

# Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde

**Basisrapport Water**

---

## Kwaliteitscontrole

|                                                   |        |                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------|--------|
| Gezien door m.e.r.-coördinator<br>(P.A. Weijers): |        | Gezien door projectdirecteur<br>(H.B. van Essen): |        |
| Handtekening:                                     | Datum: | Handtekening                                      | Datum: |
|                                                   |        |                                                   |        |

## Colofon

|               |                                                                                                                                                                              |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uitgave       | Dit Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde is een uitgave van het project Verruiming vaargeul van RWS Zeeland en MOW Maritieme Toegang. |
| Opdrachtgever | Technische Scheldecommissie                                                                                                                                                  |
| Opdrachtnemer | Consortium ARCADIS - Technum                                                                                                                                                 |
| Titel         | Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde.<br>Basisrapport Water                                                                           |
| Auteur(s)     | Gijs van Banning                                                                                                                                                             |
| Status        | Versie 4.1                                                                                                                                                                   |
| Datum         | 19 september 2007                                                                                                                                                            |
| Bestandsnaam  | 070919 Basisrapport Water versie 4.1                                                                                                                                         |

---

# Inhoudsopgave

.....

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Leeswijzer dossier “Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde”</b> | <b>7</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>                                                                                      | <b>11</b> |
| 1.1 Het milieueffectrapport                                                                             | 11        |
| 1.1.1 Context en doel                                                                                   | 11        |
| 1.1.2 Voorgenomen activiteit                                                                            | 12        |
| 1.1.3 Alternatieven                                                                                     | 17        |
| 1.2 Dit basisrapport                                                                                    | 20        |
| 1.2.1 Doel en afbakening                                                                                | 20        |
| 1.2.2 Opzet van het basisrapport Water                                                                  | 21        |
| <b>2 Aanpak</b>                                                                                         | <b>23</b> |
| 2.1 Inleiding                                                                                           | 23        |
| 2.2 Uitwerking van alternatieven en varianten                                                           | 23        |
| 2.2.1 Basisuitgangspunten en hoofdkeuzes                                                                | 23        |
| 2.2.2 Onderzoeksvarianten en projectalternatieven                                                       | 24        |
| 2.3 Autonome ontwikkeling                                                                               | 27        |
| 2.3.1 Zeespiegelrijzing                                                                                 | 27        |
| 2.3.2 Bovenafvoer                                                                                       | 28        |
| 2.3.3 Deurganckdok                                                                                      | 28        |
| 2.3.4 Sigmaplan                                                                                         | 28        |
| 2.3.5 Hedwige- en Prosperpolder                                                                         | 29        |
| 2.3.6 Natuurontwikkeling Middengebied Westerschelde                                                     | 30        |
| 2.3.7 Zandwinning                                                                                       | 30        |
| 2.3.8 Verruiming Scheur en Pas van 't Zand                                                              | 30        |
| 2.3.9 Overige ontwikkelingen                                                                            | 31        |
| 2.4 Beoordelingskader                                                                                   | 32        |
| 2.5 Studiegebied                                                                                        | 32        |
| 2.6 Referentiejaar                                                                                      | 32        |
| 2.7 Specifieke aspecten inzake aanpak voor dit basisrapport                                             | 32        |
| 2.7.1 Onderzoeksparameters                                                                              | 32        |
| 2.7.2 Zeespiegelstijging                                                                                | 34        |
| 2.7.3 Randvoorwaarden                                                                                   | 35        |
| 2.7.4 Simulaties                                                                                        | 36        |
| 2.7.5 Globale onderzoeksmethode                                                                         | 39        |
| 2.8 Onzekerheden in modellen                                                                            | 44        |
| <b>3 Kenmerken van het onderzoeksgebied</b>                                                             | <b>46</b> |
| 3.1 Algemene omschrijving fysica                                                                        | 46        |
| 3.2 Getij                                                                                               | 46        |
| 3.3 Extreme waarden                                                                                     | 47        |
| 3.4 Afvoeren                                                                                            | 47        |
| 3.5 Bodem                                                                                               | 48        |
| 3.6 De natuurlijke variatie van het estuarium                                                           | 48        |

---

|          |                                                                                      |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6.1    | De variaties in de waterstanden                                                      | 49        |
| 3.6.2    | De variatie van de intergetijde arealen                                              | 50        |
| 3.6.3    | De extreme natuurlijke variaties van de fysieke grootheden.                          | 51        |
| <b>4</b> | <b>Overzicht simulaties, calibratie en resultaten</b>                                | <b>53</b> |
| 4.1      | Inleiding                                                                            | 53        |
| 4.2      | Simulaties                                                                           | 53        |
| 4.3      | Calibratie intergetijde arealen en relatie met het ZES 1 ecotopenstelsel             | 54        |
| 4.3.1    | Inleiding                                                                            | 54        |
| 4.3.2    | Vergelijking gebruikt model instrumentarium                                          | 55        |
| 4.3.3    | Aanpak en overwegingen                                                               | 55        |
| 4.3.4    | Calibratie                                                                           | 56        |
| 4.3.5    | Resultaten vergelijking voor de huidige situatie voor de Westerschelde               | 58        |
| 4.3.6    | Resultaten vergelijking voor de huidige situatie voor de Beneden-Zeeschelde          | 61        |
| 4.3.7    | De vergelijkingen binnen het milieueffectrapport                                     | 62        |
| 4.4      | Resultaten van de simulaties                                                         | 63        |
| 4.4.1    | Waterstanden                                                                         | 63        |
| 4.4.2    | Zoutgehalten                                                                         | 63        |
| 4.4.3    | Intergetijde arealen                                                                 | 64        |
| 4.4.4    | Droogvalduren                                                                        | 64        |
| 4.4.5    | Maximale stroomsnelheden                                                             | 64        |
| 4.4.6    | Maximale bodemsschuifspanningen                                                      | 64        |
| <b>5</b> | <b>Huidige situatie en autonome ontwikkeling (nulalternatief)</b>                    | <b>65</b> |
| 5.1      | Inleiding                                                                            | 65        |
| 5.2      | Beschrijving simulaties huidige situatie en autonome ontwikkelingen (nulalternatief) | 65        |
| 5.3      | De resultaten voor de huidige situatie en de autonome ontwikkeling                   | 66        |
| 5.3.1    | De waterstanden                                                                      | 66        |
| 5.3.2    | Evaluatie resultaten waterbeweging                                                   | 67        |
| 5.3.3    | De zoutgehalten                                                                      | 67        |
| 5.3.4    | De intergetijde arealen                                                              | 67        |
| 5.3.5    | De droogvalduren                                                                     | 68        |
| 5.3.6    | Maximale stroomsnelheden                                                             | 69        |
| 5.4      | Conclusies                                                                           | 69        |
| <b>6</b> | <b>Nulalternatief en projectalternatief min</b>                                      | <b>70</b> |
| 6.1      | Inleiding                                                                            | 70        |
| 6.2      | Beschrijving simulaties projectalternatief min                                       | 70        |
| 6.3      | De resultaten voor de projectalternatieven min.                                      | 70        |
| 6.3.1    | De waterstanden                                                                      | 70        |
| 6.3.2    | De zoutgehalten                                                                      | 71        |
| 6.3.3    | De intergetijde arealen                                                              | 71        |
| 6.3.4    | De droogvalduren                                                                     | 73        |
| 6.3.5    | Maximale stroomsnelheden                                                             | 73        |
| 6.4      | Conclusies                                                                           | 73        |
| <b>7</b> | <b>Nulplusalternatief</b>                                                            | <b>74</b> |
| 7.1      | Inleiding                                                                            | 74        |
| 7.2      | Beschrijving simulaties nulplusalternatief                                           | 74        |
| 7.3      | De resultaten voor het nulplusalternatief                                            | 74        |

---

|           |                                                              |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3.1     | De waterstanden                                              | 74         |
| 7.3.2     | De zoutgehalten                                              | 75         |
| 7.3.3     | De intergetijde arealen                                      | 75         |
| 7.3.4     | De droogvalduren                                             | 75         |
| 7.3.5     | Maximale stroomsnelheden                                     | 76         |
| 7.4       | Conclusies                                                   | 76         |
| <b>8</b>  | <b>Projectalternatief</b>                                    | <b>77</b>  |
| 8.1       | Inleiding                                                    | 77         |
| 8.2       | Beschrijving projectalternatieven                            | 77         |
| 8.3       | De resultaten voor de aanlegvarianten P1, P2 en P3 voor 2010 | 77         |
| 8.3.1     | De waterstanden                                              | 77         |
| 8.3.2     | De zoutgehalten                                              | 78         |
| 8.3.3     | De intergetijde arealen                                      | 78         |
| 8.3.4     | De droogvalduren                                             | 78         |
| 8.3.5     | Maximale stroomsnelheden                                     | 78         |
| 8.4       | Evaluatie P1, P2 en P3                                       | 78         |
| 8.5       | De resultaten voor de varianten P4P en P4N                   | 79         |
| 8.5.1     | De waterstanden                                              | 79         |
| 8.5.2     | De zoutgehalten                                              | 79         |
| 8.5.3     | De intergetijde arealen                                      | 79         |
| 8.5.4     | Droogvalduren                                                | 87         |
| 8.5.5     | Maximale stroomsnelheden                                     | 88         |
| 8.5.6     | Maximale bodemschuifspanningen                               | 88         |
| 8.6       | Conclusies                                                   | 88         |
| <b>9</b>  | <b>Overige aspecten</b>                                      | <b>92</b>  |
| 9.1       | Zandwinning                                                  | 92         |
| 9.2       | Natuurontwikkeling Middengebied                              | 92         |
| 9.3       | Geulwandverdediging                                          | 92         |
| 9.4       | Golven                                                       | 93         |
| 9.5       | Nautiek                                                      | 93         |
| <b>10</b> | <b>Effecten van de vaargeulverruiming</b>                    | <b>94</b>  |
| <b>11</b> | <b>Leemten in kennis</b>                                     | <b>95</b>  |
|           | <b>Referenties</b>                                           | <b>97</b>  |
|           | <b>Lijst van Tabellen</b>                                    | <b>100</b> |
|           | <b>Lijst van Figuren</b>                                     | <b>104</b> |
|           | Appendix I: ZES 1 Stelsel in interpretatie                   | 111        |
|           | Appendix II: Vergelijking ZES codes                          | 113        |
|           | Appendix III: Vergelijking verschillende definities          | 115        |
|           | Appendix IV: Definities van de waterstandniveaus             | 118        |

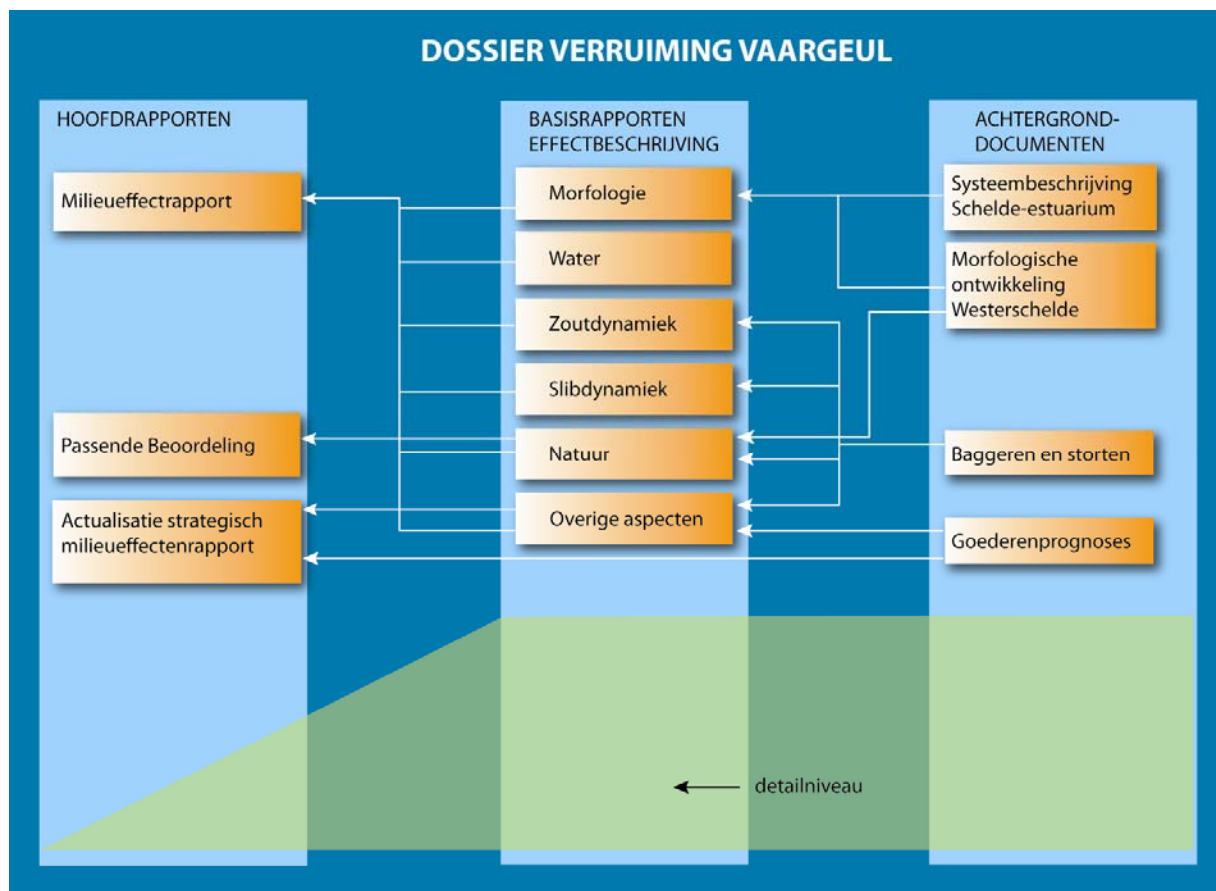
---

---

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| Appendix V: Referenties actualisatie Sigmaplan | 120 |
| Appendix VI: Rooster figuren gebruikte model   | 121 |

# Leeswijzer dossier “Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde”

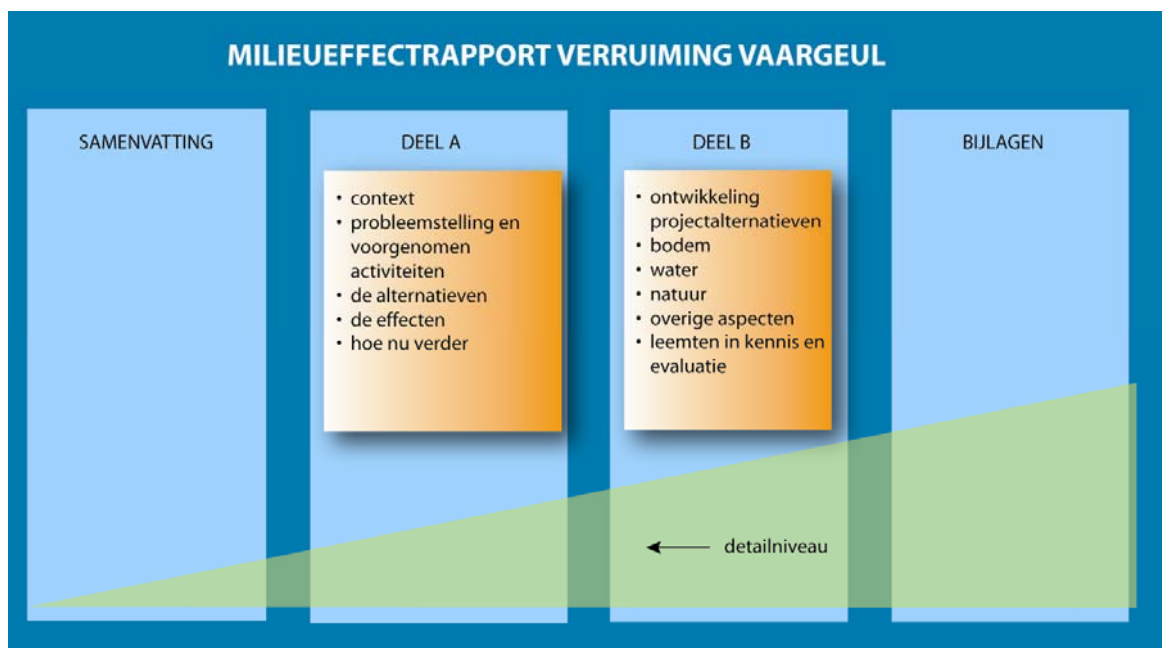
Het dossier Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde bevat het Milieueffectrapport, een Passende Beoordeling en een Actualisatie van het strategisch milieueffectenrapport. Deze hoofdrapporten worden nader onderbouwd en toegelicht in verschillende basisrapporten en achtergronddocumenten. De samenhang tussen deze documenten wordt toegelicht in onderstaande figuur.



## Hoofdrapport Milieueffectrapport (MER)

Het Milieueffectrapport bestaat uit een samenvatting, deel A en deel B en bijlagen. De *samenvatting* geeft snel inzicht in het dossier en de resultaten van het onderzoek. *Deel A* van het milieueffectrapport beschrijft het 'waarom' van het project, de problemen, de oplossingen en hoe de oplossingen ten opzichte van elkaar scoren. In deel A staat alle relevante informatie voor bestuurders en de besluitvorming. Een abstractieniveau dieper gaat *deel B* van het milieueffectrapport. In deze hoofdstukken worden de onderzoeken voor bodem, water, natuur en overige aspecten samengevat. Dit is een onderbouwing van deel A. De bijlagen (achter in dit milieueffectrapport) geven extra informatie, ondermeer een overzichtskaart, een begrippenlijst en achtergrondinformatie.

Navolgend wordt de opbouw van deel A en B nader toegelicht.



### Deel A

Hoofdstuk 1 *Context* beschrijft het kader waarbinnen het milieueffectrapport is opgesteld.

In Hoofdstuk 2 *Probleemstelling en voorgenomen activiteiten* worden de voorgenomen ingrepen beschreven. Waarom moet de vaargeul verruimd worden en waar moet bij de uitvoering van het project op gelet worden?

Voor het milieueffectonderzoek is de voorgenomen activiteit vertaald in alternatieven voor de uitvoering van de verdieping en verbreding van de vaargeul. Deze hebben betrekking op het bergen van de vrijkomende aanleg- en onderhoudsbaggerspecie. Hoofdstuk 3 *De alternatieven* beschrijft deze alternatieven.

In hoofdstuk 4 *De effecten* worden de effecten van de alternatieven beoordeeld. Uit deze beoordeling volgt het Meest Milieuvriendelijk Alternatief (MMA): het alternatief dat de minst nadelige gevolgen heeft voor natuur en milieu. Ook wordt het beoordelingskader, de omvang van het studiegebied en het tijdsdomein in jaren waarop de effecten worden geïnterpreteerd en beoordeeld beschreven.

In Hoofdstuk 5 *Hoe nu verder* wordt de procedure van deze milieueffectrapportage beschreven. Hier vindt u informatie over de betrokken partijen, besluitvorming en inspraakmogelijkheden.

### Deel B

Hoofdstuk 6 *Ontwikkeling van projectalternatieven* beschrijft de resultaten van het onderzoek om te komen tot de projectalternatieven die in hoofdstuk 3 beschreven zijn.

Hoofdstukken 7, 8, 9 en 10 bevatten de onderzoeksresultaten op hoofdlijnen per discipline. De onderzoeksresultaten bevatten een beschrijving van de huidige toestand en van de verwachte ontwikkelingen in het Schelde-estuarium en de effecten van de alternatieven.

Hoofdstuk 11 *Leemten in kennis en evaluatie* beschrijft de kennisleemten en onzekerheden in het onderzoek en de betekenis daarvan voor de interpretatie van de resultaten.

### **Hoofdrapport Passende Beoordeling**

De Passende Beoordeling beschrijft de gevolgen van de verruiming van de vaargeul voor de volgende Natura 2000-gebieden:

- Westerschelde en Saeftinge;
- Schelde- en Durme-estuarium;
- Durme en Middenloop van de Schelde;
- schorren en polders van de Beneden-Schelde;
- Kuifeend en Blokkersdijk.

De Passende Beoordeling bevat de volgende onderdelen:

- Beschrijving van het project;
- Beschrijving van de van belang zijnde vogel- en habitatrictlijngebieden;
- Beschrijving van de effecten;
- Effectbeoordeling;
- Mitigerende maatregelen;
- Alternatievenonderzoek;
- Redenen van groot openbaar belang en compenserende maatregelen.

### **Hoofdrapport Actualisatie strategische milieueffectenrapport**

De Actualisatie van het strategisch milieueffectenrapport beschrijft de effecten van de gewijzigde scheepvaartstromen over de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde als gevolg van de verruiming, uitgaande van de meest recente goederenprognoses.

Het rapport beschrijft:

- de belangrijkste conclusies op hoofdlijnen uit het strategisch milieueffectenrapport en of deze nog gelden na actualisatie van het onderzoek;
- hoe de uitgangspunten voor de goederenvervoersstromen opnieuw werden bepaald;
- de milieueffecten van deze bijgestelde goederenprognoses en de beoordeling ervan.
- de effecten van de scheepvaartstromen als gevolg van de verruiming (scenario met en zonder WCT);

### **Basisrapporten en achtergronddocumenten**

De basisrapporten en achtergronddocumenten zijn technische en specialistische rapporten waarin de methode, resultaten en conclusies van het uitgevoerde (modelmatige) onderzoek zijn weergegeven. De basisrapporten onderbouwen de effecten en conclusies uit het hoofdrapport. De achtergronddocumenten bieden aanvullende informatie.

Bij het milieueffectrapport horen de volgende basisrapporten:

- Basisrapport Morfologie
- Basisrapport Water
- Basisrapport Slibdynamiek
- Basisrapport Zoutdynamiek
- Basisrapport Natuur
- Basisrapport Overige Aspecten

De volgende achtergronddocumenten zijn onderbouwend aan de basisrapporten:

- Systeembeschrijving Schelde-estuarium, een visie op de macro-morfologische ontwikkeling
- Morfologische ontwikkeling Westerschelde, fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op mesoschaal
- Baggeren en storten
- Goederenprognoses

**Beschikbaarheid van informatie**

Alle rapporten uit het dossier verruiming vaargeul inclusief de literatuur uit bijlage 2 van dit milieueffectrapport zijn opgenomen op de website [www.verruimingvaargeul.nl](http://www.verruimingvaargeul.nl/~.be) / ~.be.

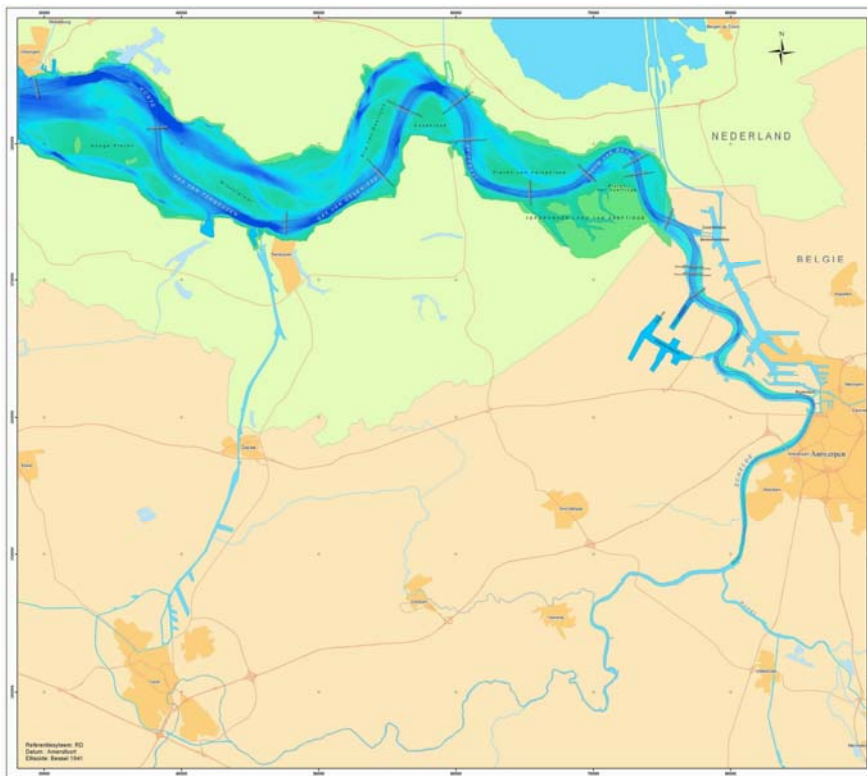
# 1 Inleiding

## 1.1 Het milieueffectrapport

### 1.1.1 Context en doel

#### Ontwikkelingsschets

De afgelopen jaren voerden Nederland en Vlaanderen een strategische verkenning uit naar een duurzame toekomst van het Schelde-estuarium: de *Ontwikkelingsschets*.



**Figuur 1-1:** Het Schelde-estuarium

Op basis hiervan namen de regeringen van beide landen (politieke) besluiten over projecten en maatregelen voor:

- de veiligheid tegen overstromen;
- de toegankelijkheid van de Scheldehavens;
- en de natuurlijkheid van het estuarium.

Eén van de voorgenomen projecten is de **"verruiming van de vaargeul"**, die de haven van Antwerpen beter toegankelijk moet maken.

#### Te nemen besluiten

Voor dit project moeten ondiepe gedeelten in de vaargeul dieper worden uitgebaggerd en in een deel van de Beneden-Zeeschelde moet de vaargeul ook breder worden gemaakt. De vrijkomende baggerspecie moet elders in het estuarium worden teruggestort. Om aanzanden te voorkomen, moet de vaargeul permanent op diepte en breedte worden gehouden.

Baggeren en storten is dus niet alleen nodig bij de aanleg, maar ook voor het onderhoud. Hoe kan dit baggeren en storten het beste worden uitgevoerd? Daarover moeten in Vlaanderen en Nederland besluiten worden genomen: in Nederland in het Tracébesluit en in Nederland én Vlaanderen de vergunningverlening. In de voorbereiding en onderbouwing van die besluiten vormt het doorlopen van de procedure van de milieueffectrapportage een centrale stap. De besluitvormingsprocedures in Nederland en Vlaanderen verschillen weliswaar van elkaar, maar er is gekozen om gezamenlijke documenten op te stellen gebaseerd op dezelfde informatie. Deze documenten kunnen in beide procedures worden gebruikt. Waar mogelijk kunnen daardoor de procedures parallel worden doorlopen.

### **Procedure van de milieueffectrapportage**

De Startnotitie / Kennisgeving Verruiming vaargeul (RWS en AWZ, 2006) is in februari 2006 gepubliceerd en heeft in het voorjaar van 2006 ter inzage gelegen ten behoeve van inspraak en advisering. Hierin staat onder meer de voorgenomen verruiming van de Scheldevaargeul beschreven en hoe de milieueffecten onderzocht zullen worden.

Dit gecombineerde Vlaams – Nederlandse Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde vormt de volgende stap.

### **Inhoud en doel Milieueffectrapport**

Dit milieueffectrapport brengt de belangrijkste effecten van verschillende uitvoeringen (alternatieven en varianten) van de verruiming van de vaargeul in beeld. Voor water, bodem (morfologie), natuur, landschap, ruimtegebruik en mobiliteit, lucht, geluid en trillingen, externe veiligheid, nautische veiligheid en mens en gezondheid.

Zo kunnen de verschillende alternatieven en varianten voor de uitvoering goed met elkaar worden vergeleken. Zodat de beslissingsbevoegde overheidsinstanties bij het Tracébesluit in Nederland en de vergunningverlening in Nederland en Vlaanderen een afgewogen en verantwoorde beslissing kunnen nemen over:

- het (eenmalig) storten van de aanlegbaggerspecie;
- het jaarlijks storten van de onderhoudsbaggerspecie.

Daarbij gaat het er om de werkzaamheden zo uit te voeren dat er geen ongewenste milieueffecten verwacht mogen worden. Dus heeft dit milieueffectrapport ook tot doel te bepalen óf en waar mitigerende en eventueel compenserende maatregelen nodig zijn voor het voorkomen of compenseren van (negatieve) milieueffecten.

#### **1.1.2 Voorgenomen activiteit**

Op dit moment is in de Westerschelde een getijonafhankelijke vaart van schepen met een diepgang van 11,85 meter mogelijk. De verruiming moet een getijonafhankelijke vaart van schepen met een diepgang van 13,10 meter mogelijk maken, uitgaande van een kielspeling van 12,5 procent. Dit betekent een minimale gewaarborgde waterdiepte van GLLWS-14,7 meter.

De verruiming van de vaargeul bestaat als voorgenomen activiteit uit drie onderdelen:

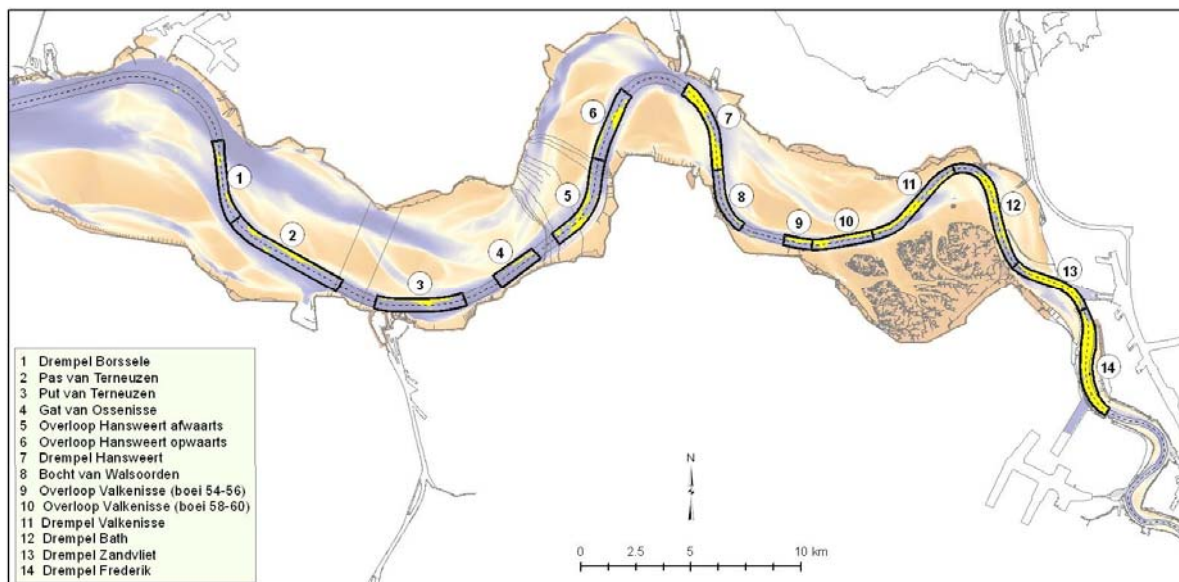
1. verdiepen van de vaargeul;
2. verbreden van de vaargeul inclusief aanleg van de zwaaizone;
3. het storten van de baggerspecie (aanleg en onderhoud).

De aanlegwerkzaamheden zullen plaatsvinden in twee jaar (voorzien voor 2008 en 2009) zodat vanaf 2010 de verruimde vaargeul in gebruik zal zijn. Als gevolg van de voorgenomen activiteiten

zullen eventueel ook afgeleide activiteiten nodig zijn: berging van wrakken en obstakels, geulwandverdediging en en verplaatsing en/of bescherming van kabels en leidingen.

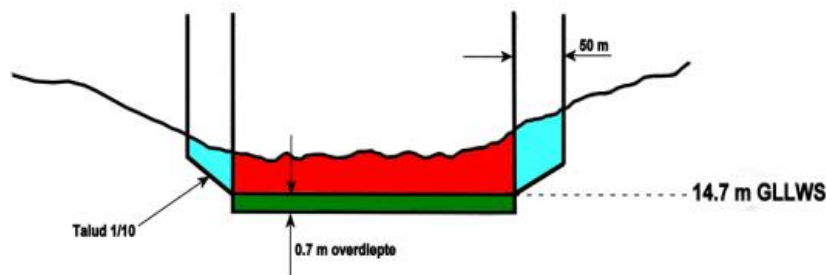
#### a. Verdieping van de vaargeul

Het is niet nodig om over de hele lengte van de vaargeul baggerwerkzaamheden uit te voeren. Uitbaggeren is alleen nodig op veertien lokaal ondiepe gedeelten, de elf drempels zoals aangegeven in de Startnotitie / Kennisgeving en op enkele aan platen grenzende randen van de vaargeul (zie *Figuur 1-2*).



**Figuur 1-2:** Locaties van de ondiepe gedeelten in de vaargeul

Concreet betekent dit dat de vaargeul ter plaatse van de ondiepe gedeelten uitgebaggerd wordt tot de gewenste diepte en breedte volgens het schema in *Figuur 1-3*.



**Figuur 1-3:** Schematische weergave van het principe van het baggerwerk in de vaargeul

#### b. Verbreding van de vaargeul inclusief aanleg van de zwaaizone

Stroomafwaarts van Hansweert is de vaargeul in de huidige situatie 500 of 520 meter breed en tussen Hansweert en de Europaterminal nabij Zandvliet 370 meter. Stroomopwaarts van de Europaterminal is de breedte beperkt tot 250 meter. Verder zijn er in de Westerschelde enkele vernauwingen: bij de drempel van Borssele (330 meter), de bocht van Walsoorden (300 meter) en het Nauw van Bath (300 meter).

De vaargeul wordt verbreed tot 370 meter breed op het traject vanaf de Europaterminal tot 500 meter stroomopwaarts van het Deurganckdok. Uitzondering hierop is de leidam van Doel

(tegenover de Europaterminal). Daar blijft de breedte 300 meter. Ook de genoemde vernauwingen in de Westerschelde blijven ongewijzigd. Opwaarts van de Europaterminal wordt ter verbetering van de nautische veiligheid een ellipsvormige zwaaizone aangelegd die een maximale breedte heeft van 500 meter en een maximale lengte van 800 meter.

### c. Storten van de baggerspecie (aanleg en onderhoud)

Er wordt onderscheid gemaakt in baggerspecie die vrijkomt bij de (eenmalige) aanleg van de verdiepte en verbrede vaargeul en de baggerspecie die vrijkomt bij het onderhoud daarna. De vaargeul zal door de getijdenwerking en de afvoer van rivierwater aanzanden (en in de Beneden-Zeeschelde ook aanslibben) waardoor (jaarlijks) onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk is om de vaargeul op het gewenste peil te houden.

### Hoeveelheid aanlegbaggerspecie

Bij het baggeren van de ondiepe en te verbreden plaatsen in de vaargeul komt aanlegbaggerspecie vrij (zie *Figuur 1-3*). Deze specie moet worden geborgen. Het uitgangspunt bij het bergen van de opgebaggerde specie is terugstorten in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Daarbij wordt de Vlaamse specie geborgen op Vlaams grondgebied en de Nederlandse specie op Nederlands grondgebied, behalve als hierover andere afspraken gemaakt worden.

Voor het in eerste aanleg realiseren van een getijonafhankelijke vaart van schepen naar Antwerpen met een diepgang van 13,1 meter is het effectief te baggeren volume ongeveer 14 miljoen m<sup>3</sup>. In *Tabel 1-1* staat hoeveel baggerspecie bij aanleg in de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde vrijkomt. Het project in de Beneden-Zeeschelde zonder zwaaizone zou een baggerinspanning van 5,25 miljoen m<sup>3</sup> vragen.

| Totaal       | Beneden-Zeeschelde | Westerschelde  |             |                |
|--------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
|              |                    | Oostelijk deel | Midden deel | Westelijk deel |
|              | 6,35               | 5,15           | 1,15        | 1,40           |
| <b>14,05</b> | <b>6,35</b>        | <b>7,70</b>    |             |                |

**Tabel 1-1:** Baggervolumes bij aanleg van de verruimde vaargeul (in miljoenen m<sup>3</sup> in situ, inclusief de overdiepte).

### Hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie

De precieze hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie is op voorhand niet bekend. De wijze van verdiepen en de berging van de aanlegbaggerspecie is hierop van invloed. De berekende gemiddelde hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie voor de eerste vijf jaar varieert bij de in dit milieueffectrapport onderzochte verdiepingsalternatieven van jaarlijks 15,5 tot 16,2 miljoen m<sup>3</sup>. In paragraaf 1.1.3 worden de alternatieven toegelicht.

Jaarlijks, dus structureel, moet er in de huidige situatie ook onderhoudsbaggerspecie uit de Schelde gebaggerd worden tussen Vlissingen en 500 meter opwaarts van het Deurganckdok. Dit wordt voor het grootste deel teruggestort in het estuarium. Tot en met 2001<sup>1</sup> is de jaarlijkse hoeveelheid onderhoudsbaggerspecie in de Westerschelde ongeveer 10 à 11 miljoen m<sup>3</sup>. Na 2001

<sup>1</sup> gebaseerd op baggervolumes onderhoud van de verruimde vaargeul 1997-2006

neemt de jaarlijkse hoeveelheid in de Westerschelde af tot 6,4 miljoen m<sup>3</sup> in 2006. De hoeveelheid in de Beneden Zeeschelde varieert over de hele periode tussen de 2,8 en 4,1 miljoen m<sup>3</sup>.

In de Westerschelde is vrijwel uitsluitend zandige specie aanwezig. De specie in de Beneden-Zeeschelde bevat meer slib dan in de Westerschelde.

### Stortstrategie onderhoudsbaggerspecie

#### *Verbeterde stortstrategie*

Uit het strategisch milieueffectenrapport voor de Ontwikkelingsschets is gebleken dat door het rigide voortzetten van de op dat moment toegepaste stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie (vergunning van 1998 tot 2006) het meergeulensysteem van de Westerschelde gevaar loopt: het systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende platen en ondiepwatergebieden, met een grote diversiteit aan schorren slikken en platen. De met het oog op het behoud van deze fysieke systeemkenmerken van het estuarium ontwikkelde '*verbeterde stortstrategie*' voor onderhoudsbaggerspecie is gebruikt bij de vergunning voor de periode van 2006 tot 2011. In de verbeterde stortstrategie wordt minder gestort in de nevengeulen.

#### *Aangepaste stortstrategie*

Sinds de strategische verkenningsfase is de beschikbare systeemkennis en het beschikbare modelinstrumentarium aanzienlijk verbeterd. In dit milieueffectrapport is met behulp hiervan de '*verbeterde stortstrategie*' voor onderhoudsbaggerspecie uit de vergunning voor 2006 verder geoptimaliseerd en aangepast aan de verruiming van de vaargeul. In dit milieueffectrapport wordt dit de '**aangepaste stortstrategie**' genoemd. In het basisrapport Morfologie zijn op iteratieve wijze meerdere **concrete invullingen** van de aangepaste stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie onderzocht voor de periode tot aan 2030, in samenhang met verschillende manieren van berging van de aanlegbaggerspecie van de verruiming. Hierbij is de stortverdeling over zowel de gehele Westerschelde als de verdeling over het storten in nevengeulen en de hoofdgeul gevarieerd waarbij ook het storten op plaatranden is onderzocht. Het zoeken naar een concrete invulling van de aangepaste stortstrategie maakt deel uit van het morfologisch onderzoek, terwijl de resultaten ervan het uitgangspunt vormen voor het onderzoek over waterbeweging, zout- en slibdynamiek.

