

Compartimenteren: meer toekomst?



Onderzoek naar de effecten van compartimentering op de grensvlakken van het Markermeer en IJmeer



Werner Weeink

BSc Eindopdracht
januari 2008

Colofon

Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek

Compartimenteren: meer toekomst?
Onderzoeksverslag *definitief (herzien)*
6 februari 2008

W.H.A. (Werner) Weeink
Eikstraat 66
7545 JD Enschede
w.h.a.weeink@student.utwente.nl

Documentinformatie

52 pagina's (excl. bijlagen)
7 Bijlagen
Omslagfoto: G. Akkerman

Opdrachtbegeleiders

Dr.ir. C.M. (Marjolein) Dohmen-Janssen (Universiteit Twente)
c.m.dohmen-janssen@ctw.utwente.nl
Ir. J. (Jana) Steenbergen-Kajabová (Grontmij)
jana.steenbergen@grontmij.nl
Ir. H.H. (Henriet) van der Veen (Universiteit Twente)
h.h.vanderveen@ctw.utwente.nl



Universiteit Twente

Faculteit: Construerende Technische Wetenschappen
Opleiding: Civiele Techniek [& Management]
Postbus 217
7500 AE Enschede



Grontmij Nederland bv

Infrastructuur & Milieu
Postbus 203
3730 AE De Bilt

Copyright © 2008, Werner Weeink, Enschede.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Voorwoord

Geachte lezer,

Voor u ligt het rapport waarin de effecten van een eventuele compartimentering van het Markermeer door middel van een dijkverbinding tussen Almere en Noord-Holland worden beschreven.

Allen die mij, op welke manier dan ook, geholpen hebben, wil ik hierbij van harte bedanken voor hun tomeloze inzet en toewijding. Dit geldt zeker voor mijn opdrachtbegeleiders.

Ik wens u veel leesplezier toe bij dit rapport.

Werner Weeink

Enschede, 6 februari 2008

Samenvatting

In dit rapport worden de effecten van compartimentering van en het invoeren van een ander peilregime op de grensvlakken van het Markermeer beschreven. Onder compartimentering wordt een nieuwe dijk tussen Flevoland en Noord-Holland bedoeld, die het Markermeer en IJmeer in twee losse compartimenten splitst. In deze compartimenten bestaat de mogelijkheid om verschillende peilregimes in te voeren.

Doelstelling

Uit de verschillende problemen rondom het Markermeer en IJmeer is de doelstelling van dit onderzoek geformuleerd:

- Inzicht te krijgen in effecten van een mogelijke compartimentering van het Markermeer op de verschillende (ruimtelijke) functies binnen de twee nieuwe meren.
- Het in kaart brengen van de effecten en gevolgen van het toepassen van een ander (natuurlijker) peilbeheer op de grensvlakken.

Kort samenvattend kan worden gezegd dat compartimentering van het Markermeer en IJmeer een goede mogelijkheid biedt tot het kansrijk ontwikkelen van het gehele IJsselmeergebied met aandacht voor al de aanwezige en beoogde functies. Er wordt hier dus niet alleen gekeken naar de invulling van blauwe, watergerelateerde functies. Compartimentering biedt ook mogelijkheden voor groene, rode en grijze functies.

Vraagstelling

De doelstelling is omgezet in de volgende twee centrale hoofdvragen:

1. Welke mogelijkheden en beperkingen voor de inrichting van het Markermeer- en IJmeer en omliggende gebieden zijn het gevolg van het aanleggen van een dijk tussen beide meren en het toepassen van verschillende peilregimes?
2. Wat zijn de effecten op het scheidingsvlak van de compartimenten IJmeer en Markermeer bij het toepassen van verschillende peilregimes met in acht neming van de bijbehorende functies per compartiment?

Extra mogelijkheden

Het grootse voordeel van compartimenteren en het invoeren van nieuwe peilen is dat er niet meer gekozen hoeft te worden tussen rood of groen. Dit in tegenstelling tot veel bestaande plannen waar of woningbouw of natuurontwikkeling centraal staat. Compartimentering creëert de mogelijkheid voor het succesvol ontwikkelen/uitbreiden van natuurlijke en stedelijke functies.

Daarnaast komt er nog een breed scala aan extra voordelen naar voren, waaronder: voorbeelden zijn:

- een nieuwe verbinding Amsterdam – Almere
- het tegengaan van de slibproblematiek

De integrale benadering en aanpak van een groot aantal, verschillende functies moet als belangrijkste voordeel worden gezien.

Beperkingen

Door het compartimenten worden de functies uit elkaar getrokken en ontstaat er een meer monotone invulling per locatie. Dit moet niet gezien worden als een teken van een mislukte integratie, maar als een succesvolle stap in de optimale ontwikkeling van de verschillende functies binnen het gebied.

Effecten op het scheidingsvlak

Effecten op het scheidingsvlak kunnen worden onderverdeeld in effecten die het gevolg zijn van het beperken van de strijklengte en de invoer van een seizoensgebonden peil. Hieronder wordt kort beschreven hoe deze effecten over deze twee categorieën zijn verdeeld.

Beperken van de strijklengte

Het aanleggen van de dijk zorgt ervoor dat onder de meeste omstandigheden de golfgroei op het IJmeer wordt ingeperkt. Dit is in combinatie met een vast peil een goed uitgangspunt voor het ontwikkelen van wonen op en aan water. Uit verschillende studies en enquêtes is gebleken dat wonen op het water het meest gewenst is, wanneer minimale invloed van peilveranderingen worden ondervonden. De invloed op de maatgevende veiligheidsomstandigheden is beperkt in tegenstelling tot de dagelijkse beleving. Het beperken van de strijklengte heeft geen grote invloed op de maatgevende zuidwestenwind. Daarnaast zal de invloed op de oevers van het Markermeer van beperkte aard zijn, door het veel grotere oppervlak van het Markermeer.

Invoeren van een seizoensgebonden peil:

De effecten van een seizoensgebonden peil zijn terug te vinden in het Markermeer, daar wordt dit peil immers allen ingevoerd. De invoering draagt bij aan de mogelijkheden tot natuurontwikkeling op de oevers langs het Markermeer. Door een seizoensgebonden te combineren met de aanleg van vooroevers ontstaan nieuwe kansen. Mogelijkheden die er zonder de invoer van het nieuwe peil niet zouden zijn geweest. Ook zal het seizoensgebonden peilbeheer een (beperkte) bijdrage leveren aan het oplossen van de slibproblematiek in de oeverzones. Daarnaast heeft de invoering van dit peil wel een negatief effect voor de plannen van enkele gemeenten langs het Markermeer om buitendijks te bouwen.

Eindconclusie

Het onderzoek kort samenvattend kan gezegd worden dat compartimentering van het Markermeer en het invoeren van verschillende peilregimes kan dienen als springplank voor het succesvol, duurzaam en integraal ontwikkelen van het gehele IJsselmeergebied met oog voor de diversiteit van het gebied.

Uit de systeemanalyse blijkt dat compartimentering voor zowel de rode als groene functies nieuwe mogelijkheden creëert. Voor de rode functies valt het hebben van een vast laag IJmeerpeil zeer gunstig uit. De golfeigenschappen zijn immers meest gevoelig voor een verandering in het meerpeil. Dit is nog sterker het geval, wanneer in de toekomst het peil verder wordt verhoogd. De combinatie van een seizoensgebonden peil met de ontwikkeling van natuurvriendelijke oevers vergroot de potentie voor de groene functies. Naast deze ontwikkelingen komt uit de toekomstvisie naar voren dat het zuidelijke IJsselmeer gebied zich in al haar facetten goede kan ontwikkelen als gevolg van compartimentatie.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Voorwoord	3
Samenvatting	4
 1 Inleiding	 8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Afbakening	9
1.3 Doelstelling	10
1.4 Vraagstelling	11
1.5 Context	12
1.6 Operationalisering	12
 2 Functies IJsselmeergebied	 13
 3 Peilregimes	 15
3.1 Huidig peilregime	15
3.2 Compartimenteren	16
3.3 Markermeer	16
3.4 IJmeer	17
3.5 De toekomst	17
 4 Relaties tussen functies en compartimentering	 18
4.1 Veiligheid	18
4.2 Blauw: waterkwantiteit en -kwaliteit	18
4.3 Grijs: scheepvaart	20
4.4 Groen: natuurontwikkeling	20
4.5 Rood: stedelijke ontwikkeling	21
4.6 Recreatie	21
4.7 Conclusies	22
 5 Fysische effecten	 23
5.1 Golfaanval en golfeigenschappen	23
5.1.1 Kwalitatieve analyse strijklengte en golfgroei	23
5.1.2 Kwantificering strijklengte en golfgroei	26
5.2 Opwaaiing	31
5.2.1 Kwalitatieve analyse opwaaiing	31
5.2.1 Kwantificering opwaaiing	31
5.3 Kwelflux	33
5.4 Slibtransport	35
5.5 Conclusies	36

6 Compartimentering: extra mogelijkheden	37
6.1 Integrale benadering	37
6.2 Veiligheid	38
6.2 Blauwe functies	38
6.3 Groene functies	38
6.4 Grijs functies	38
6.5 Rode functies	39
7 Compartimentering: beperkingen	40
7.1 No regret maatregel.....	40
7.2 Blauwe functies	40
7.3 Groene functies	41
7.4 Grijs functies	41
7.5 Rode functies	41
8 Een blik in de toekomst	42
8.1 Locatie	42
8.2 Blauw en groen: water en natuur.....	42
8.3 Grijs: verkeer en vervoer.....	43
8.4 Rood: stedelijke ontwikkeling en vastgoed	43
9 Conclusies en aanbevelingen	46
9.1 Doel van het onderzoek.....	46
9.2 Conclusies	46
10 Literatuuroverzicht.....	49
10.1 Literatuurverwijzingen	49
10.2 Relevante, bestudeerde literatuur	50
10.3 Geraadpleegde internetpagina's.....	51
11 Bijlagen	52

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding voor dit verslag kort geschetst en tevens welke doelstelling en onderzoeksvragen hieruit voortkomen. Ten slotte wordt de wijze waarop de verschillende vragen zijn benaderd besproken. Dit hoofdstuk kan dan ook worden gezien als leeswijzer voor het verdere verslag

1.1 Aanleiding

Het IJsselmeergebied wordt op dit moment geconfronteerd met problemen waarvan de eerste effecten al zichtbaar zijn: zo staat zowel de veiligheid van de Afsluitdijk, de Houtribdijk als de dijken rondom het meer ter discussie. Het water van het Marker- en IJmeer is aan het dichtslibben en mede hierdoor gaat de ecologische waarde van het gebied gaas achteruit. Daarnaast zijn er ook ruimteclaims op het gebied vanuit een behoefte aan woningbouw en nieuwe infrastructuur. Zo wil alleen Almere voor 2030 al 60.000 nieuwe woningen bouwen, waarmee de druk op de infrastructurele verbinding tussen Amsterdam en Almere verder zal toenemen.

Naast de ontwikkelingen op korte termijn, die op het IJsselmeergebied van toepassing zijn, spelen klimaatveranderingen en maatschappelijke ontwikkelingen op de lange termijn een belangrijke rol. Dit heeft zijn invloed op de drie hoofdfuncties die Rijkswaterstaat aan het IJsselmeergebied heeft toegekend: veiligheid, zoetwatervoorraad en ecologie. Het mag duidelijk zijn dat deze drie functies in directe verbinding staan met de overige ruimtelijke functies in dit gebied. Onder overige functies vallen onder meer: natuur(ontwikkeling), wonen, recreatie en scheepvaart. De functies staan met elkaar in verbinding, doordat ze allen afhankelijk zijn van de meren. Daarnaast stellen de functies verschillende (vaak tegenstrijdige) eisen en wensen aan het IJsselmeergebied voor een optimale ontwikkeling. Hiermee vormen de onderlinge relaties een complex geheel.

De ontwikkelingen en problemen kunnen op verschillende manieren benaderd worden. Verschillende toekomstvisies op en plannen en ideeën voor het IJsselmeergebied zijn gepresenteerd. Veel van deze plannen zijn gericht op de ontwikkeling van slechts één of twee van de ruimtelijke functies van het IJsselmeergebied. Terwijl het in het belang van de toekomst van het gebied is om het probleem integraal te benaderen. Twee alternatieven voor de (her)inrichting van het IJsselmeergebied zullen hieronder worden besproken.

Twee voorbeelden van herinrichtingsplannen die het IJsselmeergebied integraal benaderen zijn de projecten *Markeroog*¹ en *Wetlands in het IJsselmeer*².

In het plan Markeroog wordt voorgesteld om in het Markermeer een lagune aan te leggen waar woningbouw, natuurontwikkeling en verbeteren van de waterkwaliteit gecombineerd worden. Voor het creëren van de lagune wordt het IJmeer door middel van een dijk afgescheiden van het Markermeer, en ontstaat er een derde compartiment 'Amsterdam IJmeer'.

¹ Markeroog: inrichtingsplan van West 8, Boskalis, AT Osborn en Witteveen + Bos.

² Wetlands in het IJsselmeer: initiatief van de stichting 'Wetlands in het IJsselmeer'. (IMSA, ECORYS, GeoDelft en WL|Delft Hydraulics).

In het project Wetlands wordt voorgesteld om eilanden in het Markermeer op te spuiten en daardoor tevens diepe geulen te creëren. De eilanden bieden kansen voor natuurontwikkeling, terwijl de geulen dienen als slibvangers. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid voor beperkte woningbouw/verstedelijking op de eilanden.

De mogelijkheid om ideeën uit beide herinrichtingsplannen worden gecombineerd in een derde alternatief. In dit alternatief staat de compartimentering van het Markermeer en IJmeer centraal, dit door middel van een dijk tussen Almere en Waterland. De compartimentering splitst het huidige meer in twee delen met verschillende functies: het IJmeer met ruimte voor stedelijke functies en het Markermeer waar ecologie en natuur centraal staan. Een ander kenmerk van dit alternatief is dat verschillende peilregimes kunnen worden toegepast op de verschillende compartimenten. De verschillende peilregimes vallen samen met de eerder genoemde eisen en wensen die de natuur en stedelijke functies stellen.

In het onderzoek zal de aandacht worden gericht op het laatstgenoemde alternatief: het compartimenteren van het IJmeer en Markermeer. In dit alternatief is er ruimte voor de drie hoofdfuncties (veiligheid, zoetwatervoorraad en ecologie) van het IJsselmeergebied, maar is er zeer zeker ook aandacht voor de overige functies binnen het gebied.

Peilbeheer speelt een sleutelrol om compartimentering tot een succes te maken. De verschillende (ruimtelijke) functies stellen elk verschillende eisen en wensen aan het peilregime. De relaties tussen peilbeheer en de verschillende functies zijn wederzijds. Deze kunnen en mogen niet onafhankelijk van elkaar worden gezien.

1.2 Afbakening

Uit bovenstaande aanleiding blijkt dat de aanleg van een extra IJmeer compartiment een heel breed onderwerp is. Zeker wanneer de eerder besproken integrale benadering op dit onderwerp wordt toegepast. De breedte van het onderwerp wordt niet alleen bepaald door de verschillende functies binnen het systeem, maar zeker ook door de (geografische) omvang.

Vaak hebben aanpassingen binnen het IJsselmeersysteem hun invloed op het hele IJsselmeergebied. Zo zal een extra compartiment niet alleen invloed hebben op het Marker- en IJmeer zelf. Maar zullen er ook effecten zijn op het IJsselmeer, de randmeren, het Noordzeekanaal en de waterhuishouding van de omliggende provincies. De omvang van zowel het aantal functies als de invloedsreikwijdte maakt duidelijk dat er voor dit onderzoek sterk moet worden afgebakend.

Daarom is er gekozen het gebied af te bakenen. De afbakening verloopt in twee stappen. In de eerste stap wordt er ingezoomd vanuit het gehele IJsselmeergebied op het Marker- en IJmeer. Vervolgens worden in de tweede stap de grensvlakken van de twee nieuwe compartimenten bekeken. Onder de grensvlakken worden zowel de oevers als de nieuw aan te leggen dijk inclusief (de eigenschappen van) de stroken water parallel hier aan verstaan. Dit afbakeningsproces is gevisualiseerd in *figuur 1*.



Figuur 1: Afbakening onderzoeksgebied (foto's: Google Earth)

1.3 Doelstelling

Uit bovenstaande aanleiding valt op te maken dat compartimentering mogelijkheden biedt tot de verdere ontwikkeling van het IJsselmeergebied. Uit de aanleiding kan ook de conclusie worden getrokken dat de peilregimes en het succesvol (verder) ontwikkelen van verschillende functies in de drie compartimenten van elkaar afhankelijk zijn.

De doelstelling van het onderzoek die na deze aanleiding naar voren komt is tweeledig en als volgt geformuleerd:

- Inzicht te krijgen in effecten van een mogelijke compartimentering van het Markermeer op de verschillende (ruimtelijke) functies binnen de twee nieuwe meren.
- Het in kaart brengen van de effecten en gevolgen van het toepassen van een ander (natuurlijker) peilbeheer op de grensvlakken.

De keuze voor een tweeledige doelstelling is gemaakt om het verband tussen de functie en inrichting van een gebied én de gevolgen daarvan op het scheidingsvlak niet uit het oog te verliezen. Zonder een overzicht van de mogelijkheden voor functies en de ruimtelijke inrichting van zowel het Markermeer als IJmeer is het immers niet mogelijk de effecten op het scheidingsvlak van de twee compartimenten in kaart te brengen.

Het scheidingsvlak komt in deze doelstelling duidelijk naar voren, dit om verschillende redenen. Ten eerste is het een essentieel onderdeel van het compartimenteren, zonder dijk geen nieuwe compartimenten. Ten tweede bepalen de effecten op het scheidingsvlak (inclusief ontwikkelingen in en op het water) voor een belangrijk deel het slagen van de compartimentering. En ten derde is het scheidingsvlak zelf binnen eerdere onderzoeken een redelijk blanco gebied, daarmee kan dit onderzoek een waardevolle aanvulling vormen op de bestaande kennis.

1.4 Vraagstelling

De vraagstelling volgt uit de aanleiding, afbakening en doelstelling, zoals in voorgaande paragrafen beschreven. Uit het feit dat de doelstelling tweeledig is vloeit voort dat er gekozen is voor een splitsing in meerdere centrale vragen.

Centrale vragen

De centrale vragen zijn gekoppeld aan de twee stappen die in het afbakeningsproces worden gemaakt.

De eerste vraag is verbonden met de eerste stap van zowel de afbakening als de doelstelling waarin wordt gefocust op het Markermeer en IJmeer. Deze vraag dient om een globaal overzicht te krijgen van de koppeling tussen verschillende functies en een extra compartiment. De vraag is als volgt geformuleerd:

1. Wat zijn de effecten op het scheidingsvlak van de compartimenten IJmeer en Markermeer bij het toepassen van verschillende peilregimes met in acht neming van de bijbehorende functies?
2. Welke extra mogelijkheden en beperkingen voor de herinrichting van het Markermeer- en IJmeergebied zijn het gevolg van het aanleggen van een dijk tussen beide meren en het toepassen van verschillende peilregimes?

De tweede vraag is logischerwijs verbonden met de tweede stap van zowel de afbakening als de doelstelling waarin wordt gefocust op het scheidingsvlak tussen de twee compartimenten. Deze vraag dient om de effecten van het toepassen van verschillende functies binen het scheidingsvlak in kaart te brengen. De vraag is als volgt geformuleerd:

Deelvragen

Het mag duidelijk zijn dat de vragen, zoals hierboven beschreven, niet in een keer beantwoord kunnen worden. Daarvoor is er gekozen de vragen op te splitsen in onderstaande deelvragen om tot een duidelijke beantwoording te kunnen komen:

- 1.1. Wat zijn de (fysische) effecten van verschillende peilregimes?
 - 1.2. Welke functies zijn gewenst binnen het scheidingsvlak wanneer verschillende peilregimes worden gehanteerd?
 - 1.3. Wat zijn de effecten van toepassen van verschillende peilregimes (*waar mogelijk kwantitatief uitgedrukt*) op deze verschillende functies?
 - 1.4. Welke eisen stellen deze effecten en functies aan een mogelijk ontwerp van een scheidingsvlak (*algemeen beschrijvend*)?
-
- 2.1. Welke functies zijn gewenst in en rondom het IJmeer en Markermeer op zowel de korte als lange termijn?
 - 2.2. Welke extra mogelijkheden zijn het gevolg van een extra compartiment en het toepassen van verschillende peilregimes op de herinrichting van beide meren?
 - 2.3. Welke beperkingen zijn het gevolg van een extra compartiment en het toepassen van verschillende peilregimes op de herinrichting van beide meren?

