land	2	WRM diep	1	0	30	2,8	4,0	0,02	0,03	0,3
		WRM ondiep	1	0	30	1,5	2,8	0,02	0,3	1,3
		WRM vooroevers	1	0	30	1,0	2,8	0,02	1,6	3,6
'default meer'			1	0	20	2	1,0	0,001	0,3	1,4

De kritische grenzen voor N worden afgeleid van P door uit te gaan van een N/P verhouding van 10. Dit wordt door Janse ook aangehouden voor een 'default meer'.

Tabel 2.3. laat zien dat er nogal wat verschil zit tussen de kritische belastingsgrenzen voor de verschillende onderdelen en fasen van het systeem. Het meest gevoelig is het Wieringerrandmeer zelf, volgens het model wordt (uitgaande van een heldere situatie) het meer troebel bij een belasting van 0,3 tot 0,4 gP/m²/jaar. Om het meer weer spontaan helder te krijgen vanuit een troebele situatie moet de belasting worden teruggedrongen naar 0,04 gP/m²/jaar. Dit is zeer laag, het meer is zeer gevoelig voor nutriëntenbelasting. Voor de tussenfase, het verbrede Amstelmeerkanaal, geldt dat deze per oppervlakte-eenheid ongeveer tweemaal zoveel nutriënten kan verwerken. De voorboezem is volgens het model nog minder gevoelig voor hoge belastingen. Kanttekening hierbij is dat deze waarden gevoelsmatig aan de hoge kant zijn.

Halfland fase 1

In het geval van Halfland fase 1 is er een groot verschil in gevoeligheid voor nutriënten (P en N) tussen beide watersystemen. Het verbrede Amstelmeerkanaal is veel gevoeliger voor nutriënten dan de voorboezem. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door een verschil in diepte (respectievelijk circa 2,6 meter versus 1 meter) en een verschil in oppervlak en daarmee strijklengte (windinvloed). Voor de voorboezem is overigens uitgegaan van een zoet systeem, in brakke systemen ligt de kritische belasting lager (systeem gevoeliger voor nutriënten). Dit kan implicaties hebben voor de ecologische toestand, zie hiervoor paragraaf 2.5 en 2.6.

Halfland fase 2

Net als in fase 1 is er een groot verschil tussen de gevoeligheid voor nutriëntenbelasting van de voorboezem en het randmeer. In fase 2 zijn er echter binnen het randmeer ook verschillende situaties te onderscheiden. Dit geldt vooral voor de verschillen in diepte, dit is van belang omdat in ondiepe wateren de gevoeligheid voor nutriënten geringer is. Dit komt omdat in ondiepe meren eerder licht op de bodem komt voor plantengroei, de kritische belasting van diepere meren is daarom lager. In de uitwerking zijn de verschillende dieptezones van het watersysteem als apart functionerende delen gezien met ieder een eigen kritische belasting. De kritische grenzen van de dieptezones zijn bepaald door de diepte en de strijklengte (ondiepe zones liggen deels beschut langs eilanden en oevers) aan te passen (zie tabel 2.3) en in te vullen in de regressievergelijking. In werkelijkheid is er natuurlijk sprake van een samenhangend watersysteem met elkaar wederzijds beïnvloedende delen. Hoe deze samenhang de ligging van de kritische grenzen beïnvloed is onduidelijk. Hier zit een onzekerheid, er zijn overigens wel voorbeelden bekend van heldere plantenrijke (ondiepe) zones naast troebele (diepere) zones in één meer (o.a. Veluwemeer). In dat opzicht is het zeker terecht om onderscheid te maken.

Waterland

Net als in Halfland fase 2 zijn binnen het randmeer verschillende dieptezones te onderscheiden. De kritische belastingen van de verschillende dieptezones zijn iets lager dan in het geval van Halfland 2, vooral als gevolg van een wat hogere verblijftijd.

meest bepalende factoren

Belangrijke factoren die de gevoeligheid voor nutriëntenbelasting bepalen zijn:

- strijklengte, als gevolg van een grote strijklengte is een meer gevoeliger voor windwerking en opwerking van bodemsediment. Een groot meer is daardoor eerder troebel;
- diepte, in diepere meren is een grotere helderheid nodig om licht op de bodem te krijgen, globaal kan worden gezegd dat om plantengroei mogelijk te maken de zichtdiepte ongeveer ½ maal de waterdiepte moet bedragen. In het geval van het Wieringerrandmeer is de gemiddelde diepte circa 2,30 meter en is dus een zichtdiepte van circa 1,15 meter nodig. Ter illustratie; het IJsselmeer locatie Vrouwezand heeft de laatste jaren (1990-2003) een gemiddelde doorzicht van 50-60 cm, dit geldt eveneens voor het Amstelmeer. In het Wieringerrandmeer worden daarom niet op grote

schaal ondergedoken waterplanten verwacht maar alleen in de ondiepe delen (1-1,5 meter). Dit geldt ook voor het verbrede Amstelmeerkanaal. De voorboezem heeft een geringere diepte en daarmee meer potenties voor planten.

2.4. Rol van de waterbodem

In bovenstaande, theoretische beschouwing is ingegaan op de kritische belastingen voor meren en plassen. Het gaat daarbij eigenlijk om zowel de externe als de interne belasting. De externe belasting is afkomstig van nutriënten in waterstromen zoals inlaatwater, afvoer van poldergemalen etc. maar ook van lozingen of bijvoorbeeld atmosferische depositie en vogels. De interne belasting komt uit de onderdelen van het watersysteem zelf waarbij de waterbodem een centrale rol speelt. Een waterbodem (+ bovenliggende sliblaag) zal afhankelijk van de samenstelling (zand, klei of veen) en de historie (bijv. een hoge belastingen in het verleden) nutriënten naleveren of juist binden. Enkele belangrijke aspecten hierbij zijn:

- klei bindt meestal in sterke mate fosfaat, kleiwatervaten kunnen daarom zeer voedselrijk zijn zonder dat je dat meet in de waterfase. Kleibodems kunnen sterk worden 'opgeladen' doordat nutriënten uit het bovenstaande water zich jaar na jaar binden aan de kleideeltjes;
- veenbodems kunnen onder bepaalde omstandigheden mineraliseren (afbreken) en daarmee een zeer belangrijke bron van nutriënten vormen;
- zand is vrij inert voor wat betreft de binding van nutriënten. In een water met een zandbodem kan zich (net als op klei en veen) wel een sliblaag vormen (dode planten en algen, slibdeeltjes) die een belangrijke nutriëntenbron vormt.

Opgeladen kleibodems, veenbodems en sliblagen op zandbodems kunnen dus een belangrijke bron van nutriënten vormen in een water. Zelfs bij een lage externe belasting kunnen de nutriënten in de waterbodem via interne processen toch in het voedselweb terechtkomen (algen). Inlaat van gebiedsvreemd (sulfaatrijk of bicarbonaatrijk) water kan ervoor zorgen dat de voedingsstoffen in de (slib)bodems versneld vrijkomen. Processen die hierbij een rol spelen zijn een afname van de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat (verbreken ijzer-fosfaat complexen) of mineralisatieprocessen. De waterbodem is dus een belangrijke factor om rekening mee te houden.

relevantie voor het Wieringerrandmeer

Bij het graven van het Wieringerrandmeer komen dieper gelegen bodems aan het oppervlak te liggen. Deze bodems vormen de nieuwe waterbodem voor het Wieringerrandmeer. Zoals in bovenstaande geschetst speelt de bodem een cruciale rol in de nutriëntenhuishouding van een water. Vooral grote risico's vormen 'opgeladen' kleibodems en veenbodems. Omdat de bodems in de kop van Noord-Holland onder invloed van mariene omstandigheden zijn gevormd, of veelal nog door brak grondwater worden gevoed, mag worden verondersteld dat de bindingscapaciteit voor nutriënten gering is (ijzer geïmmobiliseerd door sulfaat) dan wel dat ze een bron vormen van nutriënten (veenaafbraak). Een onderzoek aan de waterbodems in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Schieland (en de Krimpenerwaard) wees uit dat veruit de meeste van deze bodems zeer voedselrijk zijn (Witteveen+Bos, 2005a). Dit geldt niet alleen voor de toplaag maar ook voor de onderliggende waterbodem. Naar verwachting speelt de mariene oorsprong hierin een belangrijke rol.

Of dit ook voor de bodems van het Wieringerrandmeer geldt weten we niet, een bodemonderzoek heeft nog niet plaatsgevonden. Op voorhand gaan we daarom uit van de aanwezigheid van voedselrijke bodems.

2.5. Rol van chloride in het ecologisch functioneren van het watersysteem

Oorspronkelijk werd voor de doorspoeling van het Wieringerrandmeer uitgegaan van de aanvoer van IJsselmeerwater via een nieuw aan te leggen kanaal. De huidige variant gaat uit van een alternatieve wateraanvoer vanaf Den Oever. Hierdoor verandert de kwaliteit van het inlaatwater ten opzichte van de oorspronkelijke variant. Het inlaatwater wordt (licht)brak in plaats van zoet. Uitgegaan wordt daarbij van een chloridegehalte van het inlaatwater van 600 mg chloride per liter.

Een hoger chloridegehalte van het inlaatwater heeft mogelijk gevolgen voor de zoet-zoutgradiënt en voor het ecologisch functioneren van het Wieringerrandmeer en brengt dus een nieuw aspect in de studie. Op zichzelf heeft een verzilting eerder een positief dan een negatief effect op de zoet-zoutovergang

in Hollands Noorderkwartier. Ten opzichte van de huidige situatie vindt er echter ook een grotere doorspoeling plaats waardoor de aanwezige zoutgradiënt kan worden aangetast. Een en ander is nader onderzocht, waarbij de gevolgen voor het chloridegehalte in het Amstelmeer, het Waardkanaal en het Balgzandkanaal worden beschreven (hoofdstuk 4).

Doorspoelen met licht-brak water in plaats van zoet water kan daarnaast een (negatief) effect hebben op het ecologisch functioneren van het Wieringerrandmeer (in termen van helder – troebel). Op basis van literatuur worden deze aspecten verder uitgewerkt. Gebruikte bronnen zijn:

- mogelijkheden voor zoutsuppletie als beheersmaatregel voor het behoud van helder en plantenrijk water in de Binnenschelde (Witteveen+Bos, 1996). In het kader van deze studie is literatuuronderzoek verricht en zijn experts benaderd. Belangrijkste doel van de studie was inzicht te krijgen in de sturende rol van chloride in het ecologisch functioneren van watersystemen, in het bijzonder op het voedselweb (vertaling van nutriënten in algen, waterplanten, macrofauna en vis);
- doorspoelen of opzouten? Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer (Verspagen, et al., 2005). Studie van Universiteit van Amsterdam en Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) in opdracht van Rijkswaterstaat. In deze studie zijn verschillende scenario's (doorspoelen of verzilten) voor het oplossen van het blauwalgenprobleem in het Volkerak-Zoommeer onderzocht;
- Ecology of shallow lakes (Scheffer, 1998). Hierin wordt het verschil in functioneren (bijvoorbeeld helderheid en voedselweb) tussen zoete en brakke meren toegelicht.

2.5.1. Effect van verzilten op de helderheid

Binnen de ondiepe meren nemen brakke meren een bijzondere plaats in, ze zijn gewoonlijk troebel, zelfs wanneer ze plantenrijk zijn (Jeppesen, et. al., 1994; Scheffer, 1998). Dit kan worden verklaard doordat brakke wateren anders functioneren dan zoete wateren. Hiervoor zijn meerdere mechanismen verantwoordelijk. Een belangrijke rol daarin spelen de chemische samenstelling van het water (o.a. sulfaat), de waterbodem en het voedselweb.

2.5.2. Effect van verzilten op processen in de waterbodem

De waterbodem speelt een belangrijke rol in het functioneren van een watersysteem. Zo heeft het een centrale plaats in de nutriëntenhuishouding van een meer. Waterbodems kunnen fosfaat binden of naleveren en op het grensvlak van aërobe en anaërobe omstandigheden in de waterbodem vindt N-verwijdering plaats via nitrificatie- en denitrificatieprocessen. Het verzilten van een water heeft vooral effect op de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat. In zoete wateren speelt IJzer (Fe(II)) een belangrijke rol bij de binding van fosfaat. Brakke wateren zijn echter sulfaatrijk, door sulfidevorming (FeS) in brakke sedimenten wordt de bindingscapaciteit van de bodem voor fosfaat sterk verminderd.

NB! Bij oxidatie van pyriet (FeS) wordt zuur geproduceerd, zodat het risico bestaat op verzuring. Hoewel dit in een groot brak water (sterke buffering) naar verwachting niet zo snel tot problemen zal leiden is het wel een punt van aandacht.

2.5.3. Effecten van verzilten op het voedselweb

Met het voedselweb van een water wordt bedoeld op de vertaling van nutriënten in algen, watervlooien, waterplanten, macrofauna en vis. Het zoutgehalte van een water speelt in op het voedselweb doordat de soortensamenstelling van een zoet water verandert wanneer het water zouter wordt. Daarmee verdwijnen ook bepaalde onderdelen van het voedselweb. Eerst wordt het effect van verzilting op de soortenrijkdom beschreven. Daarna worden per soortgroep specifieke effecten op onderdelen van het voedselweb beschreven die van belang zijn voor het functioneren van het watersysteem. Hierbij moet worden gedacht aan een verandering in het filterend vermogen van watervlooien of de kans op algenbloei etc.

algemeen effect van verzilting op soortenrijkdom

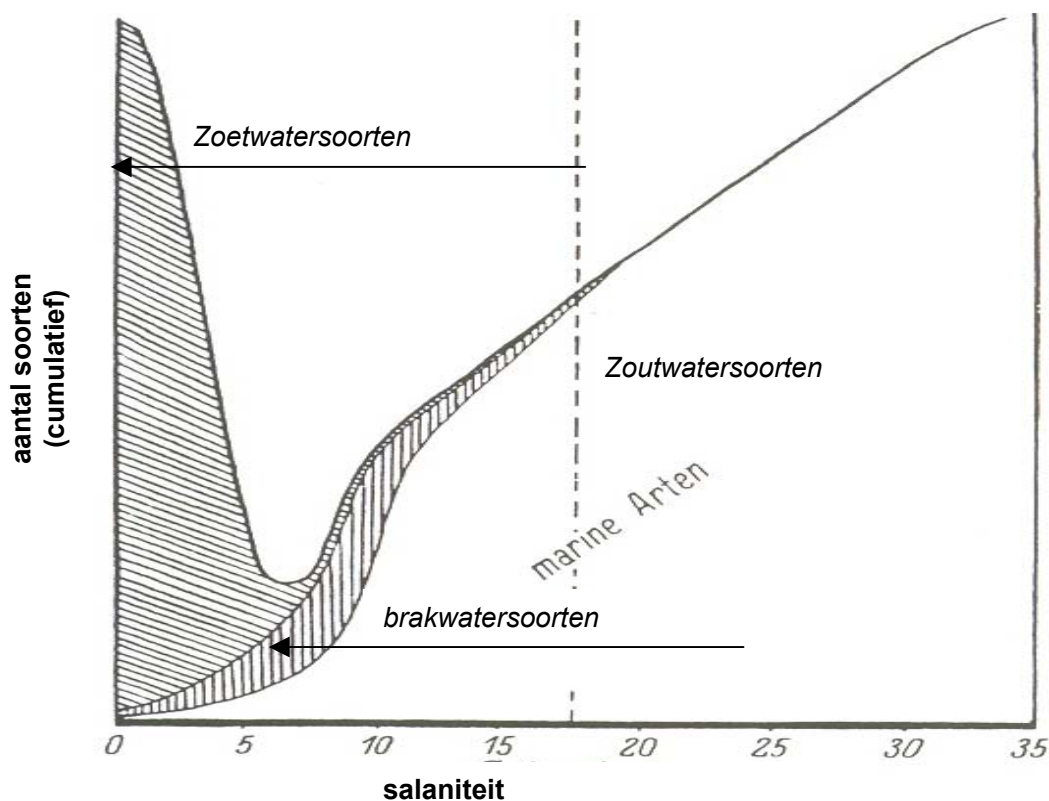
Wateren kunnen op basis van verschillen in soortensamenstelling worden ingedeeld in saliniteitsklassen. Daarbij zijn in de loop van de tijd verschillende systemen uitgewerkt. Hieronder wordt ingegaan op de bekendste, de indeling van Remane (1934 en 1958), die erg veel lijkt op het Systeem van Venetië.

Tabel 2.4. Indeling saliniteitsklassen Remane

typering	saliniteit (‰)	concentratie CL (mg/l)	soorten
zoetwater	0 - 0,5	0 - 300	zoetwatersoorten
oligohalien	0,5 - 3	300 - 1.700	
mesohalien	3 - 8 á 10	1.700 - 4.500 a 5.500	brakwaterdieren
mesohalien	8 á 10 - 18	4.500 a 5.500 - 10.000	overwegend zoutwatersoorten
polyhalien	18 - 30	10.000 - 17.000	zoutwatersoorten, met toene- mende saliniteit neemt soorten- aantal toe
euhalien	30 - 40	17.000 - 22.000	
zeewater	40	22.000	

Door Remane is onderzoek gedaan in de Oostzee. In de Oostzee is een natuurlijke gradiënt van 30 ‰ (aan de westkant) naar 2 ‰ (aan de oostkant). In het onderzoek is naar voren gekomen dat er binnen de groep van ongewervelden veel soorten zijn in de extremen (zoet of zout) en juist in het middengebied er weinig soorten zijn. Tussen de 5 en 8 ‰ bevindt zich het soortenminimum. In afbeelding 2.3 is de optimum curve weergegeven.

Afbeelding 2.3. Voorkomen van groepen van soorten met en verschillende zouttolerantie in relatie tot de saliniteit



In bovenstaande afbeelding is te zien dat het aantal zoetwatersoorten afneemt van een saliniteit van 0 naar 5 ‰. Vanaf de andere kant neemt het aantal zoutwatersoorten juist af van een saliniteit van 30 ‰ naar 10 ‰. Dit heeft te maken met de osmotische regulatie. Het soortenminimum bevindt zich dus tussen de 5 en 10 ‰ (± 3000 mg-CL/l – 5500 mg-CL/l). Vlakbij de grenzen van het soortenminimum (5 ‰ voor zoet en 10 ‰ voor zout) is het aantal individuen juist groot. Een mogelijke verklaring hiervoor is het gebrek aan predatie, concurrentie en ziekten (parasieten).

effect op algensamenstelling

Het zouter worden van het water heeft ook invloed op de algensamenstelling. Soorten met een lage chloridetolerantie verdwijnen en worden vervangen door tolerantere soorten en uiteindelijk door brakwatersoorten en mariene soorten. Gezien het grote aantal soorten en de verschillende eisen en chloridetoleranties van die soorten (die lang niet allemaal bekend zijn) is het moeilijk om hier in het algemeen iets over te zeggen. Wel kan iets worden gezegd over het verwachte effect op blauwalgenbloeien:

- uit de studie van het Volkerak-Zoommeer blijkt dat potentieel problemen veroorzakende blauwalgen een behoorlijk hoge tolerantie hebben voor zout. *Microcystis* vertoont bij chloridegehalten tot 5.000 mg/l geen afname van de groeisnelheid en sterft pas bij chloridegehalten hoger dan 10.000 mg/l. Van het inlaatwater met een chloridegehalte van circa 600 mg/l mag wat dat betreft geen positief effect worden verwacht op de kans van algenbloeien;
- onder licht brakke omstandigheden kunnen bloeien van andere algensoorten gaan optreden. Zo zijn uit het buitenland bloeien van de blauwalg *Prymnesium parvum* bekend, deze alg kan vissterfte veroorzaken (o.a. Jeppesen, 1994).

effect op zoöplankton (watervlooien)

Een belangrijk effect van verzilten op het ecologisch functioneren van het watersysteem is het verdwijnen van bepaalde soorten watervlooien. Uit diverse studies is gebleken dat boven een chloridegehalte van circa 1000-1500 mg/l grote watervlooien zoals *Daphnia*-soorten verdwijnen en worden vervangen door kleinere zoöplanktonsoorten (o.a. Jeppesen, et. al., 1994, Moss, Scheffer, 1998). Als gevolg daarvan wordt het water dan minder goed gefilterd. Verzilting kan via het verschuiven van de samenstelling van de watervlooienpopulatie dus tot vertroebeling leiden.

effect op macrofauna

De macrofaunasamenstelling verandert ook drastisch als gevolg van verzilting. De macrofaunage-meenschap van licht brakke wateren wordt vaak gedomineerd door kreeftachtigen. Een soort die veelvuldig in grote aantallen wordt aangetroffen is de aasgarnaal *Neomysis integer*. Deze soort kan een belangrijke rol spelen in het voedselweb, met name door predatie van de aasgarnaal op de zoöplanktongemeenschap. Ook beneden chloridegehalten van 1000 mg/l kan deze soort sterk dominant zijn en er voor zorgen dat de filterende werking van watervlooien sterk wordt beperkt. In voedselrijke brakke wateren is de aasgarnaal daarom een belangrijke factor voor het ecologisch functioneren.

effecten op vis

De visstand van brakke wateren wijkt ook af van die van zoete wateren. Voor de samenstelling is het absolute zoutgehalte van belang en is van belang of er zoete wateren in de buurt zijn. Is dit het geval dan kunnen veel soorten nog worden aangetroffen. Bij een toename van het zoutgehalte verdwijnen steeds meer soorten tot alleen de meest tolerante zoals de brasem en de snoekbaars nog overblijven. In een geïsoleerd brak water is dat al veel eerder omdat het zout reeds bij lagere gehalten beperkend is voor de paai. Is de verbinding met de zee aanwezig dan kunnen er in licht-brakke wateren mariene soorten ook worden aangetroffen (Klinge, et. al., 2004). Niet alleen de samenstelling maar ook de totale hoeveelheid vis ofwel de visbiomassa is in brakke wateren vaak anders. In zoete wateren vertoont de visbiomassa meestal een positief verband met de voedselrijkdom, in brakke wateren lijkt dat verband juist tegengesteld te zijn (Jeppesen, 1994). Er zijn meerder gevallen bekend van voedselrijke brakke wateren met een zeer geringe visbiomassa. Wat precies de sturende factoren hierin zijn is nog niet geheel duidelijk, wel lijkt het erop dat in ieder geval in bepaalde gevallen toxische blauwalgen (*Prymnesium parvum*) hierbij een rol spelen.

conclusie ten aanzien van de effecten van verzilting voor het Wieringerrandmeer

Op basis van bovenstaande mag voor het Wieringerrandmeer worden verwacht dat verzilting ten opzichte van een zoete situatie kan leiden tot:

- een versterkte nalevering van voedingsstoffen (fosfaat) vanuit de waterbodem;
- het risico van een verminderde filtering door watervlooien als gevolg van:
 - een versterkte predatie (door de aasgarnaal);

- een (periodieke) overschrijding van de tolerantie van *Daphnia* spp. voor chloride bij chloridegehalten vanaf circa 1000 mg/l;
- een negatief effect op het doorzicht, zowel door de toename in de nalevering van voedingsstoffen (voor algen) als de geringere filtering door watervlooien zijn nadelig voor het doorzicht;
- een verandering van de soortensamenstelling waarbij obligate zoetwatersoorten zullen afnemen of zelfs verdwijnen en brakwatersoorten en (afhankelijk van verbinding met de zee) ook in beperkte mate mariene soorten een plaats kunnen krijgen.

2.6. Conclusies ten aanzien van het ecologisch functioneren

Onderstaand worden de bevindingen per deelwatersysteem kort samengevat. Daarbij wordt uitgegaan van de doorspoelde variant van de modellen Halfland 1 en 2 en Waterland.

Wieringerrandmeer (Halfland en Waterland fase 2)

Het Wieringerrandmeer is relatief groot en diep en daardoor gevoelig voor nutriëntenbelasting. De kritische belastingen liggen daarom erg laag. Door het grote wateroppervlak de strijklengte en daarmee de invloed van de wind op de waterbeweging groot. Meren met een grote strijklengte zijn eerder troebel omdat door windwerking bodemdeeltjes eerder opwervelen en/of zwevende deeltjes minder snel bezinken. Door de diepte komt er reeds bij een geringe troebelheid te weinig licht op de bodem voor de groei van ondergedoken waterplanten. Waterplanten mogen daarom alleen in de vooroevers (tot circa 1-1.5 meter diep) worden verwacht. Het meer is daarbij te ondiep voor stratificatie. In gestratificeerde meren kunnen zwevende stofdeeltjes zoals algen bezinken in de diepe delen, wat een positief effect heeft op de helderheid.

verbreed Amstelmeerkanaal (Halfland fase 1)

Voor het verbrede Amstelmeerkanaal geldt in grote lijnen hetzelfde als voor het Wieringerrandmeer. Het is echter minder groot (strijklengte) en heeft een kortere verblijftijd waardoor de kritische nutriëntenbelasting wat hoger; het systeem kan per oppervlakte-eenheid wat meer nutriënten verwerken.

Voorboezem (Halfland fase 1 en 2)

De voorboezem is nog weer kleiner en vooral ondieper. Ook heeft dit systeem een groter areaal aan moeraszones (uitgegaan is van 10 %). Vooral de diepte is een belangrijke bepalende factor. Door de geringere diepte kunnen waterplanten zich eerder vestigen. Dit leidt tot hogere kritische belastingen van 2.4 en 8.6 gP/m²/jaar, het systeem kan per oppervlakte-eenheid veel meer nutriënten verwerken dan de diepere meren. De grenzen voor de voorboezem zijn overigens gevoelsmatig aan de hoge kant. Mogelijk dat dit samenhangt met de sterke hydraulische belasting waardoor de verblijftijd gedurende het gehele jaar laag is.

