

Natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures

*Verkennde ontwerpstudie voor de
Braakman- en Hellegatpolder*

Hogeschool Zeeland
***Spring*, centrum voor duurzaamheid en water**

Opdrachtgever	: ProSes, Bergen op Zoom	
Opdrachtnemer	: Hogeschool Zeeland, opleiding Aquatische Ecotechnologie	
Auteurs	: Bart van der Aa	Edith Dorsman
	Ewout Blom	Rob Heusinkveld
	Angela Dekker	Silviu Raicu
	Eveline Hamelink	Janna Schoonakker
	Cathelijne Melissen	Martine Vernooy
	Sandra Roovers	Janine Veenstra
		Christiaan van der Zwan

Vlissingen, juli 2004

Voorwoord

Voor u ligt het rapport, 'Natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures', geschreven in het kader van de opleiding Aquatische Ecotechnologie en *Spring*, het centrum voor duurzaamheid en water aan de Hogeschool Zeeland te Vlissingen, in opdracht van ProSes te Bergen op Zoom. De opdracht die ProSes ons, derdejaars studenten van de opleiding Aquatische Ecotechnologie, heeft aangeboden was het uitvoeren van een verkennende ontwerpstudie naar de mogelijkheden van het combineren van natuurontwikkeling met zilte aquacultures.

Dit rapport is bestemd voor alle belanghebbenden en geïnteresseerden bij het gecontroleerd dan wel ongecontroleerd inlaten van water vanuit de Westerschelde in de Braakman- en Hellegatpolder. Tevens is dit rapport geschreven voor iedereen die zich, direct dan wel indirect, betrokken voelt bij dit onderwerp in het algemeen.

Via deze weg willen wij graag iedereen bedanken die ons geholpen heeft bij het tot stand brengen van dit rapport. Als eerste willen wij Paul Post en Jon Coossens, werkzaam bij ProSes, Willem Brandenburg en Paulien Kamermans, werkzaam bij RIVO/CSO en Dick de Jong, werkzaam bij RIKZ, bedanken voor alle informatie die zij ons hebben verschaft met het oog op aquacultures en natuurontwikkeling. Daarnaast willen wij Harry van Manen, werkzaam bij het RIZA, bedanken voor het in gebruik geven van Model Getijduiker en Mariska Bijleveld, werkzaam bij Rijkswaterstaat directie Zeeland, voor het ter beschikking stellen van de hoogtekaarten van de Braakman- en de Hellegatpolder.

Anja de Groene, bedanken wij voor de toelichting en de structurering tijdens de presentatie van de ontwerpen. Voor de organisatie en het promoten van dit rapport willen wij Esther Hokke en Katja Ferdinandus bedanken.

Annette den Hollander bedanken wij voor het geven van informatie naar aanleiding van haar afstudeerproject, "Verzoenen met verzilting, zoutwaterlandbouw in Zeeland".

Tevens willen wij onze docent Bram Verkruysse bedanken voor zijn inzicht en zijn commentaar op het ontwerp.

In het bijzonder bedanken wij Jouke Heringa, docent aan de Hogeschool Zeeland, en tevens onze begeleider bij dit project, voor zijn inzicht en feedback alsmede zijn geduld en begrip.

Bart van der Aa
Ewout Blom
Angela Dekker
Edith Dorsman
Eveline Hamelink
Rob Heusinkveld
Cathelijne Melissen
Silviu Raicu
Sandra Roovers
Janna Schoonakker
Janine Veenstra
Martine Vernooy
Christiaan van der Zwan

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Gebiedsbeschrijving en achtergronden	3
2.1 Het Schelde-estuarium	3
2.2 De Braakmanpolder	4
2.2.1 Geografie	4
2.2.2 Geschiedenis	4
2.2.2 Geschiedenis	5
2.2.3 Huidige inrichting	6
2.2.3 Huidige inrichting	6
2.2.4 Braakmanpolder buitendijks	6
2.2.4.1 Paulinaschor	6
2.2.4.2 DOW Chemicals, locatie Terneuzen	7
2.3 De Hellegatpolder	7
2.3.1 Geografie	7
2.3.2 Geschiedenis	8
2.3.3 Huidige inrichting	8
2.3.4 Hellegatpolder buitendijks; Platen van Hulst	9
3. Methode	10
4. Aquacultuur	12
4.1 Algemeen	12
4.2 Mosselkweek	12
4.2.1 Algemeen	12
4.2.2 Bodemcultuur	13
4.2.3 Hangcultuur Mosselen	13
4.3 Zeekraalteelt	14
4.4 Combinatieteelt	14
4.5 Voorwaarden aquacultuur	15
4.5.1 Mosselen	15
4.5.2 Zeekraal	15
5. Consequenties voor het ontwerp	16
5.1 Algemene consequenties	16
5.2 Consequenties voor de Braakmanpolder	17
5.3 Consequenties voor de Hellegatpolder	17
6. Ontwerpen	18
6.1 Braakmanpolder	18
6.1.1 Variant 1, Westelijke inlaat	18
6.1.1.1 Algemeen	18
6.1.1.2 Hydrologie	21
6.1.1.3 Opbrengsten	23
6.1.1.4 Verdere toevoegingen aan het ontwerp	23
6.1.2 Variant 2, Minimumvariant	24
6.1.2.1 Algemeen	24
6.1.2.2 Hydrologie	24
6.1.2.3 Situering aquacultures	26
6.1.2.4 Opbrengsten	28
6.1.2.5 Verdere toevoegingen aan het ontwerp	28
6.2 Hellegatpolder	29
6.2.1 Variant 1, Gecontroleerde inlaat	29
6.2.1.1 Algemeen	29
6.2.1.2 Hydrologie	31
6.2.1.3 Zilte aquacultures	33
6.2.1.4 Opbrengst	36
6.2.2 Variant 2, Ontpolderen	36
6.2.2.1 Algemeen	36

6.2.2.2 Hydrologie.....	38
6.2.2.3 Zilte aquacultures.....	39
6.2.2.4 Opbrengst	40
7. Natuurontwikkeling in de Braakman- en de Hellegatpolder	41
7.1 Braakmanpolder	41
7.1.1 Variant 1, Westelijke inlaat	42
7.1.1.1 Toekomstbeeld	42
7.1.1.2 Algemeen beeld van de lagere delen van de Braakmanpolder	42
7.1.1.3 Algemeen beeld van de hogere delen van de Braakmanpolder	43
7.1.2 Scenario 2, minimumvariant	44
7.2 Natuurontwikkeling in de Hellegatpolder	45
7.2.1 Natuurdoeltype	46
7.2.1.1 Algemeen beeld	46
7.2.1.2 Ecologische beschrijving	47
7.2.2 Beheer	48
8. Conclusie.....	49
8.1 Braakmanpolder	49
8.1.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen.....	49
8.1.2 Conclusie Braakmanpolder	51
8.2 Hellegatpolder.....	51
8.2.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen.....	51
8.2.2 Conclusie Hellegatpolder.....	53
8.3 Algemene conclusie.....	53
9. Discussie	54
9.1 Braakmanpolder	54
9.2 Hellegatpolder.....	54
10. Aanbevelingen	56
10.1 De Braakmanpolder	56
10.1.1 Algemene aanbevelingen	56
10.1.1.1 Natuurontwikkeling.....	56
10.1.1.2 Aquacultures, kosten en opbrengsten	56
10.1.1.3 Waterhuishouding	56
10.1.2 Braakmanpolder variant 1, Westelijke inlaat	56
10.1.2.1 Natuurontwikkeling.....	56
10.1.2.2 Waterhuishouding	57
10.1.3 Braakmanpolder variant 2, Minimumvariant.....	57
10.1.3.1 Aquacultures, kosten en opbrengsten	57
10.1.3.2 Waterhuishouding	57
10.2 De Hellegatpolder	58
10.2.1 Algemene aanbevelingen	58
10.2.1.1 Aquacultures, kosten en opbrengsten	58
10.2.1.2 Waterhuishouding.....	58
10.2.2 Variant 1 Gecontroleerde inlaat Hellegatpolder	58
10.2.2.1 Waterhuishouding.....	58
10.2.3 Variant 2 Ontpolderen Hellegatpolder	58
10.2.3.1 Aquacultures	58
10.2.3.2 Waterhuishouding.....	58
Literatuurlijst.....	59

Bijlagen

Bijlage 1. Potentiële opbrengsten aquacultures

Bijlage 2. Berekeningen benodigde hoeveelheid water voor voldoende voedsel voor mosselen

Bijlage 3. Berekeningen in- en uitstroomvolume Hellegatpolder

1. Inleiding

Op dit moment wordt in opdracht van de Technische Scheldecommissie onder regie van de Projectdirectie ontwikkelingschets Schelde-estuarium (ProSes) de laatste hand gelegd aan het opstellen van een ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium (van Gent tot Noordzee). In dit kader worden verschillende studies uitgevoerd: een Strategisch MER en een Maatschappelijke Kosten Baten analyse (MKBA). In deze studies worden mogelijke oplossingen verkend en uitgewerkt voor problemen met betrekking tot drie thema's: veiligheid, toegankelijkheid en natuurlijkheid. Dit rapport zal zicht vooral toespitsen op het thema natuurlijkheid.

Zowel binnen Europese als mondiale context telt een estuarium een aantal zeldzame biotopen, waaronder de brak- en zoetwater slikken en schorren. De hoge biodiversiteit in een estuarium wordt voornamelijk veroorzaakt door een zoet-zout gradiënt en de invloed van getij. Door ingrepen uit het verleden (inpoldering en verdieping van gedeelten van het estuarium) zijn delen van belangrijke natuurgebieden in het estuarium verloren gegaan. Ter compensatie hiervoor wil men nieuwe natuurgebieden creëren doormiddel van het verleggen van de zeedijk of gecontroleerd inlaten van Westerscheldewater. Beide manieren zullen echter leiden tot ontpoldering, waardoor het niet vreemd is dat het draagvlak hiervoor niet groot is onder de bewoners. Als gevolg hiervan zoekt men naar manieren om meer draagkracht te creëren voor natuurontwikkeling. Het combineren van natuurontwikkeling met aquacultures, zoals zeekraalteelt en mosselkwekerijen, zou een mogelijke oplossing kunnen zijn. Bovendien kan het promoten van de teelt van zilte gewassen een duurzame bijdrage leveren aan het steeds groter wordende probleem van voedselschaarste als gevolg van verzilting. Op landelijk niveau (LNV), maar ook op provinciaal niveau komen zilte teelten (mariencultuur/zeecultuur) in de breedste zin van het woord (gewassen, vissen, schelpdieren etc.) steeds meer in beeld. Het inrichten van gebieden voor zilte aquacultuur kan goed gecombineerd worden met het natuurlijker maken van het Schelde-estuarium.¹

Omdat men nog weinig ervaring heeft met de combinatie van de functies natuur en aquacultuur, wordt er op allerlei gebieden onderzoek naar gedaan. Dit rapport is in opdracht van ProSes geschreven en dient als verkennende ontwerpstudie naar de mogelijkheden voor de inrichting van de Braakman- en Hellegatpolder als natuurontwikkelingsgebied in combinatie met aquacultures. Deze twee polders zijn uit eerder onderzoek (Brandenburg et al. 2004) naar voren gekomen als meest geschikte locaties voor deze combinatie. De polders kunnen in verbinding worden gebracht met de Westerschelde door een gecontroleerde doorlaat of ontpoldering.

De volgende probleemstelling worden in dit rapport uitgewerkt:

“Op welke manier kan natuurontwikkeling gerealiseerd worden in combinatie met zilte aquacultures?”

Om deze probleemstelling te kunnen beantwoorden, wordt deze vraag opgesplitst in de volgende deelvragen:

1. Op welke plaats, wijze en met welk debiet kan het water het best gecontroleerd worden ingelaten?
2. Hoe kan op een optimale wijze het ingelaten water over het zoekgebied worden gedistribueerd en uitgelaten?
3. Op welke wijze en met welke inrichting kan het landinwaarts verplaatsen van de dijk (ontpolderen) gecombineerd worden met zoute aquacultures.

¹ <http://www.agro.nl/nrlo/verkenningen/pdf/200010.pdf> (mei, 2004)

4. Hoe kan de natuurfunctie (estuariene dynamiek) o.a. in ruimtelijke zin het best worden gecombineerd met de teelt van mosselen en zee kraal (zowel voor ontpolderen als gecontroleerd inlaten)?
5. Hoe ziet een zogenaamde cascade van teelt van mosselen en zee kraal er in dit praktijkgeval uit (zowel voor ontpolderen als gecontroleerd inlaten)?
6. Wat voor maatregelen (bijvoorbeeld slibaanvoer) moeten daarbij worden genomen om de optimale omstandigheden voor de teelt van mosselen en zee kraal te garanderen?

Wanneer bovenstaande deelvragen beantwoord zijn, kan een conclusie worden getrokken omtrent de haalbaarheid van de combinatie aquacultures met zilte natuurontwikkeling. Omdat er nog geen concrete voorbeelden zijn voor de inrichting van gebieden als intergetijdengebied, waarbij een combinatie van natuurontwikkeling met zoute teelt is gemaakt, is dit rapport gebaseerd op algemene kennis over waterbeheer, opgedaan tijdens de opleiding Aquatische Ecotechnologie, gecombineerd met expert-judgement en literatuur over de (rand)voorwaarden en knelpunten van aquacultures.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 eerst een gebiedsbeschrijving gegeven van zowel de Braakman- als de Hellegatpolder. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de methode van werken gegeven waarna in hoofdstuk 4 het belang van aquacultures wordt besproken. Hoofdstuk 5 zal gaan over de consequenties die de ontwerpen met zich mee zullen brengen, waarna de ontwerpen van zowel de Braakmanpolder als de Hellegatpolder worden besproken. In hoofdstuk 7 komt de natuurontwikkeling in de gebieden aan bod waarna er een conclusie getrokken wordt, gevolgd door een discussie. Tenslotte worden er nog enkele aanbevelingen gedaan.

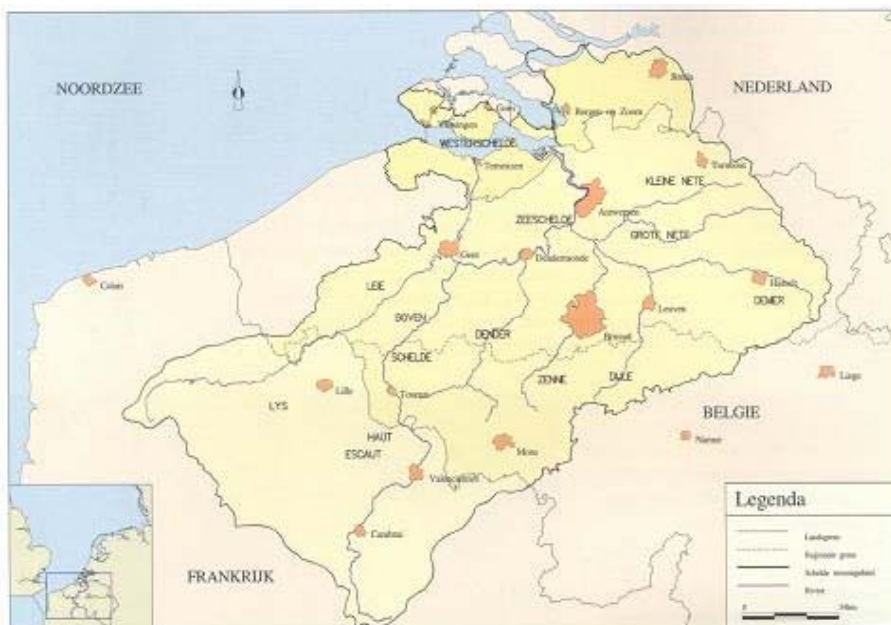
2. Gebiedsbeschrijving en achtergronden

2.1 Het Schelde-estuarium

Een estuarium is een verbrede, veelal trechtervormige riviermonding, waar zoet rivierwater en zout zeewater op elkaar stuiten en waar getijverschil waarneembaar is.² Het estuarium houdt op daar waar de zoutinvloed niet langer meetbaar is, maar de begrenzing hiervan verschuift met de seizoensfluctuatie in de rivierafvoer en het getij.³

Een estuarium is een zeer dynamisch systeem. Per etmaal stroomt er twee maal een enorme hoeveelheid zeewater naar binnen bij vloed, wat bij eb weer uit het estuarium stroomt. Dit veroorzaakt verschillende stroomsnelheden, met de bijbehorende fysische processen zoals sedimentatie en erosie. De stroomgeulen en zandplaten kunnen door het in- en uitstromende getij langzaam van plaats veranderen.

Het Schelde-estuarium vormt de verbinding tussen het stroomgebied van de Schelde en de Noordzee. De bron van de Schelde ligt in Noord-Frankrijk en de monding ligt in Zeeland, bij Vlissingen. Het stroomgebied van de Schelde beslaat 21.000 km² (figuur 2.1).



Figuur 2.1: Het stroomgebied van de Schelde
(Kaart: De Schelde, een stroom natuurtalent)

De getij-invloed is tot 160 km landinwaarts merkbaar. De breedte van het estuarium varieert van 54 m bij Gent tot 5000 m bij de monding bij Vlissingen. Richting zee vertoont het dwarsprofiel meerdere evenwijdige geulen met ondiepten en zandbanken ertussen. In de scherpe bochten zijn de geulen het diepst, 30 tot 40 meter. De getijdengolf loopt vanuit de Noordzee het estuarium binnen. De energie neemt af door wrijving met de bodem, maar de golfhoogte neemt toe door vernauwing van het estuarium waardoor het water opgestuwd wordt. Het getijverschil neemt daardoor toe van bijna 4 m bij Vlissingen tot ruim 5,2 m bij Antwerpen.

Bij Vlissingen is het vloedvolume ruim één miljard m³, bij Bath ruim 200 miljoen m³ en bij Antwerpen nog maar 80 miljoen m³. Met het afnemen van het vloedvolume worden landinwaarts ook de afmetingen van de diverse rivierstructuren kleinschaliger. De geulen worden smaller en ondieper en de omvang van het intergetijdengebied neemt af.⁴

² <http://nl.wikipedia.org/wiki/Estuarium>

³ Reader Estuaria, Hogeschool Zeeland

⁴ De Schelde, een stroom natuurtalent



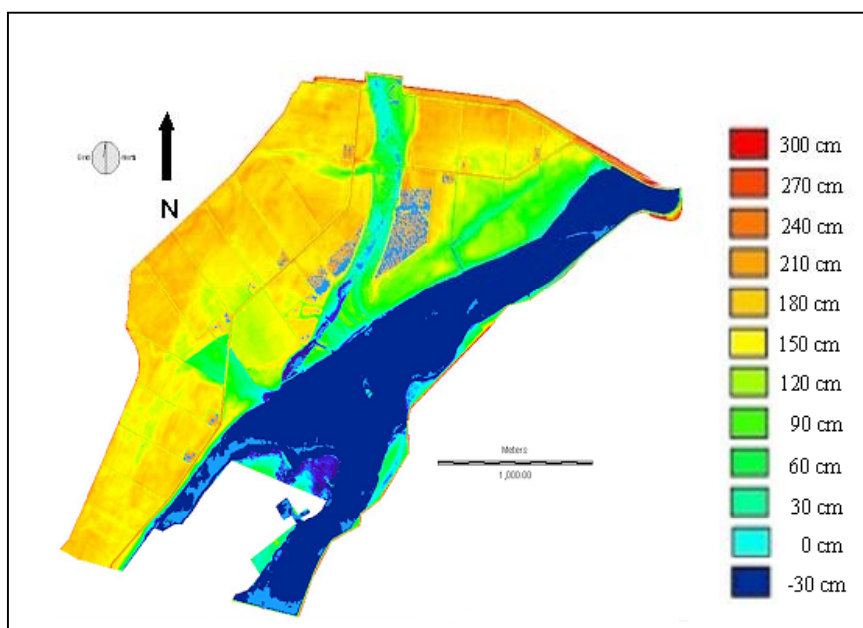
Figuur 2.2: Ligging van de polders in het Schelde-estuarium
(Kaart: www.euregioscheldemond.org/img/euregio.gif)

Langs het Schelde-estuarium liggen een aantal polders die mogelijk geschikt zijn voor natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures. Er is gekozen voor polders die allemaal ten zuiden (zuid-westen) van de Westerschelde liggen en tevens in de buitenbocht. Dit vanwege de erosie en sedimentatieprocessen, ligging van de vaargeul en de saliniteit van het Westerscheldewater. In dit rapport worden de Braakman- en de Hellegatpolder behandeld (ligging zie figuur 2.2).

2.2 De Braakmanpolder

2.2.1 Geografie

De Braakmanpolder is gelegen in Zeeuws Vlaanderen aan de Westerschelde en is voornamelijk eigendom van agrariërs. Het natuurreservaat 'Braakman-Noord' is in eigendom en beheer bij Staatsbosbeheer. Het plangebied waar de studie in dit rapport op gebaseerd is, is het gedeelte ten noorden van de N61. Dit gebied is ongeveer 600 ha groot en de hoogteligging varieert van -0.5 m tot +2 m NAP.



Figuur 2.3: Hoogtekaart Braakmanpolder in cm t.o.v. NAP
(Kaart: Actueel Hoogtebestand Nederland)

In de onderstaande tabel worden de peilverschillen in de Westerschelde weergegeven.

Tabel 2.1: Waterstanden Westerschelde ten hoogte van de Braakmanpolder

	Laagwaterstand	Hoogwaterstand	Getijslag
Springtij	-2.06 m NAP	+2.83 m NAP	4.89 m
Doodtij	-1.42 m NAP	+1.96 m NAP	3.38 m
Gemiddeld tij	-1.76 m NAP	+2.41 m NAP	4.17 m

2.2.2 Geschiedenis

De Braakman is in 1952, na de aanleg van het Kanaal van Gent naar Terneuzen ingepolderd. Ten tijde van deze inpoldering bestond de Braakman voor een groot deel uit open water en lage zandige slikken. De schorren hadden op veel plaatsen nog maar een dunne kleilaag. Voor de ongeveer 1500 hectare schorren, slikken en kreken werd een inrichtingsplan gemaakt, afgestemd op de verschillende functies van de polder. De Braakman speelde een belangrijke rol bij de waterhuishouding in de omringende polders. Bovendien lag er, op basis van verdragen uit de negentiende eeuw, de verplichting om water te ontvangen uit de Belgische polders, vandaar de aanwezigheid van het Philippine- en het Isabellakanaal naar de Braakmankreek. Verder waren vooral landbouwkundige mogelijkheden richtinggevend. Alle gronden die enigszins geschikt waren, moesten een landbouwkundige bestemming krijgen. Sommige gebieden zijn echter zo zanderig, nat of droogtegevoelig dat ze ongeschikt zijn voor landbouw. Deze gronden werden aangewezen voor bebossing, waarbij nadrukkelijk aan productiebos werd gedacht. Natuur kwam in de eerste versies van de inrichtingsplannen niet of nauwelijks voor. De natuur is echter haar eigen weg gegaan. Honderden sterns en kluten (pionierssoorten) hadden hun stek gevonden op de Middenplaat, de Westgeul en een opgespoten eiland in de Grote Kreek en kwamen daar in de beginperiode jaarlijks broeden. Dat was de reden dat vogelbeschermers pleitten voor de natuurbelangen bij de inrichting van het nieuwe gebied. De Westgeul, een aftakking van de grote Braakmankreek, werd uiteindelijk dan ook als natuurgebied aangewezen. De Middenplaat, als vogelgebied veel belangrijker, kreeg echter de bestemming recreatie. Hier werden vakantiewoningen en een camping geplaatst. Voor de dagrecreatie werd een jachthaven en openluchtbad met speelweide aangelegd en een restaurant gebouwd. Aangezien het geheel voor de Gemeente Terneuzen niet rendabel was, werd in de jaren tachtig het recreatie-eiland geprivatiseerd.



Figuur 2.4: Braakman 1850
(Kaart: Historische atlas Zeeland)



Figuur 2.5: huidige situatie Braakman
(Kaart: Topografische atlas Zeeland)

In de jaren negentig nam het containervervoer over water toe en diende Zeeland Seaport een verzoek in voor de aanleg van een containerkade in de Braakmanhaven. Nadat deze was goedgekeurd, zocht Zeeland Seaport ruimte voor een logistiek park voor de containers. Dit werd toegestaan mits Zeeland Seaport een financiële bijdrage leverde voor natuurontwikkeling in de Braakmanpolder. Ook mocht er geen westelijke ontsluiting door de Braakmanpolder komen te liggen en het Logistiek Park werd landschappelijk ingepast door een dijk rondom het Park aan te leggen.

2.2.3 Huidige inrichting

De polder bestaat tegenwoordig o.a. uit landbouwgrond. Deze landbouwgrond is te vinden op de oude schorgronden. De gewassen die worden geteeld zijn onder andere aardappelen, graan (zoals mais, gerst en tarwe) en wortelen. Daarnaast bevindt zich, gelegen ten noorden van de N61, in de polder een camping. Ook bevinden zich in de polder verschillende recreatiemogelijkheden. In het natuurreservaat is de recreatie beperkt tot wandelen, vogels spotten. Overige recreatie, die verbonden is aan de camping, vindt plaats op de Braakmankreek. Deze bestaat uit zwemmen en surfen. Verder is er een waterskivereniging aanwezig en is er gelegenheid om te vissen. Tevens bevindt zich in het noorden van de polder, ten westen van de Braakmankreek, een natuurreservaat dat bestaat uit zoete natuur. In het natuurreservaat komt een grote verscheidenheid aan flora en fauna voor, waaronder negen rode lijstsoorten van mossen en nationaal zeldzame insecten, zoals de Zwartrosse zandbij. Tevens zijn er veel rode lijstsoorten onder vogels en hogere planten te vinden. In de Westgeul komt een duinvallei-vegetatie voor met pionierssoorten, maar ook veenmosses en zonnedaauw. Langs de oevers van de kreken ligt een vegetatiezone met zout- en overstromingstolerante planten. Richting de Braakmankreek lopen twee afwateringskanalen, afkomstig uit België, het Philippine- en het Isabellakanaal. De uitlaten van deze kanalen komen uit in de Braakmankreek. In figuur 2.5 is de huidige situatie weergegeven.

De Braakmanpolder is aangemerkt als kern- en ontwikkelingsgebied als onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur. Het gebied maakt tevens onderdeel uit van de zogenaamde “natte as”: een aaneenschakeling van natte ecosystemen van Lauwersmeer tot Biesbosch/Deltagebied met internationale betekenis⁵.

2.2.4 Braakmanpolder buitendijks

Paulinaschor

De schorren voor de Paulinapolder vormen een restant van een omvangrijk schorrencomplex in het mondingsgebied van de voormalige zeearm de Braakman. Tot na de Tweede Wereldoorlog was dit schor in gebruik als weidegrond voor schapen. Een overblijfsel uit de tijd van de buitendijkse schapenhouderij vormen de in het schor gelegen schapendammetjes, lage dijkjes die opgeworpen zijn om de door getijdenkreken van elkaar gescheiden delen van het schor met elkaar te verbinden. Daarnaast fungeerden de dammetjes ook als uitwijkplaats bij hoge vloed.



Figuur 2.6: luchtfoto van het Paulinaschor
(Foto: www.natuurkaart.nl/kvn.landschappen/natuurkaart.nl)

⁵ http://www.steltkluut.nl/atk_041_bm_braakman.htm (mei, 2004)

Opvallend is het duidelijk waarneembaar verschil tussen de begroeiing van de oeverwallen langs de kreken en de lager gelegen kommen. Op de oeverwallen domineren de grijsgroene tinten van strandkweek, zeealsem en schorrekruid, terwijl in de kommen de heldergroene kleuren van planten als lamsoor, zeeaster en zeeweegebree overheersen. Vanaf de zeedijk is het ook mogelijk om de aanwezige vogels te observeren. Op de slikken foerageren veel steltlopers, zoals rosse grutto, zilverplevier, bonte strandloper en scholekster. In het vloedmerk foerageren onder andere frater en sneeuwgorz.