1.5 Context

In dit onderzoek is het van groot belang het besproken onderwerp in de juiste context te plaatsen. In de aanleiding en afbakening is al naar voren gekomen dat het IJmeer en Markermeer in dit onderzoek centraal staan. Dat betekent niet dat in specifieke gevallen in of uitgezoomd kan worden. Zo wordt bij de kwantitatieve benadering het IJmeer gedetailleerder bekeken, hier worden immers de grootste veranderingen verwacht. In enkele gevallen is de rol van het IJsselmeer belangrijk, een terugkoppeling naar het IJsselmeer zal dan ook niet achterweg worden gelaten.

In het geval dat de context niet (duidelijk) wordt vermeld betreft het Markermeer en IJmeer.

1.6 Operationalisering

Het werkelijke onderzoek wordt in twee fasen opgesplitst aan de hand van de twee centrale vragen. De vragen zijn verschillend van aard en vragen daarom een geheel eigen benadering. De eerste onderzoeksvraag is meer evaluatief van aard, de tweede vraag daarentegen heeft een meer ontwerpgerichte insteek.

De eerste centrale vraag is bedoeld om op globale wijze de toekomstige functies en inrichtingsmogelijkheden in kaart te brengen. Er zijn al veel onderzoeken, rapporten en visies op dit gebied, maar vaak ontbreekt hier de integrale benadering. Vanuit de tweede centrale vraag is het wenselijk om een helder antwoord op de eerste vraag te krijgen.

Voor dit onderdeel van het onderzoek is een literatuurstudie uitermate geschikt. Zoals eerder vermeld zijn er veel gegevens beschikbaar, maar ontbreekt er één centrale visie.. Hierbij betreft het om een globaal overzicht en niet een gedetailleerd onderzoek waarbij de functies aan exacte locaties worden gekoppeld.

Het beantwoorden van de tweede vraag zal meer tijd vergen dan de eerste. Dit vanwege het feit dat er op een gedetailleerder niveau wordt gekeken. De complexiteit wordt daarnaast beïnvloedt door het feit dat deze opgave vraagt om een andere benadering. Bij dit deel van het onderzoek gaat het om het toe- en inpassen van de verschillende functies in het scheidingsvlak van de compartimenten.

Bij deze vraag is het belang de verschillende functies vast te stellen die voorkomen in het scheidingsvlak van de compartimenten. Hier vandaan kan worden vastgesteld wat de effecten van het toepassen van verschillende peilregimes aan weerszijden van de dijk voor invloed heeft op deze functies. De antwoorden op de tweede centrale vraag zullen aan de hand van deels op de literatuur gebaseerd zijn, deels voort komen uit modellen en deels een eigen interpretatie zijn.

Funcities IJsselmeergebied

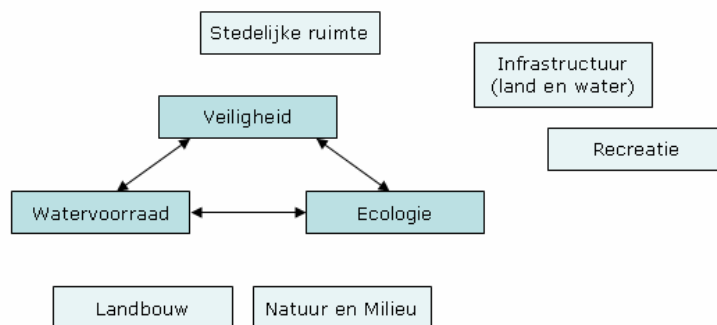
In dit hoofdstuk worden de verschillende functies van het IJsselmeergebied in kaart gebracht aan de hand van een literatuurstudie. Het betreft de bestaande functies die al aan het gebied toegekend zijn, maar zeer zeker ook de functies die in de toekomst aan het gebied zijn gekoppeld.

Aanpassingen binnen het IJsselmeer systeem zullen gevolgen hebben voor de bestaande functies. Tegelijkertijd zullen de verschillende functies effect hebben op het succes van aanpassingen binnen het IJsselmeer systeem. Het creëren van een nieuw compartiment "Amsterdam IJmeer" is een grote ingreep binnen het IJsselmeergebied. De wisselwerking tussen deze ingreep en de huidige en beoogde functies bepaalt het succes van de ingreep. Daarom is het belangrijk deze functies duidelijk in te beeld te brengen.

Voor het IJsselmeergebied wordt door Rijkswaterstaat onderscheid gemaakt in de volgende drie hoofdfuncties: *veiligheid*, *zoetwatervoorraad* en *ecologie*. Herinrichting van het IJsselmeergebied moet in ieder geval de ruimte blijven bieden voor deze functies. Daarnaast zijn er nog diverse andere (ruimtelijke) functies binnen het IJsselmeergebied. Ingezoomd op het Markermeer en IJmeer, de scope van dit project, komen de volgende functies/pijlers naar voren:

- Veiligheid
- Natuur(ontwikkeling) en ecologie
- Zoetwatervoorraad
- Scheepvaart
- Recreatie
- (Buitendijkse) stedelijke ontwikkelingen
- Infrastructuur | verkeer en vervoer
- Waterberging

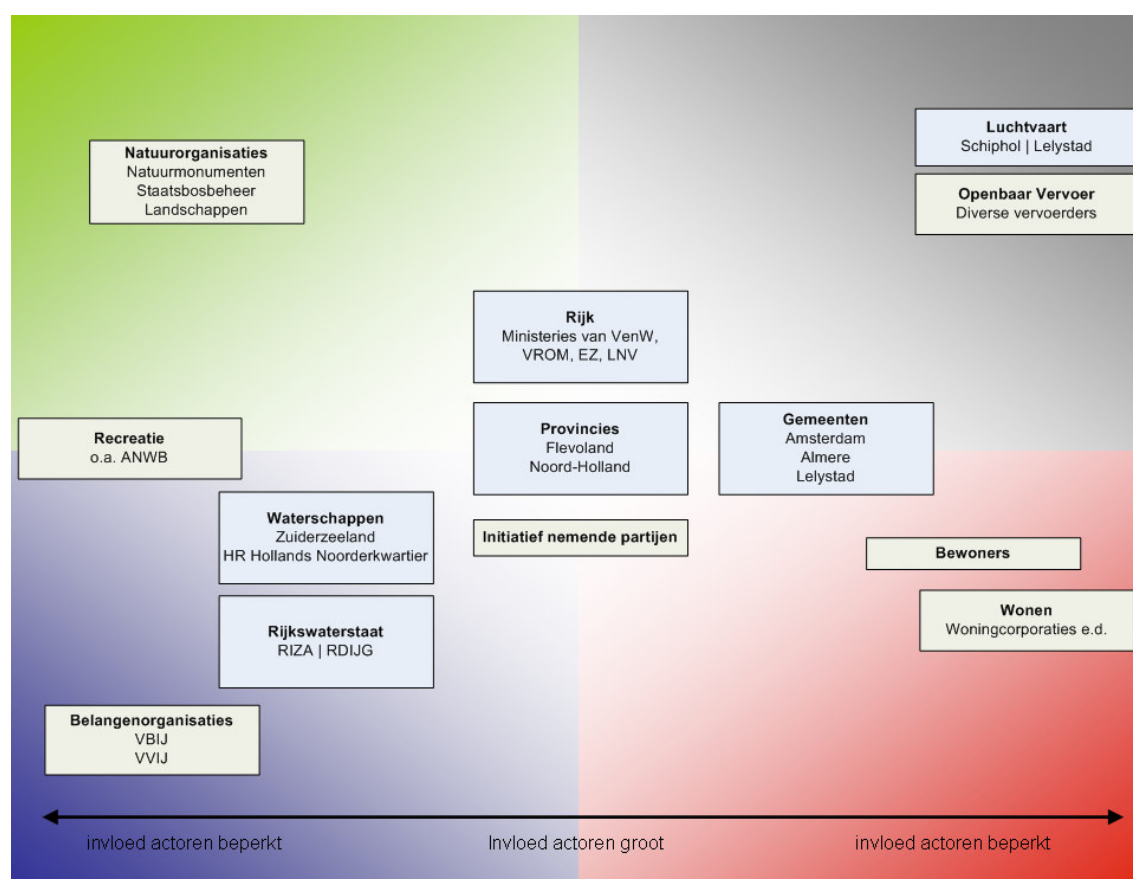
De complexe samenhang van deze functies is terug te vinden in *figuur 2*. De wisselwerking tussen de verschillende functies is geen statisch begrip, maar speelt zich juist af in een dynamische wereld. In het iteratieve relatieschema is ruimte voor toekomstige ontwikkelingen dan ook noodzaak.



Figuur 2 functie-relatieschema

In het functieoverzicht zijn de drie pijlers watervoorraad, ecologie en veiligheid centraal gesteld. De overige functies zijn hierom heen geplaatst. Hieruit valt tevens de positie van deze functies ten opzichte van de hoofdpijlers af te leiden. Opvallend is ook de sterke onderlinge afhankelijkheid tussen veiligheid, watervoorraad en ecologie.

Functies zijn niet alleen met elkaar verbonden, maar ook met de bijbehorende actoren. Per functie zijn er vaak meerdere bijbehorende actoren, die op hun beurt soms weer aan meerdere functies zijn gekoppeld. De verhoudingen tussen de actoren liggen nog complexer dan bij de functies het geval is. In *figuur 3* zijn de belangrijkste actoren en hun plaats ten opzichte van de functiecategorieën weergegeven. Dit schema is afgeleid uit het actorenoverzicht dat terug te vinden is in bijlage I. De onderlinge relaties zijn in dit schema niet weergegeven, deze zijn te complex om in dit schema mee te nemen. Daarnaast zijn in het schema een divers aantal NGO's niet meegenomen. Dit om dat zij zeer verschillend van aard zijn wat betreft invloedsreikwijdte en belangen. Ook moet er nog rekening worden gehouden met zowel de beroeps- als recreatievaart.



Figuur 3 actoren- functie relatieschema

In de aanleiding is al naar voren gekomen dat een aangepast peilbeheer en het compartimenteren van het Markermeer en IJmeer samen gaan. In dit hoofdstuk zal verder worden ingegaan op de peilregimes binnen beide compartimenten. In dit onderzoeksverslag zullen de definities voor de verschillende peilregimes worden gebruikt, zoals deze door Rijkswaterstaat in de WIN strategie zijn uiteengezet (2000). Deze definities zijn weergegeven in kader 1, onderaan deze pagina.

3.1 Huidig peilregime

In de huidige situatie wordt er gewerkt met een zomer- en winterstreefpeil in het IJsselmeergebied. Dit houdt in dat in het IJsselmeer en Markermeer gedurende de periode april tot en met september en peil van -0,20 m NAP nagestreefd wordt. In de winter daarentegen bedraagt het streefpeil -0,40 m NAP. (zie *figuur 4*)

Als uitgangspunt voor de deze twee streefpeilen dienen de twee eerder genoemde pijlers *veiligheid* en *zoetwatervoorraad*. De derde pijler *natuur en ecologie* staat bij dit peilregime buitenspel. Niet alleen vanwege het feit dat de hoge zomerpeilen en lage winterpeilen tegennatuurlijk zijn, maar juist ook door het feit dat overgangen tussen deze verschillen abrupt van aard zijn. (Iedema, 2006)

Naast de problemen met natuur en ecologie in de huidige situatie, biedt dit peilregime ook niet te veel vrijheid aan ruimtelijke ontwikkelingen, zoals de uitbreiding van Almere. Om laatstgenoemde ontwikkeling optimaal te kunnen stimuleren is een vast peil gewenst, dat goed is te handhaven met het oog op veiligheid. Dit in tegenstelling tot de pijler *natuur en ecologie*, voor de hand ligt dat natuurontwikkeling beter tot haar recht komt bij meer fluctuaties. In hoofdstuk 4 wordt hier dieper op ingegaan. Compartimenteren van het Markermeer en IJmeer biedt de mogelijkheid om aan deze verschillende eisen te kunnen voldoen. Aan weerszijden van de dijk kan immers een verschillend peil worden ingesteld.

Huidig peilbeheer

Het huidige peilbeheer werkt met vastgestelde streefpeilen. Doel is om deze streefpeilen steeds zo goed mogelijk te handhaven. In het kanalen gebied zijn deze streefpeilen zowel zomer als winter NAP -0,40 m. In het merengebied is sprake van zomerstreefpeilen (NAP -0,20 m) die steeds hoger zijn dan de winterstreefpeilen (NAP -0,40 m).

Flexibel (of dynamisch) peilbeheer

Bij een dergelijk peilbeheer zijn ruime marges rondom de streefpeilen mogelijk. Een flexibel peilbeheer biedt meer mogelijkheden voor waterberging en anticiperend spuien.

Natuurlijker peilverloop

Waterstanden volgen de natuurlijke afvoer van een rivier, in het Natte Hart de IJssel. Dit betekent een hoog peil in de winter, dat uitzakt vanaf het voorjaar tot een laag zomerpeil, met fluctuaties in de seizoenen en door de jaren heen.

Seizoensgebonden peilbeheer

Peilbeheer waarbij streefpeilen worden gehanteerd die door het jaar heen variëren volgens een verloop dat mede is gebaseerd op de natuurlijke afvoer van een rivier. De streefpeilen en te hanteren marges zijn echter zo ingesteld, dat er positieve effecten zijn voor natuur en watervoorziening (hoog voorjaarspeil, uitzakkend in zomer), geen effecten ontstaan op maatgevende situaties voor de veiligheid (lage peilen in stormseizoen) en dat het voor andere gebruiksvormen neutraal tot positief uitpakt.

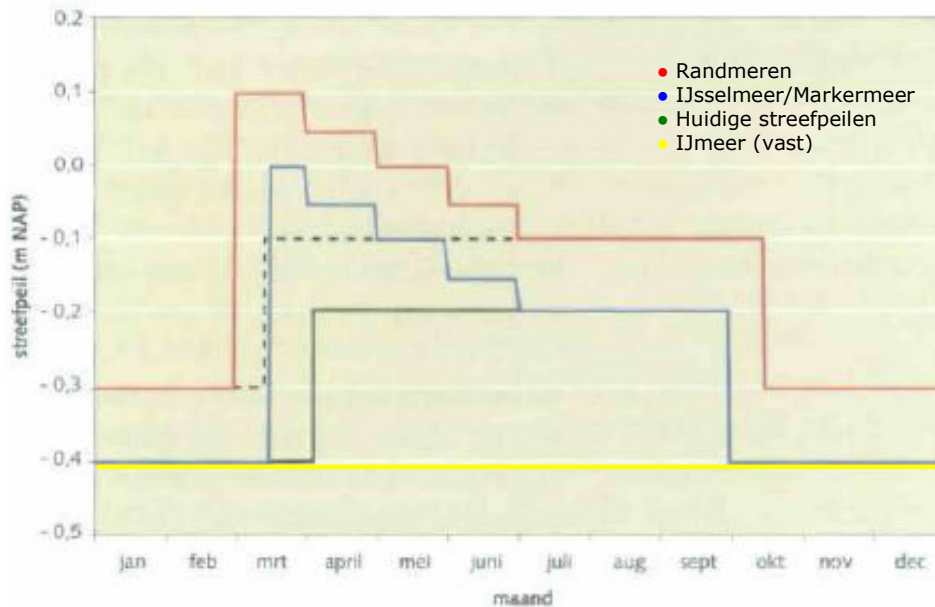
Kader 1 Peilbeheer WIN (Rijkswaterstaat, 2000)

3.2 Compartimenteren

Het aanleggen van een dijk tussen Almere en Noord-Holland maakt het mogelijk om verschillende peilen in te stellen in de afzonderlijke meren. Uit het functie overzicht is naar voren gekomen dat rondom het IJmeer de wens bestaat om stedelijke uitbreidingen te realiseren. Dit gaat het best samen met een vast peil. De verdere invulling van het vaste peil zal in paragraaf 3.4 verder naar voren komen.

Voor de stimulering van natuurontwikkeling zijn er verschillende invullingen van het peilregime aan de noordzijde van de nieuw aan te leggen dijk mogelijk. Zowel een flexibel, natuurlijker als seizoensgebonden peil biedt mogelijkheden voor natuurontwikkeling. In paragraaf 4.3 wordt de keuze voor een seizoensgebonden peil verder toegelicht. Eveneens zal de verdere uitvoering van dit peilregime worden besproken.

In *figuur 4* is een overzicht gegeven van de verschillende peilregimes die in dit hoofdstuk aan de orde komen



Figuur 4 Streefpeilen huidig en seizoensgebonden peilbeheer (aangepast: WIN, 2000)

3.3 Markermeer

Voor het Markermeer is gekozen voor een seizoensgebonden peil. Niet alleen overwegingen met betrekking tot de mogelijkheden voor natuurontwikkeling hebben geleid tot de keuze voor dit peilregime. Randvoorwaarden als veiligheid en zoetwatervoorraad zijn in deze overweging ook meegenomen. Naar aanleiding van eerdere studies heeft zowel Rijkswaterstaat als het Rijk (2001, 2007) de voorkeur uitgesproken voor een seizoensgebonden peilregime.

Bij een natuurlijker peil is in plaats van het zomerpeil juist het winterpeil het hoogst. Dit is in tegenstelling met de eisen die voortvloeien uit het veiligheidsoogpunt. De IJssel heeft haar hoogste afvoer immers in de winter. Daarnaast is Rijkswaterstaat van mening dat bij een flexibel peil te veel onzekerheid ontstaat en er te weinig tijd is om handelend op te treden bij hoge afvoeren. Een natuurlijker en flexibel zijn dus te veel in strijd met de veiligheid en worden daarom in dit onderzoek niet verder meegenomen.

3.4 IJmeer

Voor het gecompartmenteerde IJmeer wordt gestreefd naar een vast peil. Het compartiment IJmeer, bestaat ook uit het Gooi- en Eemmeer. Wanneer dit vaste peil wordt afgestemd op het peil in het kanalengebied (Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal), ontstaat er een open verbinding tussen Amsterdam en Almere.

In het vervolg wordt voor het IJmeer een peil van NAP -0,40 m aangehouden. De effecten van het al dan niet openzetten van de Oranjesluizen worden in de volgende hoofdstukken meegenomen.

In de grafiek is tevens de waterdiepte voor de randmeren te vinden. Deze lijn geldt niet voor de zuidelijke randmeren. Omdat deze in de huidige situatie tot het Markermeer compartiment behoren, en in het alternatief tot het compartiment IJmeer.

3.5 De toekomst

Misschien nog wel belangrijker dan hoe de peilregimes exact worden ingevuld is het de vraag of de aanpassingen binnen het IJsselmeergebied duurzaam en toekomstbestendig zijn. Zoals in de context aangegeven zijn het Markermeer en IJmeer twee schakels in een complex, dynamisch netwerk. Veranderingen binnen dit systeem kunnen verstrekkende gevolgen hebben. Aanpassingen van het systeem, zoals compartimenteren, moeten dan ook *no regret* maatregelen³ zijn.

Een voorbeeld van één van de mogelijke wijzingen binnen het systeem is de zeespiegelstijging. Het IJsselmeer voert voor een groot deel onder vrij verval af op de Waddenzee. Met de recente uitbreiding van de spuicapaciteit is de verwachting dat er tot 2050 onder vrij verval op de Waddenzee kan worden gespuid. (Rijkswaterstaat, 2000)

Na 2050 zal naar alle verwachting de zeespiegel zo ver gestegen zijn, dat spuien onder vrij verval met de huidige streefpeilen te moeilijk wordt. Een oplossing is dan om het IJsselmeerpeil te verhogen zodat het wel mogelijk blijft om onder vrij verval te kunnen spuien. Dan rest de vraag wat er gebeurt met het Markermeer. Ook hier is het mogelijk dat het peil mee stijgt, al zal dat bij een kleine zeespiegelstijging nog niet direct noodzakelijk zijn.