Amstelmeerkanaal

Voor het Amstelmeerkanaal zijn geen kritische belastingen afgeleid. De reden hiervoor is dat dit systeem zich in ecologisch opzicht anders gedraagt omdat het een kanaal is. In meren en plassen spelen andere processen een rol, kanalen lijken in dat opzicht soms meer op stromende wateren. De verblijftijden zijn in kanalen veel geringer (hogere stroomsnelheden) dan in meren waardoor de vertaling van nutriënten in algen wordt geremd. Kanalen vertonen pas 'meergedrag' wanneer ze gaan 'stilstaan'. Janse heeft voor kanalen geen kritische grenzen afgeleid, wel voor sloten. Kanalen nemen als het ware een positie in tussen meren en sloten. De kritische belasting van het huidige Amstelmeerkanaal zal hier mogelijk ergens tussen in liggen. In dit geval is echter de verblijftijd in sterke mate bepalend en is het weinig relevant om kritische grenzen af te leiden.

voor alle deelsystemen geldt

Bij het afleiden van de kritische belastingsgrenzen is uitgegaan van een zoet water. Wanneer het inlaatwater zouter is en dit leidt tot brakke omstandigheden, kan het watersysteem anders gaan functioneren. Reeds boven circa 300 mg chloride per liter treden veranderingen op (toename nalevering als gevolg van sulfaat, toename predatie op watervlooien door aasgarnaal) en rond de 1000 mg chloride

per liter zijn de veranderingen het grootst (verdwijnen grote watervlooiën). De algemene verwachting is dat een licht-brak water door een toename van de nalevering van nutriënten vanuit de waterbodem en/of door een verminderde filtering door zoöplankton eerder troebel zal zijn. Anders gezegd, de kritische belasting van een brak water is lager, het systeem kan minder nutriënten verwerken.

3. WATER- EN STOFFENBALANS VAN HET WIERINGERRANDMEER

3.1. Inleiding

Om inzicht te krijgen in de verwachte kwaliteit van het water in het Wieringerrandmeer is het gewenst om de N-totaal-, P-totaal- en chloridebelasting op het oppervlaktewater te berekenen. Het is dan noodzakelijk om inzicht in de water- en stofstromen tussen het Wieringerrandmeer en aangrenzende waterlichamen te krijgen. Met dit doel zijn water- en stoffenbalansen opgesteld voor gemiddelde situatie in het jaar 2030. De balansen zijn opgesteld fase 1 en 2 van het model Halfland en voor fase 2 van het model Waterland. Er zijn geen balansen opgesteld voor fase 1 van Waterland en voor model Nieuwland. Fase 1 van model Waterland verschilt huishoudkundig niet van de huidige situatie en model Waard Nieuwland wordt kwalitatief besproken op basis van de water- en stoffenbalansen van de overige modellen. In dit hoofdstuk zijn de water- en stoffenbalansen beschreven, alsmede de uitgangspunten op basis waarvan deze balansen zijn opgesteld. Vervolgens zijn enkele conclusies beschreven.

Het ontwerp gaat uit van het, gedurende drie zomermaanden, doorspoelen van het Wieringerrandmeer met IJsselmeerwater om algenbloei in het meer tegen te gaan. Met de water- en stoffenbalansen is ook gekeken naar de situatie waarbij niet wordt doorgespoeld.

3.2. Uitgangspunten

autonome ontwikkeling tot 2030 (Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000)

- toename winterse neerslag: 3,8 %;
- toename zomerse neerslag: 0,8 %;
- toename winterse verdamping: 3,4 %;
- toename zomerse verdamping: 2,0 %.

ontwerputgangspunten 1^e fase van model Halfland

In fase 1 van model Halfland wordt het Amstelmeerkanaal gedeeltelijk verbreed en er wordt een voorboezem in polder Waard Nieuwland, aan de noordzijde aangelegd. Door de verbreding van het Amstelmeerkanaal verdwijnt polder Waard Nieuwland gedeeltelijk.

Karakteristieken van de voorboezem:

- wateroppervlak: 45,5 ha.;
- waterdiepte: 1,0 m;
- gemiddeld peil: NAP – 2,7 m.

Karakteristieken van de verbreding van het Amstelmeerkanaal in fase 1 van model Halfland:

verbreding A'kanaal	oppervlak (ha)	bodemhoogte (NAP)	waterdiepte
vaargeul	20	-4,25	3,85
diep delen	96	-3,00	2,60
totaal water	116		

- streefpeil op het verbrede Amstelmeerkanaal: NAP – 0,4 m.

ontwerputgangspunten 2^e fase van model Halfland

In fase 2 van model Halfland wordt het Amstelmeerkanaal verder verbreed tot een randmeer. De dimensies van de voorboezem zijn niet veranderd ten opzichte van fase 1.

Karakteristieken van het Wieringerrandmeer in fase 2 van model Halfland:

Wieringerrandmeer	oppervlak (ha)	bodemhoogte (NAP)	waterdiepte
vaargeul	52	-4,25	3,85
diep delen	439	-3,00	2,60
ondiepe delen	62	-1,90	1,50
vooroevers	56	-1,40	1,00
totaal water	609	-	-
eilanden	158	+1,30	-

- het talud van de kaden rondom het randmeer bedraagt 1:3, behalve bij de zuidoost van het randmeer (alleen meerzijde), die als recreatieoever is ontworpen met een talud van 1:10;
- streefpeil op het Wieringerrandmeer: NAP – 0,4 m.

ontwerpuitsgangpunten 2^e fase van model Waterland

In de eerste fase van model Waterland zijn er voor de waterhuishouding geen verschillen ten opzicht van de huidige situatie. In fase 2 van het model wordt het Wieringerrandmeer aangelegd. Daarbij verdwijnt polder Waard Nieuwland in zijn geheel.

Dimensies van het Wieringerrandmeer in fase 2 van model Waterland:

Wieringerrandmeer	oppervlak (ha)	bodemhoogte (NAP)	waterdiepte
vaargeul	52	-4,25	3,85
diep delen	361	-3,00	2,60
ondiepe delen	273	-1,90	1,50
vooroevers	172	-1,40	1,00
totaal water	858	-	-
eilanden	141	+1,30	-

- het talud van de kaden rondom het randmeer bedraagt 1:3, behalve bij de zuidoost van het randmeer (alleen meerzijde), die als recreatieoever is ontworpen met een talud van 1:10;
- streefpeil op het Wieringerrandmeer: NAP – 0,4 m.

ontwerpuitsgangpunten 1^e fase van model Nieuwland

In fase 1 van model Nieuwland wordt in polder Waard Nieuwland een voorboezem aangelegd, zowel aan de noordzijde als aan de zuidzijde van de polder.

Karakteristieken van de voorboezem:

- wateroppervlak: 56 ha.;
- gemiddeld peil: NAP – 2,7 m.

ontwerpuitsgangpunten 2^e fase van model Nieuwland

Karakteristieken van het Wieringerrandmeer in fase 2 van model Nieuwland:

Wieringerrandmeer	oppervlak (ha)	bodemhoogte (NAP)	waterdiepte
vaargeul	52	-4,25	3,85
diep delen	287	-3,00	2,60
ondiepe delen	166	-1,90	1,50
vooroevers	60	-1,40	1,00
totaal water	565	-	-
eilanden	67	+1,30	-

- het talud van de kaden rondom het randmeer bedraagt 1:3, behalve bij de zuidoek van het randmeer (alleen meerzijde), die als recreatieoever is ontworpen met een talud van 1:10;
- streefpeil op het Wieringerrandmeer: NAP – 0,4 m.

Model Nieuwland verschilt in de 1^e fase weinig van de huidige situatie. In de 2^e fase wordt het Wieringerrandmeer aangelegd. Het volume van dat meer is ongeveer 2,5 miljoen m³ (16 %) kleiner dan dat van model Halfland en ongeveer 4 miljoen m³ (23 %) kleiner dan dat van model Waterland. Het oppervlak van het Wieringerrandmeer van model Nieuwland is 34 % kleiner dan het meer in model Waterland en 7 % kleiner dan het meer in model Halfland.

De voorboezem is ongeveer 200.000 m³ groter (41 %) dan bij model Halfland. Het oppervlak is daarbij 30 % groter.

hydrologische uitgangspunten

- omdat de hydrologisch en ecologisch relevante processen voldoende tot uitdrukking komen op een tijdschaal van een maand en een kleinere schaal weinig relevante informatie toevoegt zijn de water- en stoffenbalansen op maandbasis opgesteld;
- er wordt uitgegaan van constante streefpeilen en daarmee van constante volumes van de waterlichamen; vanwege het constante peil in de voorboezem en in het randmeer wordt uitgegaan van stationaire kwel/wegzijgingssituaties voor de verschillende ontwikkelingsfasen; de kwel- en wegzijgingsfluxen volgen uit de geohydrologische studie;
- om een constant peil en volume van het Wieringerrandmeer te realiseren wordt overtollig water naar het Amstelmeer afgevoerd. Watertekorten worden aangevuld met IJsselmeerwater;
- in de water- en stoffenbalansen wordt onderscheid gemaakt tussen polder Waard Nieuwland en de voorboezem omdat de voorboezem een onderscheidend ontwerpelement is. In werkelijkheid maken de polder en de voorboezem deel uit van hetzelfde watersysteem;
- over de periode april tot en met september ontvangen de aangrenzende polders water uit de boezem voor peilhandhaving en voorziening van de gewassen. Alle polders ontvangen water uit het Amstelmeerkanaal of Wieringerrandmeer. Er is aangenomen dat de Oosterlanderkoog in alle fasen van alle modellen water rechtstreeks uit de Zuiderhaven kan ontvangen. De Gesterkoog en Oeverkoog zijn niet meegenomen in de balansen omdat ze relatief klein zijn. In bijlage II zijn de waterstromen van en naar de aangrenzende polders geschematiseerd. De Westerlanderkoog ontvangt inlaatwater via de Hoelmerkoog. Voor de duidelijkheid ontvangt deze polder in de balansen water rechtstreeks uit het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer. Daarnaast ontvangt Hippolytushoevekoog in de huidige situatie water rechtstreeks vanuit het Amstelmeerkanaal en van de Oosterlanderkoog. Voor de zekerheid is in de balansen aangenomen dat Hippolytushoevekoog al het inlaatwater vanuit de Amstelmeerboezem ontvangt. In tegenstelling tot het verouderde planconcept 2a+ ontvangt de Wieringermeerpolder water uit het Wieringerrandmeer;
- er wordt aangenomen dat de neerslag dat op de bebouwde delen van de eilanden valt direct wordt afgevoerd naar het randmeer en daarom wordt voor de berekening van de totale neerslag op het meer het oppervlak van het meer niet verminderd met het oppervlak van de eilanden. Voor de berekening van de verdamping van meerwater wordt het oppervlak van het meer wel verminderd met het oppervlak van de eilanden;
- de vertaling van neerslag en verdamping in de polders naar de hoeveelheid water die uit de polders moet worden gemalen is in de geohydrologische studie gedaan. Uit de geohydrologische studie volgt echter een jaarlijkse afgevoerde hoeveelheid water per polder en de balansen hebben maandgegevens nodig. De maandelijkse verhoudingen van het uitgemalen polderwater zoals die geregistreerd zijn van 2003-2005 zijn gebruikt om de voor de verschillende fasen van de modellen de berekende jaarlijkse hoeveelheid naar maandelijkse hoeveelheden om te rekenen. Voor polder Waard Nieuwland is aangenomen dat de herstructurering deze maandelijkse verhoudingen niet beïnvloedt;
- er is aangenomen dat de landbouwfunctie van polder Waard Nieuwland bijna geheel verdwijnt en dat daardoor geen water voor de gewasbehoefte meer ingelaten hoeft te worden;

- de voorboezem ontvangt water uit het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer. Uit waterkwaliteits-oogpunt wordt het water van de voorboezem (polder Waard Nieuwland) en de Oosterlanderkoog wordt buiten het plangebied gebracht.

waterkwaliteits- / ecologische uitgangspunten

- om overlast van blauwalgen te voorkomen is uitgegaan van een maximale verblijftijd van het water in het meer van 20 dagen;
- de voorboezem ontvangt bij de model Halfland water vanuit het verbrede Amstelmeerkanaal of randmeer. Het inlaatpunt van de voorboezem bevindt zich ongeveer halverwege het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer. Het water dat de in de voorboezem wordt ingelaten is dan, sinds het verlaten van het IJsselmeer, al enige dagen onderweg. Daarom is besloten om op de voorboezem niet een verblijftijd van 20 dagen, maar van 10 dagen te realiseren. Dit houdt in dat bij de tweede fase van model Halfland de reis van een waterdruppel van de inlaat van het randmeer tot aan de uitlaat van de voorboezem ongeveer 20 dagen duurt. Bij de eerste fase van model Halfland duurt deze reis echter bijna 30 dagen. Dit is het resultaat van het feit dat het grootste gedeelte van het volume van het Amstelmeerkanaal zich oostelijk van het inlaatpunt van de voorboezem bevindt;
- er wordt doorgespoeld in de maanden juli, augustus en september;
- voor de berekening van de concentraties N-totaal, P-totaal en chloride is aangenomen dat het water in de waterlichamen volledig gemengd is. De wijze waarop deze concentraties zijn berekend is verder uitgewerkt bij de beschrijving van de water- en stoffenbalansen;
- er wordt aangenomen dat de ondanks het gewijzigde landbouwkarakter van polder Waard-Nieuwland deze polder dezelfde concentraties N-totaal en P-totaal blijft naleveren.

3.3. Gebruikte gegevens

- omdat de water- en stoffenbalansen worden opgesteld voor een gemiddeld scenario in 2030 wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gemiddelden van meerdere gegevens;
- gegevens van de samenstelling van het regenwater zijn door het KNMI verzameld. Het dichtstbijzijnde meetpunt ligt bij Wieringerwerf, RD-coördinaten: X132.300 en Y535.200. Deze gegevens zijn niet gecorrigeerd voor de verschillende klimaatscenario's omdat depositie een zeer marginale post in de stoffenbalansen is;
- voor de gemiddelde waterbalans is uitgegaan van de gemiddelde neerslag en verdamping (gemenen op KNMI-meetlocatie De Kooy) over de laatste tien jaar gecorrigeerd voor relevante klimaat-scenario's;
- met behulp van de verhouding tussen de referentieverdamping en de openwaterverdamping, die per decade verschillend is (Cultuurtechnisch Vademecum, Vereniging voor Landinrichting, 2000), is de openwaterverdamping bepaald;
- nutriëntenconcentraties van kwelwater naar de voorboezem zijn geschat op basis van gegevens van twee DINO-peilbuizen op die locatie, chloridegegevens voor de kwel naar de voorboezem komen uit de grondwaterstudie;
- de kwel- en wegzijgingsposten in de waterbalansen volgen uit de geohydrologische studie die parallel aan deze studie wordt verricht. In deze geohydrologische studie zijn ook de hoeveelheden water, die uit de polders uitgemalen worden (netto kwel en neerslagoverschot), en de zoutvracht naar de polders berekend. Deze getallen worden in de water- en stoffenbalansen gebruikt;
- de nutriëntenconcentraties van het uitgemalen water zijn geschat op basis van de waterkwaliteitsgegevens in de omgeving van de gemalen die zijn gedownload van de HHNK-website voor waterkwaliteitsgegevens. Voor een aantal punten zijn geen gegevens beschikbaar na 1994. De stikstofgegevens van deze punten zijn met 20 % gereduceerd en de fosfaatgegevens van deze punten zijn met 5 % gereduceerd om de verminderde uitspoeling als gevolg van veranderingen in het landbouwbeleid in rekening te brengen (Milieu en Natuur Planbureau, 2005);
- de nutriëntenconcentraties van het inlaatwater van het IJsselmeer zijn geschat op basis van de gemiddelde concentraties van het meetpunt Den Oever van Rijkswaterstaat sinds 1999;
- de chlorideconcentraties van het inlaatwater van het IJsselmeer zijn voor de zomermaanden zonder doorspoeling afgeleid van chloridegegevens van HHNK die zijn gemeten in de Zuiderhaven sinds

1999. Voor de zomermaanden ligt deze concentratie rond de 600 mg/l. Op basis van de verrichte modelstudie van de chlorideverdeling in de Zuiderhaven is aangenomen dat deze concentratie door het aantrekken van grote hoeveelheden water voor doorspoeling niet sterk wordt beïnvloed;

- de in de polders ingelaten hoeveelheden water zijn gebaseerd op de ingelaten hoeveelheden water die met een grondwatermodel door Grontmij (2001) zijn berekend. Deze gegevens ontbreken van de Oosterlanderkoog en zijn geschat op basis van de gegevens van de Westerlanderkoog en de Hippolytushoevekoog.

3.4. Beschrijving werkwijze water- en stoffenbalansen

De balansen zijn opgesteld in MS-Excel. De stoffenbalansen zijn, via de concentraties van de posten, op de waterbalansen gebaseerd. De balansen zijn opgesteld voor een gemiddeld jaar en sluitend gemaakt. Daarvoor is aangenomen dat er over het hele jaar geen bergingsveranderingen optreden, IN = UIT. Voor elke modelfase en voor elk waterlichaam is een waterbalans en een stofbalans voor N-totaal, P-totaal en chloride opgesteld. De belangrijkste water- en stoffenstromen zijn voor de modellen Halfland en Waterland weergegeven in respectievelijk tabel 3.1. en 3.2.

Tabel 3.1. Overzicht van belangrijkste water- en stoffenstromen in de 1^e en 2^e fase van model Halfland

waterlichaam	IN	UIT
Verbreed Amstelmeerkanaal (1 ^e fase)	Neerslag	Verdamping
Wieringerrandmeer (2 ^e fase)	IJsselmeer	Wegzijging
	Hippolytushoevekoog (afvoer)	Waard Nieuwland (inlaat)
	Hoelmerkoog (afvoer)	Hippolytushoevekoog (inlaat)
		Hoelmerkoog (inlaat)
		Westlanderkoog (inlaat)
		Voorboezem
		Amstelmeer
Voorboezem	Neerslag	Verdamping
	Verbreed Amstelmeerkanaal (1 ^e fase)/	Afvoer naar buiten het plangebied
	Wieringerrandmeer (2 ^e fase)	
	Waard Nieuwland (afvoer)	
	Kwel	

Tabel 3.2. Overzicht van de belangrijkste water- en stoffenstromen in de 2^e fase van model Waterland

waterlichaam	IN	UIT
Wieringerrandmeer	Neerslag	Verdamping
	IJsselmeer	Wegzijging
	Hippolytushoevekoog (afvoer)	Wieringermeerpolder (inlaat)
	Hoelmerkoog (afvoer)	Hippolytushoevekoog (inlaat)
		Hoelmerkoog (inlaat)
		Westerlanderkoog (inlaat)
		Amstelmeer

doorspoeldebieten

De berekende doorspoeldebieten worden als randvoorwaarden op de belangrijkste uitposten van de waterbalansen gezet. In het geval van model Halfland zijn de belangrijkste uitposten voor het verbrede Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer de voorboezem en het Amstelmeer. De belangrijkste uitpost voor de voorboezem is de afvoer buiten het plangebied. In het geval van model Waterland is er geen voorboezem en is de afvoer naar het Amstelmeer de belangrijkste uitpost van het Wieringerrandmeer. Dit houdt in dat via deze uitposten het doorspoeldebiet moet worden gerealiseerd. De aanvullende watervraag vanuit de polders moet daarbij opgeteld worden. Dit blijkt echter weinig te zijn ten opzichte van

de totale watervraag als gevolg van het doorspoelen. Om de sloten van polder Waard-Nieuwland ook door te spoelen is het volume van deze sloten geschat en opgeteld bij het volume van de voorboezem. Het volume van de slootjes bedraagt ongeveer 9 % van het totale volume van het oppervlaktewater van polder Waard Nieuwland.

Het minimale uitgaande debiet moet van de verschillende inposten vandaan komen. Alle inposten worden daarvoor gesommeerd en het water dat nodig is om aan de randvoorwaarden te voldoen wordt vanuit het IJsselmeer ingelaten. Zodoende is voor de doorspoelperiode de inlaat uit het IJsselmeer de sluitpost van de waterbalansen. Dit is ook het geval voor het aanvullen van watertekorten die zich buiten de doorspoelperiode voordoen (peilhandhaving en landbouwvoorziening). Dezelfde redenering gaat op voor de voorboezem. De inlaat vanuit het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer wordt dan als sluitpost gebruikt.

concentraties

De gemiddelde concentratie van een stof in een waterlichaam over een bepaald periode is berekend door de hoeveelheid aanwezige stof (kg) aan het eind van de vorige periode op te tellen bij de totaal, tijdens de 'huidige' periode, aangevoerde vracht en deze som te delen door de som van het volume van het waterlichaam en de hoeveelheid water die tijdens de 'huidige' periode is aangevoerd. Omdat de tijdstap van een maand te groot is voor deze benadering zijn de concentraties op dagbasis berekend. Op basis daarvan is weer een maandgemiddelde berekend. In formulevorm ziet dit er als volgt uit:

$$c_t = \frac{M_{t-1} + Vr_t}{V + Q_{t-1}},$$

Waarbij: c_t = concentratie van de betreffende stof in het betreffende waterlichaam op dag t ;
 M_{t-1} = hoeveelheid aanwezige stof in het waterlichaam op dag $t-1$;
 Vr_t = hoeveelheid vracht die op dag t binnenkomt (= 1/30 van de vracht per maand);
 V = volume van het waterlichaam (=elke dag gelijk);
 Q_t = volume water dat op dag t het waterlichaam binnenkomt (= 1/30 van het volume dat per maand binnenkomt).

De initiële concentratie, voor de eerste dag van het gemiddelde jaar, die nodig is om deze rekenketen op te starten is na een aantal iteraties gelijkgesteld aan de laatste dag van het gemiddelde jaar.

belastingen

Voor elk van de beide fasen en voor elk van de waterlichamen zijn belastingen in g/m²/jr. uitgerekend. De belasting op een waterlichaam is de jaarlijkse vracht van een bepaalde stof gedeeld door het betreffende wateroppervlak.

3.5. Resultaten

In tabel 3.3. zijn de berekende doorspoeldebieten per waterlichaam weergegeven. In tabel 3.4. zijn alle inposten van de verschillende water- en stoffenbalansen weergegeven voor de situatie waarin wordt doorgespoeld. Op basis van deze inposten zijn de belastingen op de waterlichamen berekend. Deze resultaten zijn weergegeven in tabel 3.5. In bijlage I zijn de water- en stoffenbalansen weergegeven.

Tabel 3.3. Benodigde doorspoeldebieten per modelfase en waterlichaam

modelfase	waterlichaam	verblijftijd (d)	debiet (m3/d)	debiet (m3/mnd)
1 ^e fase	Verbreed Amstelmeerkanaal	20	172.488	5.174.625
Halfland	Voorboezem	10	50.200	1.506.000
2 ^e fase	Wieringerrandmeer	20	745.665	22.369.950
Halfland	Voorboezem	10	50.200	1.506.000
2 ^e fase	Wieringerrandmeer	20	860.100	25.803.000
Waterland				

Tabel 3.4. Jaartotaal van de inposten van de water- en stoffenbalansen voor de situatie waarin wordt doorgespoeld*

fase	post	waterbalans	N-balans	P-balans	Cl-balans
1 ^e fase	Verbreed Amstelmeerkanaal				
Halfland	Neerslag (%)	4	2	0	0
	IJsselmeer (%)	81	65	68	96
	Hippolytushoeverkoog (%)	10	27	17	4
	Hoelmerkoog (%)	5	5	15	0
	TOTAAL	23.228.947 m3	59.161 kg	3.265 kg	11.785.605 kg
	Voorboezem				
	Neerslag (%)	5	2	0	0
	Verbreed Amstelmeerkanaal (%)	47	45	34	22
	Afvoer Waard Nieuwland (%)	35	48	20	71
	Kwel (%)	12	5	45	7
	TOTAAL	7.612.974 m3	17.970 kg	1.339 kg	8.785.092 kg
2 ^e fase	Wieringerrandmeer				
Halfland	Neerslag (%)	7	4	1	0
	IJsselmeer (%)	88	82	87	99
	Hippolytushoeverkoog (%)	3	11	7	1
	Hoelmerkoog (%)	2	2	6	0
	TOTAAL	82.621.208 m3	171.218 kg	9.867kg	43.994.432 kg
	Voorboezem				
	Neerslag (%)	5	2	0	0
	Verbreed Amstelmeerkanaal (%)	43	37	29	16
	Afvoer Waard Nieuwland (%)	41	56	24	78
	Kwel (%)	12	5	46	5
	TOTAAL	8.068.296 m3	18.840 kg	1.368 kg	11.618.956 kg
2 ^e fase	Wieringerrandmeer				
Waterland	Neerslag (%)	8	5	1	0
	IJsselmeer (%)	87	82	87	98
	Hippolytushoeverkoog (%)	3	11	7	1
	Hoelmerkoog (%)	1	2	5	0
	TOTAAL	96.076.338 m3	198.006 kg	11.315 kg	50.946.802 kg

* De som van de percentages kan vanwege afronding een weinig afwijken van 100 %.

De chlorideconcentratie van het inlaatwater bepaalt sterk of dit water geschikt is voor de landbouw. Het zomergemiddelde (1994-2002) van de chlorideconcentraties in het huidige Amstelmeerkanaal bedraagt volgens gegevens van HHNK circa 500 - 600 mg/l (meetpunt 072002, inlaat den Oever, 626 mg/l; meetpunt 072001, westelijk deel thv. H'hoef, 489 mg/l). De berekende chlorideconcentratie van het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer van model Halfland schommelt het hele jaar (gemiddeld in 2030) tussen 300 en 600 mg/l in de 1^e fase en tussen 400 en 600 mg/l in de 2^e fase. Dit komt redelijk overeen met de huidige situatie. Deze concentraties zijn sterk afhankelijk van de het chloridegehalte in de Zuiderhaven. Voor model Waterland blijkt dat de chlorideconcentratie ook tussen 400 en 600 mg/l

schommelt. Daarmee is het chloridegehalte van het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer ongeveer gelijk aan de huidige situatie en geschikt voor de huidige landbouwsituatie.

De chlorideconcentratie in de voorboezem ligt hoger. Dit is voornamelijk het gevolg van de hoge chlorideconcentratie in het kwelwater dat naar polder Waard Nieuwland stroomt. In de doorspoelperiode zakt de chlorideconcentratie sterk onder invloed van het ingelaten water. In de 1^e fase van model Halfland schommelt het chloridegehalte tussen 800 en 1800 mg/l en in de 2^e fase tussen 1000 en 2200 mg/l.