In de wintermaanden wordt het hoge deel van het schor door blauwe kiekendieven bezocht, in de schemering vinden ze daar hun slaapplek. Dankzij de overzichtelijkheid vormt het gebied een aantrekkelijk studieobject voor vogelaars.⁶

DOW Chemicals

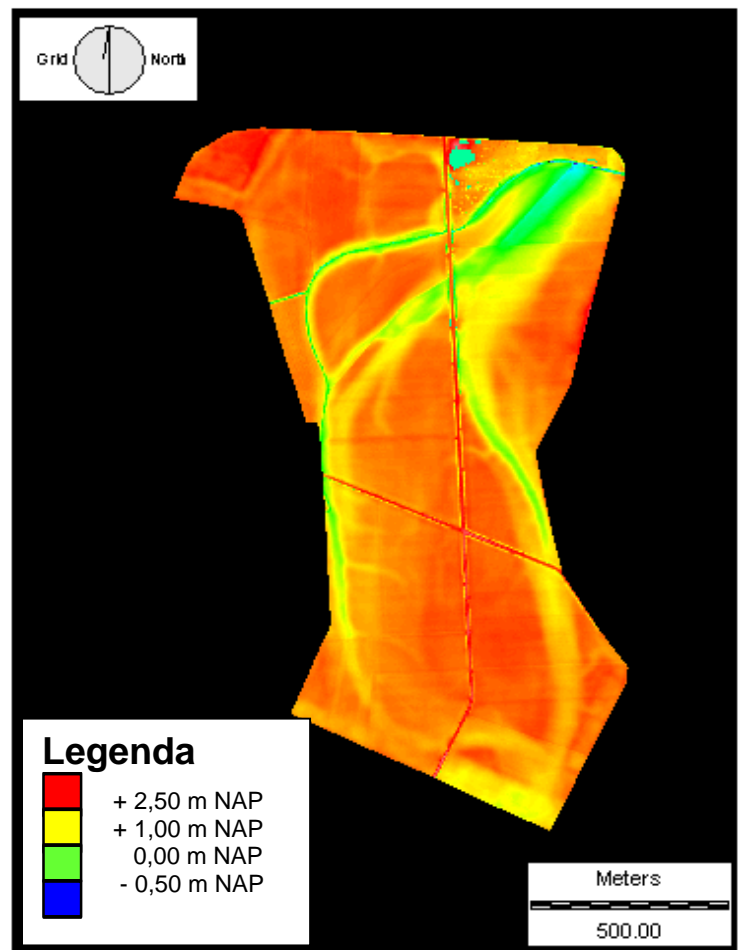
Het hart van de vestiging van DOW Chemicals bestaat uit kraakinstallaties, die onder andere ethyleen en propyleen produceren. Deze vormen de belangrijkste bouwstoffen voor een breed scala van kunststoffen en chemicaliën. Voorbeelden hiervan zijn latex voor de tapijt- en papierindustrie, polystyreen voor huishoudelijke apparatuur, polyethyleen voor bijvoorbeeld de coating van drankkartons en STYROFOAM, isolatiemateriaal voor dak- vloer- en wandtoepassingen.

De Mosselbanken is een onderdeel van het bedrijfsterrein van DOW in Terneuzen dat is gereserveerd voor uitbreidingen. Hier kunnen ook andere bedrijven dan DOW terecht. Uitgangspunt is dat de vestiging op de Mosselbanken een meerwaarde heeft voor zowel de nieuwe activiteit als voor DOW.⁷

2.3 De Hellegatpolder

2.3.1 Geografie

De Hellegatpolder is gelegen in Zeeuws Vlaanderen aan de Westerschelde en valt onder het beheersgebied van Waterschap Zeeuws Vlaanderen. De polder behoort bij de gemeente Terneuzen en ligt circa 10 kilometer ten oosten van deze stad. De totale oppervlakte van de polder is 140 ha. De hoogteligging varieert van 0.6 tot 1.8m + NAP, te zien in figuur 2.7.



Figuur 2.7: Hoogtekaart Hellegatpolder, Juni 2004

⁶ <http://www.natuurkaart.nl/kvn.landschappen/natuurkaart.nl/i000893.html>

⁷ <http://www.dow.com/facilities/europe/terneuzen>

In de onderstaande tabel worden de peilverschillen in de Westerschelde weergegeven.

Tabel 2.2: Waterstanden Westerschelde ten hoogte van de Hellegatpolder

	Laagwaterstand	Hoogwaterstand	Getijslag
Springtij	-2.20 m NAP	+2.89 m NAP	5.09 m
Doodtij	-1.60 m NAP	+1.94 m NAP	3.54 m
Gemiddeld tij	-1.97 m NAP	+2.54 m NAP	4.51 m

2.3.2 Geschiedenis

De Hellegatpolder is een nog relatief jonge polder. Pas in 1926 werd de laatste afdamming gemaakt van het Hellegat. Een verloren deel van de Eendragtpolder werd in de polder herdijkt. Het voor het voormalige Hellegat overgebleven geultje bleef nog enkele decennia onder de naam Appelzak bestaan. Deze benaming is aan meerdere geultjes langs de Westerschelde gegeven.⁸ In figuur 2.6 wordt de situatie van 1908 weergegeven.

2.3.3 Huidige inrichting

De polder bestaat tegenwoordig voornamelijk uit landbouwgrond. De producten die worden geteeld zijn onder andere vlas, aardappelen, suikerbieten en sperziebonen. Daarnaast bevindt zich in het noordoosten van de polder, tevens het laagst gelegen deel, een camping.

Langs de polder loopt aan de oostzijde het afwateringskanaal, het Gemaal van Campen genaamd, van de Hooglandpolder. De uitlaat van het gemaal ligt aan de oostkant van het dijkvlak. In figuur 2.9 is de huidige situatie weergegeven.



Figuur 2.8: Hellegatpolder 1908
(Kaart: historische atlas Zeeland)



Figuur 2.9: Huidige situatie Hellegatpolder
(Kaart: Topografische atlas Zeeland)

⁸ Encyclopedie van Zeeland, Koninklijk Zeeuwsch genootschap der wetenschappen, Middelburg 1982, Den Boer Middelburg / Drukkers

De vegetatie van de Hellegatpolder bestaat voornamelijk uit soorten die horen bij het zeekleigebied. Het gaat dan vooral om algemeen voorkomende soorten zoals fluitenkruid, veldzuring en grote brandnetel. De omliggende dijken zijn beplant met polieren en abelen. Ook de fauna die hier voorkomt met soorten als fazant, konijn en veldmuis is vrij algemeen.



Figuur 2.10: Aardappelveld en slaperdijk in de Hellegatpolder
Foto: E. Hamelink

2.3.4 Hellegatpolder buitendijks; Platen van Hulst

Buitendijks van de polder liggen de Platen van Hulst. Deze staan onder invloed van het getij en hier is dan ook een schorren- en slikkengebied te vinden. Het schorrengebied heeft een totale oppervlakte van ongeveer 20 hectare. Bij eb valt ongeveer 400 hectare slik droog. De platen worden doorsneden door enkele geulen. Door deze geulen wordt het water verspreid door het hele gebied. In het gebied zijn hoogteverschillen ontstaan door uitslijting van de geulen en sedimentatie van slik en klei in de kommen. Het slikken- en schorrengebied heeft een grote natuurwaarde, omdat er een grote verscheidenheid aan flora en fauna voorkomt. Slikken zijn van grote betekenis als kraamkamer- en opgroeigebied voor mariene fauna (bijvoorbeeld tong en garnalen) en foerageergebied voor vogels.

Op de slikken groeit Engels slijkgras en andere zoutminnende planten zoals Lamsoor, Zeeaster, Melkkruid en Schorrezoutgras. Maar wat vooral belangrijk is, hier groeit ook Zeekraal. Dit is een belangrijk gegeven aangezien er bij deze ontwerpstudie gekeken wordt naar de mogelijkheden voor mosselweek en zeekraalteelt. Als de zeekraal er al van nature voorkomt is het voor de hand liggend om gelijke omstandigheden aan te houden voor de teelt. Op de hogere gedeelten zijn rietvelden en op het schuine dijktaalud komt in geringe mate struikvorming voor⁹. Figuur 2.9 geeft een beeld van de polder en het schorren- en slikkengebied dat buitendijks ligt.



Figuur 2.11: Hellegatpolder met de Platen van Hulst buitendijks.
(Foto: www.zeeweringen.nl)

⁹ Wilderom, Tussen afsluitdammen IV. K.J.J. Brand, Oost Zeeuws-Vlaamse polderland

3. Methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe er te werk is gegaan om tot de ontwerpschetsen te komen voor zowel de Hellegat- als de Braakmanpolder. In onderstaande figuur is in een flow-diagram weergegeven de methoden van werken.

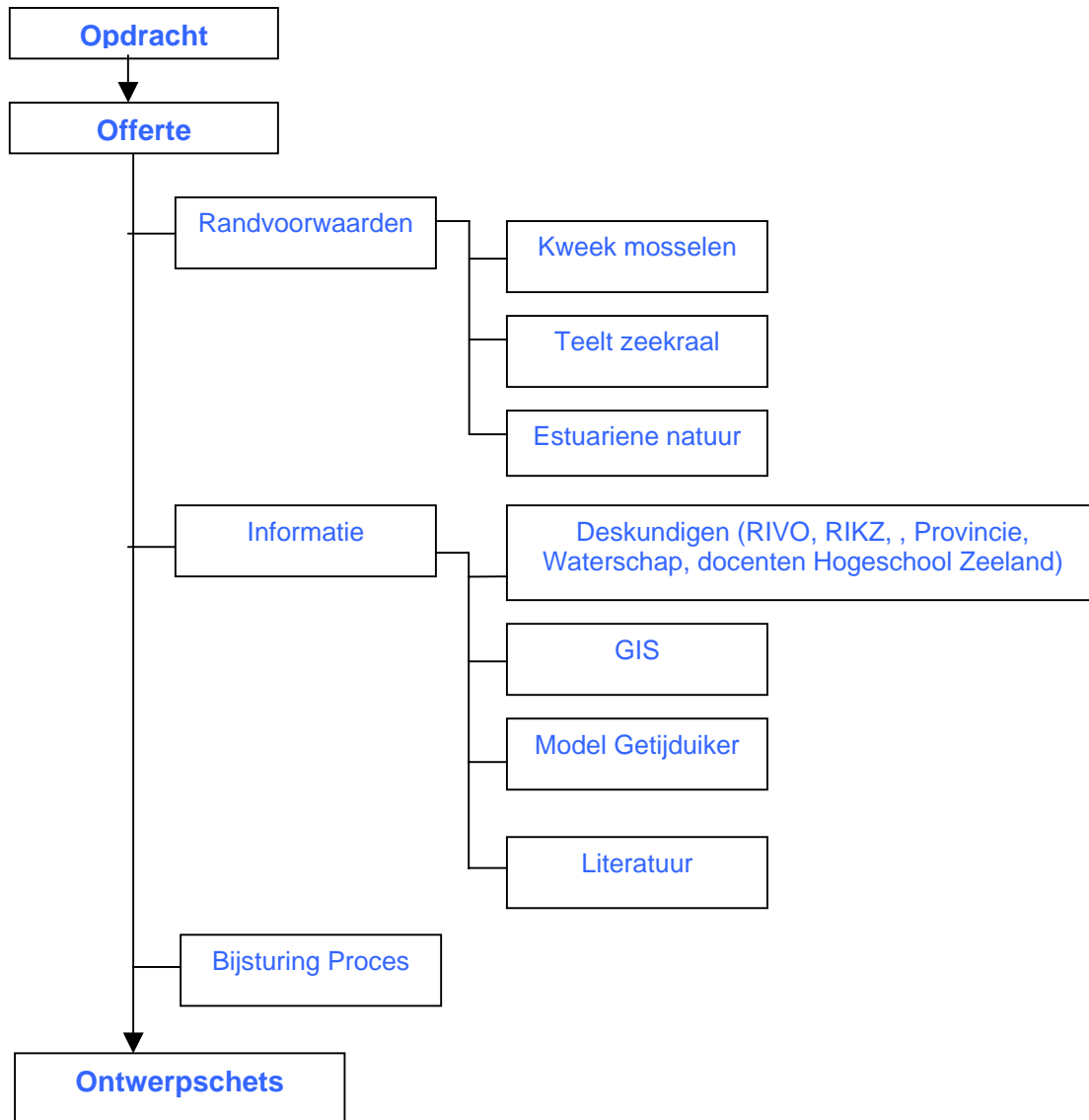


Fig. 3.1: Methode van werken

Uit de offerte zijn verschillende deelvragen gekomen, welke in de inleiding zijn beschreven. Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn eerst de verschillende randvoorwaarden voor de mosselen, zeekraal en estuariene natuur in kaart gebracht. Om te kijken met welke randvoorwaarden rekening moet worden gehouden en hoe een ontwerp kan voldoen aan deze randvoorwaarden is er informatie ingewonnen bij het RIVO, het RIKZ, de Provincie, het Waterschap, en docenten van de Hogeschool Zeeland.

Nadat de randvoorwaarden bekend waren kon begonnen worden met ontwerpen. Bij het ontwerpen is gebruik gemaakt van IDRISI, een GIS programma, om een beeld te krijgen van de hoogte ligging en oppervlakte van de polders. De hoogte kaarten zijn een 5 bij 5 meter grid van het actueel hoogtebestand Nederland¹⁰. Verder is met behulp van het Model Getijduiker¹¹ het debiet van de inlaat en peilfluctuatie in de polders berekend.

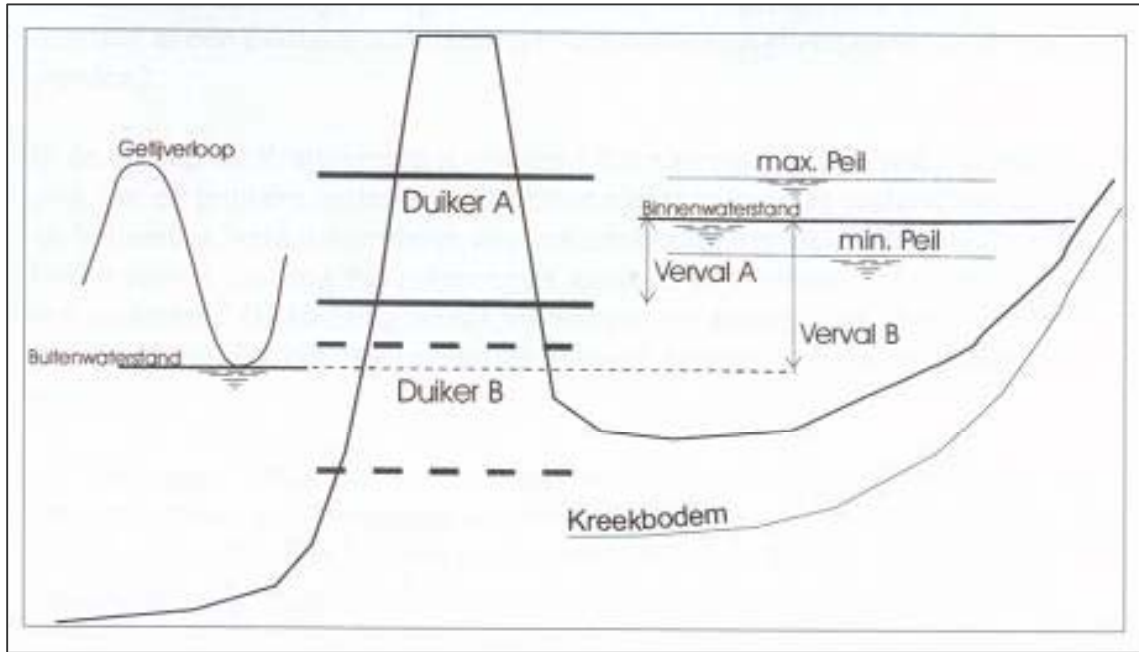


Fig: 3.2 Werking Model Getijduiker

Het model getijduiker gaat uit van een open constructie met het buitenwater. De belangrijkste gegevens die moeten worden ingevoerd zijn het getijverloop van het water buitendijks en een verloop van de hoogteligging in de polder. In het model wordt expliciet rekening gehouden met een diepte- (waterpeil)oppervlakte relatie van de polder. De relatie tussen het waterpeil en de oppervlakte moet worden ingevoerd. Naast deze vaste gegevens kan er bij het model gevarieerd worden in grootte en de onderkant ten opzichte van NAP van de duiker. De stippellijntjes in figuur 3.2 laten zien wat het effect is als de duiker lager wordt geplaatst.

Als alles is ingevoerd rekent het model uit wat de verwachte peilfluctuatie in de polder wordt. Ook kan in het uitvoerbestand het debiet worden bepaald dat de polder instroomt. Door de peilfluctuatie te combineren met de GIS-kaarten kan de oppervlakte die regelmatig onder water komt te staan worden bepaald.

Toen de ontwerpen al verder waren gevorderd hebben er een aantal gesprekken plaatsgevonden met deskundigen van het RIKZ en docenten van Hogeschool Zeeland over de haalbaarheid van het ontwerp. Verder heeft er ook een overleg plaats gevonden met ProSes om de voortgang te bespreken.

Uiteindelijk zijn er per polder verschillende varianten uitgewerkt. Voor de Braakmanpolder zijn dit de 'westelijke inlaat' en het 'minimum variant'. Bij de Hellegatpolder zijn dit de 'gecontroleerde inlaat' en 'ontpoldering'. Deze varianten worden toegelicht in hoofdstuk 7.

¹⁰ Beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat, directie Zeeland

¹¹ RIZA, 2003, Getij achter de dijken, kansen voor natuur door Doorlaatmiddelen in primaire waterkeringen

4. Zilte aquacultuur

4.1 Algemeen

Aquacultuur is een verzamelnaam voor het kweken en of telen van aquatische organismen. De Food and Agricultural Organisation (FAO) van de Verenigde Naties heeft aquacultuur als volgt gedefinieerd:

“Het kweken van aquatische organismen waarbij enige vorm van menselijk ingrijpen plaatsvindt in het natuurlijk proces van het organisme met het doel de productie te vermeerderen”.

Bij zilte aquacultures gaat het om organismen gekweekt in een zoute omgeving. Het gaat dus niet alleen om het kweken van vis, maar ook van schelpdieren en zoutminnende planten. Andere begrippen die gebruikt worden zijn bijvoorbeeld oceanfarming, marine cultuur of natte landbouw. De producten hebben verzamelnamen als zeevruchten, zeegroenten of fruits-de-mer. In dit rapport zal specifiek worden ingegaan op de teelt van mosselen en zeekraal.

4.2 Mosselkweek

4.2.1 Algemeen

Mosselen (*Mytilus edulis*) zijn weekdieren die vooral in de kustgebieden leven. Mosselen behoren tot de familie van de tweekleppigen en komen aan de Nederlandse kust veel voor. Ze worden ongeveer 5 cm lang en hebben een zwart-blauwe tot bruinige kleur. De eetbare mossel wordt geraapt van natuurlijke bedden of gekweekt op mosselbanken in de Oosterschelde, de Waddenzee en de Grevelingen. Deze percelen worden door de kwekers gehuurd van de Nederlandse staat. Mosselen graven zich niet in, maar zitten vastgehecht op stenen of schelpen. Bij de commerciële teelt laat men mosselen op stokken, touwen of op bedden groeien. Mosselen verzamelen voedseldeeltjes, voornamelijk plankton, op het met trilharen bedekte oppervlak van hun kieuwen. Het voedsel wordt met die trilhaartjes naar de mond vervoerd. In het voorjaar legt een mossel vele miljoenen eieren. De larven zweven eerst vrij in het plankton en vestigen zich dan op een geschikte plek. Een mossel heeft een harde ondergrond nodig, waar hij zich kan vastzetten met zijn hechtdraden, de zogeheten 'byssus'. Die harde ondergrond kan een rotsblok, een paal, een wrak of een stuk zwerfvuil zijn. Ook bewoonde of lege schelpen bieden voldoende houvast.

In het voor- en najaar wordt van natuurlijke mosselbanken "zaad" gevist. Dit zijn jonge mosseltjes van zes tot twaalf maanden oud en ongeveer 1-2 cm groot. Dit zaad zet men op percelen in de Waddenzee en Zeeuwse wateren uit. Zodra de mosselen een grootte hebben van 4 à 5 cm. worden ze opgevist en uitgezet op andere percelen. Als de gekweekte mosselen groot genoeg zijn voor consumptie, worden ze opgevist. Na ongeveer twee jaar zijn de mosselen geschikt voor de verkoop als consumptiemossel. Zo komt per jaar tussen de 80 en de 100 miljoen kilo mosselen op de markt.

Mosselen behoren tot de zogenaamde 'filterfeeders'. Deze verzamelen voedsel door continu deeltjes uit het water te filteren. Deze filtratie is zeer efficiënt omdat grote watervolumes zelfs van zeer kleine deeltjes kunnen worden ontdaan. Eén mossel is in staat om per dag 50 liter water geheel te ontdoen van deeltjes met een diameter van $1,5 \mu\text{m}$ ¹².

¹² www.waddenzee.nl (juni, 2004)

4.2.2 Bodemcultuur

De bodemcultuur van mosselen wordt vaak ook beschouwd als visserij: de belangrijkste activiteiten, 'dreggen' van mosselzaad op wildbanken en van volwassen mosselen op cultuurpercelen gebeurt met behulp van aan visserij verwante technieken. Het cultuur aspect bevindt zich in het uitzaaien van opgevist mosselzaad (2 – 4 cm grote mosselen) op percelen met een hogere productie. De visserij op mosselzaad vindt plaats in mei/juni en september. Volgens het RIVO is deze zaadvisserij niet van invloed op de dynamiek van de bestanden, behalve wanneer deze zeer laag zijn. Maar zelfs bij lage bestanden heeft de visserij geen invloed op de zeer variabele broedval. Natuurlijke omstandigheden als strenge winters hebben bijvoorbeeld een zeer grote invloed op de vangst. Hoewel volwassen mossels dan grote kans hebben op doodvriezen, vindt er na een strenge winter een grote broedval plaats, omdat ook predatoren van larvale en jonge mossels - krabben en garnalen - het moeilijk hebben gehad. Schelpdieren hebben zo een grotere kans op te groeien tot een formaat waarop ze niet meer kunnen worden opgegeten door predatoren. De productiepercelen liggen vooral op banken die grenzen aan getijdenkanalen tussen de 10-15 meter onder getijdenniveau. Een gemiddeld perceel van 60-80 hectare levert 900-1500 ton/hectare mosselen op. De marktbaar grootte van 55-60 mm wordt bereikt 1,5 - 2 jaar na uitzaaien, hoewel de meest productieve percelen zelfs al binnen een jaar kunnen worden geoogst. Gemiddeld wordt 1,5 tot 2 ton mosselen geoogst op één ton mosselzaad.¹³

4.2.3 Hangcultuur Mosselen

Naast mosselen van de bodemcultuur worden sinds enkele jaren ook mosselen door middel van de hangcultuur gekweekt. Deze vorm van mosselen kweken zit tegenwoordig niet meer in de experimentele fase. Er zijn een aantal verschillen tussen de mosselen van de bodemcultuur en de hangcultuur. In de eerste plaats verloopt de groei van de mosselen in de hangcultuur sneller dan bij de traditionele wijze van kweken. Daarnaast ondergaan de hangcultuurmosselen een andere mechanische verwerking, omdat ze door de snellere groei een iets minder sterke schelp bezitten. De hangcultuurmosselen hoeven niet schoongespoeld te worden omdat zij niet met de bodem in aanraking komen en daarom vrijwel geheel vrij van zand zijn. Door de handmatige bewerking zijn ze wel duurder. De gunstigere groeiomstandigheden (voedselaanbod en temperatuur) staan doorgaans borg voor een hoger vleesgewicht. De wijze van kweken is omslachtiger dan bij de bodemcultuur. Het mosselzaad, dat net als bij de bodemcultuurbedrijven, in het voorjaar en najaar mag worden gevestigd, wordt in lange kousvormige netten gedaan, die vervolgens aan drijvers in het water worden opgehangen. Mede door de groei verplaatsen de mosselen zich naar de buitenkant van de netten en kunnen er later na het aan boord halen van de strengen afgenomen worden. Het is erg belangrijk dat de mosselen zich met hun byssusdraden aan de streng hechten tot zij geoogst worden. In de winter is dit niet zo'n probleem. In de zomer echter, als de mosselen onttrossen, kunnen verliezen optreden doordat ze van de strengen loslaten en naar de bodem wegzinken. De productie van hangcultuurmosselen in Nederland laat een gestage groei zien,

maar bedraagt nog slechts 0,5% van de totale mosselproductie in Nederland. De mogelijkheden tot uitbreiding van de hangcultuur zijn beperkt. Voor de kweek van mosselen in de hangcultuur is een vrij grote kolom water nodig om te voorkomen dat de strengen met mosselen bij laag water in aanraking met de bodem komen¹⁴.

¹³ NRLO-rapport nr. 98/8; kansen en bedreigingen voor aquacultuur in Nederland; Den Haag, februari 1998

¹⁴ <http://www.pvis.nl/mosselkantoor/hangcultuur.html> (juni,2004)

4.2.4 Off-bottom Mosselen

Er bestaat nog een manier van mosselkweken, dit is een minder gebruikelijke manier van telen. Ze groeien op in rekken die in een bak met water hangen. Omdat in hogere waterlagen meer voedingsstoffen zitten dan vlak bij de bodem, waar de mosselen normaal gesproken opgroeien, worden de schelpen veel groter. Ook bevatten de mosselen minder zand als ze in rekken gekweekt worden¹⁵.

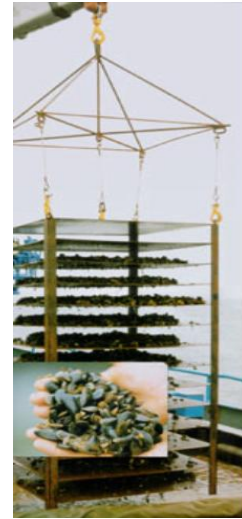


Fig. 4.1: Off-bottom mosselkweek
Foto: www.moule-saline.nl

4.3 Zeekraalteelt

Zeekraal (*Salicornia europaea*) is qua uiterlijk een van de vreemdste planten die we in Nederland kennen. Het plantje lijkt op een cactusje, maar dan zonder stekels. De naam is afgeleid van het Latijnse *Salicornia*, wat 'zoute-kraaltje' betekent. Het is een pionierssoort van de slikken en schorren. Je vindt zeekraal dan ook op de kale plekken en aan de randen van schorren. Deze plantjes houden het fijne zwevende materiaal uit het water vast, zodat het schor kan groeien. Zeekraal komt aan zijn zilte smaak omdat het actief zout water opneemt. Daarnaast zit zeekraal boordevol vitaminen. Zeekraal is een eenjarige plant die zich doormiddel van zaadvorming voortplant. Ondanks dat zeekraal een typische plant voor zoute gebieden is, heeft zeekraal zoetwater nodig om te ontkiemen. Om een goede productie te krijgen is het noodzakelijk om tijdens doortijperiodes te kunnen profiteren van een flinke regenbui. Zeekraal komt wereldwijd voor en er zijn verschillende soorten te onderscheiden. In Europa is de voornaamste soort *Salicornia Europea*. Deze kan onderverdeeld worden in twee soorten namelijk kortarige en langarige zeekraal. De kortarige vormt meer vertakkingen en is iets donkerder van kleur dan de langarige die wat minder vertakt is en sterker aan de zee is gebonden. De lekkerste van de twee is de langarige. Het oogsten van zeekraal gebeurt van half mei tot en met begin september. Nadat men een plantje afsnijdt, groeit het opnieuw aan. Bij het aangroeien vertakt zeekraal en kan het uitgroeien tot dichte matten. Aan het eind van het groeiseizoen vormen zich de eerste bloemetjes, zichtbaar als kleine witte puntjes. Tijdens deze periode wordt de plant ook houtiger en vindt de zaadvorming plaats. Daarna krijgt de zeekraal een geel/oranje kleur en wordt het zaad door de wind verspreidt. In wildsnijderij in de volle grond kan zeekraal tot drie keer per seizoen gesneden worden in de periode van half mei tot september¹⁶.