#### *Flexibel storten*

In de Ontwikkelingsschets is een mogelijke maatregel beschreven om niet verwachte negatieve effecten van de verruiming van de vaargeul te voorkomen of te verminderen, een zogenoemde mitigerende maatregel: '*het concept van het flexibel storten*'. Hieronder wordt verstaan het bijsturen van het storten van onderhoudsbaggerspecie op basis van (voortschrijdend) inzicht, monitoring van effecten en praktische uitvoeringsaspecten zonder dat hiervoor een nieuwe vergunning nodig is. Hierdoor kan steeds accuraat worden geanticipeerd op de meest recente kennis en inzichten. Om dit mogelijk te maken is een **meer flexibele invulling van de onderhoudsvergunning** nodig. In het milieueffectrapport is de vrijheid voor flexibiliteit onderzocht en zo groot mogelijk gehouden. Bij de ontwikkeling van de projectalternatieven (zie paragraaf 1.1.3) heeft selectie alleen plaatsgevonden vanuit de primaire doelstelling van het project en de harde randvoorwaarden vanuit wet- en regelgeving. Zo zijn op voorhand alleen gebieden afgevalen als stortvak waar negatieve effecten voor morfologie en/of ecologie worden verwacht en geen gebieden die om andere redenen of belangen minder gewenst zijn. Er is gekozen om binnen de vastgestelde uitgangspunten met de onderzoeksvarianten de uitersten te onderzoeken en voor twee duidelijk onderscheidende projectalternatieven zodat meer inzicht is ontstaan in de potentieel beschikbare speelruimte voor flexibiliteit op het niveau van de hele Westerschelde. Ook is er afzonderlijk morfologisch onderzoek verricht (zie basisrapport Morfologie) naar specifieke vrijheden voor een flexibele invulling van de onderhoudsvergunning:

- Wanneer? Enkele verkennende berekeningen geven aan dat het inderdaad mogelijk is om met het aanpassen van de stortstrategie in de tijd negatieve ontwikkelingen bij te sturen.
- Waar? Voor de mate van erosie blijkt het niet uit te maken of de baggerspecie geconcentreerd of verspreid binnen een nevengeulstortvak wordt gestort.
- Hoe vaak? Het in één keer benutten van de stortcapaciteit van een plaatrandstortvak geeft per saldo minder erosie dan het benutten van deze stortcapaciteit in een aantal kleinere stappen.

De concrete invulling van de aangepaste stortstrategie is ontwikkeld voor de periode vanaf de aanleg van de verruiming tot aan 2030. Gedurende deze periode worden de morfologische en ecologische ontwikkelingen zorgvuldig gemonitord en geëvalueerd. De eerste vijf jaar na aanleg is alleen detaillering van de inrichting en bijsturing op basis van lokale monitoring mogelijk. Bijvoorbeeld om de natuurpotenties op de plaatranden optimaal te benutten of omdat de plaatranden eerder 'vol' zijn dan verwacht. De wijze van storten op de plaatranden kan hierop worden aangepast, maar ook de verdeling over de stortvakken op de plaatranden, nevengeulen en hoofdgeul binnen de betreffende macrocel (morfologische eenheid). Bijsturing van de verdeling over de gehele Westerschelde op basis van monitoring is minimaal 5 jaar na aanleg mogelijk. onder andere door de stortvakken zo groot mogelijk te maken. De eerste vijf jaar na aanleg - gedurende de looptijd van de vergunning voor de periode 2008 tot 2013 - is alleen detaillering van de inrichting en bijsturing op basis van lokale monitoring mogelijk. De wijze van storten kan hierop worden aangepast, maar ook de aanvangsverdeling over de stortvakken op de plaatranden, nevengeulen en hoofdgeul binnen de betreffende macrocel (morfologische eenheid). Bijsturing van de aanvangsverdeling over de gehele Westerschelde op basis van monitoring is minimaal 5 jaar na aanleg mogelijk.

#### **d. Afgeleide activiteiten**

**Berging van wrakken en obstakels** is nodig als deze een vlotte en veilige vaart belemmeren. Wrakken en obstakels die zich bevinden in de vaargeul tot 3 meter onder de te realiseren bodem, moeten worden geruimd. Ook wrakken en obstakels gelegen in de natuurlijke ontstane helling tussen de gerealiseerde verdieping en de oorspronkelijke bodem buiten de vaargeul zullen geruimd moeten worden. De gebieden die worden gebaggerd zijn onderzocht. Tijdens dit onderzoek zijn een aantal mogelijke obstakels ontdekt. Tijdens de tweede fase zullen deze locaties nader worden onderzocht. Deze informatie is niet in dit milieueffectrapport opgenomen, maar wordt wel gebruikt bij het Ontwerp Tracébesluit en bij de vergunningaanvragen.

**Geulwandverdediging** is nodig als ter plaatse de ontwikkeling van de geul een bedreiging vormt voor de stabiliteit van de waterkering en/of andere elementen (bijvoorbeeld schorren). In dit milieueffectrapport is onderzocht of de stroomsnelheden in de geulen als gevolg van de verruiming veranderen en of aanvullende maatregelen nodig worden geacht op het vlak van geulwandverdediging.

Uit een uitgebreide inventarisatie is gebleken dat **verplaatsen en/of beschermen van kabels en leidingen in de vaargeul** niet nodig is. In de baggerzone en stortzone afwaarts van de Overloop van Hansweert dient wel speciale aandacht gegeven te worden aan het baggeren en storten boven een aantal nutsleidingen. Daar lopen twee actieve 50 kV-kabels door de voornoemde aanlegbaggerzone en stortzone. Op basis van een onlangs uitgevoerd onderzoek wordt geconcludeerd dat de kabels kunnen blijven liggen en dat bescherming voor wat betreft de vaargeul niet nodig is. Of bescherming daarbuiten nog nodig is, wordt nog nagegaan. Deze informatie is niet in dit milieueffectrapport opgenomen, maar wordt wel gebruikt bij het Ontwerp Tracébesluit en bij de vergunningaanvragen.

### 1.1.3 Alternatieven

#### a. Projectalternatieven Nevengeul en Plaatrand

De effecten van twee projectalternatieven (Nevengeul en Plaatrand) zijn beoordeeld ten opzichte van het nulalternatief: de huidige situatie met gestuurde en niet gestuurde autonome ontwikkelingen.

Het verruimen van de vaargeul en het storten van de baggerspecie (de voorgenomen activiteit) impliceert twee belangrijke veranderingen ten opzichte van het nulalternatief (de referentiesituatie):

- Het verruimen van de vaargeul zelf (verdiepen en verbreden inclusief zwaaizone en afgeleide activiteiten) van eind 2007 tot eind 2009. En het storten van de aanlegbaggerspecie.
- Het onderhouden van de verruimde vaargeul en het storten van de onderhoudsbaggerspecie conform een aangepaste stortstrategie met voldoende vrijheid in de vergunning om in te kunnen spelen op voortschrijdend inzicht en monitoring (flexibel storten).

De ligging van de vaargeul (het tracé) en de benodigde verdieping en verbreding inclusief zwaaizone staan vast. Waar en hoe de aanlegbaggerspecie wordt gestort is nog niet bepaald. Dit geldt ook voor de invulling van de aangepaste stortstrategie en het flexibel storten van de onderhoudsbaggerspecie. In theorie zijn ontelbare combinaties van locatie, hoeveelheid, technieken en tijd mogelijk. In vijf selectiestappen is het aantal mogelijkheden ingeperkt tot twee concrete projectalternatieven:

1. Uitgangspunten vaststellen
2. Uitsluiten van gebieden met negatieve effecten
3. Ontwikkelen van onderzoeksvarianten
4. Toetsing van de onderzoeksvarianten
5. Kiezen van projectalternatieven

De ontwikkeling van de projectalternatieven is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 6 van het hoofdrapport van het Milieueffectrapport. De onderbouwing voor de bovenstaande stappen maakt integraal deel uit van de basisrapporten Morfologie, Water en Natuur.

Op basis van de conclusies van de morfologische en ecologische toetsing van de onderzoeksvarianten is besloten om twee projectalternatieven te onderzoeken. De morfologische effecten bleken niet onderscheidend en dus is de keuze gemaakt op basis van de ecologische toetsing:

1. Projectalternatief Nevengeul: in de Westerschelde naast storten in de hoofdgeul zoveel mogelijk storten van de aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de nevengeulen en niet op de plaatranden. Bij dit alternatief worden de risico's op negatieve effecten vanuit de ecologische instandhoudingdoelen zoveel mogelijk beperkt.
2. Projectalternatief Plaatrand: in de Westerschelde naast storten in de hoofdgeul en nevengeulen zoveel mogelijk storten van de aanleg- en onderhoudsbaggerspecie op de plaatranden. Dit is een alternatief met extra natuurbelastingen.

In de Beneden-Zeeschelde wordt in beide alternatieven voor de aanlegbaggerspecie uitgegaan van een combinatie van storten in de vaargeul en berging op het land en in de Schaar van Ouden Doel en voor de onderhoudsbaggerspecie vormt de bestaande stortstrategie de basis.

In de paragrafen 6.7 en 6.8 van het hoofdrapport van het Milieueffectrapport worden de beide projectalternatieven nader uitgewerkt. De effecten van beide projectalternatieven zijn in dit Milieueffectrapport vanuit een breed scala van milieuaspecten beschreven. In dit basisrapport staat een deel van de daarvoor benodigde informatie.

|                                                                       | <b>Westerschelde<br/>Projectalternatief<br/>Nevengeul</b>                                                                                                                                  | <b>Westerschelde<br/>Projectalternatief<br/>Plaatrand</b>                                                                                                                                             | <b>Beneden-Zeeschelde</b>                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vaargeul</b>                                                       | Verruimen                                                                                                                                                                                  | Verruimen                                                                                                                                                                                             | Verruimen                                                                                        |
| <b>Storten<br/>aanlegbagger-<br/>specie</b>                           | Volledig in de<br>nevengeulen                                                                                                                                                              | Volledig op plaatranden                                                                                                                                                                               | Combinatie van storten<br>in de vaargeul en<br>berging op land en in de<br>Schaar van Ouden Doel |
| <b>Storten<br/>onderhouds-<br/>baggerspecie</b>                       | Aangepaste<br>stortstrategie zonder<br>stort op plaatranden*<br>Concrete invulling:<br>jaarlijks 12,4 miljoen<br>m <sup>3</sup> waarvan 6,1 in de<br>nevengeulen en 6,3<br>in de hoofdgeul | Aangepaste stortstrategie<br>met stort op plaatranden*<br>Concrete invulling: jaarlijks<br>11,7 miljoen m <sup>3</sup> waarvan<br>2,4 op plaatranden, 4,4 in<br>nevengeulen en 4,9 in de<br>hoofdgeul | Huidige stortstrategie                                                                           |
| <b>Technieken voor<br/>baggeren,<br/>transporteren en<br/>storten</b> | Sleephopperzuiger<br>en kleppen.                                                                                                                                                           | Sleephopperzuiger en<br>kleppen.<br><br>Op plaatranden: ook<br>rainbowen en<br>sproeiponton.                                                                                                          | Sleephopperzuiger en<br>kleppen.<br><br>Bij berging aan land:<br>walpersen.                      |

**Tabel 1-2: Overzicht van de alternatieven**

Uit de afweging, zoals beschreven in de bovengenoemde rapporten, bleek dat het onderscheidende karakter van de verschillende projectalternatieven gering is. Er is daarop besloten de afweging niet uit te voeren voor zout en slib, aangezien deze parameters een afgeleide vormen van de morfologie en de waterbeweging. A posteriori blijkt uit een vergelijking van de projectalternatieven Nevengeul en Plaatrand dat deze aanname correct was.

#### **b. Referentiealternatieven**

Om de effecten van de projectalternatieven te meten, zijn ze in dit milieueffectonderzoek vergeleken met de huidige situatie en autonome ontwikkelingen. Dit is het nulalternatief.

Daarnaast is onderzocht welke effecten kunnen worden toegeschreven aan de aangepaste stortstrategie en welke aan het verruimen van de vaargeul. Hiervoor zijn het nulplusalternatief en het projectminalternatief gebruikt. Dit zijn referentiealternatieven, die niet zijn te verkiezen als uitkomst van dit milieueffectrapport.

### De referentiealternatieven: een overzicht

|                       | <b>Huidige situatie en autonome ontwikkelingen</b><br><br>(nulalternatief) | <b>Effecten van aangepaste stortstrategie</b><br><br>(nulplus alternatief) | <b>Effecten van verruimen</b><br><br>(projectmin alternatief) |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Verruimen</b>      | Niet verruimen                                                             | Niet verruimen                                                             | Verruimen                                                     |
| <b>Stortstrategie</b> | Huidige stortstrategie                                                     | Aangepaste stortstrategie                                                  | Huidige stortstrategie                                        |

**Figuur 1-4:** Overzicht van de referentiealternatieven

### Nulalternatief: gestuurde en niet-gestuurde autonome ontwikkeling

Bij het nulalternatief wordt de vaargeul niet verruimd. Het nulalternatief bestaat daarom uit de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen die voor de toekomst te verwachten zijn. Het nulalternatief vormt de referentiesituatie. Dat wil zeggen dat de milieueffecten van de overige alternatieven worden bepaald en beoordeeld door vergelijking met het nulalternatief<sup>2</sup>. In dit milieueffectrapport wordt onderscheid gemaakt in de zogenaamde gestuurde en niet-gestuurde autonome ontwikkelingen.

De gestuurde ontwikkelingen zijn die beleidsontwikkelingen of geplande projecten waarvan met voldoende zekerheid vaststaat dat ze ook daadwerkelijk zullen plaatsvinden. Om in dit milieueffectrapport als onderdeel van de autonome ontwikkeling te kunnen worden beschouwd moeten deze ontwikkelingen ook voldoende concreet zijn geformuleerd en gevolgen hebben voor het zelfde studiegebied en dezelfde tijdshorizon hebben als de verruiming.

Niet-gestuurde autonome ontwikkelingen zijn het gevolg van natuurlijke veranderingen of zijn normale maatschappelijke ontwikkelingen. Een belangrijke niet gestuurde autonome ontwikkeling is de verandering van het klimaat met onder andere zeespiegelrijzing als gevolg.

In paragraaf 2.3 van dit basisrapport zijn de relevante gestuurde en niet-gestuurde ontwikkelingen beschreven.

### Nulplus en projectmin

Het milieueffectonderzoek maakt ook duidelijk welke effecten zijn toe te schrijven aan de verruiming (projectminalternatief) en welke aan de aangepaste stortstrategie (nulplusalternatief). Deze veranderingen zijn niet onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Uit de strategische verkenning bleek dat een verbeterde stortstrategie nodig is voor de instandhouding van systeemkenmerken, ongeacht of de vaargeul verruimd wordt of niet. Daarom is het van belang om in dit milieueffectrapport niet alleen inzicht te krijgen in de gezamenlijke effecten maar ook in de afzonderlijke effecten van de beide veranderingen. Daarmee wordt ook duidelijk of de effecten van beide veranderingen elkaar versterken of verzwakken. Dit inzicht in de relatie tussen de ingrepen en de effecten is van groot belang om in de toekomst daadwerkelijk te kunnen bijsturen op basis van de resultaten van monitoring.

Om inzicht te krijgen in de afzonderlijke effecten van de beide veranderingen en de interactie tussen deze effecten zijn twee extra alternatieven onderzocht:

- Het nulplusalternatief: het nulalternatief, maar dan met een aangepaste stortstrategie. Dit alternatief geeft een beeld van de effecten van alleen het wijzigen van de huidige stortstrategie

<sup>2</sup> Voor de Passende Beoordeling zijn de instandhoudingdoelen de referentie.

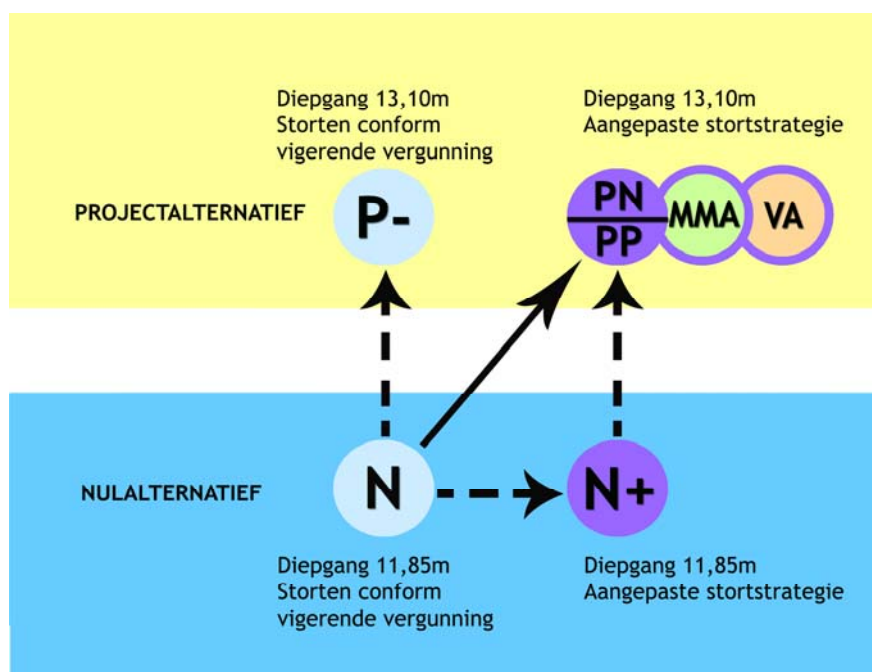
zonder dat verruiming plaats vindt. Door dit alternatief te vergelijken met de projectalternatieven worden de extra 'opgetelde' effecten als gevolg van de verruiming duidelijk.

- Het projectminalternatief: één van de projectalternatieven, maar dan met de huidige stortstrategie. Dit geeft een beeld van de effecten van de verruiming zonder dat de stortstrategie wordt aangepast. Door dit alternatief te vergelijken met het betreffende projectalternatief worden de extra 'opgetelde' effecten als gevolg van aanpassing van de stortstrategie duidelijk.

Deze alternatieven vormen aanvullende referentiesituaties bij het onderzoek naar de effecten van de projectalternatieven. Deze alternatieven zijn in dit milieueffectrapport daarom ook wel referentiealternatieven genoemd.

### c. Overzicht alternatieven

Het geheel van de alternatieven en hun onderlinge relaties is voorgesteld in onderstaande figuur, waarin tevens het meest milieuvriendelijke alternatief en het voorkeursalternatief zijn opgenomen (zie paragraaf 3.5 van het hoofdrapport voor een toelichting).



**Figuur 1-5:** Samenvattend schematisch overzicht van de alternatieven

## 1.2 Dit basisrapport

### 1.2.1 Doel en afbakening

Dit basisrapport Water maakt onderdeel uit van het Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. In dit basisrapport worden de belangrijkste te verwachten effecten gepresenteerd van de verruiming op de dynamiek van de waterbeweging en de ontwikkeling van de arealen.

De ligging van de bodem voor de bestaande situatie en voor de situatie met verruiming is voor alle basisstudies identiek gemaakt en toegeleverd vanuit de opdrachtgever. De resultaten van deze basisstudie zijn voor wat betreft de bodemveranderingen in de jaren 2015 (korte termijn respons

met Delft3D) en 2030 (lange termijn respons met Estmorf) gebaseerd op de resultaten van de uitgevoerde studie naar de morfologie (zie basisrapport Morfologie).

De resultaten zoals gepresenteerd in dit basisrapport vormden invoer voor de beoordeling vanuit natuur (zie basisrapport Natuur). Het betreft als belangrijkste onderwerpen de veranderingen in ecotopen arealen en de veranderingen in droogvalduren. Deze waterstudie heeft op zijn beurt gezorgd voor de toelevering van randvoorwaarden aan de zeezijde en aan de landzijde, aan de studies voor morfologie, zout en slib. Voor de bovenafvoeren van de Scheldetakken wordt verwezen naar basisrapport Zoutdynamiek.

### **Veiligheid**

Voor de gevolgen van de verruiming van de vaargeul op de veiligheid tegen overstromen in het Westerschelde / Beneden-Zeeschelde gebied, worden in dit onderzoek geen simulaties uitgevoerd. De wijze van verdiepen en storten is niet relevant uit het oogpunt van veiligheid tegen overstromen. Bij de keuze voor wel of niet verdiepen is veiligheid wel onderzocht.

Daarvoor wordt verwezen naar de eerder gepresenteerde resultaten uit het strategisch milieueffectenrapport (ARCADIS et al, 2004). Deze zijn gerapporteerd in het basisrapport Water, dat voor die studie is uitgebracht (Alkyon, 2004). Daarin werden onder andere de volgende conclusies getrokken ten aanzien van de Westerschelde:

1. De effecten van de autonome ontwikkelingen in het Schelde-estuarium voor 2010 (ten opzichte van 2001) zijn groter dan de effecten van de verdieping, verruiming. De effecten van autonome ontwikkeling bedragen rond de 5 centimeter waterstandverhoging stroomopwaarts van Terneuzen.
2. Indien we er vanuit gaan dat de mogelijke vermindering van de veiligheid als gevolg van autonome ontwikkeling zal worden gecompenseerd door dijkverhoging (wettelijke toetsing), dan zal er mogelijk een geringe extra dijkverhoging nodig zijn in het oosten van de Westerschelde. In de praktijk zal dit tijdens de vijfjaarlijkse toetsing in het kader van de Wet op de Waterkeringen leiden tot een eerder moment voor het verhogen van de waterkering dan zonder de ingreep.
3. De voorziene uitpolderingen zullen in het algemeen leiden tot een reductie van de extreme hoogwaterstanden.

Voor de Beneden-Zeeschelde werden geen uitspraken gedaan, een en ander is sterk afhankelijk van de ontwikkelingen in het kader van de actualisatie van het Sigmaplan. Inmiddels is in dat kader een veelheid aan rapporten verschenen. De geïnteresseerde lezer wordt daarvoor verwezen naar Appendix V alwaar een aantal referenties voor deze studie is opgenomen.

### **1.2.2 Opzet van het basisrapport Water**

Na deze inleiding wordt gestart met de uiteenzetting van de aanpak van de studie in hoofdstuk 2. In de Startnotitie / Kennisgeving staan reeds de alternatieven en varianten beschreven, alsmede de thema's en het beoordelingskader. Deze aspecten worden in dit rapport kort samengevat. Daarna volgt een (korte) toelichting op het beoordelingskader. Vervolgens wordt de aanpak van het onderzoek naar de waterparameters in meer detail beschreven. Aan de orde komen de beoordelingscriteria / onderzoeksparameters, met behulp waarvan de effecten met betrekking tot water en intergetijde-arealen zullen worden uitgedrukt. Tenslotte wordt het ingezette modelinstrumentarium en de gebruikte gereedschappen behandeld.

Het onderzoek naar de ontwikkeling van de waterparameters en de intergetijde-arealen rust op een tweetal pijlers:

- 1) Een *systematische analyse* van waarnemingen uit het verre en recente verleden. Enerzijds de fysieke waterkenmerken als waterstanden, stroomsnelheden, zout, bodems, oppervlakten en

dergelijke. Anderzijds de waarnemingen van ecotopenarealen overeenkomstig het Zoutwater Ecotopen Stelsel (ZES 1, Rijkswaterstaat, 2005) en overeenkomstig de ecotopenkaart voor de Beneden-Zeeschelde (Inbo, 2006)

- 2) *Waterbeweging modellen* waarmee de water- en zoutbeweging tot in grote mate van detail zijn berekend. Vervolgens zijn de effecten van de ingrepen omgezet in oppervlakten intergetijde arealen en droogvalduren.

In hoofdstuk 3 worden de kenmerken van het onderzoeksgebied met betrekking tot de waterparameters beschreven. Ook wordt aangegeven hoe de zee- (benedenstrooms) en de landrandvoorwaarden (bovenstrooms) voor alle gebruikte modellen in de basisstudies morfologie, zout en slib zijn afgeleid.

In hoofdstuk 4 wordt de calibratie van de modellen behandeld. Tevens worden kort de uitgevoerde simulaties en de resultaten gepresenteerd.

Hoofdstuk 5 beschrijft de ontwikkelingen van de waterparameters voor de huidige situatie en voor de autonome ontwikkeling. Hoofdstuk 6 behandelt het nulalternatief (niet verruimen) en het projectalternatief min (wel verruimen, maar met de huidige stortstrategie)

In Hoofdstuk 7 wordt het nulplusalternatief behandeld (niet verruimen maar wel de nieuwe stortstrategie toepassen).

Hoofdstuk 8 behandelt de twee onderzochte projectalternatieven P4N en P4P. Ook wordt hier de evaluatie van de verschillende alternatieven behandeld op basis waarvan de keuze voor P4N en P4P is gemaakt.

Hoofdstuk 9 behandelt de overige aspecten en in hoofdstuk 10 wordt tenslotte ingegaan op de effecten van de verruiming voor de waterparameters.

Hoofdstuk 11 bevat de leemten in kennis.

## 2 Aanpak

### 2.1 Inleiding

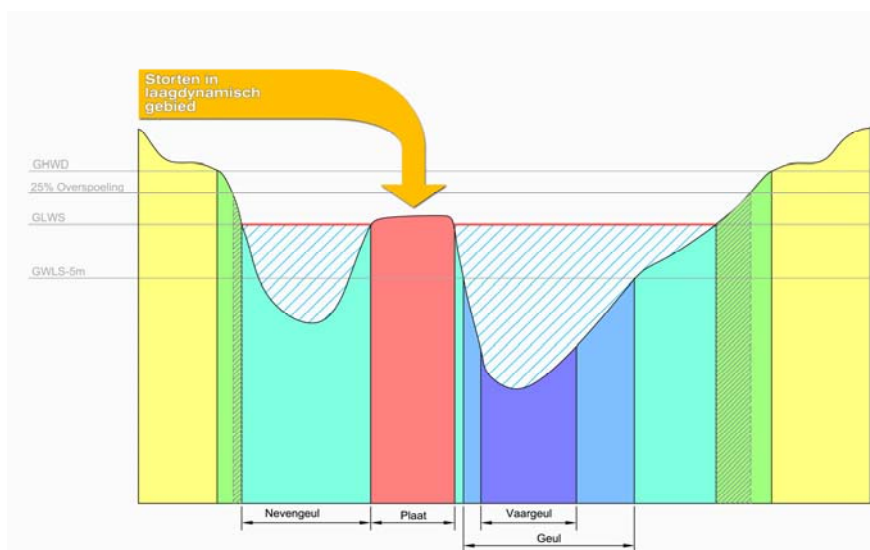
In dit hoofdstuk wordt, ten bate van de navolgbaarheid, eerst een (kort) overzicht en een beschrijving van de bestudeerde alternatieven en varianten gegeven (zie paragraaf 2.2) alsmede een overzicht van de autonome ontwikkelingen (zie paragraaf 2.3), een toelichting op het toegepaste beoordelingskader (zie paragraaf 2.4), waarin de beoordelingscriteria en onderzoeksparameters geïntroduceerd worden (de parameters welke gehanteerd worden om de effecten in uit te drukken). Vervolgens wordt ingegaan op het studiegebied (zie paragraaf 2.5) en de referentie jaren (zie paragraaf 2.6) en tenslotte op de aanpak (zie paragraaf 2.7).

### 2.2 Uitwerking van alternatieven en varianten

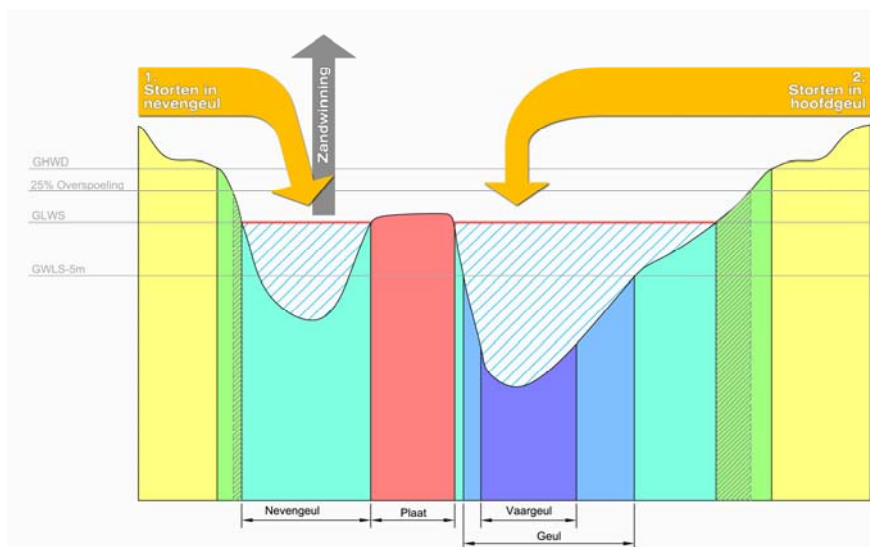
#### 2.2.1 Basisuitgangspunten en hoofdkeuzes

Zowel de aanlegbaggerspecie als de onderhoudsbaggerspecie kunnen worden geborgen in het mondingsgebied, de hoofdgeul en de nevengeulen en op de plaatranden en het land. Op basis van de aanwezige kennis en ervaring zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd en hoofdkeuzes gemaakt:

- Centraal staat het voorkomen van negatieve milieueffecten. De doelstelling van de voorgenomen activiteit richt zich immers op het verbeteren van de toegankelijkheid door verruiming van de vaargeul (dit project) en niet op verbetering van de natuurlijkheid van het systeem door natuurontwikkeling. Hiervoor zijn in de Ontwikkelingsschets vanuit de natuurlijksdoelstelling aparte natuurontwikkelingsprojecten gedefinieerd.
- Alleen die varianten zijn onderzocht waarvan door de deskundigen op voorhand wordt verwacht dat de stortwijze een neutraal of positief effect heeft op de morfologie én de ecologie. Het Schelde-estuarium moet bij voorkeur als systeem benaderd worden, waarbij ecologie en morfologie hand in hand gaan en waarbij het fysische systeem een belangrijke, onmisbare drager is voor de ecologie.
- Belgisch/Vlaamse specie wordt geborgen op Belgisch/Vlaams grondgebied en Nederlandse specie op Nederlands grondgebied, tenzij hierover tussen Vlaanderen en Nederland andere afspraken worden gemaakt.
- Het verdient de voorkeur om de baggerspecie in het estuarium (en dus in het systeem) te houden en zoveel als mogelijk in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde terug te storten. Zeker in Vlaanderen is echter berging van alle aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde door de beperkte capaciteit niet mogelijk.
- De afstand tussen baggeren en storten moet liefst zo klein mogelijk zijn om de milieueffecten beperkt te houden. Beperking van de vaarafstand minimaliseert de uitstoot van schadelijke stoffen en de nautische risico's.
- Er is steeds gezocht naar bergingslocaties die het morfologisch systeem (systeem van platen, geulen, kortsluitgeulen, ondiep water gebieden) zo robuust mogelijk houden en waarbij de milieueffecten minimaal en bij voorkeur positief zijn (ecologische meerwaarde).
- Berging van aanlegbaggerspecie op morfologisch laagdynamische plaatsen wordt aanbevolen (voorbeeld: Plaat van Walsoorden) zodat recirculatie naar de baggerlocaties (op de drempels) geminimaliseerd wordt. Vanuit dit gezichtspunt heeft de berging op plaatranden de voorkeur boven berging in de nevengeulen en de berging in nevengeulen de voorkeur boven berging in de hoofdgeul (zie figuur 2-1 en figuur 2-2).



**Figuur 2-1:** Storten in laagdynamisch gebied



**Figuur 2-2:** Storten in nevengeul en hoofdgeul

### 2.2.2 Onderzoeksvarianten en projectalternatieven

Om binnen de vastgestelde uitgangspunten de naar verwachting uitersten aan milieueffecten in beeld te brengen zijn meerdere onderzoeksvarianten ontwikkeld (dit is selectiestap 3 zoals beschreven in paragraaf 1.1.3). Belangrijkste variabele daarbij is de mate van morfologische activiteit oftewel de omvang van de sedimenttransporten ter plaatse van de stortlocatie. Dit bepaald hoe lang de gestorte baggerspecie blijft liggen en kan daarmee ondermeer van invloed zijn op de onderhoudsinspanning. De onderzoeksvarianten zijn in twee stappen ontwikkeld. De locaties voor het storten van de aanlegbaggerspecie vormen de basis voor de varianten. Vervolgens is per onderzoeksvariant een concrete invulling van de aangepaste strategie voor het storten van de onderhoudsbaggerspecie ontwikkeld.

De mogelijkheden voor het storten van aanlegbaggerspecie zijn voor de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde duidelijk verschillend. Daarom worden eerst drie concrete opties voor de Beneden-Zeeschelde uitgewerkt en drie concrete opties voor de Westerschelde. Vervolgens zijn door het maken van logische combinaties drie onderzoekvarianten samengesteld.

### **Berging aanlegbaggerspecie in de Westerschelde**

Op basis van de bovenvermelde uitgangspunten zijn er voor berging van aanlegbaggerspecie uit de Westerschelde de volgende opties mogelijk (en onderzocht):

- W1. *Berging in het mondingsgebied en op plaatranden.* In deze variant wordt de bij aanleg vrijkomende baggerspecie zo veel mogelijk geborgen in morfologisch inactieve gebieden (plaatranden als de Rug van Baarland, Plaat van Walsoorden en de Ballastplaat) of gestort in de monding in de vorm van een geulwandsuppletie in het Oostgat. Op deze manier ontstaat naar verwachting een minimaal retourtransport en blijven voldoende mogelijkheden over voor berging van de onderhoudsbaggerspecie.
- W2. *Berging in het mondingsgebied en in nevengeulen.* Hierbij wordt een zo groot mogelijk deel van de aanlegbaggerspecie gestort in de nevengeulen van dezelfde of aanliggende macrocellen (richting de monding). Een eventueel overschot wordt in het mondingsgebied gestort (geulwandsuppletie Oostgat). De storting van aanlegbaggerspecie in de nevengeulen wordt beperkt door de mogelijkheden om later ook onderhoudsbaggerspecie te kunnen storten. Voor deze variant (en ook voor W3) geldt dat de exacte hoeveelheden aanlegbaggerspecie die geborgen kunnen worden niet op voorhand te bepalen zijn. Deze zullen volgen uit de resultaten van de modelberekeningen. Aan de hand van een aantal criteria zal worden bepaald of de maximale bergingscapaciteit op een bepaalde locatie en een bepaald tijdstip al dan niet wordt overschreden. De restspecie zal vervolgens verder naar het westen worden gebracht.
- W3. *Berging op de Hooge Platen en in nevengeulen.* Deze variant is gelijk aan variant W2, met als enig verschil dat de reststorting niet in het mondingsgebied plaatsvindt maar op de Hooge Platen (om zodoende ecologisch interessant areaal te creëren). Het is evident dat het bepalen van de juiste locatie, de vorm en de omvang van de speciéstorting voor ecologisch beheer zal gebeuren in nauw overleg met de ecologische experts.

### **Berging aanlegbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde**

Rekening houdend met de geschatte bergingsmogelijkheden in de Schelde en aan land worden 3 concrete varianten voor de berging van aanlegbaggerspecie uit de Beneden-Zeeschelde geformuleerd:

- B1. *Berging in de Schaar van Ouden Doel en op land.*  
In deze variant wordt zo veel mogelijk sediment aan de Schelde onttrokken door berging aan land of opgeslagen in morfologisch inactieve gebieden door berging in de Schaar van Ouden Doel, normaliter ten behoeve van zandwinning. Voor de berging aan land wordt enkel overwogen om specie te bergen in het havengebied op de linkeroever, in de vorm van ophoging op het gedempte Doeldok of in ophogingen in de onmiddellijke omgeving van het Doeldok.
- B2. *Berging in de Beneden-Zeeschelde.*  
In deze variant wordt een groot deel van het sediment gestort in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde, tussen het Deurganckdok en Schelle. Het restant wordt gestort in de Schaar van Ouden Doel, ten behoeve van zandwinning.

B3. *Berging in de Schaar van Ouden Doel, Beneden-Zeeschelde en op land.*

Deze optie vormt een realistische combinatie van beide voorgaande opties. Enerzijds is het niet gewenst om een groot deel van de aanlegbaggerspecie in de vaargeul te storten door de verwachte toename van de onderhoudsinspanning. Anderzijds is het niet gewenst de aanlegbaggerspecie volledig op het land en in de Schaar van Ouden Doel te bergen omdat dit in strijd is met de beleidsdoelstelling om het zand primair in het systeem te houden. Het sediment dat vrijkomt bij de aanleg wordt verspreid over alle drie de mogelijkheden: de Beneden-Zeeschelde, de Schaar van Ouden Doel en het land.

#### Praktische invulling varianten en alternatieven

De uiteindelijk door te rekenen varianten en alternatieven voor het storten van aanlegbaggerspecie bestaan uit een combinatie van aanlegvarianten voor de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde. Om te voorkomen dat alle mogelijke combinaties moeten worden geanalyseerd, is een aantal voor de hand liggende combinaties gekozen. De keuze is zodanig gemaakt dat vergelijkbare varianten aan elkaar gekoppeld worden. Om naar verwachting de uitersten aan mogelijke effecten binnen de vastgestelde uitgangspunten (minimale of maximale invloed) in beeld te brengen is ervoor geopteerd om het projectalternatief P4 op te splitsen in een projectalternatief met zoveel mogelijk storten in de nevengeulen (P4N) en een projectalternatief met zo maximaal als realistisch mogelijk storten op de plaatranden (P4P).

De gekozen combinaties zijn:

| Variant     | Combinatie | Karakter                                                                                                                                            |
|-------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1          | B1 met W1  | Zo veel mogelijk storten op morfologisch inactieve gebieden of onttrekken van sediment.                                                             |
| P2          | B2 met W2  | Storten in morfologisch dynamische gebieden buiten de vaarroute.                                                                                    |
| P3          | B3 met W3  | Storten in morfologisch dynamische gebieden buiten de vaarroute, optimalisatie van het gebruik van baggerspecie ten behoeve van ecologische doelen. |
| Alternatief |            | Karakter                                                                                                                                            |
| P4          |            | Optimale variant op basis van de onderzoeksresultaten.                                                                                              |
| P4N         |            | Zoveel mogelijk stort van aanleg- en onderhoudsbaggerspecie in de nevengeulen en <b>niet</b> op de plaatranden                                      |
| P4P         |            | Aanleg- en onderhoudsbaggerspecie worden zo maximaal als realistisch mogelijk gestort op de plaatranden                                             |

**Tabel 2-1:** Varianten (aanlegstort) en de projectalternatieven

### **Aangepaste stortstrategie onderhoudsbaggerspecie**

Per onderzoeksvariant en projectalternatief is voor de Westerschelde een concrete invulling van de aangepaste stortstrategie voor de onderhoudsbaggerspecie ontwikkeld. In de aangepaste stortstrategie zijn steeds eerst de stortvakken op de kortste afstand van de baggerlocatie benut (en vervolgens verder in westelijke richting) en van deze locaties eerst de morfologisch minst actieve. De zo verkregen stortverdeling is met morfologische modellen doorgerekend voor een periode van vijf jaar, geoptimaliseerd op basis van de resultaten en vervolgens opnieuw doorgerekend. Dit net zo lang totdat een stortverdeling is ontstaan met een aanvaardbare morfologische ontwikkeling op macroschaal. Het benodigde aantal optimalisatieslagen varieerde van twee tot maximaal zeven afhankelijk van de betreffende onderzoeksvariant/projectalternatief.