Tabel 3.5. Belastingen in g/m² met doorspoelen

Halfland fase 1

	Verbreed A'kanaal			Voorboezem		
	N	P	Cl	N	P	Cl
zomer	32.8	1.9	9.141	25.5	1.8	10.805
winter	14.6	0.7	307	14.0	1.1	8.502
jaar	43.4	2.4	9.447	39.5	2.9	19.308

Halfland fase 2

	Randmeer			Voorboezem		
	N	P	Cl	N	P	Cl
zomer	24.0	1.4	7.143	24.7	1.8	13.356
winter	4.1	0.2	79	16.7	1.2	12.180
jaar	27.4	1.6	7.222	41.4	3.0	25.536

Waterland fase 2

	Randmeer					
	N	P	Cl			
zomer	19.8	1.2	5.857			
winter	3.3	0.1	81			
jaar	23.1	1.3	5.938			

Tabel 3.6. Belastingen in g/m² zonder doorspoelen

Halfland fase 1

	Verbreed A'kanaal			Voorboezem		
	N	P	Cl	N	P	Cl
zomer	9,7	0,4	1.674	8,0	0,9	6.477
winter	14,6	0,7	307	14,0	1,1	8.502
jaar	24,3	1,1	1.981	21,9	1,9	14.980

Halfland fase 2

	Randmeer			Voorboezem		
	N	P	Cl	N	P	Cl
zomer	3,6	0,1	533	9,4	0,9	9.214
winter	4,1	0,2	79	16,7	1,2	12.180
jaar	7,6	0,3	612	26,1	2,1	21.394

Waterland fase 2

	Randmeer					
	N	P	Cl			
zomer	3,0	0,1	444			
winter	3,3	0,1	81			
jaar	6,3	0,2	525			

3.6. Conclusies

Bij doorspoelen wordt per jaar in de 1^e fase van Halfland in totaal ongeveer 19 miljoen m³ IJsselmeerwater ingelaten, in de 2^e fase ongeveer 72 miljoen m³. Indien niet wordt doorgespoeld is dit respectievelijk 3 miljoen m³ en 5 miljoen m³ vanwege peilhandhaving en het voorzien in de waterbehoefte van de gewassen. Bij model Waterland wordt in de doorspoelsituatie ongeveer 84 miljoen m³ IJsselmeerwater ingelaten en als niet wordt doorgespoeld ongeveer 6 miljoen m³.

Een deel van dat water gaat naar de polders, een deel naar de voorboezem (Halfland), de rest gaat naar het Amstelmeer. Vanuit het Wieringerrandmeer wordt voor de respectievelijke modellen (Halfland 1, Halfland 2 en Waterland) circa 4, 21 en 25 miljoen m³ per maand afgevoerd naar het Amstelmeer.

Het blijkt dat in de doorspoelsituatie de nutriëntenbelasting van het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer voor het grootste gedeelte van het IJsselmeerwater komt. Deze belasting is hoog vanwege de grote hoeveelheid doorspoelwater die wordt ingelaten. Voor N-totaal-belasting op het randmeer is Hippolytushoevekoog de op één na grootste post. De neerslag op de waterlichamen is in de water- en stoffenbalansen een kleine post. Voor de voorboezem is de afvoer vanuit de polder Waard Nieuwland ongeveer even belastend als het inlaatwater uit het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer. Hierbij moet worden opgemerkt dat kwel een belangrijke post is, een nuancering is daarbij op zijn plaats. De nutriëntengehalten van de kwel zijn gebaseerd op enkele grondwatermetingen. Wanneer wordt gekeken naar de huidige oppervlaktewaterkwaliteit van PWN valt op dat deze voor P relatief goed is. Mogelijk dat de kwel ijzerrijk is en het fosfaat uit de kwel onder zuurstofrijke omstandigheden neerslaat (bij het uit treden). Voor chloride is de polder Waard Nieuwland echter wel veruit de grootste post.

Omdat er in de zomermaanden wordt doorgespoeld zijn er in de winter geen verschillen tussen tabel 3.5. en tabel 3.6. (wel doorspoelen en niet doorspoelen). Als wordt doorgespoeld is de belasting op de waterlichamen in de zomer hoger dan in de winter. Als niet wordt doorgespoeld is de belasting in de winter hoger.

Het blijkt dat de zoutvracht vanuit de polder Waard Nieuwland erg groot is. Dit wordt veroorzaakt door de autonome ontwikkeling waarbij een sterke verzouting van de kwel naar de polders wordt verwacht en door de aanleg van het Wieringerrandmeer waardoor er extra kweldruk ontstaat en er, voor een bepaalde periode, meer zoute kwel naar de polders wordt gestuwd.

Het verschil in belasting op de voorboezem tussen de 1^e en 2^e fase kan verklaard worden door toename van de kwelflux naar de polder Waard-Nieuwland ten opzichte van de 1^e fase. De verandering van de belasting is dan het gevolg van de verandering van de kwelflux en de daarvan-afhankelijke hoeveelheid in te laten water voor doorspoeling.

Er is gebleken dat de belasting van het Wieringerrandmeer sterk wordt bepaald door de grote hoeveelheid inlaatwater. Bij een vaste verblijftijd is het volume van het meer bepalend. Omdat de belasting wordt berekend per oppervlakte-eenheid (m²) is de gemiddelde diepte bepalend, hoe dieper hoe hoger de belasting.

Uit de verhoudingen tussen de gemiddelde diepte van de meren kan voor model Nieuwland een inschatting worden gemaakt van de orde van grootte van de belasting op het Wieringerrandmeer. De gemiddelde diepte van dit meer ligt tussen dat van Waterland en Halfland. De belasting van het meer zal in het geval van model Nieuwland daarom naar verwachting tussen beide meren inliggen.

De voorboezem van Nieuwland is even diep maar qua oppervlak ongeveer 30 % groter dan in het geval van model Halfland. Omdat de diepte niet verschilt, is de belasting als gevolg van doorspoelen gelijk. Hier geldt echter dat niet alleen het doorspoeldebiet maar ook de belasting uit de polders substantieel is. Verwacht mag worden dat de belasting van de voorboezem daarom voor Nieuwland wat lager is dan in het geval van model Halfland. Dit komt doordat de belasting uit de polders wordt verdeeld over een groter oppervlak. Dit geldt ook in de situatie waarbij er niet wordt doorgespoeld.

4. EFFECTEN VAN DOORSPOELEN OP DE CHLORIDEHUISHOUDING VAN HET AMSTELMEER

4.1. Inleiding

Een belangrijk aspect van het Wieringerrandmeer is een goede waterkwaliteit in het meer. Een mogelijke maatregel om overmatige algenbloei te voorkomen is het doorspoelen van het Wieringerrandmeer met water uit de Zuiderhaven. Door de doorspoeling van het Wieringerrandmeer zal een groot volume water in het Amstelmeer terechtkomen. Voor de landbouw is het van belang dat het water in het Amstelmeer en Waardkanaal niet te zout wordt. Dit hoofdstuk gaat in op de effecten van het doorspoelen van het Wieringerrandmeer op de chlorideconcentratie in het Amstelmeer. Daarnaast wordt ingegaan op het effect op de chlorideconcentratie in het Waardkanaal en op de zouttong in het Balgzandkanaal. Hierbij wordt ingegaan op fase 1 en 2 van de basisalternatieven Waterland en Halfland.

doelstelling

Het doel van het onderzoek is om het effect te bepalen van het doorspoelen van het Wieringerrandmeer in de zomer op het chloridegehalte in het Amstelmeer en de chloridegradiënt in de Amstelmeerboezem.

leeswijzer

In paragraaf 2 wordt het huidige watersysteem beschreven. In paragraaf 3 wordt de water- en stoffenbalans en kalibratie beschreven voor de huidige situatie. In paragraaf 4 en 5 wordt ingegaan op de berekende chlorideconcentratie in het Amstelmeer voor fase 1 en 2 van Waterland en Halfland. In paragraaf 6 wordt ingegaan op de effecten van het doorspoelen op het Waardkanaal en op de aanwezigheid van de zouttong in het Balgzandkanaal. Dit hoofdstuk eindigt met conclusies in paragraaf 7.

4.2. Beschrijving watersysteem

4.2.1. Waterhuishouding Amstelmeerboezem

Amstelmeer

Het Amstelmeer maakt onderdeel uit van de Amstelmeerboezem. De Amstelmeerboezem ontvangt water van de Verenigde Raaksmat- en Nedorperkoggeboezem (VRNK), via gemaal de Waakzaamheid en van de omliggende polders en voert dit water af naar de Waddenzee (via het Balgzandkanaal). Bij een stijging van de waterstand kan het water naar het IJsselmeer (via het Amstelmeerkanaal) afgevoerd worden. In droge perioden wordt IJsselmeerwater ingelaten voor peilhandhaving en om te voorzien in de waterbehoefte van de polders. Het Amstelmeer ontvangt water van het poldergemaal de Haukes, wat zich op Wieringen bevindt. Het Amstelmeer is verbonden met het Amstelmeerkanaal, Waardkanaal, Ewijkvaart en Balgzandkanaal. In afbeelding 4.1. is de Amstelmeerboezem weergegeven.

Amstelmeerkanaal

Het Amstelmeerkanaal ontvangt water van Wieringen en polder Waard-Nieuwland, via de gemalen Waard-Nieuwland, Hippolytushoef en de Hoelm. Onder normale omstandigheden stroomt het water van het Amstelmeerkanaal naar het Amstelmeer. Indien echter de waterstand in de boezem stijgt en hoger komt dan de waterstand op het IJsselmeer (NAP -0,20 in de zomer en NAP -0,40 in de winter), dan kan water afgevoerd worden naar het IJsselmeer, via de Stontekeersluis. In de zomer wordt water vanuit de Zuiderhaven ingelaten en wordt via het Amstelmeerkanaal Wieringen, polder Waard-Nieuwland en Wieringermeer in de waterbehoefte voorzien.

Waardkanaal

Het Waardkanaal ontvangt water van de VRNK-boezem via gemaal de Waakzaamheid, zowel in de zomer als in de winter. Het Waardkanaal ontvangt daarnaast water van de polders Wieringerwaard, Waardpolder, Groetpolder en Anna-Paulownapolder via de poldergemalen Scheltinga Winterberg en Breebaart (beide Groetpolder), P. van de Sterr en Molenweg (beide Wieringerwaard en Waardpolder)

en Oosthoek (Anna-Paulownapolder). In de winter wordt dit water naar het Amstelmeer afgevoerd. In de zomer voorziet het Waardkanaal in de waterbehoefte van de polders Wieringerwaard, Waardpolder en Groetpolder.

Ewijksvaart

De Ewijksvaart ontvangt water van de Anna-Paulownapolder, via het polder gemaal Wijdenes Spaans. Deze polder laat geen water in vanuit de Ewijksvaart, maar vanuit de Schermerboezem. De stromingsrichting is naar het Amstelmeer toe.

Balgzandkanaal

Het Balgzandkanaal voorziet in de waterafvoer van de Amstelmeerboezem naar de Waddenzee via de sluis bij Oostoever. Het Balgzandkanaal ontvangt naast water uit het Amstelmeer, water van de Anna-Paulownapolder via het poldergemaal Balgdijk. Als gevolg van lekverliezen bij Oostoever en zoute kwel ontvangt het Balgzandkanaal ook zout water.

kwel en wegzijging

Aangezien het Amstelmeer direct achter de dijk langs de Waddenzee ligt en een lager peil heeft (NAP – 0,4 m) is er sprake van dijkse kwel. Daarnaast vindt wegzijging uit het meer naar de dieper gelegen waterdoorlatende laag plaats.

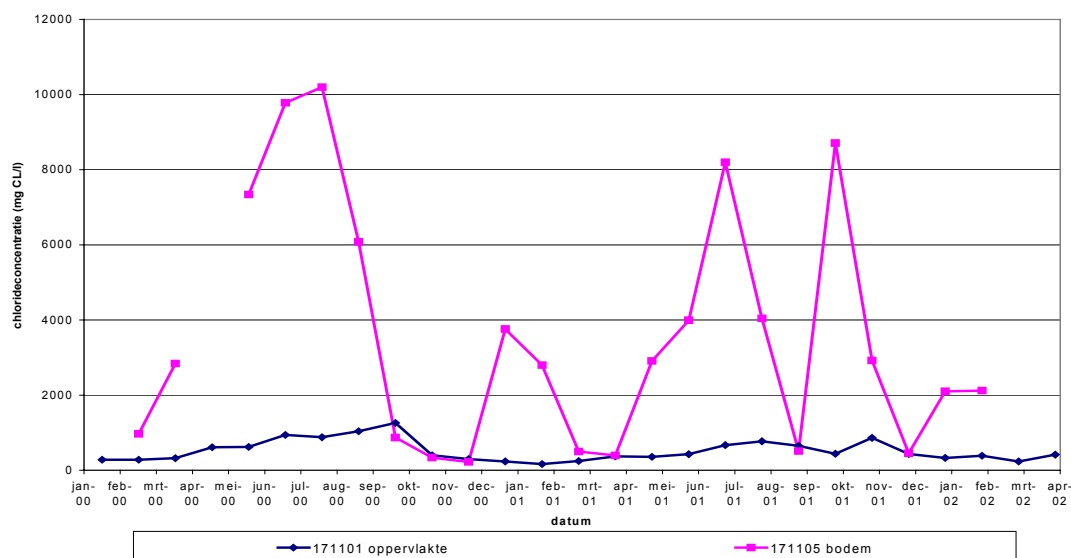
In afbeelding 1.1. is de aan- en afvoer van het Amstelmeer schematisch weergegeven.

4.2.2. Chloridehuishouding Amstelmeerboezem

zouttong Balgzandkanaal

Het Balgzandkanaal ligt langs de Waddenzee. Hierdoor is er sprake van kwel van zeewater onder de dijk door naar het Balgzandkanaal. Daarnaast is er sprake van lekverliezen bij de sluis bij Oostoever. Door dichtheidsverschillen blijft het zwaardere zoute water van de kwel en lekverliezen op de bodem liggen en vormt zo een zouttong. Boven deze zouttong bevindt zich het zoetere water. In perioden met veel afvoer door het Balgzandkanaal wordt de zouttong weggeduwd. In perioden met weinig afvoer blijft de zouttong in het Balgzandkanaal aanwezig en bereikt deze het Amstelmeer. Aan de westkant van het Amstelmeer worden dan vissoorten waargenomen die alleen in zout water voorkomen (mondelinge mededeling H. Roodzand, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier). Dit beeld wordt bevestigd door metingen, zie afbeelding 4.2. Afbeelding 4.2. geeft de metingen in meetpunt 171101 en 171105 weer. Deze meetpunten bevinden zich in het Balgzandkanaal vlakbij het Amstelmeer nabij de brug bij Ewijksluis (zie bijlage III), op de bodem (171105) en 0,50 m onder het wateroppervlak (171101).

Afbeelding 4.2. Chlorideconcentratie op de bodem en aan het oppervlak van het Balgzandkanaal, nabij het Amstelmeer



In afbeelding 4.2. is te zien dat de zouttong in het Balgzandkanaal het Amstelmeer kan bereiken. De chlorideconcentratie in de zouttong (9.000 mg/l) is vele malen hoger dan de concentratie aan het oppervlak (800 mg/l). Daarnaast is te zien dat de zouttong met name in het zomerhalfjaar (april-september) het Amstelmeer bereikt. Dit komt doordat in de zomer de afvoer via het Balgzandkanaal relatief klein is, waardoor de zouttong niet weggespoeld wordt. De grafiek geeft een globaal beeld, omdat er slechts eenmaal per maand gemeten wordt. De chlorideconcentratie op de bodem kan echter binnen een maand sterk variëren omdat deze afhankelijk is van de aanwezigheid van de zouttong bij het meetpunt. Dit kan bijvoorbeeld de sterke daling van de chlorideconcentratie in september 2001 verklaren. Hoewel de grafiek een globaal beeld geeft, toont het wel aan dat de zouttong het Amstelmeer kan bereiken, met name in de zomer, zoals ook waargenomen wordt door het hoogheemraadschap.

zoutgehalte Amstelmeerkanaal, Waardkanaal en Ewijksvaart

Het Amstelmeerkanaal, Waardkanaal en Ewijksvaart ontvangen water van de omliggende polders. Door de zoute kwel in deze polders is de chlorideconcentratie in deze boezemdelen vrij hoog. In tabel 4.1. is voor de verschillende boezemdelen de chlorideconcentratie weergegeven.

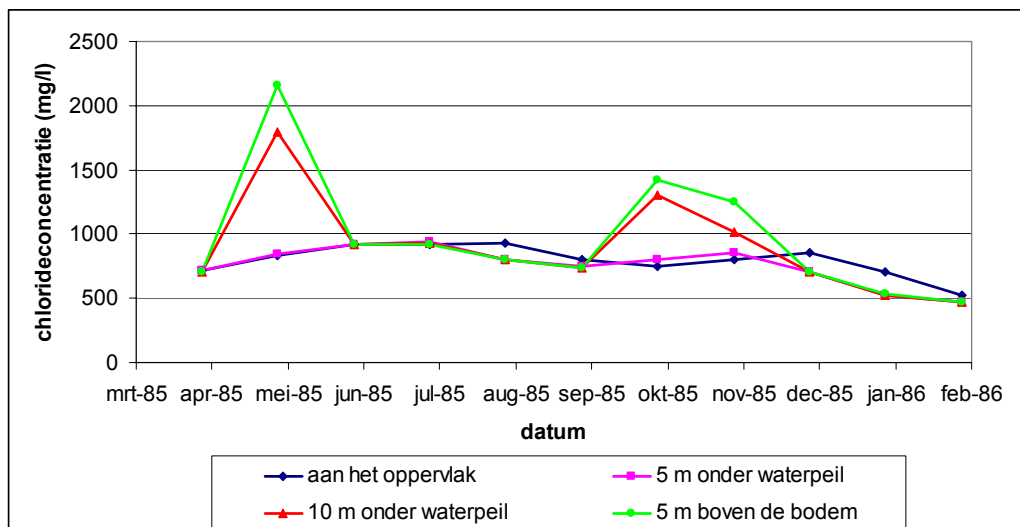
Tabel 4.1. Chlorideconcentraties in boezemtakken

boezemtak	meetpunt	jaargemiddelde (mg/l)	zomergemiddelde (mg/l)	meetperiode
Amstelmeerkanaal	072001	524	408	2000-2004
Waardkanaal	177201	406	539	2000-2004
Ewijksvaart	074001	795	838	2000-2004

zoutgehalte Amstelmeer

Het Amstelmeer is ongeveer 10 tot 20 m diep. Op één locatie in het Amstelmeer is in 1985 op verschillende dieptes gemeten. In afbeelding 4.3. zijn de metingen van de chlorideconcentratie op de verschillende dieptes weergegeven.

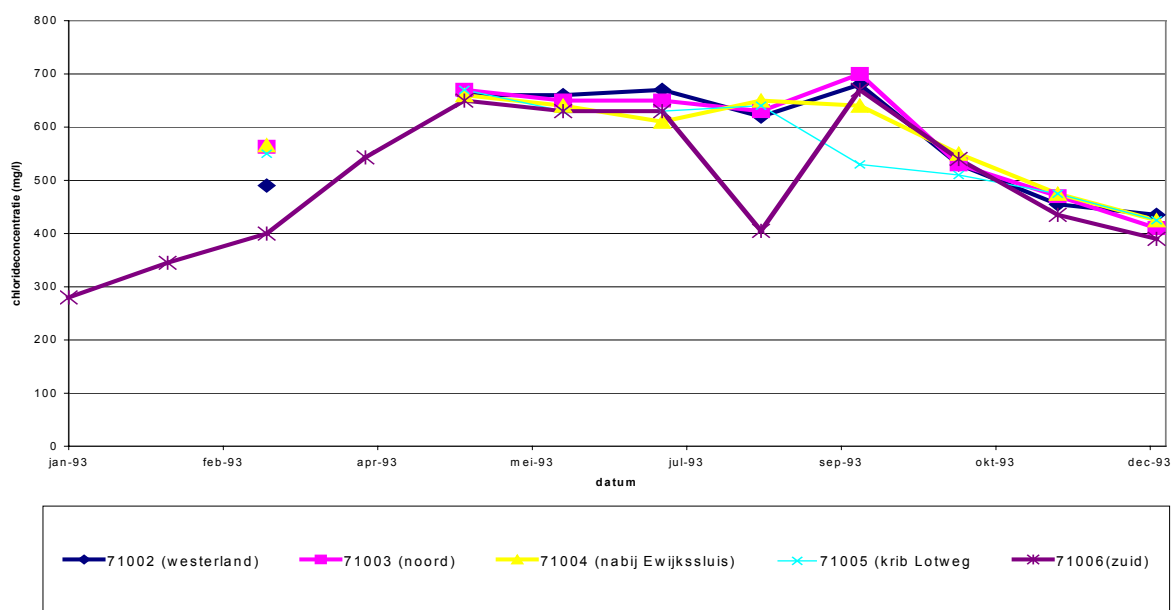
Afbeelding 4.3. Zoutconcentratie voor verschillende waterdieptes



In afbeelding 4.3. is te zien dat de chlorideconcentratie in het diepere lagen incidenteel behoorlijk afwijkt. In het voorjaar (mei 1985) en in het najaar (oktober en november 1985) is de concentratie 10 m onder het oppervlak en 5 m boven de bodem veel hoger (1500-2200 mg/l) dan aan het oppervlak ($\pm$ 750 mg/l). In de zomer en winter is de concentratie op alle dieptes ongeveer gelijk. Een sluitende verklaring voor het optreden van de grote concentratieverschillen in het voorjaar en herfst kan op basis van de beschikbare gegevens niet gegeven worden. Door verschillen in zoutgehalte kan stratificatie (gelaagdheid) optreden. Het lijkt erop dat dit ook in het Amstelmeer gebeurt. Echter vooral in het voorjaar en najaar. Dit is opvallend, omdat eerder verwacht wordt dat stratificatie in de zomer het meest stabiel is, omdat dan ook de temperatuurstratificatie een rol speelt.

Verspreid in het Amstelmeer liggen een aantal meetpunten. Deze meetpunten geven een beeld van de zoet-zoutgradiënt in het Amstelmeer (website meetpunten Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier: <http://194.151.97.59/>). In bijlage III zijn de locaties van de meetpunten weergegeven. In afbeelding 4.4. is de zoutconcentratie weergegeven voor verschillende meetpunten in het Amstelmeer. De meetpunten bevinden zich 0,5 m onder het wateroppervlak.

Abbeelding 4.4. Verloop zoutconcentratie op verschillende locaties in het Amstelmeer



In afbeelding 4.4. is te zien dat er in het Amstelmeer zelf geen sprake is van een grote ruimtelijke gradiënt in het chloridegehalte. Dit komt omdat het meer aan meerdere kanten zout water ontvangt:

- oostzijde, afvoer in de zomer van Amstelmeerkanaal;
- zuidzijde: afvoer in de zomer van het Waardkanaal;
- westzijde: afvoer van de Ewijksvaart en de invloed zouttong Balgzandkanaal;
- noordzijde: kwel onder de dijk.

Daarnaast zal er menging optreden door de stroming, wind en dispersie.

In het gehele Amstelmeer is een seizoensfluctuatie waarneembaar, waarbij in de zomer een hogere concentratie is (± 650 mg/l) en in de winter een lagere concentratie (± 450 mg/l) optreedt.

4.3. Water- en chloridebalans Amstelmeer huidige situatie

4.3.1. Uitgangspunten

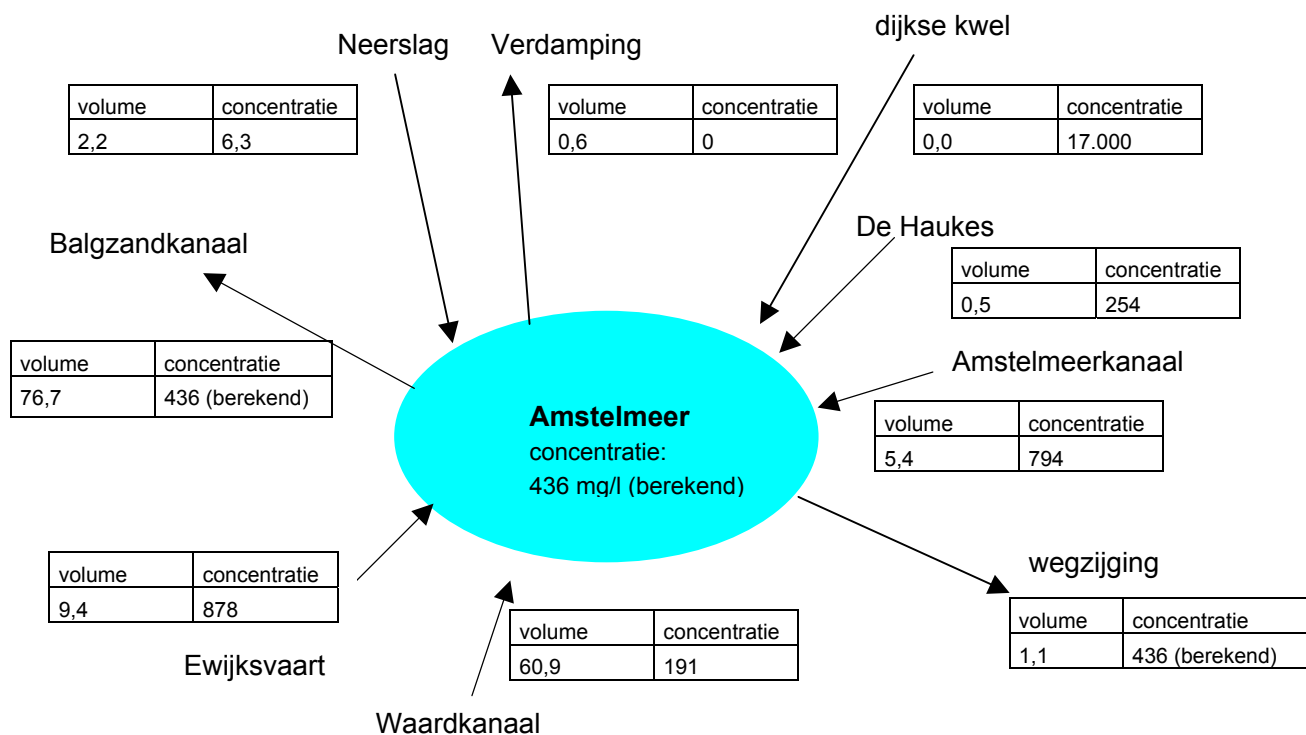
Voor de huidige situatie is het debiet bepaald dat het Amstelmeer in- en uitstroomt voor een gemiddeld jaar. Hiervoor is voor de vier boezemtakken die met het Amstelmeer verbonden zijn, op basis van een waterbalans, bepaald welk debiet naar het Amstelmeer stroomt, of juist water vanuit het Amstelmeer ontvangt. De water- en chloridebalans is op maandbasis opgesteld Als gemiddeld jaar is 2004 aangehouden, omdat van dit jaar veel gegevens van de draaiuren van poldergemalen beschikbaar zijn en omdat dit jaar wat betreft neerslag en verdamping een gemiddeld jaar is. Voor de chlorideconcentraties is gebruik gemaakt van chloridemetingen van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (website meetpunten Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier: <http://194.151.97.59/>). Voor de chloridebalans wordt ervan uitgegaan dat de aan- en afvoer op het Amstelmeer effect heeft op een waterschijf van 7,5 m. In bijlage IV zijn de uitgangspunten in detail weergegeven.