De optie van een stijgend Markermeerpeil mag in ieder geval niet worden uitgesloten, aangezien de toekomst met betrekking tot veiligheid, maar ook de vraag naar zoetwater, nog te veel onzekerheden biedt.

³ No regret maatregelen: maatregelen met een onomkeerbaar karakter waarvan alle eigenschappen en gevolgen van te voren in kaart zijn gebracht, zodat achteraf geen 'spijt' ontstaat.

Relaties tussen functies en compartimentering

Het invoeren van een ander peilregime heeft invloed op de in hoofdstuk 3 uitgewerkte functies. Het zelfde geldt voor het aanleggen van een dijk op het grensvlak van het Markermeer en IJmeer. Deze veranderingen brengen voor sommige functies beperkingen met zich mee, maar in andere gevallen mogelijkheden tot verdere ontwikkeling. In dit hoofdstuk zullen de relaties tussen functies en peil in kaart worden gebracht. Vervolgens vindt er een vertaalslag plaats naar het Markermeer en IJmeer en de bijbehorende (wenselijke) functies.

4.1 Veiligheid

De belangrijkste functie van de grensvlakken van het Markermeer en het IJmeer is het bieden van bescherming tegen hogen water en het voorkomen van overstromingen. Veiligheid, het aanleggen van een nieuwe dijk en het invoeren van andere peilregimes hebben diverse raakvlakken.

De waterdiepte en strijklengte zijn eigenschappen die voornamelijk inspelen op de fysische processen en de golfeigenschappen⁴ beïnvloeden. In hoofdstuk 5 zullen de fysische effecten ten gevolge van compartimentering nader worden besproken. Het verleden leert dat wanneer het op het waarborgen van de veiligheid aankomt, de winter in vele gevallen het maatgevende seizoen is (KNMI, 2007).

In de gekozen peilvariant zal rekening moeten worden gehouden met veranderingen, die buiten het systeem zelf plaats vinden. Door klimaatverandering zal de zeespiegel stijgen en de maximale windsnelheid (lichtelijk) toenemen. Voor het IJsselmeergebied betekent dit dat het moeilijker wordt om onder vrij verval te kunnen spuien en dat de maatgevende golfeigenschappen zullen toenemen. Veranderingen in deze variabelen werken door in het seizoensgebonden peilscenario. Daarom is het van belang dat duurzaamheid en robuustheid niet uit het oog worden verloren.

Daarnaast worden hoog water risico's in Nederland nog steeds gezien als het product van de kans dat het misgaat en de gevolgen die hierbij optreden. Dit is direct verbonden met de verschillende peilscenario's. Het is immers aannemelijk dat er een hogere schade valt te verwachten bij een hoger meerpeil.

4.2 Blauw: waterkwantiteit en -kwaliteit

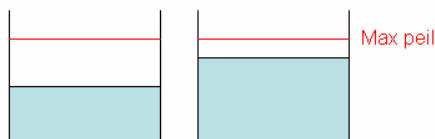
De relaties tussen blauwe functies en het creëren van twee compartimenten met een eigen peilbeheer zijn eveneens veelzijdig van aard. Vandaar dat functies gerelateerd aan de waterkwantiteit en waterkwaliteit apart worden beschreven.

Waterkwantiteit

Zoetwatervoorraad, waterberging, grondwater en afwatering beslaan de belangrijkste gebieden binnen de waterhuishouding.

⁴ Golfeigenschappen: golfhoogte, golflengte en -golfperiode

Voor de zoetwatervoorraad en waterberging zijn de meerpeilen van directe invloed. Hoe hoger het meerpeil, hoe groter de zoetwatervoorraad is. Deze zoetwatervoorraad dient niet alleen voor de drinkwatervoorziening en de irrigatie, maar is ook van belang voor de inlaat in diverse boezemsystemen. De bergende functie van het Markermeer en IJmeer wordt door een hoger peil verder beperkt. (zie figuur 5) Wanneer de capaciteit van het meer gelijk blijft en het peil hoger ligt, is er minder capaciteit om water vanuit de polders en IJssel te bergen. De bergingscapaciteit is namelijk gelijk aan het product van het meeroppervlak en het verschil tussen het maximum en het optredende meerpeil. Hierbij is het maximum meerpeil afhankelijk van de dijkhoogte. Daarnaast neemt door toegenomen hoogteverschil, dat door de gemalen moet worden overbrugd, de behoefte gemaalcapaciteit uit te breiden toe.



Figuur 5 *Bergingscapaciteit*

De tegenstrijdigheid tussen deze twee functies is niet zo groot als deze op het eerste moment lijkt. De bergingsfunctie is vooral van belang in het winterseizoen, terwijl de zoetwatervoorraad in het voorjaar en de zomer het grootst moet zijn. Ook bij deze functies speelt duurzaamheid een belangrijke rol. Verwacht wordt dat in de toekomst er meer water uit het gebied wordt onttrokken en dat er na perioden met hevige neerslag vaker meer water moet worden geborgen.

Door een peilverhoging zal het verschil tussen het boezempeil en het meerpeil toenemen. Dit zorgt ervoor dat het meer energie kost om eenzelfde hoeveelheid water via een gemaal naar het meer te transporteren. De capaciteit van gemalen zal door de grotere te overbruggen hoogte afnemen.

Een verhoging van het meerpeil kan daarnaast ook nog eens een grotere kwelflux naar de omliggende gebieden tot gevolg hebben (voornamelijk de diepe polders in Flevoland). Om het grondwaterpeil te kunnen handhaven met een grotere kwelflux, zal er meer water vanuit polder naar de meren moeten worden afgevoerd. Dit kan tot extra problemen leiden bij de gemalen rekening houdend met de eerder genoemde extra behoefte aan gemaalcapaciteit. In hoofdstuk 5 zal hier verder op in worden gegaan.

Waterkwaliteit

Zoals uit de functieanalyse naar voren is gekomen stellen veel functies eisen aan de waterkwaliteit. De focus bij waterkwaliteit ligt voornamelijk op de chemische samenstelling van het water; het doorzicht en de slibproblematiek worden bij natuurontwikkeling meegenomen. Het instellen van verschillende peilen zal weinig invloed hebben op de samenstelling van het water. De aanleg van een dijk beperkt de uitwisseling van water tussen beide meren. Uit de resultaten van een studie van Witteveen en Bos (2001) blijkt dat IJmeer en Markermeer in de huidige situatie ook slechts op beperkte wijze mengen. Dit is geïllustreerd in de afbeelding die te vinden is in bijlage II 'Stroomsnelheden'. De stroomsnelheden in het grensvlak van het Marker- en IJmeer zijn zeer klein, zowel absoluut als relatief gezien. Beide meren kunnen wat betreft de waterkwaliteit in de huidige situatie dan ook als twee losstaande compartimenten worden gezien.

Eutrofiering is een ander verschijnsel dat enkele per jaar overlast veroorzaakt in het Gooi-, Eem- en IJmeer. Op het moment zijn er in het kader van het project BEZEM (Bestrijding Eutrofiering Zuidelijke Randmeren) verschillende maatregelen genomen die de overlast in de toekomst moet en laten afnemen. Het aanleggen van de dijk zal geen invloed hebben op de mate waarin de eutrofiering overlast bezorgt, dit geldt eveneens voor het instellen van een ander peil.

Compartimenteren betekent ook dat het IJmeer in open verbinding kan komen te staan met het Noordzeekanaal. De zoutconcentraties zijn in het Noordzeekanaal hoger dan in het IJmeer (Oude Essink, 2004). In het geval dat het IJmeer in open verbinding met het Noordzeekanaal komt te staan kan dit betekenen dat het zoutgehalte van het IJmeer verder toeneemt. In welke mate dit gebeurt, is afhankelijk van de mengsnelheid die door veel factoren wordt beïnvloedt. Verder speelt de doorspoeling/afwatering van het IJsselmeersysteem ook een belangrijke rol: zowel de frequentie als het zoutgehalte van het aangevoerde water. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan. Een gecompartmenteerd IJmeer met een vast peil zorgt ervoor dat de Oranjesluizen bij Amsterdam niet meer nodig zijn hun huidige functie te vervullen. De waterstand is aan beide zijden immers gelijk. De invloed op de waterkwaliteit van het IJmeer zouden deze plannen in de weg kunnen staan. Verplaatsing van de Oranjesluizen (voor de waterkwaliteit) in westelijke richting is dan optie. In dat geval moet er weer rekening gehouden worden met de scheepvaart op het IJ, in de havens en in het Noordzeekanaal.

4.3 Grijs: scheepvaart

De grijze relatie tussen de functies en peilregimes komt naar voren uit de scheepvaart en de daarbij horende infrastructuur. Vanuit de scheepvaart zullen verschillende randvoorwaarden en eisen met betrekking tot de dijk en de daarbij behorende sluizen naar voren komen. De schutcapaciteit en schutsnelheid zijn bijvoorbeeld afhankelijk van het verschil in waterstand tussen beide compartimenten.

Het invoeren van een vast peil in het IJmeer maakt een sluispassage tussen het IJ en het IJmeer overbodig. Er is dan een directe verbinding Amsterdam-Almere over het water mogelijk. De relatie tussen het openzetten van de Oranjesluizen en de waterkwaliteit van het IJmeer komt aan de orde in hoofdstuk 5.

Ook voor de recreatievaart kunnen deze open verbinding en extra sluizen gezien worden als voor- als nadeel van compartimenteren.

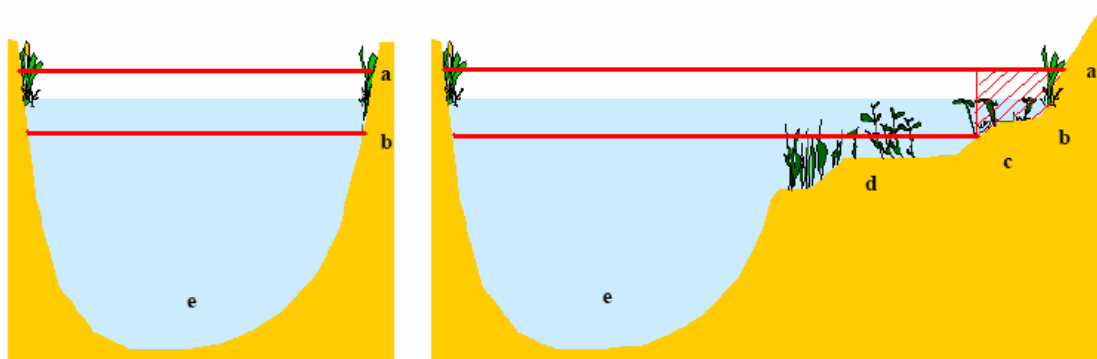
4.4 Groen: natuurontwikkeling

Eén van de uitgangspunten van compartimentering is het stimuleren van natuurontwikkeling in het Markermeer. De relaties tussen peilregimes en functies zijn veelzijdig, zo zal een peilbeheer mogelijk invloed hebben: de mogelijkheden voor oevervegetatie, de voorkomende fauna, de slibhoeveelheid, het doorzicht en de waterkwaliteit.

Het seizoensgebonden peil kan bijdragen aan natuurontwikkeling in de oeverzone van het Markermeer. Al blijkt uit een studie van Haasnoot et al. (2005) dat de ontwikkeling van natuur in de oeverzones zonder aanpassing van de oevers minimaal is. Klijn et al. (2006) concluderen in hun onderzoek dat het ontwikkelen van enkel natuurvriendelijke oevers niet voldoende is, aangepast peilbeheer is een essentiële aanvullende maatregel. In *figuur 5* is weergegeven dat deze wederzijdse afhankelijkheid kan bijdragen tot natuurontwikkeling.

Het groter land/wateroppervlak⁵, vooroevers en de noodzakelijke bescherming van de vooroevers creëren een zone waarin het slib kan bezinken. Het seizoensgebonden peil draagt bij aan een vermindering van de slibproblematiek in de oeverzone. Deze twee oplossingsrichtingen zorgen er samen voor dat het doorzicht in de grensvlakken van het Markermeer toeneemt. Hierdoor krijgt de onderwatervegetatie meer mogelijkheden zich in deze zone te ontwikkelen. De aanwezigheid van deze onderwaterplantenzone versterkt op haar beurt het slibopnemende vermogen van de vooroever. Het betreft hier positief feedbackproces.

⁵ land/wateroppervlak: het gedeelte van de oever dat door het verschil in het meerpeil zich op het ene moment onder water bevindt en op het ander moment boven de waterspiegel uitkomt. In fig. 6 weergegeven d.m.v. het gearceerde gedeelte.



Grove typering van de mogelijke ecologische zones. a = landzone, b = riet & moeraszone, c = drijfplantenzone, d = onderwaterplantenzone, e = open water

Figuur 6 Natuurontwikkeling en een seizoensgebonden peil (bewerkt: Haasnoot et al., 2005)

Dat seizoensgebonden peilbeheer niet in elke situatie toepasbaar blijkt eveneens uit het onderzoek van Haasnoot et al. (2005). De zuidelijke randmeren zijn juist niet gebaat bij een seizoensgebonden peilbeheer. De oevervegetatie komt daar bij het huidige peilregime zeer goed tot ontwikkeling. Bij de invoering van een seizoensgebonden peil in het zuidelijke compartiment zullen de natuurwaarden in de zuidelijke randmeren er op achteruitgaan. Veel ondiepe zones zullen bij een hoger peil verdwijnen en daarmee de kwetsbare, ecologische zone. Het aanleggen van de dijk tussen beide meren, maakt het dus mogelijk dat natuurontwikkeling in de randmeren en het Markermeer optimaal wordt gestimuleerd. Het hierboven besproken negatieve effect wordt tegengaan, doordat er bij compartimentering geen peilverhoging plaatsvindt in de zuidelijke randmeren.

4.5 Rood: stedelijke ontwikkeling

Het andere uitgangspunt achter compartimentering is de mogelijkheid tot (buitendijkse) stedelijke ontwikkeling, doordat in het IJmeer een vast peil gehanteerd kan worden. Dit uitgangspunt is gebaseerd op diverse relaties tussen het compartimenteren en de rode functies. Ook het openzetten van de Oranjesluizen kan bijdragen aan het verder ontwikkelen van de recreatiemogelijkheden.

De mogelijkheid tot het ontwikkelen van buitendijkse woongebieden in het IJmeer hangt voor een groot deel samen met de veiligheid. Het aanleggen van een dijk en het instellen van een nieuw peil zal er voor zorgen dat de golfgroei en opwaaiing in sommige gevallen beperkt wordt. Of dit ook voor de maatgevende omstandigheden geldt, wordt in hoofdstuk 5 nader bekeken. Dit neemt niet weg dat compartimentering leidt tot een hogere veiligheidsperceptie.

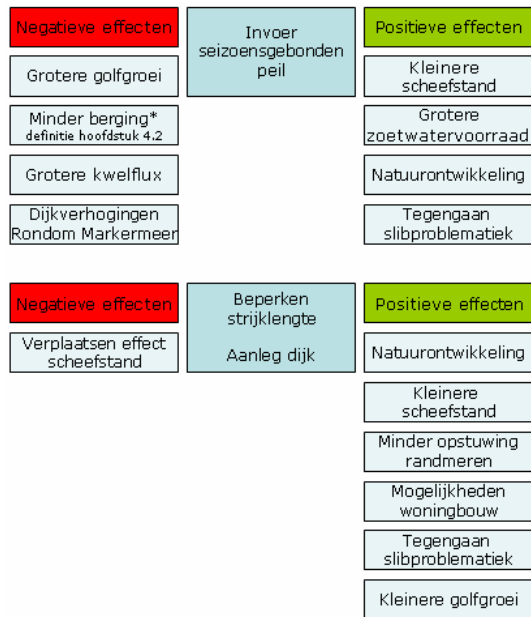
Daarnaast zijn er veel indirecte verbanden aan te wijzen tussen de rode functies en het compartimenteren van het Markermeer. Zo is er niet de keuze tussen rode of groene ontwikkelingen in het gebied, maar kunnen beide worden meegenomen. Verlies van natuurwaarden door het creëren van bebouwing, kan elders worden gecompenseerd. Het bestempelen van de Markermeeroevers als locatie voor deze ontwikkelingen, maakt het eenvoudiger de natuur hier te compenseren en extra te ontwikkelen.

4.6 Recreatie

Naast de eerder besproken gevolgen voor de recreatievaart zijn er geen directe verbanden tussen recreatie en het compartimenteren op zich zelf. In de functieanalyse is echter naar voren gekomen dat recreatie wel afhankelijk is van de rode en groene functies. Een intensivering van beide functies geeft als verwacht gevolg een hogere recreatiedruk op het IJmeer en Markermeer.

4.7 Conclusies

In onderstaand schema zijn de verschillende afhankelijkheden van compartimentering weergegeven. Dit door in het kort de positieve en negatieve gevolgen weer te geven:



Figuur 7 Afhankelijkheden compartimentering

Een nieuwe dijk tussen Almere en Noord-Holland zal zoals eerder aangeven de fysische processen in het IJmeer en Markermeer beïnvloeden. In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de processen gekoppeld aan de waterkwantiteit en –kwaliteit. Golfaanval en golfeigenschappen, opwaaiing, kwelflux en slibtransport.

5.1 Golfaanval en golfeigenschappen

5.1.1 Kwalitatieve analyse strijklengte en golfgroei

De golfhoogte en golfaanval zijn afhankelijk van zowel de waterdiepte, strijklengte⁶ als de windsnelheid. Dit wordt duidelijk geïllustreerd door de formules van Bretschneider (formules 5.1-5.6). Compartimenteren heeft invloed op de eerste twee variabelen. De aanleg van een dijk beperkt de strijklengte voor noordenwinden in het IJmeer. Het invoeren van een seizoensgebonden peil, verandert de waterdiepte. Ook hier moet er rekening mee worden gehouden.

Strijklengte

Het beperken van de strijklengte zal vooral merkbaar zijn in het IJmeer. Dit vanwege de kleinere afmetingen van het IJmeer. Na het creëren van de compartimenten zal de strijklengte in het IJmeer maximaal 12 kilometer bedragen, gelijk aan de maximale doorsnede van het nieuwe compartiment.

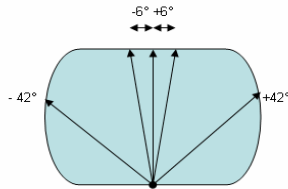
Het effect van het beperken van de strijklengte is afhankelijk van de locatie en windrichting. Uit deze twee factoren valt de effectieve strijklengte af te leiden. De effectieve strijklengte wordt niet enkel bepaald door de strijklengte gelijk aan de windrichting, maar is een gewogen variant van de strijklengtes. (Technische Adviescommissie Waterkeringen, 1989)

Voor afgesloten bassins wordt kan ook de 'kantelpunt' methode worden gebruikt, waarbij lagere effectieve strijklengten het resultaat zijn. In dit onderzoek is echter gebruik gemaakt van een andere methode. Wel wordt besproken wat het effect van het gebruik van de 'kantelpunt' methode geweest zou zijn.

⁶ Strijklengte: lengte van de open wateroppervlakte die beschikbaar is voor de golfontwikkeling door de wind

Effectieve strijklengte

$$F_e = \frac{\sum_{n=-42}^{n=42} (R_{(n+6)} \cos(n+6)^2)}{\sum_{n=-42}^{n=42} \cos n+6}$$



in graden	cos (x)	cos² (x)	R(x)	R(x) * cos²(x)
-42	0.743	0.552	70	39
-36	0.809	0.655	80	52
-30	0.866	0.750	90	68
-24	0.914	0.835	120	100
-18	0.951	0.905	130	118
-12	0.978	0.957	120	115
-6	0.995	0.989	110	109
0	1.000	1.000	100	100
6	0.995	0.989	110	109
12	0.978	0.957	120	115
18	0.951	0.905	130	118
24	0.914	0.835	120	100
30	0.866	0.750	90	68
36	0.809	0.655	80	52
42	0.743	0.552	79	44
13.511			1305	

$$F_e = 97 \text{ [m]}$$

Figuur 8 Voorbeeld berekening effectieve strijklengte

Legenda: R = strijklengte

In *figuur 8* is te zien op welke wijze de strijklengte wordt vastgesteld. Hieruit valt af te leiden dat volgens de gebruikte methode het aanleggen van de dijk niet alleen de effectieve strijklengtes bij noordenwinden verkleint, maar ook bij andere windrichtingen van invloed is. In enkele gevallen heeft de aanleg van de dijk geen invloed op de effectieve strijklengte, bijvoorbeeld wanneer de wind uit het zuidwesten komt.