In de Beneden-Zeeschelde vormt voor alle onderzoeksvarianten en projectalternatieven de huidige stortstrategie voor onderhoudsbaggerspecie het uitgangspunt. Dit omdat er voor de Beneden-Zeeschelde geen reële afwijkende strategieën mogelijk zijn en omdat het uitgangspunt is dat er geen te storten baggerspecie over de Vlaams - Nederlandse grens wordt getransporteerd (zie basisuitgangspunten). Volgens de huidige strategie wordt het zandrijke deel gestort in de Schaar van Ouden Doel ten behoeve van de zandwinning en de slibrijke deel op enkele vergunde locaties in de Beneden-Zeeschelde buiten de vaargeul.

## **2.3 Autonome ontwikkeling**

De autonome ontwikkeling wordt bepaald door verschillende factoren: enerzijds globale klimaatsveranderingen zoals zeespiegelstijging, anderzijds zijn de uitvoering van het Sigmaplan in de Zeeschelde en de aanleg van nieuwe buitendijks gelegen natuurgebieden in de Westerschelde (Hedwige- en Prosperpolder) hierop van invloed, evenals zandwinning op de Westerschelde. Het zandwinbeleid in Nederland wordt momenteel geëvalueerd en mogelijk aangepast.

Voor het onderzoek en het geheel van de milieueffectrapportage moeten de projecten die beschouwd worden voldoen aan een aantal voorwaarden:

- Het te beschouwen project moet voldoende concreet geformuleerd zijn
- Het te beschouwen project moet gevolgen hebben op hetzelfde studiegebied
- Het te beschouwen project moet beleidsmatig beslist zijn en
- Het te beschouwen project moet een zelfde tijdshorizon hebben.

Voor het huidige onderzoek zijn deze ontwikkelingen meegenomen zoals onderstaand beschreven.

### **2.3.1 Zeespiegelrijzing**

De zeespiegelrijzing is een belangrijke autonome ontwikkeling als gevolg van de klimaatverandering. De toegepaste cijfers komen overeen met het middenscenario zoals recent gerapporteerd in Klimaat in de 21<sup>e</sup> eeuw (Hurk et al, 2006). Deze cijfers zijn tevens in overeenstemming met de in het strategische milieueffectenrapport aangenomen waarden van de zeespiegelstijging.

Tabel 2-2 geeft naast de zeespiegelstijging ook de gemiddelde waterstanden in de te beschouwen jaren ten opzichte van NAP.

| Jaar | Zeespiegelstijging ten opzichte van 2001 (ten opzichte van 2005) (meter) | Gemiddelde waterstand* (meter ten opzichte van NAP) |
|------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 2001 | -                                                                        | NAP - 0,017                                         |
| 2005 | 0,0136 ( - )                                                             | NAP - 0,0035                                        |
| 2010 | 0,035 (+0,0214)                                                          | NAP + 0,018                                         |
| 2015 | 0,060 (+0,0464)                                                          | NAP + 0,043                                         |
| 2030 | 0,150 (+0,1364)                                                          | NAP + 0,133                                         |

\* middenstanden op de zeerland van het model dat gebruikt wordt voor de generatie van randvoorwaarden; deze liggen 3 centimeter lager ten opzichte van Vlissingen (zie dit basisrapport)

**Tabel 2-2: Zeespiegelstijging als functie van de tijd**

Het effect van zeespiegelrijzing is verdisconteerd in de randvoorwaarden.

### 2.3.2 Bovenafvoer

Ten aanzien van de bovenafvoer van de rivieren die op de Schelde uitkomen, wordt in de autonome ontwikkeling geen rekening gehouden met een verandering.

De bovenafvoer is verdisconteerd in de randvoorwaarden die vanuit de deelstudie Water zijn toegeleverd aan de andere disciplines (zie dit basisrapport). Er worden berekeningen uitgevoerd voor hoge en voor lage afvoer om zodoende een beeld te krijgen van de effecten voor de verschillende seizoenen.

Voor de afvoeren van de Schelde en haar zijrivieren zijn de resultaten gebruikt van een hydrologische analyse (zie ook hoofdstuk 3 van het basisrapport Zoutdynamiek).

|                          | gemiddelde afvoer (m <sup>3</sup> /s) | hoge afvoer (m <sup>3</sup> /s) | lage afvoer (m <sup>3</sup> /s) |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Scheldebekken te Schelle | 111                                   | 407                             | 24                              |
| Spuisluis te Bath        | 11                                    | 63                              | 0,0                             |
| Totaal                   | 122                                   | 471                             | 24                              |

**Tabel 2-3: Bovenafvoeren in het Schelde bekken**

### 2.3.3 Deurganckdok

In het jaar 2005 (huidige situatie) is het Deurganckdok voor circa tweederde van de finale lengte afgewerkt. De lengte van het dok bedraagt 1.550 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok).

In 2010 zal het Deurganckdok voltooid zijn en een lengte hebben van 2.750 meter (gemeten langs de noordzijde van het dok, de zuidkade is 300 meter korter). De bodem wordt voorzien op – 19,00 meter TAW (-21,35 meter NAP). Langs de kades wordt over een breedte van 100 meter een diepte van –17,00 meter TAW (-19,35 meter NAP) voorzien.

### 2.3.4 Sigmaplan

Het hoofddoel van het Vlaamse Sigmaplan is de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloed. Het oorspronkelijke Sigmaplan werd opgesteld in 1977 naar aanleiding van een overstromingsramp in januari 1976.

Door de Vlaamse regering is in 2005 het herziene Sigmaplan goedgekeurd (RA - IMDC, 2005). Rekening houden met de besluiten van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium is in het plan voorgesteld om voor wat de effectieve uitvoering betreft niet allen de verdere realisatie van het Sigmaplan van 1977 zonder stormvloedkering tot stand te brengen, maar ook een aantal deelprojecten prioritair op te starten. Bij de realisatie zal rekening worden gehouden met aangepaste streefwaarden voor de dijkhoogtes (11,00 meter TAW op de Zeeschelde tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Oosterweel, 9,25 meter TAW op de Zeeschelde tussen Oosterweel en Hoboken, 8,35 meter TAW op de Zeeschelde tussen Hoboken en Temse en 8,00 meter TAW in de rest van het Zeescheldebekken stroomopwaarts van Temse). De prioritaire deelprojecten maken deel uit van het meest wenselijk alternatief (aangevuld met Roggeman ter compensatie omwille van het feit dat het GOG Grote Wal - Kleine Wal - Zwijn niet met estuariene natuur ingevuld wordt maar met wetland) en werden op 1 juli 2005 opgestart.

In het plan zijn ondermeer gecontroleerd overstromingsgebieden (GOG), gecontroleerd gereduceerd getijgebieden (GGG), ontpolderingen en wetlands voorzien.

Aangezien in deze studie geen extreme hoogwaterstanden zullen worden berekend, zullen de GOG's, GGG's en wetlands in de voorziene simulaties niet onderlopen. Daarom zullen uit het Sigmaplan alleen de ontpolderingen worden meegenomen.

In de verschillende modelbodems zijn die ingrepen opgenomen waarvan de aanleg volgens het Sigmaplan circa 5 jaar voordien zijn gestart:

- tegen 2010 zullen nog geen ontpolderingen zijn gerealiseerd,
- tegen 2015 zijn gerealiseerd: de Potpolder van Lillo, De Bunt en de Uiterdijk en eveneens de Hedwigepolder, en de Prosperpolder (zie hieronder),
- tegen 2030 zijn gerealiseerd: Groot Schoor (Bornem), Stort van Hingene en Potpolder 1.

### **2.3.5 Hedwige- en Prosperpolder**

In het kader van de natuurontwikkeling Schelde-estuarium (zoals vastgelegd in de Ontwikkelingsschets), zullen de Hertogin Hedwigepolder en de Prosperpolder ontwikkeld worden als natuurgebied (ongeveer 481 hectare). De voorgenomen activiteit, te weten de inrichting van een (inter-)getijdengebied in de Hedwige- en Prosperpolder, bestaat uit de volgende ingrepen:

- het aanleggen van een waterkerende dijk langs de zuidelijke begrenzing van het projectgebied,
- het handhaven of (geheel of gedeeltelijk) verwijderen van de dijken die daardoor geen waterkerende functie meer vervullen, en
- het inrichten van het plangebied door middel van grondverzet, alsmede door het verwijderen van opstallen, kabels en leidingen, bomen, wegen en dergelijke.

De belangrijkste gevolgen van deze activiteiten voor de grootschalige ontwikkelingen in het Schelde-estuarium, zullen het gevolg zijn van de toegenomen komberging en het directe effect op het areaal intergetijdengebied (zie dit basisrapport). Het hydrodynamisch ontwerp voor het realiseren van het ecologisch streefbeeld is beschreven in (IMDC et al, 2006), het effect van het nieuwe getijgebied op de getijvoortplanting in de Schelde is onderzocht in (Waterbouwkundig Laboratorium, 2005) en (ARCADIS et al, 2004). In dit laatste onderzoek is ook nagegaan wat de effecten zijn van de aanleg van Hedwige- en Prosperpolder op de stroomsnelheden ter hoogte van de stortlocatie in de Schaar van Ouden Doel en in de vaargeul. Het geheel van de verwachte milieueffecten is beschreven in (Soresma et al, 2007).

De Hedwige- en Prosperpolders worden gereed verondersteld in 2015.

### **2.3.6 Natuurontwikkeling Middengebied Westerschelde**

Zoals in de Ontwikkelingsschets is vastgelegd, zal voor de versterking van de natuurlijkheid van het estuarium het zogenaamde Natuurpakket Westerschelde worden gerealiseerd. Het Natuurpakket Westerschelde bestaat uit realisatie van minimaal 600 hectare nieuwe estuariene natuur langs de Westerschelde op Nederlands grondgebied. Deze 600 hectare is als volgt verdeeld over drie ecologische zones: het Zwin (ongeveer 10 hectare), de Hertogin Hedwigepolder (ongeveer 295 hectare) en het Middengebied (minimaal 295 hectare, nader te lokaliseren).

Voor het Middengebied is een pre-selectie van 4 combinaties van gebieden gemaakt. Het zijn:

- Eendragt- en Hellegatpolder (356 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Hellegatpolder (327 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Eendragtspolder (333 hectare)
- Everinge-/ van Hattum-/ Zuidpolder met een kleinere variant van de Hellegatpolder (330 hectare; nader te begrenzen).

Deze mogelijke combinaties zijn onderwerp van een milieueffectrapportage die gedeeltelijk parallel aan de huidige studie wordt uitgevoerd. Mogelijk kan er op basis van de inspraak en dit nader onderzoek een nieuwe (optimale) combinatie worden toegevoegd.

Vanwege de onzekerheid over de besluitvorming rond de natuurontwikkeling in het Middengebied zijn in het onderzoek geen simulaties uitgevoerd om de invloed van verschillende scenario's inzake natuurontwikkeling in het Middengebied te onderzoeken.

### **2.3.7 Zandwinning**

Het huidige beleid voor zandwinning in de Westerschelde wordt thans onderworpen aan een kritische analyse. Dit zou kunnen resulteren in een afbouw van de zandwinning, om de invloed ervan op de grootschalige zandbalans van de Westerschelde te beperken, waarbij zou gestreefd worden naar een afbouw van de zandwinning tegen 2011. Een gezamenlijk Vlaams/Nederlands besluit hierover is nog niet genomen.

Geconstateerd kan worden dat zandwinning een belangrijke rol speelt bij de lange termijn ontwikkeling van de Schelde-bodem (zie basisrapport Morfologie) en het beoordelen van de veranderingen ten gevolge van de autonome ontwikkeling.

Het effect van de zandwinning is verdisconteerd in de bodemveranderingen die vanuit de Morfologische studie zijn toegeleverd (zie basisrapport Morfologie) en die gebruikt zijn om de bodems voor 2030 (en 2015) te construeren. Bij de morfologische berekeningen van de autonome ontwikkeling is het huidige zandwinningbeleid doorgezet. Het betreft een winning van 2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar in de Westerschelde en nog eens 1 tot 2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar in de Beneden-Zeeschelde, meer bepaald in de Schaar van Ouden Doel. Het morfologisch effect van een verandering of afbouw van de zandwinning in de Westerschelde op de verruiming is onderdeel van de studie.

### **2.3.8 Verruiming Scheur en Pas van 't Zand**

Om de nautische toegankelijkheid op een veilige manier te kunnen garanderen, zowel naar de haven van Zeebrugge als naar de Westerscheldehavens, is eind 2006 een programma van baggerwerken gerealiseerd, waarbij in de Pas van 't Zand en het Scheur volgende baggerdieptes worden nagestreefd (van west naar oost): Geul I (west en oost) – 164 decimeter, Scheur West – 162 decimeter, Pas van 't Zand – 162 decimeter, Scheur Oost I – 155 decimeter en tenslotte Scheur Oost II en III – 154 decimeter.

Gelet op de beperkte verruiming zijn de vaargeulen in het mondingsgebied niet opgenomen in de bodems van het morfologische model Delft3D en evenmin in het hydrodynamische model. De onderzoekdeskundigen zijn, na bestudering van deze autonome ontwikkeling, van oordeel dat de verruiming zo marginaal is en dat de invloed daarvan op de modellen verwaarloosbaar is.

### 2.3.9 Overige ontwikkelingen

Van een aantal overige ontwikkelingen zoals de aanpak van de zwakke schakels in de nabijgelegen kustzone, de ontwikkeling van het Zwin en de mogelijke aanleg van de Westerschelde Container Terminal, wordt een zeer geringe invloed op de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde verwacht of is nog onvoldoende bekend hoe die ontwikkeling precies vorm zal krijgen. Deze ontwikkelingen zijn bij dit onderzoek dan ook verder niet betrokken.

In de Westerschelde wordt jaarlijks een totaal van circa 4,2 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie gestort uit de Westerscheldehavens, conform de huidige stortvergunningen. Deze specie is afkomstig van meerdere havens langs de Westerschelde (met als voornaamste Terneuzen Braakmanhaven, Terneuzen Westbuitenhaven, Vlissingen, Hansweert Buitenhaven, Breskens). De gestorte specie uit de havens wordt gekarakteriseerd als 50 procent slib (< 63 µm) en 50 procent zand (>63 µm). Voor het storten van deze havenspecie zijn evenwel geen specifieke modelsimulaties uitgevoerd. In onderzoek ten behoeve van de habitattoets inzake de effecten van bagger- en stortactiviteiten ten behoeve van het havenonderhoud in Zeeuwse wateren is uitvoerig ingegaan op de morfologische gevolgen van de zandstortingen (WL, 2006a en 2006b). Hierin werd besloten:

- Op het schaalniveau van het hele estuarium wordt het effect van de beschouwde stortactiviteiten op de zandbalans verwaarloosbaar klein geschat;
- Voor de macrocellen worden geen negatieve effecten met betrekking tot de stabiliteit van het meergeulensysteem verwacht.
- In mesocel 2 is de hoeveelheid van storten dichtbij het stortcriterium. Maar de netto ingreep in dit gebied is een onttrekking vanwege de zandwinning, waardoor de effecten van het beschouwde storten worden verminderd.

Bij de beoordeling van de effecten van de verruiming is in het morfologisch onderzoek ingegaan op de interactie tussen de stortactiviteiten ten behoeve van het onderhoud in de Westerschelde enerzijds en de stortactiviteiten voor de havens anderzijds (zie basisrapport Morfologie). Ten aanzien van de gestorte volumes slib uit de havens langs de Westerschelde wordt aangenomen dat de stortingen (en de retourstroom van sedimenten naar de havens) een intern proces vormen in de Westerschelde dat bijdraagt tot het globaal beeld inzake slibconcentratie in het gebied.

Voor de Beneden-Zeeschelde wordt rekening gehouden met de ontwikkelingen in het kader van het compensatieplan naar aanleiding van de bouw van het Deurganckdok, verankerd in het Nooddecreet en aangevuld met compensaties voor eerdere ingrepen tussen 1981 en 2001 (het Historisch Passief). Meer specifiek impliceert dit de realisatie van het slik-schorgebied de Brakke Kreek en het historische Paardenschor en anderzijds de inrichting van Doelpolder Noord. Het geheel van maatregelen moet leiden tot robuuste natuur en is beschreven in de Achtergrondnota Natuur (Afdeling Natuur et al, 2006). De meer concrete invulling van de natuurontwikkeling in het havengebied op linkeroever zal vorm krijgen na uitwerking van het Milieueffectrapport Strategisch Plan Haven van Antwerpen dat in voorbereiding is (RA et al, 2007).

## 2.4 Beoordelingskader

Het beoordelingskader is uitgewerkt in hoofdstuk 4 van het milieueffectrapport. De beoordelingsaspecten voor de milieueffectbeoordeling zijn uitgewerkt in hoofdcriteria. Deze hoofdcriteria zijn rechtstreeks gekoppeld aan de zogenaamde *onderzoeksparementers*. Voor het specifieke overzicht van de onderzoeksparementers wordt verwezen naar paragraaf 2.7.1 van dit basisrapport.

## 2.5 Studiegebied

Het projectgebied is het gebied waarbinnen de projectactiviteiten zullen worden uitgevoerd: de vaargeul en de stortlocaties. Ten gevolge van de activiteiten wordt een gebied beïnvloed. Dit gebied heet het studiegebied.

In het algemeen bestaat het studiegebied uit het estuarium van de Westerschelde in Nederland, inclusief het mondingsgebied en de Zeeschelde en de eventuele landbergingsplaatsen in Vlaanderen die voorzien worden voor het bergen van baggerspecie. Voor de meeste aspecten zal het effect beperkt zijn naar stroomopwaarts toe tot de Rupelmonding. Inzake waterbeweging, zout- en slibdynamiek wordt het studiegebied uitgebreid tot de grenzen van het getijgebied (dit is tot Gent en de bovenlopen van de Rupel). Dit impliceert niet dat alle modellen expliciet tot deze grenzen reiken, maar dat expert judgement zal ingezet worden voor de beoordeling van de effecten op basis van de modelresultaten en modelbeperkingen voor het volledige studiegebied.

## 2.6 Referentiejaren

In het milieueffectrapport wordt er gekeken naar de effecten in de toekomst. Het verruimingsproject wordt mogelijk in de periode 2007-2009 uitgevoerd. Verwacht wordt dat het project in 2010 gerealiseerd is. Na 2010 zullen onderhoudswerkzaamheden nodig zijn om de gewenste diepte in de vaargeul te behouden.

In het onderzoek is uitgegaan van een effecthorizon voor de korte termijn van 2015 en een effecthorizon op (middel)lange termijn van 2030. Hiermee is een (maximale) uitwerktijd van korte termijn effecten van 5 jaar na de ingreep aangenomen.

Voor een verdere detaillering van deze referentiejaar wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van het milieueffectrapport.

## 2.7 Specifieke aspecten inzake aanpak voor dit basisrapport

### 2.7.1 Onderzoeksparementers

In dit basisonderzoek water, zijn een aantal onderzoeks- en tussenparameters gedefinieerd om uiteindelijk de effecten uit het beoordelingskader voor zowel water als natuur te bepalen. Het beoordelingskader voor natuur wordt voor een belangrijk deel bepaald door de beschikbaarheid van leefgebieden. Dat beoordelingskader wordt in het basisrapport Natuur behandeld. Hier is water slechts toeleverend.

In onderstaande tabel staan alle onderzoeks- en tussenparameters voor het wateronderzoek vermeld. Voor wat betreft de tussenparameters die van belang zijn voor de natuur is zo nauw mogelijk aangesloten bij het Zoutwater Ecotopen Stelsel ZES 1 (Rijkswaterstaat RIKZ, 2005). Alhoewel de definities in het ZES 1 ecotopenstelsel niet altijd even eenduidig zijn.

Om te voorkomen dat er rekening moest worden gehouden met verschillende grenzen volgens twee verschillende ecotopenstelsels is voor de Beneden-Zeeschelde slechts het gebied tot de Rupelmonde in beschouwing genomen (het zoutste deel). Daarbij is slechts rekening gehouden met de grenzen volgens ZES 1. Voor de Beneden-Zeeschelde is in de calibratie fase slechts gebruik gemaakt van het gebied dat zowel door de toegeleverde ecotopenkaart als de omvang van het model wordt bedekt. In Appendix I is een overzicht gegeven van het ZES 1 stelsel en de interpretatie daarvan.

| Code | Onderzoeks en tussenparameter                                                                                                    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1   | Oppervlak habitattypen (type 1110, 1130, 1310, 1320, 1330)                                                                       |
| E1   | Dynamiek habitat: verhouding hoogdynamisch en laagdynamisch gebied                                                               |
| E5   | Waterkwaliteit habitat: zoutgradiënt                                                                                             |
| M1   | Areaal geul (habitattype 1130)                                                                                                   |
| M2   | Areaal ondiep water (type 1130)                                                                                                  |
| M3   | Areaal litoraal hoogdynamisch (type 1130)                                                                                        |
| M4   | Areaal litoraal laagdynamisch, laag of middelhoog gelegen (type 1130)                                                            |
| M5   | Areaal laagdynamisch hoog gelegen (type 1130)                                                                                    |
| M6   | Areaal supralitoraal (type 1130)                                                                                                 |
| M7   | Areaal supralitoraal laag gelegen (habitattype 1310)                                                                             |
| M8   | Areaal supralitoraal middellaag gelegen (schorren met slijkgrasvegetatie, type 1320)                                             |
| M9   | Areaal supralitoraal middelhoog gelegen schor (habitattype 1330)                                                                 |
| M10  | Areaal supralitoraal hoog gelegen schor (habitattype 1330)                                                                       |
| M11  | Areaal diepe kustzone (habitattype 1110)                                                                                         |
| M12  | Areaal ondiepe kustzone (habitattype 1110)                                                                                       |
| M13  | Areaal schor                                                                                                                     |
| M14  | Breedte schor                                                                                                                    |
| M15  | Steilheid van de overgang tussen ecotopen/(sub) habitattypes                                                                     |
| M29  | Schuifspanning (ten behoeve van de bepaling van gebieden waar kans bestaat op erosie van het voorland van een deltaveilige dijk) |
| M30  | Areaal boven hoogwaterlijn op platen                                                                                             |
| M31  | Plaatrandlengte aan diep water                                                                                                   |
| W5   | Gemiddelde tijkrommen bij dood-, gemiddeld en springtij op een aantal locaties                                                   |
| W6   | Droogvalduur.                                                                                                                    |
| W8   | Stroomsnelheden ten behoeve van Nautiek                                                                                          |
| W9   | Maximale stroomsnelheden                                                                                                         |
| W13  | Frequentie van voorkomen van golven                                                                                              |
| W14  | Golfenergie                                                                                                                      |
| P57  | Risico's voor stabiliteit hoogwaterkering                                                                                        |
| P46  | Aanvaringsrisico (bepaald op basis van stroomsnelheid in de vaargeul)                                                            |

**Tabel 2.4:** Onderzoeks en tussenparameters.

### 2.7.2 Zeespiegelstijging

De zeespiegelrijzing op de rand van het te gebruiken model<sup>3</sup> is een belangrijke autonome ontwikkeling als gevolg van de klimaatsverandering. Concreet wordt hiervoor rekening gehouden met het meest aannemelijke midden scenario zoals ook is gebruikt in het strategisch milieueffectenrapport. Op basis van een extrapolatie en de versnelling in de tijd van de gemeten stijging van de gemiddelde waterstand van 3,6 centimeter in de periode 1976 – 1990 is een stijging van 1,36 centimeter aangehouden tussen 2001 (start simulaties strategisch milieueffectenrapport) en 2005 (start simulaties Milieueffectrapport Verruiming vaargeul), 3,5 centimeter tussen 2001 en 2010, 6,0 centimeter tussen 2001 en 2015 en 15 centimeter tussen 2001 en 2030 (zie consortium ARCADIS-Technum Onderzoeksplan, 2006). Deze cijfers komen goed overeen met het middenscenario zoals recent gerapporteerd in Klimaat in de 21<sup>e</sup> eeuw (Hurk et al, 2006). Dit komt overeen met de in het strategisch milieueffectenrapport aangenomen waarden van de zeespiegelstijging. Tabel 2.5 geeft naast de zeespiegelstijging ook de gemiddelde waterstanden in de te beschouwen jaren ten opzichte van NAP. Zie ook figuur 2.3 voor het verloop in de tijd.

| Jaar | Zeespiegelstijging ten opzichte van 2001 (meter) | Gemiddelde waterstand (m ten opzichte van NAP) |
|------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 2001 | -                                                | NAP - 0,017                                    |
| 2005 | 0,0136                                           | NAP - 0,0035                                   |
| 2010 | 0,035                                            | NAP + 0,018                                    |
| 2015 | 0,060                                            | NAP + 0,043                                    |
| 2030 | 0,150                                            | NAP + 0,133                                    |

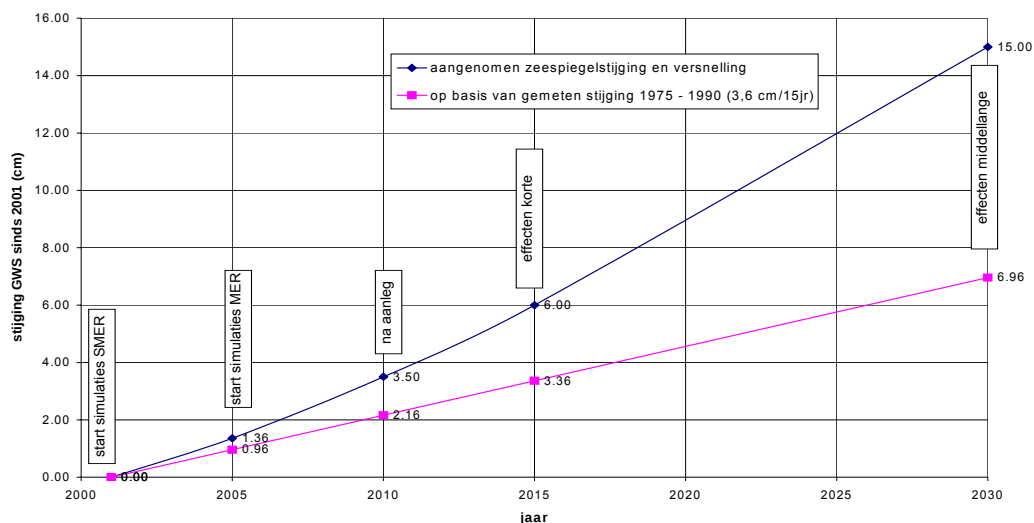
**Tabel 2.5:** Zeespiegelstijging als functie van de tijd

Het is van belang de zeespiegelstijging netjes mee te nemen in de modellering. De zeespiegelstijging zorgt immers, net als zandwinning voor een toename van de waterinhoud van het estuarium. Bij een oppervlakte van het estuarium van 370 km<sup>2</sup> (vanaf de monding nabij Vlissingen tot en met alle getijvoerende zijrivieren), zorgt een zeespiegelstijging van 1 centimeter voor een toename van de waterinhoud van het estuarium met 3,7 miljoen m<sup>3</sup>.

De ingrepen als gevolg van de verruiming van de vaargeul zijn eenmalig. Het onderhoudsbaggerwerk is weliswaar een voortgaande activiteit, maar voor beiden geldt dat het voornamelijk verplaatsingen van materiaal binnen het estuarium betreft, zonder dat de waterinhoud van het estuarium toe of afneemt. De zeespiegelstijging heeft een direct effect op de intergetijde-arealen en de getijvoortplanting.

---

<sup>3</sup> De middenstanden op de zeerand van het model Kustzuid 4 dat gebruikt wordt voor de generatie van randvoorwaarden, liggen 3 centimeter lager ten opzichte van Vlissingen: dus voor 2005 resulteert dit in 0,0035 meter beneden NAP op de rand (Vlissingen NAP + 0,0265 meter).



**Figuur 2.3:** Aangenomen zeespiegelstijging

## 2.7.3 Randvoorwaarden

### Model

Het bestaande Kustzuid-model versie 3 (nota RWS, 2005) is in het kader van een studie voor de Vlaamse Overheid (Alkyon, 2006) uitgebreid met de schematisatie van het NeVla-model bovenstrooms van de bocht bij Bath met een overgang tussen de twee modellen in dit gebied. Dit is indertijd Kustzuid versie 4 genoemd. In het kader van dezelfde studie is de rivierschematisatie op de Belgische rivieren hier en daar aangepast door het rooster meer langs de as van de rivier te leggen. Dit zullen we hier versie 5 noemen. Het model dekt de Westerschelde en de Zeeschelde met al zijn door het getij beïnvloedde zijtakken tot de plaats waar een constructie verdere invloed van het getij onmogelijk maakt. Zie Appendix VI voor enkele roosterfiguren.

### Aansturing

Dit model is aangestuurd met optimale astronomische randvoorwaarden op zee. Hiervoor is door het RIKZ gebruik makend van randvoorwaarden Kalman-filtering met het Kustzuid-model versie 3 het jaar 2004 doorgerekend en is een getij analyse uitgevoerd op alle steunpunten. Daarbij is er een vergelijking gemaakt tussen de berekende en de op basis van metingen gegenereerde getijkrommes. De overeenkomst is zeer goed. De ligging van de zeeranden voor de versies 3, 4 en 5 komen met elkaar overeen.

Voor de bovenafvoer van de verschillende rivieren die op de Schelde uitkomen, zijn de gegevens afgeleid uit de Sigmaplan studie (IMDC, 2003 en basisrapport Zoutdynamiek). Daarbij zijn er analyses gemaakt voor de bovenafvoeren voor de jaren 1971 – 2000. Daaruit is een verdeling afgeleid over de verschillende takken. De totale gemiddelde afvoer bedraagt 122 m<sup>3</sup>/s. De afvoeren zijn op de uiteinden van de verschillende rivieren opgedrukt. Het betreft de Zeeschelde te Gent (35 m<sup>3</sup>/s), de Rupel (64 m<sup>3</sup>/s) onderverdeeld naar de Zenne, de Dijle, de grote Nete en de kleine Nete, de Durme (2 m<sup>3</sup>/s), de Dender (10 m<sup>3</sup>/s) en de afvoer van het Bathse spuikanaal (11 m<sup>3</sup>/s).

Ten behoeve van de 3D simulaties voor zout en slib (zie basisrapport Zoutdynamiek en basisrapport Slibdynamiek) zijn er voor het referentiejaar 2005, ook twee simulaties uitgevoerd met een lage, respectievelijk een hoge afvoer voor de rivieren die op de Schelde uitkomen.

#### 2.7.4 Simulaties

Ten behoeve van het onderzoek zijn er verschillende groepen simulaties uitgevoerd.

Het betreft:

1. Simulaties ten behoeve van het genereren van randvoorwaarden voor dit en andere onderzoeken (water, morfologie en zout en slib)
2. Simulaties ten behoeve van het onderzoek van de ecotopenarealen en de wijzigingen in de water parameters (onderzoek in dit basisrapport).

Een overzicht van de simulaties ten behoeve van de randvoorwaarden voorziening staat in tabel 2.6.

|            |                   |                       |
|------------|-------------------|-----------------------|
| KustZuid   | Tstart            | is 12 juni 1998 05:25 |
| RVW-Alkyon | Tstop             | is 13 juli 1998 04:45 |
|            | Relevante periode |                       |
|            | van               | 14 juni 1998 05:55    |
|            | tot en met        | 9 juli 1998 18:05     |

|          |                   |                           |
|----------|-------------------|---------------------------|
| KustZuid | Tstart            | is 1 december 2000 00:00  |
| RVW-WL   | Tstop             | is 18 december 2000 00:00 |
|          | Relevante periode |                           |
|          | van               | 16 december 2000 12:50    |
|          | tot en met        | 17 december-2000 13:50    |

|               |                   |                       |
|---------------|-------------------|-----------------------|
| NeVla         | Tstart            | is 14 juni 1998 06:00 |
| Alkyon & IMDC | Tstop             | is 9 juli 1998 18:00  |
|               | Relevante periode |                       |
|               | van               | 24 juni 1998 05:50    |
|               | tot en met        | 9 juli 1998 18:00     |

**Tabel 2.6:** Overzicht simulatieperioden ten behoeve van randvoorwaarden voorziening.

##### *Ad 1) Simulaties ten behoeve van de randvoorwaarden*

Ten behoeve van het genereren van de randvoorwaarden voor de hoogresolutie modellen voor de onderzoeken ten behoeve van water, zout en slibverspreiding, zijn vier simulaties uitgevoerd. Er is steeds een periode van een volle maand gesimuleerd. Dat is nodig omdat voor de onderzoeken ten behoeve van de water, zout en slibparameters, steeds een representatieve volledige springtij doortij cyclus nodig is. De simulaties zijn gedraaid voor de jaren 2005, 2010, 2015 en 2030. Daarbij is steeds rekening gehouden met de juiste zeespiegelstijging. Door steeds dezelfde periode in 1998 te simuleren wordt alleen de variatie in middenstand meegenomen en niet de langjarige variaties in het getij die het gevolg zijn van andere invloeden (bijvoorbeeld het nodaal getij met een periode van 18,6 jaar)

Ten behoeve van de generatie van randvoorwaarden voor de morfologische studie zijn eveneens 4 simulaties gedraaid.

Er is steeds een periode van 17 dagen doorgerekend. De periode van 17 dagen was nodig om voldoende goed ingespeelde randvoorwaarden te krijgen. Steeds zijn voor de laatste dag van deze simulatie, voor de periode van 16 december 2000 12:50 uur tot 17 december 2000 13:50 uur randvoorwaarden gegenereerd en toegeleverd aan de morfologische studie. De initiële velden voor waterstanden en saliniteiten zijn gebaseerd op resultaten uit de eerder genoemde studie voor de Vlaamse Overheid.

Ook voor deze simulaties is rekening gehouden met de zeespiegelstijging door de middenstand op de zeerland te corrigeren met -0,35, 1,8, 4,3 en 13,3 centimeter voor respectievelijk de jaren 2005, 2010, 2015 en 2030. Door steeds dezelfde periode in 2000 te simuleren, wordt alleen de variatie in middenstand meegenomen en niet de langjarige variatie in het getij die het gevolg zijn van andere invloeden.

Ook is geen rekening gehouden met de bodemontwikkelingen in de Westerschelde. Er mag verwacht worden dat deze ontwikkelingen een marginale invloed hebben op de zeerlanden van de gebruikte modellen. Deze zeerlanden bevinden zich ver (meer dan 60 kilometer) buiten de monding van de Westerschelde.

Met dit Kustzuid-model versie 5 zijn harmonische randvoorwaarden gegenereerd, voor het door WL|delft hydraulics gebruikte morfologische model (zie basisrapport Morfologie) voor de gevraagde periode. Voor de zeerland betreffen dit Riemann-randvoorwaarden en voor de rand op de Zeeschelde ter hoogte van Schelle een debiet-randvoorwaarden (een negatieve waarde duidt op een debiet in de richting van Antwerpen). Hiervoor zijn weer Fourier- analyses uitgevoerd op de gegenereerde Riemann-tijdseries en de berekende debiet tijdserie. Een goede overeenkomst met de tijdseries werd bereikt door 12 componenten mee te nemen. De 12<sup>e</sup> component komt overeen met een periode van orde 2 uur.

#### *Ad 2) Simulaties ten behoeve van dit onderzoek*

Ten behoeve van dit onderzoek en het onderzoek naar zout en slibverspreiding is steeds het NeVla model gedraaid voor deze zelfde periode van 2 weken met een volledige representatieve springtij doodtij cyclus. Het model is nu steeds doorgestart op het ingespeelde zout, waterstands en snelheidsveld uit de simulaties voor de randvoorwaarden voorziening. Op de juiste plaatsen zijn hier steeds de randvoorwaarden toegeleverd aan de 3D zout en slib simulaties voor de basisonderzoeken zout en slib. In deze simulaties zijn niet alleen de effecten van zeespiegelstijging voor de juiste jaren meegenomen, maar ook de aanzanding en erosie behorende bij de inrichtingsvariant met verdiepte vaargeul en stortstrategie.

Een overzicht van de simulaties zoals die ten behoeve van de bepaling van de intergetijde arealen in deze studie zijn uitgevoerd staat in onderstaande tabel. Daarnaast zijn voor de geselecteerde 3 alternatieven P1, P2 en P3 simulaties uitgevoerd voor 2010. Op basis van die resultaten zijn de simulaties P4N en P4P beiden geheel doorgerekend.

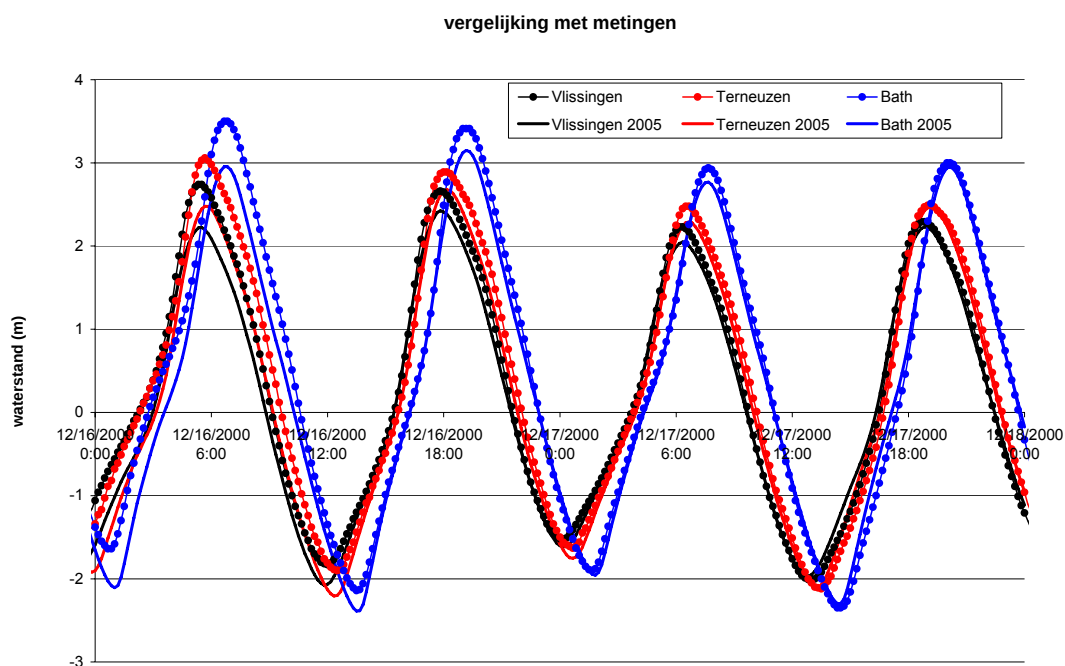
|                                                                      | Rekenjaar |       |        |        |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|-------|--------|--------|
|                                                                      | 2005      | 2010  | 2015   | 2030   |
|                                                                      | Bodem     |       |        |        |
|                                                                      | 2004/2005 | 2010  | 2015   | 2030   |
| Huidige situatie                                                     | HS05      |       |        |        |
| Nulalternatief inclusief autonome ontwikkeling + stortstrategie 2006 |           | NA10  | NA15   | NA30   |
| Nulplusalternatief + flexibel storten                                |           |       | NA+15  | NA+30  |
| P4N Optimale variant + flexibel storten                              |           | P4N10 | P4N15  | P4N30  |
| P4P Optimale variant + flexibel storten                              |           | P4P10 | P4P15  | P4P30  |
| Verdieping + stortstrategie 2006 (project alternatief min)           |           |       | P - 15 | P - 30 |

In aanvulling zijn nog twee extra simulaties uitgevoerd voor hoge en voor lage afvoer in 2005.