4.3.2. Water- en chloridebalans

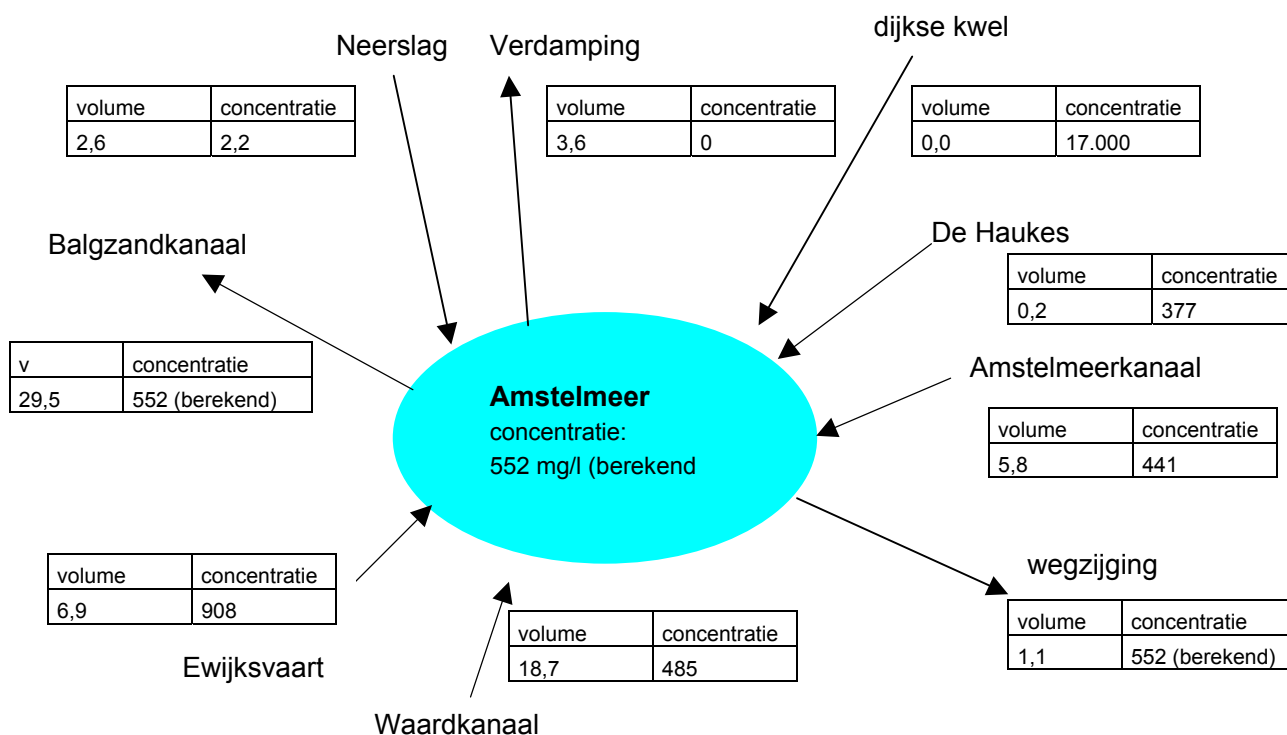
In afbeelding 4.5. en 4.6. is voor het zomer en winterhalfjaar de water- en chloridebalans schematisch weergegeven. In de figuren is te zien dat de aanvoer van het Waardkanaal en afvoer van het Balgzandkanaal een grote invloed op de balans hebben. Het Waardkanaal ontvangt relatief veel water van de VRNK-boezem en daarnaast van 5 poldergemalen. In de zomer neemt de invloed van het Amstelmeerkanaal relatief gezien toe. Er is dan relatief veel aanvoer door de inlaat van water uit de Zuiderha-

ven. Door deze inlaat van water uit de Zuiderhaven is de concentratie in de zomer in het Amstelmeerkanaal relatief laag. In de Ewijksvaart is de chlorideconcentratie hoog, doordat er in de Anna-Paulowapolder veel zoute kwel optreedt. Doordat het debiet relatief klein is, is de invloed hiervan op het Amstelmeer beperkt.

Afbeelding 4.5. Water- en chloridebalans winter (volume in 10^6 m^3 , concentratie in mg/l)

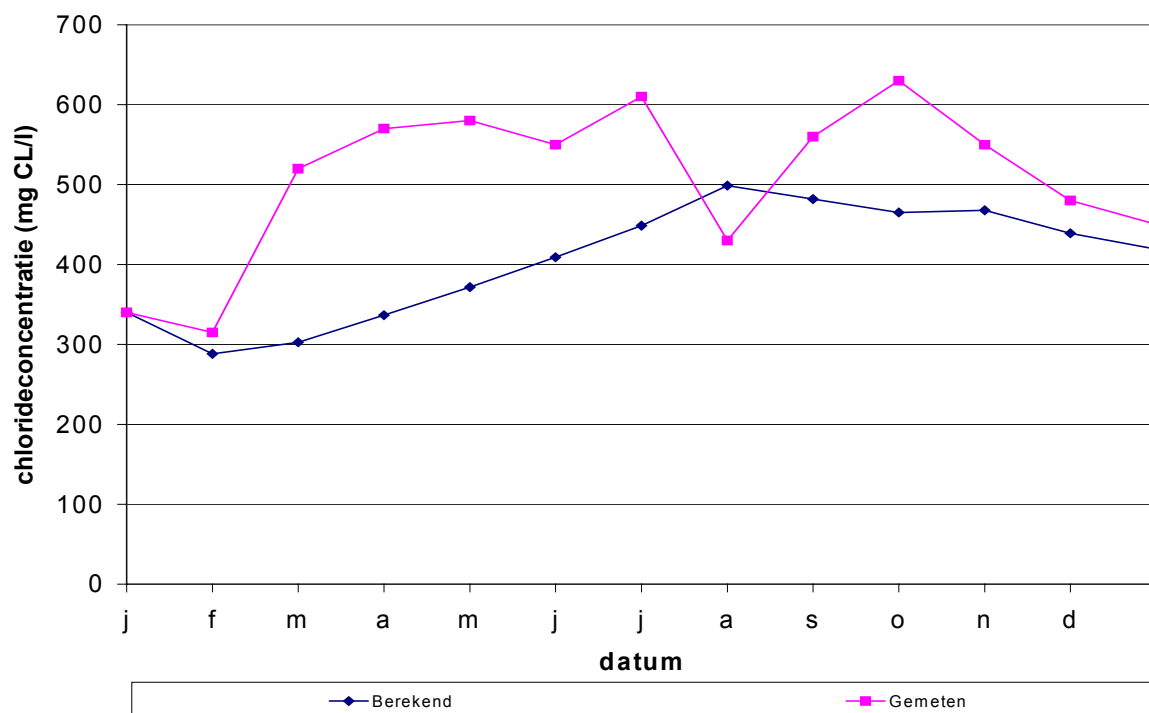


Abbeelding 4.6. Water- en chloridebalans zomer (volume in 10^6 m³, concentratie in mg/l)



In afbeelding 4.7. is de berekende en gemeten concentratie weergegeven.

Abbeelding 4.7. Gemeten en berekende concentratie zonder kalibratie op zouttong (2004)

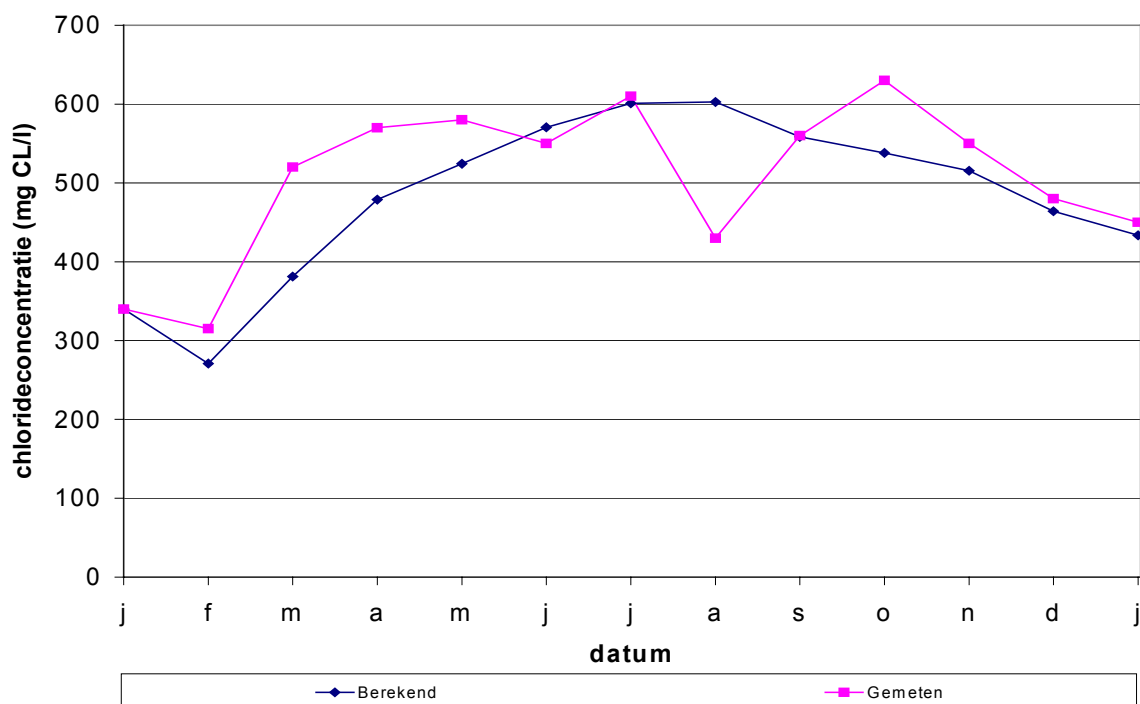


In de afbeelding is te zien dat de gemeten stijging in het Amstelmeer in de zomer in veel mindere mate berekend wordt. Over het gehele jaar genomen is de concentratie veel lager. Dit komt omdat er nog geen rekening gehouden is met de migratie van de zouttong in de zomer naar het Amstelmeer.

kalibratie chloridebalans

Om de chloridebalans een betere weergave van de werkelijkheid te geven is de balans gekalibreerd op de migratie van de zouttong naar het meer. Hierbij is de migratie afhankelijk gesteld van de afvoer het Balgzandkanaal. Hierbij is aangenomen dat bij een debiet kleiner dan 5 miljoen m³ per maand de zouttong kan migreren. De grens van 5 miljoen m³ per maand is als uitgangspunt gehanteerd omdat dit het gemiddelde debiet per maand in de zomer is en uit de metingen blijkt (zie afbeelding 4.2.) dat juist in de zomer de zouttong in het Amstelmeer terecht komt. In 2004 was maart ook een droge maand. Hierdoor migreert de zouttong in de balans al in deze maand naar het Amstelmeer. In afbeelding 4.8. is de gemeten en berekende concentratie weergegeven.

Afbeelding 4.8. Gemeten en berekende chlorideconcentratie bij kalibratie op de zouttong (2004)



In afbeelding 4.8. is te zien de gemeten en berekende chlorideconcentraties vrij goed overeenkomen. Voor de berekening is ervan uitgegaan dat er in totaal in de zomer 1,0 miljoen m³ water vanuit de zouttong, met een concentratie van 9.000 mg/l in het Amstelmeer terechtkomt. Het lekverlies van de sluizen bij Oostoever is ongeveer 6850 m³/dag (grove schatting, zie bijlage IV). Dit is 2,6 miljoen m³ zeewater (met een concentratie van 17.000 mg/l) per jaar. In het Balgzandkanaal is de totale kwel per jaar ingeschat op ongeveer 330.000 m³ (zie bijlage IV), met een concentratie van ongeveer 17.000 mg/l. Het lekverlies van 2,6 miljoen m³ en de kwel van 330.000 m³ met een concentratie van 17.000 mg/l is gelijk aan een zouttong van 5,9 miljoen m³ per jaar met een concentratie van 9.000 mg/l. Dat hiervan 1,0 miljoen m³ naar het Amstelmeer stroomt in de zomer is aannemelijk.

Van het meetpunt in het Balgzandkanaal op de bodem (171105) zijn geen meetgegevens van 2004 beschikbaar, waardoor niet geverifieerd kan worden of inderdaad de zouttong het Amstelmeer bereikt.

In de huidige situatie is het zomergemiddelde (april-september) van de chlorideconcentratie in de chloridebalans 552 mg/l.

4.3.3. Autonome ontwikkelingen

In de toekomst zal de neerslag en verdamping toenemen. Daarnaast is uit het geohydrologisch onderzoek (Witteveen+Bos, 2005b) gebleken dat in de toekomst de kwel toe zal nemen en daarnaast ook het chloridegehalte van de kwel. Een groot gedeelte van het studiegebied van de Amstelmeerboezem valt echter buiten het studiegebied van geohydrologisch onderzoek. Daardoor is niet precies bekend hoe de kwelintensiteit en chloridegehalte in de kwel in de gehele Amstelmeerboezem zal veranderen. De veranderingen zullen echter klein zijn in vergelijking met de verandering van het chloridegehalte en het doorspoeldebiet van het Wieringerrandmeer. Om de reden dat de autonome ontwikkelingen niet bekend zijn voor de gehele Amstelmeerboezem en omdat de veranderingen waarschijnlijk zeer gering in vergelijking met de veranderingen door realisatie van het Wieringerrandmeer worden de autonome ontwikkelingen niet meegenomen in de water- en chloridebalans voor de toekomstige situatie.

4.3.4. Beschouwing onzekerheden

Op basis van meetgegevens kan vastgesteld worden dat de chlorideconcentratie in de zomer sterk stijgt. Deze stijging kan niet geheel verklaard worden door de toevoer uit het Amstelmeer- en Waardkanaal en Ewijkvaart en de verdamping. Naast de aan- en afvoer van kanalen, neerslag en verdamping en kwel en wegzijging is er dus nog een bron die met name in de zomer de chlorideconcentratie doet toenemen. De zouttong in het Balgzandkanaal is een bron die voornamelijk in de zomer optreedt. De omvang en de migratie van de zouttong door het Balgzandkanaal is echter onbekend. Ook is niet bekend hoe ver de zouttong in het Amstelmeer kan komen en hoe groot de uitwisseling is. Ondanks de vele onzekerheden kan op grond van de beschikbare meetgegevens wel gesteld worden dat er een zouttong in het Balgzandkanaal aanwezig is en dat deze het Amstelmeer kan bereiken. Naast de migratie van de zouttong naar het Amstelmeer kan ook het omslagpunt van een gelaagd systeem naar een gemengd systeem in het Amstelmeer effect hebben op de chlorideconcentratie. Uit metingen op het Amstelmeer blijkt dat er gelaagdheid op kan treden. Hierbij treedt er in het voor- en najaar een gelaagdheid op en in de zomer en winter een gemengd systeem. Een sluitende verklaring voor het systeem van gelaagdheid en menging kan niet gegeven worden.

4.4. Effecten van realisatie fase 1 op chloridehuishouding

4.4.1. Inleiding

In fase 1 van model Halfland wordt het Amstelmeerkanaal verbreed. Dit verbrede Amstelmeerkanaal zal doorspoeld worden met water uit de Zuiderhaven en zal het water naar het Amstelmeer afvoeren. In fase 2 van de modellen Waterland en Halfland wordt eveneens doorspoeld, het debiet is dan veel hoger vanwege het grotere volume van het meer. Als gevolg van het doorspoelen zal de chlorideconcentratie in het Amstelmeer worden beïnvloed. Onderstaand wordt dit per fase uitgewerkt.

4.4.2. Verwacht effect fase 1 Halfland

Door het doorspoelen ontvangt het Amstelmeer in de maanden juli, augustus en september gemiddeld 4,0 miljoen m³ water per maand. Dit is meer dan in de huidige situatie (ongeveer 2 miljoen m³/maand). Doordat de chlorideconcentratie in het verbrede Amstelmeerkanaal (530 mg/l) iets lager is dan in het Amstelmeer (590 mg/l) is de chlorideconcentratie in fase 1 in het Amstelmeer iets lager dan in de huidige situatie. In fase 1 zal het zomergemiddelde 541 mg/l zal zijn tegen 552 mg/l in de huidige (berekende) situatie. NB! Bij de berekening van de chlorideconcentratie op het Amstelmeer is ervan uitgegaan dat de zouttong het Amstelmeer in de zomer bereikt, net zoals in de huidige situatie het geval is. In de drie maanden dat er doorspoeld wordt zal er meer water door het Balgzandkanaal afgevoerd worden. Hierdoor kan de zouttong in het kanaal iets teruggedrongen worden en kan de chlorideconcentratie in het Amstelmeer lager zijn dan het berekende zomergemiddelde van 541 mg/l.

4.5. Effecten van realisatie fase 2 op chloridehuishouding

4.5.1. Inleiding

In fase 2 wordt het Wieringerrandmeer gerealiseerd. Door het grote volume water is er een groot doorspoeldebiet nodig om het meer voldoende door te kunnen spoelen. Bij Waterland is het watervolume het grootst en is een doorspoeldebiet van 25,8 miljoen m³/maand nodig om overmatige algenbloei in het Wieringermeer te voorkomen. Bij Halfland is een doorspoeldebiet van 21,2 miljoen m³/maand nodig. In een situatie met doorspoelen is de chlorideconcentratie in het Wieringerrandmeer circa 540 mg/l en daarmee lager dan de chlorideconcentratie in het Amstelmeer (590 mg/l). Het grote debiet met een lagere concentratie dat het Amstelmeer ontvangt leidt ertoe dat de chlorideconcentratie in het Amstelmeer lager zal zijn dan in de huidige situatie. Een tweede effect van het doorspoelen is dat het grote debiet de zouttong in het Balgzandkanaal zal terugduwen, waardoor de zouttong het Amstelmeer niet meer bereikt. Indien de zouttong het Amstelmeer niet of minder frequent bereikt zal dit nog meer verzoeting van het Amstelmeer tot gevolg hebben.

4.5.2. Scenario's gedrag zouttong

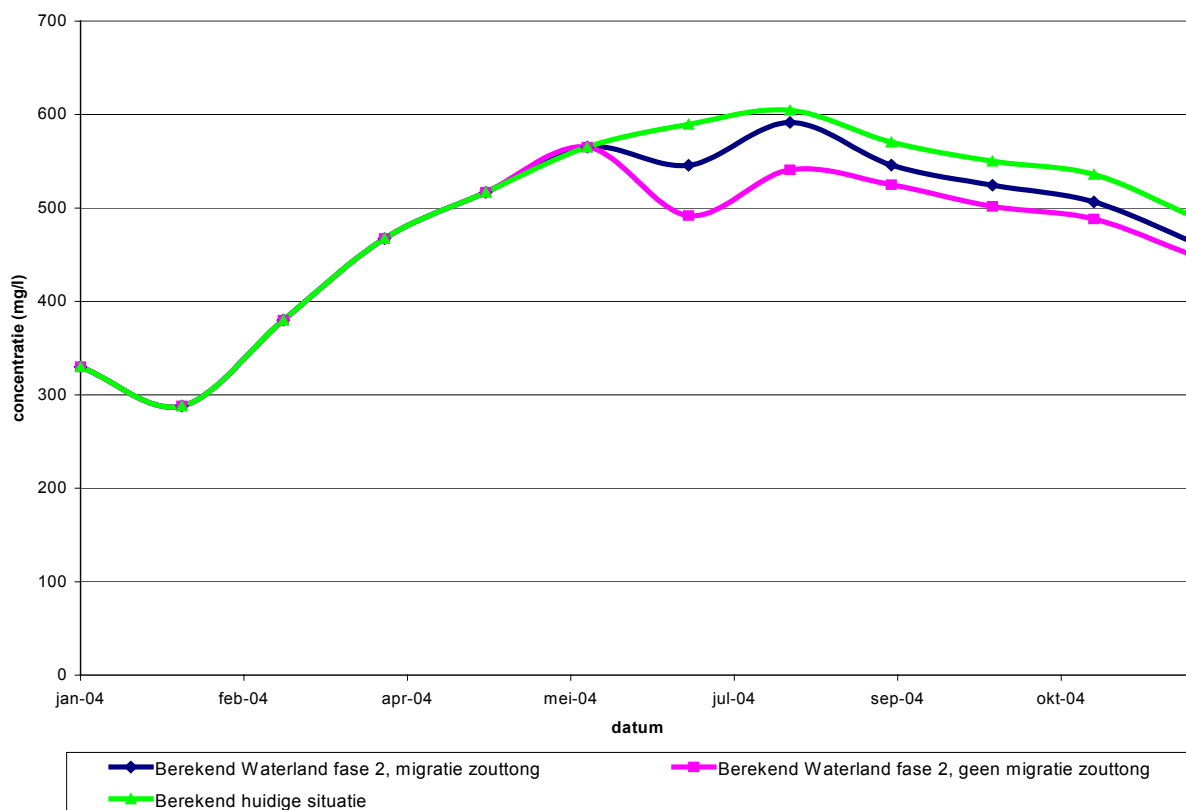
De zouttong in het Balgzandkanaal bereikt vooral in de zomer het Amstelmeer, omdat de afvoer door het Balgzandkanaal dan beperkt is (1,8 tot 10,6 miljoen m³ per maand). In de winter is de afvoer door het Balgzandkanaal ruim groter (2,9 tot 25 miljoen m³ per maand). In de maanden dat het Wieringerrandmeer doorgespoeld wordt en er 21,2 tot 25,8 miljoen m³ per maand in het Amstelmeer terechtkomt, is de afvoer door het Balgzandkanaal groter dan de maximale afvoer in de winter. In de drie maanden dat er doorgespoeld wordt zal dus naar alle waarschijnlijkheid de zouttong het Amstelmeer niet meer bereiken. In de drie zomermaanden dat er niet doorgespoeld wordt zal de zouttong het Amstelmeer waarschijnlijk wel bereiken, net zoals in de huidige situatie. Dit betekent dat de chloridevracht ten gevolge van de zouttong met ongeveer de helft per zomer af zal nemen. Omdat de werking van de zouttong niet precies bekend is, zullen drie scenario's voor de migratie van de zouttong doorgerekend worden:

1. de zouttong bereikt geheel het Amstelmeer, net zoals in de huidige situatie (1,4 miljoen m³ per jaar);
2. de zouttong bereikt slecht gedeeltelijk (50 %) het Amstelmeer (0,7 miljoen m³ per jaar);
3. de zouttong bereikt het Amstelmeer niet meer.

4.5.3. Verwacht effect van fase 2

In afbeelding 4.9. is de berekende chlorideconcentratie in het Amstelmeer weergegeven voor het eerste jaar dat er doorgespoeld wordt bij basisalternatief Waterland. Hierbij is het scenario weergegeven dat de zouttong net zoals in de huidige situatie migreert naar het Amstelmeer en het scenario dat de zouttong het Amstelmeer niet meer bereikt.

Afbeelding 4.9. Chlorideconcentratie in het Amstelmeer in het eerste jaar van doorspoelen, fase 2 Waterland



In afbeelding 4.9. is de invloed van de drie doorspoelmaanden te zien. In die maanden neemt de chlorideconcentratie in het Amstelmeer af ten opzichte van de huidige situatie. Bij scenario 1 heeft alleen de verdunnende werking van het debiet effect. Bij scenario 3 speelt daarnaast de mogelijkheid dat de zouttong het Amstelmeer niet meer bereikt een rol, waardoor bij dit scenario de chlorideconcentratie lager is dan bij scenario 1. In tabel 4.2. is voor de drie scenario's het berekende zomergemiddelde (bij evenwicht) weergegeven.

Bij basisalternatief Halfland is het doorspoeldebiet kleiner, waardoor de verdunnende werking minder groot is. De chlorideconcentratie in het Amstelmeer zal hierdoor hoger zijn dan bij Waterland, maar lager dan in de huidige situatie. Net zoals bij Waterland kan echter de zouttong mogelijk geheel teruggedruwd worden in het Balgzandkanaal. In tabel 4.2. is voor de drie scenario's voor de migratie de zouttong het zomergemiddelde weergegeven.

Tabel 4.2. Berekend zomergemiddelde (mg/l) fase 2

	huidige situatie	fase 2	
		Waterland	Halfland
scenario 1	552	530	533
scenario 2	-	487	487
scenario 3	-	442	442

In tabel 4.2. is te zien dat bij het scenario dat de zouttong nog volledig migreert naar het Amstelmeer, er een klein verschil is tussen de twee basisalternatieven. Bij scenario 2 en 3, waarbij de zouttong het meer beperkt of niet meer bereikt, heeft het terugdringen van de zouttong een dusdanig groot effect dat

er geen verschil in chlorideconcentratie in het meer waarneembaar is als gevolg van het verschil in doorspoeldebiet tussen de twee alternatieven.

4.6. Effecten op Waardkanaal en Balgzandkanaal

In deze paragraaf worden de effecten van het doorspoelen op het Waardkanaal en Balgzandkanaal in fase 1 en 2 globaal beschreven.

4.6.1. Waardkanaal

Het Waardkanaal ontvangt veel water van de VRNK-boezem en de poldergemalen. Ook in de zomer is de afvoer van VRNK-boezem en van de poldergemalen relatief groot. De Anna-Paulownapolder laat water in via de Schermerboezem en voert het af op het Waardkanaal. Hierdoor is de invloed van het Amstelmeer op het Waardkanaal beperkt. Een daling in de chlorideconcentratie in het Amstelmeer zal hierdoor maar beperkt doorwerken naar het Waardkanaal.