De gevolgen voor het Markermeer zullen minder groot van aard zijn. Het effect voor de effectieve strijklengte wordt hier door twee redenen beperkt. De eerste is dat de afstanden in het Markermeer groter zijn en de onderlinge verschillen dichterbij elkaar liggen. De tweede reden is dat door de dijk slechts een klein gebied wordt afgesloten dat op de meeste strijklengtes niet van belang is. Daarnaast is het effect van het verminderen van de strijklengte vooral zichtbaar bij kleinere strijklengten. Hoe groter de strijklengte, hoe kleiner het effect van een gelijke vermindering van de strijklengte op de golfgroei.

De effecten van het beperken van de strijklengte zijn vooral terug te vinden in het IJmeer en minder in het Markermeer. Daarom worden bij de kwantificering enkel de effecten voor het IJmeer in kaart gebracht.

Waterdiepte

Bij de invoering van een seizoensgebonden Markermeerpeil is de waterdiepte groter in de periode maart tot en met juni in vergelijking met het huidige peilregime. In deze periode zal de golfgroei dan ook toenemen ten opzichte van de huidige golfgroei in dezelfde tijd. Door de relatief lage windsnelheden, kan deze situatie niet als maatgevend worden beschouwd. De grotere waterdiepte valt daarmee buiten het stormseizoen (winter) en heeft daarmee geen invloed op de maatgevende golfgroei.

Vooroevers

In voorgaande hoofdstukken zijn vooroevers besproken om natuurontwikkeling te stimuleren, vanwege het vergroten van het grensvlak van land en water. Naast het feit dat vooroevers het effect van een seizoensgebonden peil versterken hebben ze ook invloed op de golfgroei.

In de leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken (Technische commissie voor de waterkeringen, 1989) wordt het effect van vooroevers op de golfgroei besproken. Daarin wordt duidelijk dat vooroevers een sterke invloed hebben op de significante golfhoogte. Hierbij spelen zowel de bodemruwheid en de verminderde waterdiepte een rol.

Gezien de eigenschappen van het Markermeer lijken natuurlijke oevers geen lang leven beschoren. Ondiepe meren met een geringe peilfluctuatie streven naar een evenwichtsituatie met steile oeverwanden en een vlakke bodem. Dit heeft tot gevolg dat de geleidelijkere overgangen tussen land en water beschermd moeten worden door vormen van harde oeverbescherming (golfbrekers e.d.). Dit heeft tevens tot gevolg dat de maatgevende eigenschappen verder afnemen wanneer de golven de waterkering bereiken

5.1.2 Kwantificering strijklengte en golfgroei

Zoals uit de kwalitatieve analyse naar voren is gekomen, zullen de effecten van een het beperken van de strijklengte op de golfgroei het grootst zijn in het IJmeer. Daarom is er voor gekozen deze effecten op vier locaties in kaart te brengen. Deze locaties zijn:

- Almere Pampus
- Amsterdam IJburg
- De Leek
- Muiden

Deze locaties zijn weergegeven op de kaart met rode stippen (*figuur 9*). Bij deze berekeningen is de ligging van de dijk aangegeven door de zwarte lijn. De lijn is zo vastgesteld dat deze in het midden van het zoekgebied van de dijk ligt (zie bijlage III 'Zoekgebied dijk')



Figuur 9 Locatieoverzicht (kaart: Google maps)

Strijklengte

De eerste stap bestaat uit het vaststellen van de effectieve strijklengte. Dit is gedaan aan de hand van de gewogen methode, hierboven zoals beschreven, In bijlage V 'Uitwerkingen strijklengte en golfgroei' zijn invoergegevens en berekening terug te vinden die hebben geleid tot de effectieve strijklengten in Tabel 1.

Er is gekozen om per locatie (waar mogelijk) drie strijklengten te bepalen. De eerste (*u*) in de windrichting met de hoogst maatgevende windsnelheid. De tweede (*B*) in de windrichting loodrecht op de locatie. En de derde (*F*) in de windrichting met de maximale strijklengte in de situatie zonder dijk. Deze drie varianten zijn bepaald in twee scenario's: een scenario met een dijk tussen Almere en Noord-Holland en een scenario zonder dijk.

<i>F [m]</i>		<i>zonder dijk</i>	<i>met dijk</i>
Almere	<i>u</i>	7163	7163
	<i>B</i>	8245	4192
	<i>F</i>	18783	3075
De Leek	<i>u</i>	-	-
	<i>B</i>	7099	7099
	<i>F</i>	12199	6496
IJburg	<i>u</i>	-	-
	<i>B</i>	15284	6978
	<i>F</i>	16302	8124
Muiden	<i>u</i>	9413	6280
	<i>B</i>	16397	7539
	<i>F</i>	20741	6001

Tabel 1 Effectieve strijklengten

Legenda: *u* = strijklengte bij maatgevende maximale windsnelheid
B = strijklengte loodrecht op de oever
F = maximale strijklengte

Golfgroei

De golfgroei die hoort bij de twintig vastgestelde strijklengtes is vastgesteld met de formules van Bretschneider. Deze formules zijn empirisch vastgesteld en ook toepasbaar in deze situatie. (Technische adviescommissie voor de waterkeringen).

De formules bestaan uit een set voor ondiep water, een set voor diep water en een set voor gecombineerde omstandigheden. Bij de formules voor diep water is enkel de strijklengte bepalend voor de golfgroei (en niet de waterdiepte). Het omgekeerde is waar bij de formules voor ondiep water. En de combinatieformules worden toegepast wanneer zowel de strijklengte als de waterdiepte bepalend is voor golfgroei, dit blijkt voor het Markermeer en IJmeer in de meeste situaties het geval te zijn.

De formules van Bretschneider zijn als volgt geformuleerd:

Ondiep water

$$H_{1/3} = 0,283 \left(\frac{u^2}{g} \right) \operatorname{tgh} \left\{ 0,0125 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0,42} \right\} \quad (5.1)$$

$$T_{1/3} = 2,4\pi \left(\frac{u}{g} \right) \operatorname{tgh} \left\{ 0,077 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0,25} \right\} \quad (5.2)$$

Diep water

$$H_{1/3} = 0,283 \left(\frac{u^2}{g} \right) \operatorname{tgh} \left\{ 0,530 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0,75} \right\} \quad (5.3)$$

$$T_{1/3} = 2,4\pi \left(\frac{u}{g} \right) \operatorname{tgh} \left\{ 0,833 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0,375} \right\} \quad (5.4)$$

Gecombineerde formules

$$\tilde{H} = 0,283 \left(0,530 \tilde{d}^{0,75} \right) \operatorname{tgh} \left[\frac{0,0125 \tilde{F}^{0,42}}{\operatorname{tgh} (0,53 \tilde{d}^{0,75})} \right] \quad (5.5)$$

$$\tilde{T} = 2,4\pi \left(0,833 \tilde{d}^{0,375} \right) \operatorname{tgh} \left[\frac{0,077 \tilde{F}^{0,25}}{\operatorname{tgh} (0,833 \tilde{d}^{0,375})} \right] \quad (5.6)$$

Waarin:

$$\tilde{H} = \frac{H_{1/3} g}{u^2} \quad \text{dimensieloze golfhoogte} \quad (5.7)$$

$$\tilde{d} = \frac{dg}{u^2} \quad \text{dimensieloze waterdiepte} \quad (5.8)$$

$$\tilde{F} = \frac{Fg}{u^2} \quad \text{dimensieloze strijklengte} \quad (5.9)$$

$$\tilde{T} = \frac{T_{1/3} g}{u} \quad \text{dimensieloze golfperiode} \quad (5.10)$$

Variabelen

$g =$	zwaartekracht versnelling	[m/s ²]
$u =$	windsnelheid op 10 meter hoogte	[m/s]
$d =$	gemiddelde waterdiepte	[m]
$F =$	effectieve strijklengte	[m]
$H_{1/3} =$	significante golfhoogte	[m]
$T_{1/3} =$	significante golfperiode	[s]

Er is voor gekozen om met hulp van de methode Bretschneider de golfgroei op de eerder genoemde locaties (*figuur 7*) voor vier verschillende scenario's vast te stellen, namelijk:

1. De huidige situatie (winterpeil NAP -0,4m) met huidige strijklengten
2. De situatie na aanleg van een dijk, zonder peilveranderingen in het IJmeer
3. De situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 25 cm
4. De situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 50 cm

Het onderscheiden van de eerste twee scenario's ligt voor de hand. Het betreft hier de situatie voor en na de aanleg van een dijk. De andere twee scenario's worden meegenomen met oog op de toekomst. Rijkswaterstaat (2001) kan niet uitsluiten dat er na 2050 peilverhogingen in het Markermeer nodig zijn om een veilige waterhuishouding te garanderen. Daarom wordt er in deze situaties met peilverhoging gerekend van 25 en 50 cm, terwijl de strijklengte uit de huidige situatie blijft gehandhaafd.

De resultaten van de methode Bretschneider, met een overschrijdingskans van eens in de 5000 jaar, zijn te vinden in *tabel 2* (significante golfhoogte. In de bijlage VI zijn ook de bijbehorende significante golfperiode, gemiddelde golfperiode en gemiddelde golflengte. De uitwerkingen van de methode Bretschneider zijn te vinden in bijlage VI 'Uitwerkingen strijklengte en golfgroei'.

Bij het lezen van de gegevens dient verder in acht te worden genomen dat in sommige gevallen de gemiddelde diepte ook afneemt door de aanleg van de dijk. Deze veranderingen van de diepte is afgeleid uit het dieptebestand Markermeer (bijlage VI) en ANWB waterkaarten. In de berekeningen wordt deze verandering in de invoergegevens duidelijk aangegeven. Daarnaast is het belangrijk te weten dat in situatie 2 de strijklengte niet maximaal is weergegeven bij F, dit door aanleg van de dijk. (*)

$H_s [m]$		1	2	3	4
Almere	u	0,86	0,86	0,93	0,99
	B	0,91	0,88	0,98	1,04
	F	0,98	0,71*	1,03	1,08
De Leek	u	-	-	-	-
	B	0,67	0,67	0,72	0,76
	F	0,89	0,72	0,93	0,97
IJburg	u	-	-	-	-
	B	0,84	0,72	0,88	0,93
	F	0,85	0,73	0,88	0,93
Muiden	u	0,72	0,71*	0,79	0,85
	B	1,01	0,91	1,06	1,11
	F	1,03	0,88*	1,08	1,12

Tabel 2 significante golfhoogte

Legenda:	u	=	strijklengte bij maatgevende maximale windsnelheid
	B	=	strijklengte loodrecht op de oever
	F	=	maximale strijklengte
	1	=	de huidige situatie (winterpeil NAP -0,4m) met huidige strijklengten
	2	=	de situatie na aanleg van een dijk, zonder peilveranderingen in het IJmeer
	3	=	de situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 25 cm
	4	=	de situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 50 cm

Het betreft hier slechts een benadering van de significante golfgroei. Dit omdat er in beperkte mate rekening is gehouden met het ongelijke bodemprofiel door het nemen van gemiddelde diepte. De breking op ondiepe vooroevers, zoals deze in het zuidwesten van het IJmeer aanwezig zijn, is daarmee onvolledig meegenomen.

Golfoploop

De 2% golfoploop is een maat voor het bepalen van de dijkhoogte bij een gegeven significante golfhoogte. De bepaalde dijkhoogte is gelijk waarbij 2% van de significante golven (hoogste derde deel van alle golven) over de dijk slaat. In de formule (5.11) voor het vaststellen van deze hoogte zijn naast H_s ook de helling van het talud (α), de hoek van golfinval (β) en de bekledingsconstante (γ) verwerkt.

$$z_{2\%} = 8H_s * \tan \alpha * \cos \beta * \gamma \quad (\text{TAW}) \quad (5.11)$$

In tabel #3 zijn de significante golfhoogten vermenigvuldigd met de cosinus van de hoek van golfinval. Uit formule (5.11) kan immers worden afgeleid dat de maatgevende golfoploop ook afhankelijk is van $\cos \beta$. Dit heeft er toe geleid dat in bijna alle gevallen de $H_s \cos \beta$ als maatgevend kan worden beschouwd.

$H_s * \cos \beta \text{ (m)}$		1	2	3	4
Almere	u	0,61	0,61	0,66	0,70
	B	0,91	0,88	0,98	1,04
	F	0,85	0,61	0,89	0,94
De Leek	u	-	-	-	-
	B	0,67	0,67	0,72	0,76
	F	0,82	0,65	0,85	0,88
IJburg	u	-	-	-	-
	B	0,83	0,72	0,88	0,93
	F	0,82	0,71	0,86	0,91
Muiden	u	0,62	0,62	0,68	0,74
	B	1,01	0,91	1,06	1,11
	F	0,94	0,80	0,98	1,03

Tabel 3 gecorrigeerd significante golfhoogte voor hoek van golfinval

Legenda:

- u = strijklengte bij maatgevende maximale windsnelheid
- B = strijklengte loodrecht op de oever
- F = maximale strijklengte
- 1 = de huidige situatie (winterpeil NAP -0,4m) met huidige strijklengten
- 2 = de situatie na aanleg van een dijk, zonder peilveranderingen in het IJmeer
- 3 = de situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 25 cm
- 4 = de situatie zonder dijk, maar met een peilverhoging van 50 cm

Door de significante golfhoogte te vermenigvuldigen met de cosinus van de hoek van de golfinval is de maatgevende richting vastgesteld. De twee overige variabelen zijn namelijk locatieafhankelijk en voor significante golfhoogten uit alle richtingen gelijk.

'Kantelpunt' methode

Het is interessant om te weten wat de resultaten zouden zijn wanneer de 'kantelpunt' of zwaartepunt methode gebruikt was. Bij deze methode is de effectieve strijklengte een factor 0,5 tot 0,6 van de effectieve strijklengte die gebruikt is in dit verslag. Het verwachte effect op de significante golfhoogte is kleiner dan in de hierboven vermelde resultaten. De golfhoogte is 0 tot 4 cm lager dan in deze situatie. Logischerwijs is ook bij deze methode het grootste reducerende effect zichtbaar bij noordenwinden. Het effect op de golfperiode en golflengte is echter groter. Dit is ook af te leiden uit formule 5.6. Bij het gebruik van de zwaartepuntmethode zijn deze waarden tot 25% kleiner.

Conclusies

Het aanleggen van een dijk tussen Almere en Noord-Holland beperkt de strijklengte en de bijbehorende gemiddelde waterdiepte voor een aantal windrichtingen. Het effect op de strijklengte is groter dan verwacht, omdat er gebruik is gemaakt van de gewogen methode. Doordat deze methode is gebruikt is niet alleen de strijklengte beperkt voor winden uit de richting van het Markermeer. In sommige gevallen geldt dit ook voor de maatgevende windrichting (zuidwesten).

Daarnaast is voor de windrichtingen, waarbij de strijklengte maatgevend is, het beperken van de gemiddelde waterdiepte van invloed. Samen met het beperken van de strijklengte zorgt dit ervoor de maatgevende significante golfhoogte met 10 tot 17 cm afneemt ten opzichte van de huidige situatie. Wanneer de hoek van golfval ook wordt meegenomen is het effect al stukken kleiner, $H_s \cdot \cos \beta$ neemt met 3 tot 15 cm af.

De werkelijk optredende golfhoogten en verschillen zullen waarschijnlijk lager uitvallen, want in de meeste gevallen is $8 \cdot \tan(\alpha) \cdot \gamma$ kleiner dan 1. γ is voor de meeste dijk-bekledingen gelijk aan of kleiner dan 0,8. En α is bij de meeste dijken kleiner dan 45 graden, dit resulteert in een $\tan(\alpha)$ tussen de 0 en 1.

Verder is de werking van vooroevers slechts in de gemiddelde waterdiepte meegenomen, uit verschillende onderzoeken (TAW) van blijkt dat vooroevers vaak een sterker reducerend effect hebben.

Er treden enige verschillen op tussen de huidige situatie en de situatie met een aangelegde dijk. Met in acht neming van de vorige alinea, zal het om een verlaging tussen de 0 en 10 cm van de maatgevende golfoploop gaan. De dijk zal een grotere invloed hebben wanneer in de toekomst mocht blijken dat ook het Markermeer met de zeespiegelstijging moet meestijgen. Het IJmeer kan (gedeeltelijk) gevrijwaard blijven van deze stijging en de bijbehorende verhoging van de significante golfhoogte. Uit de resultaten in tabel 2 en 3 blijkt dat per 5 cm peilverhoging de significante golfhoogte met 1 cm groeit.

Uit deze waarden kan ook afgeleid worden dat compartimentering een minimale invloed heeft op de maximum golfoverslag. Bij gebruik van de 'kantelpunt' methode zal dit effect nog kleiner uitvallen. Het effect van het voorkomen van een noodzakelijke peilstijging in de toekomst zal een grotere impact hebben.

De toetsing van de dijken rondom de twee nieuwe compartimenten is dan een logische vervolgstap. Met de hierboven uitgerekende gegevens kan echter te weinig worden gezegd over de staat van de dijken. Naast de golfaanval en waterdiepte zijn er nog groot aantal variabelen die benodigd zijn voor de een volledige veiligheidstoets van het betreffende dijkvak. Zie hiervoor het Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007)

In kader 2 onderaan deze pagina wordt kaart ingegaan op de Hydraulische randvoorwaarden voor het IJsselmeergebied. Hoewel de invloed van wind en waterdiepte maatgevend is, zijn de resultaten te beperkt om iets over hydraulische randvoorwaarden te zeggen. Wel is duidelijk dat bij een eventuele peilverhoging de resultaten sterker worden beïnvloed dan bij het beperken van de strijklengte.

Hydraulische randvoorwaarden IJsselmeergebied

De waterkeringen langs het IJsselmeer en het Markermeer worden belast door een combinatie van hoge waterstanden en golven. De bepalende factoren hierbij zijn het meerpeil en de wind.

De situatie in de meren is nagebootst in een hydraulisch computermodel, dat voor allerlei verschillende combinaties van meerpeil, windsnelheid en windrichting voor elke gewenste locatie de waterstand én de golven berekent. Voor al deze combinaties wordt nagegaan welke dijkhoogte nodig is om de betreffende waterstand en golven veilig te kunnen keren. In een probabilistisch model (Hydra-M) wordt voor elke dijkhoogte de bijbehorende overschrijdingsfrequentie berekend. De dijkhoogte die hoort bij de norm is dan de vereiste dijkhoogte voor de toetsing. De berekeningswijze komt in hoofdlijnen overeen met die voor de benedenrivieren.

<http://www.hydraulischerandvoorwaarden.nl/>

Kader 2 *Peilbeheer (Rijkswaterstaat, 2000)*

5.2 Opwaaiing

5.1.2 Kwalitatieve analyse opwaaiing

De scheefstand van het meer wordt naast de windkracht- en richting beïnvloed door de waterdiepte en het meeroppervlak. Zowel het invoeren van een nieuw peilregime als het aanleggen van de nieuwe heeft invloed op de grootte en de plek van optreden van de scheefstand. Daarom wordt in het vervolg onderscheid gemaakt tussen een verandering in scheefstand veroorzaakt door een veranderende waterdiepte en een het aanleggen van een nieuwe afscheidingsdijk.

Scheefstand en een nieuw peil

Scheefstand is omgekeerd evenredig gekoppeld aan de waterdiepte. Dit betekent dat een hoger peil een kleinere scheefstand tot gevolg zou hebben. Het effect zal echter niet noemenswaardig groot zijn. Klijn et al. (2006) beargumenteren dat verandering van de scheefstand in het IJsselmeer door peilveranderingen nauwelijks wordt beïnvloed. De effecten in Markermeer zullen nog kleiner zijn door het kleinere oppervlak en de kleinere maatgevende windsnelheden.