**Tabel 2.7:** Overzicht uitgevoerde simulaties

### Controle op resultaten voor toelevering morfologie

In figuur 2.4 zijn de werkelijk opgetreden waterstanden vergeleken met de berekende waterstanden uit de 2005-simulatie voor de december periode.



**Figuur 2.4:** Vergelijking gemeten en berekende waterstanden voor december 2005, ten behoeve van de morfologie

De amplitude en fase komen goed met de metingen overeen. De eerste twee getijperioden is er nog enig verschil in de middenstand te zien, waarschijnlijk veroorzaakt door meteorologische invloeden.

## 2.7.5 Globale onderzoeksmethode

### Intergetijde-arealen

In het morfologisch onderzoek worden de bodemveranderingen bepaald die in 2015 en 2030 zullen optreden bij de in paragraaf 2.2.2 gedefinieerde alternatieven. De voorspelde bodems vormen de basis voor het bepalen van arealen in het ecologisch onderzoek. Voor 2015 is dat gebaseerd op de resultaten van Delft3D simulaties, voor 2030 op de Estmorf simulaties. Het nut van het gebruik van een apart waterbewegingsmodel voor deze bepaling zit in twee aspecten.

Het eerste aspect heeft te maken met het waterbewegingsmodel zelf, dat veel meer detail in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde heeft dan het morfologie model. De dichtheid van punten in het waterbewegingsmodel (orde 30 bij 50 meter) is grofweg een factor 9 groter dan in het morfologiemodel (orde 90 bij 150 meter). De bodem in het model wordt bepaald op basis van de hoogresolutie bodem zoals toegeleverd door de opdrachtgever. Slechts de bodemveranderingen uit de morfologische modellen worden hierop gesuperponeerd. Op deze wijze kunnen de veranderingen in intergetijde arealen nauwkeuriger worden bepaald.

Het tweede aspect heeft te maken met de representatieve springtij-doodtij cyclus waarvoor gerekend wordt. In de morfologische simulaties wordt een andere periode gebruikt. Ook zijn de randvoorwaarden voor hoge en lage afvoer (nodig voor de 3D zoutsimulaties in het basisrapport Zoutdynamiek) vanuit deze gedetailleerde simulaties afgeleid.

In het ecologisch onderzoek is een aantal ecotopen onderscheiden (zie tabel 2.8). In deze tabel is te zien dat de grenzen tussen ecotopen, onder anderen gerelateerd zijn aan het voorkomen van bepaalde waterstanden of door de frequentie van overstroming. De frequentie van overstromen is precies gelijk aan 1 gedeeld door de droogvalduur in procenten. Door een verandering in de bodemligging in het Schelde-estuarium zullen de waterstanden in het estuarium wijzigen waardoor ook de ligging van de grenzen en vervolgens ook de intergetijde arealen zullen veranderen. Daarnaast vormt de dynamiek van de stroomsnelheden een rol.

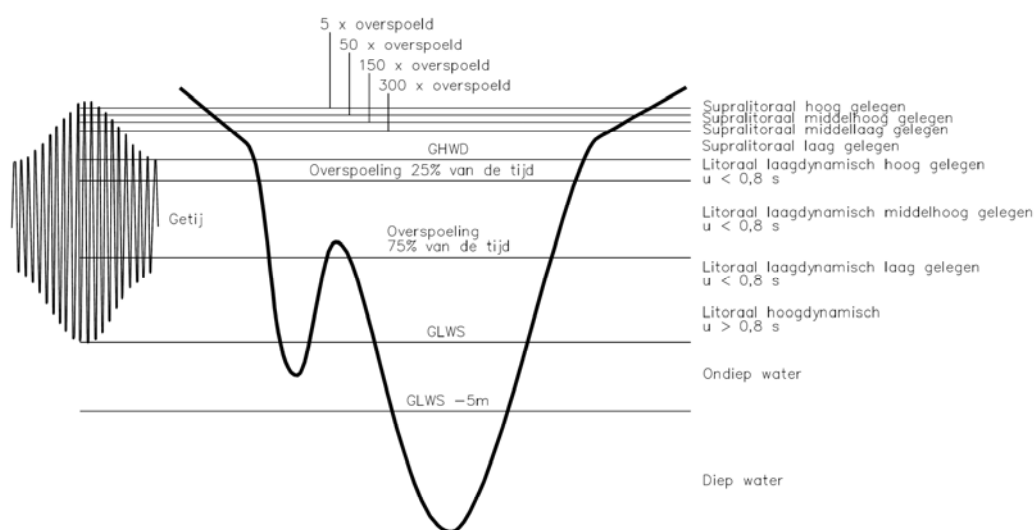
Juist voor de dynamiek van deze stroomsnelheden is de definitie van ZES1 niet eenduidig. Deze stroomsnelheidsgrens van 0,8 m/s is gebaseerd op de 1 maal per jaar voorkomende storm. Aangezien deze 1 maal per jaar voorkomende storm niet gedefinieerd is, is er in deze studie in de calibratiefase een snelheidsgrens afgeleid die ongeveer dezelfde verdeling hoog- / laagdynamisch areaal geeft, als in de ecotopenkaarten van het RIKZ.

Voor de ecologische effectvoorspelling (zie de hoofdstukken per variant) is het van belang om inzicht te krijgen in de te verwachten veranderingen in de ligging van de grenzen tussen de ecotopen en de verandering in de intergetijde arealen die in de verschillende alternatieven en varianten kunnen worden verwacht.

| Ecotoop                                             | Grenzen                                                 |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Supralitoraal hooggelegen (hoog schor)              | 5 – 50 keer/jaar overstroomd                            |
| Supralitoraal middelhoog gelegen (middelhoog schor) | 50 – 150 keer/jaar overstroomd                          |
| Supralitoraal middellaag gelegen                    | 150 – 300 keer/jaar overstroomd                         |
| Supralitoraal laag gelegen                          | GHWD – 300 keer/jaar overstroomd                        |
| Supralitoraal                                       | Ligging boven GHWD                                      |
| Litoraal                                            | GLWS - GHWD                                             |
| Litoraal laagdynamisch, hoog gelegen                | Overspoeling tot 25 procent - GHWD, $u < 0,8\text{m/s}$ |
| Litoraal laagdynamisch, laag of middelhoog gelegen  | GLWS – overspoeling tot 25 procent, $u < 0,8\text{m/s}$ |
| Litoraal hoogdynamisch                              | GLWS – GHWD, $u > 0,8\text{m/s}$                        |
| Ondiep water                                        | GLWS – GLWS -5 meter                                    |
| Geul                                                | Dieper dan 5 meter onder GLWS                           |

**Tabel 2.8:** Ecotoopgrenzen volgens ZES1

De verticale opeenvolging van de hierboven genoemde ecotopen is grafisch weergegeven in figuur 2.5. Deze komt overeen met de indeling volgens het Zoutwater Ecotopen Stelsel 1, zoals gepubliceerd door het RIKZ (RWS RIKZ, 2005).



**Figuur 2.5:** Overzicht ecotopengrenzen

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de wijze waarop de uiteindelijk gegenereerde GIS ecotopen kaarten tot stand zijn gekomen wordt verwezen naar de hoofdstukken 3 en 4. In hoofdstuk 3 ligt daarbij het accent op de huidige ecotopenarealen. In hoofdstuk 4 wordt stilgestaan bij de calibratie van het ecotopenstelsel.

## **Droogvalduren**

Naast de oppervlakten van intergetijde arealen hebben de ecologen en habitat deskundigen specifiek behoefte aan beelden waarin wordt aangegeven welk percentage van de tijd ieder punt in het model droog is. Bepaalde organismen hebben behoefte aan gebieden die kort overstroomd maar bij voorkeur 80 à 90 procent van de tijd droog zijn. Daartoe zijn zogenaamde droogvalduur kaarten gemaakt. Deze kaarten zijn gebaseerd op de representatieve springtij doottij cyclus van 15 dagen en geven per punt aan welk percentage van de tijd een punt droogvalt.

## **Onderzoeksmiddelen**

De in het morfologisch onderzoek voor de verschillende alternatieven bepaalde bodemveranderingen (zie basisrapport Morfologie) zijn samen met de autonome ontwikkeling (zeespiegelstijging) bepalend voor de oppervlakteverdeling van de verschillende ecotopen.

De ingrepen als gevolg van de verruiming van de vaargeul zijn eenmalig. Het onderhoudsbaggerwerk is weliswaar een voortgaande activiteit, maar voor beiden geldt dat het verplaatsingen van materiaal binnen het estuarium betreft, zonder dat de waterinhoud van het estuarium toe of afneemt. De zeespiegelstijging heeft een direct effect op de intergetijde arealen en de getij voortplanting.

Om die reden is besloten om de bodemveranderingen die uit de morfologische berekeningen worden afgeleid te interpoleren naar een (Waqua in) Simona-model met een hogere resolutie. Simona is net als Delft3D een procesmodel dat de tijdsafhankelijke waterbeweging in 2 of 3 dimensies simuleert. Het model is eigendom van Rijkswaterstaat. In dit onderzoek wordt 2D gerekend. In het strategisch milieueffectenrapport is reeds ervaring opgedaan met het bepalen van de areaalveranderingen met behulp van het Simona-model.

In het Simona-model zijn achtereenvolgens de bodemveranderingen ingebouwd die beschikbaar zijn gekomen uit de morfologische simulaties van de verschillende alternatieven en varianten. Door simulaties voor een representatieve springtij-doottij-cyclus uit te voeren is de invloed van de verdieping op de doordringing van het getij in het estuarium bepaald voor de verschillende alternatieven en varianten en in de beschouwde tijdshorizon (2010, 2015 en 2030).

### **Lokaal bepaalde referentieniveaus.**

In de deelnota Water (Alkyon, 2004) is reeds aangetoond dat het gebruik van een vast referentie vlak (bijvoorbeeld NAP of TAW) geen juiste benadering oplevert. Immers de levensgemeenschappen bepalen op basis van de lokale omstandigheden of ze zich wel of niet prettig voelen. Het is dan ook van groot belang steeds lokaal de gemiddelde waterstanden en alle referentieniveaus te bepalen.

Het gebruik van ruimtelijke interpolatiemethoden (onder andere methode Habets, 2003) op basis van gemeten waterstanden gaat hieraan voorbij. Een toevallige stormvloed zal lokaal tijdelijk leiden tot een veel hogere waterstand en mogelijk een groot aantal ecotopen vernietigen. Bepalend is echter het jaargemiddelde gedrag rond het beschouwde gebied. Om dezelfde reden is het van belang niet een toevallig jaar te nemen maar een zorgvuldig gekozen referentiejaar waar de effecten van de langjarige schommelingen in het getij (nodaal getij met een periode van 18,6 jaar) uit zijn verwijderd. Anders is een goede vergelijking van de alternatieven of varianten niet mogelijk. Datzelfde geldt voor een toevallig jaar met wat meer wind uit het westen. Ook daarvoor geldt dat de toevallige effecten daarvan voor de vergelijking in de context van het Milieueffectrapport niet moeten worden meegenomen.

In het huidige onderzoek is deze grens nader verfijnd. Op basis van de recent gepubliceerde ecotopenkaarten (1996, 2001 en 2004) is met behulp van het Simona-model van de huidige situatie een nadere verificatie uitgevoerd welke stroomsnelheid zal worden gebruikt als grenswaarde tussen hoog- en laagdynamisch litoraal. Deze calibratie (zie hoofdstuk 4) bestaat uit het vergelijken van de in de ecotopenkaarten aangegeven grenzen met de voorkomende stroomsnelheden in het Simona-model.

Een soortgelijke calibratie is uitgevoerd voor de ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tot aan de monding van de Rupel. Hiertoe is uit de toegeleverde ecotopenkaart van de Beneden-Zeeschelde voor het relevante gebied een vergelijking gemaakt met de berekende waarden. Omdat het hier om het meest zeewaartse, relatief zoute deel van de Beneden-Zeeschelde gaat, is in de vergelijking bewust vastgehouden aan de zoute grenzen volgens het ZES 1 stelsel.

Omdat de ecotoopgrenzen mede worden gedefinieerd door de karakteristieke waterstanden binnen een springtij-doodtij-cyclus en omdat de frequentie van overstroming van het gebied ook bepalend is voor de indeling van ecotopen is een representatieve springtij-doodtij-cyclus gebruikt als randvoorwaarde voor de simulaties. De simulaties zijn uitgevoerd met een gemiddeld bovenstrooms debiet op de Schelde.

Voor het strategisch milieueffectenrapport is programmatuur ontwikkeld om op basis van een representatieve springtij-doodtij-cyclus de oppervlakten van de verschillende ecotopen te bepalen. Deze programmatuur is in deze studie verder verfijnd en in GIS ingebracht zodat een betere vergelijking kan plaatsvinden. Op die wijze kunnen de veranderingen in beeld worden gebracht.

De habitattypen (ecotopen) worden bepaald voor deelgebieden die tezamen het gehele onderzoeksgebied binnen het Schelde-estuarium dekken. Het totale oppervlak (van dijk kruinlijn tot dijk kruinlijn) wordt dus meegenomen en de som van alle typen is altijd weer 100 procent van het oppervlak van het onderzoeksgebied.

Alle simulaties zijn gemaakt voor de zelfde representatieve springtij doodtij cyclus. Eerst is er een volledige springtij-doodtij-cyclus ingespeeld, waarna de echte simulatie volgt. Voor elke rekencel in het gebied is op basis van de lokale waterstand bepaald voor welk percentage van de tijd de cel overstroomd wordt.

De geselecteerde cyclus wordt gekenmerkt door 27 opeenvolgende getijden, waarvan het springtijbereik ongeveer gelijk is aan het bereik tussen GHWS en GLWS en het doodtijbereik ongeveer gelijk is aan het bereik tussen GHWD en GLWD.

Het gemiddelde niveau op de zeerand is bovendien ongeveer gelijk aan de gemiddelde zeespiegelstand voor een bepaald jaar (GW is Gemiddeld Water). Het model is zo opgezet dat de gemiddelde waterstand in Vlissingen voor 2005 ongeveer overeenkomt met het langjarige gemiddelde stijgende niveau van de middenstand in Vlissingen (Rijkswaterstaat, getijtafels 2007).

Bij zeespiegelstijging (2010, 2015 en 2030) wordt een aangepaste middenstand bepaald en gebruikt.

Voor elk jaar waarvoor de waterbeweging berekend moet worden, worden vervolgens in elk punt van het model de GLWS, de GLWS – 5 meter, de GHWD, enzovoort bepaald. Die niveaus zijn per jaar en per locatie anders. Er wordt dus gebruik gemaakt van lokaal bepaalde niveaus voor de areaal bepaling en geen absolute niveaus. Uit het strategisch milieueffectenrapport bleek dat dit fundamenteel een veel juistere keuze is.

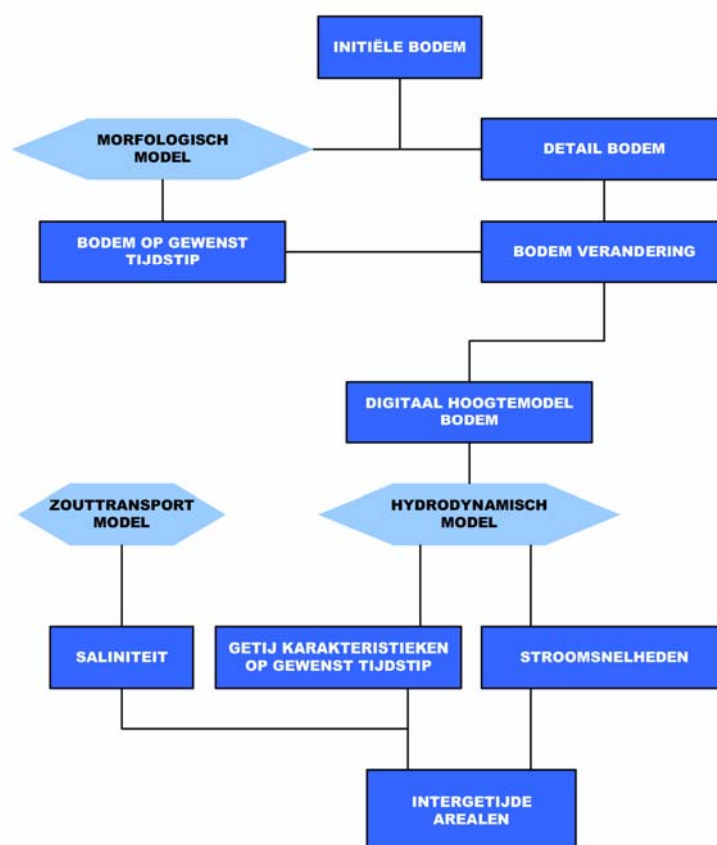
### Nadere ecotoopindeling op basis van saliniteit

De ecotopen zijn tevens ingedeeld op basis van saliniteit. In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de tabel 2.9 gepresenteerde saliniteitsgrenzen. De zoutvariatie wordt gedefinieerd als het quotiënt van vier keer de standaarddeviatie van het zoutgehalte en het gemiddelde zoutgehalte, vermenigvuldigd met 100 procent.

|               | ZOUTGEHALTE (PSU) |                  |              |
|---------------|-------------------|------------------|--------------|
| Zoutvariatie  | < 5,4<br>zoet     | 5,4 – 18<br>brak | > 18<br>zout |
| ≤ 100 procent | Weinig variabel   |                  |              |
| > 100 procent | Variabel          |                  |              |

**Tabel 2.9:** Gehanteerde saliniteitsgrenzen

De arealen worden via GIS technieken ingedeeld middels saliniteitsvelden (zoet, brak en zout) en snelheidsvelden, die beide resulteren uit de modelsimulaties, zodat inzicht kan worden gegeven in de oppervlakte van de verschillende arealen in een zoet, brak of zout milieu. (zie figuur 2.6).



**Figuur 2.6:** Bepaling intergetijde arealen.

## 2.8 Onzekerheden in modellen

Hoofdconclusie is dat de modelberekeningen voor water geen significante onzekerheid toevoegen aan de onzekerheden die de morfologiemodellen al hebben opgeleverd. Onderstaand wordt deze conclusie verder onderbouwd.

Voor het simuleren van de waterbeweging in zoete en zoute wateren wordt in Nederland veelvuldig gebruik gemaakt van waterbewegingmodellen. De meest gebruikte zijn Waqua in Simona en Delft2/3D Flow. Beide modellen geven schematisaties van de werkelijkheid.

Die schematisatie aspecten zijn terug te vinden in alle deelaspecten van het model.

- Zo zijn de gebruikte vergelijkingen (in 2D) benaderingen van de 3D Navier Stokes vergelijkingen. Daarin zijn aannamen gedaan over de hydrostatica (Boussinesq hypothese), de onsamendrukbaarheid van water en vele andere benaderingen voor bijvoorbeeld turbulentie (via de bodemwrijving), viscositeit, enzovoort.
- De ligging van de bodem is geschematiseerd op een rooster en de randvoorwaarden zijn eveneens schematisaties van de werkelijkheid.
- De vergelijkingen worden opgelost met behulp van een numerieke benadering. Gegeven een bepaalde resolutie in tijd en ruimte voor de afbeelding van de vergelijkingen, heeft de oplossing zelf een bepaalde nauwkeurigheid.

De nauwkeurigheid waarmee een dergelijk model in staat is de werkelijkheid na te bootsen is sterk afhankelijk van de schematisatie en van de calibratie van het model. Naarmate de resolutie in tijd en ruimte hoger wordt, wordt het model in het algemeen nauwkeuriger in absolute zin. Dat wil zeggen dat een op basis van een goed gekalibreerd en gevalideerd waterbewegingmodel berekende waterstand in bijvoorbeeld Bath achter in de Westerschelde gesimuleerd kan worden tot op orde 10 centimeter nauwkeurig.

De absolute afwijkingen zijn enerzijds het gevolg van toevallige verschijnselen zoals bijvoorbeeld een kort optredende wind, een toevallig het meetinstrument passerend schip, onnauwkeurigheden (toevallig en systematisch) in bodem, in benadering van de vergelijkingen enzovoort. De praktijk heeft in de loop der jaren geleerd dat we in staat zijn de waterstanden in absolute zin tot op orde 10 centimeter nauwkeurig te bepalen.

De relatieve nauwkeurigheid van een model is uiteraard veel hoger dan de absolute nauwkeurigheid van het model. De relatieve nauwkeurigheid moet gezien worden als de onzekerheden die optreden in vergelijkende sommen (opnieuw uitgaande van een voldoende gedetailleerd model dat goed gekalibreerd is). De vraag is nu hoe groot de relatieve nauwkeurigheid is van een dergelijk model.

In andere woorden en meer toegespitst op de gebruikte modellen voor de verruiming van de Vaargeul:

Er wordt een simulatie gemaakt met bodem A en er wordt een identieke simulatie gemaakt met bodem B met verruiming. De verschillen tussen bodem A en bodem B bedragen voor wat betreft de inhoud van het estuarium bij gemiddelde waterstand minder dan 1 – 1,5 procent.

Wat is nu de fout die er gemaakt wordt in de voorspelling van de waterstandsverschillen tussen beide simulaties. Daarvoor zijn geen exacte uitspraken te doen, wel kan er iets geschat worden. Voorwaarden daarbij zijn:

- De ingreep moet beperkt zijn ten opzichte van de originele simulatie (hier 1 à 1,5 procent)
- De ingreep moet met voldoende detail geschematiseerd kunnen worden. Dat kan met de gebruikte modellen nauwkeurig
- De ingreep moet geen of vrijwel geen invloed hebben op de randvoorwaarden
- Alle andere parameters en voorwaarden blijven identiek

Uitgaande van dezelfde afwijkingen in relatieve voorspellingen als uit ervaring gebleken is bij de absolute voorspellingen, dan is de nauwkeurigheid voor Bath orde 10 centimeter op een range van 5 meter, dat is orde 2 procent. Idem dito geldt voor de verschilvoorspellingen orde 2 procent van 10 centimeter, orde 2 millimeter. Indien de afwijkingen inderdaad van deze orde van grootte zijn, dan voegen de simulaties zoals die in deze studie zijn uitgevoerd, geen onnauwkeurigheid toe aan de onnauwkeurigheid zoals die vanuit de morfologie studie zijn toegeleverd. Voor een omschrijving van de onnauwkeurigheid in de morfologie wordt verwezen naar het basisrapport Morfologie voor deze studie.

Daarnaast is er een extra vertaalslag gemaakt op de resultaten om de arealen onder te verdelen in hoog- en laagdynamische gebieden. De scheiding tussen hoog- en laagdynamische gebieden is bepaald door de kritische snelheid. Dit is de tijdens een representatieve springtij doodtij cyclus maximaal optredende snelheidsgrootte in een punt. Hierbij is een aanname gedaan voor de kritische snelheid, waarbij de resultaten het beste overeenkomen met waarnemingen (zie ook Hoofdstuk 4, onder calibratie ecotopenarealen). Deze aanname is in zekere mate arbitrair en brengt door de gebrekkige definitie in ZES1 onzekerheden met zich mee in de absolute resultaten, maar de resultaten worden in het milieueffectrapport slechts relatief gebruikt ten opzichte van het nulalternatief of de autonome ontwikkeling daarvan, zodat de onzekerheid hierdoor weer significant reduceert.

Het spreekt echter voor zich dat een keuze voor een hogere snelheid leidt tot meer laag dynamisch areaal en ook tot een kleinere verandering daarin als gevolg van een ingreep.

Om hiervan een beter beeld te krijgen zijn de resultaten voor de arealen in 2010 (P4P variant) nog eens aan een gedetailleerde analyse onderworpen vanwege de veranderingen in dynamica. Hiervoor wordt verwezen naar Hoofdstuk 8.

In de praktijk blijkt dat de verschuivingen van laag- naar hoogdynamisch en omgekeerd (beiden komen frequent voor, want er gaan bij deze resolutie toch orde enkele honderden vakjes beide kanten op) voornamelijk plaatsvinden langs de randen van de ondiepere gebieden. Op een schijnbaar toevallig aantal plekken is er een minimale verschuiving in waterstand en diepte (niet op de stortplaatsen zelf), die resulteert in een geringe verhoging of verlaging van de snelheid van orde 1 - 3 cm/s, met als gevolg een verschuiving van laag naar hoogdynamisch. Dat is een direct gevolg van de scherpe toepassing van het ZES1 stelsel. Daarbij wordt alleen gekeken naar dieptegemiddelde snelheden en niet naar bijvoorbeeld de snelheid op 0,5 meter boven de bodem. De veranderingen zelf worden niet als significant gezien.

## 3 Kenmerken van het onderzoeksgebied

### 3.1 Algemene omschrijving fysica

De Schelde is een open estuarium met een totale oppervlakte van orde 370 km<sup>2</sup>. De waterinhoud van het estuarium bedraagt vanaf de lijn Vlissingen Breskens op dit moment ongeveer 3,4 miljard m<sup>3</sup> onder NAP, onder NAP +3 meter is dit getal 4,4 miljard m<sup>3</sup>. De lengte van het estuarium bedraagt gemeten vanaf de monding bij de lijn Vlissingen Breskens tot Gent 160 kilometer. De breedte op de lijn Vlissingen Breskens bedraagt 5 kilometer en neemt af tot 54 meter nabij Gent. Kenmerkende locaties zijn Vlissingen, Terneuzen, Bath, Antwerpen, Schelle en Gent (Melle). Alle hier gerepresenteerde getalwaarden betreffen gemeten of van metingen afgeleide waarden.

### 3.2 Getij

Het getij op de gehele Schelde is dominant dubbeldaags, met een geringe dagelijkse ongelijkheid. Die bedroeg gemiddeld in 1991 bij Vlissingen bij HW 12 centimeter en bij LW 24 centimeter. Het gemiddelde getijbereik (het verschil tussen hoog en laag water) loopt van 3,86 meter nabij Vlissingen, via 4,83 meter nabij Bath tot ongeveer 5,20 meter bij Antwerpen (Rijkswaterstaat, kengetallen MWTL, 1998). Het grootste getijbereik wordt op het traject tussen Schelle en Temse bereikt.

De totale langjarig gemiddelde rivierafvoer van zoet water die bij de Schaar van Ouden Doel het bredere Nederlandse gedeelte van het Schelde-estuarium binnenstroomt, bedraagt 127 m<sup>3</sup>/s of 5,7 miljoen m<sup>3</sup> zoet water per getij periode van ongeveer 12 uur en 25 minuten. De gemiddelde maandaafvoer varieert tussen de 60 m<sup>3</sup>/s voor de maanden april tot oktober en de 180 m<sup>3</sup>/s voor de maanden december tot februari (Rijkswaterstaat, kengetallen MWTL 1998).

Voor het totale getijvolume van de Westerschelde vanaf de lijn Vlissingen Breskens geldt een waarde van ongeveer 1000 miljoen m<sup>3</sup>. Dat getal neemt af tot ongeveer 150 miljoen m<sup>3</sup> nabij de Schaar van Ouden Doel. Uiteraard is de gemiddelde zoetwaterafvoer hier slechts een fractie van, namelijk ongeveer 4 procent.

Het gemiddelde tijdstip van optreden van hoog en laag water op een bepaalde plaats, is gerelateerd aan het tijdstip van de maansdoorgang door de plaatselijke meridiaan. Het verschil tussen deze twee tijdstippen staat bekend als het havengetal. Vroeger werd daar veelvuldig gebruik van gemaakt. Tegenwoordig wordt er nauwelijks nog gebruik van gemaakt. Toch zijn de tijdsverschillen tussen tijdstip van optreden van hoog en laag water nog steeds van groot belang. In een estuarium zeggen deze verschillen iets over de looptijd van de getijgolf.

Deze looptijd zegt weer iets over het karakter van het estuarium. In de praktijk blijken de looptijden van het getij een erg onbetrouwbare maat voor het beschrijven van ontwikkelingen in estuaria.

Voor de Westerschelde zijn in onderstaande tabel een aantal looptijden gegeven in uren en minuten, gebaseerd op getijtafels:

|                        | springtij    |              | gemiddeld tij |              | doodtij      |              |
|------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                        | HW<br>(u:mm) | LW<br>(u:mm) | HW<br>(u:mm)  | LW<br>(u:mm) | HW<br>(u:mm) | LW<br>(u:mm) |
| Vlissingen - Bath      | 1:26         | 1:42         | 1:22          | 1:32         | 1:14         | 1:16         |
| Vlissingen – Antwerpen | 1:41         | 2:33         | 1:44          | 2:19         | 1:41         | 1:56         |
| Vlissingen – Gent      | 5:40         | 7:59         | 5:30          | 7:51         | 5:12         | 7:33         |

**Tabel 3.1:** Looptijden getij

### 3.3 Extreme waarden

Waterstanden bij verschillende overschrijdingsfrequenties in (meter) ten opzichte van NAP voor 2007 inclusief zeespiegelstijging tot en met 2011 (Rijkswaterstaat 2006).

| Frequentie<br>(1/jaar) | Vlissingen<br>(m) | Terneuzen<br>(m) | Hansweert<br>(m) | Bath<br>(m) | Antwerpen*<br>(m) |
|------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------|-------------------|
| 1                      | 3,30              | 3,60             | 3,80             | 4,25        | 4,48              |
| 0,1                    | 3,85              | 4,15             | 4,40             | 4,85        | 5,05              |
| 0,01                   | 4,40              | 4,75             | 5,05             | 5,55        | 5,61              |
| 0,001                  | 4,95              | 5,40             | 5,70             | 6,20        | 6,17              |
| 0,0001                 | 5,50              | 6,05             | 6,35             | 6,85        | 6,74              |

\* is gebaseerd op waarnemingen 1971-1990, herleid naar NAP (Claessens et al, 1994)

**Tabel 3.2:** Extreme waterstanden

De waterstanden die tijdens de 1 februari 1953 storm bereikt werden zijn respectievelijk 4,55 meter voor Vlissingen, 4,96 meter voor Terneuzen, 5,07 meter voor Hansweert en 5,60 meter voor Bath en 5,44 meter voor Antwerpen.

### 3.4 Afvoeren

Voor de afvoeren van de Schelde en zijn zijrivieren wordt verwezen naar het basisrapport Zoutdynamiek. Daaruit zijn de volgende waarden toegepast:

|                            | gemiddeld<br>afvoer (m³/s) | hoge afvoer<br>(m³/s) | lage<br>afvoer<br>(m³/s) |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Scheldebekken te Schelle   | 111                        | 407                   | 24                       |
| Zeeschelde Gent            | 35                         | 188                   | 5                        |
| Rupel                      | 64                         | 165                   | 16                       |
| Durme                      | 2                          | 5                     | 0,6                      |
| Dender                     | 10                         | 57                    | 0,1                      |
| Spuisluis Bath             | 11                         | 63                    | 0,0                      |
| Totaal Schelde + Bathsluis | 122                        | 471                   | 24                       |

**Tabel 3.3:** Bovenafvoeren in het Schelde bekken

### 3.5 Bodem

Voor de ligging van de bodem voor de huidige situatie is uitgegaan van de bodem zoals die is toegeleverd door de opdrachtgever. Deze bodem is afgebeeld op het rooster van het in deze studie gebruikte simulatie model voor de intergetijde arealen. Daarin is het Deurganckdok voor drievierde deel meegenomen.

Voor de situaties voor 2010, 2015 en 2030 zijn de bodems bepaald op basis van de oorspronkelijke bodem voor 2005, met daarop gesuperponeerd:

- Vanaf 2010 het gehele Deurganckdok.
- De verruiming van de vaargeul.
- Het relevante alternatief.
- De netto morfologische veranderingen, zoals toegeleverd vanuit de Basisstudie Morfologie voor elk van de varianten, geïnterpoleerd naar het hoogresolutie rooster. Voor 2015 is dat gebeurd op basis van Delft3D resultaten en voor 2030 op basis van Estmorf resultaten. De interpolatie zelf is uitgevoerd op basis van Delaunay triangulatie methode binnen een Geografisch Informatie Systeem (GIS).
- De relevante delen van het Sigmaplan voorzover die een rol van betekenis spelen. Van de relevante uitpolderingen in het kader van het Sigmaplan zijn de volgende meegenomen in de modellering.
- Voor 2015 en later de potpolders van Lillo, De Bunt en de Uiterdijk en eveneens de Hedwige- en Prosperpolder.
- Voor 2030 aanvullend Groot Schoor (Bornem), Stort van Hingene en potpolder 1 (zie ook hoofdstuk 2.3.4).

### 3.6 De natuurlijke variatie van het estuarium

Het Schelde-estuarium is als zoveel estuaria in de wereld zeer variabel in zijn fysieke kenmerken. Daarbij wordt vooral bedoeld op de natuurlijke variaties in de waterstanden, in het zout, in het windklimaat en in de rivierafvoeren. Omdat deze natuurlijke variaties (vaak ook dynamiek genoemd) van groot belang zijn voor het waarnemen van veranderingen wordt daar hieronder iets dieper op ingegaan.

Het geeft vooral aan dat het erg moeilijk is om systematische veranderingen in de kenmerken van het estuarium, die het mogelijke gevolg zijn van een ingreep te onderscheiden van de natuurlijke variatie van het systeem. Immers in de praktijk blijken de natuurlijke variaties voor een aantal parameters in het systeem, een orde groter dan de systematische gevolgen van de ingreep.

Hieruit volgt eveneens dat het relatief weinig zin heeft om metingen die slechts een moment weergave zijn van een toestand individueel te beoordelen. Om een goed waardeoordeel aan een individuele meting te kunnen geven is het van belang deze af te zetten tegen de variatie van het systeem en te vergelijken met een veelheid aan andere metingen. In andere woorden één meting is eigenlijk geen meting zolang de systematische veranderingen als gevolg van een ingreep gering zijn vergeleken met de natuurlijke variatie van het systeem.

En dat laatste is voor een aantal parameters in het Schelde-estuarium zeker van toepassing. Dat geldt zowel voor de intergetijde arealen als voor het zout en de waterstanden. Daarom is het juist van belang gebruik te maken van langjarige meetreeksen en niet van individuele toevallige waarnemingen.

### 3.6.1 De variaties in de waterstanden

De bewegingen van de zon en de maan in combinatie met de draaiing van de aarde zorgen voor de dagelijkse variatie in het getij. Naast de dagelijkse en twee wekelijkse variaties (springtij doortij cyclus) zitten er ook zeer langdurige variaties in het getij. De bekendste hiervan is de 18,6 jarige cyclus die er zit in de as positie van de aarde. Vaak wordt deze periode ten onrechte de Saros periode genoemd, maar dat is wetenschappelijk gezien niet juist. De Saros periode beslaat slechts 18 jaar en enkele dagen. Daarom spreken we hier van het nodaal getij (zie ook Appendix IV).

De variaties in het getij als gevolg van deze periodieke variatie in de bewegingen van zon en maan zijn voor Vlissingen nader onderzocht. Daartoe is met de getij componenten voor Vlissingen een voorspelling gemaakt van alle hoogwaters en laagwaters in de jaren 1980 tot en met 2000. Daarbij is geen rekening gehouden met zeespiegelstijging.

Vervolgens zijn alle hoogwaters en alle laagwaters per jaar bij elkaar opgeteld en zijn voor elk jaar het GHW (Gemiddeld Hoog Water)<sup>4</sup> en het GLW (Gemiddeld Laag Water) bepaald. Deze waarden zijn voor Vlissingen uitgezet in figuur 3.1(\*).

Uit de resultaten blijkt het GHW in Vlissingen tijdens een laag jaar (1987 was een laag jaar met GHW is 1,96 meter) 16,4 centimeter minder te bedragen dan voor een hoog jaar (1997 was een hoog jaar met GHW is 2,12 meter). Voor het GLW bedraagt dit verschil 12,7 centimeter. (1987 –1,70 en 1997 – 1,83 meter).

Deze exercitie toont aan dat het gemiddelde natuurlijke bereik van het getij in Vlissingen in een laag jaar (1987) bijna 30 centimeter minder bedraagt dan tijdens een hoog jaar (1997). Dergelijke variaties worden in het Schelde-estuarium verder opgeslingerd tot Bath. De variaties in Bath zullen dan ook significant hoger zijn dan in Vlissingen.

Om deze natuurlijke veranderingen verder te onderbouwen zijn de gemeten GHW en GLW's voor de stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en Antwerpen uitgezet als functie van de tijd. Gelukkig verkeren we in de positie dat dergelijke getallen sinds meer dan 100 jaar voor een aantal stations beschikbaar zijn. De waarden zijn uitgezet in figuur 3.2 en 3.3 (\*).

Deze figuren laten de volgende karakteristieken zien:

- De effecten van zeespiegelstijging zijn goed terug te zien in de langjarige ontwikkelingen
- De effecten van zeespiegelstijging zijn nadrukkelijker aanwezig in de GHW's dan in de GLW's (let op de schaal voor GHW met 20 centimeter interval en die voor GLW met 10 centimeter interval). De oorzaak hiervan is niet geheel duidelijk, maar ligt waarschijnlijk in een complexe interactie tussen de looptijden voor hoog en voor laag water. Daarnaast spelen de ingrepen in de Westerschelde een rol. Zo lijken de verlagingen van de GLW's bij Bath en bij Antwerpen in de laatste decaden een logisch gevolg van de verdiepingen van de vaargeul (grootste effect merkbaar in het oostelijk deel van de Westerschelde). Evident is dat de stijging van de zeespiegel, zoals die uit de metingen blijkt, althans voorlopig, nog niet echt aanleiding geeft aan te nemen dat die zich versnelt.
- Zoals verderop zal blijken liggen de geselecteerde GHW's en GLW's voor de simulaties redelijk tot goed op de lijn van de langjarige trend in de ontwikkelingen. Mogelijk ligt de keuze voor de jaren 2010, 2015 en 2030 aan de hoge kant, maar daarvoor is bewust gekozen in verband met de mogelijk te verwachten acceleratie in de zeespiegelstijging (zie hoofdstuk 2.3.1 en 2.7.2).

---

<sup>4</sup> GHW is gedefinieerd als het gemiddelde van alle in een jaar optredende hoogwaters. Voor GLW geldt een soortgelijke definitie, zie ook Appendix IV.

\* Figuren en tabellen met een sterretje bevinden zich achter in het document.