4.6.2. Balgzandkanaal

In het Balgzandkanaal is er een zouttong aanwezig. Uit metingen blijkt dat deze in ieder geval in de zomer nabij het Amstelmeer waargenomen wordt. In de winter, bij hoge afvoer, wordt de zouttong niet meer bij het meetpunt bij het Amstelmeer waargenomen, maar het is onbekend of de zouttong helemaal verdwijnt of tot hoever deze naar de Oostoever terugmigreert.

fase 1

In fase 1 neemt in de doorspoelmaanden het debiet in het Balgzandkanaal toe met ongeveer 2 miljoen m³ per maand. Hierdoor zal de zouttong teruggedrongen worden. Hoe ver de zouttong hierdoor teruggedrongen wordt kan echter niet ingeschat worden. Een mogelijkheid is dat de zouttong in de doorspoelmaanden het Amstelmeer niet meer bereikt, door de constante afvoer door het Balgzandkanaal en het toegenomen debiet.

fase 2

Een effect van het doorspoelen van het Wieringerrandmeer is dat er een groot debiet door het Balgzandkanaal afgevoerd wordt. In de drie doorspoelmaanden (juli, augustus en september) wordt er ongeveer 21,2 miljoen m³ (Halfland) of 25,8 miljoen m³ (Waterland) door het Balgzandkanaal afgevoerd. Het debiet dat tijdens de zomermaanden doorgespoeld wordt is ongeveer gelijk aan het maximum debiet dat in de winter afgevoerd wordt. Aangezien in de wintermaanden de zouttong niet meer nabij het Amstelmeer waargenomen wordt, kan aangenomen worden dat bij een afvoer gelijk aan de maximum winterafvoer, de zouttong ook niet meer nabij het Amstelmeer waargenomen zal worden. De zouttong zal ongeveer teruggedrongen worden naar de locatie waar deze in de winter ook aangetroffen wordt. Er zijn echter geen metingen beschikbaar op basis waarvan geconcludeerd kan worden waar deze zich in de winter kan bevinden. Het volume in het Balgzandkanaal is ongeveer 1,9 miljoen m³. Bij een afvoer door het Balgzandkanaal gedurende de doorspoelmaanden van 28 miljoen m³ (doorspoeldebiet + afvoer Amstelmeerboezem) wordt dit volume ongeveer 15 keer ververs. Hierdoor is het mogelijk dat de zouttong helemaal uit het Balgzandkanaal weggespoeld wordt.

4.6.3. Conclusies en aanbevelingen

conclusies

Een maatregel om algengroei in het toekomstige Wieringerrandmeer te voorkomen is het doorspoelen met water vanuit de Zuiderhaven. Door het doorspoelen zal er veel meer water het Amstelmeer instromen dan in de huidige situatie en met een lagere concentratie. In fase 1 van basisalternatief Halfland zal er gedurende 3 maanden (juli, augustus en september) er 4,0 miljoen m³ water per maand vanuit het Wieringerrandmeer in het Amstelmeer instromen, met een concentratie van ongeveer 530 mg/l. In fase 2 zal in die drie maanden bij Waterland 25,8 miljoen m³ water per maand in het Amstelmeer stromen, bij Halfland is dat 21,2 miljoen m³. Bij beide basisalternatieven is de chlorideconcentratie in het

Wieringerrandmeer in die maanden gemiddelde 540 mg/l. Het effect van dit debiet op de chlorideconcentratie is globaal bepaald door middel van een water- en chloridebalans.

De water- en chloridebalans van de huidige situatie is gekalibreerd op de migratie van de zouttong in het Balgzandkanaal naar het Amstelmeer. Uit metingen en mondelinge informatie van het Hoogheemraadschap blijkt dat de zouttong het Amstelmeer bereikt, met name in het voorjaar. Door de relatief hoge concentratie in de zouttong is het effect van de zouttong op de chlorideconcentratie in het Amstelmeer relatief groot.

In fase 1 (Halfland) zal het zomergemiddelde afnemen van 552 mg/l (berekende huidige situatie) naar 541 mg/l (berekend fase 1). Het zomergemiddelde kan in fase 1 lager zijn doordat door het doorspoelen er meer afvoer door het Balgzandkanaal plaatsvindt, waardoor de zouttong in het kanaal teruggedrongen wordt.

Voor fase 2 van Waterland en Halfland zijn drie scenario's doorgerekend voor de migratie van de zouttong, omdat onbekend is hoe de zouttong zal migreren en omdat de migratie afhankelijk is van het beheer van de sluizen. De drie scenario's zijn:

1. de zouttong bereikt geheel het Amstelmeer, net zoals in de huidige situatie (1,4 miljoen m³ per jaar);
2. de zouttong bereikt slecht gedeeltelijk (50 %) het Amstelmeer (0,7 miljoen m³ per jaar);
3. de zouttong bereikt het Amstelmeer niet meer.

In onderstaande tabel is voor elk van de drie scenario's het berekende zomergemiddelde in de evenwichtssituatie (na enkele jaren bereikt) weergegeven.

Tabel 4.3. Berekend zomergemiddelde (mg/l) fase 2

	huidige situatie	fase 2	
		Waterland	Halfland
scenario 1	552	530	533
scenario 2	-	487	487
scenario 3	-	442	442

Uit de tabel blijkt dat het doorspoelen bij beide scenario's een lichte daling van de chlorideconcentratie in het Amstelmeer tot gevolg heeft. Indien de zouttong hierdoor teruggedrongen wordt in het Balgzandkanaal kan hierdoor de concentratie nog lager uitvallen (scenario 3).

Het effect van een lagere chlorideconcentratie op het Waardkanaal is in fase 1 en 2 beperkt omdat er weinig tot geen water vanuit het Amstelmeer naar het Waardkanaal stroomt. Een daling in de chlorideconcentratie in het Amstelmeer zal hierdoor maar beperkt doorwerken naar het Waardkanaal. In de maanden dat er doorgespoeld wordt zal in fase 1 de afvoer door het Balgzandkanaal toenemen met ongeveer 2 miljoen m³ per maand. Hierdoor zal de zouttong teruggedrongen worden. Hoe ver de zouttong hierdoor teruggedrongen wordt kan echter niet ingeschat worden. In fase 2 zal de afvoer per maand door het Balgzandkanaal ongeveer gelijk zijn aan de maximale afvoer in de winter. Hierdoor zal de zouttong het Amstelmeer niet meer bereiken en teruggedrongen worden in het Balgzandkanaal. Er zijn onvoldoende gegevens om te bepalen hoever de zouttong teruggedrongen wordt.

aanbevelingen

De aanwezigheid van de zouttong in het Balgzandkanaal is van belang voor de migratie van vissen uit de Waddenzee naar de Amstelmeerboezem. Zonder zouttong is de overgang van zoet naar zout te groot en zullen de vissen niet migreren. Op basis van de huidige gegevens kan niet goed bepaald worden hoe de zouttong zal reageren op een verhoogde afvoer in de doorspoelmaanden. Om dit in te kunnen schatten zijn er metingen in het Balgzandkanaal benodigd, die de locatie en migratie van de zout-

tong, afhankelijk van het debiet kunnen bepalen. Aangezien in de winter afvoeren voorkomen die gelijk zijn aan de afvoer door het kanaal gedurende de doorspoelmaanden wordt aanbevolen om in de winter, bij voorkeur bij extremere afvoeren, de metingen uit te voeren. Effecten van doorspoelen op de chloridehuishouding van het Amstelmeer.

5. SYNTHESE

In de voorgaande hoofdstukken zijn de kaders neergezet waaraan de verschillende scenario's voor de aanleg van het Wieringerrandmeer kunnen worden getoetst; het theoretisch raamwerk. Vervolgens zijn de water- en nutriëntenstromen in beeld gebracht en is specifiek gekeken wat de gevolgen zijn voor de chloridegradiënt in Hollands Noorderkwartier. In dit hoofdstuk worden deze bevindingen samengebracht en verwerkt tot een totaalbeeld van de gevolgen van de aanleg van het Wieringerrandmeer voor de water- en ecologische kwaliteit. De resultaten uit de vorige hoofdstukken zijn voor wat betreft de waterkwaliteit en nutriëntenbelasting samengevat in tabel 5.1. en worden in de volgende paragrafen besproken.

Tabel 5.1. Samenvattend overzicht waterkwaliteit. Verwachte concentraties en belastingen bij aanleg van het Wieringerrandmeer conform Model Halfland (fase 1 en 2) en model Waterland.

Model	Watersysteem en fase	verwachte zo- mergemiddelde concentraties (mg/l)			verwachte belas- ting g/m ² /jaar		kritische belastingen g/m ² /jaar			
		N	P	Cl	P	N	P-onder	P-boven	N-onder	N-boven
Halfland	fase 1									
	verbreed Amstelmeerkanaal	3,2	0,17	424	2,4	43	0,1	0,7	0,9	7
	voorboezem	2,5	0,20	1280	3	40	4,1	7,6	41	76
	fase 2									
	Wieringerrandmeer diep	2,4	0,13	468	1,6	27	0,04	0,4	0,4	4
	Wieringerrandmeer ondiep				1,6	27	0,35	1,5	3,5	15
	Wieringerrandmeer vooroevers				1,6	27	1,84	4,1	18,4	41
	voorboezem	2,4	0,19	1564	3	41	4,4	8	44	81
Waterland	fase 2									
	Wieringerrandmeer diep	2,3	0,13	467	1,3	23	0,03	0,3	0,3	3,0
	Wieringerrandmeer ondiep				1,3	23	0,30	1,3	3,0	13,3
	Wieringerrandmeer vooroevers				1,3	23	1,58	3,6	15,8	35,6

legenda:

kritische belasting beneden kritische grenzen: water helder

kritische belasting tussen kritische grenzen: water helder of troebel

kritische belasting boven kritische grenzen: water troebel

5.1. Verwachte ontwikkeling in het Wieringerrandmeer

Onderstaand worden de verwachtingen ten aanzien van waterkwaliteit en ecologie beschreven voor de aanleg van het Wieringerrandmeer, uitgaande van fase 1 en 2 van model Halfland en fase 2 van model Waterland, met een verblijftijd van 20 dagen in de maanden juli-september.

nutriënten en ecologie

- Halfland fase 1: In fase 1 gaat het om een 'verbreed Amstelmeerkanaal'. Dit is een relatief diep meer wat mede daardoor gevoelig is voor nutriëntenbelasting (maar weinig nutriënten kan verwerken). De berekende belasting voor P ligt tussen ver boven de kritische grenzen, ook voor N worden beide grenzen overschreden. Er zal een troebel watersysteem ontstaan, dat wil zeggen een water met een te gering doorzicht voor de ontwikkeling van waterplanten. Vanwege het ontbreken van ondiepe delen geldt dit voor het hele meer. Het meer kent echter in verband met geringe verblijftijd

geen problemen voor wat betreft overmatige algengroei. De aquatisch-ecologische waarde van een dergelijk troebel meer is gering.

- Halfland fase 2: In fase 2 wordt het gehele meer gerealiseerd. De kritische belasting is lager ten opzichte van fase 1 omdat de strijklengte toeneemt (meer wordt nog gevoeliger voor nutriënten). Zowel voor P als voor N worden voor de diepe en ondiepe delen de kritische belastingsgrenzen overschreden, dat wil zeggen dat het meer ook met extra maatregelen niet duurzaam helder wordt (onvoldoende doorzicht en weinig tot geen waterplanten). De vooroevers zijn vanwege hun geringe diepte wel kansrijker, de helderheid zal hier naar verwachting niet beperkend zijn. Deze nemen circa 10 % van het totale oppervlak van het meer in. Indien zich op substantiële schaal waterplanten kunnen ontwikkelen neemt de ecologische kwaliteit toe. Er kunnen naast de helderheid echter ook andere factoren zijn die de kansen voor de ontwikkeling van waterplanten beïnvloeden (zie onderstaand kader). Problemen met algengroei worden niet verwacht in verband met de geringe verblijftijd.
- Waterland fase 2: Voor wat betreft Waterland wordt eveneens verwacht dat het in fase 2 te realiseren watersysteem overwegend te diep en te troebel is voor de ontwikkeling van waterplanten. De vooroevers zijn in potentie wel helder en plantenrijk. Dit geldt voor circa 20 % van het oppervlak van het randmeer (vooroevers) en mogelijk ook in beperkte mate voor de 1,5 meter diepe delen van het meer. Ook hier gelden de kanttekeningen ten aanzien van de ontwikkeling van waterplanten (zie box) en dat de kans op algenproblemen klein is in verband met het doorspoelen.

factoren die de ontwikkeling van waterplanten kunnen tegengaan

Hier worden nog enkele onzekerheden en leemten in kennis genoemd voor wat betreft de potenties voor plantenrijke omstandigheden. Zoals blijkt uit voorgaande zijn die potenties vooral aanwezig in de vooroevers, in de diepere delen is de verwachte helderheid van het water beperkend. Echter op voorhand is het niet zeker dat de vooroevers wel plantenrijk zullen worden, enkele onzekere factoren hierbij zijn:

- De invloed van bodemwoelende vis. Omdat de productiviteit van het meer als gevolg van de nutriëntenbelasting en de waterbodem naar verwachting hoog is, zal ook de visbiomassa naar verwachting hoog zijn. In veel gevallen is de biomassa van bodemwoelende vis als brasem en karper dan eveneens hoog. Op plaatsen met veel activiteit van bodemwoelende vis wordt de ontwikkeling van waterplanten geremd of zelfs tegengegaan.
- vertroebeling door zwevende deeltjes. Het meer krijgt een overwegende kleibodem. Door turbulentie als gevolg van windwerking, in combinatie met bodemwoelende vis, kunnen deze deeltjes in suspensie raken. Hierdoor wordt het water troebel en kan plantengroei worden geremd.
- In de wateren boven het Noordzeekanaal is de ontwikkeling en samenstelling van de vegetatie anders dan in de wateren daarbeneden. Bepaalde soorten ontbreken of komen sporadisch voor. Wat hiervan de oorzaak is, is niet precies bekend. Mogelijk dat het samenhangt met het oorspronkelijk mariene karakter van het gebied. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld onder sulfaatrijke omstandigheden, voor waterplanten giftige sulfides ontstaan. Hierdoor kan ook de ontwikkeling van plantenrijke omstandigheden worden geremd.

chloride en ecologie

- De berekende chlorideconcentratie van het Amstelmeerkanaal/Wieringerrandmeer van model Halfland schommelt het hele jaar (gemiddeld in 2030) tussen 300 en 600 mg/l in de 1^e fase en tussen 400 en 600 mg/l in de 2^e fase. Dit komt redelijk overeen met de huidige situatie. Deze concentraties zijn sterk afhankelijk van de chloridegehalte in de Zuiderhaven. Voor model Waterland blijkt dat de chlorideconcentratie ook tussen 400 en 600 mg/l schommelt. Voor de ecologie betekent dit dat er een licht brak meer zal ontstaan wat veel overeenkomsten zal vertonen met het Amstelmeer (echter dat meer is dieper). Ook qua soortensamenstelling zal het hier op lijken, wat betekent dat het een relatief weinig divers systeem met enkele voor brakke wateren kenmerkende soorten. Als gevolg van de verbrakking wordt het meer mogelijk reeds bij een geringere belasting troebel, de kritische grenzen komen lager te liggen.

5.2. Verwachte ontwikkeling in de voorboezem

Onderstaand worden de verwachtingen ten aanzien van waterkwaliteit en ecologie beschreven voor de voorboezem in fase 1 en 2 van de aanleg van model Halfland. Uitgegaan is van een verblijftijd van 10 dagen omdat de voorboezem halverwege het Wieringerrandmeer water 'aftapt'.

nutriënten en ecologie

- fase 1: De voorboezem is ondieper dan het randmeer en heeft daardoor een hogere kritische belasting (kan meer nutriënten verwerken). Het systeem is echter ook hoger belast, veel nutriënten komen vanuit de polders. Volgens de analyse is echter een helder systeem mogelijk want de belasting voor P en N ligt tussen beide kritische grenzen. Zoals eerder gezegd is de berekende kritische belasting echter aan de hoge kant, zodat naar verwachting wel extra maatregelen nodig zijn. Net als in het randmeer worden in verband met geringe verblijftijd geen problemen verwacht voor wat betreft algengroei.
- fase 2: Voor de voorboezem in polder Waard-Nieuwland verandert er weinig. Voor P wordt een zelfde belasting berekend als voor fase 1, voor N wordt een geringe toename berekend. De kritische belasting ligt iets hoger dan in fase 1 omdat de verblijftijd iets afneemt (bij-effect van het groter worden van het Wieringerrandmeer). Voor P ligt de belasting (ruim) beneden de laagste grens, voor N net beneden de laagste grens. Uit de analyse volgt dat de voorboezem bij deze geringe diepte duurzaam helder kan zijn (dwz plantenrijk). Zoals eerder gezegd is de berekende kritische belasting echter aan de hoge kant. Er worden in verband met geringe verblijftijd geen problemen verwacht voor wat betreft de algengroei. Voor een beschouwing van de overige factoren die de groei van waterplanten bepalen wordt verwezen naar bovenstaand kader.

chloride en ecologie

- het verwachte chloridegehalte ligt voor fase 1 rond 1.300 mg/l en voor fase 2 rond 1.600 mg/l. In wateren met een dergelijk zoutgehalte zijn de meest gevoelige zoetwatersoorten reeds verdwenen. Voor echte brakwatersoorten is het water in veel gevallen nog te zoet, netto zal er zich echter naar verwachting een soortenarm systeem ontwikkelen (zie afbeelding 2.3). Ter aanvulling op bovenstaande beschouwing over nutriënten en ecologie wordt opgemerkt dat de voorboezem naar verwachting reeds bij een geringe belasting troebel wordt als gevolg van de brakke omstandigheden. De kritische grenzen voor de nutriëntenbelasting worden lager onder andere door het verdwijnen van watervlooiën die het water filteren.

5.3. Verwachte gevolgen voor de omliggende watersystemen

Hierbij gaat het vooral om de verwachte gevolgen voor de waterkwaliteit en ecologie in de Amstelmeerboezem en de Waddenzee met bijzondere aandacht voor de chloridegradiënt in het Balgzandkanaal. De verwachtingen worden hieronder gepresenteerd, waarbij wordt opgemerkt dat één en ander onzeker is in verband met het geringe aantal beschikbare metingen en de complexiteit van zoet-zout modelleringen.

zoet-zout-gradiënt Balgzandkanaal

Door de aanleg van het Wieringerrandmeer, en vooral als gevolg van de doorspoeling in de zomerperiode, wordt de zoutgradiënt in de Amstelmeerboezem beïnvloed. Gezien het geringe aantal metingen, met name op verschillende dieptes, is het lastig om een goed beeld te krijgen van de huidige situatie. Metingen wijzen uit dat de gradiënt van Oostoever naar de monding van het Balgzandkanaal in het Amstelmeer loopt. Hier worden op de bodem gehalten tot circa 10.000 mg/l gemeten. In het Amstelmeer zelf zijn in de diepere delen metingen van circa 2.000-3.000 mg/l bekend, aan het oppervlak is het gehalte minder dan 1.000 mg/l. Voor alle modellen en fasen geldt dat de verwachting is dat het doorspoelen in de zomer zorgt voor het terugdringen de zoutgradiënt in het Balgzandkanaal. Deze zal dan net als nu in de winter het geval is het Amstelmeer niet meer bereiken. Overigens geldt dit niet voor het voorjaar, dan blijft de situatie gelijk en kan de zouttong het Amstelmeer wel bereiken. Er is wel een duidelijk verschil tussen de fasen, het debiet vanuit het Amstelmeer verdubbelt ongeveer in het geval van fase 1. Mogelijk dat de gradiënt zich dan nog wel kan handhaven. Voor fase 2 (zowel Halfland als Wa-

terland) is het debiet vele malen hoger en is de kans groot dat de gradiënt in de doorspoelperiode volledig verdwijnt.

chloridegehalte

Eenzijds zorgt doorspoeling voor een toename van de chloridevracht in de zomer. Anderzijds zorgt het doorspoelen voor het terugdringen van de zout-tong vanuit het Balgzandkanaal. De verwachting is dat het chloridegehalte in het Amstelmeer netto licht zal dalen ten opzichte van de huidige situatie. Verwacht wordt een zomergemiddelde gehalte van circa 541 mg/l na uitvoering van fase 1 en 440-530 mg/l na uitvoering van fase 2 (ter vergelijking: met dezelfde uitgangspunten wordt voor de huidige situatie 552 mg/l berekend). Het effect op het Waardkanaal wordt zeer gering verondersteld vanwege de verwachte geringe veranderingen (verlaging) van het chloridegehalte in het Amstelmeer en de geringe beïnvloeding van het Waardkanaal door het Amstelmeer.

Voor de ecologie geldt dat de veranderingen in het chloridegehalte zich voltrekken binnen de range van licht-brakke omstandigheden. Verwacht wordt dat er (grote) veranderingen optreden indien het gehalte boven 1.000 mg/l uitkomt of beneden 300 mg/l. Dit zijn (overigens geen harde) omslagpunten voor de ecologie. Alle scenario's bewegen zich binnen de bandbreedte van 300-1000 mg chloride per liter. Daarom wordt hier weinig effect van verwacht.

effecten op de Waddenzee

Door de aanleg van het Wieringerrandmeer wordt een deel van het IJsselmeerwater via het randmeersysteem gespuid op het Balgzand. Netto verandert er voor de Waddenzee niets. Er wordt niet méér zoet water afgevoerd, alleen de locatie verschuift (van Den Oever naar Den Helder / Balgzand). Lokaal kan dit een effect hebben op de zouthuishouding. In Balgzand is de afvoer van zoet water in de zomermaanden (juli – september 2004) circa 7 miljoen m³ per maand (zie tabel 1.1), in de wintermaanden (januari 2004) komen afvoeren van 25 miljoen m³ per maand voor. In een situatie met doorspoelen neemt de afvoer bij Balgzand toe. Voor Halfland 1 is de afvoer naar het Amstelmeer circa 4 miljoen m³ per maand. Een debiet van een dergelijke omvang valt binnen de normale variatie die in de zomerperiode optreedt en bedraagt circa 100 % van de hoogste afvoer bij Balgzand in 2004. Voor Halfland 2 en Waterland is dit respectievelijk circa 21 miljoen en 25 miljoen m³ per maand. Een debiet van een dergelijke omvang valt buiten de normale variatie die in de zomerperiode optreedt en bedraagt circa 80-100 % van de hoogste afvoer bij Balgzand in 2004.

Tijdens een getijdencyclus is de variatie in waterstand circa 1,3 meter. Om een indruk te krijgen van het beïnvloedingsareaal van een lozing bij Balgzand kan het debiet (per maand) worden uitgedrukt in een oppervlakte water met een diepte van 1,3 meter (per getijdencyclus). Dit is gedaan in onderstaande tabel, hieruit blijkt dat de extra lozing afhankelijk van het model overeenkomt met een oppervlak van circa 5-32 hectare zoet water. Dit wordt gezien de getijdendynamiek en de daarbijbehorende menging op het niveau van de gehele Balgzand (ca 6000 hectare) verwaarloosbaar geacht (ca. 0,1-0,5 %). Ook wordt geen merkbaar effect verondersteld als gevolg van lagere spuidebieten bij Den Oever (vermindering van circa 4-25 miljoen m³ op circa 600 miljoen m³).

Tabel 5.2. Indicatieve berekening van het beïnvloedingsareaal van de spui van zoet water bij Oostoever

model	m ³ per maand	m ³ per dag	m ³ per getijdencyclus	oppervlak (ha)
Halfland fase 1	4.000.000	133.333	66.667	5
Halfland fase 2	21.000.000	700.000	350.000	27
Waterland	25.000.000	833.333	416.667	32

Effecten op nutriëntenbelasting: Als gevolg van doorspoelen kan ter hoogte van Balgzand een toename van de nutriëntenbelasting optreden. Een absolute toename wordt alleen verwacht wanneer de bodem van het Wieringerrandmeer sterk zal gaan naleveren. Dit is niet ondenkbaar maar het is in dat geval

een tijdelijk fenomeen. De nutriëntenvoorraad in de bodem is uiteraard niet onuitputtelijk en zal langzaam in evenwicht komen met de externe belasting. Hoe lang dit duurt is op voorhand niet te zeggen en onder ander afhankelijk van de verblijftijd van het water. Een hogere nutriëntenbelasting wordt negatief gewaardeerd vanuit de ecologie; hierdoor neemt de productiviteit toe en wordt het water troebeler (algengroei). Wat geldt voor het effect op de zouthuishouding geldt ook voor het effect op de nutriëntenbelasting. Gezien de geringe hoeveelheden in vergelijking met de gespuide hoeveelheden bij de Oever en het totale oppervlak van het Balgzand wordt geen merkbaar effect verondersteld.

5.4. Verwachte gevolgen voor de functies

De gevolgen voor de functies worden kort besproken.

recreatie/zwemfunctie Wieringerrandmeer

Waterkwaliteit en ecologie beïnvloeden deze functies vooral via de helderheid van het water en de kans op (blauw)algenproblemen. De kans op blauwalgenproblemen is gering, hiervoor wordt doorgespoeld. De helderheid van het water is een ander verhaal. Naar verwachting zal het doorzicht vergelijkbaar zijn met de aanliggende watersystemen als het IJsselmeer en het Amstelmeer en zal dan in de zomer rond de 50-60 cm schommelen. Dit is niet slecht voor een ondiep meer, maar met het oog op de zwemwaterfunctie is een groter doorzicht gewenst. *NB. De oorspronkelijk norm van 1 meter doorzicht voor zwemwater is echter met het in werking treden van de nieuwe zwemwaterrichtlijn komen te vervallen.*

natuurfunctie

Het effect van de aanleg van het Wieringerrandmeer op de natte natuur (alleen in en onder water) is niet eenduidig te waarden. Enerzijds ontstaat er in de kop van Noord-Holland een aaneengesloten watersysteem met meerdere chloridegradiënten. De bestaande gradiënt van Oostoever tot aan het Amstelmeer blijft naar verwachting deels intact, echter in de doorspoelperiode wordt de zouttong teruggedrongen. Aan de andere kant ontstaat er een nieuw watersysteem (Wieringerrandmeer) met een laag chloridegehalte, en in het geval van Halfland een kleiner systeem (voorboezem) met een hoger chloridegehalte. Een en ander betekent een grotere brakwatervolume met een betere buffering en meer brakwaterhabitats. Met het oog op het versterken van de brakwatergradiënt is dit een wenselijke ontwikkeling. Kanttekening hierbij is dat er bij chloridegehalten van circa 450-600 mg/l nauwelijks van een brakwater gesproken kan worden, dit geldt voor het grootste oppervlak van het watersysteem. De ecologische waarde ligt vooral in de gradiënten en de verbindingen met de zee.