De windsnelheid behorend bij een overschrijdingsniveau van eens in de 5000 jaar varieert tussen de 9,6 m/s voor een oostenwind en 20 m/s voor een westenwind. (KNMI, 2007). In de winter daarentegen varieert de maatgevende windsnelheid tussen de 20,9 en 32,6 m/s. Het verschil is dusdanig groot dat de effecten van scheefstand ten gevolge van een seizoensgebonden peil hierdoor verder worden ingeperkt. De effecten van het seizoensgebonden peil vallen immers buiten het maatgevende stormseizoen

Scheefstand in de nieuwe compartimenten

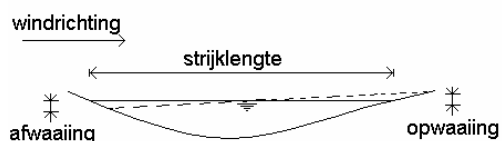
Door het aanleggen van de compartimenteringsdijk ontstaan in feite twee nieuwe meren. Voor de optredende op- en afwaaiingseffecten worden deze meren als onafhankelijk beschouwd. In vergelijking met de huidige situatie zullen de grootse verschillen te vinden zijn in het IJmeer. Het IJmeer wordt namelijk losgekoppeld van het Markermeer en vormt een veel kleiner, zelfstandig geheel. Scheefstand zal door het verkorten van de strijklengte van een veel kleinere orde zijn. In het hoofdstuk kwantificering (5.2) zal hier dieper op in worden gegaan.

Opstuwing in het Gooi- en Eemmeer

Een belangrijk aspect, dat niet onderbelicht mag blijven, is het beperken van de opwaaiing/opstuwing in de zuidelijke randmeren (Kop, 2007). Het Eem- en Gooimeer staan immers in open verbinding met het IJmeer. De aanleg van een dijk zorgt ervoor dat het waterpeil bij noordenwinden lager zal staan in de zuidelijke randmeren dan nu het geval is. Darmee kan de overlast, die ontstaat door het bemoeilijkte afwateren van de regio, in de toekomst worden vermeden.

5.2.1 Kwantificering opwaaiing

Het beperken van de strijklengte heeft naast gevolgen voor de golfgroei ook gevolgen voor de opwaaiing in het IJmeer. In *figuur 10* is weergegeven wat met het begrip opwaaiing wordt bedoeld; de waterstandverhoging aan de overzijde ten gevolge van opstuwing door de wind.



Figuur 10 Opwaaiing (<http://www.ipl.citg.tudelft.nl>)

In vergelijking 5.12 is het hoogteverschil ten opzichte van het normale peil veroorzaakt door opwaaiing uitgedrukt in formulevorm. Hier uit komt naar voren dat er drie variabelen zijn die het opwaaiingseffect beïnvloeden:

$u =$	windsnelheid op 10 meter hoogte	[m/s]
$d =$	waterdiepte	[m]
$F =$	effectieve strijklengte	[m]

Een grotere windsnelheid en strijklengte resulteren in groter opwaaiingseffect. De waterdiepte is juist omgekeerd evenredig met Δh . Een grotere diepte betekent dan ook een kleinere opwaaiing.

$$\Delta h = F_{ef} * \frac{cu^2}{gd} \quad \text{waarin } c = 3,5 \cdot 10^{-6} \quad (5.12)$$

Vermindering van de opwaaiing treedt vooral op bij noordnoordwestenwinden bij Muiden. Door het aanleggen van een dijk wordt de strijklengte hier verminderd van 20741 naar 6000 meter. Naast de strijklengte verandert ook de waarde voor de diepte. Bij deze benadering is rekening gehouden met respectievelijke dieptes van 4 en 2,5 meter.

Dit resulteert in een opwaaiing van 1,00 meter in een situatie zonder dijk en van 0,49 meter in een situatie met dijk. Wel moet in acht worden genomen dat hier een situatie betreft met een overschrijdingskans van eens in de vijfduizend jaar. De waarden bij jaarlijkse storm zullen beduidend lager liggen.

Verder is bij deze berekening uitgegaan van een gesimplificeerde formule, waarbij de effecten van verondiepingen voor de kust niet zijn meegenomen. En juist voor de zuidzuidwestelijke kust zijn deze verondiepingen aanwezig, daardoor zullen de eerdere berekende waarden naar alle verwachting lager uitvallen.

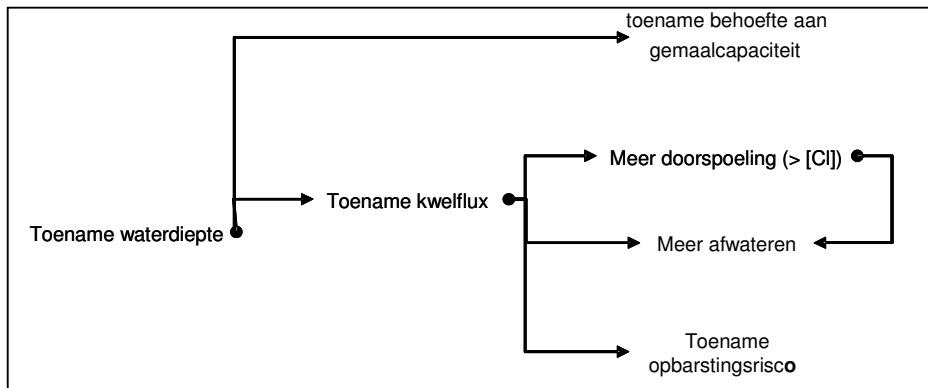
Het gebruik toont echter wel aan dat de aanleg van een dijk de maatgevende opwaaiing sterk kan beïnvloeden.

5.3 Kwelflux

5.3.1 Kwalitatieve analyse kwelflux

In hoofdstuk 4 is op kort wijze beschreven op welke wijze een verhoging van de waterstand kan leiden tot een grotere kwelflux naar de polders.

Het is te simpel uitgedrukt dat een verandering in waterdiepte enkel leidt tot een verandering in de kwelflux. In het schema van *figuur 11* is weergegeven op welke wijze kwelflux en waterdiepte met elkaar in relatie staan.



Figuur 11 kwelflux relatieschema

Duidelijk is dat naast de waterkwantiteit, de waterkwaliteit ook een belangrijke rol speelt. Uit onderzoek van Oude Essink (2004) blijkt dat peilvariatie, binnen de grenzen van enkele decimeters, geen invloed heeft op de samenstelling (zoutgehalte) van het kwelwater. Hoewel de samenstelling niet verandert, kan het brakke water bij een grotere toevoer wel tot problemen leiden voor de waterkwaliteit in het omliggende land.

Een toename van de hoeveelheid kwel zal niet leiden tot grote problemen bij de uitlaat van het water. Op de positieve zijde van de waterbalans bedraagt de post kwelflux 270 mm per jaar (23%) in de Flevopolders. (Waterschap Zuiderzeeland, 2006). Deze orde van grootte en het geleidelijke karakter van de kwelflux zorgen ervoor dat een grotere toestroom van kwelwater slechts beperkte effecten hebben voor de afwateringscapaciteit van 13,1 mm per dag. Een grotere bedreiging voor de afvoercapaciteit is de toename en intensiteit van de neerslag.

Door een grotere kwelflux bestaat er in sommige gebieden een vergroot risico op opbarsting. Dit is afhankelijk van de ondergrond en de polderdiepte. Risicogebieden zijn dan ook te vinden in de diepe polders van Flevoland. De potentiële economische schade in deze gebieden wordt vergroot door de intensieve bebouwing in delen van deze gebieden.

Een ander mogelijk gevolg is dat de drainage in verschillende gebieden niet is gedimensioneerd op een grotere hoeveelheid kwel. De overlast en schade die hiermee ontstaat, kan grote economische gevolgen hebben.

Het gevolg van een groter kwelstroom kan zowel positieve als negatieve effecten hebben voor de natuurwaarden. Er zijn twee natuurgebieden waar een grotere kwelflux merkbare gevolgen zal hebben: de Oostvaardersplassen en de Vechtplassen (alleen bij verhoging IJmeerpeil). Binnen het eerstgenoemde gebied bestaat de mogelijkheid om brakke zones (verder) te ontwikkelen. De wenselijkheid en inpassing hiervan moeten verder worden onderzocht. Voor de Vechtplassen is een verzilting onwenselijk. Om de huidige situatie te handhaven, moet bij een grotere kwelflux de doorspoeling ook toenemen.

Om de effecten van een vergrootte kwelflux duidelijk in beeld te brengen, wordt er ingezoomd op een aantal locaties met specifieke eigenschappen. (figuur 12)

De locaties zijn:

- Hoorn
- Lelystad
- Oostvaardersplassen
- Almere
- Vechtplassen

De scores op de verschillende criteria zijn weergegeven in *tabel 4*. Er is gewerkt met een (0, +, ++) ranking.

Met de volgende betekenis voor de waarden:

- 0 geen effect
- + matig effect
- ++ groot effect

Een verklaring voor de toekenning van de waarden is te vinden in bijlage VII.



Figuur 12 Locaties kwelflux (kaart: Google maps)

	<i>Hoorn</i>	<i>Lelystad</i>	<i>Almere</i>	<i>Oostv.</i>	<i>Vechtp.</i>
Omvang kwelflux	+	+	++	0/+	0/+
Risico opbarsting	0	+	++	+	0
Waterkwaliteit	+	+	+	+ / ++	+
Doorspoeling	+	+	+	++	++
Mogel. Econ. schade	+	++	++	0	0
Mogel. Ecolog. schade	0/+	0	0	0 / ++	+

Tabel 4 Effecten verandering kwelflux

Uit deze analyse komt naar voren dat de effecten in de diepe polders groter zijn dan in het omliggende hogere land. Zowel de eigenschappen van de Flevopolders als de ruimtelijke functies dragen hier aan bij.

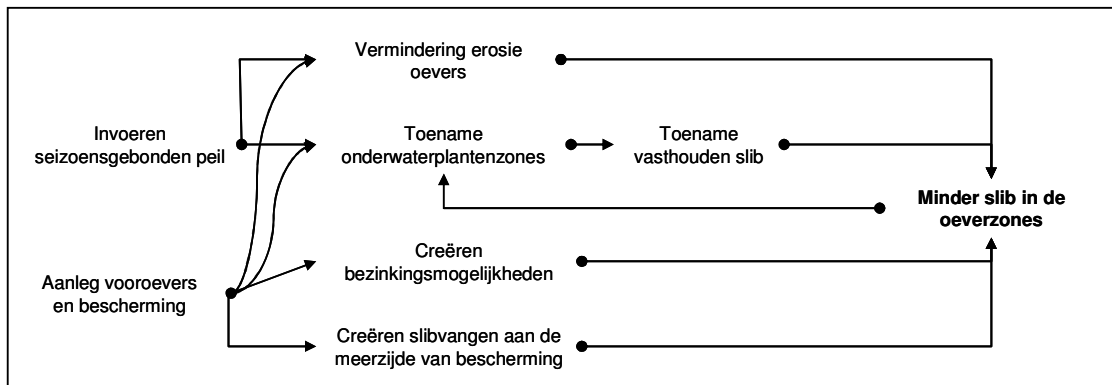
5.4 Slibtransport

De slibproblematiek is een van de grote problemen binnen het Markermeer en Eemmeer. Het kan als een fysisch probleem worden gezien, omdat de hoge slibconcentraties worden veroorzaakt door golven en windgedreven stroming. (Witteveen en Bos, 2001).

Zoals eerder geconcludeerd neemt het IJmeer bijna niet deel aan de water- en slibcirculatie in het Markermeer, een effect van de dijk op de circulatiepatronen zal dan ook niet zichtbaar zijn. In voorgaande paragraaf is eveneens geconcludeerd dat de effecten van compartimentering op de golfeigenschappen in het Markermeer ook minimaal zullen zijn. Op deze wijze zal de slibcirculatie dan ook minimaal beïnvloed worden.

Het invoeren van een seizoensgebonden peil in combinatie met de aanleg van natuurvriendelijke oevers biedt wel mogelijkheden voor het aanpakken van de slibproblematiek (Doef, 2004). Doordat deze variant niet ingrijpt in de gehele slibcirculatie zullen de effecten vooral lokaal optreden. Concreet betekent dit vooral langs de oevers een beter doorzicht kan worden verwacht. Geheel binnen de scope van dit project.

In het schema (*figuur 13*) is te zien op welke complexe wijze de invoering van een seizoensgebonden peil en de aanleg van vooroevers bijdragen aan vermindering van de hoeveelheid slib in de oeverzones.



Figuur 13 Slib relatieschema

Het belangrijkste dat uit dit schema kan worden afgeleid is het lokale optreden van de slibvermindering.

5.5 Conclusies

Uit de analyse van de fysische effecten blijkt dat de effecten opgeslist kunnen worden in categorieën. De eerste categorie bestaat uit effecten die het gevolg zijn van een beperking van de strijklengte. De gevolgen van het invoeren van een seizoensgebonden peil vormen de andere categorie. De conclusies zijn kunnen per categorie als volgt worden samengevat:

Beperken van de strijklengte:

- zorgt voor een beperktere golfgroei in het IJmeer onder veel omstandigheden, de maatgevende omstandigheden hoeven hierbij niet te veranderen
- heeft een zeer beperkte invloed golfgroei in het Markermeer
- beperkt de opwaaiing in het IJmeer bij noordenwinden, kleiner effect in het Markermeer bij westenwinden
- draagt bij aan een kleinere opstuwing Gooi- en Eemmeer

Invoeren van een seizoensgebonden peil:

- heeft alleen invloed op het Markermeer en haar oeverzones
- heeft een beperkte invloed op de golfgroei en scheefstand doordat het buiten het stormseizoen plaatsvindt.
- Gaat samen met de aanleg van vooroevers, dit reduceert de golfaanval
- heeft een mogelijk effect op de omvang van de kwelflux (>d)
- Draagt bij aan het oplossen van de slibproblematiek in de oeverzones

Compartimentering: extra mogelijkheden

Na de verdere uitwerking van de fysische processen in het vorige hoofdstuk, zal in dit hoofdstuk de aandacht uitgaan naar de extra mogelijkheden die door compartimentering ontstaan. Het gaat hier niet alleen om enkel eerder genoemde mogelijkheden, ook wordt dit verder uitgewerkt naar een eigen visie op de compartimentering.

6.1 Integrale benadering

Het grootste voordeel van compartimentering is dat het een integrale aanpak voor de herinrichting van het zuidelijke IJsselmeergebied betreft. Door de aanleg van een dijk en het instellen van andere peilregimes ontstaat er een verbinding met en grote diversiteit aan functies, dit is in de functieanalyse verder uitgewerkt.

Over het nut en de noodzak van een integrale benadering voor het Markermeer en IJmeer bestaat binnen de Rijksoverheid enige twijfel. Terwijl de adviesgroep 'Een ander IJsselmeergebied' (2007) pleit voor een integrale benadering, heeft de minister van Verkeer en Waterstaat de opdracht gegeven aan de decentrale overheden gegeven om zelf met voorstellen te komen.

Uit andere projecten waarin een breed scala aan functies samenkomen, blijkt dat een integrale benadering juist wel werkt. Een voorbeeld hiervan is het Wieringerrandmeer project. Hoewel dit project zich op een veel kleinere schaal afspeelt, kan het als voorbeeld dienen voor de herinrichting van het Markermeer. Zodat ook hier publieke en private partijen succesvol kunnen samenwerking om tot een plan te komen waar ook aandacht is voor de groene en blauwe functies.

Omdat bij herinrichting van het Markermeer de Rijksoverheid op vele plekken is betrokken, is het motto uit de Nota Ruimte (2004) 'decentraal wat kan, centraal wat moet' juist ook hier van toepassing. Niet om de verantwoordelijken af te schuiven, maar in dit geval om de verantwoordelijkheden naar zich toe te trekken.

Naast een soepeler verloop van het proces, wordt door een integrale benaderingswijze ook de versnippering van het landschap ingeperkt. In bijlage VI is de nieuwe kaart van Nederland (Nirov, 2007) weergegeven. Op deze kaart zijn alle (toekomstige ontwikkelingen) rondom het IJmeer en Markermeer in kaart gebracht. Hier worden visueel de conflicten tussen verschillende ook in kaart gebracht. Een centrale benadering kan leiden tot een betere onderlinge afstemming.

Het voordeel van de compartimenteringvariant ten opzichte van de inrichtingsvarianten besproken in hoofdstuk 1 is de samenhang tussen de diverse functies. Door het mogelijk te maken om twee verschillende peilen aan weerszijden van de dijk in te stellen, worden zowel de rode, groene als blauwe functies gewaarborgd. Bij plannen zoals 'Wetlands in het IJsselmeer' is het moeilijker deze koppeling te maken, doordat er vaker keuzes moeten worden gemaakt tussen de verschillende functies. Het is het één én het ander, maar het één of het ander.

6.2 Veiligheid

Veiligheid speelt wel degelijk een rol. De dijk is niet noodzakelijk om de veiligheid op dit moment te garanderen, maar zorgt er wel voor dat de overlast door hoogwater verder kan worden ingeperkt.

Met het oog op de toekomst kan de dijk wel van belang om de dijken rondom het IJmeer van dijkverzwaring te vrijwaren. Er zijn bepaalde oorzaken (stijging van het meerpeil, verandering in de maatgevende windsnelheid) denkbaar die tot gevolg hebben, dat de huidige hydraulische randvoorwaarden in de toekomst niet meer voldoen. Door de opsplitsing kunnen dijkverzwaring rondom het IJmeer achterwege blijven. Het deel van de dijken dat door veel mensen gezien wordt als cultuur historisch en een kenmerkend deel van het landschap.

In het Gooi- en Eemmeer ligt de situatie anders. Hier zijn de effecten van compartimentering op de veiligheid duidelijk zichtbaar. Doordat het beperken van de strijklengte de opwaaiing in het IJmeer fors beperkt, is er in het Gooi- en Eemmeer een beperking van de maximale opstuwing merkbaar is.

6.2 Blauwe functies

Ook voor de blauwe functies, en dan vooral zoetwatervoorraad, biedt compartimentering meer mogelijkheden dan andere plannen. Door het invoeren van een seizoensgebonden peil, wordt de beschikbare zoetwatervoorraad in het Markermeer vergroot. In plannen waar geen ruimte voor een dijk is gereserveerd, is de belangenverstrengeling tussen het beschikbaar hebben van een zoetwatervoorraad en de ander functies veel sterker.

Ook bij deze functie speelt duurzaamheid een rol. De verwachting is dat in het jaar 2050 meer water uit Markermeer wordt ingelaten dan nu het geval is, dit onder meer door een grotere vraag naar water vanwege veranderende klimatologische omstandigheden.

6.3 Groene functies

Voor het slagen van de natuurontwikkeling is het van belang dat er zowel wordt ingezet oeververbetering als op grotere peilfluctuaties. Ook hier maakt compartimentering het mogelijk dat dit ten koste van andere functies gaat. Ligt bij andere herstructureringsmaatregelen de nadruk op compromissen sluiten, bij compartimentering ligt de nadruk op het maximaliseren van de mogelijkheden. Dit betekent niet dat het gehele IJmeer volgebouwd gaat worden. Een mix van de natuur en woningbouw zorgt in veel gevallen voor optimalisatie van de woonmilieus.

Het open karakter, de rust en de ruimte worden door veel mensen als zeer belangrijk beschouwd (Verkenning IJmeer, 2004). Compartimentering biedt de mogelijkheid om het open karakter van het Markermeer te behouden en te versterken. De druk op de ruimte in het IJmeer zal wel verder toenemen. Het open karakter van het IJmeer dat op vele plekken al wordt verstoord (appartementencomplex, windmolens, etc.) zal verder in de verdrinking komen, niet op de laatste plaats door de aanleg van de dijk zelf.

6.4 Grijze functies

De aanleg van een dijk biedt mogelijkheden om een nieuwe verbinding aan te leggen tussen Flevoland en Noord-Holland. Het succes van deze verbinding hangt mede af van de locatie- en modaliteitkeuze. Verkeerskundigen zijn in het algemeen van mening dat deze verbinding kan bijdragen aan een verlichting van de verkeersdruk op de huidige as Amsterdam-Almere, maar ook dat deze op zich zelf niet de huidige verkeersproblematiek kan oplossen.

Ook het openzetten van de Oranjesluizen kan als ee

6.5 Rode functies

Ook voor de rode ontwikkelingen ontstaan extra mogelijkheden, doordat conflicten met overige functies zoveel mogelijk worden vermeden. Een vast peil in het IJmeer draagt bij aan de mogelijkheden voor buitendijkse bebouwing en wonen op water. De aanleg voor de dijk zorgt voor minder overlast in de huidige situatie, en biedt meer zekerheid voor de toekomst.