- Tevens is te zien dat de GLW's en GHW's over de jaren nogal wat variatie vertonen. Overigens zijn deze variaties in zoverre karakteristiek, dat als het GHW in Vlissingen in een bepaald jaar hoger of lager ligt, dat dat dan ook zo is voor alle andere stations en wel versterkt verder op de Westerschelde. Jaren met 5 centimeter verhoging of verlaging zijn geen uitzondering.
- Ook zijn in deze figuren de lopende gemiddelden over 10 jaren weergegeven. Dat laat verrassende wendingen zien. De belangrijkste is dat de lopende gemiddelden een zeer goed herkenbare 18,6 jarige cyclus door het nodaal getij laten zien. Door de 10 jarige middeling wordt de amplitude van dit effect gehalveerd. Een maximum ligt rond 1997, een minimum dus 9 jaar later rond 2006.
- Deze variaties in de tienjarig lopende gemiddelden, blijken voor Vlissingen erg mooi overeen te komen met de helft van de variaties in de 18,6 jarige cyclus zoals eerder vermeld. De 10-jarige lopende middeling halveert immers de amplitudes. De consequentie hiervan is dat het getijbereik (GHW min GLW) in Vlissingen in een laag jaar (bijvoorbeeld 1987) bijna 30 centimeter minder is als tijdens een hoog jaar (1997). Als gevolg hiervan zal er dus ook een enorme variatie te zien zijn in het intergetijde areaal. Een jaar met een groot bereik zal veel areaal opleveren voor de bodem dieren en de vogels, een jaar met een laag bereik een veel minder groot areaal. Uit dat oogpunt zou er een afname aan intergetijde arealen te zien moeten zijn in de ecotopenkaarten voor respectievelijk 1996, 2001 en 2004. Echter de jaarlijkse schommelingen kunnen dat weer teniet doen.
- Tenslotte is er een poging gedaan de resterende jaarlijkse variatie in waterstanden te correleren met het jaarlijks gemiddelde kwadraat van de oostelijke windcomponent (west negatief) in de uurlijkse windmetingen in Vlissingen. Er blijkt een redelijke correlatie te zijn. Als het een jaar gemiddeld meer uit het westen waait, dan nemen de GHW en de GLW evenredig toe, achter in de Westerschelde meer dan voorin. Langjarige windvariaties zijn automatisch meegenomen in het gekalibreerde model (onderdeel van de getijwaarnemingen). Kortdurende variaties zijn voor deze studie niet van belang.

Er zijn dus samenvattend twee variaties aan te geven in de GHW en de GLW ontwikkelingen.

De ene variatie is een systematisch amplitude effect en zal afhankelijk van het jaar leiden tot meer intergetijde areaal (slikken en platen) ten kosten van ondiep water.

De andere variatie is een toevallige variatie (met een belangrijke wind component) die tot gevolg heeft dat het GHW en het GLW beiden omhoog dan wel omlaag gaan. Deze variatie is vergelijkbaar met het effect van zeespiegelstijging, maar kan in een willekeurig jaar gemakkelijk 7 centimeter hoger dan wel lager dan het gemiddelde zijn. Een dergelijk effect zal bij een verhoging leiden tot een toename van het areaal geulen en ondiep water. Overigens is deze variatie dus ongeveer vergelijkbaar met tenminste 23 jaar huidige zeespiegelstijging.

In de praktijk zullen de schorarealen redelijk stabiel zijn, indien ze eenmaal begroeid zijn zullen ze niet met de waterstanden op en neer gaan. Wel zullen ze dan in staat zijn met langjarige ontwikkelingen als zeespiegelstijging mee te groeien.

### **3.6.2 De variatie van de intergetijde arealen**

De hierboven omschreven variatie in de waterstanden heeft een niet te verwaarlozen effect op de intergetijde arealen.

De voorgaande analyse leidt tot de conclusie dat een opname van slikken en platen middels hun hoogteligging ten opzichte van NAP in een bepaald jaar geen representatief beeld geeft. Dat geldt niet voor de schorren, die immers op hun begroeiingsgraad worden beoordeeld en een veel langzamere cyclus hebben. Met de drie opnamen voor de intergetijde arealen van 1996, 2001 en 2004 wordt wel een representatief beeld gekregen. De jaren liggen toevalligerwijze in jaren met een hoge (1996), met een gemiddelde (2001) en met een lage (2004) representatieve amplitude, zie figuur 3.1. De meteorologische effecten zorgen er in deze jaren voor (figuur 3.2 en 3.3) dat de waterstanden in 1996 wat lager liggen en in 2005 eveneens.

De getallen voor de verschillende arealen uit de drie toegeleverde ecotopen kaarten laten flinke variaties zien (zie tabel 4.1), die natuurlijk ook samenhangen met de toevallige waterstanden van dat jaar. Eenduidigheid is er echter niet in te herkennen. Indien de arealen uit de ecotopenkaarten worden genormeerd (verhoudingsgewijs op het zelfde totaal worden afgebeeld), dan blijken er variaties tot meer dan 4 procent in de hoeveelheid laagdynamisch areaal te zitten.

Voor een goede beschrijving van de morfologische ontwikkelingen op Meso schaal wordt hier verwezen naar het achtergrondrapport daarover (Alkyon, 2007)

Ook de MOVE rapportage (RWS, 2006) laat de trend zien dat er meer getijvolume door de hoofdgeul gaat ten koste van de nevengeul.

In de hier gevolgde benadering voor het bepalen van de systematische effecten van bepaalde ingrepen op de intergetijde arealen is deze variatie in waterstanden (windeffecten tot orde 10 centimeter) niet van belang. Er is immers gekozen voor de simulatie van een volledige springtij doodtij cyclus met een representatief GLW en GHW voor 2005, voor 2010 voor 2015 en voor 2030. De amplitude effecten van 18,6 jaar (tot maximaal 20 centimeter in Vlissingen) zijn evenmin meegenomen door de simulaties voor dezelfde identieke springtij doodtij periode uit te voeren. Daarmee zijn de effecten van het nodaal getij weggenomen. Slechts de trend in de zeespiegelstijging is wel mee genomen. Daarvoor is de middenstand van de representatieve springtij doodtij cyclus met een bepaalde waarde verhoogd.

De hier omschreven variatie is echter wel van belang omdat de verhouding tussen de natuurlijke variatie en de systematische effecten van de ingreep iets zegt over de mogelijkheden om het systematische effect later ook te kunnen waarnemen.

Tenslotte zouden de klimaatveranderingen naar verwachting kunnen leiden tot een groter aantal kortdurende en heftige stormen met veel regenval (van de Hurk et al, 2006). De consequenties hiervan zijn in deze studie niet meegenomen, omdat daar enerzijds nog geen bewijzen voor bestaan en omdat er anderzijds nog weinig duidelijkheid bestaat over de mate van toename en intensivering.

### **3.6.3 De extreme natuurlijke variaties van de fysieke grootheden.**

Naast de variaties in de waterstanden door het getij en dus ook in de stroomsnelheden, bestaat er ook een natuurlijke variatie in andere grootheden zoals de afvoer van de Schelde. Dit heeft als consequentie dat bijvoorbeeld een zoutgradiënt in de Zeeschelde een grote natuurlijke variatie vertoont. Voor deze variabelen is het veel moeilijker de variaties te bepalen omdat ze eenvoudig nog niet lang of onvoldoende frequent bemeten zijn.

In de tabellen 3.4 en 3.5 zijn voor enkele stations de extreme gemeten variaties in waterstanden (ten opzichte van NAP) en in saliniteit weergegeven.

De tabellen zijn slechts bedoeld om een indicatie te geven van de grote variabiliteit.

|            | $h_{\max}$ | $h_{\min}$ | $h_{\text{bereik}}$ |
|------------|------------|------------|---------------------|
|            | (m)        | (m)        | (m)                 |
| Vlissingen | 4,55       | -3,33      | 7,88                |
| Terneuzen  | 4,96       | -3,50      | 8,46                |
| Hansweert  | 5,07       | -3,46      | 8,53                |
| Bath       | 5,60       | -3,57      | 9,17                |
| Antwerpen  | 5,44       | -3,69      | 9,13                |

**Tabel 3.4:** Hoogste en laagste ooit waargenomen waterstanden in het Schelde-estuarium (Rijkswaterstaat MWTL, 1998) ten opzichte van NAP.

|                       | $S_{\max}$ | $S_{\min}$ | $S_{\text{gem}}$ | $S_{\text{bereik}}$ | Aantal Metingen |
|-----------------------|------------|------------|------------------|---------------------|-----------------|
|                       | (psu)      | (psu)      | (psu)            | (psu)               | (-)             |
| Vlissingen/Breskens   | 34,27      | 20,99      | 29,20            | 13,28               | 617             |
| Terneuzen             | 32,04      | 14,42      | 23,62            | 17,62               | 296             |
| Hansweert             | 25,35      | 4,69       | 17,43            | 20,66               | 340             |
| Nabij Bath            | 19,83      | 1,70       | 12,34            | 18,13               | 117             |
| Schaar van Ouden Doel | 17,66      | 0,81       | 9,16             | 16,85               | 191             |

**Tabel 3.5:** Hoogste en laagste ooit waargenomen saliniteiten in het Schelde-estuarium (Rijkswaterstaat MWTL, 1998) ten opzichte van NAP.

## 4 Overzicht simulaties, calibratie en resultaten

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde simulaties, de calibratie van de intergetijdenarealen en de resultaten van de simulaties in beeld en getal.

In de volgende hoofdstukken worden de resultaten geëvalueerd en geïnterpreteerd op hun effecten.

### 4.2 Simulaties

Voor dit basisrapport Water, zijn de volgende simulaties (elk een dubbele doortij springtij cyclus durend, waarvan de laatste periode is gebruikt voor de analyses) uitgevoerd. Het betreft dezelfde simulaties als in het overzicht in paragraaf 2.7.4, maar de simulaties zijn hier verder uitgeschreven:

1. Huidige situatie 2005.  
Simulatie voor de huidige situatie in 2005. Dient als referentie voor alle andere simulaties.
2. Nulalternatief 2010.  
Simulatie voor de autonome ontwikkeling zonder verruiming met de huidige stortstrategie volgens vergunning van 1 juli 2006, voor de situatie in 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter, zelfde bodem als gebruikt voor 2005.

Nota Bene: Voor alle overige simulaties zijn de bodemveranderingen aangeleverd vanuit de Basisstudie Morfologie, voor 2015 uit Delft3D en voor 2030 uit Estmorf en gesuperponeerd op de bodem voor de huidige situatie. .

1. P1 2010  
Simulatie met de stortstrategie voor de aanlegbaggerspecie volgens P1 (zie paragraaf 2.2.1) en met verruiming voor de situatie 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter.
2. P2 2010  
Simulatie met de stortstrategie voor de aanlegbaggerspecie volgens P2 (zie paragraaf 2.2.1) en met verruiming voor de situatie 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter.
3. P3 2010  
Simulatie met de stortstrategie voor de aanlegbaggerspecie volgens P3 (zie paragraaf 2.2.1) en met verruiming voor de situatie 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter.
4. P4N 2010  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter.
5. P4P 2010  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk op de plaatranden is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2010. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 2,14 centimeter.
6. Nulalternatief 2015  
Simulatie voor de autonome ontwikkeling zonder verruiming met de huidige stortstrategie volgens vergunning van 1 juli 2006, voor de situatie in 2015. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 4,64 centimeter.

7. Nulplusalternatief 2015  
Simulatie voor de autonome ontwikkeling zonder verruiming, met de nieuwe flexibele stortstrategie, voor de situatie in 2015. Voor deze flexibele stortstrategie is dezelfde procentuele verdeling gebruikt voor het terugstorten in de vakken als in P4N (zie ook basisrapport Morfologie, Bijlage E respectievelijk tabellen 3 en 7). De Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 4,64 centimeter.
8. Projectalternatief min 2015  
Simulatie voor de ontwikkeling met verruiming, met de huidige stortstrategie volgens de vergunning van 1 juli 2006, voor de situatie in 2015. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 4,64 centimeter.
9. P4N 2015  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2015. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 4,64 centimeter.
10. P4P 2015  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk op de plaatranden is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2015. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 4,64 centimeter.
11. Nulalternatief 2030  
Simulatie voor de autonome ontwikkeling zonder verruiming met de huidige stortstrategie volgens vergunning van 1 juli 2006, voor de situatie in 2030. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 13,64 centimeter.
12. Nulplusalternatief 2030  
Simulatie voor de autonome ontwikkeling zonder verruiming met de nieuwe flexibele stortstrategie, voor de situatie in 2030. Voor de stortstrategie geldt hetzelfde als voor simulatie 9, dus zelfde procentuele verdeling als voor P4N. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 13,64 centimeter.
13. Projectalternatief min 2030  
Simulatie voor de ontwikkeling met verruiming maar met de huidige stortstrategie volgens vergunning van 1 juli 2006, voor de situatie in 2030. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 13,64 centimeter.
14. P4N 2030  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk in de nevengeulen is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2030. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 13,64 centimeter.
15. P4P 2030  
Simulatie waarbij zoveel mogelijk op de plaatranden is gestort (zie basisrapport Morfologie) en met verruiming voor de situatie 2030. Zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 13,64 centimeter.

#### **4.3 Calibratie intergetijde arealen en relatie met het ZES 1 ecotopenstelsel**

##### **4.3.1 Inleiding**

In de huidige studie voor het milieueffectrapport is een verbeteringsslag gemaakt ten opzichte van de eerdere exercitie die het consortium ARCADIS-Technum voor het strategisch milieueffectenrapport in 2004 heeft gemaakt. Toen was de ZES studie er nog niet. Bovendien waren er toen slechts gegevens uit de MOVE rapportage. Nu zijn er een aantal (3) gedetailleerde ecotopen kaarten in GIS van de Westerschelde en een ecotopenkaart van de Zeeschelde 2003 (hiervan is slechts het deel tot Rupelmonde gebruikt).

#### **4.3.2 Vergelijking gebruikt model instrumentarium**

In de ecotopenkaarten zoals geleverd door het RIKZ, is een specifiek jaar (1992) beschouwd om tot een zout brak verdeling te komen. Daartoe is het gekozen jaar 1992 doorgerekend met het Scalwest model (resolutie orde 100 meter) met gemeten afvoer verdelingen voor alle 36 decaden gedurende dat jaar. Dat is gebruikt als basis voor de brak/zout verdeling. Er is geen rekening gehouden met de representativiteit van dat jaar. Dit is de zoutverdeling die gebruikt is voor alle ecotopenkaarten van het RIKZ.

In deze studie is gebruik gemaakt van het gedetailleerde model dat ook de Zeeschelde en de Vlaamse rivieren goed representeert met een veel hogere resolutie (resolutie orde 30 meter). De afvoeren voor de Vlaamse rivieren zijn gebaseerd op langjarige observaties (zie eerder). Om een goede vergelijking te kunnen maken met de ecotopenkaart van het RIKZ voor 2004, is er vervolgens geschoven met de grens tussen brak en zout. Deze is zo bijgesteld dat er een zo goed mogelijke overeenkomst is verkregen tussen de brakke en de zoute oppervlakten. Dat is de bedoeling van de calibratie.

De randvoorwaarden zijn gegenereerd met het Kustzuid-model van Rijkswaterstaat. Dit model is aangepast, zodat de schematisatie voor het rivierengebied uit het NeVla-model ook netjes wordt meegenomen (zie ook hoofdstuk 2). Ook is gebruik gemaakt van de in een ander project (Alkyon, 2006) gevonden optimalisaties van ruwheden en dergelijke. Op de rand is gebruik gemaakt van de geoptimaliseerde set getijcomponenten, zoals die met behulp van een jaarsimulatie met Kalman-filtering (op randvoorwaarden) zijn gegenereerd voor het jaar 2004.

De randvoorwaardenoverdracht van Kustzuid naar NeVla gebeurt met Riemann-tijdseries op zee. Aangezien het NeVla-model ook het gehele binnengebied tot alle getijranden omvat is daar geen randvoorwaarde opgelegd, maar slechts de zoete bovenafvoer van de rivieren.

De doorgerekende doodtij-springtij-cyclus is gekozen op basis van een 18,6 jarige (nodale getij periode) predictie voor de waterstanden in Vlissingen (zie ook Appendix IV). Hierbij is uitgegaan van de gegeven componenten in (Getijtafels voor Nederland). Uit deze langjarige tijdserie zijn het GHWS, GHWD, GLWD en GLWS gehaald en vervolgens is een periode geselecteerd waarvoor de waarden zo goed mogelijk overeenkomen met de langjarige gemiddelden. De geselecteerde periode loopt van 24 juni 1998 05:50 uur tot en met 9 juli 1998 18:00 uur (nieuwe maan tot volle maan). Uiteraard is er rekening gehouden met een voldoende lange inspeelperiode. Voor de definities van de gehanteerde waterstand niveaus wordt verwezen naar Appendix IV.

#### **4.3.3 Aanpak en overwegingen**

Bij de huidige vergelijking is gebruik gemaakt van de exacte beschrijving volgens de ZES1 classificaties (RIKZ, juli 2005). Een samenvatting daarvan is gegeven in Appendix I. In Appendix II is een overzicht gegeven van de gehanteerde codes. Appendix III geeft een vergelijkende samenvatting van de gehanteerde definities volgens ZES 1, volgens de ecotopen kaart van het RIKZ en volgens de modelbenadering.

Bij de vergelijkingen is steeds gebruik gemaakt van dezelfde buitenrand van de Westerschelde die ook gebruikt is voor de GIS ecotopenkaart van het RIKZ (toegeleverd door het RIKZ). Uiteraard betekent dit dat de oppervlakten van de onderzochte gebieden identiek zouden moeten zijn. Toch zijn er verschillen die het gevolg zijn van het niet volledig dekkend zijn van de ecotopenkaarten. De harde vergelijking in hectare is gemaakt voor de kaart van 2004. Voor de modellering zijn daarbij dezelfde gebieden buiten beschouwing gelaten die ook voor de ecotopenkaart 2004 buiten beschouwing zijn gebleven.

Daarnaast is het van belang te constateren dat de waarnemingen van de ecotopen arealen sterk gerelateerd zijn aan de periode van opname. De ecotopen zijn namelijk gerelateerd aan in ruimte en tijd variabele grootheden zoals GLWS, GHWD, zoutgehalten en dergelijke. De variabelen vertonen van jaar tot jaar en natuurlijk ook per getij sterke variatie. Langjarige waterstands variaties zijn niet alleen afhankelijk van de zeespiegelstijging maar ook van de getij omstandigheden. In het getij van de Westerschelde zit een relatief sterke 18,6 jarige cyclus. Bovendien kan de jaargemiddelde wind ervoor zorgen dat de gemiddelde waterstand het ene jaar flink hoger is dan het andere jaar. Een verschil van 10–15 centimeter tussen twee opeenvolgende jaren is daarbij geen uitzondering. De verschillen en de effecten zijn groter bij gemiddeld laag water dan bij gemiddeld hoog water. Dat geldt zowel voor de 18,6 jarige cyclus als voor de wind effecten. Zie figuren hoofdstuk 3.

In feite geeft dit ook de zwakheid van de vergelijking weer. De vraag is eigenlijk, in hoeverre is een opname in enig jaar representatief? Welnu, het antwoord is niet. Een enkele waarneming van een waterstand ergens in de Westerschelde is immers evenmin representatief voor het getij. Het is een toevallige momentopname van een gecompliceerde meetreeks. Hier geldt het adagium “Een waarneming is geen waarneming”. Bovendien worden opnamen van ecotopen arealen, over langere perioden uitgevoerd en zijn misschien zelfs wel meer representatief voor de waterstanden van het afgelopen jaar dan voor de waterstanden in het jaar van opname.

Dit alles in aanmerking nemende, geldt nog steeds dat een exact gesimuleerde waterbeweging op een bijbehorende bodem, wel degelijk een reproduceerbaar arrangement aan intergetijde arealen oplevert. Indien dat resultaat een redelijke overeenkomst vertoont met de gemeten ecotopen arealen in de waargenomen jaren, dan zijn nog slechts de extra effecten van de ingreep van belang (conform het milieueffectrapport principe). Die ingrepen en de gevolgen daarvan zijn dus met een redelijk hoge betrouwbaarheid in te schatten. Daarbij gelden twee kanttekeningen:

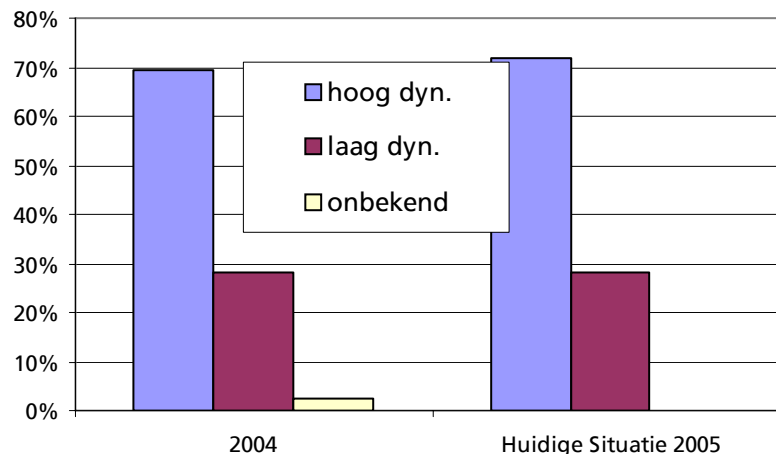
- 1) In de uitgevoerde simulaties wordt er niet vanuit gegaan dat de hoger gelegen gronden (vooral schorren) mogelijk als gevolg van aanslibbingprocessen, dan wel als gevolg van planten groei of andere fenomenen met de hoogte van de zeespiegel meegroeien ( de zeespiegelstijging zelf is uiteraard wel meegenomen conform de richtlijnen daarvoor). Er wordt uitgegaan van het berekeningsresultaat met de bodem en de bodemveranderingen voor het bewuste jaar, maar zonder aanslibbingsprocessen en zonder erosieve processen zoals schorafslag.
- 2) Voor de bepaling van de overstromingsfrequentie is niet uitgegaan van af en toe voorkomende stormvloed. Er is opnieuw uitgegaan van het relatieve effect. Een storm is immers niet bepalend voor de effecten van de verruiming op de overstromingsfrequentie. In feite is dat nauwelijks van belang voor het jaar gemiddelde effect.

Wellicht ten overvloede wordt hier nog eens benadrukt, dat de intergetijde arealen zijn bepaald ten opzichte van lokaal bepaalde referentieniveaus. Dat geldt ook voor de ecotopenkaarten van het RIKZ. De verschillende referentieniveaus, variëren namelijk in ruimte en tijd. Voor de ruimtelijke variatie is in elk punt van het hoogresolutie model bepaald hoe de verschillende niveaus verlopen. Zo zijn bijvoorbeeld het GHWD en GLWS achter in de Westerschelde aanzienlijk hoger dan het GHWD en GLWS voor in de Westerschelde.

#### **4.3.4 Calibratie**

##### *Verdeling hoog/laagdynamisch*

Eerst is er voor de calibratie een afregelslag gemaakt tussen hoog- en laagdynamisch areaal om een zo goed mogelijke overeenkomst te verkrijgen met de ecotopen kaart van het RIKZ. Volgens de ZES 1 classificatie wordt de scheiding tussen hoog en laagdynamisch areaal bepaald door een lineaire stroomsnelheid van 0,8 m/s.



**Figuur 4.1:** Vergelijking hoog- en laagdynamisch areaal bij  $u$  is 0,65 m/s

Deze lineaire stroomsnelheid wordt gedefinieerd als de “maximale stroomsnelheid tijdens springtij ongeacht eb of vloed bij gemiddelde stormomstandigheden (frequentie 1 x per jaar)”. Onduidelijk is of dit de dieptegemiddelde snelheid of de snelheid bij het oppervlak is. De een maal per jaar storm is zelfs in het geheel niet gedefinieerd en daarom moeilijk in een model na te bootsen. In de modelbenadering is daarom gekozen voor het doorrekenen van een langjarig representatieve springtij doortijds cyclus (zie hoofdstuk 2). Vervolgens is voor deze cyclus in elk punt van het hoogresolutie model de maximale diepte gemiddelde snelheid bepaald. Vervolgens is er geschoven met de scheidingssnelheid tussen hoog en laagdynamisch, zodat deze zo goed mogelijk overeenkomt met de verdeling volgens de ecotopenkaarten voor 2004. Dat bleek bij een maximale snelheid van 0,65 m/s het geval te zijn. Zie figuur 4.1.

Een kanttekening kan geplaatst worden bij de indeling hoogdynamisch - laagdynamisch. In deze studie is die indeling puur gemaakt op basis van de hydrodynamica van dit model. Voor de ecotopenkaart van het RIKZ is dat enerzijds gebeurd met een ander model, maar bovendien is rekening gehouden met morfologische dynamiek (snel veranderende bodemvormen) deze dynamiek kan niet in de hier gevolgde benadering worden meegenomen.

#### NOTA BENE:

Overigens is wel te zien dat bij een normering van de arealen uit tabel 4.1A op de getallen van 2004, er tussen 1996 en 2001 een toename van laagdynamisch areaal van 137 ha plaatsvindt en tussen 2001 en 2004 zelfs een afname van 406 hectare. Dat is meer dan 4,5 procent. Als we ervan uitgaan dat de ecotopenarealen van het RIKZ betrouwbaar zijn dan is er dus blijkbaar een natuurlijke dynamiek in de verhouding hoog- versus laagdynamisch areaal die erg groot is.

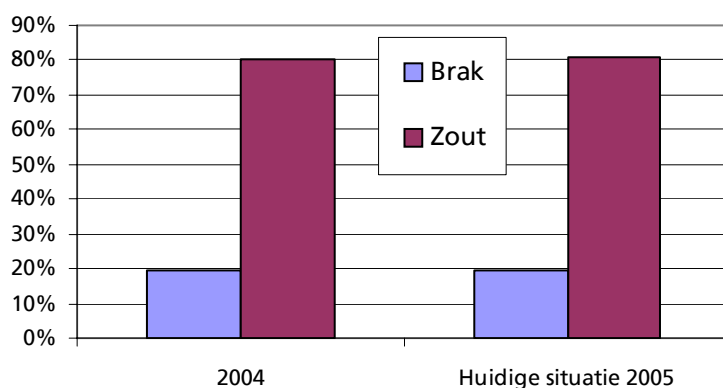
#### *Verdeling zout/brak*

Voor de calibratie van de verdeling zout / brak is gestreefd naar een brak/ zout verdeling die zo goed mogelijk overeenkomt met de ecotopenkaart van het RIKZ. Volgens de ZES 1 classificatie wordt de verdeling tussen zout en brak bepaald door een klasse grens voor het gemiddelde zoutgehalte van 18 PSU (zie figuur 4.2). Daarbij geldt ook nog een grens voor de variabiliteit van kleiner gelijk 100 procent. Daarbij is het gemiddelde zoutgehalte gedefinieerd als het gemiddelde zoutgehalte bij hoog water over een jaar met een gemiddelde zoetwateraanvoer (met name rivierafvoer). Voor de zoutvariatie geldt de definitie: De zoutvariatie is 4 maal (de standaarddeviatie van het zoutgehalte) / (gemiddelde zoutgehalte) maal 100 procent.

Ook voor de standaard deviatie gelden alleen de waarden tijdens hoog water. Onduidelijk is of hier het zoutgehalte aan het oppervlak of juist aan de bodem bedoeld wordt. Voorlopig wordt verondersteld dat het hier om een diepte gemiddeld zoutgehalte gaat.

Ook voor de zoutverdeling geldt uiteraard dat het ene jaar het andere niet is. Een jaar met hoge afvoer is niet vergelijkbaar met een jaar met lage afvoer. Daarnaast hebben wind en getij jaar (periode binnen nodaal getij) ook een grote invloed.

Er is geen verdere calibratie uitgevoerd op de grens tussen brak / zoet, deze wordt reeds door de calibratie zout / brak vastgelegd.



**Figuur 4.2:** Vergelijking zout / brak areaal verdeling

#### 4.3.5 Resultaten vergelijking voor de huidige situatie voor de Westerschelde

Op basis van de modeluitkomsten zijn analyses volgens bovenstaande definities uitgevoerd. Elk levert een ruimtelijk veld op, die zijn vertaald naar rastervelden. In ArcGIS zijn daarmee de klassengrenzen bepaald, waarna van elke klasse het totale areaal is berekend. De resultaten voor de huidige situatie zijn vergeleken met de resultaten van de drie toegeleverde ecotopenkaarten voor de Westerschelde. Dat is te zien in tabel 4.1. Tabel 4.1 laat de verdeling van de ecotopenarealen over de verschillende klassificaties zien, zowel in absolute als in relatieve getallen. De eerste drie kolommen na de omschrijving geven de ecotopenarealen voor de ecotopenkaarten van het RIKZ voor de jaren 1996, 2001 en 2004 zien. De verschillen in oppervlakten zijn het gevolg van leemten in de kaarten. Voor 2004 is de vergelijking gemaakt met de simulatie voor de huidige situatie HS\_05n die voor 2005 geldt. Daarbij zijn dezelfde leemten in de resultaten van de simulatie aangebracht.

Voor de 4<sup>e</sup> positie is er een verdere onderverdeling gemaakt van het laagdynamische areaal. Dat staat onder de 5<sup>e</sup> positie (totalen beiden in rood).

Voor de kwalificaties en de gebruikte codes wordt verwezen naar de Appendices I tot en met III.

| Codes* | Omschrijving                                     | Hectare |       |       |        | percentage |         |         |         |         |
|--------|--------------------------------------------------|---------|-------|-------|--------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 1e pos |                                                  | 1996    | 2001  | 2004  | HS_05n |            | 1996    | 2001    | 2004    | HS_05n  |
| B      |                                                  |         |       |       |        |            | 19,2    | 19,5    | 19,5    | 19,3    |
|        | Brak                                             | 6047    | 6147  | 5946  | 5886   |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 80,8    | 80,5    | 80,5    | 80,7    |
|        | Zout                                             | 25382   | 25388 | 24588 | 24648  |            | procent | procent | procent | procent |
| Z      |                                                  | 31428   | 31535 | 30534 | 30534  |            | 100,0   | 100,0   | 100,0   | 100,0   |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | procent | procent | procent | procent |
|        | Niet in simulatie model                          |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
|        |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 2e pos |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 3e pos |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 1      |                                                  |         |       |       |        |            | 64,6    | 64,7    | 64,7    | 65,7    |
|        | sublitoraal                                      | 20304   | 20418 | 19745 | 20065  |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 24,4    | 23,8    | 24,1    | 24,6    |
|        | litoraal                                         | 7660    | 7494  | 7366  | 7523   |            | procent | procent | procent | procent |
| 2      |                                                  |         |       |       |        |            | 11,0    | 11,5    | 11,2    | 9,7     |
|        | supralitoraal                                    | 3464    | 3624  | 3423  | 2947   |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  | 31428   | 31535 | 30534 | 30534  |            | 100,0   | 100,0   | 100,0   | 100,0   |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | procent | procent | procent | procent |
| 4e pos |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 1      |                                                  |         |       |       |        |            | 68,6    | 67,8    | 69,6    | 71,6    |
|        | hoogdynamisch                                    | 21550   | 21367 | 21237 | 21873  |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 28,6    | 29,5    | 28,1    | 28,4    |
|        | laagdynamisch                                    | 8981    | 9290  | 8589  | 8661   |            | procent | procent | procent | procent |
| 2      |                                                  |         |       |       |        |            | 2,8     | 2,8     | 2,3     | 0,0     |
|        | onbekend                                         | 894     | 871   | 704   | 0      |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
|        | niet gedefinieerd                                | 3       | 7     | 3     | 0      |            | procent | procent | procent | procent |
| "      |                                                  | 31428   | 31535 | 30534 | 30534  |            | 100,0   | 100,0   | 100,0   | 100,0   |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | procent | procent | procent | procent |
|        | (verdere onderverdeling<br>laagdynamisch areaal) |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
|        |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 5e pos |                                                  |         |       |       |        |            |         |         |         |         |
| 2      |                                                  |         |       |       |        |            | 4,3     | 6,0     | 7,4     | 0,9     |
|        | diep (sublitoraal)                               | 386     | 557   | 633   | 75     |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 19,3    | 21,2    | 14,3    | 3,5     |
|        | ondiep (sublitoraal)                             | 1734    | 1973  | 1224  | 299    |            | procent | procent | procent | procent |
| 3      |                                                  |         |       |       |        |            | 5,2     | 7,7     | 8,5     | 6,2     |
|        | laag (litoraal)                                  | 468     | 719   | 731   | 533    |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 34,3    | 31,4    | 34,6    | 49,3    |
|        | middelhoog (litoraal)                            | 3081    | 2917  | 2972  | 4268   |            | procent | procent | procent | procent |
| 1      |                                                  |         |       |       |        |            | 5,6     | 2,1     | 3,1     | 6,3     |
|        | hoog (litoraal)                                  | 505     | 194   | 266   | 547    |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            |         |         | 2,0     |         |
|        | pionier (supralitoraal)                          | 139     | 212   | 173   |        |            |         |         | procent |         |
| x      |                                                  |         |       |       |        |            | 29,7    | 29,2    | 30,2    | 33,9    |
|        | (supralitoraal)                                  | 2667    | 2717  | 2590  | 2938   |            | procent | procent | procent | procent |
|        |                                                  |         |       |       |        |            | 98,4    | 97,7    | 100,0   | 100,0   |
|        |                                                  | 8981    | 9290  | 8589  | 8661   |            | procent | procent | procent | procent |

\* voor deze codes wordt verwezen naar Appendix II

**Tabel 4.1A:** Vergelijking arealen in hectare en procent voor de Westerschelde

Daarna zijn de calibratie gegevens gegeven voor de bestaande situatie in oppervlakten in hectaren en in percentages van het totaal. Voor de grens tussen hoog en laagdynamisch blijkt 0,65 m/s een goede overeenkomst op te leveren. Voor het zoutgehalte moet naar een PSU waarde van 16,3 worden gegaan om een vergelijkbare verdeling tussen zout en brak te krijgen als in de ecotopenkaart van het RIKZ. Dat is een logisch gevolg van de afvoer die gebruikt is voor de ecotopenarealen. Hierbij is een willekeurig jaar gekozen, waarvoor de bovenafvoer blijkbaar niet geheel representatief is voor de jaargemiddelde afvoer.

In de simulaties voor dit milieueffectrapport is gebruikt gemaakt van 0,65 m/s. Overigens is de keuze van deze exacte waarde van geringe invloed op de effectbepaling. Immers, de resultaten moeten vooral in onderlinge samenhang worden beschouwd. Wel is het uiteraard zo dat naarmate de grens hoger wordt gekozen de percentuele invloed kleiner wordt, omdat er meer laagdynamisch areaal voor handen is. Zie ook de eerdere kanttekening over de natuurlijke variatie in de verhouding hoog- versus laagdynamisch areaal.

#### *Kanttekeningen*

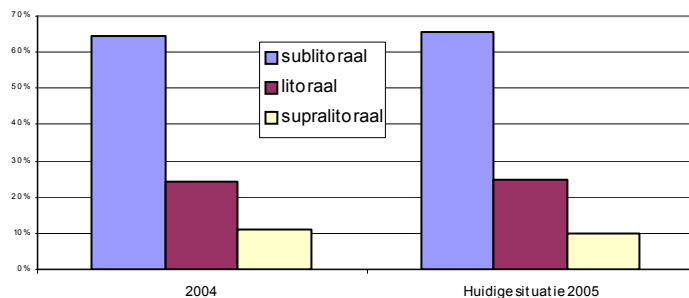
De overeenkomst is in het algemeen redelijk goed. Slechts voor de onderverdeling binnen het laagdynamische gebied zijn er duidelijke afwijkingen. Met name voor de verdeling tussen sublitoraal diep en sublitoraal ondiep worden andere cijfers gevonden. In het model wordt blijkbaar meer ondiep gevonden dan in de ecotopenkaart van het RIKZ. Mogelijk een gevolg van de iets andere bepaling van het GLWS niveau. Deze niveaus zijn in de ecotopenkaart van het RIKZ bepaald op basis van het werk van Habets (Habets, 2003).

Daarbij is gebruik gemaakt van gemeten tijdreeksen bij Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath. Voor de tussenliggende gebieden is een lineaire interpolatietechniek gebruikt. Deze techniek doet geen recht aan de wijze waarop het getij zich voortplant (bochteffecten en dergelijke worden genegeerd). Bovendien geldt zowel voor het deel westelijk van Vlissingen als het deel oostelijk van Bath dat een constante waarde is gebruikt, bij gebrek aan andere gegevens.

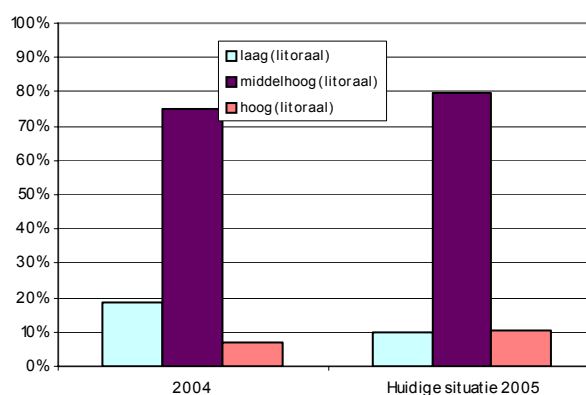
Tevens is een verschil, dat er in de ecotopenkaarten gebruik is gemaakt van GLLWS als scheidingsvlak tussen litoraal en sublitoraal en tevens GLLWS- 5 meter als de scheiding tussen sublitoraal ondiep en sublitoraal diep. In de ZES.1 classificatie wordt daarentegen gebruik gemaakt van GLWS en GLWS – 5,0 meter voor deze scheidingsvlakken. Het verschil zit in de wijze waarop deze waarden worden bepaald. Voor GLLWS wordt steeds het gemiddelde over een heel jaar genomen van de laagste van de twee opeenvolgende laagwaters rondom het springtij. Voor GLWS wordt steeds het gemiddelde over een heel jaar genomen van het gemiddelde van de twee opeenvolgende laagwaters rondom het springtij. Dit resulteert mogelijk in de gevonden verschillen. De verschillen in niveau kunnen 10 tot 30 centimeter bedragen. Zie ook Appendix IV voor de gehanteerde definities van de verschillende getij waterstanden.

Rest nog te constateren dat de werkelijkheid veel weerbarstiger is dan ooit in een model te vangen is. Niettemin is het relatieve effect van een ingreep als de verruiming op deze wijze wel redelijk accuraat te bepalen.

Hieronder is de verdeling van de klassen sublitoraal, litoraal en supralitoraal nog eens in grafiek weergegeven.



**Figuur 4.3:** Vergelijking verdeling sublitoraal, litoraal en supralitoraal



**Figuur 4.4:** Vergelijking verdeling litoraal hoog, midden en laag

In de vergelijking van de alternatieven in de volgende hoofdstukken wordt er vooral gekeken naar de veranderingen in de arealen en niet meer naar de absolute getallen.

#### 4.3.6 Resultaten vergelijking voor de huidige situatie voor de Beneden-Zeeschelde

In onderstaande tabel 4.1b is de vergelijking te zien tussen de arealen zoals bepaald op basis van de toegeleverde ecotopenkaart voor de Beneden-Zeeschelde op basis van de modelresultaten voor de huidige situatie.

|                       | "Origineel":<br>Zeeschelde<br>2003 | Model: Huidige<br>situatie 2005 | Vershil   | Vershil      |
|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------|--------------|
|                       | Oppervlakte                        |                                 |           |              |
| Ecotoop               | (hectare)                          | (hectare)                       | (hectare) | (procent)    |
| Antropogeen           | 5                                  | 0                               | -5        | -100 procent |
| Diep sublitoraal      | 1603                               | 1575                            | -29       | -2 procent   |
| Vrij diep sublitoraal | 296                                | 291                             | -5        | -2 procent   |
| Ondiep sublitoraal    | 149                                | 161                             | 11        | 8 procent    |
| Hoog slik             | 23                                 | 20                              | -2        | -11 procent  |
| Middelhoog slik       | 193                                | 133                             | -60       | -31 procent  |
| Laag slik             | 102                                | 106                             | 4         | 4 procent    |
| Pionier-Schorzone     | 144                                | 212                             | 68        | 47 procent   |
| Totaal                | 2515                               | 2498                            | -17       | -1 procent   |

**Tabel 4.1B:** Vergelijking arealen in hectare en procent voor de Beneden-Zeeschelde.

Opnieuw zijn de gebieden die in beide representaties voorkomen gelijk gemaakt. Daardoor wordt de vergelijking mogelijk. Helaas blijkt er nog een onvolkomenheid in de evaluatie te zitten die leidt tot een gering verschil van orde 17 hectare (minder dan 1 procent).