5.5. Relatie met de Europese Kaderrichtlijn Water

De Europese Kaderrichtlijn Water vereist in beginsel een goede ecologische toestand voor de oppervlaktewateren in (vanaf) 2015. Dit geldt ook voor het (kunstmatige) Wieringerrandmeer. Het randmeer zal waarschijnlijk een chloridegehalte hebben dat ligt tussen 300 en 3000 mg/l en zal daarom worden gekarakteriseerd als 'zwak brak water' (KRW-type M30).

De goede ecologische toestand wordt bepaald door een inschatting te geven van de ecologische potenties van het watersysteem. Deze potenties worden bepaald door te kijken naar de maximale ecologische toestand die een water kan bereiken na het uitvoeren van een totaalpakket aan maatregelen. Dit is in het geval van het kunstmatige Wieringerrandmeer het Maximum Ecologisch Potentieel (MEP). Hierbij moet worden gedacht aan reductie van de nutriëntenbelasting (bijv. afkoppelen polders), ingrepen in de hydrologie (bijv. verkorten verblijftijd), inrichtingsmaatregelen (bijv. oevers aanleggen) en effectgerichte maatregelen (bijv. visstandbeheer). Van al deze maatregelen dient uiteindelijk op basis van effectiviteit en kosten een selectie te worden gemaakt. Voor het Wieringerrandmeer betekent dit dat vooraf (bij ontwerp en aanleg) al rekening moet worden gehouden met de Kaderrichtlijn Water.

De ecologische doelen worden vastgesteld voor de soortgroepen vissen, macrofauna, waterplanten en algen. Het Wieringerrandmeer moet uiteindelijk getoetst worden aan de doelstellingen voor deze soortgroepen. Het MEP en de afgeleide maatlatten vormen het beoordelingskader voor de KRW. Bij het ontwerp kan moeilijk rekening worden gehouden met alle afzonderlijke (doel)soorten. We kunnen wel rekening houden met algemene en specifieke eisen van die soorten zoals een goede waterkwaliteit en

plantenrijk water. Op dit moment wordt veel energie gestoken in het kwantificeren van de relaties tussen de soorten en soortgroepen en de kenmerken van het watersysteem. Deze relaties slechts ten dele beschikbaar, er moet daarom een pragmatische invulling worden gegeven aan de eisen vanuit de Kaderrichtlijn Water. Het streven van de richtlijn kan in dat opzicht kort worden samengevat als 'een helder en plantenrijk (ecologisch gezond) watersysteem'. Dit kan worden gerealiseerd door te sturen op een zo laag mogelijk nutriëntenbelasting, een optimale inrichting door de aanleg van ondiepe zones, oeverinrichting etc. en is reeds meegenomen in bovenstaande afwegingskader (toetsen aan kritische belasting).

Een andere belangrijke KRW-eis vanuit de soorten is de aanwezigheid van voor vissen migreerbare verbindingen tussen zoet en zout. Hiermee moet rekening worden gehouden bij het ontwerp van de kunstwerken.

5.6. Verwachting situatie zonder doorspoelen

Tabel 5.3. geeft de situatie aan waarbij er niet wordt doorgespoeld. In de tabel zijn de getallen van de externe nutriëntenbelasting opgenomen (net als in de situatie mét doorspoelen). Hierbij moet expliciet worden opgemerkt dat in verband met het ontbreken van waterbodemgegevens de waterbodem niet is meegenomen in de analyse. De verwachting is dat deze voedselrijk zal zijn en fosfaat slechts in geringe mate zal binden, hierdoor kan de nutriëntenbelasting in de praktijk wellicht vele malen hoger zijn! Uit de tabel volgt dat de belastingen in een situatie zonder doorspoelen veel lager zijn. Ditzelfde geldt echter ook voor de kritische belastingsgrenzen. Netto verschilt het beeld van tabel 5.3 daarom niet zoveel van tabel 5.1. Waarom dan toch doorspoelen? Het belangrijkste verschil is dat de verblijftijd veel langer wordt waardoor de voedingsstoffen veel duidelijker tot uitdrukking komen in (algen)productie.

Door het stoppen van doorspoelen verandert het water van een verblijftijdgestuurd systeem naar een procesgestuurd systeem. Allerlei naleveringsprocessen gaan dan (via het voedselweb) een rol spelen. Met name in het geval van een voedselrijke waterbodem is dat laatste ongewenst. De voedingsstoffen uit de bodem krijgen de tijd om te worden omgezet in algen. Het resultaat is een troebel algengedomineerd watersysteem. Is de bodem echter wel goed dan kan zich in een geïsoleerd, laagbelast systeem een waardevol ecosysteem ontwikkelen met helder en plantenrijk water.

Tabel 5.3. Verwachte belastingen bij aanleg van het Wieringerrandmeer per model en planfase zonder doorspoelen. NB! Kritische belastingen zijn lager i.v.m. hogere verblijftijden

Model	Watersysteem en fase	verwachte belasting g/m ² /jaar		kritische belastingen g/m ² /jaar			
		P	N	P-onder	P-boven	N-onder	N-boven
Halfland	fase 1						
	verbreed Amstelmeerkanaal	1,1	24	0,04	0,4	0,4	4
	voorboezem	1,90	22	2,3	4,6	23	46
	fase 2						
	Wieringerrandmeer diep	0,3	8	0,02	0,2	0,2	2
	Wieringerrandmeer ondiep	0,3	8	0,16	0,8	1,6	8
	Wieringerrandmeer vooroevers	0,3	8	0,85	2,1	8,5	21
Waterland	voorboezem	2,1	26	2,5	5	25	50
	fase 2						
	Wieringerrandmeer diep	0,2	6	0,02	0,2	0,2	1,7
	Wieringerrandmeer ondiep	0,2	6	0,16	0,8	1,6	7,5
	Wieringerrandmeer vooroevers	0,2	6	0,83	2,0	8,3	20,2
legenda:							
kritische belasting beneden kritische grenzen: water helder							
kritische belasting tussen kritische grenzen: water helder of troebel							
kritische belasting boven kritische grenzen: water troebel							

5.7. Leemten in kennis en informatie

optimaal doorspoeldebiet

Zoals reeds opgemerkt in het kader over doorspoelen (par. 7.1.3.) is het optimaliseren van het doorspoeldebiet een zeer complexe zaak. In het kader van deze studie kunnen daar geen verdere uitspraken over worden gedaan. Er is gekozen voor een veilig geacht scenario (20 dagen). In hoeverre kan worden volstaan met een lager doorspoeldebiet kan nu niet worden gezegd maar kan mogelijk door modelstudie nader worden onderzocht.

Overigens is het verstandig om bij het ontwerp van een watersysteem rekening te houden met de eis dat het moet kunnen worden doorgespoeld op het moment dat er algenproblemen zijn. In hoeverre doorspoelen ook altijd nodig zal zijn, kan dan later (proefondervindelijk) worden vastgesteld.

kwaliteit van de waterbodem en verwerken bouwvoor

De waterbodem van het Wieringerrandmeer is in potentie een zeer belangrijke bron van nutriënten. Dit geldt voor de bouwvoor en voor de dieper gelegen bodems die de toekomstige waterbodem zullen vormen. Over de bodems in het gebied weten we echter niets, er zijn geen bepalingen uitgevoerd ten aanzien van nutriëntengehalten en de naleveringspotenties voor nutriënten.

We kunnen op voorhand wel de verwachting uitspreken dat de bodems voedselrijk zijn, dat geldt zeker voor de bouwvoor. Deze is na jarenlange bemesting opgeladen met nutriënten die, zodra het onder water wordt gezet, worden nageleverd naar de waterfase. Afhankelijk van de mate van oplading van de bouwvoor en de kwaliteit van de dieper gelegen bodem is het verwerken van de bouwvoor wel of niet een optie. Ondanks het feit dat de watersystemen in het huidige planconcept verblijftijdgestuurd zijn (doorspoelen) en de nutriënten er dus wat minder toe doen blijft het beperken van de nutriëntenbelasting een belangrijke doelstelling. Voor het systeem zelf kan de bodem het verschil tussen helder en troebel uitmaken. Tevens moet er, met het oog op afwenteling naar benedenstrooms gelegen water-

systemen (Amstelmeer / Waddenzee) en een algemeen geldend zorgvuldigheidsbeginsel, rekening worden gehouden met de nutriënten vanuit de (toekomstige) waterbodem. De Europese Kaderrichtlijn Water vereist ook dat alle mogelijke maatregelen die redelijkerwijze in aanmerking komen worden beschouwd en desgewenst uitgevoerd om een gezond watersysteem te bereiken. Het afvoeren van de bouwvoor behoort daartoe. De volgende scenario's zijn denkbaar:

1. zowel de waterbodem als de bouwvoor zijn beide erg voedselrijk en vormen een belangrijke bron van nutriënten, het afvoeren van de bouwvoor heeft dan weinig zin. Mogelijke oplossingen zijn:
 - doorspoelen (problemen voorkomen) en accepteren van het afwentelen van de nutriëntenbelasting;
 - afdekken van de bodem met zand (bron isoleren);de keuze kan op voorhand (hier) niet worden gemaakt omdat er een uitspraak moet worden gedaan over o.a. de gevolgen van afwenteling en de maatschappelijke kosten van afdekken;
2. de bouwvoor is erg nutriëntenrijk en de dieper liggende 'waterbodem' is armer: het ligt dan voor de hand om de bouwvoor te verwijderen of op een dusdanige wijze te verwerken (bijvoorbeeld in eilanden) dat de nutriënten niet in het watersysteem terechtkomen.

ligging kritische grenzen

De kritische belastingsgrenzen vormen een belangrijk hulpmiddel bij het inschatten van de toekomstige water- en ecologische kwaliteit. Ze vormen een toetsingskader om de milieueffecten van de verschillende scenario's te evalueren. Ze moeten echter niet als absolute getallen worden gezien, het is uiteraard niet zo dat een water direct omslaat van helder naar troebel zodra de belasting de grens passeert. Ten aanzien van de ligging van de kritische grenzen zijn er nog leemten in kennis, dit betreft in dit geval onder andere:

- de ligging van kritische grenzen in licht-brakke watersystemen: In dit geval is het chloridegehalte van het randmeer dermate laag dat nauwelijks van een brak water gesproken kan worden. Verondersteld wordt daarom dat de van zoete wateren afgeleide grenzen een goede inschatting vormen. Dit is uiteraard niet zeker;
- de effecten van dieptevariatie: In de uitwerking zijn de verschillende dieptezones van het watersysteem als apart functionerende delen gezien met ieder een eigen kritische belasting. In werkelijkheid is er natuurlijk sprake van een samenhangend watersysteem met elkaar wederzijds beïnvloedende delen. Hoe dit de ligging van de kritische grenzen beïnvloed is onduidelijk;
- de waterbodem: de ligging van de kritische grenzen in relatie tot de waterbodem (zie bovenstaande).

6. LITERATUUR

- Alterra, 2002. Mitigatie en compensatie van effecten van extra spuisluizen in de Afsluitdijk. Noodzaak? Mogelijkheden? Zo ja, hoe? N. Dankers, H. Capelle, M. Neven, G. Wintermans. Alterra-rapport 520.
- Alterra, 2003. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekeningen van de zoutschade in Nederland met het RIZA-modelinstrumentarium (concept). Alterra, Wageningen.
- Barayani, C. & T. Hein, C. Holarek, S. Keckeis and F. Schiemer, 2002. Zooplankton biomassa and community structure in a Danube River floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater Biology*, 47, 473-482.
- Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000, Waterbeleid voor de 21^e eeuw.
- Grontmij, 2001. Geohydrologisch onderzoek Wieringerrandmeer, hoofdrapport en bijlagen en figuren, Grontmij in opdracht van Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen namens de stuurgroep 'Water Bindt'.
- Janse, 2005. Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen universiteit.
- Jeppesen, E., M. Sondergaard, E. Kanstrup, B. Petersen, R.B. Eriksen, M. Hammershoj, E. Mortensen, J.P. Jensen and A. Have, 1994. Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ?. *Hydrobiologia* 275/276: pp 15-30.
- Klinge, M. *et al.*, 2004. Achtergronddocument bij het opstellen voor de referenties + maatlatten voor natuurlijke wateren volgens de Europese Kaderrichtlijn Water. Expertgroep vissen in opdracht van STOWA. http://www.stowa.nl/uploads/agenda/mID_4873_cID_3863_ACHTERGRONDDOCUMENT%20VIS.pdf
- Milieu en Natuur Planbureau, 2005, Rapport Landbouw en Duurzaamheid Landelijk Gebied (conceptversie).
- Scheffer, M. (1998) *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman and Hall, London.
- Scheffer, M., S. R. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke & B. Walker (2001) 'Catastrophic Shifts in Ecosystems'. *Nature* vol. 413, 11 october 2001. pp: 591-696.
- Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland, s.a.. Algenontwikkeling. Een onderzoek door het hoogheemraadschap van de Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland in het eigen beheersgebied. s.a.
- Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland, s.a.. Hydrobiologisch onderzoek Amstelmeerboezem. Hoogheemraadschap van de Uitwaterende sluizen in Kennemerland en Westfriesland. s.a.
- Vereniging voor Landinrichting en Elsevier bedrijfsinformatie bv, 2000, Cultuurtechnisch Vademecum, handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied, Doetinchem.
- Verspagen, et al., 2005. Doorspoelen of opzouten? Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. Studie van Universiteit van Amsterdam en Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Whitton and Potts, 2000. *Ecology of Cyanobacteria*.
- Witteveen+Bos, 1996. Mogelijkheden voor zoutsuppletie als beheersmaatregel voor het behoud van helder en plantenrijk water in de Binnenschelde. Witteveen+Bos, Deventer.
- Witteveen+Bos, 2005. Monitoringsplan vooroevers Amstelmeer. Witteveen+Bos in opdracht van Hoogheemraadschap van Hollands Noorderkwartier.
- Witteveen+Bos, 2005a. Waterkwaliteitsbeelden Schieland. Concept-rapport fase II. Witteveen+Bos i.o.v. HHSK.
- Witteveen+Bos, 2005b. Vooronderzoek Integrale Effect Rapportage (IER) Wieringerrandmeer, Witteveen+Bos.
- Witteveen+Bos, 2003. Functie vissenwater boezemwateren Hollands Noorderkwartier. Integrale ecologische systeemanalyse. Witteveen+Bos in opdracht van Hoogheemraadschap van Hollands Noorderkwartier.

BIJLAGE I Water- en stoffenbalansen Wieringerrandmeer per deelwatersysteem en aanlegfase

Waterbalans randmeer bij Waterland fase 2

IN						UIT							
Neerslag						Verdamping							
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)							
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)							
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)							
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)							
						Wegzijing							
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)							
IN						UIT						WINTERREST	
ZOMERREST													

CI-balans randmeer bij Waterland 2

IN					UIT														
Neerslag					Verdamping														
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)					Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)														
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)					Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)														
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)					Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)														
					Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)														
					Wegzijing														
doorspoelperiode					Naar Amstelmeer (winterrest)														
IN					ZOMERREST							UIT					WINTERREST		BERGING
Neerslag		IJsselmeer		Afvoer Hipp'hoeverkoc	Afvoer Hoelmerkoog	TOTAAL	Verdamping	Inlaat Wieringermeer	Inlaat Hipp'hoeverkoc	Inlaat Hoelmerkoog	Inlaat Westerlanderkoog	Wegzijing	Naar Amstelmeer	Gemiddelde concentratie					
(kg)		(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)					
jan	5063	0	135891	48764	189718	0	0	0	0	0	0	208607	561054	450					
feb	5063	0	100967	36269	142319	0	0	0	0	0	0	195164	311214	421					
mrt	5063	46806	37591	12521	101981	0	0	0	0	0	0	186533	0	403					
apr	1258	516942	19957	4214	542372	0	128347	24032	13113	4060	182039	0	393						
mei	1258	729576	13082	1298	745214	0	127862	23942	13063	4045	181350	0	391						
jun	1258	917546	18516	832	938152	0	129507	24250	13232	4097	183684	0	396						
jul	1258	16280634	34331	1977	16318200	0	162259	30382	16578	5133	230136	12816633	497						
aug	1258	15955716	37803	8616	16003393	0	184538	34554	18854	5837	261735	14576441	565						
sep	1258	15670042	30381	3384	15705065	0	187837	35172	19191	5942	266414	14837018	575						
okt	5063	0	61163	17228	83454	0	0	0	0	0	256384	409066	553						
nov	5063	0	44230	12646	61938	0	0	0	0	0	239492	307295	517						
dec	5063	0	82261	27671	114995	0	0	0	0	0	224651	437189	485						
	37928	50117262	616193	175419	50946802	0	920351	172331	94031	29113	2616189	44255909	zomergemid.	470					
	0%	98%	1%	0%	100%	0%	2%	0%	0%	0%	5%	92%							

P-balans randmeer bij Waterland 2

IN						UIT							
Neerslag						Verdamping							
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Vlieringermeerpolder ('s zomers)							
Afvoer Hippolytushoeverkoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoeverkoog ('s zomers)							
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)							
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)							
						Wegzijing							
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)							
IN						UIT						WINTERREST	BERGING
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer Hipp'hoeverkoc	Afvoer Hoelmerkoog	TOTAAL		Verdamping	Vlieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderkoog	Wegzijing	Naar Amstelmeer	Gemiddelde concentratie
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)
jan	1	0	189	157	347	0	0	0	0	0	62	166	0.13
feb	1	0	141	117	258	0	0	0	0	0	64	103	0.14
mrt	1	13	57	48	118	0	0	0	0	0	65	0	0.14
apr	15	95	38	21	169	0	45	8	5	1	64	0	0.14
mei	15	149	8	2	174	0	44	8	5	1	63	0	0.14
jun	15	121	16	2	154	0	42	8	4	1	60	0	0.13
jul	15	2668	16	2	2702	0	36	7	4	1	52	2873	0.11
aug	15	3229	25	11	3280	0	36	7	4	1	51	2865	0.11
sep	15	3613	33	10	3670	0	41	8	4	1	58	3231	0.13
okt	1	0	23	14	38	0	0	0	0	0	58	93	0.13
nov	1	0	91	42	134	0	0	0	0	0	56	72	0.12
dec	1	0	134	136	270	0	0	0	0	0	58	113	0.12
	93	9889	771	561	11315	0	245	46	25	8	712	9516	zomergem.
	1%	87%	7%	5%	100%	0%	2%	0%	0%	0%	7%	90%	0.13

N-balans randmeer bij Waterland 2

IN						UIT							
Neerslag						Verdamping							
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Vlieringermeerpolder ('s zomers)							
Afvoer Hippolytushoeverkoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoeverkoog ('s zomers)							
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)							
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)							
						Wegzijing							
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)							
IN						UIT						WINTERREST	BERGING
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer Hipp'hoeverkoc	Afvoer Hoelmerkoog	TOTAAL		Verdamping	Vlieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderkoog	Wegzijing	Naar Amstelmeer	Gemiddelde concentratie
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)
jan	683	0	5987	1094	7763	0	0	0	0	0	1030	2770	2.2
feb	683	0	4449	814	5945	0	0	0	0	0	1117	1781	2.4
mrt	683	472	1469	328	2952	0	0	0	0	0	1161	0	2.5
apr	885	4638	844	101	6468	0	849	159	87	27	1204	0	2.6
mei	885	5054	147	17	6103	0	882	165	90	28	1250	0	2.7
jun	885	4102	166	7	5161	0	889	166	91	28	1261	0	2.7
jul	885	57254	228	18	58385	0	782	146	80	25	1109	61737	2.4
aug	885	37800	206	65	38956	0	588	110	60	19	834	46443	1.8
sep	885	53278	453	72	54689	0	585	110	60	19	830	46204	1.8
okt	683	0	2858	281	3821	0	0	0	0	0	902	1439	1.9
nov	683	0	2334	287	3304	0	0	0	0	0	929	1193	2.0
dec	683	0	3098	677	4458	0	0	0	0	0	966	1879	2.1
	9408	162597	22239	3762	198006	0	4574	856	467	145	12592	163445	zomergem.
	5%	82%	11%	2%	100%	0%	3%	0%	0%	0%	7%	90%	2.3

Waterbalans Amstelmeerkanaal bij Halfland fase 1

IN					UIT									
Neerslag					Verdamping									
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)					Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)									
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)					Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)									
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)					Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)									
					Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)									
					Wegzigging									
					Inlaat Voorboezem									
doorspoelperiode					Naar Amstelmeer (winterrest)									
IN					UIT					WINTERREST				
ZOMERREST														
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer	Afvoer			Inlaat	Inlaat	Inlaat	Inlaat		Inlaat	Naar		
Neerslag	IJsselmeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	TOTAAL	Verdamping	Wieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderkoog	Wegzigging	Voorboezem	Amstelmeer	TOTAAL	
(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	
jan	87872	0	499068	304394	891334	4832	0	0	0	0	187125	0	891334	
feb	71259	0	370881	226395	668535	20473	0	0	0	0	187125	0	668535	
mrt	60978	0	138055	78159	277193	58321	0	0	0	0	187125	0	277193	
apr	50982	570397	73293	26308	720980	102313	326667	61167	33375	10333	187125	0	720980	
mei	55317	643517	48043	8103	754979	136313	326667	61167	33375	10333	187125	0	754979	
jun	71305	637330	67999	5191	781825	163158	326667	61167	33375	10333	187125	0	781825	
jul	65975	5756369	126081	12340	5960766	167474	326667	61167	33375	10333	187125	1246765	5960766	
aug	97539	5638180	138834	53780	5928333	135042	326667	61167	33375	10333	187125	1157704	5928333	
sep	117632	5621183	111576	21126	5871518	78226	326667	61167	33375	10333	187125	1207668	5871518	
okt	126785	0	224624	107539	458949	35717	0	0	0	0	187125	0	458949	
nov	102277	0	162436	78938	343650	10992	0	0	0	0	187125	0	343650	
dec	96050	0	302109	172726	570885	2835	0	0	0	0	187125	0	570885	
	1003971	18866976	2263000	1095000	23228947	915696	1960000	367000	200250	62000	2245500	3612137	23228947	
	4%	81%	10%	5%	100%	4%	8%	2%	1%	0%	10%	16%	100%	

Waterbalans voorboezem bij Halfland 1

IN					UIT		
Neerslag					Verdamping		
Amstelmeerkanaal					Uit (buiten plangebied)		
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)							
Kwel					doorspoelperiode		
IN					UIT		
ZOMERREST					WINTERREST		
Neerslag (m3)	A'kanaal (m3)	Waard Nieuwland (m3)	Kwel (m3)	TOTAAL (m3)	Verdamping (m3)	Uit (m3)	TOTAAL (m3)
jan	32050	0	371677	77805	481532	1762	479769
feb	25990	0	290450	77805	394246	7467	386779
mrt	22241	0	209845	77805	309890	21271	288619
apr	18595	0	168344	77805	264744	37317	227427
mei	20176	0	158609	77805	256590	49717	206873
jun	26007	0	114867	77805	218679	59509	159170
jul	24063	1246765	218450	77805	1567083	61083	1506000
aug	35575	1157704	284169	77805	1555254	49254	1506000
sep	42904	1207668	206154	77805	1534531	28531	1506000
okt	46242	0	186673	77805	310720	13027	297693
nov	37303	0	183621	77805	298729	4009	294720
dec	35032	0	308140	77805	420977	1034	419943
	366178	3612137	2701000	933660	7612974	333981	7278993
	5%	47%	35%	12%	100%	4%	96%

CI-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 1

IN					UIT										
Neerslag					Verdamping										
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)					Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)										
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)					Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)										
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)					Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)										
					Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)										
					Wegzijing										
					Inlaat Voorboezem										
doorspoelperiode					Naar Amstelmeer (winterrest)										
IN					ZOMERREST					WINTERREST					
					Afvoer	Afvoer									
					Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	TOTAAL	Verdamping	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Naar	Gemiddelde
					(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	concentratie
					(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)
jan	633	0	106350	5418	112401	0	0	0	0	0	72010	0	269135	385	
feb	633	0	79034	4030	83696	0	0	0	0	0	62295	0	153449	333	
mrt	633	0	29419	1391	31443	0	0	0	0	0	57438	0	9745	307	
apr	157	278354	15618	468	294598	0	101353	18978	10355	3206	58058	0	0	310	
mei	157	357216	10238	144	367755	0	110377	20668	11277	3492	63228	0	0	338	
jun	157	434128	14490	92	448868	0	123301	23087	12597	3900	70631	0	0	377	
jul	157	3453821	26867	220	3481066	0	162764	30477	16629	5149	93236	621209	1957082	498	
aug	157	3382908	29585	957	3413608	0	184383	34525	18838	5833	105621	653453	2267305	564	
sep	157	3372710	23776	376	3397020	0	187891	35182	19197	5943	107630	694623	2281701	575	
okt	633	0	47867	1914	50413	0	0	0	0	0	102095	0	128820	546	
nov	633	0	34614	1405	36652	0	0	0	0	0	92980	0	72314	497	
dec	633	0	64379	3075	68086	0	0	0	0	0	83937	0	170868	449	
	4739	11279137	482238	19491	11785605	0	870069	162916	88894	27523	969158	1969284	7310418	zomergemid.	
	0%	96%	4%	0%	100%	0%	8%	1%	1%	0%	9%	17%	64%	444	

CI-balans voorboezem bij Halfland 1

IN					UIT			
Neerslag					Verdamping			
Amstelmeerkanaal					Uit (buiten plangebied)			
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)								
Kwel					doorspoelperiode			
IN					ZOMERREST	UIT	WINTERREST	
Neerslag	A'kanaal	Waard	Kwel	TOTAAL	Verdamping	Uit	Gemiddelde	
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	concentratie	
							(mg/l)	
jan	231	0	855621	49686	905538	0	819730	1709
feb	231	0	668633	49686	718549	0	692668	1791
mrt	231	0	483074	49686	532991	0	513511	1779
apr	57	0	387537	49686	437281	0	395163	1738
mei	57	0	365127	49686	414870	0	350574	1695
jun	57	0	264431	49686	314174	0	259449	1630
jul	57	621209	502884	49686	1173835	0	1503480	998
aug	57	653453	654174	49686	1357370	0	1276516	848
sep	57	694623	474578	49686	1218944	0	1230942	817
okt	231	0	429730	49686	479647	0	296834	997
nov	231	0	422705	49686	472622	0	370541	1257
dec	231	0	709355	49686	759272	0	628674	1497
	1728	1969284	6217848	596232	8785092	0	8338083	zomergemid.
	0%	22%	71%	7%	100%	0%	100%	1288