4.4 Combinatieteelt

De teelt van mosselen en zeekraal kan goed gecombineerd worden. De mosselen scheiden faeces uit, die gedeeltelijk in het water oplossen. Als dit water vervolgens over de zeekraal geleid wordt zullen deze plantjes gebruik kunnen maken van deze extra voedingsstoffen.

Op deze manier wordt voorkomen dat het ecosysteem belast wordt met extra nutriënten, de mosselen zetten zwevend organisch materiaal om tot nutriënten die weer door de zeekraal opgenomen kunnen worden.

¹⁵ http://www.waddenzee.nl/dutch/navigatie/fr_index.html?/dutch/ecomare/NED1128.HTM (mei,2004)

¹⁶ <http://www.zeekraal.nl> (mei, 2004)

4.5 Voorwaarden aquacultuur

4.5.1 Mosselen

Zoals eerder in dit hoofdstuk is beschreven kan bij het kweken van mosselen gedacht worden aan verschillende mogelijkheden:

- Hangcultuur mosselen
- Bodemcultuur mosselen
- Off-bottom mosselen

De keuze van één van deze culturen kan afhangen van de voor- en nadelen aangaande de inrichting van de polder, de grootte van de cultuur en daarmee de hoeveelheid opbrengst.

De mossel zelf stelt ook eisen aan zijn leefmilieu. Punten waar rekening mee gehouden moeten worden zijn:¹⁷:

- Saliniteit: deze is bepalend voor kweek van schelpdieren in de verschillende ontpolderingsgebieden. Voor mosselen geldt een lagere groeisnelheid in gebieden met saliniteitschommelingen en een afname van groei bij dalende saliniteit. De minimum saliniteit bedraagt 11 g Cl/l.
- Voldoende aanvoer van voedselrijk water: water met een hoog zwevend stof gehalte kan echter limiterend werken. Het vermogen om optimaal voedsel te benutten begint af te nemen bij een stof gehalte van 50 mg/l en bij meer dan 100 mg/l treedt gewichtverlies op.
- Sterkere stroomsnelheden dan 0,6 m/s kunnen ernstige gevolgen hebben voor de ontwikkeling van de mosselen.

4.5.2 Zeekraal

Zeekraal stelt een aantal eisen aan de omgeving. De belangrijkste aandachtspunten worden hieronder beschreven:

- De optimale saliniteit voor zeekraal is 15 g Cl/l¹⁸
- Het water moet pH-neutraal zijn.
- Zeekraal is gevoelig voor vervuiling van zoet en eutroof landbouwwater uit de omringende vroegere landbouwgronden. De waterkwaliteit wat betreft nutriënten en zware metalen is dus van groot belang.
- De groei van zeekraal is afhankelijk van overstroming door het getij (max. 1 keer of heel kort 2 keer per dag onderwater en minimaal 1 keer per week). Zeekraal moet niet permanent onder water staan.
- De zeekraal kan alle grondsoorten, variërend van zand tot klei hebben.
- Aanwezigheid van zoet water: Zeekraal groeit alleen in zilte gebieden, maar voor de kieming zijn zoete omstandigheden vereist. Deze hoeven maar kort te duren. Een regenbui in het voorjaar is genoeg om op het slik voor korte tijd een zoetwaterlens te laten ontstaan, waardoor de zeekraal kan ontkiemen.
- Bereikbaarheid voor het oogsten van de zeekraal. Zeekraal wordt met de hand geoogst. Machinaal oogsten is op de schorren vanwege de zachte glibberige ondergrond onmogelijk. Oogsten kan alleen gedaan worden bij laag water. Men moet dus rekening houden met het getij.
- Zo planten/zaaien dat er functioneel en economisch geplant en geoogst kan worden: op juiste afstand van elkaar om efficiënt te kunnen planten en oogsten.
- Daarnaast is een uniforme hoogte van de planten belangrijk, omdat het voor het oogsten van de plant gemakkelijker is indien de hoogte van de planten gelijk is.

¹⁷ RIVO Rapport, Nummer: C027/04, Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde, Willem A. Brandenburg, Pauline Kamermans, Josien Steenberg, Marc C.J. Verdegem en J.M.D. Divera Baars

¹⁸ Zee in zicht, zilte waarden duurzaam benut, Stichting Toekomstbeeld en Techniek, 2004

5. Consequenties voor het ontwerp

In dit hoofdstuk zijn de consequenties voor het ontwerp die horen bij de Braakman- en Hellegatpolder verder uitgewerkt. Deze geven richtlijnen aan voor de inrichting van de beide polders. Deze richtlijnen maken de link tussen de gestelde voorwaarden en de ontwerpen.

5.1 Algemene consequenties/uitgangspunten

- Er worden twee scenario's uitgewerkt per polder
- Er moet een keuze worden gemaakt tussen ontpolderen en gecontroleerd inlaten van water uit de Westerschelde
- In vergelijking met ontpoldering (vrij doorlaatmiddel) zou een gecontroleerde inlaat betere perspectieven voor aquacultures kunnen bieden, omdat het systeem dan beheersbaar is
- Het soort doorlaatmiddel is niet van belang, wel het debiet en de stroomsnelheid van het ingelaten water.
- Natuurontwikkeling moet gecombineerd worden met aquacultures
- Natuurontwikkeling, bij voorkeur estuariene dynamiek, is de belangrijkste ruimtelijke functie in de polders
- Er mag maximaal 20% van de polder gebruikt worden voor aquacultures.
- Vanwege verschillende redenen, zoals erosie- en sedimentatieprocessen en oogstmogelijkheden, wordt er gebruik gemaakt van hangcultuur- en off-bottom mosselen en niet van bodemcultuurmosselen.
- Er moeten optimale omstandigheden voor de teelt van mosselen en zeekraal worden gerealiseerd
- Off-bottom mosselen moeten geplaatst worden op een waterdiepte van minimaal 1,5 meter.
- Er moet rekening mee gehouden worden dat zeekraal minimaal één maal per week en maximaal één maal per dag overstroomt dient te worden met zout water.
- Omdat de zeekraal voedingsstoffen uit de faeces van de mosselen haalt is het verstandig om de zeekraal in het verlengde van de mosselen te situeren, want anders moet er worden bijgemest.
- De bodem moet geëgaliseerd worden in verband met de zeekraalvelden.
- Alle mosselen dienen een zo hoog mogelijke doorstroom van water te krijgen om de productie zo hoog mogelijk te maken.
- Er wordt bij de ontwerpfase geen rekening gehouden met de mogelijke vraat aan zeekraal of mosselen door ganzen, rups van de zeekraalkokermot en meeuwen. Er worden bij het ontwerp dus geen maatregelen genomen, omdat volgens deskundigen van de RIKZ deze vraat geen grote problemen zal opleveren.
- Er moet bij het ontwerp rekening gehouden worden met de veiligheid van het achterliggende land. De dijken zouden evt. verhoogd moeten worden tot Deltahoogte.
- Er wordt in dit rapport geen rekening gehouden met de kosten. Er worden dus geen eisen gesteld aan de prijzen van het materiaal of het materieel.
- Bij het ontwerp moet er zoveel mogelijk aangesloten worden op de bestaande bodemprofielen en hoogteliggingen.

5.2 Consequenties voor de Braakmanpolder

Bij de uitwerking van het ontwerp moet rekening gehouden worden met:

- Planologische beperkingen die de nabijheid van DOW Chemical met zich meebrengt. Het is belangrijk dat er bij het optreden van calamiteiten geen water wordt ingelaten via de Braakmanhaven.
- De plaatsing van de inlaat. De mosselbanken en het Paulinaschor mogen niet aangetast worden. Dit heeft toch gevolg dat de inlaat moet worden omgelegd en een grote afstand moet overbruggen.
- De camping ligt in een laag gedeelte van de Braakmanpolder. Er moet onderzoek worden gedaan in welke mate het inlaten van Westerschelde water invloed heeft op de camping. Indien nodig zal er een dijk moeten worden aangelegd.
- De hoeveelheid water die wordt ingelaten en het tijdstip van inlaten moet bij het ontwerpen worden gekoppeld aan de verversingssnelheid en verversingstijd van mosselen en de gewenste overstromingsduur voor de teelt van zeekraal.
- Bij het bepalen van de beste locatie voor de kweek van mosselen, teelt van zeekraal, en natuurontwikkeling moet zowel rekening worden gehouden met de bestaande hoogteliggingen als met de reeds aanwezige natuurwaarden.

5.3 Consequenties voor de Hellegatpolder

Bij de uitwerking van het ontwerp moet rekening gehouden worden met:

- Het afwateringskanaal ten oosten van de Hooglandpolder, genaamd het Gemaal van Campen. De uitlaat van het gemaal ligt aan de oostkant van het dijkvlak. Dit kanaal kan gebruikt worden voor de eenmalige zoetwater bevoeiing om de zeekraal te laten ontkiemen in tijden van droogte.
- Ten noordoosten van de polder, bevindt zich het laagst gelegen deel van de polder. Het is verstandig om hier een inlaat te plaatsen. De camping die daar nu is gelegen zal dan verdwijnen, hier wordt dan ook geen rekening gehouden met betrekking tot het ontwerp.
- Op De 'Platen van Hulst' komt zeekraal van nature al voor en in dit gebied zijn dus de juiste omstandigheden voor dit plantje aanwezig. Daarom voor de hand liggend om voor de teelt in de Hellegatpolder de omstandigheden op deze platen na te bootsen.

6. Ontwerpen

In dit hoofdstuk worden de verschillende ontwerpen toegelicht. Eerst wordt een algemene beschrijving gegeven. Met behulp van tekeningen en schematische weergave wordt daarna in detail ingegaan op het ontwerp en zijn hydrologische aspecten. Ook worden hier de opbrengsten van het ontwerp met betrekking tot de aquacultures uitgewerkt.

6.1 Braakmanpolder

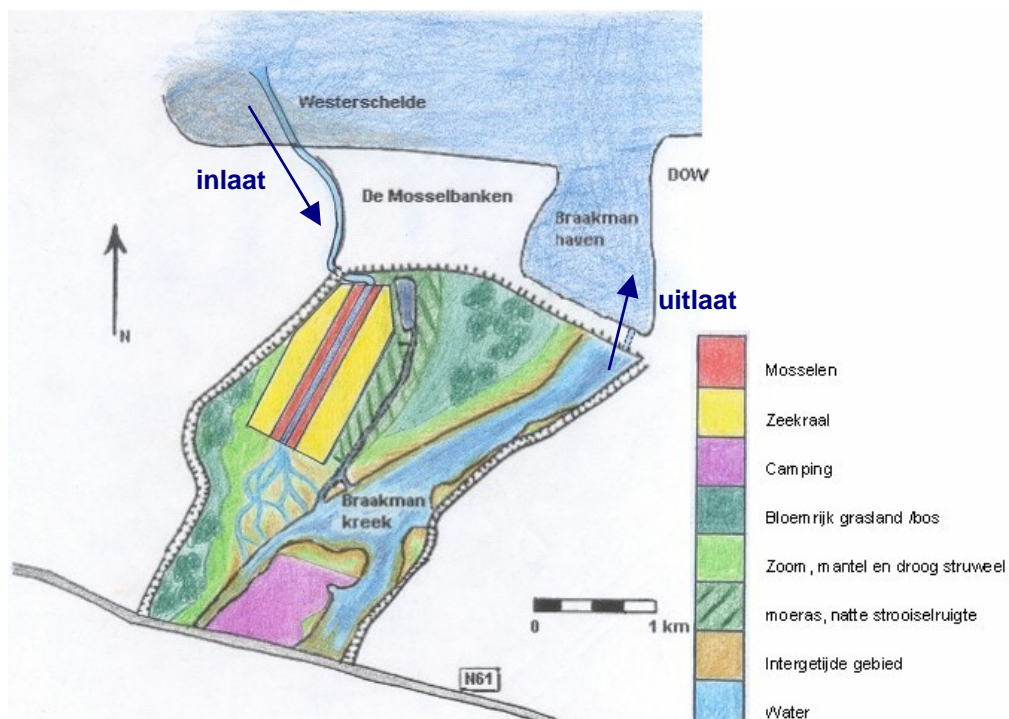
Voor de Braakmanpolder zijn twee varianten ontwikkeld. In de eerste variant, westelijke inlaat, wordt water ingelaten aan de westkant van de polder. Een ander belangrijk aspect in deze variant is de gecontroleerde kweek van mosselen en teelt van zeekraal in een cascade. Daarnaast is een minimumvariant ontworpen, waarbij zo min mogelijk wordt ingegrepen.

6.1.1 Variant 1, Westelijke inlaat

Algemeen

In deze variant wordt water uit de Westerschelde aangevoerd door drie duikers aan de westkant van de bestaande mosselbanken. 10% van het gebied wordt ingericht voor aquacultures: 15 ha mosselen en 45 ha zeekraal. Deze worden geplaatst in een hiervoor ontworpen constructie. Door deze constructie, in dit rapport cascade genoemd, heeft men een betere controle over de aquacultures. Het water dat wordt ingelaten stroomt door deze cascade. Aan het eind van de cascade stroomt het water via een meanderende geul naar de kreek, wat tot een peilstijging in de kreek zal leiden. De reeds aanwezige uitlaat bij de Braakmanhaven wordt gebruikt om het ingelaten water tijdens laagwater weer uit te laten. Het gebied dat niet ingericht wordt voor aquacultures is bestemd voor zilte natuur ontwikkeling en recreatie. De camping kan bij deze variant blijven bestaan.

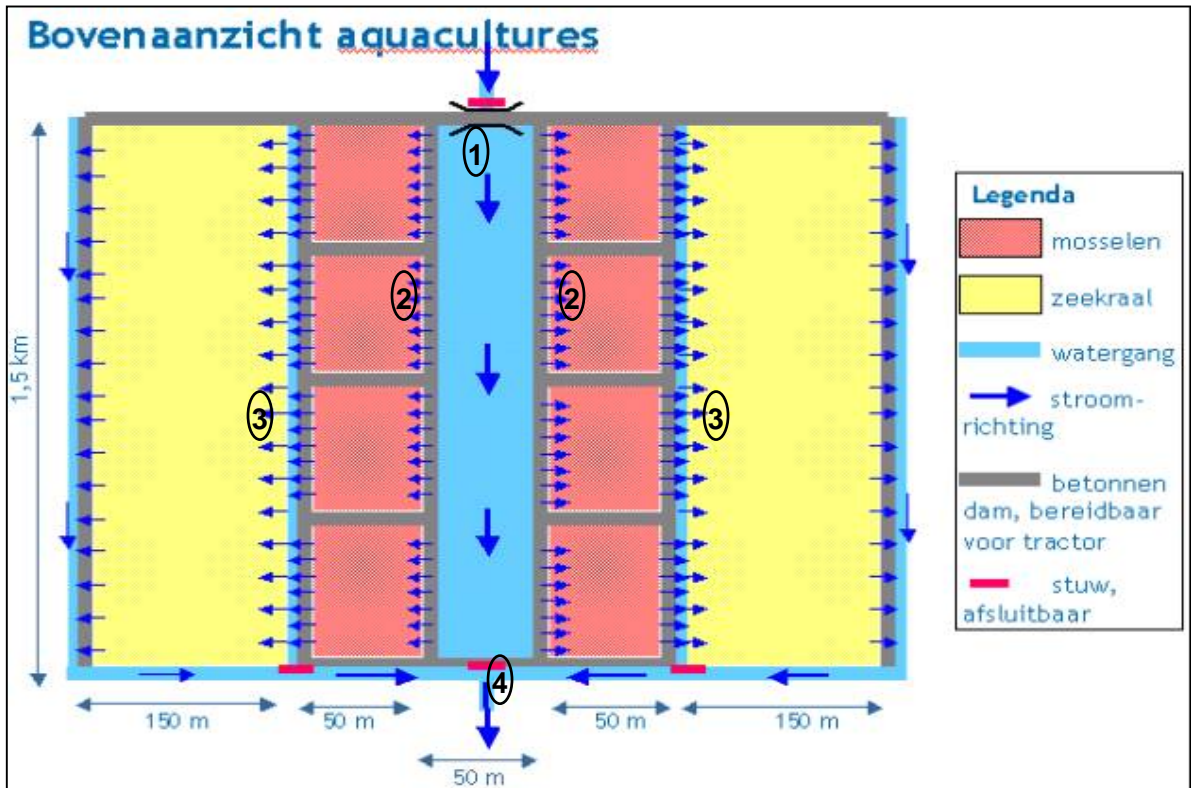
In figuur 6.1 wordt geschetst hoe het gebied er bij deze variant uit zal komen te zien. In de volgende paragrafen wordt het ontwerp verder toegelicht.



Figuur 6.1: Ontwikkelingsschets variant 1, Westelijke inlaat Braakmanpolder

Situering aquacultures

Voor dit ontwerp is een constructie bedacht waarin de kweek van mosselen en teelt van zeekraal gereguleerd kan plaatsvinden. In deze paragraaf zal worden toegelicht hoe deze cascade er in de Braakmanpolder er uit ziet en hoe deze zal functioneren.



Figuur 6.2: bovenaanzicht variant 1, Westelijke inlaat Braakmanpolder

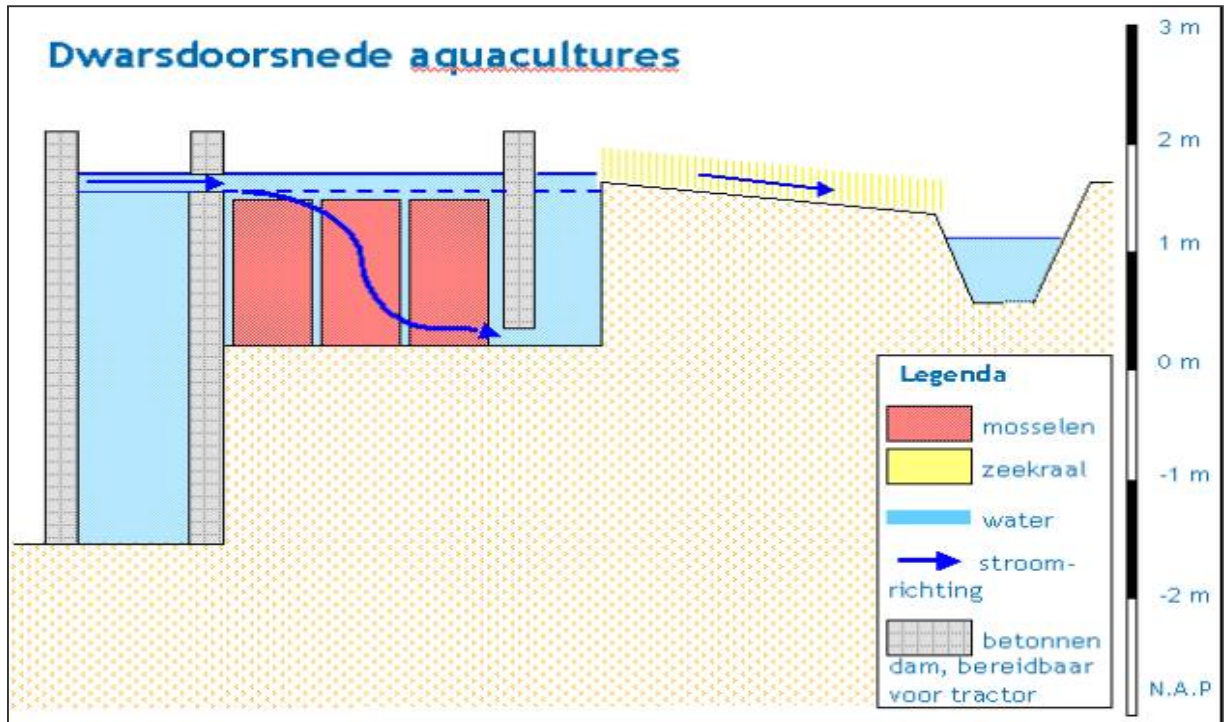
Figuur 6.2 is een bovenaanzicht van de cascade opgenomen. De cascade bestaat uit een aantal bakken waar om beurten water doorheen stroomt. Dit gebeurt onder invloed van het getij en kost dus geen energie. De stroming door de cascade kan worden opgedeeld in vijf fases, die hieronder worden toegelicht. De nummering van de fases komen terug in de figuur.

Fase 1

Vanuit de Westerschelde wordt water ingelaten door drie duikers. Deze duikers komen uit in een bezinkbassin waar grove deeltjes kunnen neerslaan. Aan het eind van de duiker zit een terugslagklep, zodat het water maar één richting op kan stromen door de cascade. Het waterpeil in het bezinkbassin wordt hierdoor nooit lager dan +1,7m NAP.

Fase 2

Wanneer het waterpeil in de Westerschelde boven de +1,7 komt, (3 uur per getij) stroomt er water door de duikers en vanuit daar naar de instroomopeningen naar de aangrenzende bakken. In deze bakken zijn de mosselen op rekken geplaatst. Een dwarsdoorsnede van de cascade is weergegeven in figuur 6.3. In de mosselbakken staat permanent 1,5 m water, wat gedurende drie uur per getij wordt verversd. Het water stroomt aan de achterkant van de bakken naar buiten. Deze uitstroomopening bevindt zich aan de onderkant, zodat het water circuleert in de gehele bakken. Zo zullen de mosselen gelijkmatig vers water ontvangen.



Figuur 6.3: Dwarsdoorsnede cascade variant 1, Westelijke inlaat Braakmanpolder

Fase 3

Het water stroomt vervolgens in een watergang, waar het uiteindelijk wordt tegengehouden door een stuw. Het water zal hierdoor stijgen tot een hoogte van ongeveer 1,75 m NAP (maaiveldhoogte) en over de zeekraalvelden stromen. Door de stuw open of dicht te zetten kan geregeld worden hoeveel water er over de zeekraalvelden stroomt. De rest stroomt naar een afwateringsgeul. Aan het einde van het zeekraalveld, dat iets schuin afloopt, komt het water ook in een afwateringsgeul.

Fase 4

Door deze watergangen verlaat het water de cascade waarna het via een meanderende geul naar de kreek afstroomt.

Fase 5

Wanneer het laagwater in de Westerschelde is, kan via het bestaande doorlaatmiddel water uitgelaten worden zodat het waterpeil weer zakt naar -0,30 meter N.A.P.

De afmetingen van de cascade zijn weergegeven in figuren 6.2 en 6.3. De cascade bestaat voor een deel uit betonnen bakken (het bezinkbassin en de mosselbakken). Dit heeft als nadeel dat het niet of nauwelijks natuurlijk is. Hier staat echter tegenover dat er een betere regulatie kan plaatsvinden en de constructie weinig tot geen onderhoud kost. De mossel-bakken zijn in verschillende compartimenten verdeeld. Daartussen zijn dammen gesitueerd, waarop een weg ligt. Op deze manier zijn de aquacultures bereikbaar voor tractoren en ander materieel.

Het bezinkbassin zal op den duur vol raken met zand. Deze kan schoon gespoeld worden, door tijdens één getijdenbeweging de stuw aan het einde van de bak open te zetten, waardoor het zand zal wegspoelen. Ook kan het zand en slib, indien nodig, uit het bezinkbassin gebaggerd worden.

Hydrologie

Voor het ontwerp is het belangrijk om een beeld te krijgen van de stroomsnelheden, debieten en de relatie oppervlakte en diepte van overstromingsgebieden. In verband met verversing van water voor mosselen en het creëren van een peilverschil in de Braakmankreek is het noodzakelijk om bij hoogwater zo veel mogelijk water aan te voeren.

De relatie tussen de afmeting van de duiker en het debiet is in het model Getijduiker verwerkt. Het benodigde debiet is bepaald aan de hand van de verversingssnelheid van mosselen (berekening zie bijlage 2). De uitkomst van deze berekening was, dat een debiet van 285m³/sec nodig is voor 15 ha mosselen. Om dit debiet te realiseren zou een enorme duiker geplaatst moeten worden. Omdat dit niet haalbaar is en de betrouwbaarheid van deze berekening niet bekend is, is er uitgegaan van een debiet van 125 m³/sec. Met dit debiet zijn stroomsnelheden, afmetingen en peilfluctuaties bepaald. Deze worden hieronder weergegeven.

Inlaat

Het Inlaten van water vindt plaats door drie rechthoekige duikers. Door de duikers lager te plaatsen zal het drukverschil groter zijn waardoor het debiet door de duikers zal toenemen. Dit kan zowel door de onderkant van de duiker laag te leggen, als door een geringe hoogte van de duikers aan te nemen.

Tabel 6.1: Gegevens inlaat

	formule	waarde	eenheid	bron
Maximaal debiet	Q_{\max}	125	m ³ /sec	Aanname
Hoogte één duiker	h	2	m	Model getij
Breedte één duiker	b	8	m	Model getij
Onderkant duiker		-1	m t.o.v NAP	Model getij

Het zou misschien mogelijk zijn om het (eutrofe) water uit het Phillipine- en Isabellakanaal ook door de cascades te leiden. Dit zou kunnen zorgen voor een groter debiet en extra voedsel. In dit ontwerp is hier echter geen rekening mee gehouden en is er van uit gegaan dat het grootste gedeelte van de tijd geen afvoer via de Braakmanpolder plaatsvindt. Normaal gesproken wordt er via Oostende afgewaterd, alleen wanneer het waterpeil op de Noordzee erg hoog staat wordt het water via de Braakmanpolder geloosd. Er wordt verwacht dat dit geen problemen voor de zilte teelt en de natuur in de polder zal opleveren.

Cascade

Het debiet dat wordt ingelaten, stroomt door de cascade. Bij bekende afmetingen kan berekend worden wat dit voor gevolg heeft voor de stroomsnelheden in de cascade.

Tabel 6.2: Gegevens cascade

	formule	Waarde	eenheid	bron
Maximale Stroomsnelheid in bezinkbassin	$V_{\max} - \text{bassin}$	0,8	m/s	Berekening ($Q=v \cdot A$)
Maximale Stroomsnelheid in mosselbak	$V_{\max} - \text{mosselbak}$	0,03	m/s	Berekening ($Q=v \cdot A$)

Het Hjulström diagram¹⁹ geeft de verhouding weer tussen stroomsnelheid en de korrelgrootte van de deeltjes die hierbij bezinken. Hieruit is af te lezen dat bij een stroomsnelheid van 0,8 m/s in het bezinkbassin deeltjes met een korrelgrootte groter dan 0,1 mm zullen bezinken.

Ook voor mosselen is het belangrijk dat het water niet te snel stroomt. Bij een te hoge stroomsnelheid zullen de schelpen zich sluiten en kan de mossel geen voedsel uit het

¹⁹ Nortier en de Koning, Toegepaste vloeistofmechanica, hydraulica voor waterbouwkundigen, stam techniek 2000

water opnemen en zal dus ook niet groeien. Bij stroomsnelheden beneden 0,5 m/s kan de mossel continu voedsel uit het water filteren²⁰.