De scheiding is bij de Nederlands Belgische grens gelegd. Elke keuze in deze is arbitrair. De reden daarvoor is eenvoudig, de bodems zijn steeds in twee sets toegeleverd, een voor de Westerschelde en een voor de Beneden-Zeeschelde. Voor de Beneden-Zeeschelde is ook bewust het Zoutwater Ecotopen Stelsel (ZES 1) gebruikt dat ook in de Westerschelde van toepassing is. Voornamelijk omdat het in aanmerking genomen gebied van de Beneden-Zeeschelde nog tot de brakke zone behoort. Hoofddoel van deze studie is niet een zo nauwkeurig mogelijke match te bereiken tussen beiden. De bedoeling van de vergelijking is om te komen tot een referentiesituatie voor de ontwikkelingen die het gevolg zijn van de verruiming. Het is onmogelijk een exacte match te verkrijgen omdat er vele variabelen zijn, waaronder de bodem die onvermijdelijk in een model geschematiseerd moeten worden. Er wordt in de Beneden-Zeeschelde geen onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch, overeenkomstig de ecotopenkaart voor de Beneden-Zeeschelde.

De grootste afwijkingen worden gevonden voor middelhoog slik en voor de Pionier-Schorzone. Uiteraard is de toegepaste waterstand mogelijk een belangrijke oorzaak voor dit verschil. In deze studie zijn de waterdiepten bepaald op basis van de lokaal bepaalde waterstanden. Overigens is de opname van de ecotopenkaart voor de Beneden-Zeeschelde gebaseerd op de data voor 2004, terwijl net als voor de Westerschelde, de simulatie voor 2005 is uitgevoerd als zijnde de huidige situatie (bodem uit 2005).

#### 4.3.7 De vergelijkingen binnen het milieueffectrapport

Voor de vergelijking van de verschillende alternatieven binnen de milieueffectrapportage en ook tussen de verschillende jaren is het noodzakelijk jaareffecten (getij en afvoer) zoveel mogelijk uit te schakelen. Daarom is er gekozen voor een representatieve springtij doortij cyclus met de juiste gemiddelden voor de nodale getijcyclus en de afvoer. Wel is het effect van bijvoorbeeld zeespiegelstijging meegenomen voor de komende jaren.

Voor de verdeling tussen hoog en laagdynamische gebieden is de gevonden grens van 0,65 m/s genomen (zie calibratie onder 4.3.4 en 4.3.5). Voor de zoutgehalten is consequent vastgehouden aan de verdeling volgens de ZES 1 code tussen brak en zout van 18 psu. In de berekeningen wordt deze grens het beste weergegeven door een waarde van 16,4 psu.

Alle resultaten van de model simulaties zijn omgezet naar GIS. Op die wijze kan een goede vergelijking worden gemaakt met de GIS indeling zoals die uit eerdere jaren beschikbaar is gekomen in de ecotopen kaarten van RIKZ Middelburg (Dick de Jong en Fred Twisk). Echter de ecotopen kaarten van RIKZ Middelburg maken ook onderverdelingen naar gegevens die niet uit de simulaties kunnen worden herleid (bijvoorbeeld grondsoort en vegetatie), beide zaken komen per definitie niet uit de waterbewegings simulaties.

Datzelfde geldt voor de ecotopen kaarten van de Beneden-Zeeschelde.

#### **4.4 Resultaten van de simulaties**

De simulaties zijn uitgevoerd voor een volledige springtij doottij cyclus, waarbij de eindwaterstand weer vrijwel gelijk is aan de beginwaterstand. Elke 5 minuten is er uitvoer gepleegd van de belangrijkste fysieke parameters, zoals stroomsnelheden, waterstanden en zoutgehalten. Al deze resultaten zijn in de postprocessing verwerkt tot tabellen en GIS figuren van droogvalduren, zoutgehalten, maximale stroomsnelheden en verschil bodemschuifspanning effecten.

##### **4.4.1 Waterstanden**

De waterstands resultaten zijn gepresenteerd in de tabellen 4.2 tot en met 4.4. Tabel 4.2 a en b geven de resultaten respectievelijk de verschillen voor alle simulaties voor GHW, GLW en het bereik van het getij.

Tabel 4.3 geeft de resultaten per simulatie voor de hoogste, de laagste en de gemiddeld opgetreden waterstanden gedurende een springtij doottij cyclus. Ook is het bereik weergegeven, dat bepaald is als de hoogste min de laagste waterstand binnen de gesimuleerde cyclus. De gemiddelde waterstand is het gemiddelde van alle model waarnemingen gedurende de gehele simulatieperiode. In de tabel zijn slechts de waarden voor een beperkt aantal stations gegeven. Tabel 4.4 geeft de verschilresultaten voor dezelfde stations. Dezelfde gegevens zijn visueel gepresenteerd in de figuren 4.185 tot en met 4.191 voor dezelfde stations. Er zijn oneindig veel resultaten beschikbaar er is gekozen voor een beperkt overzicht.

##### **4.4.2 Zoutgehalten**

Voor de zoutgehalten is een soortgelijke benadering gekozen als voor de waterstanden. Zo geeft de tabel 4.5 de maximale en minimale zoutgehalten gedurende de springtij doottij cyclus en opnieuw het gemiddelde van alle model waarnemingen gedurende de gehele simulatieperiode.

Weer is gekozen voor de hoofdstations.

Overigens zijn voor deze resultaten ook figuren gemaakt die de zoutgehalten grenzen geven voor de Westerschelde en voor de Beneden-Zeeschelde.

Met nadruk wordt hier gewezen op het feit dat het hier dieptegemiddelde waarden betreft. Voor de werkelijke zoutverdeling is dit een gebrekkige benadering. Voor de gedetailleerde 3D zoutverdeling wordt verwezen naar het basisrapport Zoutdynamiek.

Voor de intergetijde arealen is gewerkt met 2D zout uit deze studie. Een en ander is gepresenteerd in de figuren 4.99 tot en met 4.124.

Tabel 4.6 geeft voor dezelfde grootheden als in tabel 4.5 de verschillen.

#### **4.4.3 Intergetijde arealen**

Voor de intergetijde arealen zijn de resultaten gepresenteerd in tabellen 4.7 tot en met 4.12 voor de Westerschelde en in de tabellen 4.13 tot en met 4.18 voor de Beneden-Zeeschelde. Dezelfde resultaten in de vorm van GIS ecotopenkaarten zijn gepresenteerd in de figuren 4.5 tot en met 4.21 voor de Westerschelde en in de figuren 4.22 tot en met 4.38 voor de Beneden-Zeeschelde.

Tevens is er een groot aantal tabellen gemaakt van intergetijde arealen die aansluiten bij de macrocel benadering zoals die in het basisrapport Morfologie zijn gebruikt. Het betreft de tabellen 4.27 tot en met 4.152. De tabellen zijn voor deze basisstudie water niet van belang voor de interpretatie. Ze dekken ook niet het gehele gebied en zijn voor wat betreft de totalen niet vergelijkbaar met de andere tabellen.

De tabellen geven de aantallen hectaren per intergetijde areaal en de absolute en relatieve verschillen tussen elk van de alternatieven.

Er is onderscheid gemaakt tussen de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. De uitpolderingen in 2015 zijn bij de Beneden-Zeeschelde gerekend. Daarbij is de uitpoldering van de Hedwige- en Prosperpolder dominant. De verschillen in beschouwd oppervlak tussen 2010 en 2015 zijn daar het gevolg van.

#### **4.4.4 Droogvalduren**

Voor de droogvalduren zijn de resultaten weergegeven in de vorm van tabellen (4.19 en 4.20 voor de Westerschelde en 4.21 en 4.22 voor de Beneden-Zeeschelde) en in de vorm van figuren 4.39 tot en met 4.55 voor de Westerschelde en figuren 4.69 tot en met 4.85 voor de Beneden-Zeeschelde. Tenslotte zijn de verschillen in droogvalduren tussen verschillende simulaties weergegeven in de figuren 4.56 tot en met 4.68 voor de Westerschelde en de figuren 4.86 tot en met 4.98 voor de Beneden-Zeeschelde.

#### **4.4.5 Maximale stroomsnelheden**

Voor het bepalen van de gebieden waar, door de ingreep grote veranderingen kunnen optreden, zijn gedurende de gehele simulatieperiode in elk individueel punt van het rekenrooster de maximale stroomsnelheden bepaald. Deze snelheden zijn de grootste snelheden in een punt, onafhankelijk van eb of vloed. De snelheden zijn grafisch weergegeven in de figuren 4.125 tot en met 4.141 voor de Westerschelde en in figuur 4.142 tot en met 4.158 voor de Beneden-Zeeschelde.

Tevens zijn de verschillen snelheden bepaald ten opzichte van het nulalternatief in hetzelfde jaar. Zie hiervoor de figuren 4.159 tot en met 4.171 voor de Westerschelde en de figuren 4.172 tot en met 4.184 voor de Beneden-Zeeschelde. Deze gegevens zijn ook bruikbaar voor het bepalen van gebieden waar eventuele gevolgen zouden kunnen optreden voor de scheepvaart.

Tenslotte zijn bovenstrooms van de verdieping voor de stations Schelle en Gent de stroomsnelheden als functie van de tijd gegeven voor de gehele springtij doortijds cyclus in de figuren 4.200 en 4.201.

#### **4.4.6 Maximale bodemsschuifspanningen**

Tot slot is voor de bepaling van plaatsen waar potentiële vooroevererosie zou kunnen leiden tot eventuele aantasting van het dijklichaam, verschil figuren gemaakt van de maximale bodemsschuifspanning die als gevolg van de ingreep in een punt kan optreden. Deze verschilfiguren zijn alleen gemaakt voor de alternatieven P4P en P4N voor de jaren 2015 en 2030. Voor de Westerschelde is dat te zien in de figuren 4.192 tot en met 4.195 en in de Beneden-Zeeschelde in de figuren 4.196 tot en met 4.199.

## 5 Huidige situatie en autonome ontwikkeling (nulalternatief)

### 5.1 Inleiding

Voor de huidige situatie is de situatie met de bodemligging van 2005 genomen. De huidige situatie is gebruikt om de berekening van de intergetijde arealen te calibreren (zie paragraaf 4.3.4 tot en met 4.3.7). Tevens dient de huidige situatie als referentie voor de tijdsafhankelijke autonome ontwikkeling.

De simulaties voor de autonome ontwikkeling worden nulalternatief met daarachter het jaartal genoemd. Deze situaties zijn steeds bedoeld als referentie voor de verschillende alternatieven per jaar.

Voor de autonome ontwikkelingen zijn in de modellering alle schematisaties meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft onderdelen als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder.

De vaargeul is met zijn huidige diepgang in stand gehouden en het stortbeleid uit het verleden is gehandhaafd.

Tenslotte is het van belang te vermelden, dat extra aandacht is besteed aan het nauwkeurig representeren van de deels overstromende geleide dammen in de monding van de Zeeschelde.

### 5.2 Beschrijving simulaties huidige situatie en autonome ontwikkelingen (nulalternatief)

#### **Bodem**

De bodem voor de huidige situatie (2005) is in identieke vorm met hoge resolutie aan alle partners toegeleverd en afkomstig van de opdrachtgever.

Hij bevat de huidige vaargeul en de recente lodingen van 2005. Het Deurganckdok is voor 2005 voor 75 procent meegenomen.

Voor 2010 is de identieke bodem als die voor 2005 genomen, maar nu met voltooid Deurganckdok. Dat is gedaan op basis van de aanname dat de morfodynamische simulaties tot 2010 opgeteld bij de huidige bodem een grotere mate van onbetrouwbaarheid kennen dan het simpel handhaven van de bodem voor 2005.

Voor de bodem van de situatie voor de autonome ontwikkeling in 2015 en in 2030 zijn op de bodem van 2010 de netto aanzandingen en erosies voor de periode tussen 2010 en 2015 respectievelijk tussen 2010 en 2030 gesuperponeerd. De huidige stortstrategie is gehandhaafd. De bodemveranderingen komen uit de morfologische studie (zie basisrapport Morfologie). Voor de meegenomen effecten uit het Sigmaplan wordt verwezen naar paragraaf 2.3.4 en 2.3.5.

#### **Zandwinning**

Voor de zandwinning is in de autonome ontwikkeling het huidige beleid doorgezet. Het betreft een winning van 2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar in de Westerschelde en nog eens een hoeveelheid van ongeveer 2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar in de Beneden-Zeeschelde. In de Beneden-Zeeschelde wordt verwijderd wat er op de Schaar van Doel gestort wordt (zie paragraaf 2.3.7).

#### **Bovenafvoer**

Aan de bovenafvoer van de rivieren die op de Schelde uitkomen is niets veranderd. Wel is een additionele simulatie uitgevoerd met lage afvoer en een met hoge afvoer ten behoeve van de randvoorwaarden voor 3D zoutsimulaties in het basisrapport Zoutdynamiek.

## 5.3 De resultaten voor de huidige situatie en de autonome ontwikkeling

### 5.3.1 De waterstanden

De ontwikkelingen van de verschillende alternatieven zijn in complete overzichtstabellen en figuren gegeven. Deze bevinden zich na de tekst. Deze tabellen omvatten omwille van de overzichtelijkheid de resultaten voor alle simulaties. Hier worden slechts de resultaten voor de huidige situatie en de autonome ontwikkeling besproken.

Uit tabel 4.2 is af te lezen dat de verschillen tussen de waterstanden in huidige situatie 2005 en nulalternatief 2010 respectievelijk 2015 en 2030 in Vlissingen vrijwel overeenkomen met de opgelegde zeespiegelstijging. In Vlissingen gaan zowel het GHW als het GLW even veel omhoog. Hetgeen bevestigt dat het hier de opgelegde zeespiegelstijging betreft. De verschillen voor 2010, 2015 en 2030 bedragen respectievelijk 2, 5 en 14 centimeter.

Voor het GHW en GLW in 2010 landwaarts van Vlissingen zijn de verschillen gering en blijven de verschillen van ongeveer 2 centimeter gehandhaafd. Blijkbaar zijn de gevolgen van deze zeespiegelstijging vrijwel overal hetzelfde. Slechts ter hoogte van Gent is er enig verschil merkbaar van 1 centimeter bij GLW.

Voor de situaties in 2015 en in 2030 is er een kleine afname van het getijbereik landwaarts van Vlissingen (dus eigenlijk in het gehele estuarium). Met name het GHW wordt voorbij Bath iets gereduceerd (maximaal 14 min 3 is 11 centimeter rond Antwerpen in 2030). Het GLW loopt net niet helemaal mee omhoog en wordt ook deels gereduceerd. Onduidelijk is of dit nu het gevolg is van de uitpolderingen van de Hedwige- en Prosperpolder in 2015, dan wel het gevolg van de aangenomen flinke zeespiegelstijging van 4,3 centimeter in 2015 en 13,6 centimeter in 2030 dan wel een combinatie van beiden. Bij Schelle is het gemiddelde bereik zelfs 5 centimeter minder in 2015, voornamelijk als gevolg van het afnemen van het GHW. Benadrukt wordt dat het hier gaat om het gemiddelde van alle hoogwaters en laagwaters in een springtij doodtij cyclus.

Tabel 4.3 laat de ontwikkelingen van de maximale, de minimale en de gemiddelde waterstanden zien. Tabel 4.4 laat de verschillen zien. Benadrukt wordt dat dit andere waarden betreft dan de tabellen 4.2a en 4.2b. Te zien is dat het maximale bereik (hier hoogste min laagste waterstand voor een representatieve springtij doodtij cyclus) voor 2010 ten opzichte van de huidige situatie verwaarloosbaar afneemt.

Tabel 4.4a laat overigens wel heel helder zien dat de gemiddelde waterstand vrijwel overal gewoon samen met de zeespiegelstijging omhoog. Voor 2010 afgerond 2 centimeter, voor 2015 afgerond 4 à 5 centimeter en voor 2030 overal 14 centimeter uitgezonderd Melle, waar de gemiddelde waterstand iets sterker dan gemiddeld (18 centimeter) toeneemt.

Voor 2015 is er voor de maximale en minimale waterstanden iets meer reductie te zien, met name de maximale waterstanden nemen stroomopwaarts gaande af. Dit lijkt een logisch gevolg van de uitpolderingen van de Hedwige- en de Prosperpolder, die juist bij hoogwater meer berging bieden. Ondanks de zeespiegelstijging bij Vlissingen neemt het hoogste hoogwater in de springtij doodtijcyclus bij Antwerpen en Schelle met 8 centimeter af (5 centimeter zeespiegelstijging en 3 centimeter minder dan voor HS 2005). Voor het laag water zijn de verschillen geringer, immers bij zeespiegelstijging worden de laag waters hoger en zijn dus de verscholeffecten van de bodemwrijving kleiner.

Het maximale getijbereik neemt wel af.

Het hoogwater neemt rond de uitpoldering af (bij Antwerpen zelfs met 16 centimeter). Het laagwater stijgt minder dan de zeespiegelstijging. Het bereik neemt als gevolg van beide effecten wel af.

Normalerweise zijn de effecten altijd groter op het laag water dan op het hoog water. Maar de uitpolderingen hebben in dit geval juist een werking op het hoogwater omdat er met name rond hoogwater de grootste hoeveelheid bergend gebied bijkomt.

In het algemeen kan gesteld worden dat de effecten van de zeespiegelstijging op termijn van 5 à 10 jaar beperkt blijven tot enkele centimeters. De uitpolderingen van de Hedwige- en de Prosperpolder hebben een effect op het hoogwater. De gemiddelde waterstand loopt gewoon samen met de zeespiegelstijging mee omhoog. Het getijbereik neemt als gevolg van de uitpolderingen in combinatie met de zeespiegelstijging gering af.

### **5.3.2 Evaluatie resultaten waterbeweging**

Het modelinstrumentarium is sinds het strategisch milieueffectenrapport aanzienlijk verbeterd. De Beneden-Zeeschelde en haar zijrivieren zijn in grotere mate van detail en zorgvuldiger in de modelschematisatie meegenomen. Er heeft een uitgebreide studie plaatsgevonden naar het gedrag van het model in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium in Borgerhout (Alkyon, 2006). Uit die studie is gebleken dat het model een zorgvuldige weergave is van de werkelijkheid.

Een opvallend verschil met de resultaten uit het strategisch milieueffectenrapport is de afname van de opslingering van het getij in de Westerschelde. Dit is deels verklaarbaar uit de koppeling van de Westerschelde aan de Zeeschelde in het model. In de modellen die tot nu toe veelvuldig zijn gebruikt is er een knik gelegd in het rooster ter hoogte van Bath. Dat bemoeilijkt de getijvoortplanting op die knik. In het huidige model volgen de roosterlijnen de vaargeul. Daardoor verloopt de getijvoortplanting correcter. Een en ander heeft geresulteerd in een minder agressieve toename van het getijbereik op de Zeeschelde. Zagen wij in de afgelopen 100 jaar door inpolderingen, bedijkingen en de verdieping van de vaarweg een toename van het getijbereik in Antwerpen met meer dan een meter. Daaraan lijkt nu een einde gekomen. Het estuarium ligt min of meer vast en de mogelijkheden tot verdere amplificatie lijken daardoor beperkt. De verdere verdieping zorgt voor een andere voortplanting van de getijgolf die leidt tot het niet verder toenemen van de hoogte van de hoogwaters. De extra komberging als gevolg van het Sigmaplan (in het model vanaf 2015) zorgt voor een verdere aftopping van de hoogste waterstanden.

De met deze modellen voorspelde waterstanden wijken enigszins af van de resultaten zoals die gepresenteerd zijn in het milieueffectrapport "Ontwikkeling van een intergetijdengebied in Hedwige en Prosper polder". Dat is een logisch gevolg van verschillende modelschematisaties. Voor het milieueffectrapport Hedwige- en Prosperpolder is namelijk een 1-dimensionale benadering toegepast.

### **5.3.3 De zoutgehalten**

De tabellen 4.5 en 4.6 laten voor een aantal stations de zoutgehalten zien. De verschillen zijn in het algemeen klein tot zeer klein. Tot maximaal 0,6 psu. Opnieuw treden de grootste verschillen rond de uitpolderingen op. Het gemiddelde zoutgehalte neemt samen met de zeespiegelstijging fractioneel toe. Een logisch gevolg van de toename van de waterinhoud van het estuarium terwijl de zoetwaterafvoer gelijk blijft. Het zoute water dringt dus verder door. De effecten zijn echter gering.

### **5.3.4 De intergetijdse arealen**

De intergetijdse arealen zijn gepresenteerd in tabel 4.7 tot en met 4.18. Tabel 4.7 tot en met 4.12 behandelen de Westerschelde, de tabellen 4.13 tot en met 4.18 behandelen de Beneden-Zeeschelde. Dezelfde arealen zijn ook visueel beschikbaar in de figuren 4.5 tot en met 4.8 voor de Westerschelde en in de figuren 4.22 tot en met 4.25 voor de Beneden-Zeeschelde.

De uitpolderingen zijn bij de Beneden-Zeeschelde geteld. Dat is ook goed te zien aan de toename van het totaal oppervlak voor de Beneden-Zeeschelde van 689 hectare.

Voor de ontwikkelingen van de arealen in de tijd en de verschillen tussen de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen zijn de volgende effecten te zien:

### **Westerschelde**

#### *Hoogdynamisch versus laagdynamisch:*

Op de Westerschelde is er tussen 2005 en 2010 een toename van hoogdynamisch gebied ten koste van laagdynamisch gebied. Deze trend zet zich voort in de autonome ontwikkeling voor 2015 en eveneens voor 2030. Er is sprake van een toename van hoogdynamisch gebied ten koste van laagdynamisch gebied van 22.221 hectare in 2005 tot 22.961 hectare in 2030 met stappen van respectievelijk 57 hectare tot 2010, 296 hectare tot 2015 en 740 hectare tot 2030 (zie tabel 4.8).

Uitgedrukt in percentage afname van laagdynamisch gebied ten opzichte van 2005 gaat het om respectievelijk -0,55 procent in 2010, -2,8 procent in 2015 en - 7,1 procent in 2030.

Let wel dit is een gevolg van de autonome ontwikkeling met aangenomen zeespiegelstijging (uitpolderingen bij de Beneden-Zeeschelde).

#### *Supralitoraal versus litoraal en sublitoraal*

Op dezelfde wijze is er een afname van supralitoraal ten gunste van litoraal en sublitoraal. Het gaat daarbij om een afname van respectievelijk 48 hectare (-1,2 procent) in 2010, 152 hectare (-3,8 procent) in 2015 en 654 hectare (-16,4 procent) in 2030. De toename van litoraal en sublitoraal is percentueel geringer omdat het om grotere oppervlakten gaat.

In werkelijkheid, zal het supralitoraal mogelijk met de zeespiegel meegroeien.

#### *Brak versus Zout*

Voor de brakke en zoute zones is er weliswaar een afname van brak ten koste van een toename van zout, maar tussen 2015 en 2030 is er geen verdere toename van zout ten koste van brak. Het gaat om afname van respectievelijk 43 hectare (-0,6 procent) in 2010, 261 hectare (-3,8 procent) in 2015 en 238 hectare (-3,5 procent) in 2030.

De oorzaak hiervan is slecht te achterhalen en mogelijk deels een gevolg van de uitpolderingen die zorgen voor extra zoet/brak water berging bovenstrooms.

### **Beneden-Zeeschelde**

Op de Beneden-Zeeschelde wordt er geen onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch gebied. Het gehele gebied valt voor het grootste deel in de brakke zone, een kleiner deel is zoet en een nog kleiner deel variabel zoet (volgens de definitie van ZES 1, zie Appendix I). Tussen 2005 en 2010 is er een toename van zoet en brak gebied ten koste van variabel gebied (tabel 4.13 en 4.14). Het overgrote deel van de Beneden-Zeeschelde is diep sublitoraal gebied. In 2015 vindt er door het meenemen van uitpolderingen een toename plaats van brak gebied in de klassen middelhoog litoraal, hoog litoraal en supralitoraal.

Tussen 2015 en 2030 vindt er voor de hogere gebieden weer een afname plaats tegen een toename van de lager gelegen arealen. Opnieuw een gevolg van de zeespiegelstijging.

### **5.3.5 De droogvalduren**

De droogvalduren zijn gegeven in de tabellen 4.19 en 4.20 voor de Westerschelde en in tabellen 4.21 en 4.22 voor de Beneden-Zeeschelde. In figuurvorm zijn ze gegeven in de figuren 4.39 tot en met 4.42 respectievelijk figuur 4.69 tot en met 4.72. Let op, het betreft hier hetzelfde gebied tot de Rupelmonding.

### **Westerschelde**

De tabellen laten zien dat er in de Westerschelde in de autonome ontwikkeling tot en met 2015 een toename is van het gebied dat nooit droogvalt. Dat is voor het overgrote deel het gevolg van de aangenomen zeespiegelstijging. Toch is er in 2030 weer een geringe afname van gebied dat nooit droog valt.

### **Beneden-Zeeschelde**

Voor de Beneden-Zeeschelde is dezelfde trend te zien als voor de Westerschelde, een toename van nooit droogvallend gebied tot 2015 en in 2030 weer een geringe afname.

#### **5.3.6 Maximale stroomsnelheden**

De maximale stroomsnelheden in elk punt zijn gegeven in de figuren 4.125 tot en met 4.128 voor de Westerschelde en in de figuren 4.142 tot en met 4.145 voor de Beneden-Zeeschelde. De verschillen voor de autonome ontwikkeling zijn slecht herkenbaar. Mede om deze reden zijn er voor de verschillende alternatieven verschilfiguren gemaakt, om een beter inzicht in de effecten te verkrijgen. De maximale stroomsnelheden laten hoge waarden zien. Een logisch gevolg van de selectie van de hoogste waarde uit een volledige springtij doortij cyclus.

### **5.4 Conclusies**

De huidige situatie en de autonome ontwikkelingen in de tijd in het Schelde-estuarium, leiden mede dank zij de aangenomen zeespiegelstijgingen, tot een afname van de hoger gelegen intergetijde arealen, ten gunste van lager gelegen arealen en diep water arealen.

Voor de waterstanden geldt dat de ontwikkelingen in de tijd meegaan met de zeespiegelstijging. In de Beneden-Zeeschelde worden deze stijgingen in de tijd niet helemaal bijgehouden. Voor de gemiddelde waterstand geldt dat wel (zie tabel 4.4a), maar voor de maximale waterstand en het gemiddelde hoog water op het traject tussen Bath en Gent geldt dat niet. Mogelijk deels het gevolg van uitpoldering en deels het gevolg van de complexe voortplanting van de getijgolf.

De verschillen in de tijd van de zoutvariaties bedragen minder dan 0,6 psu. De dieptegemiddelde verschuivingen bedragen minder dan enkele honderden meters.

Bij deze conclusie dienen we de kanttekening te plaatsen dat er in de simulaties geen rekening is gehouden met het eventueel meegroeien van hoog gelegen schorarealen met de zeespiegelstijging.

De voor de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen uitgevoerde simulaties zijn vooral bedoeld om als referentie te dienen voor alle andere situaties. De vergelijking moet leiden tot de netto effectbeschrijving. Daarbij is het uiteraard van belang de vergelijking te maken met de referentie situatie uit hetzelfde jaar.

## 6 Nulalternatief en projectalternatief min

### 6.1 Inleiding

Door het nulalternatief en het projectalternatief min te vergelijken voor de jaren 2015 en 2030, kan in feite een vergelijking worden gemaakt tussen de situatie met nieuwe vaargeul en de situatie zonder nieuwe vaargeul bij handhaving van de bestaande stortstrategie. In feite kan deze vergelijking ook voor 2010 worden gemaakt door de projectalternatieven te vergelijken met het nulalternatief in 2010. Er wordt dan in de simulaties verondersteld dat er nog geen onderhoud is gepleegd.

Voor de situatie in 2015 en 2030 zijn die ontwikkelingen in de simulaties meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft zaken als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder.

De vaargeul verruiming is in 2010 aangebracht en het stortbeleid uit het verleden is gehandhaafd. In feite is er in 2010 alleen nog maar aanlegbaggerwerk uitgevoerd (hierbij is gekozen voor de aanleg volgens de P4N variant). De kolommen met de resultaten voor de P4N variant kunnen dus beschouwd worden als projectalternatief min variant voor 2010. Dus de effecten van de verruiming zelf worden voor 2010 bekeken, door een vergelijking van de effecten van de verruiming op de getijde voortplanting mee te nemen.

### 6.2 Beschrijving simulaties projectalternatief min

De bodem voor het nulalternatief in 2010 is vergeleken met het projectalternatief min. Er zijn uiteindelijk twee varianten voor verschillende jaren doorgerekend. Er is gekozen om slechts de P4N voor 2010 als projectalternatief min te beschouwen. Er is dan slechts sprake van de berging van de aanlegbaggerspecie en nog niet van een onderhoudsstrategie.

Voor de bodem van de situatie voor de autonome ontwikkeling in 2015 en in 2030 zijn op de bodem van 2010 de netto aanzandingen en erosies voor de periode tussen 2010 en 2015 respectievelijk tussen 2010 en 2030 gesuperponeerd. De huidige stortstrategie is gehandhaafd. De bodemveranderingen komen uit de morfologie studie. Voor de jaren 2015 en 2030 is er wel een projectalternatief min, namelijk de nieuwe vaargeul met handhaving van de oude stortstrategie.

#### **Overige effecten**

Voor de Sigmaplan effecten zijn voor de simulaties voor 2015 en 2030 dezelfde effecten meegenomen als voor de ontwikkeling van het nulalternatief. Datzelfde geldt ook voor de zandwinning en de bovenafvoer voor de Schelderivieren.

### 6.3 De resultaten voor de projectalternatieven min.

#### **6.3.1 De waterstanden**

De ontwikkelingen in de GHW en GLW waterstanden zijn aangegeven in tabel 4.2a en 4.2b. Uit tabel 4.2a is af te lezen dat de verschillen tussen de waterstanden in 2010 gering zijn. Het betreft 1 à 2 centimeter. Voor het GHW is de waterstand bij Hansweert en Bath 1 centimeter lager en bij Antwerpen en Schelle 1 à 2 centimeter hoger. Dat lijkt een logisch gevolg van de relatief grote ingreep die er in de Beneden-Zeeschelde plaatsvindt (45 procent van al het aanlegbaggerwerk). Een soortgelijk beeld voor de effecten op de waterstanden is te vinden voor 2015 en 2030. Opnieuw geringe verschillen (orde centimeters) tussen het nulalternatief en de projectalternatieven min. En daar waar de verschillen optreden, gebeurt dat voornamelijk rond de Beneden-Zeeschelde.

Hetzelfde beeld van geringe effecten is te vinden voor de GLW waterstanden. Opnieuw geringe verschillen en de verschillen die er zijn (orde centimeters) treden voornamelijk bij de Beneden-Zeeschelde op.

Tabel 4.3 laat de ontwikkelingen van de maximale, de minimale en de gemiddelde waterstanden zien. Tabel 4.4 laat de verschillen zien. Te zien is dat het verschil in het maximale bereik voor 2010 ten opzichte van het nulalternatief in 2010 maximaal 5 centimeter is. Dit verschil treedt op bij Schelle, het laagste laagwater wordt 3 centimeter lager, het hoogste hoogwater 2 centimeter hoger.

De verschillen voor 2015 en voor 2030 in hoogste en laagste waterstand bedragen 1 à 2 centimeter. Het bereik neemt ter hoogte van Schelle maximaal 3 centimeter toe.

In het algemeen kan gesteld worden dat de effecten van de verruiming op de waterstanden gering zijn. Voor zover ze aantoonbaar en waarneembaar zijn is dat slechts te bepalen op basis van langjarige metingen rond de Beneden-Zeeschelde en wel op het traject van Bath tot Schelle.

### **6.3.2 De zoutgehalten**

De tabellen 4.5 en 4.6 laten voor een aantal stations de zoutgehalten zien. De verschillen zijn klein. Een vergelijking tussen de varianten P4P en P4N en het nulalternatief 2010 laten zien dat de verschillen rond de 0,1 psu of minder zijn.

Voor 2015 en 2030 zijn alle verschillen kleiner dan 0,1 psu. Een en ander is ook te zien in de figuren 4.105 en 4.109 voor de Westerschelde en in de figuren 4.118 en 4.122 voor de Beneden-Zeeschelde. De contouren liggen in al deze gevallen vrijwel boven op elkaar.

### **6.3.3 De intergetijde arealen**

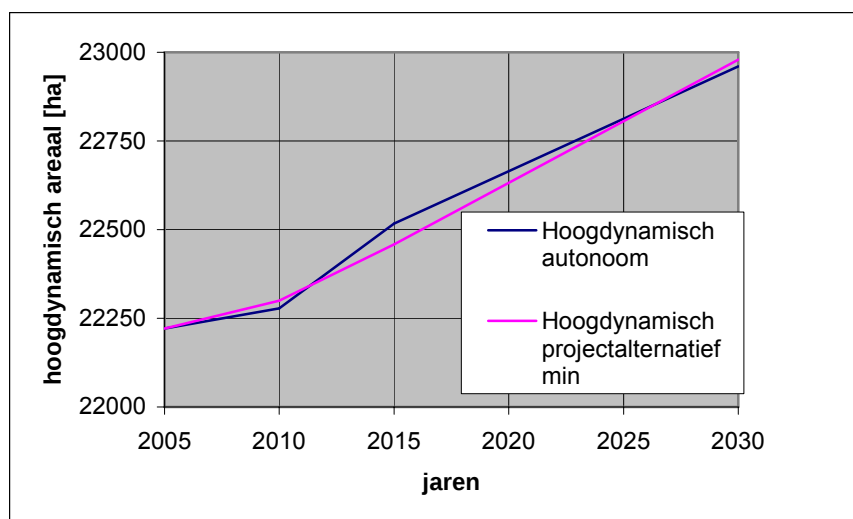
De intergetijde arealen zijn gepresenteerd in tabellen 4.7 tot en met 4.18. Tabellen 4.7 tot en met 4.12 behandelen de Westerschelde, de tabellen 4.13 tot en met 4.18 behandelen de Beneden-Zeeschelde. De uitpolderingen zitten bij de Beneden-Zeeschelde.

De figuren 4.14 en 4.15 geven de projectalternatief min resultaten voor 2015 en 2030. Figuur 4.16 en 4.19 geven de projectalternatief min resultaten voor 2010 voor respectievelijk P4N en P4P. Alles voor de Westerschelde. Voor de Beneden-Zeeschelde zijn deze resultaten te zien in de figuren 4.31 en 4.32 voor 2010 en 2030 en in figuren 4.33 (P4N) en 4.36 (P4P) voor 2010.

Voor de verschillen tussen de nulalternatieven in de jaren 2010, 2015 en 2030 met de projectalternatieven min voor 2010 (P4N en P4P) en de nulalternatieven min voor 2015 en 2030, zijn de volgende effecten te zien:

#### *Westerschelde*

Op de Westerschelde is er in 2010 een toename van hoogdynamisch gebied ten koste van laagdynamisch gebied (57 hectare) ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide projectalternatieven is deze toename groter (22 hectare extra) dan voor de autonome ontwikkeling. Dat lijkt een logisch gevolg van de aanleg van de vaarweg. Voor 2015 vindt er eveneens een toename van hoogdynamisch gebied plaats in de autonome ontwikkeling (+296 hectare ten opzichte van de huidige situatie) bij het projectalternatief min is deze toename iets geringer (237 hectare). In 2030 zijn de verschillen toegenomen tot 740 hectare meer hoogdynamisch gebied ten opzichte van 2001, tegen 758 hectare voor het projectalternatief min.



**Figuur 6.1:** Ontwikkeling hoogdynamisch areaal

Resumerend:

Het hoogdynamisch areaal neemt in de tijd toe. Deze toename is iets kleiner bij de verdiepte vaargeul met handhaving van de huidige bagger en stortstrategie dan bij het nulalternatief in 2015 en juist marginaal groter in 2030. Voor het laagdynamische areaal geldt juist het omgekeerde, zie vooral ook figuur 6.1.

Ditzelfde beeld is ook goed te zien in tabel 4.10. De veranderingen tussen de autonome ontwikkelingen en de projectalternatieven min zijn voor wat betreft de verdeling hoogdynamisch laagdynamisch kleiner dan 0,6 procent. De veranderingen in de tijd als gevolg van zeespiegelstijging zijn sturend voor de verdeling.

Voor de brakke en zoute zones is er een afname van brak ten koste van een toename van zout. In 2010 is dat verschil 65 hectare. In 2015 is dat verschil 45 hectare en in 2030 is dat verschil nog maar 19 hectare. (tabel 4.9). Al met al zijn de verschillen kleiner dan 1 procent. De trends worden bepaald door de tijdsafhankelijke ontwikkelingen als zeespiegelstijging en ontpolderingen.

#### *De Beneden-Zeeschelde*

Op de ecotopen kaart van de Beneden-Zeeschelde wordt er geen onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch gebied. Het onderzochte gebied valt voornamelijk in de brakke zone, een klein deel (2010 18,2 procent) is zoet en een nog kleiner deel (2010 5,1 procent) variabel zoet. Zie tabel 4.13.

De verschillen tussen nulalternatief 2010 en projectalternatief min (P4P) 2010 voor deze verdeling zijn 6 hectare meer zoet en 18 hectare minder zoet variabel.

Voor 2010 is er een toename van 23 hectare van sublitoraal gebied ten koste van litoraal gebied 19 hectare.

Voor 2015 en 2030 zijn de verschillen tussen de autonome ontwikkeling en het projectalternatief min kleiner dan 5 hectare voor wat betreft de verdeling sublitoraal litoraal (zie ook tabel 4.15).

Datzelfde beeld komt voort uit de verschillen uit tabel 4.17. De verschillen voor 2015 en 2030 beperken zich tot maximaal 6 respectievelijk 14 hectare.

Uiteraard is er wel een groot verschil tussen 2015 en 2010. Maar dat is het gevolg van de uitpoldering van de Hedwige- en de Prosperpolder die in 2015 zijn meegenomen.

### 6.3.4 De droogvalduren

De droogvalduren zijn gegeven in de tabellen 4.19 en 4.20 voor de Westerschelde en in de tabellen 4.21 en 4.22 voor de Beneden-Zeeschelde. In figuur vorm zijn ze gegeven in de figuren 4.48 tot en met 4.50 en 4.53 voor de Westerschelde en in de figuren 4.78 tot en met 4.80 en 4.83 voor Beneden-Zeeschelde. Om de effecten meer inzichtelijk te maken zijn er ook verschilfiguren aangemaakt, te weten de figuren 4.61 tot en met 4.63 voor de Westerschelde en de figuren 4.91 tot en met 4.93 voor de Beneden-Zeeschelde.

#### *Westerschelde*

De tabellen laten zien dat er in de Westerschelde bij een vergelijking van het projectalternatief P4N en P4P een verschil is tussen beide. In P4P treedt er een afname van nooit droogvallend gebied op met 207 hectare. Daarop zal worden teruggekomen in hoofdstuk 8. Voor de droogvalduren geldt opnieuw dat de grootschalige ontwikkelingen in de tijd en de uitpoldering in 2015 van dominant belang zijn.