Compartimentering: beperkingen

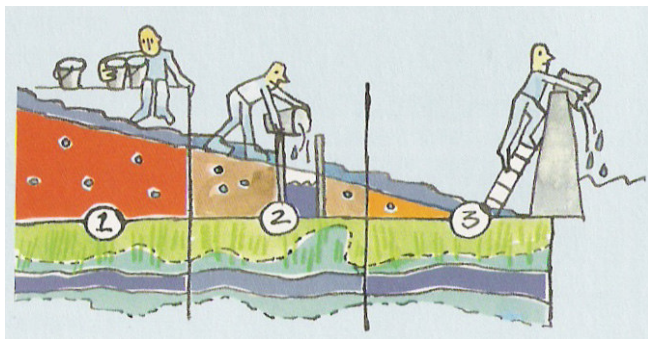
7.1 No regret maatregel

De grootste beperking van het compartimenteren is de onomkeerbaarheid van het project. Het is op voorhand bijna onmogelijk om alle effecten van de aanleg van de dijk te voorzien. Dit is ondermeer duidelijk geworden bij de realisatie van de Houtribdijk. De aanleg van de dijk Almere – Noord-Holland zal er voor zorgen dat bepaalde functies zich gaan ontwikkelen, zoals buitendijks ontwikkelingen rondom het IJmeer, die een terugkeer naar het oude systeem nog een bemoeilijken.

Een ander feit dat niet over het hoofd mag worden gezien, is dat het IJsselmeergebied ook na compartimentering nog één systeem is. Zo zal het wenselijk zijn om gedurende het hele jaar een hoger peil te hebben in het Markermeer dan in het IJmeer. Doorspoeling van het IJmeer, de Amsterdamse wateren en het achterland is anders niet mogelijk. Eveneens worden dan de mogelijkheden beperkt om water af te voeren uit het Noordelijke IJsselmeergebied.

7.2 Blauwe functies

De beperking bij blauwe functies komt vooral naar voren bij het beperkende bergende vermogen van het Markermeer gedurende de maanden maart tot en met juli. Dit zijn niet de maanden waarin de grootste neerslag te verwachten valt (KNMI, 2007). Al moet er wel rekening mee gehouden worden dat gedurende de zomermaanden op lokale schaal zeer intensieve neerslag kan worden verwacht. De oplossing voor dit probleem moet echter binnen het dijkgebied zelf worden gezocht volgens de trits vasthouden, bergen en afvoeren (commissie waterbeheer 21^e eeuw). Dit sluit niet uit dat de oeverontwikkelingen in het Markermeer ook ruimte creëren voor waterberging afkomstig uit de lokale watersystemen. De lokale waterberging en een nieuw peil kunnen elkaar en de natuurwaarde juist versterken.



Figuur 14 Vasthouden, bergen, afvoeren (WB 21^e eeuw)

Hoewel de beperkingen ten gevolge van compartimentering slechts van geringe aard zijn, zijn deze aanpassingen in het lokale systeem en de handelswijze noodzakelijk. In vergelijking met andere inrichtingsplannen zijn op dit punt weinig verschillen te ontdekken. Daarom moet dit dan ook niet worden gezien als een ernstig beperkende factor.

7.3 Groene functies

Compartimentering en het instellen van een seizoensgebonden peil zal met namen leiden tot natuurontwikkeling langs de oevers van het Markermeer (Coops, 2004). Het lokale karakter van de natuurvriendelijke (voor)oevers brengt ook voordelen met zich mee: de natuurbeleving is hoog vanwege de afstand tot het land, er zijn mogelijkheden tot het koppelen van natuurfuncties op het land en in het water en het open karakter van het Markermeer wordt niet aangetast.

Daarnaast speelt de beperkte oplossing van de slibproblemen hier. Uit verschillende studies (waaronder: Doef 2004) blijkt dat de slibproblematiek voortkomt uit een zeer complex proces. Het instellen van een seizoensgebonden peil en de aanleg van vooroevers beperkt de slibproblematiek vooral aan de randen van het Markermeer.

De lokale werking moet vooral niet alleen als een beperking gezien worden. Doordat beide ontwikkelingen op de zelfde plek samen vinden, versterken ze elkaar. Daarnaast kunnen de ontwikkelingen langs de oevers als een eerste stap worden gezien. Een tweede stap kan bijvoorbeeld bestaan uit het aanleggen van eilanden en het creëren van (on)diepten.

7.4 Grijze functies

Op het gebeide van de grijze functies treden weinig beperkingen op. Wanneer de scheepvaart ook tot de grijze functies wordt gerekend, kan de sluispassage in de nieuwe dijk als beperking worden gezien. Daar tegenover staat dat de sluizen bij Amsterdam open kunnen worden gezet. Voor het weg- en railverkeer worden geen verder beperkingen gecreëerd. Al moet er wel voor worden gewaakt dat de verbinding over de nieuwe niet als oplossing voor de totale verkeersproblematiek wordt gepresenteerd.

7.5 Rode functies

Voor de rode functies zijn er rond het IJmeer in vergelijking met de huidige situatie en andere alternatieven weinig beperkingen, maar juist extra mogelijkheden. Rondom het Markermeer ligt dit anders, aangezien een seizoensgebonden peil en de ontwikkeling van natuur stedelijke uitbreiding in de weg kunnen staan.

De grote woningbehoefte concentreert zich vooral in de stede Amsterdam en Almere. Lelystad wil ook graag uitbreiden, maar in het geval van compartimentering worden de mogelijkheden voor buitendijkse ontwikkelingen aan banden gelegd.

In voorgaande hoofdstukken zijn voor al de effecten van het bouwen een dijk en het instellen van een seizoensgebonden peil aan de orde gekomen. De voor- en nadelen hiervan zijn eveneens uitgebreid besproken. In dit hoofdstuk wordt gekeken wanneer er een dergelijke dijk zal komen, welke inpassingmaatregelen er dan zijn.

8.1 Locatie

Wanneer besloten wordt tot compartimenteren, dan is het nog de grote vraag waar de dijk komt te liggen. De locatie van de dijk hangt samen met belangen, eisen en randvoorwaarden die vanuit de verschillende ruimtelijke functies (blauw, groen, grijs en rood) naar voren komen.

In bijlage III is de dijklocatie verder uitgewerkt. Afwegingen met betrekking tot onderstaande punten worden besproken:

- Afweging tussen kosten en te overbruggen lengte en diepte
- Verkeer over de dijk (modaliteit en aansluiting)
- Intact houden huidige dijken rondom het IJmeer
- Inpassen in de omgeving
- Gewenst oppervlak beschikbaar voor wonen/natuur
- Toekomstige ontwikkelingen

Uit de gemaakte analyse blijkt dat er meerdere geschikte locaties zijn en dat de afweging op bovengenoemde punten daar een grote rol in speelt. Deze afwegingen zijn mede bepalend voor de uiteindelijke vormgeving.

Naast een afweging tussen allerlei effecten, gevolgen en kosten, speelt het politieke spel en besluitvormingsproces een belangrijke rol. Uit het verleden blijkt dat in veel gevallen de echte doorslag geeft.

8.2 Blauw en groen: water en natuur

Natuur zal zich voornamelijk ontwikkelen in/op de grensvlakken van het Markermeer. Niet alleen de oevers van aan de landzijden zijn een ideale plek voor natuurontwikkeling, maar ook de vooroevers die aan worden gelegd aan de Markermeerzijde van de Houtribdijk en de nieuwe dijk. Omdat een seizoensgebonden peil niet op zich zelf zorgt voor natuur, zullen in het Marker aanvullende maatregelen worden genomen. Het aanleggen van vooroevers is hier een voorbeeld van.

Deze vooroevers zijn een gebiedsvreemd element in het Markermeer. Om het bodemprofiel niet weer terug te laten keren naar het huidige, is een vorm van oeverbescherming noodzakelijk. Hierbij valt te denken aan harde oeverbescherming, zoals golfbrekers. Golfbrekers dragen niet alleen door de beschermende functie bij aan natuurontwikkeling, maar werken ook actief mee als ideale vestigingsplaats voor de driehoeksmossel.

Het instellen van een seizoensgebonden peil en de aanleg van vooroevers draagt bij aan het verminderen van de slibproblemen in de grensvlakken. Minder slib zorgt voor een beter doorzicht, dat op haar beurt weer positief uitpakt voor de onderwaterplanten. Hiermee wordt een positief feedbackproces in gang gezet, aangezien de planten er voor zorgen dat er weer meer slib kan worden vastgehouden.

8.3 Grijs: verkeer en vervoer

De dijk tussen Almere en Noord-Holland biedt een goede mogelijkheid tot de ontwikkeling van een extra vervoersas tussen beide regio's. Het vervoer op deze dijk kan op verschillende wijzen worden ingevoerd, een rail- als ook een wegverbinding behoren tot de opties. Ook de keuze voor een van deze twee modaliteiten speelt zich af in een complexe context en zal daarmee invloed hebben op het ontwerp en de locatie van de dijk. Zie hiervoor ook bijlage III

Weg- of railverbinding

De huidige verkeersproblematiek is met vinden op de as Almere – Amsterdam Zuidoost – Schiphol (A6-A1-A9). Een wegverbinding over de dijk zal deze problemen niet oplossen, maar kan de verkeersdruk wel verlichten. Deze nieuwe wegverbinding maakt de bestemmingen rondom Schiphol en Amsterdam Zuidoost niet veel sneller bereikbaar.

Een railverbinding is zeker ook een mogelijkheid. Het moet dan wel gaan om kwalitatief hoogwaardige, snelle verbinding tussen Amsterdam en Almere. Bijvoorbeeld het doortrekken van de Noord/Zuidlijn over de nieuwe dijk naar Almere. Het voordeel hiervan is dat een directe verbinding met Schiphol gerealiseerd kan worden.

Maar zonder verdere studie valt er weinig te zeggen welk alternatief het meest te bieden heeft.

Over Water

Het vervoer over water krijgt ook te maken met de gevolgen van compartimentering. In de nieuwe dijk zal er voor zowel de beroeps als recreatievaart een passage aanwezig zijn. De huidige vaarroutes zijn mede bepalend voor de locatie. Om te lange wachttijden voor zowel de scheepvaart als het andere verkeer te voorkomen valt een 'naviduct' als oplossingsrichting te overwegen.

Naast een extra sluis biedt het compartimenteren de mogelijkheid om de Oranjesluizen open te zetten. Zodat het water tussen Amsterdam en Almere één peil heeft. Naast de voordelen voor de beroeps- en recreatievaart, biedt de mogelijkheid tot het ontwikkelen van een snelle OV verbinding over het water. Zoals deze op dit moment succesvol plaatsvindt tussen Amsterdam en IJmuiden. Wel moet duidelijk zijn wat het openzetten van de sluis betekent voor de waterkwaliteit van het IJmeer. En mocht dit negatieve gevolgen hebben, welke maatregelen dit tegen kunnen gaan.

8.4 Rood: stedelijke ontwikkeling en vastgoed

De grensvlakken van het gecompartmenteerde IJmeer zijn geschikt voor de ontwikkeling van woningbouw en vastgoed in blauwgroene omgeving. Rode ontwikkelingen in deze grensvlakken komen het best tot hun recht, wanneer dit in afstemming gebeurt met de omgeving. In andere woorden: niet het hele IJmeer volbouwen, maar Almere een gezicht geven aan het water. Zodat Almere meer kan profiteren van de mogelijkheden die het IJmeer biedt en de band met Amsterdam niet uit het oog wordt verloren.

8.5 Het zuidelijke IJsselmeergebied in 2028

De compartimentering van het Markermeer en IJmeer brengt veel veranderingen met zich mee. Het creëert mogelijkheden om het hele zuidelijke IJsselmeergebied kansrijk te ontwikkelen. In deze paragraaf wordt beschreven hoe dit gebied er in 2028, over twintig jaar, uit zou kunnen zien.

Dubbelstad Amsterdam – Almere

Door de aanleg van een dijk tussen Amsterdam en Almere zijn beide steden naar elkaar toegegroeid en vormen samen een dubbelstad. Almere heeft haar woning aanbod flink kunnen uitbreiden. Ook de aan oevers van en in het IJmeer heeft Almere nieuwe bewoners op een leefomgeving met kwaliteit en ruimte voor groen kunnen bieden. Doordat het IJmeer is losgekoppeld van het Markermeer, is het gevrijwaard van toekomstige zeespiegelstijging. Inwoners voelen zich veilig, omdat een constant waterpeil gegarandeerd wordt. Wonen aan en op het water blijft ook in de toekomst een veilig, duurzaam en aantrekkelijk alternatief.

De verkeerstroom tussen beide steden is net als het aantal inwoners flink gegroeid. Openbaar vervoer speelt een belangrijke rol om deze verkeerstroom in goede banen te leiden. De Noord|Zuidlijn is doorgetrokken en loopt door het dijklichaam van de compartimenteringsdijk. Almere is op deze wijze via een snelle en betrouwbare wijze verbonden met Amsterdam centrum, het zuidelijk gelegen zakelijk centrum en de luchthaven Schiphol zonder dat er overgestapt moet worden. Op het IJmeer zijn verschillende snelle draagvleugelboten te vinden. Door compartimentering bestaat er geen peilverschil meer tussen Amsterdam en Almere, zodat deze verbinding een serieuze optie is geworden voor de forens. Ook voor de automobilist blijft er aandacht: over de nieuwe dijk loopt een tolweg om het verkeer tussen Amsterdam Noord en Almere in goede banen te leiden. Voor het verkeer richting Schiphol en Amsterdam-Zuid is de A6 enkel jaren geleden op de schop gegaan.

In het hart van de dubbelstad is het IJmeer te vinden. Naast de woningen die rondom de oevers in op het water zijn gebouwd, zijn er ook plekken waar de natuur nog volledig zijn gang kan gaan. In het Gooi- en Eemmeer hebben zich kunnen ontwikkelen tot een groene zone, waar menig inwoner van Amsterdam en Almere graag zijn vrije tijd door brengt. Het stadsmeer heeft Amsterdam ook meer op de kaart gezet voor buitenlandse investeerders, zeker doordat in het Westelijk Havengebied een tweede zakelijk centrum is gecreëerd. Ook deze kantoorlocatie is rechtstreeks per draagvleugelboot vanaf Almere te bereiken.

Door het IJmeer te compartimenteren hebben Amsterdam en Almere zich verder kunnen ontwikkelen tot een aantrekkelijk woon en werkgebied. Compartimentering heeft hier tot bijgedragen door:

- duurzaam en veilig op en in het water te kunnen bouwen
- het stimuleren van het openbaar vervoer over het water en het doortrekken van de Noord|Zuidlijn.
- het niet te hoeven verhogen van de bestaande dijken rondom het IJmeer.

Nationaal Park Markermeer

Doordat het Markermeer is afgescheiden van het IJmeer heeft de natuur zich afgelopen decennium ver kunnen ontwikkelen in en rondom het Markermeer. Enkele jaren is een gebied dat naast het Markermeer, ook de Oostvaardersplassen en een deel van Waterland omvat, uitgeroepen tot het grootste Nationaal Park van Nederland.

Dit is een van de weinige plekken in het Nederland van 2028 waar de horizon zich noch eindeloos uitstrekt. Waar vanaf de groene oevers niets anders zichtbaar is dan water. Compartimentering heeft het instellen van een seizoensgebonden peil mogelijk gemaakt, zonder dat buitendijkse bebouwing hiervan hinder ondervindt.

De invoering van het seizoensgebonden peil heeft samen met de aanleg van vooroevers geleid tot een kuststrook waarop de natuur volop haar gang kan gaan. In deze waterstrook is er ruimte voor onderwatervegetatie en hierdoor heeft de vissenhabitat zich kunnen verder kunnen ontwikkelen. Door de combinatie van een seizoensgebonden peil en de vooroevers is de slibproblematiek langs de oevers drastisch verminderd. Dit heeft tot gevolg dat vele vogels hun weg naar het Markermeer hebben weten te vinden.

Aan de Markermeerszijde van de nieuwe dijk is een stelsel van diepten en ondiepten gecreëerd. Zodat ook hier een oever aanwezig is, waarop de natuur zich volop heeft kunnen ontwikkelen. Bij zeer hoge waterstanden, die door klimaatsveranderingen vaker voorkomen, wordt ook deel van het water tijdelijk ondergebracht in retentiegebieden in de Oostvaardersplassen en Waterland. Door de periodieke vernattingen ontstaat hier een natuurgebied, dat uniek in haar soort is.

Door het IJmeer en Markermeer te splitsen heeft de natuur zich verder kunnen ontwikkelen tot een gebied dat bekend staat om haar schoonheid in binnen- en buitenland. Compartimentering en de invoer van een seizoensgebonden peil hebben hier tot bijgedragen door:

- vooroevers en ondiepten te ontwikkelen tot een rijk en divers leefomgeving voor zowel planten als dieren
- het bestrijden van de slibproblematiek langs de oevers
- een duurzaam systeem op te zetten door natuur niet ondergeschikt aan woningbouw te maken.

Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk staan de antwoorden op de vragen gesteld in de inleiding centraal. Eerst is de doelstelling van het onderzoek nogmaals weergegeven. Zo valt et zien dat de antwoorden daadwerkelijk aansluiten op het onderzoek. Afgesloten wordt er met aanbevelingen en de mogelijkheden tot vervolgonderzoek.

9.1 Doel van het onderzoek

In de onderzoeksopzet is de volgende, tweeledige, doelstelling geformuleerd:

- Het in kaart brengen van de effecten en gevolgen van het toepassen van een ander (natuurlijker) peilbeheer op de grensvlakken.
- Inzicht te krijgen in effecten van een mogelijke compartimentering van het Markermeer op de verschillende (ruimtelijke) functies binnen de twee nieuwe meren.

Voor het verwezenlijken van deze doelstelling zijn de volgende onderzoeksvragen gesteld:

- Wat zijn de effecten op het scheidingsvlak van de compartimenten IJmeer en Markermeer bij het toepassen van verschillende peilregimes met in acht neming van de bijbehorende functies?
- Welke extra mogelijkheden en beperkingen voor de herinrichting van het Markermeer- en IJmeergebied zijn het gevolg van het aanleggen van een dijk tussen beide meren en het toepassen van verschillende peilregimes?

In de volgende paragraaf zijn de antwoorden op deze vragen verder uitgewerkt.

9.2 Resultaten

De resultaten worden uitgewerkt in de categorieën *Extra mogelijkheden en beperkingen* en de *Gevolgen van de optredende effecten*. Zo kan een blijft de structuur van de tweedelige vraagstelling gehandhaafd. Deze antwoorden op de hoofd- en deelvragen vormen de basis voor een algemene conclusie ter afsluiting.

Extra mogelijkheden en beperkingen

Om de kansen en beperkingen van deze inrichtingsvariant vast te stellen, is het van groot belang de bijbehorende ruimtelijke functies te kennen. Uit de functie analyse is naar voren gekomen dat bij de herinrichting van het IJsselmeer een breed scala aan functies betrokken is. Het betreft hier zowel functies gerelateerd aan water (blauw), natuur en ecologie (groen), infrastructuur (grijs) en als stedelijke ontwikkeling (rood).

De functieanalyse laat zien dat in de gewenste situatie aanpassingen van blauwe, groene grijze én rode functies noodzakelijk zijn. De complexe samenhang die te vinden is tussen de functies onderling, de actoren onderling en de functies en actoren geven aan dat een integrale aanpak vereist is. Het kenmerk van compartimenteren en het instellen van verschillende peilen is de integrale benadering die hiermee gepaard gaat.

De kracht van het compartimenteren zijn terug te vinden in deze integrale benadering. Extra mogelijkheden ontstaan doordat er bij compartimentering ruimte ontstaat voor allerlei functies. Een seizoensgebonden peil in het Markermeer brengt mogelijkheden voor verbeteringen van de natuurwaarden en waterkwaliteit met zich mee. Een vast peil in het IJmeer optimaliseert de mogelijkheden voor stedelijke ontwikkelingen doordat buitendijks bouwen (ook in op het water) meer potentie krijgt.

Het grote voordeel van compartimenteren en het invoeren van twee peilen is dat hiermee verschillende eisen en randvoorwaarden kunnen worden gecreëerd voor de diverse functies. Hierbij hoeft er niet gekozen worden tussen de functies, maar bestaat er de mogelijkheid om functies te combineren.