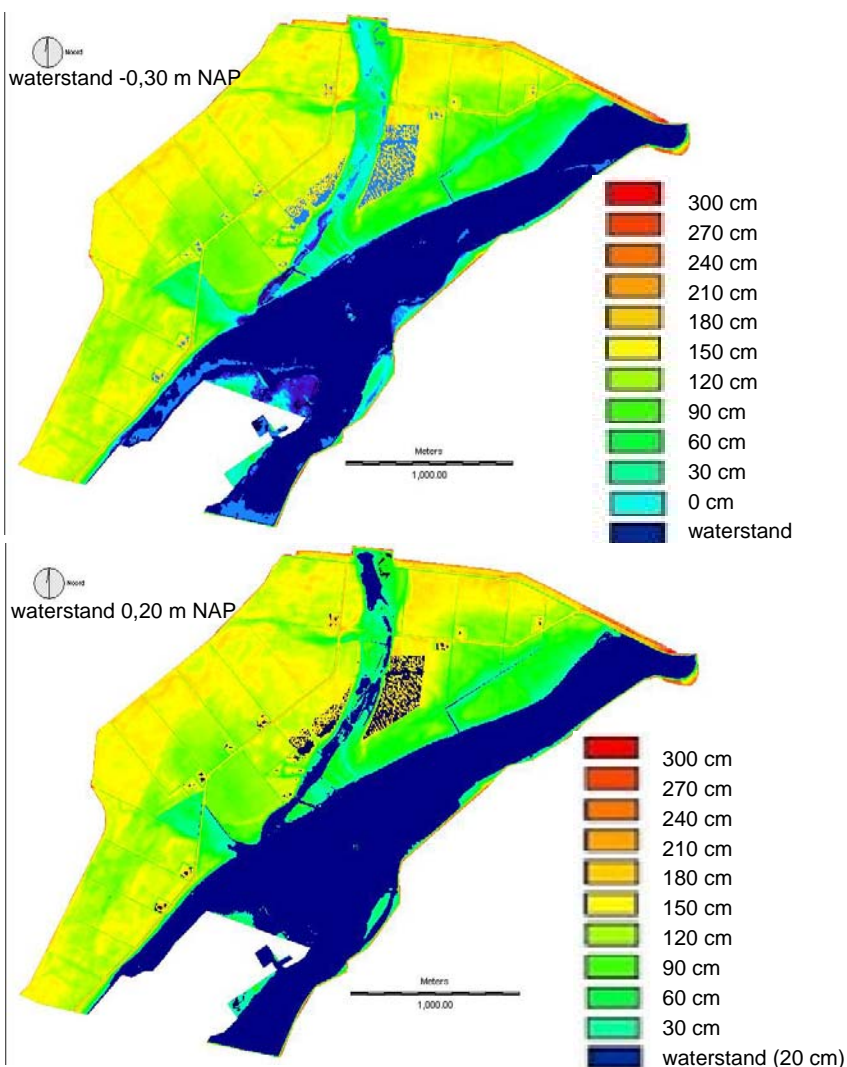
Braakmankreek

De getijdegolf wordt door de cascade vertraagd en afgevlakt. Aan de hand van de stroomsnelheden door de cascade en de afmetingen van de cascade is berekend dat het ongeveer 2 uur zal duren voor het water dat wordt ingelaten de Braakmankreek bereikt.

Tabel 6.3: Gegevens Braakmankreek

	waarde	eenheid	bron
peilfluctuatie	50	Cm	Gis + model getij
maximumpeil	+20	cm t.o.v NAP	Gis + model getij
minimumpeil	-30	cm t.o.v NAP	Gis + model getij
Oppervlakte peilfluctuatie	45	Ha	Gis

Bij deze peilfluctuatie zal er ongeveer 45 ha van de polder onder water komen te staan (figuur 6.4). Het water wordt uit de kreek gelaten door de uitwateringssluis bij de Braakmanhaven. Er zal verder onderzoek verricht moeten worden naar de precieze vertraging die de cascade veroorzaakt. Met dit gegeven kan worden bepaald bij welke waterstand op de Westerschelde het beste water uitgelaten kan worden en wat de afmetingen van het doorlaatmiddel moeten zijn om per getij evenveel water uit te laten als er ingelaten wordt.



Figuur 6.4: Vergelijking van waterstand -0,30 en 0,20 m NAP in Braakmanpolder

²⁰ RIVO Rapport, Nummer: C027/04, Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde, Willem A. Brandenburg, Pauline Kamermans, Josien Steenberg, Marc C.J. Verdegem en J.M.D. Divera Baars

Opbrengsten

Een grove berekening (in bijlage 1) van de te verwachten opbrengst laat zien dat het kweken van 15 ha mosselen tussen de 243.000 en de 648.000 euro zal opbrengen. Het telen van zeekraal zal tussen 2.7 miljoen en 13.5 miljoen euro opbrengen. De grote marge in de opbrengsten van de zeekraal zijn ontstaan doordat in de berekeningen twee referenties zijn gebruikt (zie bijlage 1.) Welke referentie de waarheid het meest benaderd is niet duidelijk. Wat verder van groot belang is voor de opbrengst is de markt voor het product; wanneer er veel zeekraal op de markt komt zal de prijs per kilo hiervan sterk dalen.

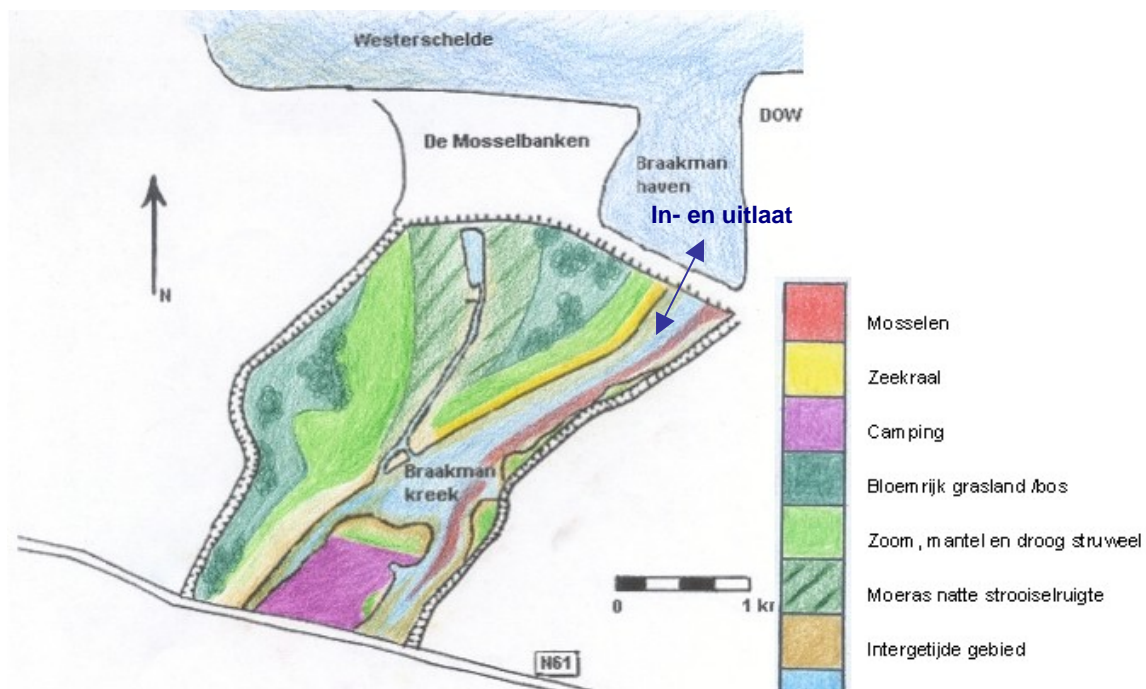
Verdere toevoegingen aan het ontwerp

- De camping zou in dit ontwerp kunnen blijven bestaan, mits er een dijk met een hoogte van ongeveer 50 cm rondom het gebied geplaatst wordt, in verband met de te verwachten peilstijging bij het inlaten van water. Het is echter aan te raden om de camping indien mogelijk te verplaatsen. Het eiland waarop de camping is gelegen is door zijn lage ligging namelijk erg geschikt voor de ontwikkeling van natte zilte natuur.
- De Braakmanpolder heeft een vrij hoge ligging ten opzichte van NAP. Vooral aan de Westkant van de polder, waar het water wordt ingelaten ligt het maaiveld erg hoog (rond de 1,7 m NAP). Om de cascades te realiseren moet er dan ook veel grond worden afgegraven. Bij het huidige ontwerp, waarbij er drie uur per getij water wordt ingelaten moet er, volgens een grove berekening, minimaal 500.000 m³ worden afgegraven. Men zou er voor kunnen kiezen om de cascade in zijn geheel nog dieper te leggen of op een lagere locatie. Hierdoor zou er over een langere periode, meer water door de cascade stromen. Voor deze variant zal nog meer grond moet worden afgegraven.
- De slaperdijk om de polder zal niet aangepast hoeven worden. Het wordt namelijk geen primaire zeewering, want er komt een beheersbare inlaatconstructie. Bij erg hoge waterstanden op de Westerschelde kan de inlaat afgesloten worden en zal de bestaande zeedijk zijn waterwerende functie behouden.
- Aan de hand van gegevens over de hoeveelheid algen die mosselen nodig hebben en gegevens over de hoeveelheid algen in de Westerschelde, is berekend dat per ha mosselen een minimaal debiet van 19 m³/sec nodig is berekend in zie bijlage 2. Als dit wordt vergeleken met het debiet dat wordt ingelaten, blijkt dat er nog steeds teveel oppervlakte mosselen aanwezig is. Volgens de berekeningen wordt alleen chlorofyl-a opgenomen door de mosselen. Mosselen kunnen ook uit andere deeltjes voedingsstoffen halen, hier is in de berekeningen geen rekening gehouden.

6.1.2 Variant 2, Minimumvariant

Algemeen

In deze variant wordt een ontwerp geschetst waarbij zo min mogelijk wordt ingegrepen in het huidige systeem. Bij dit scenario wordt Westerscheldewater in- en uitgelaten door middel van duikers, geplaatst in de dijk tussen de Braakmanhaven en de Braakmankreek. Door de verbinding tussen de Braakmankreek en de Westerschelde zal ook in de Braakmankreek getij optreden. Door deze peilfluctuatie ontstaat er een intergetijdengebied. Ongeveer 4% van de Braakman zal worden gebruikt voor zilte aquacultuur. De mosselen worden in de Braakmankreek gekweekt, als hangcultuurmosselen en de zeekraalpercelen zullen direct aan de kreek gerealiseerd worden.



Figuur 6.5: Ontwikkelingsschets variant 2, Minimum variant Braakmanpolder

Het overige gebied is bestemd voor zilte natuur ontwikkeling en recreatie. De camping zou bij deze variant kunnen blijven bestaan.

In figuur 6.5 wordt geschetst hoe het gebied er bij dit scenario uit zal komen te zien.

In de volgende paragrafen wordt het ontwerp verder toegelicht.

Hydrologie

Voor het ontwerp is het belangrijk om een beeld te krijgen van stroomsnelheden, debieten van water en oppervlakten en diepten van de gebieden die overstromen. Voor deze variant is uitgegaan van een gewenst peilverschil in de polder van 80 cm (bepaald aan de hand van richtlijnen van ProSes. Met het model Getijduiker is berekend hoe groot het doorlaatmiddel moet zijn om voldoende water in te laten voor het realiseren van een peilfluctuatie van 80 cm. De uitkomsten worden hieronder weergegeven.

Inlaat

Er worden drie duikers van 2 bij 2 meter geplaatst, met de onderkant duiker op een diepte van -0,3m NAP. Het maximale debiet (springvloed) bedraagt dan 75 m³/sec.

Tabel 6.4: Gegevens inlaat

	formule	Waarde	Eenheid	bron
Maximaal debiet	Q_{\max}	75	m ³ /sec	model getij
Hoogte duiker	h	2	m	model getij
Breedte duiker	b	2	m	model getij
Onderkant duiker		-0.30	m t.o.v. NAP	model getij

Het (eutrofe) water uit het Phillipine- en Isabellakanaal wordt ook in deze variant niet meegerekend als extra invoer. Dit omdat deze normaal gesproken afgewaterd via Oostende. Alleen wanneer de Noordzee erg hoog staat wordt het water via de Braakmanpolder geloosd. Er is niet bekend hoe groot het debiet door deze kanalen is.

Braakmankreek

Met de inlaat zoals boven beschreven kan een peilverschil van 80 cm gerealiseerd worden.

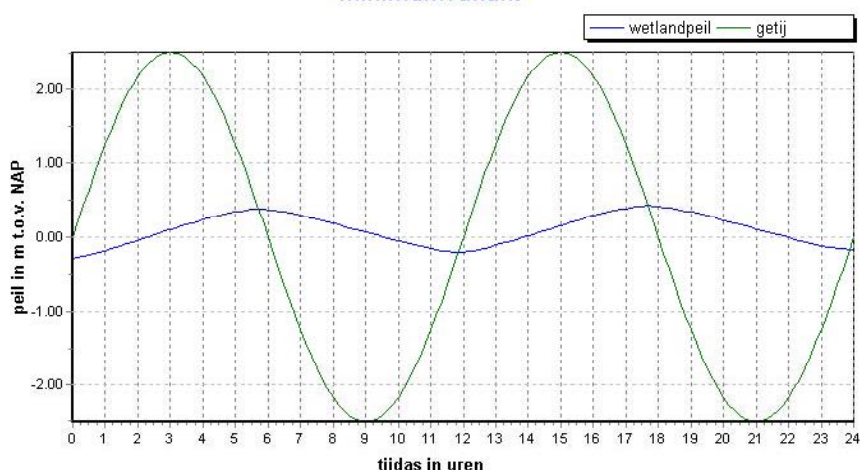
Het waterpeil fluctueert dan tussen -0,30 en + 0,50 NAP

Tabel 6.5: Gegevens Braakmankreek

	waarde	eenheid	bron
Peilverschil in de polder	0.8	m	ProSes + model getij
Minimale waterstand in de polder	-0.30	m t.o.v. NAP	model getij
Maximale waterstand in de polder	+0.50	m t.o.v. NAP	model getij

GETIJDUIKER minimumvariant

Het getij in de Braakmankreek is kleiner en trager dan het getij in de Westerschelde. In figuur 6.6 wordt het waterpeil in de Westerschelde en het waterpeil in de Braakmankreek uitgezet tegen de tijd.



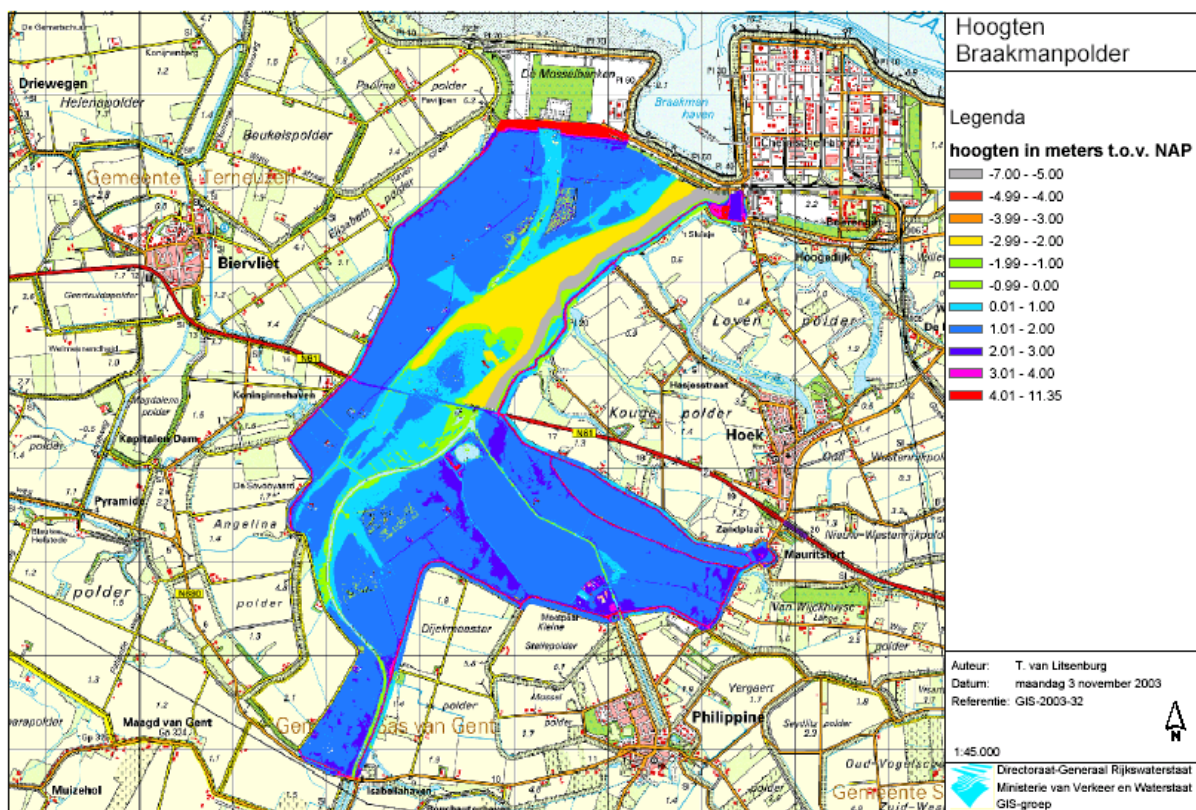
Figuur 6.6: Getij op de Westerschelde (groen) en de resulterende peilfluctuatie in de Braakmanpolder (blauw)

Situering aquacultures

Bij deze variant worden de aquacultures meer geïntegreerd met natuurontwikkeling. De aquacultures zullen namelijk in en langs de Braakmankreek worden gesitueerd (zie figuur 6.5).

Mosselen

Er is gekozen voor hangcultuurmosselen, omdat deze het makkelijkst te oogsten zijn en de kreek diep genoeg is om mosselen in te hangen. De hangcultures worden in het diepste gedeelten van de kreek geplaatst. In figuur 6.7 is de dieptekaart van de Braakmanpolder weergegeven. In het rechter gedeelte van de kreek ligt een geul met een diepte van -7.00 tot -5.00 m t.o.v. NAP. Hierin komen de mosselen te hangen. Met behulp van Gis is bepaald dat het gedeelte van de kreek dieper dan 5 meter ongeveer 35 hectare groot is. Er is echter voor gekozen om slechts 15 hectare van dit gebied te gebruiken voor mosselkweek. Dit in verband met het voedselaanbod en de verversing van water.

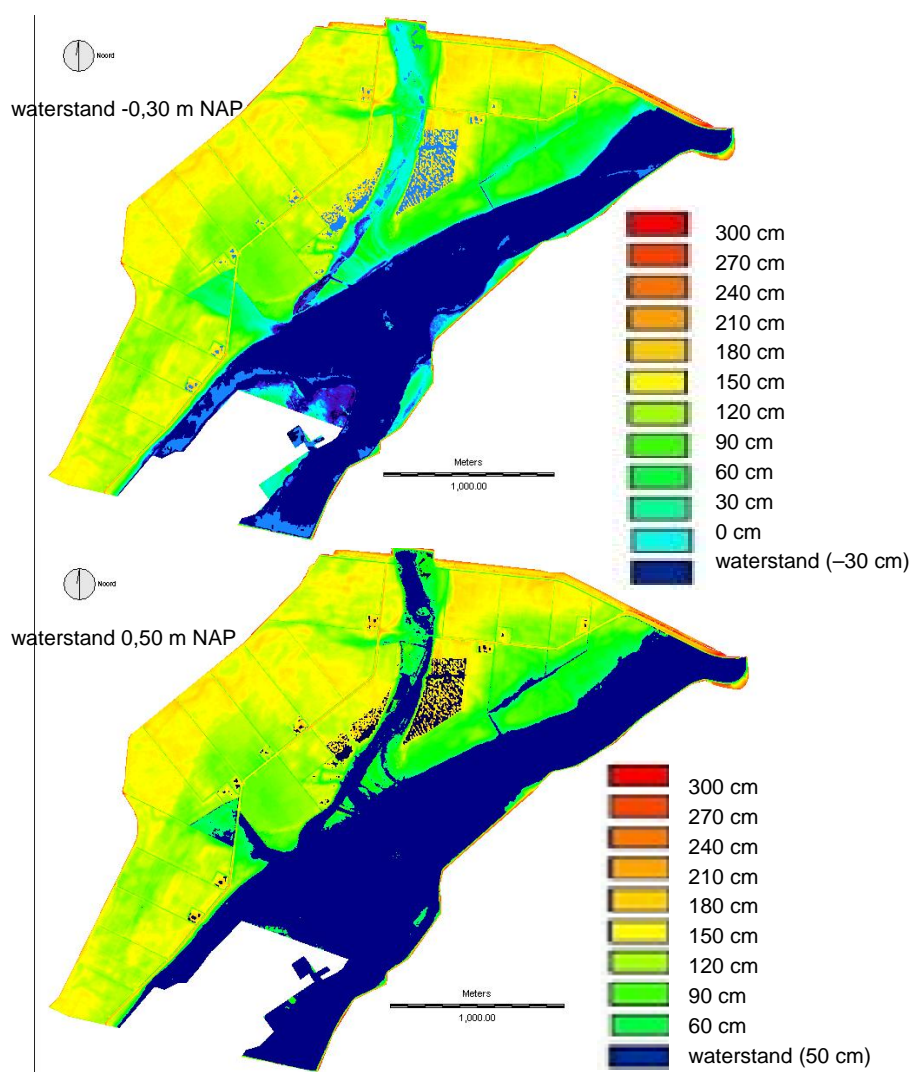


Figuur 6.7: Hoogten in meters in de Braakmanpolder

Zeekraal

Het gebied wat bij een geringe peilfluctuatie onder water komt te staan is geschikt voor de teelt van zeekraal. Met het GIS-programma Idrisi, is aan de hand van de hoogteliggingen van de polder bepaald welke gebieden bij een peilfluctuatie van 80 cm onder water komen te staan. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 6.8. Ook is met GIS het oppervlakte van dit overstroomde gebied bepaald. Dit oppervlak bedraagt 18 hectare. Omdat de hele oever van de Braakmanpolder geschikt is, wordt het meeste geschikte gebied geselecteerd door delen van het gebied te toetsen op bijvoorbeeld de bereikbaarheid. Er is daarom gekozen om op 7,5 ha aan de linkeroever teelt van zeekraal te realiseren.

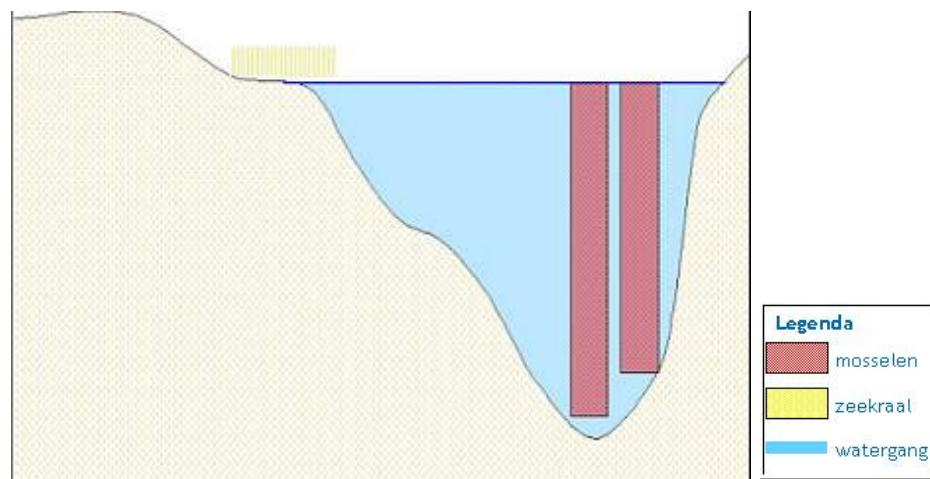
De plaats waar de mosselkweek en de zeekraalteelt zal worden gesitueerd in deze variant is aangegeven in figuur 6.5.



Figuur 6.8: Vergelijking van waterstand op –30 en 50 cm NAP in de Braakmanpolder

Dwarsdoorsnede

In figuur 6.9 wordt er een dwarsdoorsnede van de kreek en de oever weergegeven en hoe de hang-mosselcultures zijn gesitueerd.



Figuur 6.9: Situering aquacultures in de Braakmankreek, variant 2, Minimumvariant, dwarsdoorsnede

Opbrengsten

Een grove berekening van de te verwachte opbrengst laat zien dat het kweken van mosselen tussen de 202.500 en de 506.250 euro zal opbrengen. Het telen van zeekraal zal minimaal 450.000 euro en maximaal 2.25 miljoen euro opbrengen (zie bijlage 1 voor de berekening).

Verdere toevoegingen aan het ontwerp

- De camping zou in dit ontwerp kunnen blijven bestaan mits er een dijk van 50 cm hoogte rondom de camping geplaatst wordt, in verband met de te verwachten peilstijging. Het is echter aan te raden om de camping indien mogelijk te verplaatsen. Het eiland waarop de camping is gelegen is door zijn lage ligging namelijk erg geschikt voor ontwikkeling van natte zilte natuur.
- Er is ook gedacht aan het creëren van de zeekraalvelden op het recreatie-eiland. De activiteiten van de camping zouden dan gecombineerd kunnen worden met de zeekraalteelt. De mensen op de camping zouden zelf zeekraal kunnen snijden. Omdat dit gebied een natuurgebied is kan deze locatie echter niet gerealiseerd worden, daarom is besloten zeekraal langs de linkeroever van de Braakmankreek te telen.
- De slaperdijk om de polder hoeft niet aangepast te worden, omdat het geen primaire zeewering wordt. Er komt een beheersbare inlaatconstructie. Bij erg hoge waterstanden op de Westerschelde kan de inlaat afgesloten worden en zal de bestaande zeedijk zijn waterwerende functie behouden.

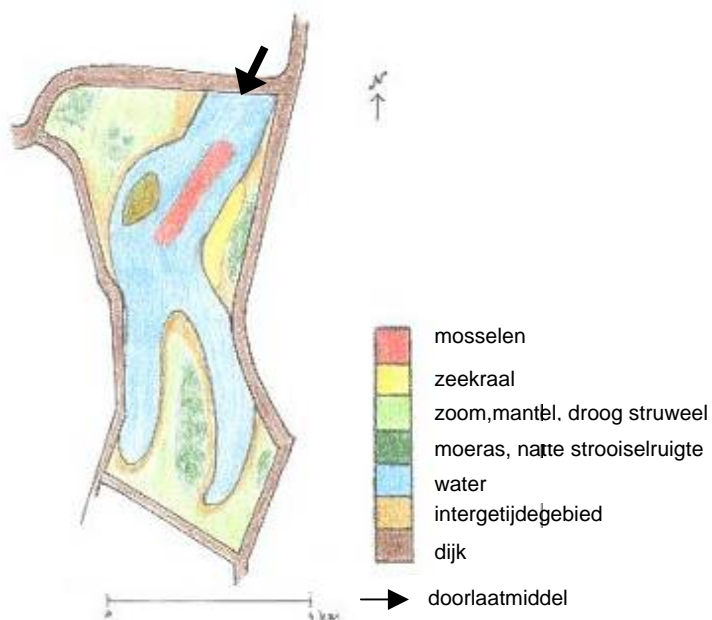
6.2 Hellegatpolder

Voor de Hellegatpolder zijn er twee varianten ontwikkeld. Beide ontwerpen zijn gebaseerd op een zo natuurlijk mogelijke insteek. De eerste variant is de gecontroleerde inlaat. Bij deze variant wordt er gebruik gemaakt van een doorlaatmiddel door de dijk om een intergetijdengebied te ontwikkelen in de Hellegatpolder. Bij de tweede variant wordt een deel van de dijk verwijderd waardoor er tevens een intergetijdengebied ontstaat maar met meer getijverschil dan in de eerste variant en waar het water minder controleerbaar is.