P-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 1

IN						UIT									
Neerslag						Verdamping									
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)									
Afvoer Hippolytushoeverkoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoeverkoog ('s zomers)									
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)									
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)									
						Wegzijing									
						Inlaat Voorboezem									
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)									
IN						UIT						WINTERREST			
Neerslag (kg)	IJsselmeer (kg)	Afvoer Hipp'hoeverkoc (kg)	Afvoer Hoelmerkoog (kg)	TOTAAL (kg)		Verdamping (kg)	Wieringermeer (kg)	Hipp'hoeverkoc (kg)	Hoelmerkoog (kg)	Westerlanderkoog (kg)	Wegzijing (kg)	Inlaat Voorboezem (kg)	Naar Amstelmeer (kg)	Gemiddelde concentratie (mg/l)	
jan	0	0	138	138	273	0	0	0	0	0	0	37	0	137	0.20
feb	0	0	103	103	203	0	0	0	0	0	0	41	0	100	0.22
mrt	0	0	41	41	82	0	0	0	0	0	0	43	0	7	0.23
apr	2	51	28	18	99	0	72	14	7	2	41	0	0	0	0.22
mei	2	73	6	2	83	0	66	12	7	2	38	0	0	0	0.20
jun	2	57	11	2	72	0	59	11	6	2	34	0	0	0	0.18
jul	2	566	12	2	582	0	43	8	4	1	25	164	518	0.13	
aug	2	685	18	9	714	0	38	7	4	1	22	134	466	0.12	
sep	2	778	24	8	812	0	42	8	4	1	24	156	511	0.13	
okt	0	0	17	12	29	0	0	0	0	0	24	0	31	0.13	
nov	0	0	66	36	103	0	0	0	0	0	25	0	20	0.13	
dec	0	0	98	117	214	0	0	0	0	0	30	0	61	0.16	
	12	2210	562	481	3265	0	321	60	33	10	383	454	1851	zomergemid.	
	0%	68%	17%	15%	100%	0%	10%	2%	1%	0%	12%	15%	59%	0.16	

P-balans voorboezem bij Halfland 1

IN						UIT									
Neerslag						Verdamping									
Amstelmeerkanaal						Uit (buiten plangebied)									
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)															
Kwel						doorspoelperiode									
IN						UIT						WINTERREST			
Neerslag (kg)	A'kanaal (kg)	Waard Nieuwland (kg)	Kwel (kg)	TOTAAL (kg)		Verdamping (kg)	Uit (kg)					Gemiddelde concentratie (mg/l)			
jan	0	0	46	51	97	0	102					0.21			
feb	0	0	36	51	87	0	82					0.21			
mrt	0	0	23	51	73	0	64					0.22			
apr	1	0	22	51	74	0	54					0.24			
mei	1	0	6	51	57	0	50					0.24			
jun	1	0	10	51	61	0	39					0.25			
jul	1	164	15	51	230	0	268					0.18			
aug	1	134	16	51	202	0	205					0.14			
sep	1	156	11	51	218	0	209					0.14			
okt	0	0	14	51	65	0	47					0.16			
nov	0	0	33	51	84	0	59					0.20			
dec	0	0	41	51	92	0	92					0.22			
	4	454	273	607	1339	0	1271					zomergemid.			
	0%	34%	20%	45%	100%	0%	100%					0.20			

N-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 1

IN					UIT									
Neerslag					Verdamping									
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)					Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)									
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)					Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)									
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)					Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)									
					Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)									
					Wegzijing									
					Inlaat Voorboezem									
doorspoelperiode					Naar Amstelmeer (winterrest)									
IN					UIT					WINTERREST				
	ZOMERREST													
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer Hipp'hoeverkoc	Afvoer Hoelmerkoog	TOTAAL	Verdamping	Wieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderk	Wegzijing	Voorboezem	Naar Amstelmeer	Gemiddelde concentratie	
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)	
jan	85	0	4367	938	5390	0	0	0	0	649	0	2427	3.5	
feb	85	0	3245	697	4028	0	0	0	0	746	0	1837	4.0	
mrt	85	0	1071	281	1438	0	0	0	0	786	0	133	4.2	
apr	111	2498	616	86	3310	0	1396	261	143	44	800	0	0	4.3
mei	111	2474	107	15	2707	0	1381	259	141	44	791	0	0	4.2
jun	111	1941	121	6	2179	0	1310	245	134	41	751	0	0	4.0
jul	111	12146	166	16	12439	0	952	178	97	30	546	3635	11451	2.9
aug	111	8014	150	56	8331	0	610	114	62	19	349	2162	7501	1.9
sep	111	11467	331	62	11970	0	595	111	61	19	341	2200	7228	1.8
okt	85	0	2085	241	2411	0	0	0	0	0	407	0	513	2.2
nov	85	0	1702	246	2034	0	0	0	0	0	477	0	371	2.6
dec	85	0	2260	580	2925	0	0	0	0	0	545	0	1109	2.9
	1175	38540	16221	3225	59161	0	6245	1169	638	198	7187	7997	32570	zomergemid.
	2%	65%	27%	5%	100%	0%	11%	2%	1%	0%	13%	14%	58%	3.2

N-balans voorboezem bij Halfland 1

IN					UIT					
Neerslag					Verdamping					
Amstelmeerkanaal					Uit (buiten plangebied)					
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)										
Kwel					doorspoelperiode					
IN					ZOMERREST		UIT		WINTERREST	
Neerslag		A'kanaal	Waard Nieuwland	Kwel	TOTAAL	Verdamping	Uit	Gemiddelde concentratie		
(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)		
jan	31	0	1368	78	1477	0	1391	2.9		
feb	31	0	1069	78	1178	0	1150	3.0		
mrt	31	0	739	78	848	0	841	2.9		
apr	40	0	562	78	680	0	636	2.8		
mei	40	0	761	78	879	0	600	2.9		
jun	40	0	142	78	261	0	425	2.7		
jul	40	3635	193	78	3946	0	3730	2.5		
aug	40	2162	298	78	2578	0	2879	1.9		
sep	40	2200	957	78	3275	0	3011	2.0		
okt	31	0	478	78	587	0	611	2.1		
nov	31	0	911	78	1020	0	696	2.4		
dec	31	0	1134	78	1243	0	1151	2.7		
429		7997	8611	934	17970	0	17119	zomergemid.		
2%		45%	48%	5%	100%	0%	100%	2.5		

Waterbalans Randmeer bij Halfland fase 2

IN						UIT					
Neerslag						Verdamping					
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)					
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)					
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)					
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)					
						Wegzijing					
						Inlaat Voorboezem					
						Naar Amstelmeer (winterrest)					
doorspoelperiode											
IN						UIT					
ZOMERREST						WINTERREST					
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer	Afvoer		TOTAAL	Verdamping	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Wegzijing
(m3)	(m3)	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog		(m3)	(m3)	Wieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderk	Voorboezem
		(m3)	(m3)		(m3)			(m3)	(m3)	(m3)	Naar
											Amstelmeer
											(m3)
											TOTAAL
											(m3)
jan	540546	0	503711	344980	1489237	23595	0	0	0	0	420348
feb	438349	0	448647	256581	1143577	99977	0	0	0	0	420348
mrt	375108	74461	167002	88581	705152	284804	0	0	0	0	420348
apr	313619	919427	88661	29815	1351522	499632	326667	61167	33375	10333	420348
mei	340281	1109974	58116	9184	1517555	665665	326667	61167	33375	10333	420348
jun	438630	1121881	82257	5883	1648652	796763	326667	61167	33375	10333	420348
jul	405847	23467327	152518	13986	24039677	817837	326667	61167	33375	10333	420348
aug	600012	23052390	167945	60950	23881297	659457	326667	61167	33375	10333	420348
sep	723617	22721316	134971	23943	23603846	382007	326667	61167	33375	10333	420348
okt	779921	0	271723	121878	1173522	174418	0	0	0	0	420348
nov	629155	0	196495	89463	915112	53678	0	0	0	0	420348
dec	590849	0	365455	195756	1152060	13844	0	0	0	0	420348
	6175933	72466775	2737500	1241000	82621208	4471678	1960000	367000	200250	62000	5044176
	7%	88%	3%	2%	100%	5%	2%	0%	0%	0%	6%

Waterbalans voorboezem bij Halfland 2

IN						UIT					
Neerslag						Verdamping					
Wieringerlandmeer						Uit (buiten plangebied)					
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)											
Kwel						doorspoelperiode					
IN						UIT					
ZOMERREST						WINTERREST					
Neerslag	A'kanaal	Neerslag	Kwel		TOTAAL	Verdamping	Uit				TOTAAL
(m3)	(m3)	Waard Nieuwland	(m3)		(m3)	(m3)	(m3)				(m3)
		(m3)									
jan	32050	0	452040	80535	564624	1762	562862				564624
feb	25990	0	353251	80535	459776	7467	452309				459776
mrt	22241	0	255217	80535	357992	21271	336721				357992
apr	18595	0	204743	80535	303873	37317	266556				303873
mei	20176	0	192903	80535	293614	49717	243897				293614
jun	26007	0	139703	80535	246245	59509	186737				246245
jul	24063	1196802	265682	80535	1567083	61083	1506000				1567083
aug	35575	1093532	345612	80535	1555254	49254	1506000				1555254
sep	42904	1160364	250728	80535	1534531	28531	1506000				1534531
okt	46242	0	227034	80535	353812	13027	340785				353812
nov	37303	0	223323	80535	341161	4009	337152				341161
dec	35032	0	374765	80535	490332	1034	489298				490332
	366178	3450698	3285000	966420	8068296	333981	7734315				8068296
	5%	43%	41%	12%	100%	4%	96%				100%

CI-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 2

IN						UIT									
Neerslag						Verdamping									
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)									
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)									
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)									
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)									
						Wegzigging									
						Inlaat Voorboezem									
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)									
IN						UIT						WINTERREST			
Neerslag	IJsselmeer	Afvoer	Afvoer			Verdamping	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Inlaat	Wegzigging	Inlaat	Naar		Gemiddelde
(kg)	(kg)	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	TOTAAL		(kg)	Wieringermeer	Hipp'hoeverkoc	Hoelmerkoog	Westerlanderk	(kg)	Voorboezem	Amstelmeer		concentratie
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)
jan	3891	0	118166	5418	127476	0	0	0	0	0	190859	0	474616		454
feb	3891	0	87815	4030	95736	0	0	0	0	0	177913	0	263792		423
mrt	3891	36337	32688	1391	74307	0	0	0	0	0	169857	0	0		404
apr	967	448680	17354	468	467470	0	128956	24146	13175	4079	165938	0	0		395
mei	967	616147	11375	144	628633	0	128636	24086	13143	4069	165526	0	0		394
jun	967	764188	16101	92	781348	0	130390	24415	13322	4125	167783	0	0		399
jul	967	14060396	29853	220	14111435	0	162804	30484	16633	5150	209493	596463	10552280		498
aug	967	13831434	32872	957	13866231	0	184942	34629	18895	5850	237980	619102	12045629		566
sep	967	13632789	26418	376	13660551	0	188394	35276	19248	5959	242421	669199	12231883		577
okt	3891	0	53185	1914	58991	0	0	0	0	0	233861	0	321992		556
nov	3891	0	38461	1405	43757	0	0	0	0	0	219233	0	230049		522
dec	3891	0	71532	3075	78497	0	0	0	0	0	205989	0	351786		490
	29150	43409971	535820	19491	43994432	0	924122	173037	94416	29232	2386854	1884764	36472026	zomergemid.	
	0%	99%	1%	0%	100%	0%	2%	0%	0%	0%	6%	4%	87%		471

CI-balans voorboezem bij Halfland 2

IN					UIT			
Neerslag					Verdamping			
Wieringerrandmeer					Uit (buiten plangebied)			
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)								
Kwel					doorspoelperiode			
IN					UIT			
ZOMERREST					WINTERREST			
Neerslag		A'kanaal	Waard Nieuwland	Kwel	TOTAAL	Verdamping	Uit	Gemiddelde concentratie
(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)
jan	231	0	1253657	51839	1305727	0	1208862	2148
feb	231	0	979682	51839	1031751	0	1008540	2230
mrt	231	0	707800	51839	759870	0	741241	2201
apr	57	0	567820	51839	619716	0	570881	2142
mei	57	0	534985	51839	586881	0	508591	2085
jun	57	0	387444	51839	439340	0	374002	2003
jul	57	596463	736826	51839	1385184	0	1808141	1201
aug	57	619102	958496	51839	1629494	0	1526805	1014
sep	57	669199	695352	51839	1416448	0	1445674	960
okt	231	0	629641	51839	681711	0	417148	1224
nov	231	0	619348	51839	671417	0	535660	1589
dec	231	0	1039348	51839	1091417	0	928312	1897
1728		1884764	9110400	622063	11618956	0	11073856	zomergemid.
0%		16%	78%	5%	100%	0%	100%	1567

P-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 2

IN					UIT												
Neerslag					Verdamping												
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)					Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)												
Afvoer Hippolytushoevekoog ('s winters)					Inlaat Hippolytushoevekoog ('s zomers)												
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)					Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)												
					Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)												
					Wegzijing												
					Inlaat Voorboezem												
doorspoelperiode					Naar Amstelmeer (winterrest)												
IN					ZOMERREST				UIT					WINTERREST			
Neerslag		IJsselmeer		Afvoer Hipp'hoeverkoc	Afvoer Hoelmerkoog	TOTAAL	Verdamping		Inlaat Wieringermeer	Inlaat Hipp'hoeverkoc	Inlaat Hoelmerkoog	Inlaat Westerlanderkoog	Wegzijing	Inlaat Voorboezem	Naar Amstelmeer	Gemiddelde concentratie	
(kg)		(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(mg/l)	
jan	0	0	167	153	320	0	0	0	0	0	0	0	56	0	140	0.13	
feb	0	0	124	113	238	0	0	0	0	0	0	0	59	0	88	0.14	
mrt	0	10	50	46	107	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0.14	
apr	11	83	34	20	148	0	46	9	5	1	60	0	0	0	0	0.14	
mei	11	126	7	2	147	0	45	8	5	1	58	0	0	0	0	0.14	
jun	11	101	14	2	128	0	43	8	4	1	56	0	0	0	0	0.13	
jul	11	2308	14	2	2336	0	37	7	4	1	48	135	2394	0	0	0.11	
aug	11	2799	22	10	2843	0	36	7	4	1	47	122	2375	0	0	0.11	
sep	11	3143	29	9	3193	0	41	8	4	1	53	146	2666	0	0	0.13	
okt	0	0	21	14	35	0	0	0	0	0	0	0	53	0	74	0.13	
nov	0	0	80	41	122	0	0	0	0	0	0	0	52	0	54	0.12	
dec	0	0	118	132	251	0	0	0	0	0	0	0	54	0	92	0.13	
72		8570	680	545	9867	0	249	47	25	8	656	403	7882	zomergemid.			
1%		87%	7%	6%	100%	0%	3%	1%	0%	0%	7%	4%	85%	0.13			

P-balans voorboezem bij Halfland 2

IN						UIT					
Neerslag						Verdamping					
Wieringerrandmeer						Uit (buiten plangebied)					
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)											
Kwel						doorspoelperiode					
IN						UIT					
ZOMERREST						WINTERREST					
Neerslag	A'kanaal	Waard Nieuwland	Kwel	TOTAAL		Verdamping	Uit				
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)				
jan	0	0	56	52	109	0	114				0.20
feb	0	0	44	52	96	0	91				0.20
mrt	0	0	28	52	80	0	71				0.21
apr	1	0	27	52	80	0	61				0.23
mei	1	0	7	52	60	0	56				0.23
jun	1	0	12	52	65	0	43				0.23
jul	1	135	18	52	206	0	245				0.16
aug	1	122	20	52	195	0	194				0.13
sep	1	146	13	52	212	0	202				0.13
okt	0	0	17	52	70	0	53				0.16
nov	0	0	40	52	93	0	66				0.20
dec	0	0	50	52	102	0	105				0.21
	4	403	332	628	1368	0	1302				zomergemid.
	0%	29%	24%	46%	100%	0%	100%				0.19

N-balans Amstelmeerkanaal bij Halfland 2

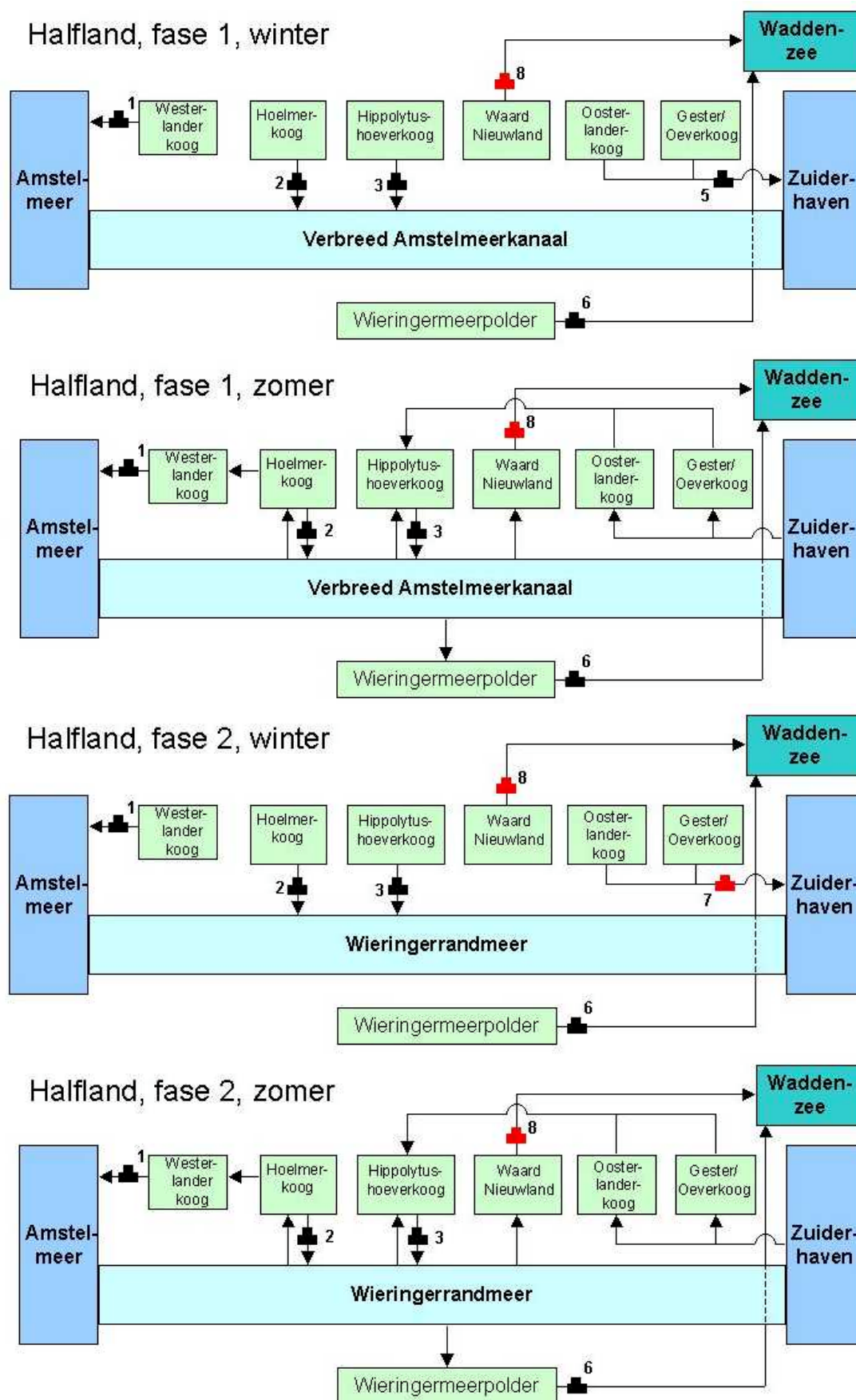
IN						UIT																					
Neerslag						Verdamping																					
Inlaat uit IJsselmeer (zomerrest)						Inlaat Wieringermeerpolder ('s zomers)																					
Afvoer Hippolytushoeverkoog ('s winters)						Inlaat Hippolytushoeverkoog ('s zomers)																					
Afvoer Hoelmerkoog ('s winters)						Inlaat Hoelmerkoog ('s zomers)																					
						Inlaat Westerlanderkoog ('s zomers)																					
						Wegzijing																					
						Inlaat Voorboezem																					
doorspoelperiode						Naar Amstelmeer (winterrest)																					
IN						ZOMERREST						UIT						WINTERREST									
Neerslag		IJsselmeer		Afvoer Hipp'hoeverkoc		Afvoer Hoelmerkoog		TOTAAL		Verdamping		Inlaat Wieringermeer		Inlaat Hipp'hoeverkoc		Inlaat Hoelmerkoog		Inlaat Westerlanderkoog		Wegzijing		Inlaat Voorboezem		Naar Amstelmeer		Gemiddelde concentratie	
(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(kg)		(mg/l)	
jan	525	0	5282	1063	6870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	977	0	2429	2.3								
feb	525	0	3926	790	5241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1057	0	1567	2.5									
mrt	525	366	1296	319	2506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1096	0	0	2.6									
apr	680	4026	745	98	5549	0	881	165	90	28	1134	0	0	0	0	0	0	2.7									
mei	680	4268	130	17	5095	0	911	171	93	29	1173	0	0	0	0	0	0	2.8									
jun	680	3416	147	7	4250	0	916	172	94	29	1179	0	0	0	0	0	0	2.8									
jul	680	49516	201	18	50416	0	795	149	81	25	1022	2911	51500	2.4													
aug	680	32767	181	63	33693	0	591	111	60	19	761	1979	38496	1.8													
sep	680	46351	400	70	47502	0	586	110	60	19	755	2083	38076	1.8													
okt	525	0	2522	273	3319	0	0	0	0	0	822	0	1132	2.0													
nov	525	0	2059	279	2863	0	0	0	0	0	851	0	893	2.0													
dec	525	0	2734	658	3916	0	0	0	0	0	887	0	1516	2.1													
		7230	140711	19622	3655	171218	0	4681	876	478	148	11714	6973	135609	zomergemid.		2.4										
		4%	82%	11%	2%	100%	0%	3%	1%	0%	0%	7%	4%	85%													

N-balans voorboezem bij Halfland 2

IN						UIT					
Neerslag						Verdamping					
Wieringerrandmeer						Uit (buiten plangebied)					
Afvoer Waard Nieuwland ('s winters)											
Kwel						doorspoelperiode					
IN						UIT					
ZOMERREST						WINTERREST					
Neerslag	A'kanaal	Waard			TOTAAL	Verdamping	Uit			Gemiddelde	
(kg)	(kg)	Nieuwland	Kwel	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	concentratie	(mg/l)
jan	31	0	1664	81	1775	0	1722			3.1	
feb	31	0	1300	81	1412	0	1397			3.1	
mrt	31	0	898	81	1010	0	1012			3.0	
apr	40	0	683	81	804	0	765			2.9	
mei	40	0	926	81	1047	0	733			3.0	
jun	40	0	173	81	294	0	510			2.7	
jul	40	2911	235	81	3267	0	3279			2.2	
aug	40	1979	362	81	2462	0	2615			1.7	
sep	40	2083	1163	81	3367	0	3031			2.0	
okt	31	0	581	81	693	0	716			2.1	
nov	31	0	1108	81	1219	0	837			2.5	
dec	31	0	1379	81	1491	0	1414			2.9	
	429	6973	10472	966	18840	0	18031			zomergemid.	
	2%	37%	56%	5%	100%	0%	100%			2.4	

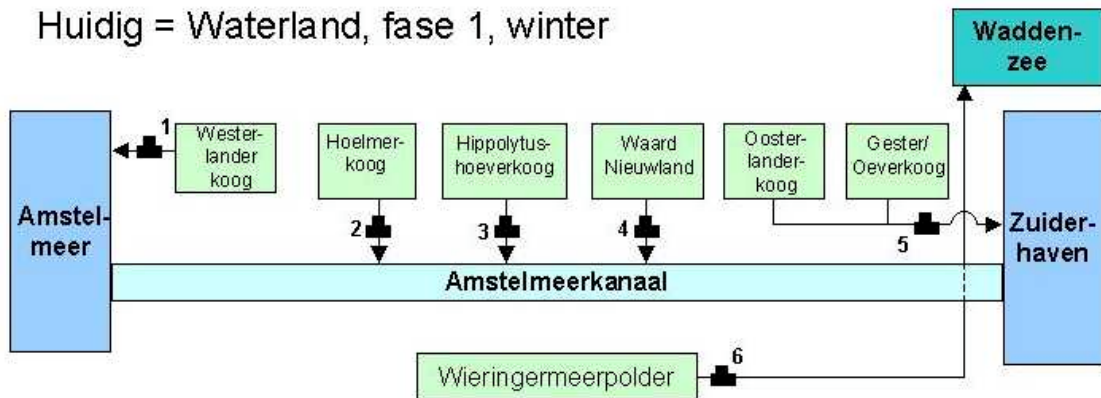
BIJLAGE II Schematiseringen waterstromen van en naar polders

Zie voor een verklaring van de nummers van de gemalen de laatste bladzijde van deze bijlage.

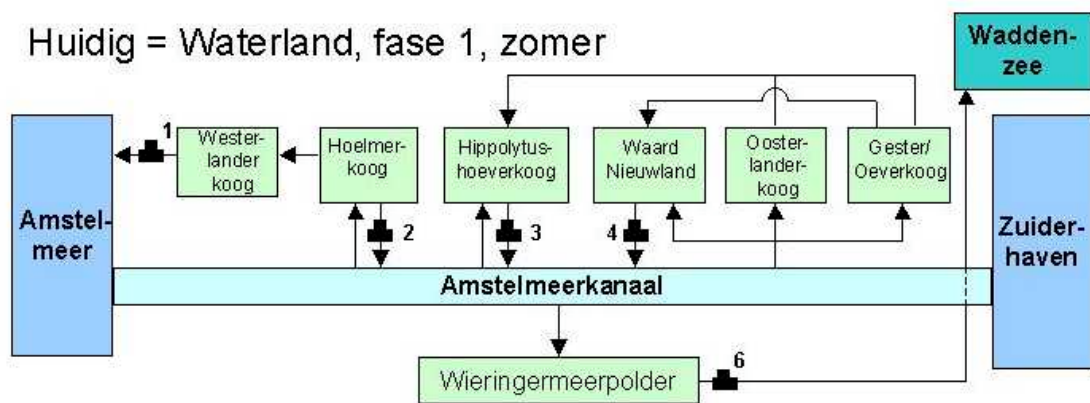


Zie voor een verklaring van de nummers van de gemalen de laatste bladzijde van deze bijlage.