Paradoxaal genoeg zorgt de integrale benadering voor een meer monotone invulling per locatie. Dit moet niet gezien worden als een teken van een mislukte integratie, maar zoals eerder aangegeven is geeft dit juist meer mogelijkheden tot de ontwikkeling van de toegekende functies. Een bijkomend voordeel is dat de verromeling van het landschap zo wordt tegengegaan.

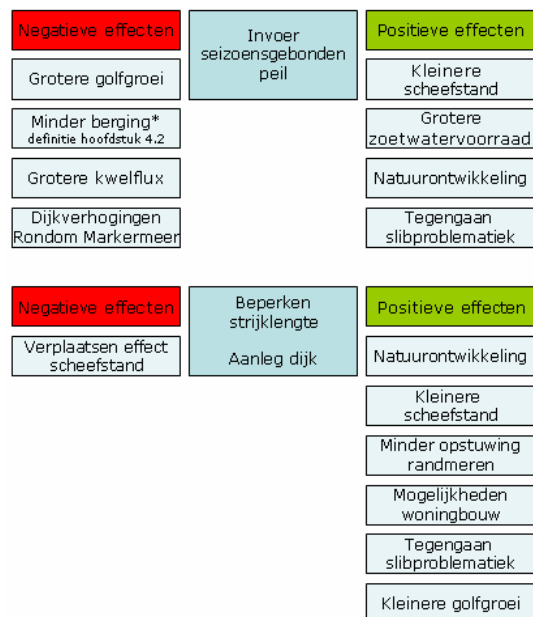
Gevolgen van de optredende effecten

Het vaststellen van de gevolgen voor de oeverzones is niet mogelijk wanneer de effecten niet duidelijk in kaart zijn gebracht. Uit het onderzoek komt naar voren dat een breed scala aan processen beïnvloedt wordt door het invoeren van andere streefpeilen en/of de aanleg van een dijk.

Zo is er verband te vinden te vinden tussen compartimentering en onderstaande punten:

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| - Veiligheid | - Natuurontwikkeling |
| - Waterkwantiteit en -beheer | - Stedelijke ontwikkeling |
| - Waterkwaliteit | - Recreatie |
| - Scheepvaart | |

In *figuur 14* zijn zowel de positieve als negatieve effecten van compartimentering weergegeven. Interessant is de onderlinge afhankelijkheid. Zo is te zien dat het beperken van de strijklengte en het vergroten van de waterdiepte soms tegenstrijdige effecten heeft.



Figuur 15 Effecten compartimentering

De fysische processen onderscheiden zich van de overige processen doordat ze zich binnen het water afspelen en beperkte relatie hebben met de buitenwereld. In het onderzoek komen de effecten van compartimentering op de golfaanval en golfeigenschappen, de opwaaiing, de kwelflux en het slibtransport aan de orde.

Ook bij de fysische processen kan er onderscheid worden gemaakt door effecten die worden veroorzaakt door de aanleg van de dijk (het beperken van de strijklengte) en/of veranderingen in de waterdiepte.

Beperken van de strijklengte:

- zorgt voor een beperktere golfgroei in het IJmeer onder veel omstandigheden, de maatgevende omstandigheden hoeven hierbij niet te veranderen
- heeft een zeer beperkte invloed op de golfgroei in het Markermeer
- beperkt de opwaaiing in het IJmeer bij noordenwinden, kleiner effect in het Markermeer bij zuidwestenwinden
- draagt bij aan een kleinere opstuwing in het Gooi- en Eemmeer

Invoeren van een seizoensgebonden peil:

- heeft alleen invloed op het Markermeer en haar oeverzones
- heeft een beperkte invloed op de golfgroei en scheefstand doordat het buiten het stormseizoen plaatsvindt.
- gaat samen met de aanleg van vooroevers, dit reduceert de golfaanval
- heeft een mogelijk effect op de omvang van de kwelflux ($>d$)
- draagt bij aan het oplossen van de slibproblematiek in de oeverzones

Door het mogelijk te maken om twee verschillende peilen aan weerszijden van de dijk in te stellen, worden zowel de rode, groene als blauwe functies gewaarborgd. Daarnaast zorgt het beperken van de strijklengte voor gunstigere uitgangspunten met betrekking tot het ontwikkelen van buitendijkse woonlocaties rondom het IJmeer.

De invulling van de oeverzones in het Markermeer en IJmeer zal bestaan uit respectievelijke groene en rode gebieden. Hoe de dijk er zelf uit komt te zien is afhankelijk van de vele keuzes die in het besluitvormingstracé worden gemaakt. Dit valt buiten het blikveld van dit onderzoek, maar is een goed uitgangspunt voor een vervolgonderzoek.

9.3 Algemene conclusie

Het onderzoek kort samenvattend kan gezegd worden dat compartimentering van het Markermeer en het invoeren van verschillende peilregimes kan dienen als springplank voor het succesvol, duurzaam en integraal ontwikkelen van het gehele IJsselmeergebied met oog voor de diversiteit van het gebied.

Uit de systeemanalyse blijkt dat compartimentering voor zowel de rode als groene functies nieuwe mogelijkheden creëert. Voor de rode functies valt het hebben van een vast laag IJmeerpeil zeer gunstig uit. De golfeigenschappen zijn immers meest gevoelig voor een verandering in het meerpeil. Dit is nog sterker het geval, wanneer in de toekomst het peil verder wordt verhoogd. De combinatie van een seizoensgebonden peil met de ontwikkeling van natuurvriendelijke oevers vergroot de potentie voor de groene functies. Naast deze ontwikkelingen komt uit de toekomstvisie naar voren dat het zuidelijke IJsselmeer gebied zich in al haar facetten goede kan ontwikkelen als gevolg van compartimentatie.

10.1 Literatuurverwijzingen

- Bottema, M. (2006): *Golfcondities zoete rijkswateren* (www.helpdeskwater.nl)
- Coops, H. (red.). (2002): Ecologische effecten van peilbeheer. Een kennisoverzicht
- Doef, R.W., (2004): *Verkenning mogelijke oplossingen slibproblematiek Markermeer*. RDIJ werkdokument 20043, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Frieling, D.H. (2006): *Het Markermeer als kans*. Lelystad, Vereniging Vrienden van de Markerwaard
- Iedema, W. (red.) (2006): *Verkenning naar een seizoensgebonden peil in het IJsselmeergebied*
- Haasnoot, M; Kranenbarg, J. en Buren, R. van (2005) *Seizoensgebonden peilen in het IJsselmeergebied Verkenning naar optimalisatie van het peil voor natuur binnen de randvoorwaarden van veiligheid, scheepvaart en watervoorziening*. Delft, WL|Delft Hydraulics
- Klijn, F.; Meurs, G. van; Haasnoot, M.; Vastenburg, E.; Akker, J. van der; Sas, H.; Zwolsman, G.; Vis, R. & Eekelen, S. van. (2006): *Herinrichting van het IJsselmeergebied: probleemanalyse en oplossingsrichtingen vanuit geo-ecologisch perspectief*. Stichting Wetlands IJsselmeer
- Kop, J.H. (2007): Geen (ge)modder meer in het Markermeer, Land+Water 5-2007, 28-29
- Kranenbarg, J.; Coops, H. & Platteeuw, M. (2002): *Ecologische effecten van seizoensgebonden peilbeheer in het IJsselmeergebied*
- Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Verkeer en Waterstaat & Economische Zaken (2005): *Nota ruimte. Ruimte voor ontwikkeling. Deel 4: tekst na parlementaire instemming*. Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007): *Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR2006)* Den Haag
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied (2006): *Beheerplan waterkering Houtribdijk* Lelystad
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (2005). *Eindrapport monitoring ROM IJmeer* Lelystad
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directies IJsselmeergebied, Noord-Holland en Utrecht & Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (2000): *Waterhuishouding in het Natte Hart. WIN strategie als leidraad voor toekomstig waterbeheer in het Natte Hart. Achtergrondrapport*. Lelystad
- Oude Essink, G. (2004): *Regionale modellering zoetzout grondwater in het Nederlandse kustgebied*. Bijdrage NHV Verziltingsdag, 30 november 2004, 14 pp
- Projectgroep 'Een ander IJsselmeer' (2007): *Een ander IJsselmeergebied, een ander beleid*.
- Stichting Wetlands in het IJsselmeer (2006): *Wetlands in het IJsselmeer: Eindrapport fase 1*

Stuurgroep Verkenning IJmeer (2005): *Toekomstvisie IJmeer. Naar een Waterpark IJmeer binnen het wetland IJsselmeer*.

Technische adviescommissie voor de waterkeringen (1989): *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken: deel2 – benedenrivierengebied 's-Gravenhage*

Waterschap Zuiderzeeland (2006): *Watersysteembeheer jaarverslag 2005. Hoofdstuk 2 watersysteembeschrijving*. Lelystad

Witteveen+Bos (2005): Quick scan slibproblematiek Markermeer en Gooi- en Eemmeer

10.2 Relevante, bestudeerde literatuur

Jorgensen, A.; Sas, H.; Beets, M.; Betsema, M. & Akker, J. van den (2006): *Wetlands in het IJsselmeer*. Stichting Wetlands in het IJsselmeer

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007) *Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen*, Den Haag

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied; Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij, directie Noordwest; Ministerie van Economische Zaken, cluster regio Noord-West; Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, RPD Inspectie West (2002): *Integrale visie IJsselmeergebied 2030. De koers verlegd*.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat (2000): *Waterhuishouding in het Natte Hart. WIN strategie als leidraad voor toekomstig waterbeheer in het Natte Hart. Nota van reacties en commentaar*. Lelystad

Vermaat, J. (2002): *Ecologische effecten van peilbeheer in meren en plassen: ontwikkeling van oever- en moerasvegetatie*. RIZA, Lelystad.

Young, I.R. & Verhagen L.A. (1996): The growth of fetch limited waves in water of finite depth, part I, Total energy and peak frequency, Coastal Engineering 29, 47-78

Weeink, W.H.A. (2007): *Onderzoeksopzet: "Extra compartiment Amsterdam IJmeer"*. Universiteit Twente

10.3 Geraadpleegde internetpagina's

Op onderstaande internetpagina's is een selectie van de visies en plannen van de verschillende actoren met betrekking tot (her)ontwikkeling van het Markermeer en IJmeer te vinden.

Collectief "Duurzame toekomst voor het IJmeer en Markermeer"
http://www.snm.nl/pdf/0900_definitief_manifest_ijmeer1.pdf
Eo Wijersstichting
<http://www.eowijers.nl>
Provincie Flevoland
<http://www.ongevingsplan.flevoland.nl>
Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied
<http://www.rijkswaterstaat.nl/ijg>
Stichting verantwoord beheer IJsselmeergebied
<http://www.vbij.nl>
Stichting Wetlands in het IJsselmeergebied
<http://www.stichtingwetlands.nl>
Toekomst Markermeer IJmeer
<http://www.markermeerijmeer.nl>
Vereniging Vrienden van de Markerwaard
<http://www.markerwaardpolder.nl>
Verkenning IJmeer
<http://www.verkenningijmeer.nl>

Overige internetpagina's:

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) 2007
http://www.knmi.nl/samenw/hydra/meta_data/stations_small.jpg
<http://www.knmi.nl/samenw/hydra/cgi-bin/phase14.cgi>
Projectbureau Wieringerrandmeer
<http://wieringerrandmeer.nl>
Universiteit Delft
<http://www.ipl.citg.tudelft.nl/lexicon/>

11

Bijlagen

Bijlagenoverzicht:

I	Actorenoverzicht
II	Stroomsnelheden
III	Overzicht dijklocaties
IV	De nieuwe kaart
V	Uitwerkingen strijklengte en golfgroei
VI	Dieptebestand Markermeer
VII	Kwelflux



Actorenoverzicht

Rijksoverheid

Vanuit de rijksoverheid zijn er verschillende ministeries betrokken bij een eventuele herinrichting van het Markermeer en IJmeer. Naast de ministeries zelf zijn ook de betrokken uitvoerende instanties weergegeven

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied
Rijkswaterstaat RIZA
Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu
Ministerie van Economische Zaken
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit

Provincies

De provincies zijn van groot belang bij de ontwikkeling van het zuidelijke IJsselmeergebied. Vanuit de rijksoverheid wordt verwacht dat de betrokken provincies met het initiatief komen. Daarnaast zijn de provincies onder ander betrokken bij regelgeving en financiering.

Provincie Flevoland
Provincie Noord-Holland
Provincie Utrecht (in zeer beperkte mate betrokken)

Gemeenten

Ook de gemeenten nemen verschillende rollen op zich. In enkele gevallen zijn ze betrokken als initiatiefnemer. Daarnaast is er afstemming met lokale plannen en ontwikkelingen nodig. Ook komt er een deel van de regels vanuit de gemeenten.

In onderstaand overzicht zijn de gemeenten onderverdeeld in drie categorieën. De grote steden, de gemeenten grenzend aan het IJmeer en Markermeer en de gemeenten grenzend aan het Gooi- en Eemmeer.

Gemeente Almere
Gemeente Lelystad
Gemeente Amsterdam

Gemeente Muiden
Gemeente Stede Broec
Gemeente Hoorn
Gemeente Purmerend
Gemeente Waterland

Gemeente Huizen
Gemeente Bunschoten

Waterschappen

De waterschappen zijn verantwoordelijk voor de omliggende dijken. Daarnaast zien zij te op de lokale waterhuishouding in de provincies Flevoland en Noord-Holland.

Waterschap Zuiderzeeland
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Verkeer en Vervoer

Op het gebied van Verkeer en Vervoer zijn er verschillende actoren te vinden Deze zijn onderverdeeld in twee categorieën: in de eerste categorie actoren die getroffen worden door een verandering in het watersysteem, in de twee categorie die worden beïnvloed door veranderingen in de omgeving

Havens van Almere, Lelystad en Amsterdam
Jachthavens Markermeer
Beroepsscheepvaartorganisaties

Luchthaven Schiphol
Luchthaven Lelystad
Nederlandse Spoorwegen
Openbaar Vervoerders

Initiatiefnemers

Onder de initiatiefnemers worden verschillende soorten actoren ontstaan die zich nu en in het verleden hebben bezig gehouden met plannen voor het IJmeer en Markermeer.

Eo Wijers stichting (uitschrijven prijsvraag)
Diverse aannemers en ingenieursbureaus
Stichting Wetlands in het IJsselmeer
Verkenning IJmeer (provincies en belangenverenigingen)

Natuurorganisaties

Organisaties die natuurgebieden rondom de meren in het bezit hebben.

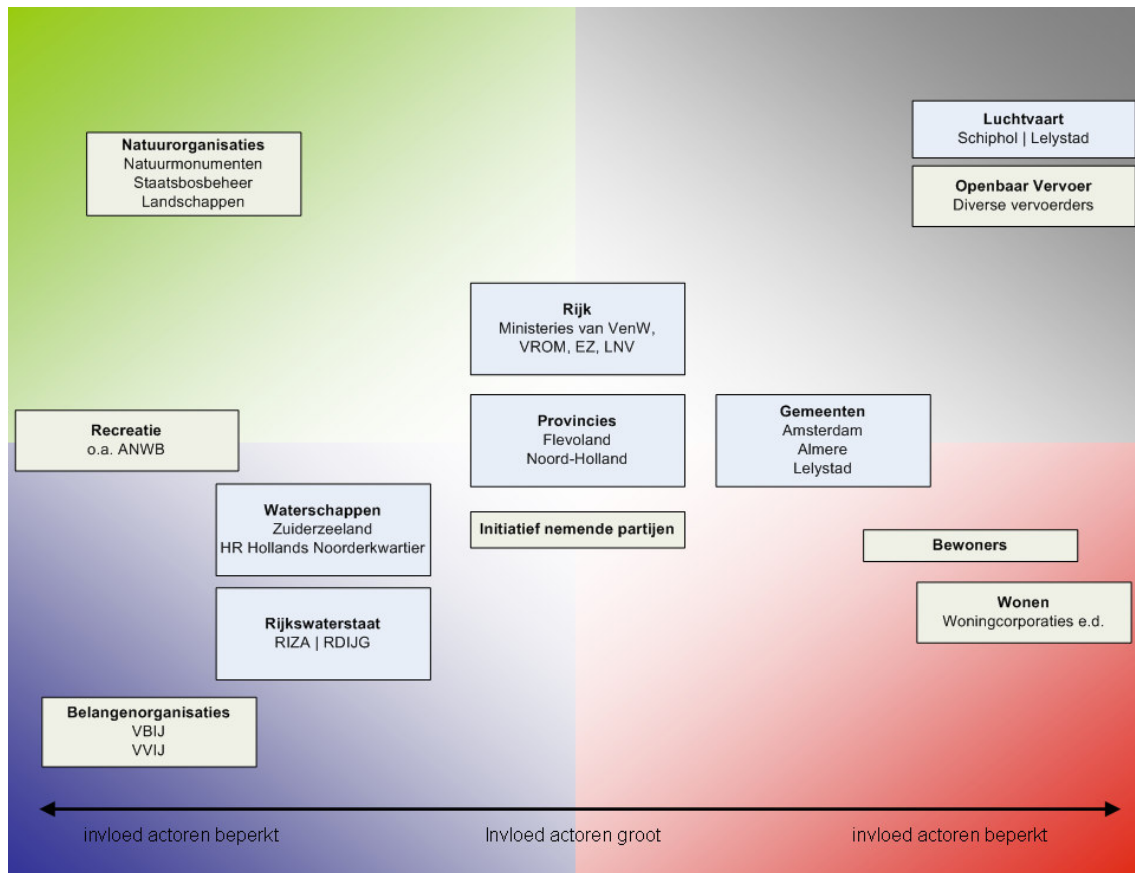
Natuurmonumenten
Staatsbosbeheer
Landschappen

Diverse belangenorganisaties

Diverse organisaties met verschillende invloedreikwijdtes

ANWB (Recreatie, Verkeer en vervoer)
Stichting Verantwoord Beheer IJsselmeer
Vereniging Vrienden van de Markerwaard
Natuurbelangenorganisaties (Vogelbescherming etc.)
Bewoners organisaties

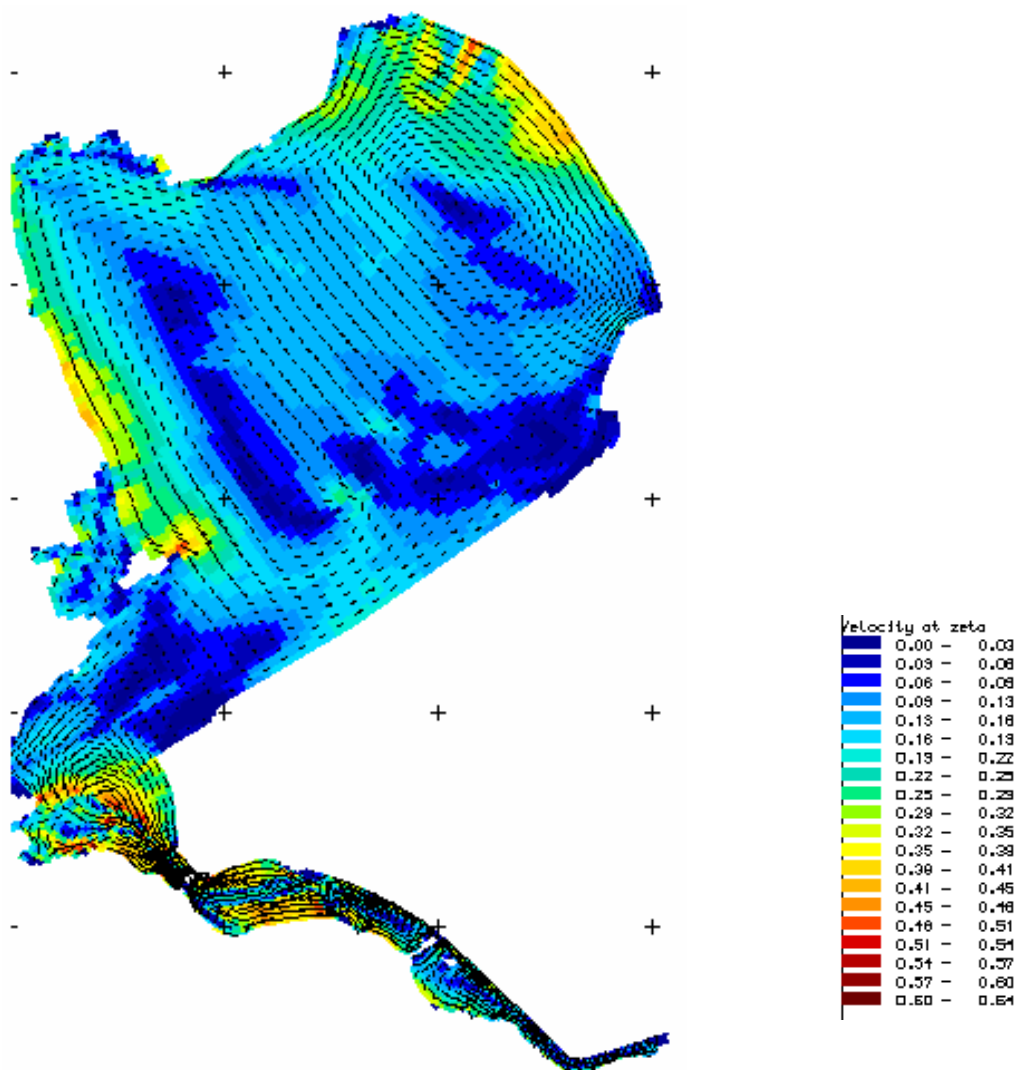
In het schema op de volgende pagina zijn de belangrijkste actoren uitgezet tegen de functies. Daarbij is er ook een onderscheid gemaakt tussen het publieke (grijs) of private (geel) karakter van de organisaties.