6.2.1 Variant 1, Gecontroleerde inlaat

Algemeen

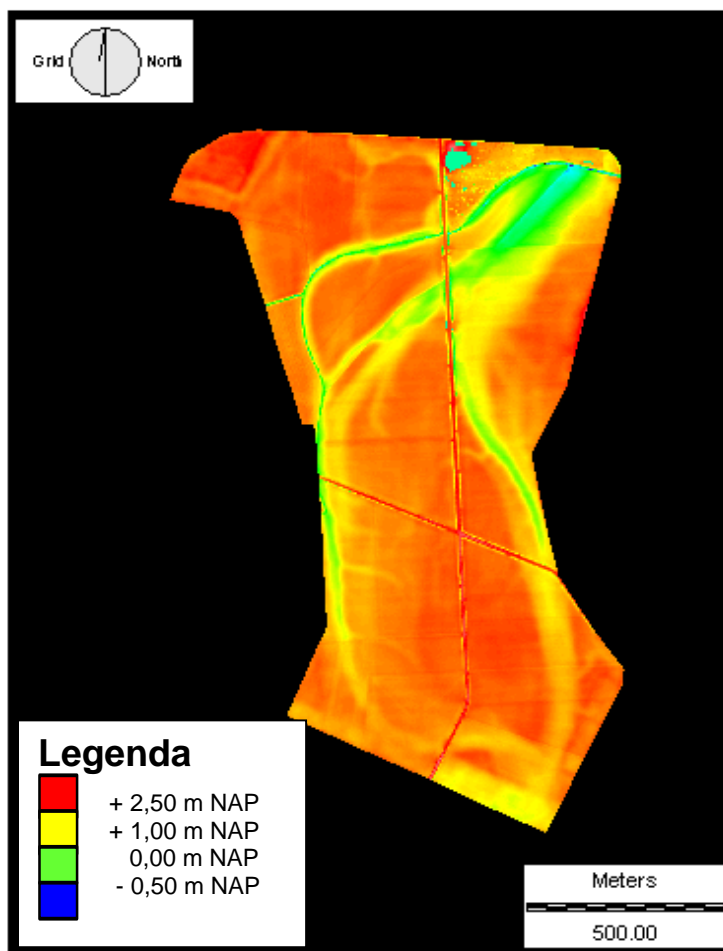
In de variant gecontroleerde inlaat (figuur 6.10) zal de duiker in de Noordoostelijke hoek van de polder worden gesitueerd. Verder zal de kreek worden uitgegraven om voldoende water de polder in te krijgen voor het kweken van aquacultures.



Figuur 6.10: Ontwerp Hellegatpolder met aquacultures, Juni 2004

Voor de inrichting van het gebied is uitgegaan van de historische kaart uit 1908 (figuur 2.8) en de huidige hoogtekaart (figuur 6.11). De oude kreek is in de hoogtekaart van de polder nog steeds terug te vinden. Om zoveel mogelijk aan te sluiten op de oorspronkelijke en natuurlijke situatie en om zo efficiënt mogelijk om te gaan met het grondverzet in de polder, is er gekozen voor het aanhouden van het profiel van de vroegere kreek

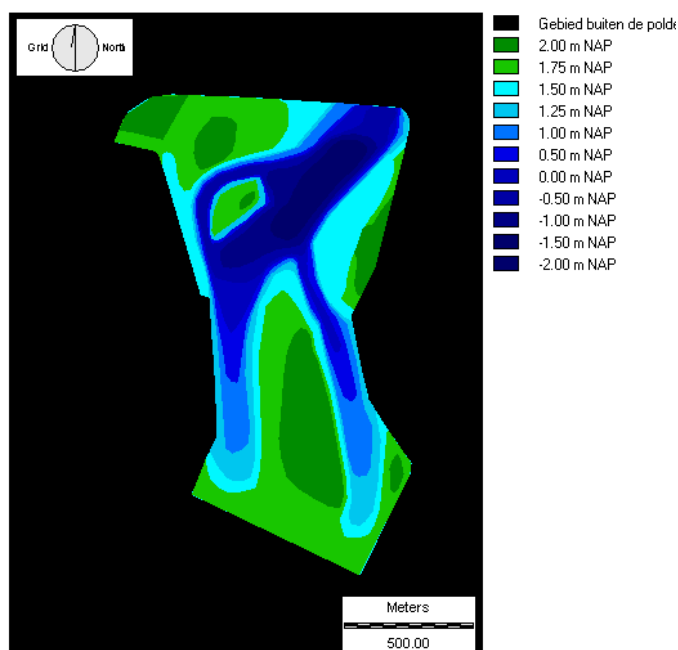
In de Noordoostelijke hoek van de polder (diepste punt van de kaart) zal een inlaat geplaatst worden. Via deze inlaat zal water uit de Westerschelde worden in- en uitgelaten. Er is gekozen voor een gecontroleerde inlaat omdat; deze ingeval van een calamiteit op de Westerschelde kan worden afgesloten. Hierdoor komt de waterkwaliteit en daarbij de aquacultures niet in gevaar. Daarnaast zorgt de gecontroleerde inlaat voor een getemd getij, zodat de veiligheid van de achterliggende gebieden gegarandeerd kan blijven.



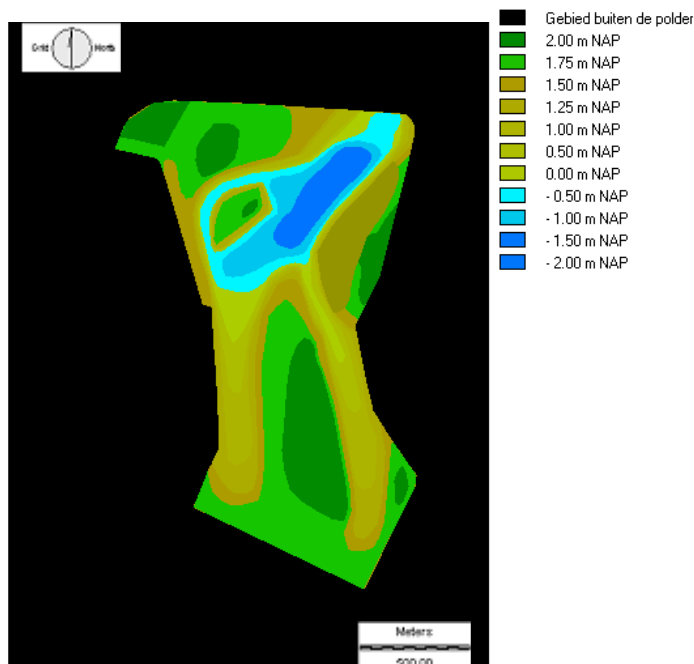
Figuur 6.11: Hoogtekaart Hellegatpolder, Juni 2004

Vlak achter de inlaat, gezien vanuit de Westerschelde, wordt een zandvang geplaatst. Hierin zullen de zwaardere delen, zoals zand, sedimenteren. Hierdoor zal het diepste gedeelte van de kreek niet meteen dichtslibben.

De overige delen van de kreek zijn afgegraven om de kweek van aquacultures mogelijk te maken. Zoals te zien is in figuren 6.12 en 6.13 liggen de hoogstgelegen delen op +2,00 m NAP en de laagste delen op - 2,00 m NAP. In het diepste gedeelte worden de mosselen gesitueerd. Op het grote lichtblauwe en donker bruine gedeelte in het Oosten van de polder worden de zeekraalvelden gesitueerd.



Figuur 6.12: Ontwerp gecontroleerde inlaat Hellegatpolder tijdens vloed, Juni 2004



Figuur 6.13: Ontwerp gecontroleerde inlaat Hellegatpolder tijdens eb, Juni 2004

Hydrologie

Om de dimensies van de duiker te berekenen is gebruik gemaakt van het model 'Getijduiker' zoals beschreven op pagina 12 in hoofdstuk 3. De uitkomst van het model zijn de basis van de gehele waterhuishouding van de polder.

Duiker

De dimensies van de duiker staan weergegeven in de volgende tabel 7.6.

Tabel 6.6: Dimensies van de duiker voor variant gecontroleerde inlaat

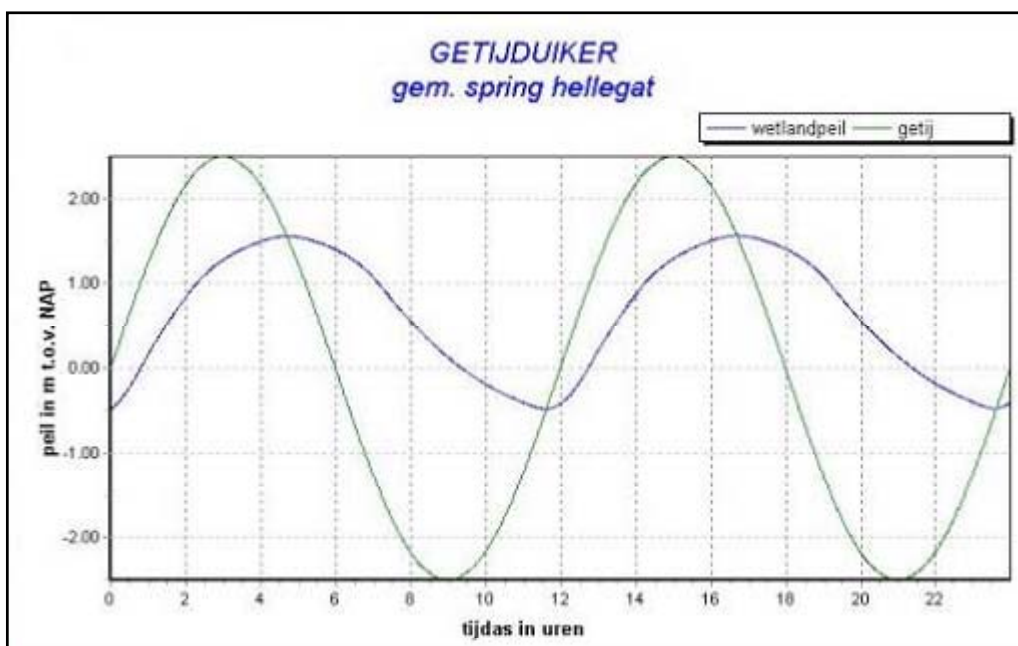
Dimensies duiker		
Omvang (l x b x h)	39 m x 2 m x 5 m	
Bodem duiker	- 1,00 m NAP	
	<i>Springtij</i>	<i>Doodtij</i>
Q_{\max} (m ³ /s)	64	50
v_{\max}	6,4	5,0
Volume in- en uitstroom (m ³)	188.000	159.000

De onderkant van de duiker is gesitueerd op -1,00 m NAP omdat de geul die aan de oostkant van de 'Platen van Hulst' ook op ongeveer -1,00 m NAP ligt. De berekeningen van het in- en uitstroom volume staan in bijlage 3.

Model 'Getijduiker'

Voor de berekening van het getij binnen de polder is uitgegaan van extremen. De getijslagen die gebruikt zijn voor de berekeningen zijn springtij en doodtij. Voor springtij is uitgegaan van een getij beweging van +2,50 m tot -2,50 m NAP, en voor doodtij is uitgegaan van +1,75 m en -1,75 m NAP. Deze extremen zijn belangrijk voor de afmetingen van de duiker. Er mag niet te veel maar ook niet te weinig water in de polder stromen.

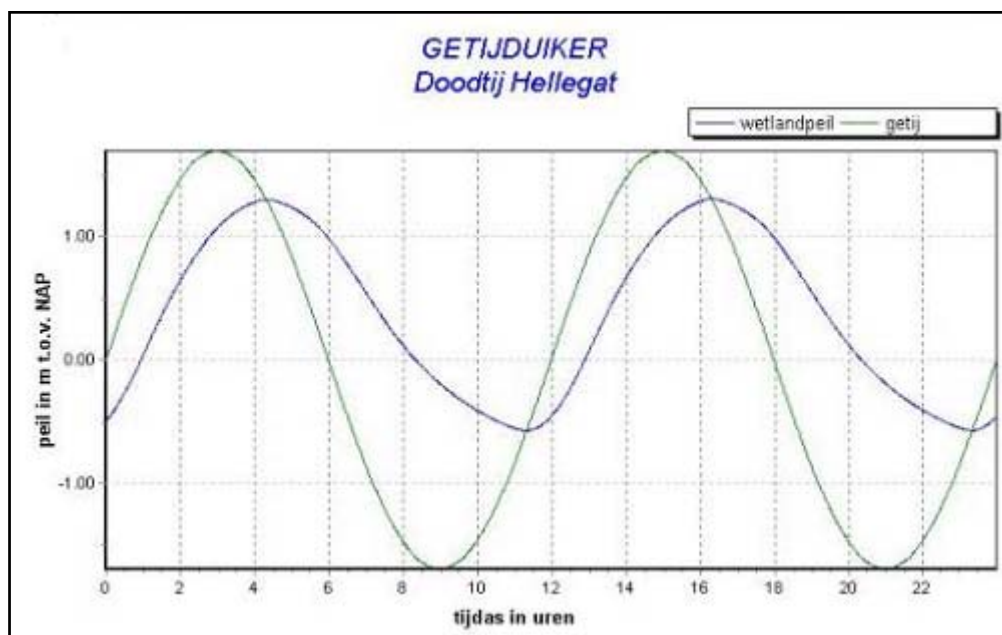
Springtij



Figuur 6.13: Getijbeweging in de Hellegat tijdens springtij, gemaakt m.b.v model 'Getijduiker', Juni 2004

Duidelijk is te zien dat er een vertraging optreedt van het getij in de polder ten opzichte van de Westerschelde. Dit komt door de constructie die tussen de Westerschelde en de polder is geplaatst. Tijdens springtij ontstaat er een peilverschil -0,50 m tot +1,50 m NAP. Dit is dus een getijverschil van 2 meter.

Doodtij



Figuur 6.14: Getijbeweging in de Hellegat tijdens doottij, gemaakt m.b.v model 'Getijduiker' Juni 2004

Ook tijdens de doottijbeweging is duidelijk te zien dat het getij in de polder een vertraging heeft ten opzichte van de Westerschelde. Tijdens doottij ontstaat er een peilverschil van -0,50 m tot +1,25 m NAP. Dit is dus een getijverschil van 1,75 meter.

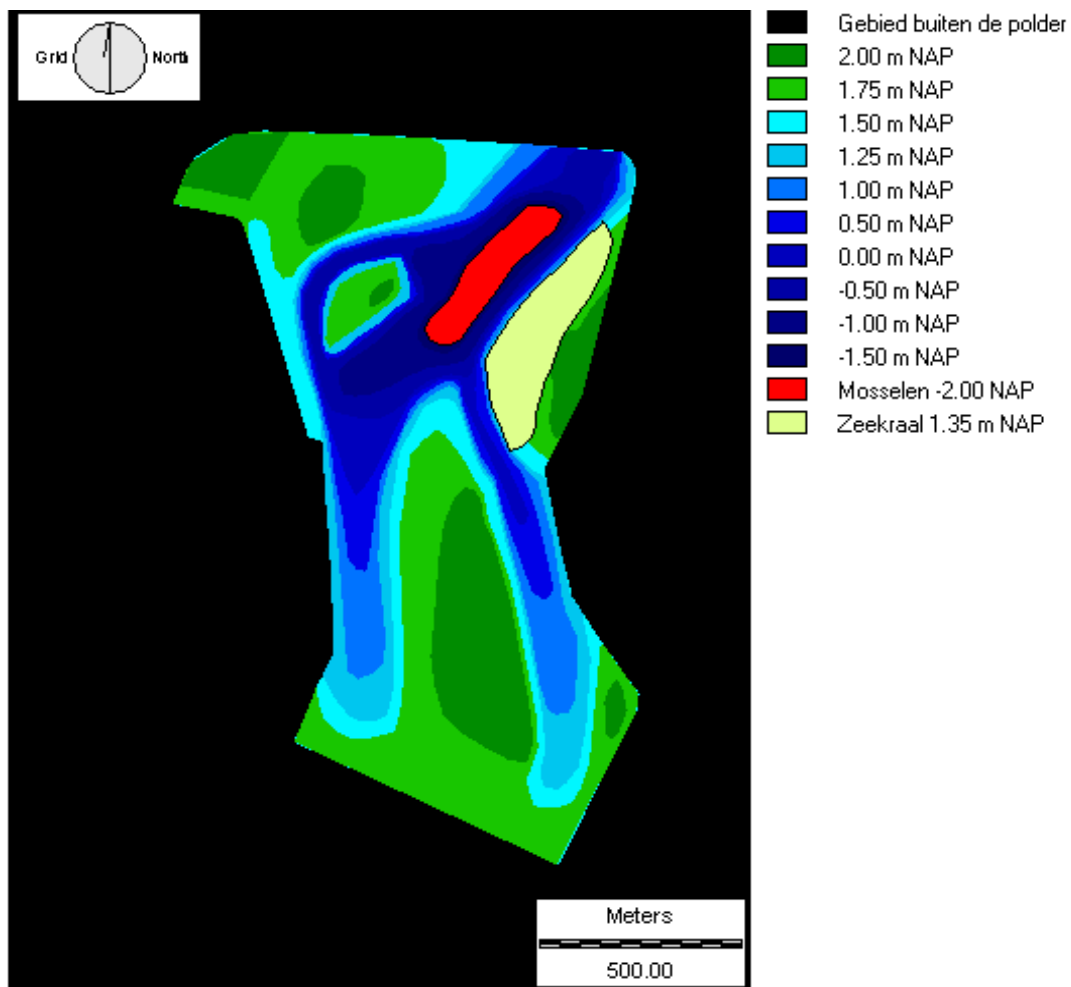
Sedimentatie en erosie

Er dient zeker rekening gehouden te worden met sedimentatie en erosie processen. Maar in welke mate deze zullen optreden is niet bekend. Om een deel van dit probleem te ondervangen is er direct achter de duiker een zandvang geplaatst.

Zilte aquacultures

Mosselen

De mosselpercelen bestrijken een oppervlakte van ongeveer 5,5 ha. en deze zijn gesitueerd op het diepste punt van de kreek (figuur 6.15). Het bodemniveau is daar - 2,00 m NAP. Zoals beschreven is in hoofdstuk 4.2.3, zal de kweek van mosselen plaatsvinden in rekken. Het minimumpeil in de polder is -0,50 m NAP. Dit betekent dus dat er op het diepste punt van de kreek altijd een waterkolom staat van 1,50 m. Daarom is er voor gekozen om de mosselrekken ook 1,50 meter te maken. Het voordeel hiervan is dat de mosselen nooit droog zullen staan.

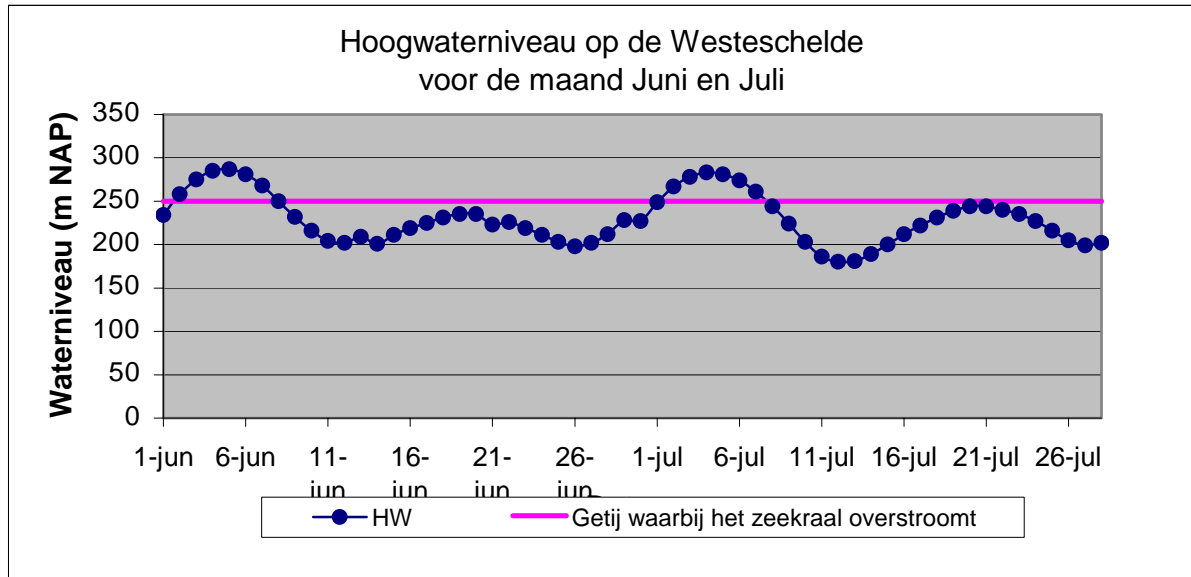


Figuur 6.15: Gecontroleerde inlaat Hellegatpolder inclusief aquacultures

De mosselrekken zullen worden bevestigd aan drijvers. Hierdoor is het mogelijk voor de mosselrekken mee te bewegen met het getij. Dit heeft als grote voordeel dat de mosselen altijd in de meest voedselrijke gedeelte hangen van het water (zie figuur 6.17).

Zeekraal

De zeekraal zal gesitueerd worden aan de oostkant van de polder, in het verlengde van de mosselen (figuur 6.16). Tijdens doodtij komt het waterpeil tot een hoogte van + 1,25 m NAP en tijdens springtij tot een hoogte van +1,50 m NAP. De zeekraalpercelen liggen op een hoogte van +1,35 m NAP. Voor deze hoogte is gekozen omdat de zeekraalvelden dan regelmatig overstromen maar niet bij iedere getijslag. Zoals te zien is in de grafiek hieronder zal het zeekraal gedurende 1 week per maand bij iedere getijslag onder water staan. De overige tijd van de maand zal het zeekraal droog staan.

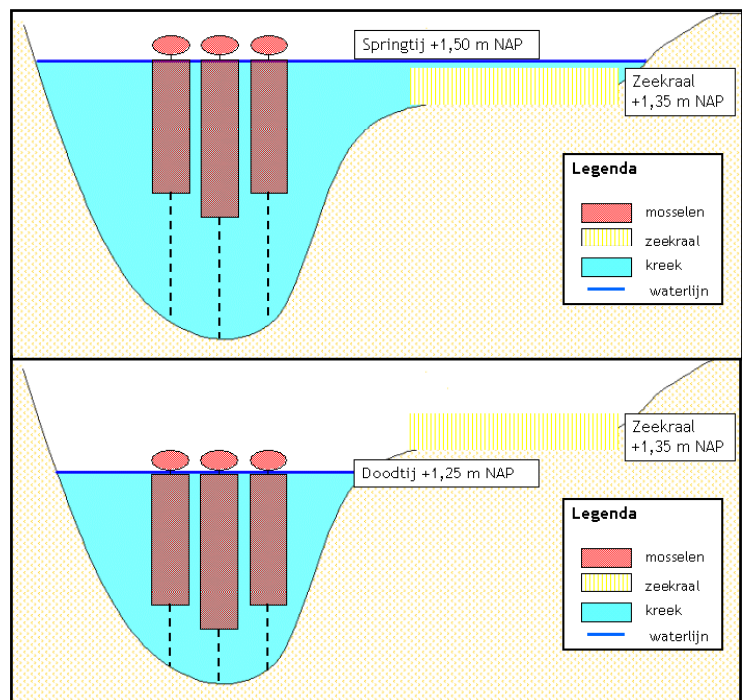


Grafiek 6.16: Het waterniveau op de Westerschelde tijdens hoogwater (bron, www.getij.nl)

Wanneer de zeekraalvelden overstromen kan de feces, die de mosselen hebben uitgescheiden, de velden voorzien van voedingsstoffen. Hoogstwaarschijnlijk is bemesting van zeekraalvelden niet nodig.

Dwarsdoorsnede

In de figuur hiernaast staan de dwarsdoorsneden van de kreek weergegeven bij spring- en doodtij. Duidelijk is te zien dat de mosselrekken met het getij meebewegen en dat deze zijn verankert in de bodem. Hierdoor blijven de rekken op hun plaats. Daarnaast is te zien dat de zeekraalvelden alleen zullen overstromen tijdens springtij. Wanneer dit gebeurt zal er een maximale waterlaag van 0,15 m staan op het zeekraalveld



Figuur 6.17: Dwarsdoorsneden van de kreek, spring- en doodtij

6.2.1.4 Opbrengst

Een eenvoudige berekening (bijlage 1, berekening opbrengsten) van de opbrengsten laat zien dat het kweken van 5,5 ha mosselen tussen de € 89.100 en € 237.600 euro zal opleveren. Het telen van 7,0 ha zee kraal zal tussen de € 420.000 en € 2.100.000 opleveren. Het grote verschil tussen de minimale en maximale opbrengst voor zee kraal komt door het gebruik van twee verschillende referenties. Wel is duidelijk dat goed gekeken moet worden naar de marktvraag en het marktaanbod. De prijs van de zee kraal is hiervan zeker afhankelijk.

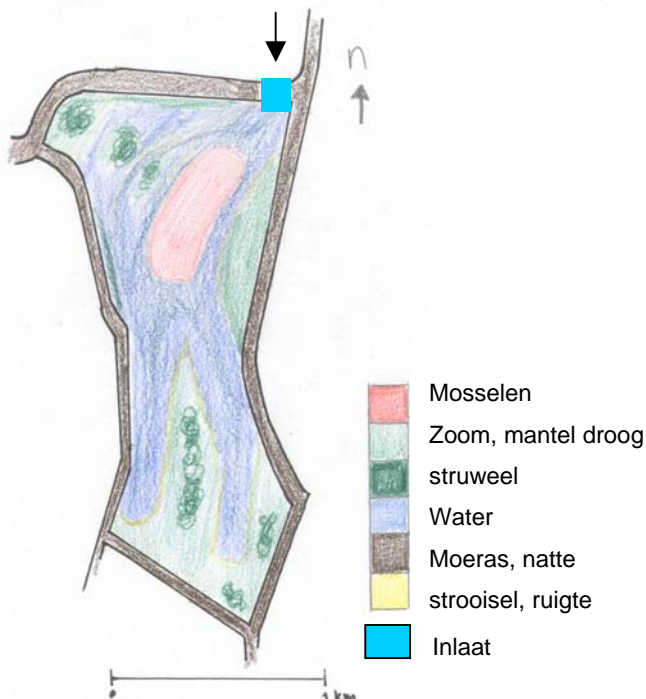
6.2.2 Variant 2, Ontpolderen

6.2.2.1 Algemeen

Bij de tweede variant voor de Hellegatpolder, ontpolderen, heeft natuurontwikkeling in de Hellegatpolder prioriteit. Ongeveer 90% van de polder zal worden ingericht als natuurgebied. De overige 10% is bestemd voor zilte aquacultures. Er wordt gestreefd om een zo natuurlijk mogelijke situatie te creëren. De aquacultuur in de Hellegatpolder bestaat bij deze variant alleen uit mosselkweek die in de kreek is gesitueerd.