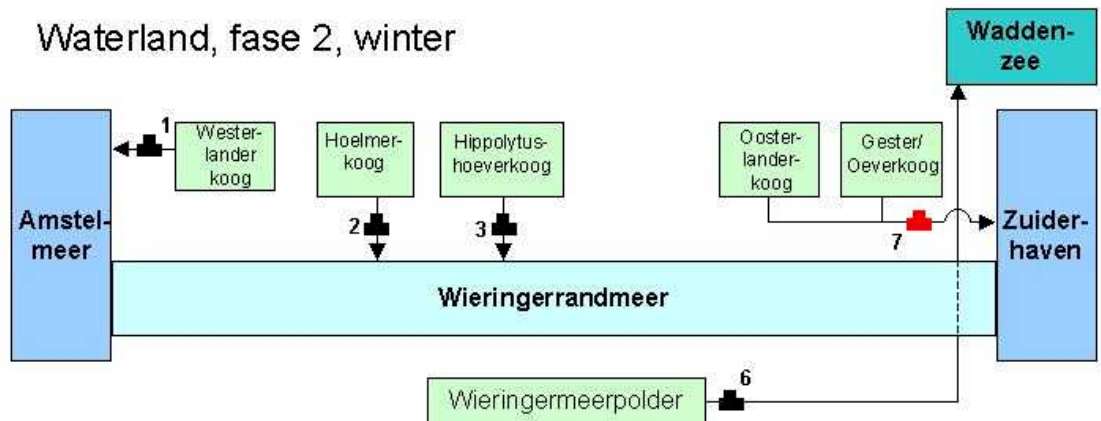
Huidig = Waterland, fase 1, winter



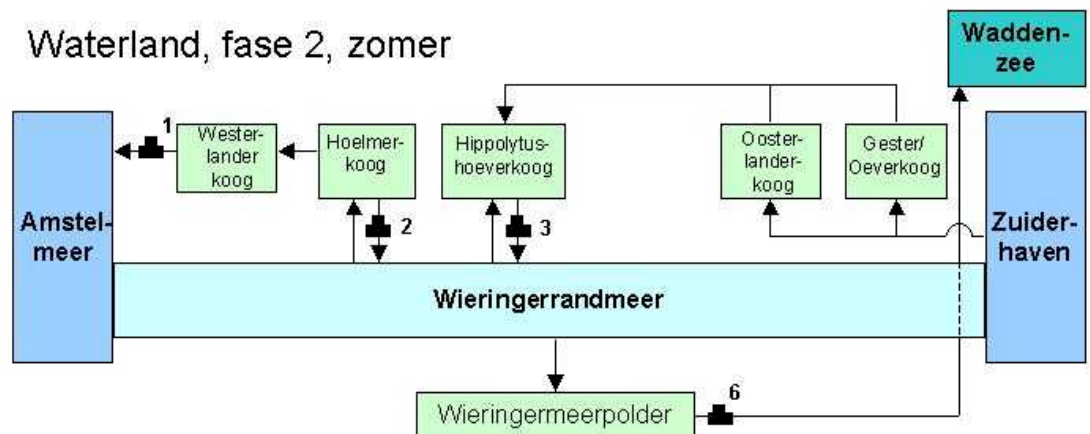
Huidig = Waterland, fase 1, zomer

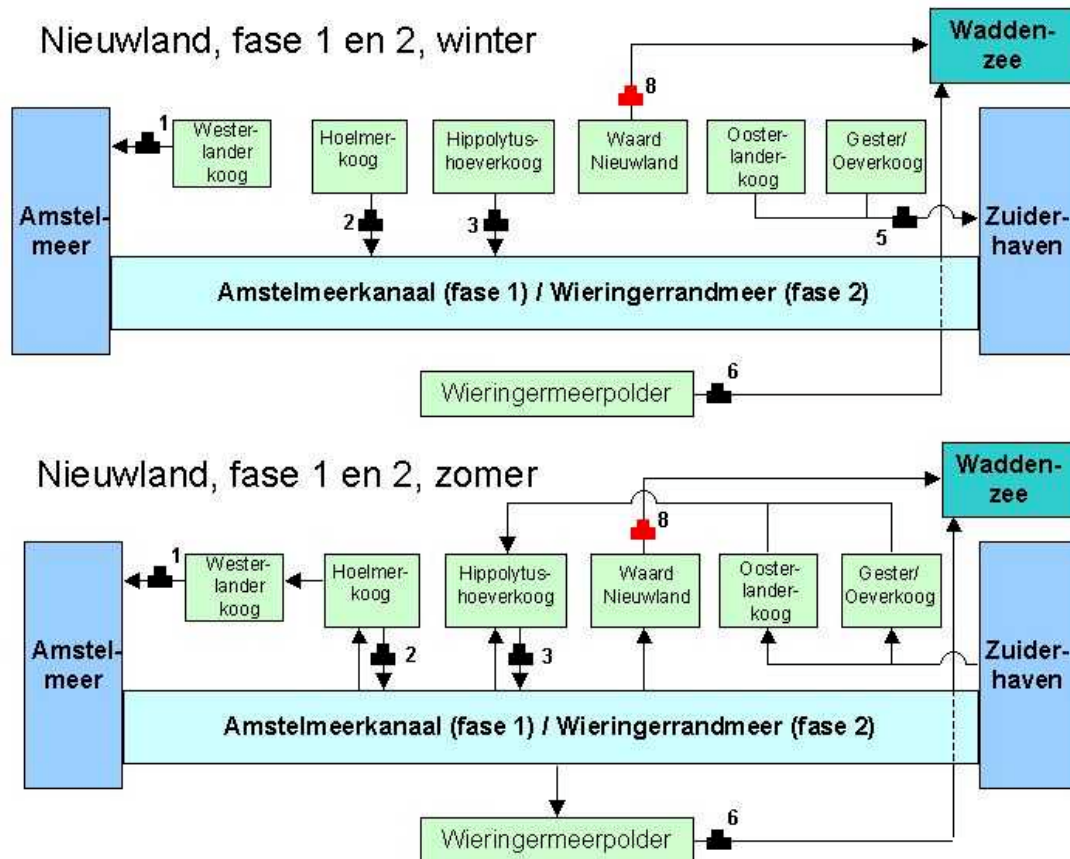


Waterland, fase 2, winter



Waterland, fase 2, zomer

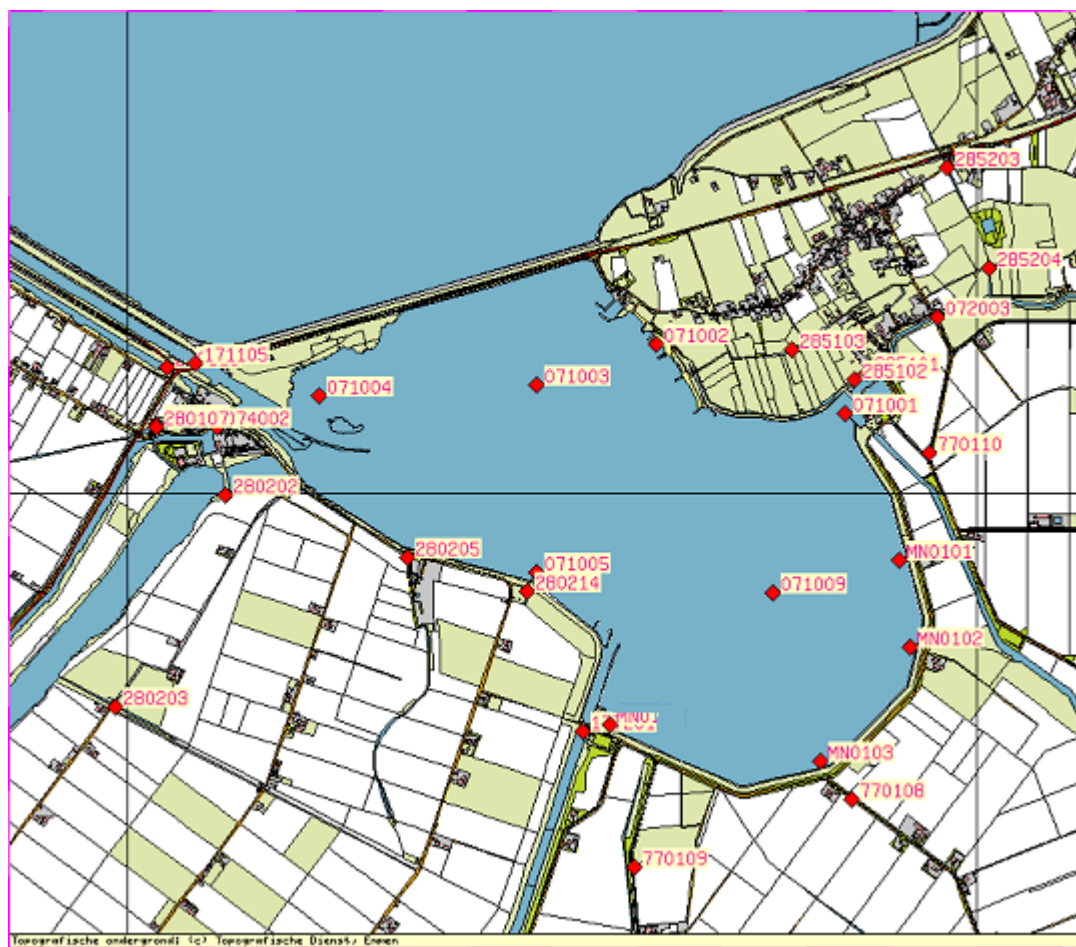




Verklaring van de nummers bij de gemalen:

1. De Haukes
2. De Hoelm
3. Hippolytushoef
4. Waard Nieuwland
5. Stontele
6. Leemans
7. Stontele (nieuw)
8. Waard Nieuwland (nieuw)

BIJLAGE III Ligging meetpunten in en nabij het Amstelmeer



BIJLAGE IV Uitgangspunten water- en chloridebalans

UITGANGSPUNTEN WATER- EN CHLORIDEBALANS

Voor de water- en chloridebalans is per boezemtak bepaald hoeveel er in en uitgaat. Hiermee is de belasting op het Amstelmeer bepaald.

IV.1. Waterbalans

IV.1.1. Neerslag en verdamping

Voor neerslag en verdamping is uitgegaan van de gemeten neerslag en verdamping op het meetstation de Kooy voor 2004. In tabel IV.1. is de neerslag en verdamping weergegeven. Voor de berekening van de open water verdamping is uitgegaan van de omrekeningsfactor volgens Penman.

Tabel IV.1. Neerslag en verdamping

	neerslag (mm)	verdamping Makkink (mm)	open water verdamping (mm)
	2004	2004	2004
januari	116,1	6,9	3,1
februari	55,4	14,9	13,9
maart	17,6	37,6	49,3
april	29,9	65,9	86,3
mei	22,2	87,7	114,0
juni	75,8	92	120,5
juli	102,4	101,6	129,0
augustus	137,4	79,8	95,0
september	76,5	59,9	70,1
oktober	84,1	31	31,0
november	50,5	9,8	7,7
december	49,7	6,4	2,2

Voor het volume van de verschillende boezemdelen is uitgegaan van:

- Amstelmeer: 580 ha, diepte 7,5 m;
- Amstelmeerkanaal: 24 ha, diepte 3 m;
- Waardkanaal: 150 ha, diepte 4 m;
- Ewijksvaart: 80 ha, diepte 3 m;
- Balgzandkanaal: 55 ha, diepte 5 m.

Amstelmeerkanaal

Voor de afvoer van de poldergemalen is door middel van de draaiuren van de gemalen en de capaciteiten het debiet per maand bepaald. In tabel IV.2. is de afvoer van de poldergemalen weergegeven.

Tabel IV.2. Afvoer gemalen op het Amstelmeerkanaal in m³

2004	gemaal Waard-Nieuwland	Hippolytushoef	De Hoelm	De Haukes
januari	673.245	713.510	324.420	175.620
februari	520.965	503.440	260.360	133.960
maart	150.750	67.585	20.220	19.100
april	182.025	30.905	5.040	13.400
mei	141.840	31.675	0	21.660
juni	179.280	120.610	4.600	33.060
juli	257.850	164.150	0	45.720
augustus	429.570	206.850	44.820	62.100
september	290.520	171.990	15.540	31.200
oktober	311.445	332.290	91.180	62.040
november	277.965	243.110	79.520	47.660
december	293.805	220.430	93.380	52.180

Voor de inlaat en afvoer van de Stontelekeersluis is uitgegaan van gemiddelde waarden (Grontmij, 2001):

- inlaat zomer (april-september): 11,3 miljoen m³;
- inlaat winter (oktober-maart): 0,13 miljoen m³;
- afvoer zomer: 0,02 miljoen m³;
- afvoer winter: 7,6 miljoen m³.

Voor de inlaat van de polders is uitgegaan van (Grontmij, 2001):

- inlaat polder Waard-Nieuwland (463 ha): 62,5 mm/jaar;
- inlaat De Haukes (109 ha): 52,5 mm/jaar;
- inlaat De Hoelm (565 ha): 37,5 mm/jaar;
- inlaat Hippolytushoef (703 ha): 48,75 mm/jaar;
- inlaat Wieringermeer, afdeling 1 en 2 (9548 ha): 70 mm/jaar.

Waardkanaal

Voor de afvoer van de poldergemalen is door middel van de draaiuren van de gemalen en de capaciteiten het debiet per maand bepaald. Alleen van het gemaal Scheltinga Winterberg zijn geen gegevens bekend. Dit gemaal heeft echter een kleine capaciteit (5 m³/min). De verhouding van de gemaalcapaciteit is ongeveer hetzelfde als bij het gemaal Breebaart. Daarom zijn dezelfde draaiminuten aangehouden. Voor het gemaal de Waakzaamheid, dat water van de VRNK-boezem afvoert naar het Waardkanaal is ook gebruik gemaakt van de debietgegevens van 2004. In tabel IV.3. is de afvoer van de poldergemalen en gemaal de Waakzaamheid weergegeven.

Tabel IV.3. Afvoer gemalen op het Waardkanaal in m³

2004	waakzaamheid	gemaal Scheltinga Winterberg	Breebaart	P vd Sterr	Molenweg	Oosthoek
januari	14.623.000	56.400	1.128.000	739.440	2.878.272	787.968
februari	9.739.000	41.400	828.000	1.028.390	1.249.200	496.800
maart	1.902.000	6.450	129.000	237.758	84.528	93.312
april	1.284.000	4.650	93.000	230.933	7.085	141.696
mei	572.000	6.450	129.000	155.851	0	343.872
juni	1.595.000	4.800	96.000	307.152	0	255.744
juli	2.071.000	6.750	135.000	294.638	83.117	194.400
augustus	6.811.000	15.900	318.000	402.710	270.461	242.784
september	4.321.000	10.800	216.000	560.837	36.446	140.832
oktober	7.199.000	19.800	396.000	671.184	635.011	231.552
november	5.012.000	18.300	366.000	373.133	729.662	233.280
december	6.352.000	25.650	513.000	641.606	782.150	289.440

Voor de inlaat van de polders is uitgegaan van 70 mm/jaar. Dit is gelijk aan de inlaat in de Wieringermeerpolder. De volgende polders laten in:

- inlaat Groetpolder (919 ha);
- inlaat Wieringerwaard en Waardpolder (2517 ha).

Aangenomen is dat er geen water afgevoerd wordt op het Waardkanaal bij de Aartwoudse sluis, de Braaksluis en de Molenkolksluis.

Ewijkksvaart

Voor de afvoer van het poldergemaal is door middel van de draaiuren van het gemaal en de capaciteiten het debiet per maand bepaald. In tabel IV.4. is de afvoer van de poldergemalen weergegeven.

Tabel IV.4. Afvoer gemalen op de Ewijcksvaart in m³

2004	gemaal Wijdenes Spaans
januari	2.954.160
februari	2.075.040
maart	597.024
april	1.080.864
mei	1.122.696
juni	1.403.928
juli	1.044.576
augustus	1.390.536
september	989.640
oktober	1.384.992
november	940.392
december	1.207.296

Aangenomen is dat er geen water afgevoerd wordt op de Ewijcksvaart bij de Oude sluis.
Er wordt geen water ingelaten.

Balgzandkanaal

Voor de afvoer van het poldergemaal is door middel van de draaiuren van het gemaal en de capaciteiten het debiet per maand bepaald. Voor de afvoer van de sluis bij Oostoever is gebruik gemaakt van de gegevens van het hoogheemraadschap. In tabel IV.5. is de afvoer van het poldergemaal en de sluis bij Oostoever weergegeven.

Tabel IV.5. Afvoer gemalen op het Balgzandkanaal in m³

2004	gemaal Balgdijk	afvoer bij Oostoever
januari	1.479.168	25.872.063
februari	936.576	17.098.674
maart	62.208	2.919.366
april	76.032	2.641.965
mei	0	1.798.334
juni	404.352	3.666.195
juli	411.264	4.114.076
augustus	1.472.256	10.587.650
september	312.768	6.877.308
oktober	713.664	11.652.998
november	438.912	8.553.274
december	501.120	10.742.404

In het Balgzandkanaal is er sprake van dijkse kwel. Zie paragraaf 'Dijkse kwel' in deze bijlage.

Amstelmeer

Voor het Amstelmeer is uitgegaan van een wegzijging van 1,0 mm/dag (resultaat geohydrologisch model, Witteveen+Bos, 2005). In het Amstelmeer is er sprake van dijkse kwel. Zie paragraaf 'Dijkse kwel' in deze bijlage.

Dijkse kwel

In het Amstelmeer en het Balgzandkanaal is er sprake van dijkse kwel, doordat er een peilverschil is tussen de Waddenzee (gemiddelde NAP +0,8 m) en het Amstelmeer en Balgzandkanaal (NAP -0,40 m). Het doorlaatvermogen van de bodemlaag waarin het Amstelmeer en Balgzandkanaal zich bevindt is vrij groot ($kD=3500$ tot $5000 \text{ m}^2/\text{dag}$). De intreeweerstand is ongeveer 400 dagen voor het Amstelmeerkanaal langs de dijk (dikte deklaag ongeveer 4 m) en 200 dagen voor het Balgzandkanaal (dikte deklaag ongeveer 2 m). Voor de weerstand van de deklaag onder de Waddenzee zijn dezelfde waar-

den aangehouden (200 dagen langs Balgzandkanaal en 400 dagen langs het Amstelmeer), omdat dit rekenkundig eenvoudig is. De kwel is bepaald met de volgende vergelijkingen:

horizontale stroming

$$s = \frac{kD}{\lambda} (h_1 - h_0) e^{-x/\lambda}$$

verticale stroming

$$q = \frac{h - h_0}{c} = \frac{(h_1 - h_0)}{c} e^{-x/\lambda}$$

waarin:

s = horizontaal debiet onder de dijk (m²/dag);

q= verticale kwel (m/dag);

k= doorlatendheid (m/dag);

D=dikte van de bodemlaag (m);

c=weerstand van de bodem (dag);

λ=lekfactor (m):

$$\lambda = \sqrt{kD * c}$$

h₁=stijghoogte onder de Waddenzee (m);

h₀= stijghoogte op oneindige afstand (m);

x=afstand tot teen van de dijk aan de Waddenzee zijde (m).

Uitgegaan wordt van een doorlaatvermogen van 3.500 m²/dag:

- een weerstand van 10 dagen;
- een stijghoogteverschil van 0,8 m;
- breedte van de dijk van 100 m;
- een invloed van de kwel tot een afstand van 500 m achter de dijk, omdat daarna de invloed van de wegzijging van de polder maatgevend wordt;
- lengte van de dijk langs het Amstelmeer 2500 m;
- lengte van de dijk langs het Balgzandkanaal 7750 m;
- breedte Balgzandkanaal: 70 m).

Doordat aan beide zijden van de dijk een deklaag met dezelfde weerstand aanwezig is, kan voor een gedeelte de vergelijkingen opgelost worden. Vanuit symmetrie vervolgens de kwel gehalveerd worden.

In onderstaande tabel is de kwel weergegeven voor verschillende afstanden vanaf de dijk voor het Amstelmeer. Hierbij is 0, de rand van de dijk, aan de Amstelmeerzijde.

Tabel IV.6. Kwel naar het Amstelmeer

afstand (m)	0	100	200	300	400	500
kwel (10^{-3} m/dag)	1	0,9	0,8	0,7	0,7	6

Hierbij is de kwel naar het Amstelmeer 1.000 m³/dag. Dit is 30.400 m³/maand.

In onderstaande tabel is de kwel weergegeven voor verschillende afstanden vanaf de dijk voor het Balgzandkanaal. Hierbij is 0, de rand van de dijk, aan de zijde van het Balgzandkanaal.

Tabel IV.7. Kwel naar het Balgzandkanaal

afstand (m)	0	70
kwel (10^{-3} m/dag)	1,8	1,6

Hierbij is de kwel naar het Amstelmeer 900 m³/dag. Dit is 27.400 m³/maand.

lekverliezen Sluizen Oostoever

De totale breedte van de sluizen is 20 m. Gemiddeld is het hoogteverschil 0,8 m tussen het Balgzandkanaal (NAP -0,4 m) en de Waddenzee (NAP +0,4 m). Stel dat er bij sluiting van de sluis, er een gleuf is van 1 mm waar water doorheen stroomt. Dit is bij een breedte van 20 m gelijk aan 0,02 m². Hierbij is het debiet, uitgaande van de formule van een onderspuier, 0,08 m³/s. Dit is gelijk aan 6850 m³/dag.

chlorideconcentraties

In tabel IV.8. zijn de chlorideconcentraties in de verschillende onderdelen van de boezem weergegeven.

Tabel 8. Gemeten concentraties in de boezem (mg/l)

2004	Amstelmeer	Amstelmeerkanaal	Waardkanaal	Ewijcksvaart
meetpunt	071006	072001	177201	074001
januari	450	405	205	910
februari	340	510	110	540
maart	315	960	145	700
april	520	385	430	920
mei	570	465	510	930
juni	580	325	590	870
juli	550	495	630	940
augustus	610	245	630	910 ¹
september	430	730	120	880
oktober	560	960	255	910
november	630	1080	270	1120
december	550	850	160	1090

¹ geen meting, gemiddelde van juli en september.

Voor het water dat uit het Amstelmeer stroomt wordt als concentratie de berekende concentratie in het meer aangehouden.

Voor de concentratie van neerslag is uitgegaan van 6,3 mg/l in de winter en 4,7 mg/l in de zomer [4].

Voor de Dijkse kwel wordt uitgegaan van een concentratie van 17.000 mg/l.

BIJLAGE V Water- en chloridebalans Amstelmeer

water- en chloridebalans huidige situatie

Amstelmeer IN

	Neerslag		Amstelmeerkanaal		Waardkanaal		Ewijksvaart		Balgzandkanaal		Zouttong		dijkse kwel		TOTAAL IN	
	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	Chloride
januari	673	6	1936	405	20383	205	3045	910	0		0	9000	30	17.000	26066	8254
februari	321	6	1450	510	13445	110	2108	540	0		0	9000	30	17.000	17355	3876
maart	102	6	272	960	2406	145	572	700	0		374	9000	30	17.000	3381	4893
april	173	2	804	385	1276	430	1036	920	0		282	9000	30	17.000	3319	4865
mei	129	2	759	465	669	510	1049	930	0		99	9000	30	17.000	2636	3077
juni	440	2	913	325	1791	590	1368	870	0		115	9000	30	17.000	4542	4094
juli	594	2	1047	495	2344	630	1023	940	0		0	9000	30	17.000	5039	3475
augustus	797	2	1339	245	7724	630	1424	910	0		0	9000	30	17.000	11315	7009
september	444	2	1097	730	4895	120	995	880	0		0	9000	30	17.000	7460	2781
oktober	488	6	831	960	9232	255	1427	910	0		99	9000	30	17.000	12009	5861
november	293	6	680	1080	6797	270	975	1120	0		0	9000	30	17.000	8775	4180
december	288	6	693	850	8675	160	1245	1090	0		0	9000	30	17.000	10932	3853

D=debiet (*1000 m³/maand)

C=concentratie (mg CL/l)

Chloride=Chloride (*1000 kg)

Amstelmeer UIT

	verdamping		Amstelmeerkanaal		Waardkanaal		Ewijksvaart		wegzijging		Balgzandkanaal		TOTAAL UIT	
	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	Chloride
januari	18	0	0	350	0	350	0	350	176	350	25872	350	26066	9117
februari	80	0	0	330	0	330	0	330	176	330	17099	330	17355	5704
maart	286	0	0	288	0	288	0	288	176	288	2919	288	3381	892
april	501	0	0	380	0	380	0	380	176	380	2642	380	3319	1071
mei	661	0	0	467	0	467	0	467	176	467	1798	467	2636	923
juni	699	0	0	517	0	517	0	517	176	517	3666	517	4542	1986
juli	748	0	0	565	0	565	0	565	176	565	4114	565	5039	2425
augustus	551	0	0	589	0	589	0	589	176	589	10588	589	11315	6345
september	406	0	0	605	0	605	0	605	176	605	6877	605	7460	4265
oktober	180	0	0	571	0	571	0	571	176	571	11653	571	12009	6750
november	45	0	0	550	0	550	0	550	176	550	8553	550	8775	4803
december	13	0	0	536	0	536	0	536	176	536	10742	536	10932	5851

D=debiet (*1000 m³/maand)

C=concentratie (mg CL/l)

Chloride=Chloride (*1000 kg)

	IN Volume water (*1000 m³)	Chloride (*1000 kg)	UIT Volume water (*1000 m³)	Chloride (*1000 kg)	TOTAAL Volume water (*1000 m³)	Chloride (*1000 kg)
aanwezig					87.000	15225
januari	26066	8254	26066	9117	87.000	14362
februari	17355	3876	17355	5704	87.000	12534
maart	3381	4893	3381	892	87.000	16535
april	3319	4865	3319	1071	87.000	20328
mei	2636	3077	2636	923	87.000	22482
juni	4542	4094	4542	1986	87.000	24591
juli	5039	3475	5039	2425	87.000	25640
augustus	11315	7009	11315	6345	87.000	26305
september	7460	2781	7460	4265	87.000	24820
oktober	12009	5861	12009	6750	87.000	23932
november	8775	4180	8775	4803	87.000	23309
december	10932	3853	10932	5851	87.000	21311