II

Stroomsnelheden

In onderstaande afbeelding zijn de stroomsnelheden in het Markermeer te zien bij een gemiddelde windsnelheid van 25 km/u (windkracht 4 op de schaal van Beaufort). Uit zowel de richting als de stroomsnelheid op het grensvlak van het Markermeer en IJmeer kan worden geconcludeerd dat beide meren in de huidige situatie al twee compartimenten vormen.

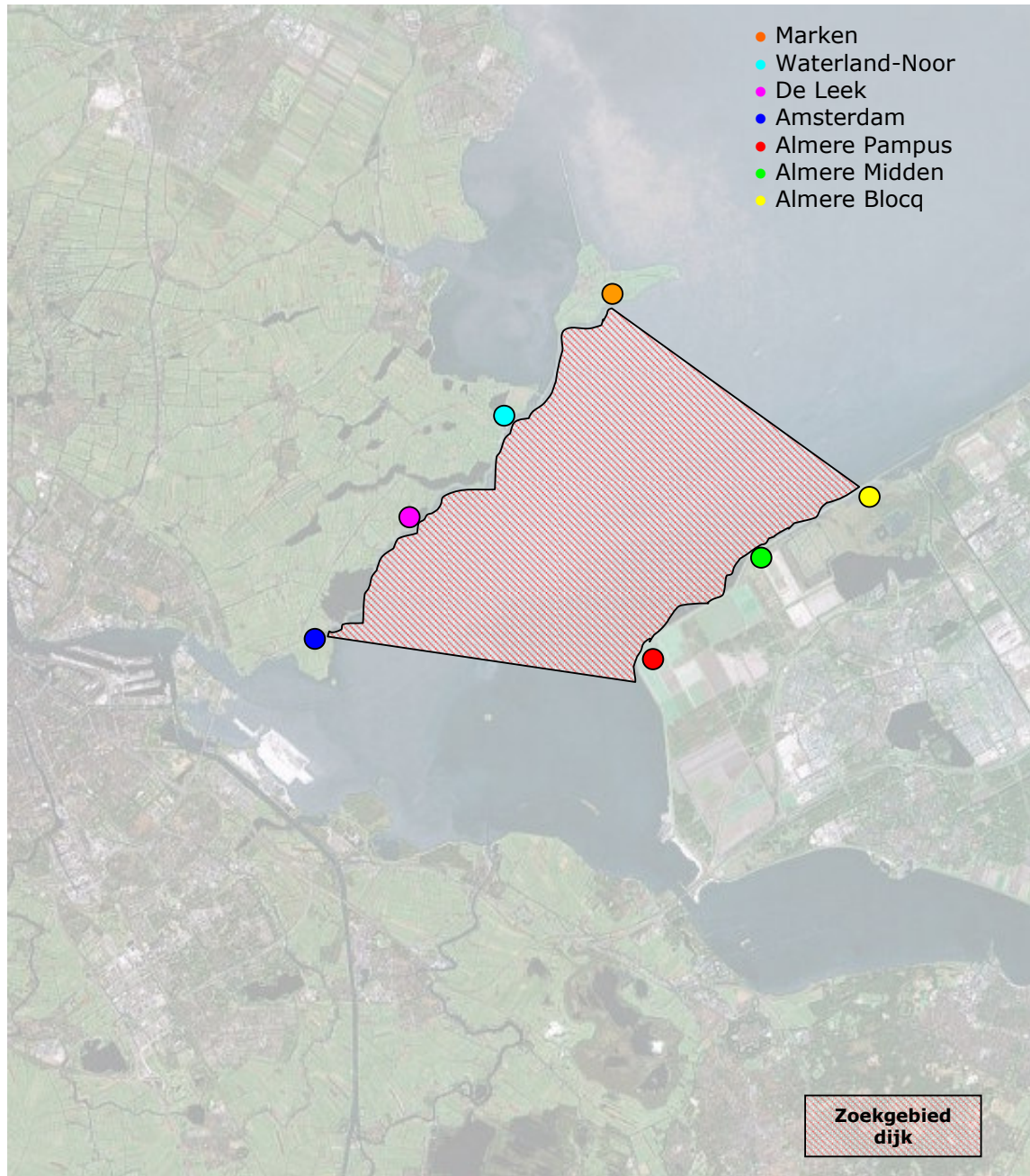


Figuur (bijlage) 1 stroomsnelheden (Witteveen+Bos, 2005)

III

Overzicht Dijklocaties

In onderstaande afbeelding is het zoekgebied voor de dijk weergegeven. Per alternatief worden de afwegingen besproken.



Figuur (bijlage) 2 Mogelijke dijklocaties (Foto ondergrond: Google Earth)

Kosten

De kosten van de dijk zijn een belangrijk criterium voor de selectie. De kosten hangen samen met de te overbruggen lengte en diepte. De diepte is in het zoekgebied redelijk gelijk en heeft daarom geen grote invloed op de kosten. Wanneer enkel naar de lengte wordt gekeken valt het alternatief Almere Midden – Waterland-Noord het goedkoopst uit.

Naar verwachting zullen de kosten voor de aanleg van de dijk zelf slechts een beperkt deel zijn van de totale kosten. In elke variant zullen de nodige kunstwerken moeten komen, waaronder spui en scheepvaartsluizen. Verder zal keuze voor een bepaalde vervoermodaliteit en de wijze waarop deze wordt ingepast voor een groot deel bijdrage aan de extra kosten

Wegverbinding

Voor de wegverbinding is een noordelijk alternatief het beste. Zo kan er in Noord-Holland een derde ring rond Amsterdam worden gecreëerd en ontstaat er boven Almere een aansluiting op de snelweg. Een meer zuidelijkere variant geeft volgens verkeerskundigen een groter risico op dichtslibben van het bestaande Amsterdamse net. Dit betekent dat in het oosten Almere Blocq een goed aansluitingspunt is. In het westen zou Waterland-Noord of Marken de (snel)weg moeten ontsluiten.

Railverbinding

Voor een railverbinding is een meer zuidelijk alternatief een betere oplossingsrichting. Naast een verkorte reistijd wordt zo ook bijvoorbeeld een mogelijkheid gecreëerd voor aansluiting op NoordZuid-liijn.

De gekozen vervoersmodaliteit beïnvloedt niet alleen de ligging van de dijk, maar ook het dijkprofiel. Het is eenvoudig in te dekken dat een snelweg andere eisen aan een dijkprofiel stelt dan een railverbinding.

Groen vs Rood

Bij het vaststellen van de locatie van de dijk komt het strijdpunt tussen de groene en rode functies naar voren. Een noordelijke dijkvariant vergroot het IJmeeroppervlak en daarmee de ruimte voor rode functies. De mogelijkheden voor natuurontwikkelingen worden in dit gebied dan verder ingeperkt. Bij een zuidelijkere dijkvariant geldt het omgekeerde.

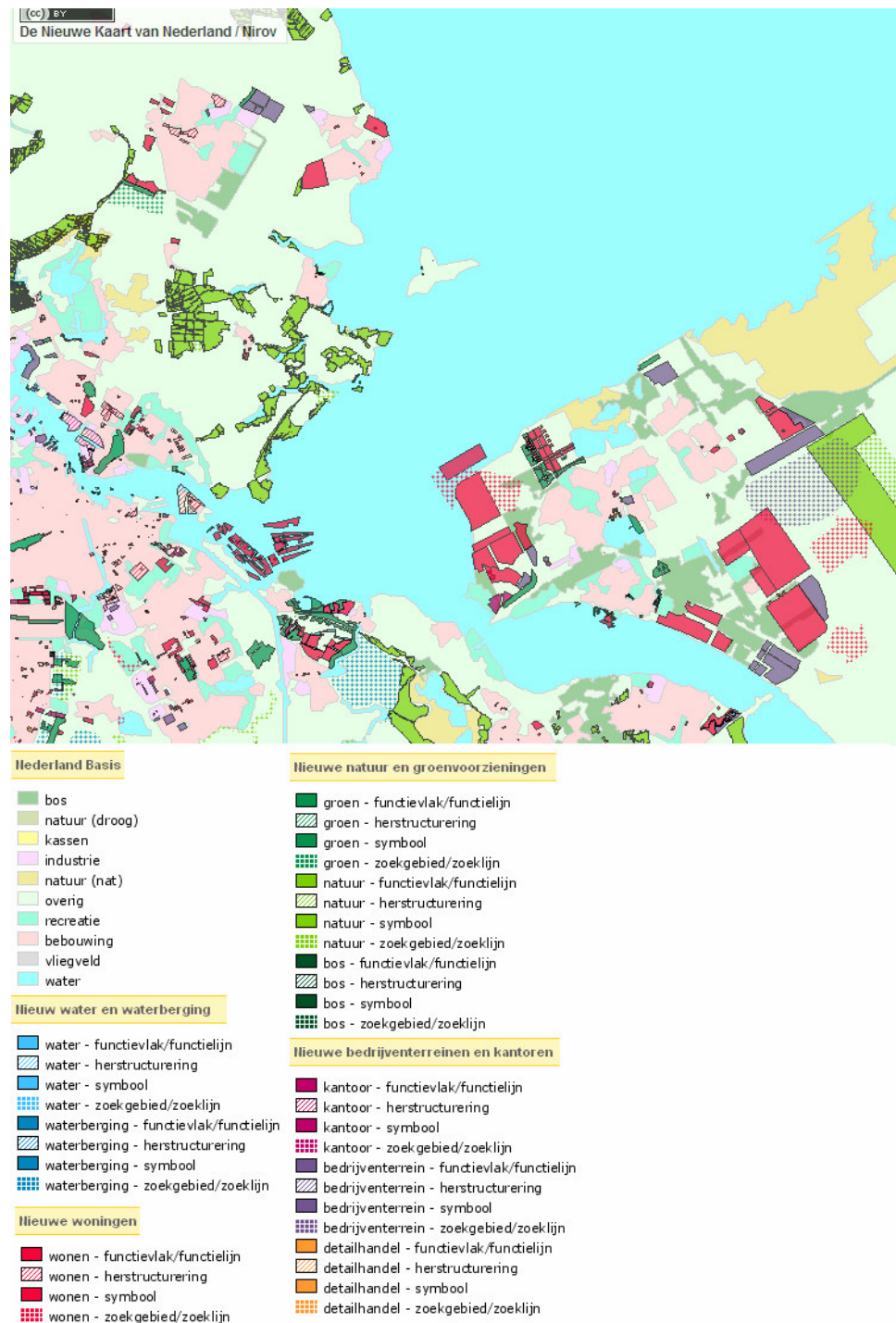
Een belangrijk punt in de afweging, zeker wanneer de grote groei van Almere wordt meegenomen.

Beperken dijkverzwaring

Het beperken van dijkverzwaring rond het IJmeer in de toekomst hangt ook af van locatie van de dijk. De dijken ten zuiden van de verbindingdijk zijn gevrijwaard van het eventuele meestijgen van het Markeermeer met de zeespiegel. Dit kan een groot voordeel aangezien deze dijken door veel mensen als een belangrijk cultuurhistorisch en kenmerkend landschapselement worden beschouwd.

IV

De Nieuwe Kaart



Figuur (bijlage) 3 De nieuwe kaart van Nederland (Nirov, 2007)



Uitwerkingen strijklengte en golfgroei

Op de volgende pagina's zijn de uitwerkingen voor het bepalen van de strijklengte en golfgroei te vinden. Deze uitwerkingen zijn bij de digitale versie als losse bestanden toegevoegd.

In de berekeningen zijn de volgende symbolen gebruikt:

$$\tilde{H} = \frac{H_{1/3}g}{u^2} \quad \text{dimensieloze golfhoogte}$$

$$\tilde{d} = \frac{dg}{u^2} \quad \text{dimensieloze waterdiepte}$$

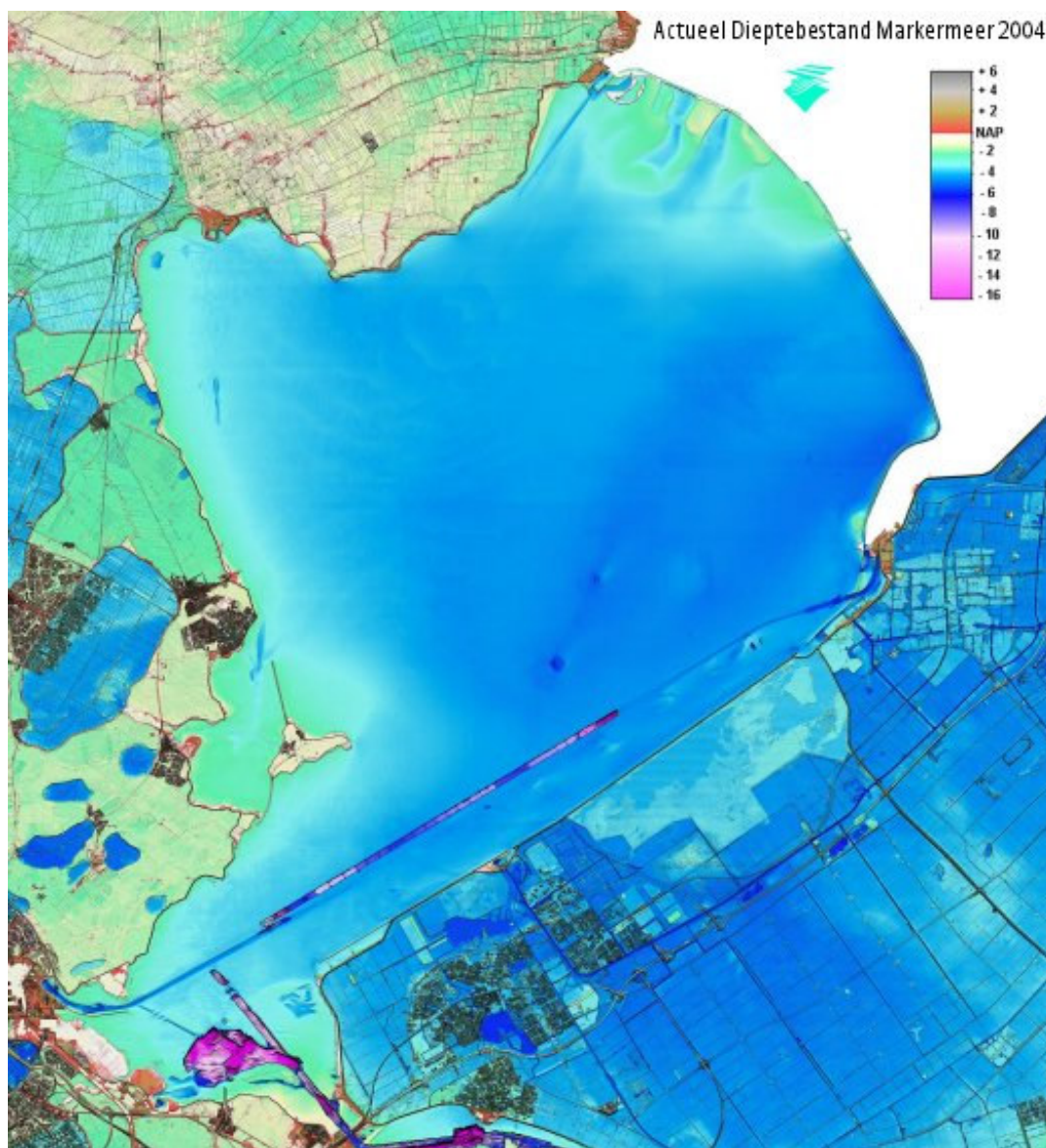
$$\tilde{F} = \frac{Fg}{u^2} \quad \text{dimensieloze strijklengte}$$

$$\tilde{T} = \frac{T_{1/3}g}{u} \quad \text{dimensieloze golfperiode}$$

$g =$	zwaartekracht versnelling	[m/s ²]
$u =$	windsnelheid op 10 meter hoogte	[m/s]
$d =$	waterdiepte	[m]
$F =$	effectieve strijklengte	[m]
$H_{1/3} =$	significante golfhoogte	[m]
$T_{1/3} =$	significante golfperiode	[s]

VI

Dieptebestand Markermeer



Figuur (bijlage) 4 Dieptebestand Markermeer (Rijkswaterstaat IJsselmeergebied)

VII

Kwelflux

In het hoofdstuk fysische effecten is de kwelflux besproken. Dit gebeurt aan de hand van een tabel waarin de verschillende effecten een score toegekend krijgen. In deze bijlage zal deze score verder worden uitgewerkt.

	<i>Hoorn</i>	<i>Lelystad</i>	<i>Almere</i>	<i>Oostv.</i>	<i>Vechtp.</i>
Omvang kwelflux	+	+	++	0/+	0/+
Risico opbarsting	0	+	++	+	0
Waterkwaliteit	+	+	+	+ / ++	+
Doorspoeling	+	+	+	++	++
Mogel. Econ. schade	+	++	++	0	0
Mogel. Ecolog. schade	0/+	0	0	0 / ++	+

Omvang kwelflux

De omvang van de kwelflux is het grootst in de diepe polders. In de gebieden waar nu al water is, dient de omvang van de kwelflux nader te worden bekeken. Er bestaat immers de mogelijkheid dat er een omslag plaats vindt tussen wegzijging en kwel.

Risico opbarsting

Ook de opbarstingsrisico's zullen het grootst zijn in de diepgelegen gebieden. Van Almere is daarnaast bekend dat het zeer gevoelig is voor opbarstingen.

Waterkwaliteit en Doorspoeling

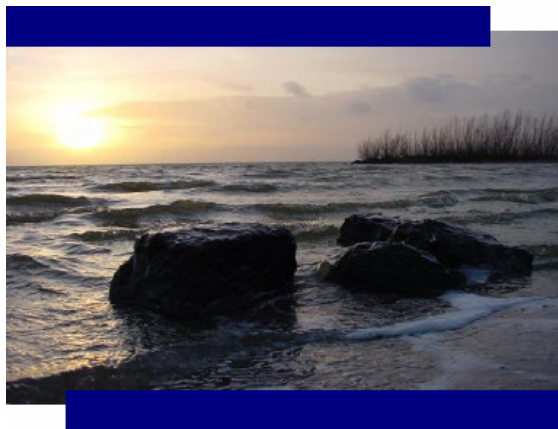
De waterkwaliteit heeft de grootste invloed in natuurgebieden en op plekken waar water aan het systeem wordt onttrokken.

Mogelijke economische schade

De mogelijke economische schade is afhankelijk van de omvang van de kwelflux, het opbarstingsrisico, de verstedelijkingsgraad en de diepte/hoogte van het land.

Mogelijke ecologische schade

De mogelijke ecologische schade is afhankelijk van de omvang van de kwelflux, het opbarstingsrisico, de huidige ecologische waarde en het belang van doorspoeling.



Werner Weeink

Enschede, januari 2007