Beschrijving van het ontwerp

Bij de variant ontpolderen wordt gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijke inrichting van de polder. Hierbij wordt aan de hand van de historische kaart (figuur 2.8, gebiedsbeschrijving hellegat) uitgegaan van de ligging van de oude kreek. De oorspronkelijk loop van de kreek, zoals deze aanwezig was voor de ontpoldering, zal worden uitgegraven (zie figuur 6.11, hoogtekaart Hellegatpolder). In het noordoosten van de Hellegatpolder wordt de dijk voor een gedeelte verwijderd. Hierdoor ontstaat er een open verbinding met de Westerschelde. Bij deze variant worden alleen mosselen gekweekt die in het diepere gedeelte van de polder zullen komen.



Figuur 6.18: Ontwerp Hellegatpolder variant ontpolderen met mosselkweek, Juni 2004

De bodem van de kreek zal worden afgegraven tot een diepte van $-2,00$ m NAP. De mosselen zullen zich bevinden in een waterkolom met een diepte van minimaal $2,00$ m, omdat de mosselrekken een hoogte hebben van $1,50$ m. Op deze manier zullen de mosselen altijd onder water blijven staan. De maximale waterstand is $+2,05$ m NAP en de minimale waterstand in de kreek is $0,00$ m NAP. Bij eb zal een oppervlakte van 25 hectare onder water komen te staan. Bij vloed zal bijna de hele polder onder lopen met een totaal oppervlak van ongeveer 110 hectare. Enkel de verhoogde delen zullen boven het wateroppervlak blijven (figuren 6.19 en 6.20). Naar alle waarschijnlijkheid zullen er zoute kwelstromen komen doordat de polder in directe verbinding komt te staan met de Westerschelde.

Door de open verbinding zal er een intergetijdengebied in de polder ontstaan. Slikken en schorren zullen zich ontwikkelen en als foerageergebied dienen voor vele steltlopers zoals de wulp, tureluur, scholekster en kluut. Tevens zal dit gebied een habitat vormen voor verschillende andere organismen.

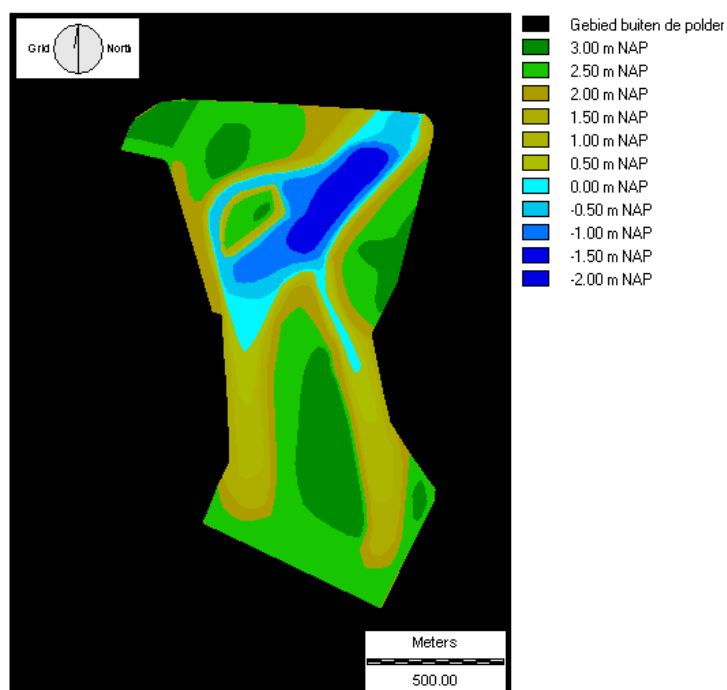


Fig. 6.19: Ontwerp Hellegatpolder variant ontpolderen bij eb

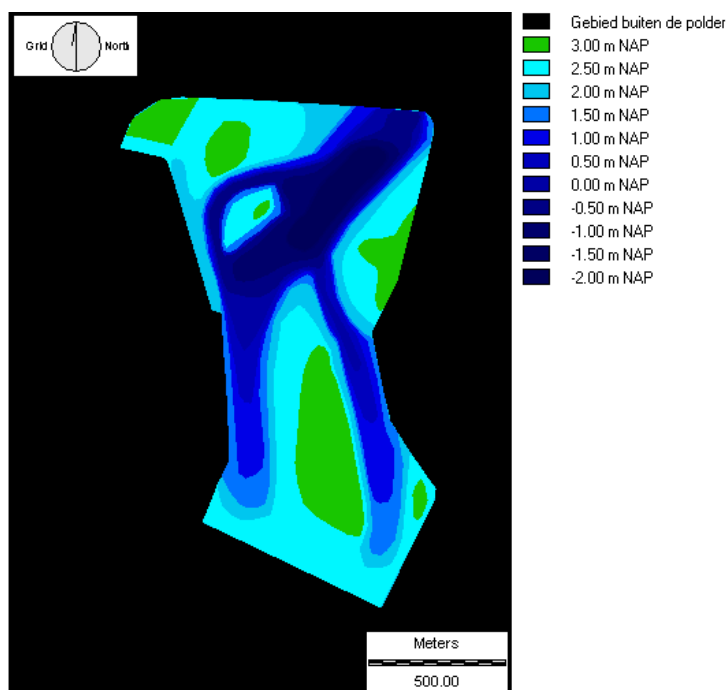


Fig. 6.20: Ontwerp Hellegatpolder variant ontpolderen bij vloed

Hydrologie

Om een intergetijdengebied te laten ontstaan, wordt ten oosten van 'de Platen van Hulst' een gedeelte van de dijk verwijderd. In onderstaande tabel zijn de daarbij behorende afmetingen en waarden weergegeven (bijlage 3, berekeningen in- en uitlaat).

Tabel 6.7: Dimensies opening variant 2, Ontpoldering Hellegatpolder

Opening Hellegatpolder ontpolderen	Afmetingen
Opening in dijk (l x b x h)	39x100x8 m
Maximale stroomsnelheid	2,2 m/sec
Maximale debiet	200 m ³ /sec
Hoogte ligging drempel	0,00 m NAP
Getijslag	2,00 m
Volume in- en uitstroom per getijslag	420.000m ³

Door de opening in de dijk kan het water bij vloed via een drempel ter hoogte van 0,00 m NAP de polder binnenstromen. Door deze drempel zal het water tijdens eb maar gedeeltelijk de kreek uitstromen. De drempel wordt geplaatst zodat de kreek niet volledig leegstroomt.

Grondverzet

Er wordt gestreefd naar een gesloten grondbalans. Hierbij wordt de grond die vrijkomt bij het uitgraven van de kreek gebruikt om het noordwestelijke gedeelte en de gedeelten achter in de polder tussen de kreek op te hogen. Hierdoor komt er meer hoogteverschil binnen de polder en zal robuuste natuur zich kunnen ontwikkelen. De polder zal onder invloed zijn van de getijslag in de Westerschelde, waardoor schorren en slikken kunnen ontstaan, alsmede levensgemeenschappen die kenmerkend zijn voor een intergetijdengebied. Om de veiligheid te garanderen zullen de dijken die de polder omringen op Deltahoogte moeten worden gebracht.

Model 'Getijduiker'

Aan de hand van het programma Getijduiker is bepaald wat het getij is binnen de polder. Er wordt uitgegaan van een gemiddeld getij. De opening in de dijk is 100x39x8 meter met een drempel op 0,00 m NAP. In de grafiek (figuur 6.21) is te zien dat er een getijbeweging ontstaat van 0,00 m NAP tot 2,00 m NAP binnen de polder (wetland). Het debiet is 200 m³/sec met een stroomsnelheid van 2,2 m/sec. In de grafiek is te zien dat de getijbeweging van het wetlandpeil, in de polder, niet onder de 0,00 m NAP komt. Dit komt doordat er een drempel is gelegd op deze hoogte.

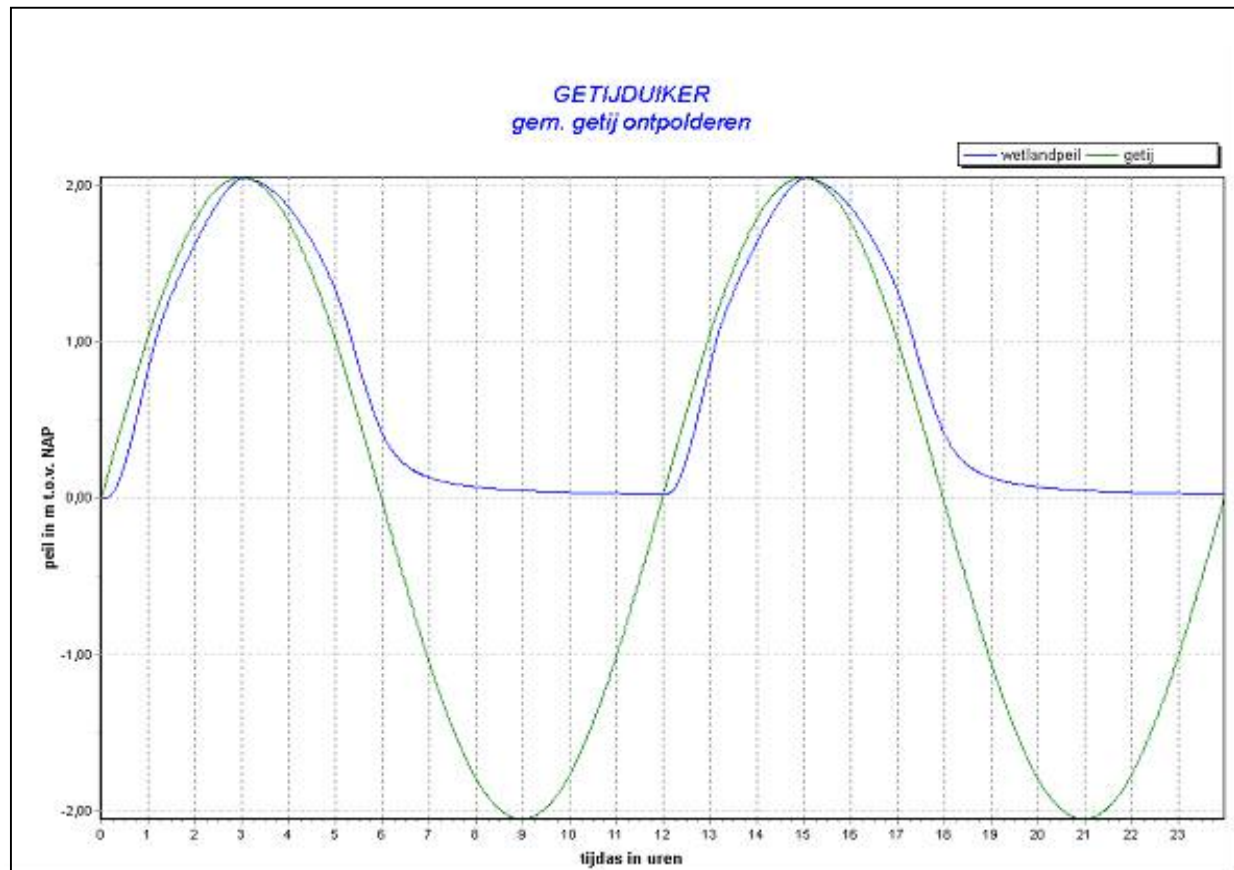


Fig. 6.21: Getijbeweging in de Hellegatpolder bij een gemiddeld getij, variant 2 Ontpolderen Hellegatpolder

Zilte aquacultures

Het deel van de kreek waar de mosselen in gesitueerd zijn, zal net als in de variant gecontroleerde inlaat, een diepte hebben van $-2,00$ m NAP. De totale oppervlakte aan mosselkweek zal 12 hectare zijn. Het gedeelte van de kreek waar de mosselen komen wordt verbreed tot 240 meter met een lengte van 500 meter.

Er is gekozen voor de kweek van mosselen in rekken (off-bottom cultuur). Deze rekken hebben een hoogte van 1,50 meter. Ze worden aan drijvers bevestigd en aan de bodem verankerd. Doordat de rekken aan drijvers bevestigd zijn, kunnen ze meebewegen met de eb- en vloedbeweging (zie figuur 6.17, dwarsdoorsneden van de kreek)

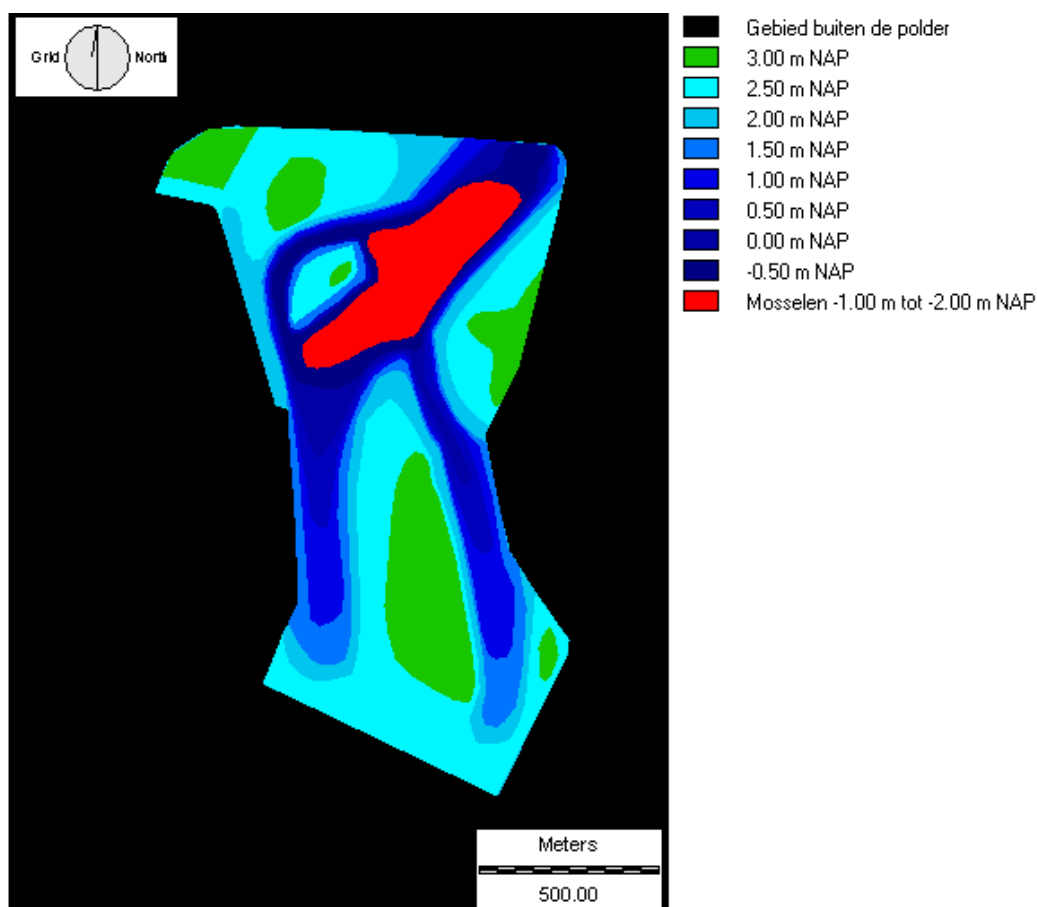


Fig.6.22: Variant Ontpolderen Hellegatpolder situering mosselkweek in de kreek

Opbrengst

Een grove berekening van de te verwachte opbrengst laat zien dat het kweken van mosselen tussen de 194.400 en de 518.400 euro zal opbrengen (zie bijlage1 voor de berekening).

7. Natuurontwikkeling in de Braakman- en de Hellegatpolder

Het vergroten van natuurwaarde in de Braakmanpolder en de Hellegatpolder kan worden gerealiseerd door het inlaten van zout water vanuit de Westerschelde. Hierdoor worden beide polders zout, wat kansen biedt aan organismen die aangepast zijn aan zoute en brakke omstandigheden.

De doelstelling om estuariene dynamiek te creëren wordt in beide polders gedeeltelijk losgelaten. Estuariene dynamiek staat enerzijds voor een estuarien milieu, dus een situatie waarin soorten kunnen voorkomen die gebonden zijn aan zoute omstandigheden. Anderzijds is het milieu dynamisch, dat wil zeggen dat dynamiek is door sterke erosie en sedimentatieprocessen. Deze processen veroorzaken een milieu van extremen, waarin een aantal zeer specifiek gebonden soorten voorkomen, die karakteristiek zijn en daarom voor Nederlandse en Europese begrippen bijzonder en waardevol zijn.

Het Handboek Natuurdoeltypen, beschrijft dat om estuariene dynamische natuur te creëren er een minimaal getijverschil noodzakelijk is van om en de nabij de drie meter. Ook naar aanleiding van de gesprekken die zijn gevoerd met deskundigen bleek dat dynamiek van ten minste twee a twee en een halve meter noodzakelijk is.

Om erosie en sedimentatieprocessen te laten plaatsvinden moet door de oppervlakte van de Braakmanpolder, ontpoldering plaatsvinden om een dergelijk groot getijverschil te veroorzaken. Dit is in dit geval geen optie. De Hellegatpolder daarentegen heeft een kleinere oppervlakte, waardoor het mogelijk is om met een doorlaatmiddel een getijverschil te creëren die erosie- en sedimentatieprocessen tot gevolg heeft. In dit hoofdstuk wordt daarom een onderscheid gemaakt tussen een estuarien milieu (zoute omstandigheden en de bijbehorende flora en fauna) en een estuarien dynamisch milieu (zoute omstandigheden, waarbij erosie en sedimentatieprocessen een grote rol spelen en de daarbij horende karakteristieke flora en fauna aanwezig zijn).

7.1 Braakmanpolder

Huidige natuurwaarde van de Braakman

De Braakmanpolder bestaat voornamelijk uit akkerland. Toch heeft deze polder een grote betekenis voor de natuur, omdat er in de polder een natuurgebied gelegen is met een hoge natuurwaarde. Dit natuurgebied, eigendom van Staatsbosbeheer, bestaat voornamelijk uit een oude kreek, de Westgeul, zouttolerante en duinvalleivegataties en bos. De Braakman is tevens belangrijk voor vogels, zowel als broedgebied als rust- en foerageergebied voor wintergasten. Door de hoge natuurwaarde en de vele Rode Lijstsoorten die hier voorkomen is dit gebied erg geliefd bij natuurliefhebbers. Daarnaast is de Braakman een druk bezocht recreatiegebied. De Braakman is door de Rijksoverheid en de provincie aangemerkt als kern- en ontwikkelingsgebied als onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur.

De te verwachten Natuurwaarden in de Braakmanpolder

De Braakmanpolder heeft een oppervlakte van ongeveer 600 ha. Om in de polder dynamiek te creëren, moet het doorlaatmiddel grote dimensies hebben om een groot getijverschil te realiseren. Om te zien welke gebieden onderhevig zullen worden aan een bepaald getijverschil, is gebruik gemaakt van een GIS-analyse van de hoogtekartaart. Hieruit blijkt dat de oevers langs de bestaande krekken overwegend steil zijn. Dit betekent dat de oppervlakte die onderhevig wordt aan zout water en getijverschil, in verhouding tot de totale oppervlakte beperkt is. Hieronder wordt beschreven welke natuurverandering er per variant optreedt en wat de verwachte natuurwaarde is.

7.1.1 Variant 1, Westelijke inlaat

In hoofdstuk 6 is het ontwerp van variant 1, Westelijke inlaat toegelicht. Doordat het water dat wordt ingelaten eerst door de cascadeconstructie wordt geleid en wordt gebruikt bij het telen, is het niet in te schatten hoe dit water uiteindelijk in de Braakmankreek zal stromen. Het water zal namelijk voor een deel vastgehouden worden en vindt na het voeden van de mosselen weerstand bij de uitlaat en het passeren van de zeekraalvelden. Het is daarom niet duidelijk welk peilverschil er zal optreden in de Braakmanpolder. De voorlopige inschatting (grobe berekening) is dat het maximale debiet, waarmee het water in de kreek stroomt, op ongeveer 85 m³/sec ligt. Dit zou resulteren in een peilstijging van ongeveer 50 cm in de polder.

Migratie van soorten tussen de Westerschelde en de Braakmanpolder is beperkt, maar wel mogelijk. Soorten uit de Westerschelde kunnen namelijk via het doorlaatmiddel voor de aquacultures in de Braakman migreren en vervolgens door de uitwateringssluis weer terug naar de Westerschelde. We verwachten dat karakteristieke estuariene soorten uiteindelijk de Braakmankreek zullen bevolken.

Vanwege de steile oevers van de Braakmankreek zal de oppervlakte van de gebieden die onder invloed van getij komen relatief klein zijn. De estuariene natuurwaarde zal daarom vooral bestaan uit zilte flora en fauna van stagnant tot stilstaand zout water. Er blijft een groot oppervlakte van de polder over die niet onder invloed komt te staan van zout water. De gronden buiten het bestaande natuurgebied en de kreekoevers liggen overwegend op een hoogte variërend van +1,00 tot +2,50 NAP. De bodem bestaat uit zeekleigrond en worden door de hogere ligging gevoed door neerslag. Omdat de neerslag het grondwater voedt en zoet water op zout water 'drijft' zal er niet of nauwelijks invloed zijn van zout grondwater.

In de volgende deelparagrafen wordt niet alleen een toekomstbeeld geschetst van de zilte natuur die gerealiseerd kan worden, maar ook die van de natuur die kan worden ontwikkeld op de 'hogere' delen van de Braakmanpolder. Deze hogere delen zijn samen zo'n 300 ha en de ligging en oppervlakte bieden potentie voor een waardevol natuurgebied.

Toekomstbeeld

De bestaande en nieuw in te richten gebieden kunnen met een natuur-begeleidende beheersstrategie ontwikkeld worden tot een waardevol zout en zoet natuurgebied. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de lage en hoge delen in de polder omdat deze zich van elkaar onderscheiden door zout en zoet. De te verwachten natuurdoeltypen zoals deze staan opgesteld in het 'Handboek Natuurdoeltypen'²¹ en 'Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 4, brakke binnenwateren'²², worden beschreven in de volgende paragrafen.

Algemeen beeld van de lagere delen van de Braakmanpolder

Door het kleine getijverschil zullen er verschillende gradiënten van zout naar zoet ontstaan. De volgende landschapselementen volgen elkaar op:

- Een zoute Braakmankreek met een gering getijverschil
- Een zoute en gedeeltelijk afgesloten (door brak grond- en zoet regenwater gevoed) Westgeul, met lokaal grote gradiëntverschillen tussen zoet en zout.
- Op de overgangen van de lagere naar hogere delen, zoom, mantel en droog struweel van het (rivieren- en) zeekleigebied.

Het water van de Braakmankreek zal zout worden, waardoor estuariene soorten van langzaam stromend tot stagnant zout water zullen gaan voorkomen. Het is erg moeilijk in te schatten welke ecologisch relaties uiteindelijk in de kreek zullen ontstaan.

²¹ D. Bal, H.M. Beijer e.a., Wageningen 2001

²² P.W.M. van Beers en P.F.M. Verdonchot, Wageningen 2000

Aannemelijk is dat het zouter worden van de Braakmankreek positief is voor foeragerende vogels die in het estuarium voorkomen.

Binnen de grenzen van het bestaande natuurgebied komen moeras, natte strooiselruigte, veenmosrietland en natte duinvalleien voor. Een deel hiervan zal blijven bestaan omdat het getijdenwater in deze variant geen invloed heeft op de totale kreek. De huidige karakteristieke landschaps- en natuurwaarden zullen dus voor een deel worden behouden. Er dient echter een verdere studie gedaan te worden tot waar het zoute water haar invloed doet gelden. Daarnaast moet onderzocht worden of het behoud van bepaalde zoete delen in dit gebied een hogere prioriteit heeft dan het zout maken van deze delen en dus beschermt dient te worden (natte duinvalleien en dergelijke). De oevers van de krekken die onder invloed van zout getij komen te staan zullen op de laagwaterlijn een slikkig karakter hebben. Verder naar de hoogwaterlijn kunnen zouttolerante soorten zich vestigen zoals zee kraal, lamsoor en schorrekruid. Door de relatief grote capillaire stijghoogte van kleigrond zullen zouttolerante soorten tot ver boven de hoogwaterlijn te vinden zijn. Naarmate het terrein hoger wordt en verder van de krekken af komt te liggen, zal de vegetatie overgaan in ruigtekruiden, zoommantel en droog struweel van het zeeleilandschap.

Voor vogels die afhankelijk zijn van helder, visrijk water om te foerageren zullen de zoute krekken uitermate geschikt zijn. Soorten binnen de reiger gemeenschappen, sterns, duikers en bijvoorbeeld de Visarend, kunnen verwacht worden in dit gebied. Ook soorten die afhankelijk zijn van ondiepe slikken zullen het gebied bevolken, zoals bijvoorbeeld de Kluut, Strandlopers en dergelijke.

Algemeen beeld van de hogere delen van de Braakmanpolder

De hoger gelegen gronden bieden door het relatief grote oppervlak veel kansen tot de ontwikkeling van natuurlijke, landschapsvormende processen. Om het dicht groeien van het gebied te voorkomen kan een begrazingsbeheer worden toegepast. Begrazing is het sleutelproces, dat leidt tot een afwisselend landschap waarbinnen het type zeeleilandschap, de volgende drie natuurdoeltypen zullen ontstaan:

- Op de overgang van de lage naar hoge delen, zoom, mantel en droog struweel van het (rivieren- en) zeeleigebied.
- Bloemrijk grasland van het (rivieren- en) zeeleigebied.
- Successiestadia zal bossystemen opleveren van voedselrijke en vochtige grond.

De overgangen van de lagere naar hogere delen zullen zowel levensgemeenschappen van het type zeeleilandschap als van het intergetijdengebied herbergen. Bloemrijk zilt en zoet grasland, wilgenstruweel, ruigtekruiden en andere struweelvormende soorten zullen de overgang bepalen van het zilte open terrein naar de oobossen op de hogere kleigronden.

De levensgemeenschappen van het kleiboslandschap ontwikkelen zich op zwak zure tot neutrale, zwak tot matige eutrofe bodems. Het landschap zal een aaneenschakeling worden van verschillende natuurtypen, een mozaïek van bloemrijk nat- en droog grasland, afwisseling van natte en droge ruigten, wilgenstruweel en andere struweel vormende soorten en als successiestadia oobossen. De soorten die het landschapsbeeld van het oobos



Fig. 7.1 Juvenile Bonte strandloper
(Foto: <http://www.vogeldagboek.nl>)

bepalen zijn afhankelijk van de Ausgangssituatie en beheer, spontane en natuurlijke verjonging en de begrazingsintensiteit.

Planten die in deze gemeenschap voorkomen zijn, Akkerdoornzaak, Knopig doornzaak, Paarse morgenster en Slanke winde.

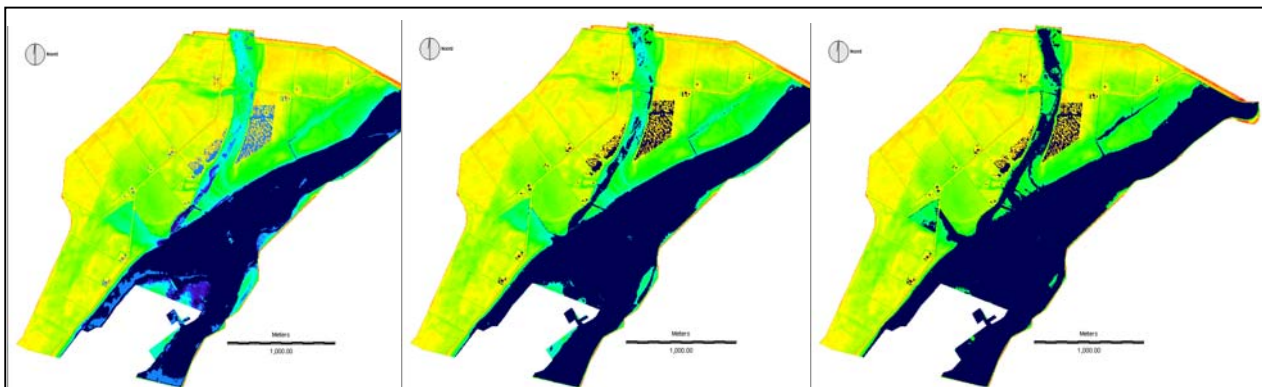
De verdere ontwikkeling van het natuurdoeltype Ooibossen van het (rivieren- en) zeekleilandschap zal vooral voor bosvogels van belang zijn zoals de Blauwborst, Zanglijster, Buizerd en Havik. Ook is het zeekleilandschap van belang voor veel foeragerende vogels van het estuarium, die buiten het estuarium broeden. Door de diversiteit van de hogere gronden kunnen verschillende soorten broedende kolonies verwacht worden. Dit kan vergeleken worden met bijvoorbeeld de broedende kolonie zilverreigers in het huidige natuurgebied.