De verschillen tussen de nulalternatieven en de projectalternatieven min voor 2015 bedragen voor de droogvalduren maximaal 69 hectare, dat is de afname van gebied dat nooit droogvalt (tabel 4.20). Voor 2030 is dat getal 18 hectare. In percentages liggen de afwijkingen tussen de -2,0 en +2,0 procent.

#### *Beneden-Zeeschelde*

In het onderzochte gebied van de Beneden-Zeeschelde (tot de Rupelmonding) bedragen de veranderingen in gebieden met een gespecificeerd droogvalduur percentage voor 2015 (tabel 4.22) minder dan 4 hectare. Voor 2030 is dit getal maximaal 2 hectare.

### 6.3.5 Maximale stroomsnelheden

De maximale stroomsnelheden in elk punt zijn gegeven in de figuren 4.134 tot en met 4.136 voor de Westerschelde en in de figuren 4.151 tot en met 4.153 voor de Beneden-Zeeschelde. De verschillen voor de autonome ontwikkeling zijn slecht herkenbaar. Mede om deze reden zijn er voor de verschillende alternatieven verschilfiguren gemaakt, om een beter inzicht in de effecten te verkrijgen. De maximale stroomsnelheden laten hoge waarden zien. Een logisch gevolg van de selectie van de hoogste waarde uit een volledige springtij doodtij cyclus.

Figuren 4.164 tot en met 4.166 laten de verschillen zien voor de Westerschelde en figuren 4.177 tot en met 4.179 voor de Beneden-Zeeschelde. De figuren laten zien dat er slechts op bepaalde locaties effecten te zien zijn met verschillen kleiner dan 0, 2 m/s in 2015 en minder dan dat in 2030. Wel is nu te zien dat er verschillen zijn ter hoogte van de verruiming in de Beneden-Zeeschelde. De snelheden nemen daar af door de verruiming en juist bovenstrooms daarvan toe.

## 6.4 Conclusies

De huidige situatie en de autonome ontwikkelingen in het Schelde-estuarium, leiden mede door de aangenomen zeespiegelstijgingen, tot een afname van de hoger gelegen getijarealen, ten gunste van lager gelegen arealen.

De verruiming van de vaarweg heeft hier een gering effect op. Datzelfde is het geval voor zout en voor de waterstanden. De aanleg van de vaarweg heeft slechts een gering effect op de waterstanden en de zoutverdeling. De grootschalige ontwikkeling wordt bepaald door de zeespiegelstijging. Wel is ter hoogte van de verruiming in de Beneden-Zeeschelde een afname van de stroomsnelheid waarneembaar en een toename bovenstrooms daarvan.

Bij deze conclusie dienen we de kanttekening te plaatsen dat er in de simulaties geen rekening is gehouden met het meegroeien van schorren (supralitoraal gebied) met de zeespiegelstijging.

# 7 Nulplusalternatief

## 7.1 Inleiding

Bij het nulplusalternatief wordt de huidige vaarweg gehandhaafd. Maar wel wordt de geoptimaliseerde stortstrategie doorgevoerd. Door het vergelijken van dit nulplusalternatief met de ontwikkelingen voor het nulalternatief kan het effect van de stortstrategie worden geëvalueerd.

Voor de situatie in 2015 en 2030 zijn die ontwikkelingen in de simulaties meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft zaken als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwig- en Prosperpolder.

## 7.2 Beschrijving simulaties nulplusalternatief

De bodem voor het nulalternatief in 2010 is identiek aan die voor het nulplusalternatief. Daarom is er alleen een nulplusalternatief beschikbaar voor de jaren 2015 en 2030.

Voor de bodem van de situatie voor de autonome ontwikkeling in 2015 en in 2030 zijn op de bodem van 2010 de netto aanzandingen en erosies voor de periode tussen 2010 en 2015 respectievelijk tussen 2010 en 2030 gesuperponeerd. Het verschil zit in de gehanteerde stortstrategie. De huidige stortstrategie is gehandhaafd voor de nulalternatieven de nieuwe stortstrategie is gebruikt voor de nulplusalternatieven in 2015 en 2030. Daarbij zijn procentueel dezelfde hoeveelheden teruggestort als voor de P4N variant (zie ook basisrapport Morfologie, Bijlage E). De bodemveranderingen komen uit de morfologie studie.

### **Overige effecten**

Voor de Sigmaplan effecten zijn voor de simulaties voor 2015 en 2030 dezelfde effecten meegenomen als voor de ontwikkeling van het nulalternatief. Datzelfde geldt ook voor de zandwinning en de bovenafvoer voor de Schelderivieren.

## 7.3 De resultaten voor het nulplusalternatief

### 7.3.1 De waterstanden

De ontwikkelingen in de GHW en GLW waterstanden zijn aangegeven in tabel 4.2a en 4.2b. De verschillen zijn af te lezen in de kolommen voor nulalternatief 2015/2030 en nulplusalternatief 2015/2030. De verschillen zijn voor GHW overal 1 centimeter of minder. Voor GLW zijn de verschillen iets groter. In het bereik zijn er wel verschillen. Het getij bereik neemt voor de nieuwe stortstrategie wat sterker af dan voor de huidige stortstrategie. Dat scheelt orde 2 centimeter op de Beneden-Zeeschelde. Voor 2030 zijn deze verschillen iets kleiner.

Tabel 4.3 laat de ontwikkelingen van de maximale, de minimale en de gemiddelde waterstanden zien. Tabel 4.4 laat de verschillen zien. Te zien is dat het maximale bereik voor 2015 ten opzichte van het nulalternatief 2015 marginaal kleiner is op het traject Bath tot Schelle. De gemiddelde waterstand blijft gelijk. Voor 2030 is een soort gelijk effect te vinden.

In het algemeen kan gesteld worden dat de effecten van de stortstrategie voor de waterstanden een kleiner getij bereik leveren voor het traject Bath Schelle.

### 7.3.2 De zoutgehalten

De tabellen 4.5 en 4.6 laten voor een aantal stations de zoutgehalten zien. De verschillen zijn gering. Een vergelijking tussen het nulalternatief en het nulplusalternatief voor de jaren 2015 en 2030 zijn overal kleiner dan 0,1 psu.

### 7.3.3 De intergetijde arealen

De intergetijde arealen zijn gepresenteerd in tabellen 4.7 tot en met 4.18. Tabellen 4.7 tot en met 4.12 behandelen de Westerschelde, tabellen 4.13 tot en met 4.18 behandelen de Beneden-Zeeschelde. De uitpolderingen zitten bij de Beneden-Zeeschelde.

#### *Westerschelde*

Op de Westerschelde is er in 2015 als gevolg van het toepassen van de nieuwe stortstrategie op de oude vaargeul een geringe toename van hoogdynamisch gebied ten koste van laagdynamisch gebied (22 hectare). Voor 2030 is dat juist een geringe afname (-8 hectare).

Ditzelfde beeld is ook goed te zien in tabel 4.10. De veranderingen tussen de autonome ontwikkelingen (nulalternatief) en de nieuwe stortstrategie (nulalternatieven plus) zijn voor wat betreft de verdeling hoogdynamisch laagdynamisch klein (maximaal 0,2 procent). De veranderingen in de tijd als gevolg van zeespiegelstijging lijken sturend voor de verdeling. In principe leidt zeespiegelstijging immers tot een geringe toename van de waterdiepte, dus iets minder bodemweerstand dus iets hogere snelheden.

Voor de brakke en zoute zones is er een afname van zout areaal (45 hectare, -0,2 procent) en een gelijke toename van brak areaal (45 hectare, 0,7 procent) in 2010. Blijkbaar zorgt de nieuwe stortstrategie voor het minder ver doordringen van het zout in de Westerschelde. In 2030 is dit verschil afgenomen tot slechts 6 hectare minder zout en meer brak.

#### *De Beneden-Zeeschelde*

Op de Beneden-Zeeschelde wordt er geen onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch gebied. Het gebied valt voornamelijk in de brakke zone, een klein deel is zoet en een nog kleiner deel variabel zoet. De verschillen tussen nulalternatief 2015 en nulplusalternatief 2015 zijn opnieuw gering.

Voor 2015 is er een lichte toename van zoete arealen (26 hectare) ten koste van brak (-2 hectare) en variabel zoet areaal (-14 hectare) voor het nulalternatief in datzelfde jaar. De verschillen tussen sublitoraal, litoraal en supralitoraal zijn vrijwel verwaarloosbaar. Voor 2030 geven deze getallen een kleine toename van zoet variabel (8 hectare) en zoet (3 hectare) ten laste van brak (-11 hectare) een soortgelijk zo mogelijk nog minder afwijkend beeld.

### 7.3.4 De droogvalduren

De droogvalduren zijn gegeven in de tabellen 4.19 en 4.20 voor de Westerschelde en in de tabellen 4.21 en 4.22 voor de Beneden-Zeeschelde. In figuurvorm zijn ze gegeven in de figuren 4.43 en 4.44 voor de Westerschelde en in de figuren 4.73 en 4.74 voor de Beneden-Zeeschelde. Om de effecten meer inzichtelijk te maken zijn er ook verschilfiguren aangemaakt, te weten de figuren 4.56 en 4.57 voor de Westerschelde en de figuren 4.86 en 4.87 voor de Beneden-Zeeschelde.

De tabellen laten zien dat er in de Westerschelde bij een vergelijking van het nulalternatief met het nulalternatief plus voor 2015 een afname optreedt van droogvalareaal in de droogvalklassen tussen 20 en 80 procent. Daarbuiten treedt juist een toename op. De verschillen zijn gering en liggen in de orde van enkele procenten.

Voor 2030 (figuur 4.57) treedt er als gevolg van het toepassen van de nieuwe stortstrategie een verschuiving van de droogvalduren op. In het westelijke gedeelte van de Westerschelde is er een afname en in het oostelijk deel juist een toename.

De Beneden-Zeeschelde laat zowel in 2015 als in 2030 vrijwel geen veranderingen zien (zie figuren 4.86 en 4.87).

### **7.3.5 Maximale stroomsnelheden**

De maximale stroomsnelheden voor het nulplusalternatief in elk punt in de Westerschelde zijn gegeven in de figuren 4.129 voor 2015 en 4.130 voor 2030. De verschillen zijn in 2015 groter dan in 2030. De gebieden met een toename lijken gekoppeld aan een nabij gelegen gebied met een afname. Dat is een logisch gevolg van de continuïteit. Als ergens verdiept wordt zal daar de snelheid afnemen en tegelijkertijd daarnaast toenemen en omgekeerd. In 2030 zijn de verschillen geringer.

Voor de Beneden-Zeeschelde zijn er in 2015 nog wel kleine effecten bovenstrooms te zien. In 2030 zijn ze niet meer aanwezig.

## **7.4 Conclusies**

Het toepassen van de nieuwe stortstrategie op de bestaande vaargeul leidt tot een afname van het getijbereik op het traject tussen Bath en Schelle met maximaal 2 centimeter in 2015 en 1 centimeter in 2030. Tegelijkertijd neemt het bereik tussen Vlissingen en Bath met maximaal 2 centimeter toe in 2015 en idem in 2030.

De verschillen in zoutdoordringing zijn kleiner dan 0,1 psu.

In 2015 neemt het zoete areaal op de Beneden-Zeeschelde als gevolg van het toepassen van de nieuwe stortstrategie op de bestaande vaarweg met 26 hectare toe. Voor 2030 is er een afname van 12 hectare brak gebied.

Er is op de Westerschelde een toename van hoogdynamisch gebied van 22 hectare in 2015 en een afname van 8 hectare in 2030.

Voor 2030 is er juist een afname van brak diep

## 8 Projectalternatief

### 8.1 Inleiding

Bij de verschillende projectvarianten wordt er steeds een vergelijking gemaakt tussen de situatie met de toekomstige vaarweg en de daarbij behorende verschillende stortstrategieën en het nulalternatief in datzelfde jaar.

Op deze wijze wordt dus een integrale effectanalyse uitgevoerd voor de verschillende aanlegvarianten

Voor de situatie in 2015 en 2030 zijn die ontwikkelingen in de simulaties meegenomen die verondersteld worden volgens vigerend beleid te zijn gerealiseerd. Dat betreft zaken als zandwinning, de ontwikkelingen als gevolg van een verdere realisatie van het Sigmaplan en de uitpolderingen nabij Hedwige- en Prosperpolder.

### 8.2 Beschrijving projectalternatieven

Er is in het onderzoek een serie van 5 verschillende projectvarianten onderzocht. Het betreft allereerst de 3 basisvarianten P1, P2 en P3 (zie paragraaf 2.2.1) waarin de drie verschillende varianten voor het storten van de *aanlegbaggerspecie* zijn vergeleken voor het jaar 2010. Er is eerst een evaluatie uitgevoerd voor deze varianten. Er is gekozen voor de variant met de minste effecten, dat blijkt de variant P2 te zijn.

Op basis van deze evaluatie zijn er twee varianten voor het storten van de onderhoudsbaggerspecie geselecteerd. Deze varianten passen beide op een licht gewijzigde variant van de P2 variant voor de aanlegbaggerspecie. Het betreft de varianten Nevengeul en Plaatrand. Voor meer details over deze varianten wordt verwezen naar het hoofdrapport.

Voor alle varianten zijn de bodems en de bodemveranderingen steeds vanuit de basisstudie morfologie aangeleverd.

#### **Overige effecten**

Voor de Sigmaplan effecten zijn voor de simulaties voor 2015 en 2030 dezelfde effecten meegenomen als voor de ontwikkeling van het nulalternatief.

Datzelfde geldt ook voor de zandwinning en de bovenafvoer voor de Schelde rivieren.

### 8.3 De resultaten voor de aanlegvarianten P1, P2 en P3 voor 2010

#### **8.3.1 De waterstanden**

De waterstanden voor de 3 aanlegvarianten P1, P2 en P3 wijken nauwelijks af van het nulalternatief voor 2010 (tabel 4.2). Bij P1 en P3 zijn de waterstanden voor GHW op het traject stroomopwaarts van Bath wat hoger dan voor het nulalternatief. Voor GLW zijn de waterstanden voor P1 en P3 juist wat lager. Voor P2 zijn de veranderingen ten opzichte van het nulalternatief het kleinst.

Voor de maximale, de minimale en de gemiddelde waterstanden geldt iets soortgelijks (tabel 4.4). De maximale en minimale waterstanden nemen respectievelijk het sterkst toe en af voor P1, minder voor P3 en de verschillen zijn het kleinst bij P2. Bij P1 is er het duidelijkst een toename van het getijbereik over het gehele traject bovenstrooms van Bath.

### 8.3.2 De zoutgehalten

De effecten van de aanlegvarianten P1, P2 en P3 op de zoutgehalten zijn gering (tabel 4.5 en tabel 4.6). De grootste veranderingen in maximale en minimale zoutgehalten zijn kleiner dan 0,1 psu. Het gemiddelde zoutgehalte over de gehele springtij doortij cyclus neemt in Antwerpen iets toe (0,1 tot 0,16 psu). Die toename is het grootst voor P2. Het zout dringt met name daar iets verder naar binnen door. Dat is ook te zien op de figuren 4.112 tot en met 4.114

### 8.3.3 De intergetijde arealen

De intergetijde arealen zijn gepresenteerd in tabellen 4.7 tot en met 4.18. Tabellen 4.7 tot en met 4.12 behandelen de Westerschelde, tabellen 4.13 tot en met 4.18 behandelen de Beneden-Zeeschelde. De uitpolderingen zitten bij de Beneden-Zeeschelde.

#### *Westerschelde*

Tabel 4.9 laat zien dat de kleinste veranderingen in de verdeling hoog laagdynamisch optreden voor aanlegvariant P2. Datzelfde geldt voor de verandering in de verdelingen sublitoraal, litoraal, supralitoraal. Voor de verhouding zout brak is de toename van zout areaal het grootst voor alternatief P3.

#### *Beneden-Zeeschelde*

Voor de Beneden-Zeeschelde zijn de resultaten minder eenduidig voor de verdeling brak, zoet en zoet variabel. Maar ook hier zijn de veranderingen voor aanlegvariant P2 het kleinst. Hier is er een toename van brak ten koste van zoet. Voor de verdeling sublitoraal, litoraal, supralitoraal scoren de verschillende aanlegvarianten vrijwel identiek.

### 8.3.4 De droogvalduren

Voor alle drie de aanlegvarianten P1, P2 en P3 geldt dat de droogvalduur iets toeneemt. Er is een toename van het gebied dat nooit droogvalt. Maar dat is ook een logisch gevolg van de verruiming, als gevolg waarvan de waterstanden achter in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde iets toenemen.

### 8.3.5 Maximale stroomsnelheden

Als gevolg van de verruiming nemen de stroomsnelheden in het Schelde-estuarium in het algemeen iets toe. Dat is goed te zien in tabel 4.23 die de arealen per optredende maximale stroomsnelheid geeft. De toename is het kleinst bij aanlegvariant P2. Bij P3 treedt er een flinke toename op van de hoogste snelheidsklassen, maar tegelijk ook een afname van de iets minder hoge klassen. P2 benadert de bestaande situatie het best. Dat is ook te zien in de figuren 4.161 tot en met 4.163 voor de Westerschelde. Voor de Beneden-Zeeschelde scoort de aanlegvariant P2 weer iets minder (zie figuren 4.174 tot en met 4.176). In het algemeen geldt voor de maximale stroomsnelheden dat de veranderingen in de Beneden-Zeeschelde het grootst zijn. Daar vindt de grootste netto ingreep plaats door de verruiming, met lagere stroomsnelheden boven de verruiming en hogere stroomsnelheden bovenstrooms daarvan.

## 8.4 Evaluatie P1, P2 en P3

Op basis van bovenstaande constatering is besloten de P2 basisvariant voor de berging van aanlegbaggerspecie te gebruiken als uitgangspunt voor de verschillende projectalternatieven. (zie verder het hoofdrapport). Op basis daarvan zijn de alternatieven P4P en P4N uitgewerkt.

## **8.5 De resultaten voor de varianten P4P en P4N**

### **8.5.1 De waterstanden**

De ontwikkelingen in de GHW en GLW waterstanden zijn aangegeven in tabel 4.2a en 4.2b. De verschillen zijn af te lezen in de kolommen voor nulalternatief 2010/2015/2030 en P4N en P4P voor 2010/2015/2030. De verschillen met het nulalternatief voor hetzelfde jaar zijn overal 2 centimeter of minder. Voor GLW zijn de verschillen in dezelfde orde van grootte. In het bereik lopen de verschillen op tot maximaal 3 centimeter. Voor 2030 zijn deze verschillen in dezelfde orde van grootte. Wel is te zien dat de aangenomen zeespiegelstijging zich minder versterkt doorzet bovenstrooms van Bath.

Tabel 4.3 laat de ontwikkelingen van de maximale, de minimale en de gemiddelde waterstanden zien. Tabel 4.4 laat de verschillen zien.

Te zien is dat het maximale bereik in 2010, direct na storten van de aanlegbaggerspecie voor zowel P4N als voor P4P leidt tot een iets groter getijbereik op de Zeeschelde, in de buurt van Schelle. Daar gaat voor deze springtij doodtij cyclus de laagste waterstand orde 3 centimeter omlaag, de hoogste orde 2 centimeter omhoog. De verschillen tussen P4N en P4P zijn gering. Voor 2015 ten opzichte van het nulalternatief 2015 zijn de effecten kleiner dan 1 centimeter. Voor 2030 zijn de effecten rond Bath en bovenstrooms daarvan te zien in een hoger maximaal hoog water en een lager minimaal laag water. Daarbij zijn de verschillen met het nulalternatief voor datzelfde jaar iets groter voor P4P tot 4 centimeter dan voor P4N tot 3 centimeter (zie tabel 4.4). De gemiddelde waterstand blijft gelijk.

In het algemeen kan gesteld worden dat de projectvarianten P4N en P4P ten opzichte van het nulalternatief in hetzelfde jaar leiden tot een groter getijbereik op bijna het gehele traject van het Schelde-estuarium. Daarbij geeft P4P meer bereik dan P4N. De verschillen in bereik zijn kleiner dan 1 procent.

### **8.5.2 De zoutgehalten**

De tabellen 4.5 en 4.6 laten voor een aantal stations de zoutgehalten zien. De verschillen zijn gering. Een vergelijking tussen het nulalternatief en de P4P en de P4N projectvarianten voor de jaren 2015 en 2030 laat zien dat de verschillen overal kleiner of gelijk zijn aan orde 0,1 psu. Soms is er een kleine toename, soms een kleine afname.

### **8.5.3 De intergetijde arealen**

De intergetijde arealen zijn gepresenteerd in tabellen 4.7 tot en met 4.18. Tabellen 4.7 tot en met 4.12 behandelen de Westerschelde, tabellen 4.13 tot en met 4.18 behandelen de Beneden-Zeeschelde. De uitpolderingen zitten bij de Beneden-Zeeschelde.

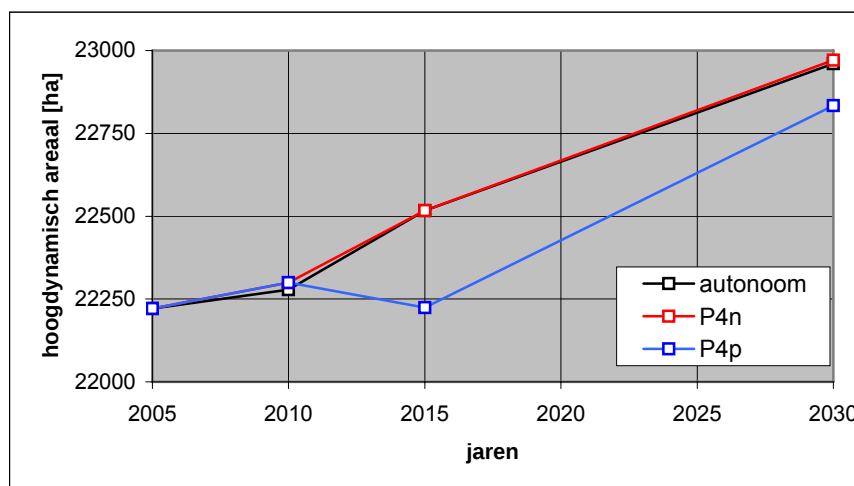
## Westerschelde

### Hoogdynamisch versus laagdynamisch

Tabel 8.1 geeft een samenvatting van de ontwikkelingen in de tijd van het areaal hoogdynamisch gebied op de Westerschelde. Deze zelfde ontwikkelingen zijn ook gegeven in figuur 8.1.

|                     | hoogdynamisch<br>areaal (hectare) | laagdynamisch<br>areaal (hectare) | Totaal areaal<br>(hectare) |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Nulalternatief 2010 | 22278                             | 10280                             | 32558                      |
| P4N 2010            | 22300                             | 10258                             | 32558                      |
| P4P 2010            | 22300                             | 10258                             | 32558                      |
| Nulalternatief 2015 | 22517                             | 10041                             | 32558                      |
| P4N 2015            | 22517                             | 10041                             | 32558                      |
| P4P 2015            | 22224                             | 10334                             | 32558                      |
| Nulalternatief 2030 | 22961                             | 9597                              | 32558                      |
| P4N 2030            | 22971                             | 9587                              | 32558                      |
| P4P 2030            | 22834                             | 9724                              | 32558                      |

**Tabel 8.1:** Hoogdynamisch versus laagdynamisch gebied, Westerschelde



**Figuur 8.1:** Ontwikkeling hoogdynamisch areaal in de Westerschelde

### 2010

In 2010 is het hoogdynamisch areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar toegenomen met 22 hectare (-0,1 procent). Voor het P4P alternatief gelden precies dezelfde cijfers.

### 2015

In 2015 is het hoogdynamisch areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar identiek. Voor het P4P alternatief is er een afname met 293 hectare (-1,3 procent).

### 2030

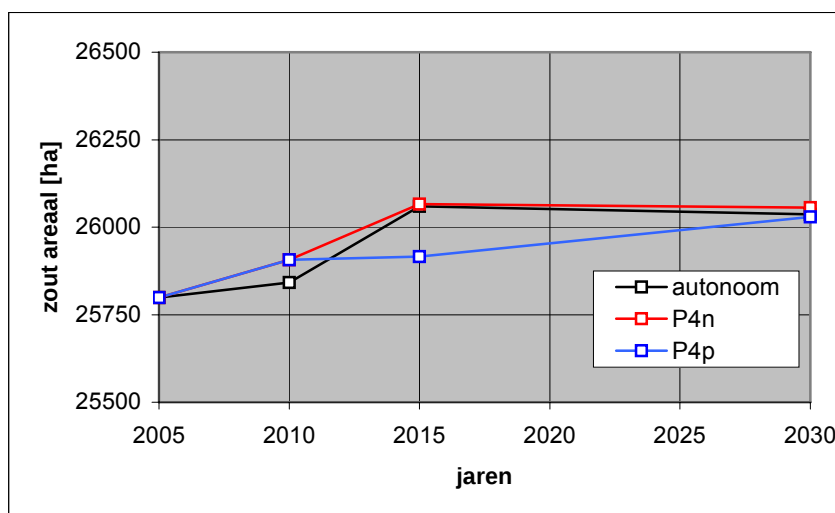
In 2030 is het hoogdynamisch areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 8 hectare afgenomen (-0,1 procent). Voor het P4P alternatief is er eveneens een afname ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar nu met 137 hectare (-0,6 procent).

### Zout versus brak

Tabel 8.2 geeft een samengevatte tabel van de ontwikkelingen in de tijd van het zout areaal gebied op de Westerschelde. Deze zelfde ontwikkelingen zijn ook gegeven in figuur 8.2.

|                     | zout areaal<br>(hectare) | brak areaal<br>(hectare) | Totaal areaal<br>(hectare) |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Nulalternatief 2010 | 25842                    | 6716                     | 32558                      |
| P4N 2010            | 25907                    | 6651                     | 32558                      |
| P4P 2010            | 25907                    | 6651                     | 32558                      |
| Nulalternatief 2015 | 26059                    | 6498                     | 32558                      |
| P4N 2015            | 26066                    | 6492                     | 32558                      |
| P4P 2015            | 25915                    | 6642                     | 32558                      |
| Nulalternatief 2030 | 26037                    | 6521                     | 32558                      |
| P4N 2030            | 26056                    | 6502                     | 32558                      |
| P4P 2030            | 26029                    | 6529                     | 32558                      |

**Tabel 8.2:** Zout versus brak areaal, Westerschelde



**Figuur 8.2:** Ontwikkeling zout areaal in de Westerschelde

### 2010

In 2010 is het zout areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar toegenomen met 65 hectare (0,3 procent). Voor het P4P alternatief gelden precies dezelfde cijfers.

### 2015

In 2015 is het zout areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 7 hectare toegenomen (0,0 procent). Voor het P4P alternatief is er een afname met 144 hectare (-0,6 procent).

### 2030

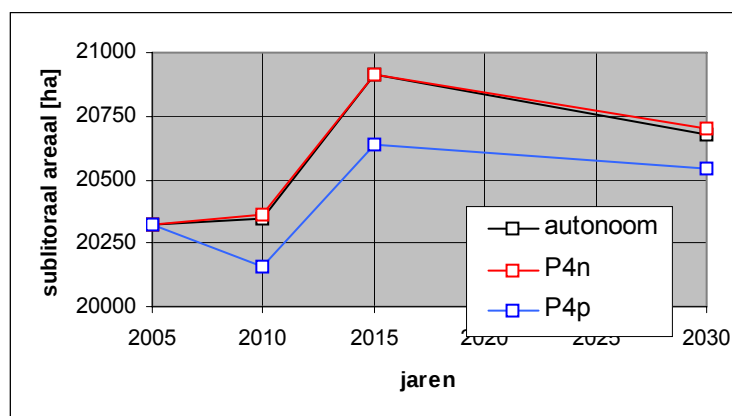
In 2030 is het zout areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 6 hectare toegenomen (0,0 procent). Voor het P4P alternatief is er een afname met 27 hectare (-0,1 procent).

### Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal

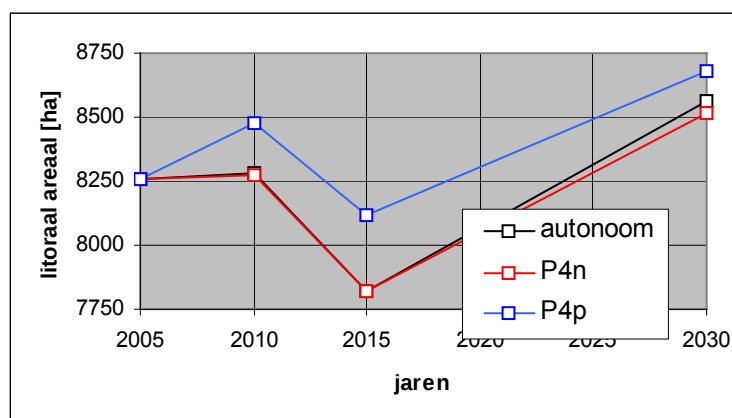
Tabel 8.3 geeft een samengevatte tabel van de ontwikkelingen in de tijd van het sublitoraal, litoraal en supralitoraal areaal op de Westerschelde. Deze zelfde ontwikkelingen zijn ook gegeven in figuur 8.3 tot en met 8.5.

|                     | sublitoraal areaal<br>(hectare) | litoraal areaal<br>(hectare) | supralitoraal<br>areaal (hectare) | Totaal areaal<br>(hectare) |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Nulalternatief 2010 | 20350                           | 8284                         | 3924                              | 32558                      |
| P4N 2010            | 20359                           | 8271                         | 3928                              | 32558                      |
| P4P 2010            | 20155                           | 8475                         | 3928                              | 32558                      |
| Nulalternatief 2015 | 20914                           | 7824                         | 3820                              | 32558                      |
| P4N 2015            | 20911                           | 7819                         | 3828                              | 32558                      |
| P4P 2015            | 20636                           | 8117                         | 3805                              | 32558                      |
| Nulalternatief 2030 | 20680                           | 8560                         | 3318                              | 32558                      |
| P4N 2030            | 20702                           | 8515                         | 3341                              | 32558                      |
| P4P 2030            | 20546                           | 8683                         | 3329                              | 32558                      |

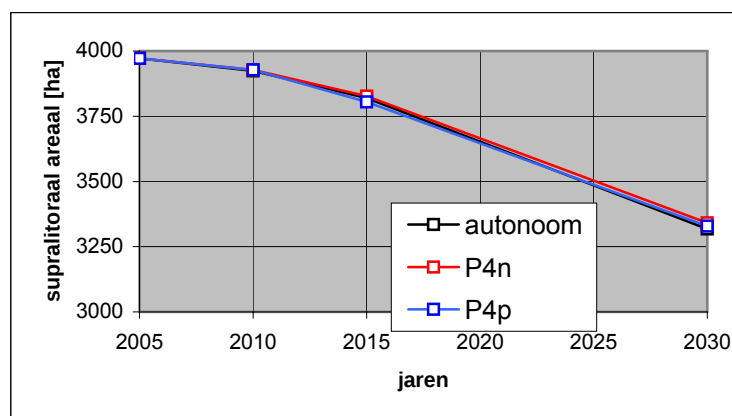
**Tabel 8.3:** Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal areaal, Westerschelde



**Figuur 8.3:** Ontwikkeling sublitoraal gebied in de Westerschelde



**Figuur 8.4:** Ontwikkeling litoraal gebied in de Westerschelde



**Figuur 8.5:** Ontwikkeling supralittoraal gebied in de Westerschelde

#### 2010

In 2010 is het sublittoraal areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar toegenomen met 9 hectare (0,0 procent). Voor het littoraal is er een afname met 13 hectare (-0,2 procent) en het supralittoraal neemt met 4 hectare toe (0,1 procent).

Voor het P4P alternatief is er een afname met 195 hectare (-1,0 procent) voor het sublittoraal, een toename met 191 hectare (+2,3 procent) van het littoraal en het supralittoraal neemt met 4 hectare toe (+0,1 procent).

#### 2015

In 2015 is het sublittoraal areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 2 hectare afgenomen (0,0 procent). Voor het littoraal is er een afname met 5 hectare (-0,1 procent) en het supralittoraal neemt met 7 hectare toe (0,2 procent).

Voor het P4P alternatief is er een afname met 278 hectare (-1,3 procent) voor het sublittoraal, een toename met 293 hectare (+3,7 procent) van het littoraal en het supralittoraal neemt met 15 hectare af (-0,4 procent).

#### 2030

In 2030 is het sublittoraal areaal in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 2 hectare toegenomen (0,0 procent). Voor het littoraal is er een afname met 33 hectare (-0,4 procent) en het supralittoraal neemt met 31 hectare toe (+0,9 procent).

Voor het P4P alternatief is er een afname met 155 hectare (-0,8 procent) voor het sublittoraal, een toename met 167 hectare (+2,0 procent) van het littoraal en het supralittoraal neemt met 12 hectare af (-0,4 procent).

De ontwikkeling in de tijd van de litorale gebieden lijkt voornamelijk te worden veroorzaakt door zeespiegelstijging. Er is een toename van sublittoraal gebied ten koste van supralittoraal gebied.

De veranderingen in areaal in de Westerschelde per jaar zijn kleiner dan 2 procent, slechts voor P4P wordt in 2015 voor het littoraal een grotere verandering gevonden (3,7 procent).

### **Beneden-Zeeschelde**

Op de Beneden-Zeeschelde wordt er geen onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch gebied. Er is vastgehouden aan de ZES 1 classificatie voor de gebiedsindeling (zie Appendix I)

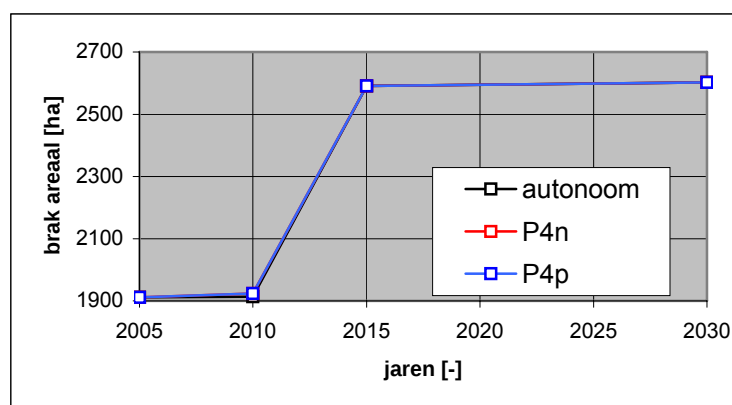
Het gebied (tot de Rupelmonding) valt voornamelijk in de brakke zone, een klein deel is zoet en een nog kleiner deel variabel zoet. Zie voor de ontwikkelingen de figuren 8.6, 8.7 en 8.8. Let op, door de definitie van zoet variabel en het zover doortrekken van het zoute ecotopen stelsel naar de zoete kant liggen de gebieden zoet variabel areaal bovenstrooms van de zoete arealen.

#### *Brak versus zoet versus zoet variabel*

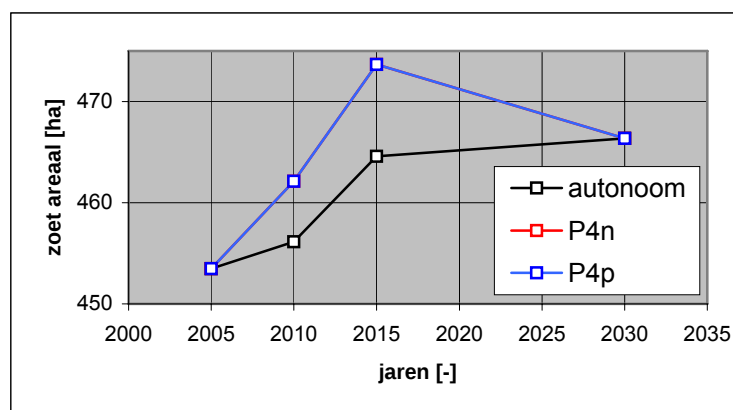
Tabel 8.4 geeft een samengevatte tabel van de ontwikkelingen in de tijd van het brak, zoet en zoet variabel areaal op de Beneden-Zeeschelde. Deze zelfde ontwikkelingen zijn ook gegeven in figuur 8.6 tot en met 8.8.

|                     | brak areaal<br>(hectare) | zoet areaal<br>(hectare) | zoet variabel<br>areaal (hectare) | Totaal areaal<br>(hectare) |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Nulalternatief 2010 | 1913                     | 456                      | 129                               | 2498                       |
| P4N 2010            | 1924                     | 462                      | 111                               | 2498                       |
| P4P 2010            | 1924                     | 462                      | 111                               | 2498                       |
| Nulalternatief 2015 | 2591                     | 465                      | 131                               | 3187                       |
| P4N 2015            | 2591                     | 474                      | 122                               | 3187                       |
| P4P 2015            | 2591                     | 474                      | 122                               | 3187                       |
| Nulalternatief 2030 | 2602                     | 466                      | 118                               | 3186                       |
| P4N 2030            | 2602                     | 466                      | 118                               | 3186                       |
| P4P 2030            | 2602                     | 466                      | 118                               | 3186                       |

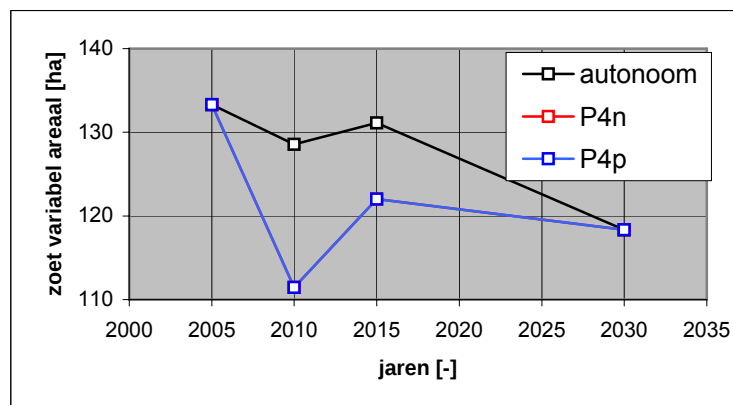
**Tabel 8.4:** Brak versus zoet versus zoet variabel areaal, Beneden-Zeeschelde



**Figuur 8.6:** Ontwikkeling brak areaal in de Beneden-Zeeschelde



**Figuur 8.7:** Ontwikkeling zoet areaal in de Beneden-Zeeschelde



**Figuur 8.8:** Ontwikkeling zoet variabel areaal in de Beneden-Zeeschelde

#### 2010

In 2010 is het brak areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar toegenomen met 11 hectare (0,5 procent). Voor het zoet is er een toename met 6 hectare (1,3 procent) en het zoet variabel neemt met 17 hectare af (-13,3 procent). Voor het P4P alternatief zijn de getallen identiek aan die voor het P4N alternatief.

#### 2015

In 2015 is het brak areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar identiek. Voor het zoet is er een toename met 9 hectare (2,0 procent) en het zoet variabel neemt met 9 hectare af (6,9 procent). Voor het P4P alternatief zijn de getallen identiek aan die voor het P4N alternatief.

#### 2030

In 2030 is het brak areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar identiek. Voor het zoet en het zoet-variabel geldt datzelfde. Voor het P4P alternatief zijn de getallen identiek aan die voor het P4N alternatief.

In feite gedragen de alternatieven P4P en P4N zich voor de Beneden-Zeeschelde volstrekt identiek voor wat betreft de verhouding brak, zoet en zoet-variabel.