Door het halfopen landschap zullen veel soorten knaagdieren en vleermuizen een geschikte habitat kunnen vinden.

7.1.2 Scenario 2, minimumvariant

De GIS-analyse heeft uitgewezen dat bij een getijverschil van 80 cm in deze variant een oppervlakte van maximaal 65 ha ontstaat (volgende pagina tabel 7.1), dat bij laag water droog en bij hoog water onder water zal staan. In figuur 7.2 op de volgende pagina is te zien welke gebieden dit zijn. Opgemerkt moet worden dat sommige laagten in de polder niet in open verbinding staan met het oppervlaktewater, zodat nog niet duidelijk is of deze laagten de kenmerken van estuariene natuur zullen krijgen.

Op de kaarten is te zien dat de hele Westgeul onder invloed van het getijdenwater komt te staan. In de Westgeul verloopt het verhang namelijk zeer flauw. Brakke en zoete kwelstromen vanuit de omringende gronden zullen in de kreek aanwezig blijven, waardoor er natuur ontstaat die gekarakteriseerd kan worden als het natuurdoeltype, nagenoeg- natuurlijk zout getijdenlandschap, maar waar de karakteristieke estuariene dynamiek ontbreekt.



Figuur 7.2: waterstandverloop in de Braakman van laag, middel en hoog tij (-0,30 / +0,10 / +0,50 NAP)

Omdat er een open verbinding komt tussen de Westerschelde en de Braakmankreek, zullen de migratiemogelijkheden van soorten vergroot worden. Door een klein getijverschil en de open verbinding, kan de Braakmanpolder als kraamkamer voor allerlei vissen in de Westerschelde dienen.

De verandering van de chemische waterhuishouding in de Westgeul zal veranderingen veroorzaken in de bestaande natuur. Het bos dat momenteel op en langs de kreekranden en andere laaggelegen terreinen voorkomt is niet zouttolerant, waardoor het langzaam zal verdwijnen. Hiervoor komen schorvegetaties en zoutminnende pioniersplanten in de plaats, afhankelijk van de hoogte ten opzichte van de 'zoute' grondwaterstand.

De hogere terreinen komen niet onder invloed te staan van zout water. Deze terreinen kunnen als landbouwgrond blijven fungeren, maar ook ontwikkeld worden tot de bos, zoom, mantel en struweeltypen zoals vermeld onder scenario 1, variant westelijke inlaat.

In de onderstaande tabel is op basis van hoogteligging voor de hele polder onderzocht welke natuurdoeltypen er kunnen ontstaan. Hierbij is de camping buiten beschouwing gelaten.

Tabel 7.1: Minimumvariant Braakmanpolder, dimensies van de te verwachte natuur, gebaseerd op de hoogte (NAP)

	waterpeil		oppervlaktes	
	NAP (m)	NAP (m)	%	ha
huidige waterpeil: gedeeltelijk afgesloten zoute kreek	< -0,3	-0,3	25,5	139,4
max. waterpeil: dynamisch estuariene oever	-0,3	0,5	12,0	65,4
onder invloed van zout grondwater: zoete en zouttolerante vegetatie	0,5	1,2	12,4	67,7
zoom, mantel en strooisellaag; wilgenstruweel (rivieren- en zeekleigebied)	1,2	1,5	12,7	69,5
bostypen en begraast bloemrijk grasland (rivieren- en zeekleigebied)	1,5	> 1,5	37,5	205,1
		totaal:	100	547

= variabel en kan gestuurd worden door beheer

Omdat het in deze variant om een relatief klein getijverschil gaat, zal de natuur zich net zo kunnen ontwikkelen als beschreven is in de eerste variant, westelijke inlaat. De gebieden die onder invloed zullen staan van zout water en de zoom, mantel en strooisellaag zullen elkaar voor een deel overlappen.

7.2 Natuurontwikkeling in de Hellegatpolder

Huidige natuurwaarden van de Hellegatpolder

Zoals eerder beschreven staat in het hoofdstuk gebiedsbeschrijving, bestaat de Hellegatpolder voornamelijk uit landbouwgrond. Daarnaast bevindt zich in de polder een camping. De Hellegatpolder heeft momenteel een geringe natuurwaarde. De soorten die er voorkomen, zijn algemene soorten die je overal in het Zeeuws Vlaamse polderland vindt. Daarnaast zijn er geen oude elementen in de polder aanwezig.

Ter hoogte van de Hellegatpolder, ligt buitendijks een slik en schorgebied. Deze slikken dienen als kraamkamer voor vissen zoals tong en garnalen en als voedsel voor verschillende steltlopers. Tevens dient dit gebied als hoogwatervluchtplaats voor vogels.



Figuur 7.3: Lamsoor en Zeekraal op de platen van Hulst (Foto: E. Hamelink)

De te verwachten natuurwaarden van de Hellegatpolder

Na de herinrichting zal er in de Hellegatpolder een intergetijdengebied ontstaan met slikken en schorren. Deze zullen bij ieder getij of enkel tijdens springvloed overstroomd. De slikken liggen altijd een stuk lager dan de schorren en zullen daardoor ook vaker overstroomd dan de schorren die daar achter gelegen zijn. Slikken zijn voedselrijk en zijn uitstekende locaties voor vele vogels om te foerageren. Hoewel de hoger gelegen schorren enkel nog met springtij overstroomd, behouden ze hun zilte karakter, doordat het zoute water bij vloed via de geulen het gebied binnenstroomt. Er

zullen op die plaatsen lage zoutminnende vegetaties kunnen ontwikkelen. Beheer is in deze gebieden niet nodig. Enkel moet er voor gezorgd worden dat er niet te veel verstoring van de natuur plaatsvindt en dat het binnenstromende water een goede kwaliteit heeft. Door de optredende dynamiek zullen erosie- en sedimentatieprocessen in evenwicht blijven, waardoor het gebied zichzelf in stand zal houden.

7.2.1 Natuurdoeltype

Om voor de op te stellen natuurdoeltypen tot een juiste keuze te komen, is gebruik gemaakt van de natuurdoeltypen zoals die zijn opgesteld in het "Handboek natuurdoeltypen"²³.

Type: *Nagenoeg-natuurlijk zout getijdenlandschap en begeleid-natuurlijk zout getijdenlandschap*

Algemeen beeld

Landschap met brakke- tot zoute getijdenwateren afgewisseld met droogvallende platen en kwelders. De invloed van rivierwater is zeer beperkt. Het wateroppervlak is zout, lokaal hooguit brak. Het grondwater kan zwak brak zijn. Om het proces van estuariene dynamiek te bewerkstelligen, is de werking van de getijden vanuit de zee nodig in combinatie met de aanvoer van rivierwater. Het getijdenverschil in de polders varieert van 1 tot 3 meter. Kenmerkend voor de estuariene dynamiek in de polders is het mengen van zoute getijdenstroom vanuit de Westerschelde met het zoetere water vanuit de Schelde.

Omdat het getijdenwater verschillende rollen speelt in een dergelijk landschap, zijn er voor beide doeltypen subdoeltypen opgesteld.

Subdoeltype a omvat kwelders en schorren. Deze worden incidenteel tot dagelijks overstroomt door het getijdenwater. De hogere delen worden slechts incidenteel (bij springtij) overstroomd. Op de lage delen is sprake van een regelmatige overstroming. De begroeiing is vooral grazig van karakter, met wisselende aanwezigheid van kruiden. Op de slikkige delen die dagelijks overstroomd worden groeien vooral zoutminnende pionierssoorten zoals zeekraal.



Figuur 7.4: De Platen van Hulst
(Foto: E. Hamelink)

Subdoeltype b bestaat uit het intergetijdengebied, de litorale zone. Deze delen vallen dagelijks voor kortere of langere tijd droog. Hier zijn geulen te vinden en typische wadplanten, zoals Klein en Groot zeegras. De meest opvallende planten die hier voorkomen zijn de wieren. De bodemfauna is belangrijk als voedsel voor vissen en vogels. Sommige vissen zullen dit subtype als kraamkamer gebruiken.

²³ D. Bal, H.M. Beije e.a., Wageningen 2001

Subdoeltype c omvat permanent open water in de diepere geulen. Door hoge stroomsnelheden is het water troebel en omvat deze zone een eenvoudig opgebouwde levensgemeenschap. Op de grote getale voorkomende zandspieringen zullen waarschijnlijk visetende vogels en zeehonden afkomen.

Ecologische beschrijving

Plantengemeenschappen:

- Associatie van Klein zeegras
- Associatie van Groot zeegras
- Associatie van Bultkroos en Wortelkroos
- Associatie van Snavelrupia
- Associatie van Zilte waterranonkel
- Rompgemeenschap met Schedefonteinkruid en Gesteelde zannichellia
- Associatie van ruwe bies
- Associatie van Engels slijkgras
- Associatie van Langarige zeekraal
- Associatie van Kortarige zeekraal
- Schorrekruid-associatie
- Associatie van Gewoon kweldergras
- Associatie van Lamsoor en Zeeweegbree
- Zoutmelde-associatie
- Associatie van Zilte rus
- Associatie van Engels gras en Rood zwenkgras
- Strandkweek-associatie
- Rompgemeenschap met Heen van de Zeeasterklasse
- Rompgemeenschap met Zeeaster van het Verbond van Gewoon kweldergras

Macrofaunagemeenschap:

Draadwormen, Kokkel, Mesheft, Mossel, Nonnetje, Wad- of Zeepier en de Zeeduizendpoot.

Visgemeenschap:

Paaiende en opgroeiende soorten als Botervis, Grote wormzeenaald, Grote koornaarvis, Pijlstaartrog, Puitaal, Slijmvis, Zeestekelbaars. Daarnaast zijn er nog vele ander soorten van deze gebieden gebruik maken zoals de Adderzeenaald, Ansjovis, Geep, Groene zeedonderpad. Soorten die het getijdengebied gebruiken als doortrekgebied zijn Fint en de Zeeprik.

Broedvogelgemeenschap:

Strandpeltier-groep, Scholekster-groep, Fazant-groep, Zomertaling-groep, Grutto-groep, Veldleeuwerik-groep, Rietgors-groep.

Doelsoorten

Vogels: Aalscholver, Bergeend, Bonte strandloper, Brandgans, Dwergstern, Eider, Grote strandloper, Kleine mantelmeeuw, Kleine zilverreiger, Kluut, Lepelaar, Noordse stern, Parelduiker, Rotgans, Scholekster, Strandplevier, Tureluur, Visdief, Wulp, Zwarte stern, enz.

Vissen: Adderzeenaald, Botervis, Fint, Geep, Glasgrondel, Groene zeedonderpad, Grote pieterman, Pijlstaartrog, Schol, Zeeprik, enz.

Dagvlinders: Heivlinder

Vaatplanten: Dunstaart, Echt lepelblad, Eenbloemige zeekraal, Engels gras, engels lepelblad, Fijn goudscherm, Gesteelde zoutmelde, Groot zeegras, Klein slijkgras, Klein zeegras, Kwelderzegge, Lamsoor,

Moeraspaardenbloem, Rode bies, Rode oogentroost, Ruig zoutkruid, Zeealsem, Zeeweegbree, enz.

7.2.2 Beheer

Het beheer van een getijdenlandschap kan op een nagenoeg-natuurlijke en een begeleid-natuurlijke manier plaatsvinden. Dit houdt in dat er geen actief beheer plaatsvindt.

8. Conclusie

In dit hoofdstuk zal antwoord gegeven worden op deelvragen die beschreven zijn in hoofdstuk 1.

8.1 Braakmanpolder

8.1.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

1. *Op welke plaats, wijze en met welk debiet kan het water het best gecontroleerd worden ingelaten?*
 - Bij de variant westelijke inlaat zal er ten westen van de Mosselbanken een inlaat geplaatst worden, waar bij vloed water uit de Westerschelde de Braakmanpolder in gelaten zal worden. Als het waterpeil boven de +1,7 m NAP is, stroomt het water in de kreek. De inschatting is dat het maximale debiet, waarmee het water in de kreek stroomt, rond de 125 m³/sec ligt. Dit zal resulteren in een peilfluctuatie in de Braakmanpolder van ongeveer 50 cm. Het minimumpeil in de kreek bedraagt –0,30 m NAP en het maximumpeil +0,20 m NAP. Bij deze peilfluctuatie zal er ongeveer 45 ha van de polder onder water komen te staan. Deze wateren af op de Braakmankreek. Bij eb zal er vanuit de kreek water uitgelaten worden naar de Braakmanhaven.
 - Bij de minimumvariant wordt zout Westerscheldewater ingelaten door middel van duikers, die geplaatst zullen worden in de dijk tussen de Braakmanhaven en de Braakmankreek.
Voor deze variant is uitgegaan van een gewenst peilverschil in de polder van 80 cm (gebaseerd op de richtlijnen van ProSes). Er kan een peilverschil van 80 cm gerealiseerd worden met drie duikers van 2 bij 2 meter, geplaatst op een diepte van -0,3m NAP. Het waterpeil fluctueert dan tussen –0,30 en + 0,50 NAP. Het maximale debiet bedraagt 75 m³/sec. Bij springvloed. Bij eb zal er vanuit de kreek water uitgelaten worden naar de Braakmanhaven.
2. *Hoe kan op een optimale wijze het ingelaten water over het zoekgebied worden gedistribueerd en uitgelaten?*
 - Bij de westelijke inlaat loopt het ingelaten water over een cascade van mosselen en zeekraal. Vervolgens stroomt het water via een afgegraven kanaal de kreek in.
 - Bij de minimumvariant is de peilfluctuatie beperkt door een gecontroleerde inlaat. Deze zorgt ervoor dat bij het openstellen van de duikers er een getijverschil van 80 centimeter zal ontstaan.
3. *Op welke wijze en met welke inrichting kan het landinwaarts verplaatsen van de dijk (ontpolderen) gecombineerd worden met zoute aquacultures.*
 - Bij beide varianten is er geen gebruik gemaakt van het verplaatsen van de dijk.

4. *Hoe kan de natuurfunctie (estuariene dynamiek) o.a. in ruimtelijke zin het best worden gecombineerd met de teelt van mosselen en zeekraal ?*

- Bij de westelijke inlaat is ervoor gekozen om de zilte aquacultures ruimtelijk gescheiden van de natuur te situeren. Dit is vooral vanwege het bedrijfsgemak. Het is niet haalbaar gebleken om 20% van het gebied in te richten voor de aquacultures. Daarom is slechts 10% van het totale gebied ingericht voor aquacultures: 15 hectare voor mosselen en 45 hectare voor zeekraal. Als de hoeveelheid aquacultures wordt vergeleken met de hoeveelheid water die wordt ingelaten, blijkt dat er nog steeds teveel oppervlakte mosselen aanwezig is. Volgens de berekeningen wordt alleen chlorofyl-a opgenomen door de mosselen. Mosselen kunnen ook uit andere deeltjes voedingstoffen halen, hier is in de berekeningen geen rekening gehouden.
- Bij de minimumvariant zal de aquacultuur niet ruimtelijk gescheiden worden van de natuurontwikkeling, omdat in dit geval de natuurontwikkeling het belangrijkste is. Ongeveer 10 % van de Braakmanpolder zal worden gebruikt voor zilte aquacultures. Het zal hier gaan om hangcultuurmosselen in de kreek en de teelt van zeekraal langs de oevers. De locatie die gekozen is in deze variant, is diep genoeg om de mosselen in te hangen. De zeekraalpercelen zullen direct aan de kreek gesitueerd worden. Er zal niet in het gehele gebied sprake zijn van mosselkweek. Er is voor gekozen om slechts 15 hectare van de kreek te gebruiken voor mosselkweek. Voor de zeekraal is dit 7,5 hectare. Het gebied dat tussen 0,00 m NAP en 0,50 m NAP ligt, is geschikt voor zeekraalteelt. Omdat het gebied langs de oever van de Braakmanpolder ligt gesitueerd, kan niet alles worden gebruikt. Een deel is namelijk niet bereikbaar of geschikt hiervoor.

5. *Hoe ziet een zogenaamde cascade van teelt van mosselen en zeekraal er in dit praktijkgeval uit(zowel voor ontpolderen als gecontroleerd inlaten)?*

- Er is alleen bij de westelijke inlaat variant gebruik gemaakt van een cascade van mosselen en zeekraal. Als het water bij vloed binnenkomt, stroomt het eerst in een bezinkbak waarin sedimentatie van grovere delen optreedt. Hierna stijgt het waterpeil tot 1.7 m NAP naar de bakken waar mosselen op rekken geplaatst zijn. Vervolgens stroomt het naar een watergang stroomt. De uitstroomopening bevindt zich onder de mosselbak. Als het water gestegen is tot 1.8 m NAP stroomt het over de zeekraalvelden. De stuw die de watergang afsluit heeft dezelfde hoogte als het zeekraalveld, er zal dus slechts een klein deel van het water over de zeekraalvelden stromen. Daarna stroomt het water naar de afwateringssloot.

6. *Wat voor maatregelen (bijvoorbeeld slibaanvoer) moeten daarbij worden genomen om de optimale omstandigheden voor de teelt van mosselen en zeekraal te garanderen?*

- Bij de westelijke inlaat zal de bezinkbak op den duur vol raken met zand. Deze kan schoon gespoeld worden, door tijdens één getijdenbeweging de stuw aan het einde van de bak bevindt, open te zetten. Het zand zal dan weggespoeld worden. Het zand en slib kan ook, indien nodig, uit de bezinkbak gebaggerd worden.

- Bij de minimumvariant zullen er erosie- en sedimentatieprocessen plaatsvinden. Hier zal dus regelmatig actie moeten worden ondernomen om de kreek in de gewenste staat te houden. In het ontwerp wordt hier geen rekening mee gehouden.

8.1.2 Conclusie Braakmanpolder

Bij de Braakmanpolder is er sprake van een groot een groot hoogte verschil in de polder. Bij de westelijke inlaat zal er dan ook veel grond vergraven moeten worden om voldoende water in te kunnen laten, wat aanzienlijke kosten met zich mee brengt. De minimumvariant is makkelijker uit te voeren, maar de hoeveelheid aquacultures dat gerealiseerd kan worden is beperkt. Slechts een klein deel (oevers) van de Braakmankreek zullen mogelijkheden bieden voor de teelt van zeekraal. Het is mogelijk om zilte, estuarine natuurontwikkeling te combineren met zilte aquacultures maar er zal meer onderzoek verricht moeten worden naar de onzekerheden die in het rapport naar voren zijn gekomen.

8.2 Hellegatpolder

8.2.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

1. *Op welke plaats, wijze en met welk debiet kan het water het best gecontroleerd worden ingelaten?*
 - Ten oosten van 'de Platen van Hulst' zal een gecontroleerde inlaat geplaatst worden op –1,00 m NAP. Bij de gecontroleerde inlaat variant is er gekozen voor een duiker van 2x5x39 m. De onderkant van de duiker zal zich bevinden op –1,00 m NAP. Vlak achter de inlaat, gezien vanuit de Westerschelde, bevindt zich een zandvang.
Het startpeil in de polder, de ebsituatie, zal –0,50 m NAP zijn. De mosselen zullen zich daardoor bevinden in een waterkolom van 1,50 m diep.
 - Bij de variant, Ontpolderen zal er een opening in de dijk worden gemaakt ten oosten van 'de Platen van Hulst' zodat het water bij vloed via een drempel ter hoogte van 0,00 m NAP de polder binnen kan stromen. Tijdens eb zal het water gedeeltelijk de kreek uitstromen. De drempel wordt zo geplaatst dat de kreek niet volledig leegstroomt. De maximale waterstand is +2,05 m NAP en de minimale waterstand in de kreek is 0,00 m NAP. De opening is 100 x 8 x 39 meter met een drempel op 0,00 m NAP. Het debiet is 200 m³/sec met een stroomsnelheid van 2,2 m/sec.
2. *Hoe kan op een optimale wijze het ingelaten water over het zoekgebied worden gedistribueerd en uitgelaten?*
 - Bij de variant van de gecontroleerde inlaat wordt er geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten op de oorspronkelijke en natuurlijke situatie en om zo efficiënt mogelijk om te gaan met het grondverzet in de polder, is er gekozen voor het aanhouden van het profiel van de vroegere kreek. Doordat de kreek breder is dan de inlaat, zal de stroomsnelheid van het instromende water afnemen. Hierdoor zal het zand en slib, wat zich in het water bevindt, sedimenteren in de zandvang. De mosselen zijn gesitueerd vlak na de zandvang.
 - Bij de ontpolderingsvariant wordt een gedeelte van de dijk weggehaald waardoor de polder weer onder invloed wordt gebracht van de getijdenwerking van de Westerschelde. Hierdoor zal er een optimale natuurlijke estuariene

dynamiek ontstaan. Bij eb zal een oppervlakte van 25 hectare onder water komen te staan. Bij vloed zal bijna de hele polder onder water komen staan, met een totaal oppervlak van ongeveer 110 hectare. Enkel de verhoogde delen zullen boven het wateroppervlak blijven. . Naar alle waarschijnlijkheid zullen er zoute kwelstromen ontstaan doordat de polder in directe verbinding komt te staan met de Westerschelde.

3. *Op welke wijze en met welke inrichting kan het landinwaarts verplaatsen van de dijk (ontpolderen) gecombineerd worden met zoute aquacultures?*

- Bij de ontpolderingsvariant wordt een gedeelte van de dijk verwijderd. Het deel van de kreek waar de mosselen in gesitueerd zijn, zal net als in de variant gecontroleerde inlaat, een diepte hebben van –2,00 m NAP. De totale oppervlakte aan mosselkweek zal 12 hectare zijn. Er is gekozen voor de kweek van mosselen in rekken (off-bottom cultuur). Deze rekken zijn 1,50 meter hoog. Ze worden aan drijvers bevestigd en aan de bodem verankerd. Doordat de rekken aan drijvers bevestigd zijn, kunnen ze meebewegen met de eb- en vloedbeweging. . De reden dat er enkel voor mosselen is gekozen, is dat het binnenkomende water onvoldoende gecontroleerd kan worden om de teelt van zeekraal mogelijk te maken.

4. *Hoe kan de natuurfunctie (estuariene dynamiek) o.a. in ruimtelijke zin het best worden gecombineerd met de teelt van mosselen en zeekraal ?*

- Bij de gecontroleerde inlaat variant wordt ongeveer 90% van de polder ingericht als natuurgebied. De overige 10% is bestemd voor zilte aquacultures. De bodem van de kreek, daar waar de mosselteelt (off-bottom mosselen) zich zal bevinden, licht op –2,00 m NAP. De zeekraal zal gesitueerd worden aan de oostkant van de polder, in het verlengde van de mosselen. De zeekraalpercelen zullen gelegen zijn op een hoogte van ca. +1,35 m NAP – +1,50 m NAP. Voor deze hoogte is gekozen omdat de zeekraal dan 1keer per getijslag overspoeld wordt met Westerscheldewater.
- Bij de ontpolderingsvariant zal 90% van de polder zal worden ingericht als natuurgebied. De overige 10% is bestemd voor zilte aquacultures. Er wordt gestreefd om een zo natuurlijk mogelijke situatie te creëren. De aquacultuur in de Hellegatpolder bestaat bij deze variant alleen uit mosselkweek die in de getijgeul gesitueerd is. . Er zal voldoende getijslag in de polder zijn, waardoor de sedimentatieprocessen geen invloed zullen uitoefenen op de mosselkweek. Tevens zou een slibvang in dit geval een remmende werking op de natuurlijke processen hebben, die essentieel zijn voor de estuariene dynamiek in de rest van de polder.
Er wordt gestreefd naar een gesloten grondbalans. Het deel van de kreek waar de mosselen in gesitueerd zijn, zal net als in de variant gecontroleerde inlaat, een diepte hebben van –2,00 m NAP. De totale oppervlakte aan mosselkweek zal 12 hectare zijn.

5. *Hoe ziet een zogenaamde cascade van teelt van mosselen en zeekraal er in dit praktijkgeval uit(zowel voor ontpolderen als gecontroleerd inlaten)?*

- Bij beide varianten wordt er geen gebruik gemaakt van een cascade.

6. *Wat voor maatregelen (bijvoorbeeld slibaanvoer) moeten daarbij worden genomen om de optimale omstandigheden voor de teelt van mosselen en zeekraal te garanderen?*

- Bij de gecontroleerde inlaat bevindt zich vlak achter de inlaat, gezien vanuit de Westerschelde, een zandvang. Doordat de kreek breder is dan de inlaat, zal de stroomsnelheid van het instromende water afnemen. Hierdoor zal het zand en slib, wat zich in het water bevindt, sedimenteren in de zandvang. De mosselen zijn gesitueerd vlak na de zandvang. Hierdoor moet de zandvang regelmatig worden uitgebaggerd, omdat anders sedimentatie- en erosieprocessen invloed zullen uitoefenen op de morfologie van de kreek.
- Bij de ontpolderingsvariant zal door de getijdeninvloed van de Westerschelde sterke sedimentatie- en erosieprocessen plaatsvinden. Het gedeelte van de kreek waar de mosselen zich bevinden zal worden verdedigd aan de hand van oeverbescherming. De te ondernemen maatregelen in het kader van het beheer zullen voornamelijk het uitbaggeren en het trajectherstel van de kreek inhouden.

8.2.2 Conclusie Hellegatpolder

Bij ontpoldering is het systeem niet beïnvloedbaar, dus is er geen controle over het waterpeil in de polder en het toekomstige natuurgebied. Ondanks alle maatregelen tegen aanslibbing kan dit proces toch niet geheel worden tegenhouden. In dit ontwerp is er gezien de lange-termijn geen natuurontwikkeling mogelijk in combinatie met aquacultures.

Bij de gecontroleerde inlaat is dit wel het geval en zal de inlaat gebruikt worden om bij calamiteiten in de Westerschelde het systeem af te sluiten. Ook zal er door het gebruik van de inlaat efficiënt waterbeheer toegepast kunnen worden, dat passend is voor mosselkweek en zeekraalteelt.

Door bovenstaande redenen biedt de variant van de gecontroleerde inlaat betere perspectieven biedt dan de ontpolderingsvariant.

8.3 Algemene conclusie

Het is mogelijk om natuurontwikkeling te combineren met aquacultures in de Braakmanpolder maar er moet planologisch gezien wel rekening gehouden worden met de chemische fabriek DOW Chemicals, de mosselbanken en de voor de polder liggende platen. Tevens is de polder veel groter dan de Hellegatpolder, waardoor de verdeling van 20% aquacultures en 80% natuurontwikkeling uitblijft. Doordat de Braakmanpolder hoger gelegen is dan de Hellegatpolder zal er in de polder niet veel estuariene natuurontwikkeling plaatsvinden. Vandaar dat (estuariene) natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures meer kansen biedt in de variant gecontroleerde inlaat van de Hellegatpolder dan in de minimumvariant van de Braakmanpolder.

9. Discussie

9.1 Braakmanpolder

Betonnen bak – natuurlijkheid

In de variant westelijke inlaat is er gebruik gemaakt van een betonnen constructie. De natuur moest gecombineerd worden met de aquacultures. Een betonnen constructie die geen interactie vormt met de natuur is ruimtelijk gezien niet geschikt. Er zal waarschijnlijk altijd een barrière blijven tussen de natuur en de aquacultures.

Debiet

Er is met behulp van model de Getijduiker een bepaald debiet berekend. In de werkelijkheid zal de benodigde hoeveelheid water waarschijnlijk groter zijn, daardoor zal het systeem in de problemen kunnen komen: een tekort aan verversing. Hierdoor zal de mosselkweek en de zeekraalteelt niet goed kunnen ontwikkelen, waardoor vervolgens de mosselen en zeekraal dood zullen gaan. Het zal zonde zijn als alle investeringen en energie aangaande aquacultures verloren zullen gaan.

Bosaanplantingsproject

Er is geen rekening in het ontwerp gehouden met projecten die al gaande zijn, waaronder het bosaanplantingsproject onder de weg de N61. Omdat de Braakmanpolder hoog gelegen is ten opzichte van NAP, ontstaat het gevaar dat het net aangeplante bos aangetast kan worden door de zoute kwel uit Braakman Noord. Hierdoor zullen de bossen naar alle waarschijnlijkheid niet behouden kunnen worden.

Estuariene dynamiek

De gewenste estuariene dynamiek zal heel moeizaam ontstaan in de polder, vanwege het hoog gelegen maaiveld ten opzichte van de Westerschelde. Door deze hooggelegen delen zullen sedimentatie- en erosieprocessen niet de kans krijgen om natuurlijk plaats te vinden, zodat er geen slikken en schorren kunnen ontstaan. In plaats hiervan zal er struweel en bos komen.

Mosselzaadvangst

Het was misschien een betere oplossing geweest om in plaats van de betonnen bakconstructie en de hangmosselen te kiezen voor het invangen van mosselzaad. Dit mosselzaad is een cultuur die beter is te combineren met natuurontwikkeling. Ze passen veel beter in het natuurlijk landschap en ze storen niet of nauwelijks de natuurlijke processen.

9.2 Hellegatpolder

Sedimentatie- en erosieprocessen

Bij zowel de variant van de gecontroleerde inlaat als bij het ontpolderingsvariant treden er sterke sedimentatie- en erosieprocessen op. Bij de variant gecontroleerde inlaat is een zandvang opgenomen, zodat de zandkorrels kunnen bezinken. Maar de zandvang moet waarschijnlijk regelmatig worden uitgebaggerd. Dat houdt in dat er hoge onderhoudskosten zullen zijn om de natuurlijkheid bij te sturen en dit is niet een gewenste situatie.

Bij de ontpolderingsvariant vindt er een vrije in- en uitstroom plaats, waardoor het traject van slikken en schorren voortdurend verandert. De aangebrachte oeververdediging, bij het gedeelte van de kreek waar de mosselen zich bevinden, zal waarschijnlijk niet sterk genoeg zijn om te kunnen garanderen dat de kreek zich niet verplaatst. Hierdoor zullen de mosselen gaan verzanden en de opbrengsten dalen.

Veiligheid

Ontpolderen is altijd een gevoelig onderwerp. Het gaat om de veiligheid van het achterliggende land. Er moeten maatregelen genomen worden zoals versterking van de dijken, versterking van de oevers, om de veiligheid te garanderen. In het geval van een uitzonderlijk hoog getij is het maar de vraag of de dijk- en oeverbescherming hier tegen bestand zijn.

Ontpolderen gevoelig voor calamiteiten Westerschelde

Bij de ontpolderingsvariant is de kans op verstoring in het systeem erg groot. Als er een calamiteit in de Westerschelde plaatsvindt heeft dit directe negatieve gevolgen in de polder. De aquacultures zullen direct getroffen worden door de gebeurtenis. Hierdoor zal de oogst mislukken.

Stabiliteit

De variant gecontroleerde inlaat is makkelijker te beheren dan de ontpolderingsvariant. Doordat ontpolderen de nodige veranderingen met zich mee brengt (continue verandering in het traject van de kreek, sedimentaanvoer, etc.) zal dichtslibbing van het systeem op lange termijn onvermijdelijk zijn. Het is misschien verstandig om een slibvang na de inlaat te plaatsen en die regelmatig uit te baggeren. Er bestaat wel de kans dat ondanks deze baggerwerkzaamheden de mosselen toch verzanden vanwege de sterke dynamiek van het systeem.

10. Aanbevelingen

In het kader van het onderzoek naar natuurontwikkeling in combinatie met zilte aquacultures zijn veel nieuwe vragen en onzekerheden ontstaan. Uit de ontwerpschetsen blijkt dat er vervolgonderzoek dient plaats te vinden, voordat er een gedetailleerdere uitwerking gemaakt kan worden van de ontwerpen.

De aanbevelingen die uit deze studie zijn voortgekomen, zijn gegroepeerd in drie onderwerpen:

- natuurontwikkeling
- aquacultures, kosten en opbrengsten
- waterhuishouding

Allereerst worden algemene aanbevelingen gegeven die zijn voortgekomen uit beide varianten van de Braakmanpolder en Hellegatpolder. Daarna worden de aanbevelingen per variant gegeven.

10.1 De Braakmanpolder

10.1.1 Algemene aanbevelingen

Natuurontwikkeling

De natuurwaarde zal groter worden als de polder onder invloed komt te staan van zout water. De bestaande natuur in de Braakman is echter al waardevol en er dient daarom een afweging gemaakt te worden of er voor deze natuur beschermingsmaatregelen genomen moeten worden of niet.

De oppervlakte die onder invloed van zout water komt te staan is gering. Er liggen voor estuariene natuur goede mogelijkheden ten zuiden van de weg de N61. De mogelijkheid om deze oude kreek bij de zoute Braakmankreek te betrekken is in ons onderzoek niet meegenomen. De mogelijkheid heeft een grote estuariene meerwaarde tot gevolg en dient dus zeker onderzocht te worden.

Aquacultures, kosten en opbrengsten

De aanleg van de doorlaatmiddelen en cascadeconstructies zijn erg duur. Er dient verder onderzoek plaats te vinden naar de kosten van de aanleg en baten van de aquacultures. Er zal ook gekeken moeten worden naar wat de invloed is van het telen van grote hoeveelheden zeekraal op de marktpositie. Toerisme kan bijdragen aan het promoten van zilte teelten.

Waterhuishouding

Voor beide varianten zijn er onzekerheden over de hydrologische aspecten. In de ontwikkelingsschets is om de relatie tussen voedsel- en waterverversing ten behoeve van de teelt van mosselen te onderzoeken gebruik gemaakt van één rekenmethode. De betrouwbaarheid is hierdoor niet groot. Vervolgonderzoek is dan ook noodzakelijk om de juiste afstemming te vinden tussen het te gebruiken doorlaatmiddel en de hoeveelheid mosselen die gekweekt kan worden. Daarnaast zal door de getijwerking in de polder de veiligheid van de camping in gevaar komen. Er dient hiervoor een ontwerp te worden opgesteld om de veiligheid te waarborgen door bijvoorbeeld een laag dijkje om de camping te leggen.

10.1.2 Braakmanpolder variant 1, Westelijke inlaat

Natuurontwikkeling

De doorlaatmiddelen in de polder zijn in theorie te passeren door organismen uit de Westerschelde. Er dient verder onderzoek plaats te vinden naar verbeteringen om de migratie tussen de Westerschelde en Braakmanpolder te bevorderen.

Waterhuishouding

De aanleg van de westelijke inlaat is een zeer dure ingreep, waarbij veel onzekerheden zijn. Er dient een hydrologisch model te worden opgesteld om de effecten hiervan in te kunnen schatten op de volgende zaken:

- het getijverschil in de polder
- erosie- en sedimentatieprocessen in:
 - de cascadeconstructie
 - het aanvoerkanaal
 - de Braakmankreek
 - rond de inlaatconstructie

Daarnaast moet gekeken worden of de kosten van aanleg van het ontwerp, opwegen tegen de haalbaarheid en opbrengsten van de productie van aquacultures en de voordelen die het biedt in combinatie met natuurontwikkeling.

10.1.3 Braakmanpolder variant 2, Minimumvariant

Aquacultures, kosten en opbrengsten

De geschikte locaties in deze variant om zeekraal te telen hebben veelal een bestemming als rust-, broed- en foerageergebied voor vogels. Er dient gezocht te worden naar nieuwe locaties, zonder dat de natuur daar hinder van ondervindt..

Waterhuishouding

Omdat er met het model getijduiker is gewerkt, is het nog niet duidelijk hoe de erosie- en sedimentatieprocessen zullen verlopen. Dit dient in het belang van de hangmosselencultuur verder onderzocht te worden. Door het grote debiet in dit ontwerp moet ook gekeken worden of het water dat aangevoerd wordt geen hoog slibgehalte heeft. Hierbij moet gedacht worden aan de noodzaak van een slibvang of verhard stortbed.

10.2 De Hellegatpolder

10.2.1 Algemene aanbevelingen

10.2.1.1 Aquacultures, kosten en opbrengsten

Er dient nog verder onderzoek gedaan te worden naar de optimale teeltmogelijkheden voor zowel mosselen als zeekraal. Voor de mosselen is het nog niet duidelijk hoe de constructie van de rekken met drijvers eruit komt te zien. Daarnaast dient er nog verder onderzoek gedaan te worden naar de bevoeiing van de zeekraalvelden en de benodigde hoeveelheid bemesting. Om de teelt van mosselen en zeekraal rendabel te maken, is het belangrijk te weten wat de exacte opbrengsten zullen zijn.

10.2.1.2 Waterhuishouding

Daarnaast zal er gedacht moeten worden aan de veiligheid van de gebieden liggend achter de Hellegatpolder. Tot slot kan er nog gekeken worden naar locaties die meer geschikt zijn voor de ontwikkeling van estuariene natuur in combinatie met aquacultures. In het rapport 'Verzoenen met Verzilting' (den Hollander 2004) is hiernaar al een studie gedaan.

10.2.2 Variant 1 Gecontroleerde inlaat Hellegatpolder

10.2.1.1 Waterhuishouding

Het is niet duidelijk welke sedimentatie- en erosieprocessen zich gaan afspelen en of de zandvang wel nut heeft. Wanneer dit niet het geval is zal het diepste gedeelte (-2,00 m NAP) direct vol slibben. Uit het rapport 'Getij achter dijken' komt naar voren dat er verschillende sedimentatie- en erosieprocessen zullen optreden bij dit soort doorlaatmiddelen, maar dat dit voor iedere constructie en locatie anders is. De veiligheid van de gebieden achter de Hellegatpolder moet gegarandeerd blijven. Ook al staat de Hellegatpolder onder invloed van een getemd getij, toch zal onderzocht moeten worden of de huidige dijken voldoende veiligheid bieden. Belangrijk aspect is dat het de mensen ook een gevoel van veiligheid moet geven.

10.2.3 Variant 2 Ontpolderen Hellegatpolder

10.2.3.1 Aquacultures

Doordat er geen oeververdediging wordt geplaatst zal de kreek zich door de natuurlijke dynamiek verplaatsen. Daardoor wordt de controle over mosselkweek bemoeilijkt. De kreek zal continu uitgebaggerd moeten worden, maar doordat de rekken aan de bodem zijn verankerd zal het weghalen van het sediment moeilijk gaan.

10.2.3.2 Waterhuishouding

Naar alle verwachtingen zal er sedimentatie optreden. Dit komt doordat er om een zo natuurlijk mogelijk ontwerp te schetsen geen slibvang wordt geplaatst. Er ontstaat een hoogteverschil tussen de drempelhoogte bij de doorgang en in de kreek waar de mosselen worden gekweekt. (namelijk van -1,00 tot -2,00 m NAP). De stroomsnelheid zal, doordat de kreek dieper wordt, afnemen. Een meer haalbaar ontwerp zou zijn om net als bij de eerste variant westelijke inlaat bij de Braakmanpolder een bak voor mosselkweek te plaatsen. Hierdoor verdwijnt wel een deel natuurlijkheid in de Hellegatpolder.

Literatuurlijst

- Smaal A.C. en T.C. Prins (1993). The uptake of organic matter and the release of inorganic nutrients by bivalve suspension feeder beds. In: R.F. Dame (ed.). Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes. NATO ASI Series G. Vol. 33, Springer Verlag, Berlin: 271-298.
- Brandenburg, Willem.A., Pauline Kamermans, Josien Seenbergen, Marc C.J. Verdegem, J.M.D. Divera Baars, *Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde*, Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV, Yerseke 2004
- D. Bal, H.M. Beijer e.a., Wageningen 2001
- *De Schelde, een stroom natuurtalent* 2001
- Koninklijke Zeeuwsch genootschap der wetenschappen, *Encyclopedie van Zeeland*, Middelburg 1982, Den Boer Middelburg / Drukkers
- Fiselier, J.L., E. Benner, A.J. van de Kerk, M. de Haan, R. de Koning (DHV Amersfoort) en L. Bos, R. Hoekstra (CLM), *Zilte perspectieven*, Den Haag 2003
- Goosen, H., *Towards a saline alternative: using halophytes for sustainable agriculture* ODE Ltd., IVM-VU, E99/13, 1999
- Hogeschool Zeeland, *Reader Estuaria*
- Hollander, Annette (H.J.) den, *Verzoenen met verzilting, zoutwaterlandbouw in Zeeland (afstudeerrapport Aquatische Ecotechnologie)*, 's Hertogenbosch, juni 2004
- Nortier en de Koning, *Toegepaste vloeistofmechanica, hydraulica voor waterbouwkundigen*, stam techniek 2000
- Beers, P.W.M. van en P.F.M. Verdonchot, Wageningen 2000
- RLO-rapport nr. 98/8; Kansen en bedreigingen voor aquacultuur in Nederland; Den Haag, februari 1998
- RIZA, *Getij achter de dijken, kansen voor natuur door Doorlaatmiddelen in primaire waterkeringen*, 2003
- Stichting Toekomstbeeld en Techniek, *Zee in zicht; zilte waarden duurzaam benut*, Den Haag 2004
- Theo Prins, *Bivalve grazing, nutrient cycling and phytoplankton dynamics in an estuarine*
- Wilderom, *Tussen afsluitdammen IV*. K.J.J. Brand, Oost Zeeuws-Vlaamse polderland
- <http://www.agro.nl/nrlo/verkenningen/pdf/200010.pdf> (mei, 2004)
- <http://www.dow.com/facilities/europe/terneuzen>
- <http://www.natuurkaart.nl/kvn.landschappen/natuurkaart.nl/i000893.html>
- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Estuarium>
- <http://www.pvis.nl/mosselkantoor/hangcultuur.html> (juni, 2004)
- http://www.steltkluut.nl/atk_041_bm_braakman.htm (mei, 2004)
- http://www.waddenzee.nl/dutch/navigatie/fr_index.html?/dutch/ecomare/NED1128.HTM (mei, 2004)
- www.waddenzee.nl (juni, 2004)
- <http://www.zeekraal.nl> (mei, 2004)

Bijlagen

Bijlage 1: **Potentiële Opbrengsten aquacultures** Error! Bookmark not defined.

Bijlage 2: **Berekeningen benodigde hoeveelheid water voor voldoende voedsel voor mosselen**

Bijlage 3: **Berekening in- en uitstroomvolume Hellegatpolder**

Bijlage 1. Potentiële opbrengsten aquacultures

Opbrengsten mosselen (*Mytilus edulis*)

Bij de opbrengsten van mosselen moet er een scheiding gemaakt worden voor de verschillende vormen van kweken. De verschillende manieren van kweken hebben ook een verschillende productie en een verschillende opbrengst.

In deze bijlage worden twee verschillende manieren van kweken uitgewerkt (hang- en bodemcultuur).

Voor de mosselen die geteeld worden op de rekken is gekozen voor de opbrengst van bodemcultuur. Er is nog niet duidelijk wat deze mosselen op leveren, maar het is wel duidelijk dat dit meer gaat zijn dan de andere manieren van kweken. Door te kiezen voor de opbrengst van de bodemcultuur, wordt er gebruik gemaakt van het minimum dat behaald kan worden.

(opbrengst in versgewicht)

Soort Productie:	Hangcultuur mosselen
Productie kg ha ⁻¹ /jaar ⁻¹ :	6.000 - 15.000
Referentie productie:	Kamermans et al. (2002)
Waarde product € kg ⁻¹ :	2,25 c
Referentie waarde product:	Persoonlijke communicatie Viskwekerij Neeltje Jans
Gemiddelde opbrengst k € ha ⁻¹ :	€ 23,60

Hieronder wordt bepaald wat een hectare per jaar op gaat leveren:

Minimum 6.000 kg/ha/jr x € 2,25 kg = €13.500 ha/jr

Maximum 15.000 kg/ha/jr x € 20,00 kg = € 33.750 ha/jr

(opbrengst in versgewicht)

Soort Productie:	bodemcultuur mosselen (rekken)
Productie kg ha ⁻¹ /jaar ⁻¹ :	15.000 - 40.000
Referentie productie:	Visserijkundig ambtenaar N. Laros
Waarde product €_kg-1:	1,08 c
Referentie waarde product:	Taal et al. (2003)
Gemiddelde opbrengst k_ha-1:	€ 29,7

Met behulp van onderstaande bepaling kan bepaald worden wat een hectare mosselen per jaar kan opleveren:

Minimum 15.000 kg/ha/jr x € 1,08 kg = €16.200 ha/jr

Maximum 40.000 kg/ha/jr x € 1,08 kg = € 43.200 ha/jr

Opbrengsten zeekraal (*Salicornia europaea*)

De productie van zeekraal ligt in de volle grond rond de 12.000 - 15.000 kg/ha/jr. De waarde van een kilo zeekraal is volgens Goosen (1999) 10-20 euro en volgens Zee in Zicht (2004) 5-8 euro. De opbrengst (zonder aftrek van de kosten) van een hectare zeekraal ligt dus tussen de 60.000 en 300.000 euro per hectare.

(opbrengst in versgewicht)

Soort Productie:	Gekweekte zeekraal
Productie kg ha-1/jaar-1:	20.000 (kas) 12.000 – 15.000 (volle grond)
Referentie productie:	Goosen (1999)

Waarde product -€ kg-1:	€ 10,00 - 20,00 / € 5,00 – 8,00
Referentie waarde product:	Goosen (1999) en Zee in Zicht (2004)
Gemiddelde opbrengst k _{ha} -1:	€ 300

Voor de bepaling van de opbrengst per hectare wordt er van uit gegaan dat de locatie waar de zilte teelt plaats zal vinden, matig voedselarm is (voornamelijk zand) en op volle grond wordt geteeld. In de opbrengstenraming (zonder aftrek van de bijkomende teeltkosten) zal de opbrengst dus waarschijnlijk dichterbij de minimumopbrengst dan bij het maximumopbrengst liggen.

Er zijn twee referenties, Goosen en Zee in Zicht. Voor beiden zal worden bepaald wat het minimum en het maximum wordt. Deze bepalingen worden hieronder weergegeven.

Goosen:

Minimum	12.000 kg/ha/jr x € 10,00 kg = €120.000 ha/jr
Maximum	15.000 kg/ha/jr x € 20,00 kg = € 300.000 ha/jr

Zee in Zicht:

Minimum	12.000 kg/ha/jr x € 5,00 kg = €60.000 ha/jr
Maximum	15.000 kg/ha/jr x € 8,00 kg = € 120.000 ha/jr

Of deze opbrengsten ook behaald zullen worden in een afgesloten gebied zoals een getijdenpolder is niet bekend. Gegevens over de opbrengst van kweek in combinatie met natuurontwikkeling zijn niet voorhanden.

Braakman variant 1, Westelijke inlaat

Mosselen

Minimum	€16.200 ha/jr *15 hectare	€ 243.000
Maximum	€ 43.200 ha/jr *15 hectare	€ 648.000

Zeekraal

Goosen:

Minimum	€120.000 ha/jr*45 hectare	€ 5.400.000
Maximum	€ 300.000 ha/jr*45 hectare	€ 13.500.000

Zee in Zicht:

Minimum	€60.000 ha/jr *45 hectare	€ 2.700.000
Maximum	€120.000 ha/jr *45 hectare	€ 5.400.000

Braakman variant 2, Minimumvariant

Mosselen

Minimum	€13.500 ha/jr * 15 hectare	€ 202.500
Maximum	€ 33.750 ha/jr * 15 hectare	€ 506.250

Zeekraal

Goosen:

Minimum	€120.000 ha/jr * 7,5 hectare	€ 900.000
Maximum	€ 300.000 ha/jr* 7,5 hectare	€ 2.250.000

Zee in Zicht:

Minimum	€60.000 ha/jr *7,5 hectare	€	450.000
Maximum	€120.000 ha/jr *7,5 hectare	€	900.000

Hellegatpolder variant 1, Gecontroleerde doorlaat

Mosselen

Minimum	€16.200 ha/jr *5,5 hectare	€	89.100
Maximum	€43.200 ha/jr *5,5 hectare	€	237.600

Zeekraal

Goosen:

Minimum	€120.000 ha/jr *7,0 hectare	€	840.000
Maximum	€300.000 ha/jr *7,0 hectare	€	2.100.000

Zee in Zicht:

Minimum	€60.000 ha/jr *7,0 hectare	€	420.000
Maximum	€120.000 ha/jr *7,0 hectare	€	840.000

Hellegatpolder variant 2, Ontpolderen

Mosselen

Minimum	€16.200 ha/jr *12 hectare	€	194.400
Maximum	€43.200 ha/jr *12 hectare	€	518.400

Bijlage 2. Berekeningen benodigde hoeveelheid water voor voldoende voedsel voor mosselen

Uitgangspunten:

- Opname snelheid per gram as-vrij drooggewicht (AVD) mosselgewicht: 0.08-0.11 g chl- α per dag (gegevens voor resp. Waddenzee en Oosterschelde)²⁴.
- Het as-vrij drooggewicht van een mossel van vier cm bedraagt 0,4 gram²⁵
- De hoeveelheid algen in de Schelde bedraagt maximaal: 0,014 g/m³
- Minimale opbrengst : 6000 kg mosselen/ha en maximale opbrengsten: 40000 kg mosselen/ha²⁶
- Er gaan ongeveer 30 mosselen in een kilo (steekproefsgewijs bepaald)

Berekening

Benodigde hoeveelheid algen per mossel per dag:

$$= \text{AVD mossel [g]} * \text{opnamesnelheid [g chl-}\alpha \text{ /mossel/dag]}$$

$$= 0,4 * 0,08 = 0,0320 \text{ g chl-}\alpha \text{ /mossel/dag}$$

Aantal mosselen per hectare:

$$\begin{array}{llll} & = \text{opbrengst [kilo]} & * & \text{aantal mosselen per kilo} \\ \text{minimum} \rightarrow & 6000 & * & 30 = 180.000 \text{ mosselen/ha} \\ \text{maximum} \rightarrow & 40000 & * & 30 = 1.200.000 \text{ mosselen/ha} \end{array}$$

Benodigde hoeveelheid algen per hectare per dag:

$$= \text{hoeveelheid algen [g chl-}\alpha \text{ /mossel/dag]} * \text{aantal mosselen per ha [mosselen/ha]}$$

$$\begin{array}{llll} \text{min.} \rightarrow & 0,0320 & * & 180.000 = 5.760 \text{ [g chl-}\alpha \text{ /ha/dag]} \\ \text{max.} \rightarrow & 0,0320 & * & 1.200.000 = 38.400 \text{ [g chl-}\alpha \text{ /ha/dag]} \end{array}$$

Benodigde debiet per ha per dag en per seconde:

$$= \text{benodigde hoeveelheid algen [g chl-}\alpha \text{ / ha / dag]} / \text{algen in Schelde [g/m}^3 \text{]}$$

$$\begin{array}{llll} \text{min.} \rightarrow & 5.760 & / 0,014 & = 411.428 \text{ m}^3 \text{ /ha/dag} \\ & & & = 19 \text{ m}^3 \text{ /ha/sec} \\ \text{max.} \rightarrow & 38.400 & / 0,014 & = 2.742.875 \text{ m}^3 \text{ /ha/dag} \\ & & & = 32 \text{ m}^3 \text{ /ha/sec} \end{array}$$

Discussiepunten

- Betrouwbaarheid van de gebruikte bronnen is niet bekend (wegens onvoldoende tijd en gebrek aan documentatie om vergelijkend onderzoek uit te voeren).
- De hoeveelheid algen in de Schelde varieert sterk per dag (seizoensfluctuatie). Er is in het bovenstaande van de maximumopbrengst uitgegaan. In de praktijk is het meestal anders
- De mosselen groeien en doordat ze groter worden hebben ze steeds meer algen nodig.
- Er is met een gemiddelde mossel van 3 cm gerekend.
- Mosselen eten niet enkel chlorofyl α , maar ook andere zwevende stof deeltjes.

²⁴ A.C. Smaal & T.C. Prins (1993). The uptake of organic matter and the release of inorganic nutrients by bivalve suspension feeder beds. In: R.F. Dame (ed.). Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes. NATO ASI Series G. Vol. 33, Springer Verlag, Berlin: 271-298.

²⁵ bivalve grazing, nutrient cycling and phytoplankton dynamics in an estuarine, Theo Prins

²⁶ RIVO Rapport, Nummer: C027/04, Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde, Willem A. Brandenburg, Pauline Kamermans, Josien Steenberg, Marc C.J. Verdegem en J.M.D. Divera Baars

Bijlage 3. Berekening in- en uitstroomvolume Hellegatpolder

Voor de berekening van het in- en uitstroom volume is gebruik gemaakt van Idrisiw. Met behulp van de ontwerpkaarten is het gebied bepaald dat per getijslag volloopt.

Variant 1. Gecontroleerd inlaten

Springtij:

Maximum peil : +1,50 m NAP

Minimum peil : -1,00 m NAP

Bodem niveau (m NAP)	Aantal pixels op kaart (25 m ²)	Hoogteverschil (m)	Volume (m ³)
+ 1,50 tot + 1,25	4703	0,25	29.393
+ 1,25 tot + 1,00	4332	0,25	27.075
+ 1,00 tot + 0,50	2859	0,50	35.737
+ 0,50 tot 0,00	2213	0,50	27.662
0,00 tot - 0,50	2879	0,50	35.987
-0,50 tot - 1,00	2601	0,50	32.512
			Totaal 188.366 m ³

Doodtij:

Maximum peil: +1,25 m NAP

Minimum peil : -1,00 m NAP

Bodem niveau (m NAP)	Aantal pixels op kaart (25 m ²)	Hoogteverschil (m)	Volume (m ³)
+ 1,25 tot + 1,00	4332	0,25	27.075
+ 1,00 tot + 0,50	2859	0,50	35.737
+ 0,50 tot 0,00	2213	0,50	27.662
0,00 tot - 0,50	2879	0,50	35.987
-0,50 tot - 1,00	2601	0,50	32.512
			Totaal 158.973 m ³

Variant 2 Ontpolderen:

Maximum peil: +2,50 m NAP

Minimum peil: 0,00 m NAP

Bodem niveau (m NAP)	Aantal pixels op kaart (25 m ²)	Hoogteverschil (m)	Volume (m ³)
+2,50 tot + 2,00	15317	0,50	191.462
+ 2,00 tot + 1,50	6387	0,50	79.837
+ 1,50 tot + 1,00	4703	0,50	58.787
+1,00 tot +0,50	4332	0,50	54.150
+ 0,50 tot 0,00	2859	0,50	35.737
			Totaal 419.973 m ³