Voor 2010 en 2015 verschillen ze wel enigszins van het nulalternatief.

Voor 2015 is er een flinke toename van brak areaal; waarschijnlijk door de Hedwige- en Prosper uitpoldering. Uit de verdeling sublitoraal, litoraal en supralitoraal blijkt er in 2015 vooral litoraal gebied (512 hectare), een kleiner deel supralitoraal (112 hectare) en een nog kleiner deel (65 hectare) sublitoraal bij te komen.

#### *Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal*

Tabel 8.5 geeft een samengevatte tabel van de ontwikkelingen in de tijd van het sublitoraal, litoraal en supralitoraal areaal op de Beneden-Zeeschelde.

|                     | sublitoraal areaal<br>(hectare) | litoraal areaal<br>(hectare) | supralitoraal<br>areaal (hectare) | Totaal areaal<br>(hectare) |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Nulalternatief 2010 | 2028                            | 258                          | 211                               | 2498                       |
| P4N 2010            | 2031                            | 259                          | 208                               | 2498                       |
| P4P 2010            | 2031                            | 259                          | 208                               | 2498                       |
| Nulalternatief 2015 | 2094                            | 771                          | 323                               | 3187                       |
| P4N 2015            | 2089                            | 775                          | 322                               | 3187                       |
| P4P 2015            | 2089                            | 777                          | 321                               | 3187                       |
| Nulalternatief 2030 | 2067                            | 805                          | 314                               | 3187                       |
| P4N 2030            | 2066                            | 808                          | 313                               | 3187                       |
| P4P 2030            | 2065                            | 809                          | 313                               | 3187                       |

**Tabel 8.5:** *Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal areaal, Beneden-Zeeschelde*

#### 2010

In 2010 is het sublitoraal areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar toegenomen met 2,3 hectare (0,1 procent). Voor het litoraal is er een toename met 0,1 hectare (0,0 procent) en het supralitoraal neemt met 2,4 hectare af (-1,1 procent).

Voor het P4P alternatief gelden dezelfde getallen.

#### 2015

In 2015 is het sublitoraal areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 5 hectare afgenomen (-0,2 procent). Voor het litoraal is er een toename met 5 hectare (-0,6 procent) en het supralitoraal neemt met 1 hectare af (-0,2 procent).

Voor het P4P alternatief is er een afname met 5 hectare (-0,2 procent) voor het sublitoraal, een toename met 6 hectare (+0,8 procent) van het litoraal en het supralitoraal neemt met 2 hectare af (-0,5 procent).

#### 2030

In 2030 is het sublitoraal areaal in de Beneden-Zeeschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar met 1 hectare afgenomen (-0,1 procent). Voor het litoraal is er een toename met 3 hectare (0,4 procent) en het supralitoraal neemt met 2 hectare af (-0,5 procent).

Voor het P4P alternatief is er een afname met 2 hectare (-0,1 procent) voor het sublitoraal, een toename met 5 hectare (+0,6 procent) van het litoraal en het supralitoraal neemt met 2 hectare af (-0,8 procent).

De ontwikkeling in de tijd van de litorale gebieden in de Beneden-Zeeschelde kent in 2015 een forse uitbreiding door de uitpoldering van de Hedwige- en Prosperpolder.

#### **8.5.4 Droogvalduren**

##### **Westerschelde**

Zie tabellen 4.19 en 4.20.

##### 2010

Voor 2010 is het areaal nooit droogvallend gebied in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief met 14 hectare (0,0 procent) toegenomen. De andere droogvalklassen zijn ten opzichte van het nulalternatief steeds minder dan 1 procent veranderd. Voor de P4P variant is er wel een verandering in het nooit droogvallen gebied en de klasse van 0 – 10 procent droogvallend. Hier is er een afname van nooit droogvallend gebied met 203 hectare (-1 procent) en een toename van de klasse van 1 – 10 procent met 141 hectare (6,8 procent). De overige veranderingen zijn kleiner.

##### 2015

Voor 2015 is het areaal nooit droogvallend gebied in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief met 24 hectare (-0,0 procent) afgenomen. De andere droogvalklassen zijn ten opzichte van het nulalternatief steeds minder dan 2 procent veranderd. Voor de P4P variant is er wel een verandering in het nooit droogvallen gebied en de klasse van 0 – 10 procent droogvallend. Hier is er een afname van nooit droogvallend gebied met 331 hectare (-1,7 procent) en een toename van de klasse van 1 – 10 procent met 93 hectare (4,8 procent).

##### 2030

Voor 2030 is het areaal nooit droogvallend gebied in de Westerschelde voor het alternatief P4N ten opzichte van het nulalternatief met 16 hectare (-0,0 procent) toegenomen. De andere droogvalklassen zijn ten opzichte van het nulalternatief steeds minder dan 2 procent veranderd. Voor de P4P variant is er wel een verandering in het nooit droogvallen gebied en de klasse van 0 – 10 procent droogvallend. Hier is er een afname van nooit droogvallend gebied met 193 hectare (-1,0 procent) en een toename van de klasse van 1 – 10 procent met 183 hectare (8,5 procent).

##### **Beneden-Zeeschelde**

Zie tabel 4.21 en 4.22.

Voor de droogvalduren geldt dat de verschillen tussen P4P en P4N voor de Beneden-Zeeschelde vrijwel verwaarloosbaar zijn de grootste afwijkingen ten opzichte van elkaar zijn 0,8 hectare per 10 procent klasse (1 procent). Dat valt binnen de betrouwbaarheid van de simulatie en de areaalberekening.

De conclusie moet dan ook luiden dat P4P en P4N voor de droogvalduren op de Beneden-Zeeschelde niet onderscheidend zijn.

Ten opzichte van het nulalternatief in hetzelfde jaar zijn de veranderingen in droogvalarealen wel wat groter, voor 2010 is er een toename van nooit droogvallend areaal met 73 hectare (<1 procent). Voor 2015 en 2030 zijn de verschillen ten opzichte van het nulalternatief veel kleiner maximaal 5 hectare.

### 8.5.5 Maximale stroomsnelheden

De stroomsnelheidsklassen zijn weergegeven in de tabellen 4.23 tot en met 4.26. De verschillen tussen beide aanlegvarianten zijn gering. Op de Westerschelde lijkt de P4P variant iets meer gebied in de lagere snelheidsklassen te hebben. Dat is ook te zien in de figuren 4.166 en 4.169 voor 2010 en in figuren 4.167 en 4.170 voor 2015. De stortingen op de plaatranden laten iets grotere effecten zien (kleuring) met name ook in het westen van de Westerschelde. In 2030 zijn de verschillen weer kleiner.

In de Beneden-Zeeschelde zijn de effecten voor 2010, 2015 en 2030 vergelijkbaar.

### 8.5.6 Maximale bodemschuifspanningen

Voor de maximaal optredende bodemschuifspanningen wordt verwezen naar de figuren 4.192 tot en met 4.199. Met betrekking tot de bodemschuifspanning in de buurt van dijken zijn geen directe locaties te vinden, waar de bodemschuifspanning sterk is toegenomen (groter dan 0,75 N/m<sup>2</sup>). Er zijn wel enkele locaties die wellicht enige aandacht verdienen.

- P4N 2015 ter hoogte van Ossensisse (verhoogde bodemschuifspanning x is 56000, y is 375800) is er een verhoging die in de buurt ligt van een stortsteenbescherming (op basis van Google Earth). Het betreft hier niet de primaire waterkering (figuur 4.192)
- P4N 2030 geen opmerkingen (figuur 4.193).
- P4P 2015 idem aan P4N 2015 en ter hoogte van de haven van Breskens toename van bodemschuifspanning ten gevolge van een verandering in de bodemhoogte en de snelheid (figuur 4.194)
- P4P 2030 geen opmerkingen (figuur 4.195)
- P4N 2015 ter hoogte van Basel (verhoogde bodemschuifspanning x is 81000, y is 352500) ten gevolge van verandering in de snelheid (figuur 4.196)
- P4N 2030 ter hoogte van Liefkenshoek (stroomopwaarts van Liefkenshoektunnel, verhoogde bodemschuifspanning x is 81000, y is 367000) (ten gevolge van verandering bodemhoogte en snelheid) (figuur 4.197)
- P4P 2015 ter hoogte van het plaatsje Basel (verhoogde bodemschuifspanning x is 81000, y is 352500) ten gevolge van verandering snelheid (figuur 4.198)
- P4P 2030 ter hoogte van Liefkenshoek (stroomopwaarts van Liefkenshoektunnel, verhoogde bodemschuifspanning x is 81000, y is 367000) ten gevolge van verandering bodemhoogte en snelheid (figuur 4.199)

## 8.6 Conclusies

De effecten van de verruiming van de vaargeul voor beide varianten laat verschillen zien ten opzichte van het nulalternatief voor hetzelfde jaar. Ook tussen de twee alternatieven zijn er verschillen.

Voor de waterstanden zijn de verschillen in de gemiddelde niveau's in een bepaald jaar beperkt tot minder dan 2 centimeter. De verschillen tussen P4P en P4N zijn nog kleiner.

Voor de zoutgehalten zijn de verschillen in de saliniteitsniveaus overal kleiner dan 0,1 psu bij een vergelijking tussen de alternatieven P4P en P4N en het nulalternatief.

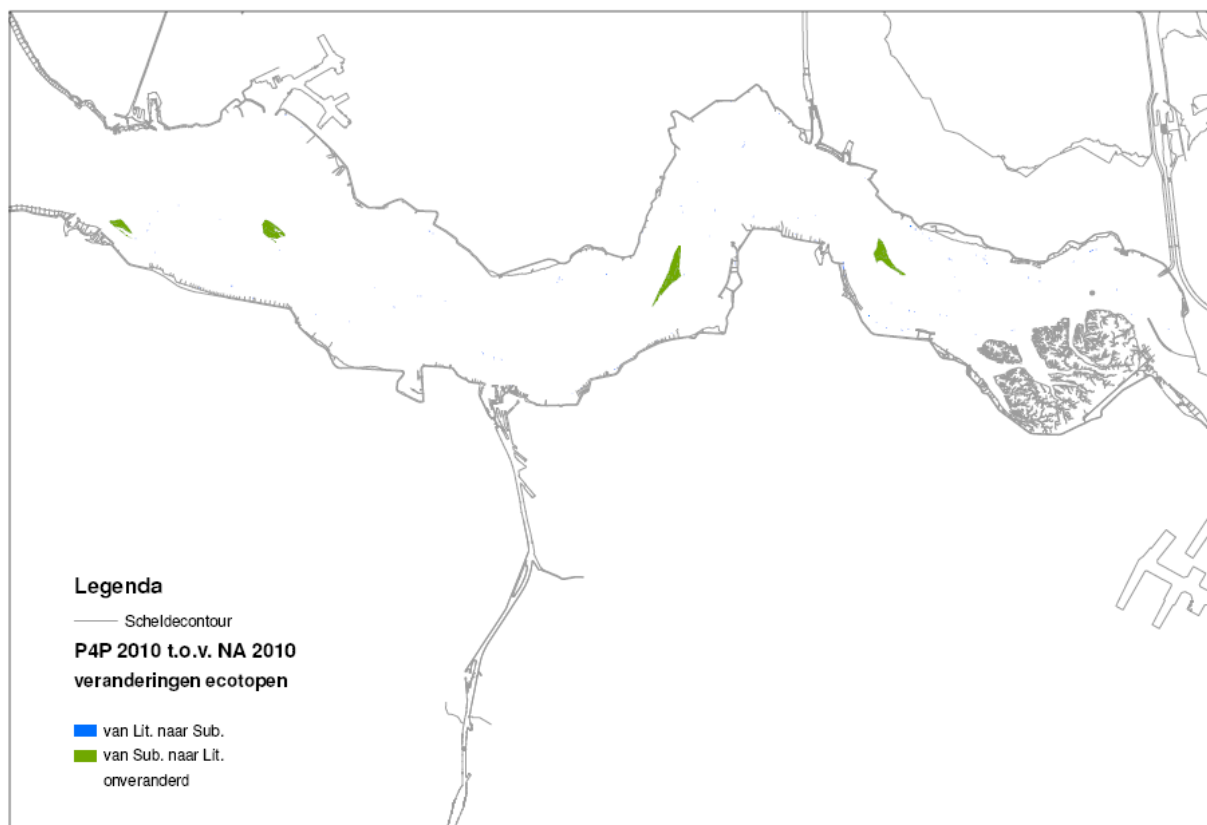
Er zijn wel verschillen in de tijd, maar deze zijn geheel te wijten aan zeespiegelstijging of uitpoldering.

De veranderingen in zoutareaal zijn voor beide alternatieven nergens groter dan 1 procent. Er is een geringe toename van zout en brak areaal.

Ten aanzien van de arealen zijn er veranderingen, hieronder volgt een verklaring voor enkele opvallende verschillen in de vorm van vraag en antwoord:

Waarom is het hoogdynamisch litoraal gebied voor variant P4P in 2010 zo hoog vergeleken met P4N en autonoom? Zie tabel 6- 2 in rapport natuur en tabel 8.3 en figuren 8.3 en 8.4 en 8.5 voor 2010 in rapport water. (Let op: de verschillen in getallen zijn het gevolg van een iets andere sommatie voor natuur).

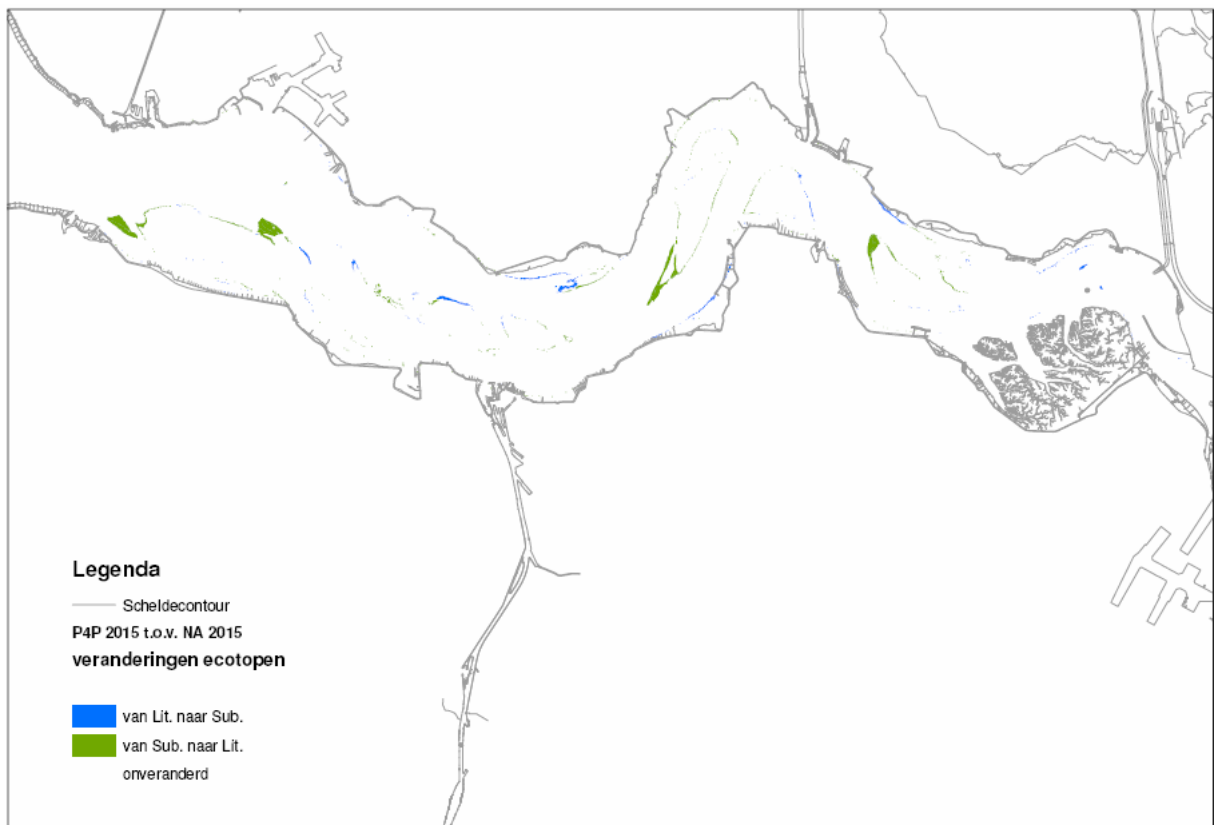
De reden hiervoor is gelegen in het storten op de plaatranden. Door het storten op de plaatranden tot juist boven GLWS zijn er een aantal gebieden die van sub litoraal hoogdynamisch naar litoraal hoogdynamisch gaan. Dat wordt het best geïllustreerd door onderstaande figuur 8.9 die de verschuiving geeft van litoraal naar sublitoraal en omgekeerd tussen P4P 2010 en het Nulalternatief in 2010.



**Figuur 8.9:** Verschuivingen van litoraal naar sublitoraal en omgekeerd tussen P4P 2010 en NA 2010

Waarom is er in 2015 zo'n afname van hoogdynamisch sublitoraal en een toename van laagdynamisch litoraal voor P4P ten opzichte van het P4N en autonoom voor de Westerschelde? Zie tabel 6-8 voor basisrapport natuur en de tabellen 8.1 tot en met 8.3 en figuur 8.1 tot en met 8.5 in dit basisrapport water.

Dit is een complexe materie. De afname van hoogdynamisch sublitoraal gebied is het gevolg van het doorstorten van baggerspecie op de plaatranden. Dat is goed te zien in onderstaande figuur 8.10.

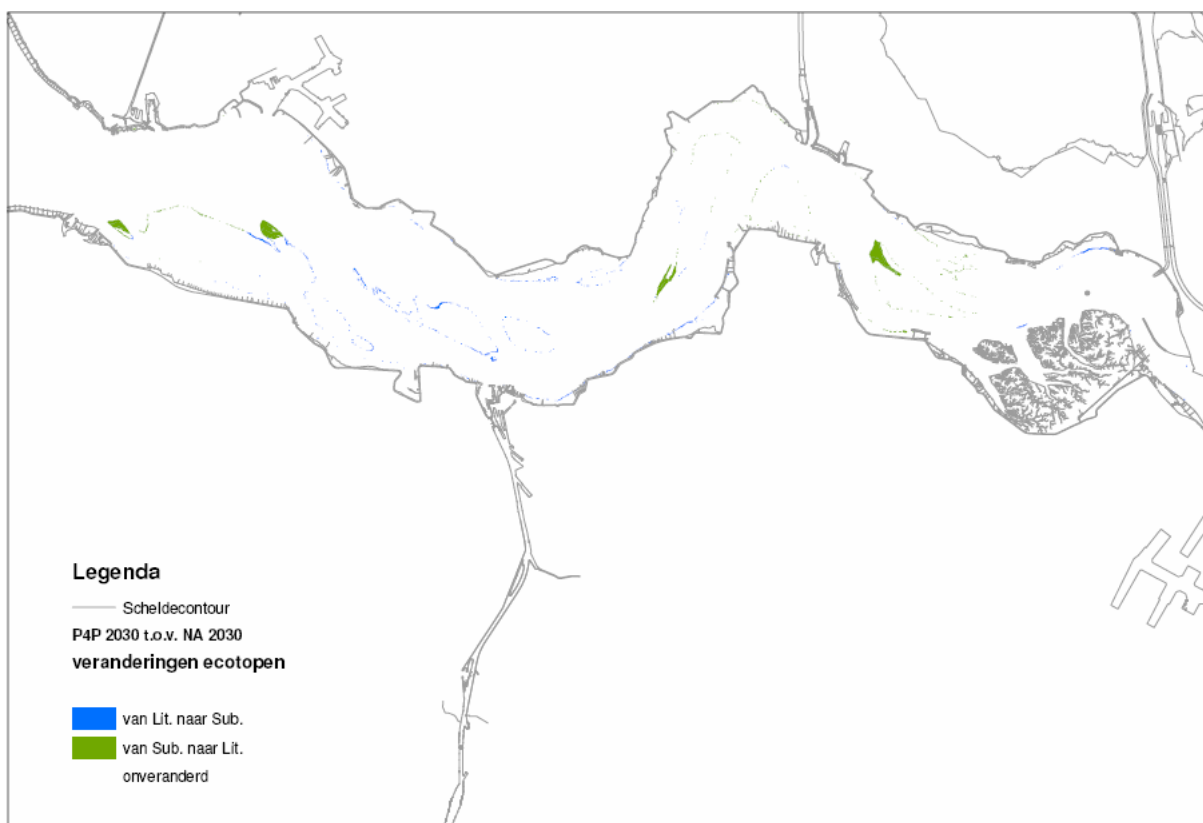


**Figuur 8.10:** Verschuivingen van litoraal naar sublitoraal en omgekeerd tussen P4P 2015 en NA 2015

Door het doorstorten van baggerspecie langs de plaatranden in P4P, schuiven er op die gebieden arealen van hoogdynamisch sublitoraal naar laagdynamisch litoraal. Daarnaast wordt door deze verhoogde weerstand voorkomen dat het zout verder doordringt op de Westerschelde. Dit heeft als gevolg dat er ook hoogdynamische en laagdynamische gebieden van de zoute naar de brakke zone verschuiven.

Waarom is dat effect voor P4P in 2030 weer grotendeels genivelleerd (zelfde tabellen en figuren als voor 2015)?

Dat effect is in 2030 grotendeels genivelleerd door de enorme zeespiegelstijging. Als gevolg daarvan schuiven supralitorale gebieden naar litoraal en litorale gebieden naar sublitoraal. Tegelijkertijd schuiven er gebiedjes van laagdynamisch naar hoogdynamisch door het toenemen van de waterdiepte en het net iets hoger worden van de dieptegemiddelde snelheden. Tenslotte is het zo dat de 2030 berekeningen gemaakt zijn met Estmorf. Werd er in 2015 bij het gebruik van Delft3D nog effectief en hoog op de plaatranden gestort, in Estmorf is dat niet mogelijk. (zie basisrapport morfologie).



**Figuur 8.11:** Verschuivingen van litoraal naar sublitoraal en omgekeerd tussen P4P 2030 en NA 2030

Voor de beoordeling van de consequenties van deze veranderingen wordt verwezen naar het basisrapport natuur.

De verdeling hoog- versus laag dynamisch verdient nog wel een verdere toelichting. Hierbij moet vooral gekeken worden naar de natuurlijke variatie daarin, zoals gerapporteerd in hoofdstuk 3.6.2 en 4.3.4

Om hiervan een beter beeld te krijgen zijn de resultaten voor de arealen in 2010 (P4P variant) nog eens aan een gedetailleerde analyse onderworpen vanwege de veranderingen in dynamica.

In de praktijk blijkt dat de verschuivingen van laag- naar hoogdynamisch en omgekeerd (beiden komen frequent voor, want er gaan bij deze resolutie toch orde enkele honderden vakjes beide kanten op) voornamelijk plaatsvinden langs de randen van de ondiepere gebieden. Op een schijnbaar toevallig aantal plekken is er een minimale verschuiving in waterstand en diepte (niet op de stortplaatsen zelf), die resulteert in een geringe verhoging of verlaging van de snelheid van orde 1 - 3 cm/s, met als gevolg een verschuiving van laag naar hoogdynamisch. Dat is een direct gevolg van de scherpe toepassing van het ZES1 stelsel. Daarbij wordt alleen gekeken naar dieptegemiddelde snelheden en niet naar bijvoorbeeld de snelheid op 0,5 meter boven de bodem. De veranderingen zelf mogen niet als significant gezien worden rekening houdend met de natuurlijke dynamiek in de verdeling hoogdynamisch laagdynamisch.

## 9 Overige aspecten

### 9.1 Zandwinning

Voor de zandwinning zijn geen aparte simulaties uitgevoerd. Toch kan er op basis van de resultaten van de andere simulaties wel iets gezegd worden over de effecten van zandwinning. Zandwinning heeft een onomkeerbaar effect op de ontwikkelingen van het gebied, die het gevolg zijn van het definitief verwijderen van materiaal uit het gebied. Indien de zandwinning 2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar betreft

De ingreep in het Schelde-estuarium voor de verruiming is omvangrijk. In vergelijking met de inhoud van het estuarium zijn de hoeveelheden sediment die verplaatst worden beperkt (let op er wordt slechts verplaatst en niet eruit gehaald). Naar verwachting is de impact van de voortgaande zandwinning, waarbij er structureel sediment uit het estuarium wordt verwijderd mogelijk van meer belang dan de verruiming zelf.

### 9.2 Natuurontwikkeling Middengebied

Zoals in de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium is vastgelegd, zal voor de versterking van de natuurlijkheid van het estuarium het zogenaamde Natuurpakket Westerschelde worden gerealiseerd. Het Natuurpakket Westerschelde bestaat uit realisatie van minimaal 600 hectare nieuwe estuariene natuur langs de Westerschelde op Nederlands grondgebied. Deze 600 hectare is als volgt verdeeld over drie ecologische zones: het Zwin (ongeveer 10 hectare), de Hedwige- en Prosperpolder (ongeveer 295 hectare) en het Middengebied (minimaal 295 hectare, nader te lokaliseren).

Voor het Middengebied is een pre-selectie van 4 combinaties van gebieden gemaakt. Het zijn:

- Eendragt- en Hellegatpolder (356 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Hellegatpolder (327 hectare)
- Everinge-/ van Hattumpolder met Eendragtspolder (333 hectare)
- Everinge-/ van Hattum-/ Zuidpolder met een kleinere variant van de Hellegatpolder (330 hectare; nader te begrenzen).

Deze mogelijke combinaties zijn onderwerp van een milieueffectrapportstudie die gedeeltelijk parallel aan de huidige studie wordt uitgevoerd. Mogelijk kan er op basis van de inspraak en dit nader onderzoek een nieuwe (optimale) combinatie worden toegevoegd.

### 9.3 Geulwandverdediging

De geulwandverdediging is bedoeld om de erosieve krachten van stromingen en eventuele golven te weerstaan. Als gevolg van de verruiming zullen de dieptegenmiddelde snelheden in de geul in algemene zin afnemen. Er vindt immers een verruiming van de natte doorsnede plaats. Weliswaar zal de verruiming van de vaargeul ook leiden tot het aantrekken van meer stroming door de vaargeul, maar dit zal niet opwegen tegen de vergroting van de natte doorsnede.

In een 3D benadering kunnen de snelheden aan het oppervlak lokaal wel iets toenemen. Ook kunnen de snelheden lokaal als gevolg van bochstromingseffecten wel iets (waarschijnlijk tijdelijk) toenemen. Samenvattend kan gesteld worden dat de ingreep van verruimen plaatselijk en tijdelijk kan leiden tot stroomsnelheden die hoger zijn dan uit de modellen blijkt.

Overigens zal zeespiegelstijging op termijn leiden tot een verdere toename van de natte doorsnede en dus tot afname van de grootste snelheden.

## 9.4 Golven

Voor de golven kan het Schelde-estuarium opgedeeld worden in gebieden die beïnvloedt worden door golven van zee en gebieden waar de golven bepaald worden door lokale opwekking. Golven van zee spelen slechts een rol in de gebieden zeewaarts van Terneuzen.

Verruiming vindt slechts plaats in de vaargeul. Juist hier speelt de bodemwrijving voor golven vrijwel geen rol. Voor lokaal opgewekte golven wordt geen verandering verwacht. Voor de scheepsgolven en hun effecten op schorren wordt verwezen naar de expertsessie.

## 9.5 Nautiek

In het algemeen zullen de stroomsnelheden in de verruimde vaargeul afnemen, ten opzichte van de ongestoorde situatie voor hetzelfde jaar, zoals hierboven uitgelegd. De grotere schepen volgen de vaargeul en zullen als gevolg daarvan minder hinder ondervinden van de stroming. De stroming is in het algemeen langs de vaargeul gericht.

Ook hier geldt de constatering dat de ingreep van verruimen plaatselijk en tijdelijk kan leiden tot stroomsnelheden die hoger zijn dan uit de modellen blijkt.

Bovenstrooms van Rupelmonde kan er in vergelijking met het nulalternatief wel een geringe verhoging optreden. Die verhogingen zijn het gevolg van de toename van de komberging bovenstrooms van de verdieping. Deze kombergingsvergroting is weer het gevolg van zeespiegelstijging. Dat is ook te zien in de figuren 4.200 en 4.201 voor respectievelijk Schelle en Gent. De verhogingen zijn echter zeer minimaal ( $< 0,1$  m/s) ten opzichte van het nulalternatief voor datzelfde jaar.

## 10 Effecten van de vaargeulverruiming

In deze studie is geprobeerd de abiotiek van de verruiming van de vaargeul naar Antwerpen in kaart te brengen. De resultaten van de verschillende berekeningen vertonen een samenhangend en consistent beeld. Het resultaat van de exercities laat zien dat er wel degelijk sprake is van een flinke ingreep in de Westerschelde en zo mogelijk nog groter in de Beneden-Zeeschelde.

De resultaten laten zien dat er in de tijd veel verandert in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde.

Maar de resultaten laten ook zien dat de veranderingen in de tijd voor een belangrijk deel het gevolg zijn van de aangenomen zeespiegelstijging 14 centimeter in 2030 en van uitpolderingen (orde 600 hectare).

De grootste gevonden veranderingen in de gemiddelde waterstanden bedragen 14 centimeter in het gemiddeld hoogwater en 14 centimeter in het gemiddeld laag water. Dat treedt op in 2030 ten opzichte van 2005. Bij een vergelijking tussen de alternatieven en de autonome ontwikkelingen per jaar zijn de grootste opgetreden verschillen in de gemiddelde waterstanden slechts 2 centimeter in 2030.

Voor de maximale waterstanden bedragen de verschillen opnieuw dezelfde 14 centimeter. Ook nu treedt dat op bij een vergelijking tussen 2005 en 2030. Per jaar blijven de verschillen beperkt tot maximaal 2 centimeter. Voor de minimale waterstanden geldt hetzelfde. De gemiddelde waterstanden over een volledige springtij doodtij cyclus zijn per jaar nergens groter dan 1 centimeter.

Voor de zoutdoordringing geldt dat de grootste toenames in zout gevonden wordt voor 2015 ten opzichte van 2005 en dat deze toename 0,6 psu bedraagt voor het minimale zoutgehalte te Hansweert. Voor 2030 is dit maximale verschil 0,4 psu. Per jaar bekeken bedragen de maximale verschillen 0,12 psu.

De verruiming van de vaargeul zorgt voor verschillen in individuele intergetijde arealen en droogvalduren. Vergeleken met de ontwikkelingen in de tijd zijn deze verschillen kleiner. De maximale afwijking in intergetijde areaal bedraagt 591 hectare in de Westerschelde bij een vergelijking tussen 2030 en 2005 voor het brak supralitoraal laagdynamisch gebied. Per jaar gezien zijn de grootste afwijkingen in de Westerschelde 118 hectare voor 2010, 185 hectare voor 2015 en 138 hectare voor 2030.

Voor de Beneden-Zeeschelde is het grootste getal 361 hectare per individueel areaal en hangt samen met de uitpoldering voor Hedwige- en Prosper. Per jaar bedragen de maximale verschillen 17 hectare voor 2010, 16 hectare voor 2015 en 14 hectare voor 2030.

Bij aanlegvariant P4P wordt voor de berging van aanleg en onderhoudsbaggerspecie een gedeelte op de plaatranden geborgen. Dit zorgt in vergelijking met P4N voor een afname van laagdynamisch gebied en een toename van litoraal en supralitoraal gebied ten opzichte van sublitoraal. In de tijd nemen de effecten hiervan af. In de basisstudie natuur zullen de consequenties van de veranderingen in de verschillende arealen op hun effecten worden beoordeeld.

# 11 Leemten in kennis

De onzekerheden van een voorspelling met deterministische modellen zoals gebruikt in deze studie kunnen worden onderverdeeld in modelonzekerheden (de gebruikte mathematische vergelijkingen), parameteronzekerheden (de juiste calibratie) en onzekerheden in de model schematisatie en de randvoorwaarden (natuurlijke variabiliteit).

De voornaamste onzekerheid heeft in dit geval te maken met de onzekerheden in de randvoorwaarden van het natuurlijke fysische systeem zoals de waterbodem, zeespiegel, rivierafvoer, waterstanden en stroomsnelheden. De preciese ontwikkeling van deze randvoorwaarden in de toekomst is onzeker. Deze onzekerheden in de autonome ontwikkeling zijn in het onderzoek afgevangen door op basis van alle beschikbare informatie het meest waarschijnlijke toekomstscenario samen te stellen en de effecten van de alternatieven hierop alleen relatief te vergelijken.

Ook is het zo dat het effect van golven en wind op de waterstanden en de stroomsnelheden en in tweede orde op de menging van de saliniteit en het slib in de studie niet wordt meegenomen.

De toegepaste modellen zijn uitgebreid getest en gevalideerd met eenvoudige en meer gecompliceerde cases, gebaseerd op metingen of analytische oplossingen die zijn gedocumenteerd in de literatuur. Uit de validatie van het model voor de huidige situatie is gebleken dat de berekende waterstanden en zoutwaarden een goede overeenkomst vertonen met gemeten waarden in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde.

De onzekerheden in de modellen zelf zijn daarom beperkt en niet van invloed op de beoordeling van de effecten.

In deze studie worden de resultaten van verschillende onderzoeksalternatieven met elkaar vergeleken, waardoor de resultaten minder afhankelijk worden van de exacte reproductie van de bestudeerde parameter. Anders gezegd, de relatieve nauwkeurigheid van de modellen is veel hoger dan de absolute nauwkeurigheid van het (gecalibreerde) model.

Uiteraard is ook in deze studie gebleken dat het objectief mathematisch reproduceren van waarnemingen in het veld moeilijk is. Dat neemt niet weg dat de uitgevoerde exercitie een nuttig resultaat levert in een vergelijkende vorm.

Om de autonome ontwikkeling goed te kunnen voorspellen zijn waarnemingen uit het verleden nodig die enerzijds een periode beslaan die langer is dan de natuurlijke variaties in de randvoorwaarden op macroschaal (zeespiegelstijging, 18,6 jarige cyclus/nodale periode, seizoenen) en anderzijds frequent genoeg zijn om natuurlijke variaties op microschaal (dagelijkse getijvariatie) zichtbaar te maken. Elk jaar één waterstandswaarneming is bijvoorbeeld weinig zinvol. Voor de bepaling van de intergetijdearealen waren voor zowel de variaties op macroschaal als microschaal onvoldoende basisgegevens beschikbaar voor een compleet en dekkend beeld in tijd en ruimte. Deze leemte in kennis is in het onderzoek afgevangen door bij het samenstellen van het meest waarschijnlijke toekomstscenario veel energie te steken in de selectie van de representatieve springtij doortij cyclus en het uifilteren van variaties in onder meer de zeespiegelstijging, de nodale periode en toevallige wind en golven en de effecten van de alternatieven op basis van dezelfde randvoorwaarden alleen relatief te vergelijken.

Bij het gebruik en de interpretatie van resultaten van complexe modellen is het hoe dan ook altijd belangrijk met 'gezond verstand' naar de modelresultaten te kijken. Eventuele verschillen tussen de uitkomsten van een model en de vooraf gestelde hypothesen kunnen nieuwe inzichten opleveren in het gedrag van het complexe watersysteem dat wordt bestudeerd.

Het ZES 1 stelsel, dat in deze studie gebruikt is voor de abiotische benadering van de ecotopen, kent een aantal gebrekkige definities. Op basis van de ervaringen in deze studie, verdient het aanbeveling het ZES 1 stelsel zorgvuldig onder de loep te nemen voor wat betreft de keuzes en de definities van de gebruikte parameters voor de indeling van de ecotopen. Het huidige stelsel leidt gauw tot verwarring en discussies.

Dat betreft met name de definities van:

- de scheiding tussen hoog en laag dynamisch areaal, die gebaseerd is op een dieptegemiddelde snelheid bij een ongedefinieerde éénmaal per jaar stormconditie
- de klasse van zout variabel, die gebaseerd is op een jaargemiddelde rivierafvoer, waardoor die klasse niet tot vrijwel niet voorkomt in de Nederlandse zoute wateren.
- diepte gemiddelde snelheid, het verdient aanbeveling over te gaan op een snelheid nabij de bodem, uitgaande van een logaritmische snelheidsverdeling. 0,5 meter boven de bodem bijvoorbeeld.

# Referenties

- Afdeling Natuur, Aeolus, UA, 2006**, Achtergrondnota Natuur Haven van Antwerpen
- Alkyon, 1997**, Roostergeneratie Westerschelde, Kuststrook, Zeedelta en Zuidelijk Noordzee Model, A100, september 1997
- Alkyon, 2000**, Stroomvoerend vermogen, getijdominantie en resttransporten. Een verkennend onderzoek toegespitst op de Westerschelde, A0152, mei 2000
- Alkyon, Svasek, 2000**, Ecomorf, de modellering van de hydrodynamica in het intergetijdengebied, A647, 00327/1165, november 2000.
- Alkyon, 2001**, twee delen, Herstel 1:3 koppeling binnen modellentrein, Fase 2, modelbouw en afregeling, A705, oktober 2001.
- Alkyon, 2006**, ten behoeve van AWZ Afdeling Kust, Evaluatie van hydraulische modellen voor operationele getijvoorspellingen. 4 delen. April 2006.
- Alkyon 2007**, Morfologische ontwikkeling Westerschelde, fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op meso-schaal, A1854, juni 2007.
- ARCADIS, Technum, Alkyon, 2004**. Strategisch Milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium, Onderzoek effecten van ontwikkelingen op de water parameters
- Bergwerff J.**, Korte beschrijving de geomorfologische legenda ten behoeve van de interpretatie van de Westerschelde 2004. Status Voorlopig, datum 15-02-2005, Rijkswaterstaat Meetkundige dienst.
- CAT (Consortium ARCADIS Technum), 2004**, Morfologisch onderzoek in het kader van de strategische milieueffectenrapportage en de Ontwikkelingsschets SE 2010, maart 2004.
- CAT, Consortium ARCADIS Technum, 2006**, Onderzoeksplan Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde.
- Claessens, Ir. J. en Meyvis, Ir. L., 1994**, Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1981 – 1990, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Antwerpse Zeehavendienst, januari 1994.
- Graré, ir. W. en Bulckaen, ir. D, 2003**, Het Sigmamodel, Een hydrodynamisch 1D model Mike11 van de Westerschelde en het Zeescheldebekken, een samenvattende omschrijving, AWZ, november 2003.
- Habets, L.C.G.J.M., Inundatiekaarten Westerschelde, (2003)** ICTOO Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Wiskunde en Informatica.
- Habraken M., Parée E.**, Dynamiekstudie Intergetijdengebied Westerschelde, Notitienr. ZLMD-06N.004, Middelburg, 03 april 2006.
- Hurk, B. van den, Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Aad van Ulden, Geert Jan van Oldenborgh, Caroline Katsman, Henk van den Brink, Franziska Keller, Janette Bessembinder, Gerrit Burgers, Gerbrand Komen, Wilco Hazeleger and Sybren Drijfhout, (2006)** KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands, Scientific Report WR 2006-01, May 22, 2006, De Bilt, The Netherlands.
- IMDC, 2003**, Actualisatie van het Sigma-plan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, 4 Volumes.
- IMDC-Soresma-Resource Analysis (2006)**. Case study Durmevallei en Prosperpolder, Deelopdracht 5: Procesondersteunende tools, Volume 3: Hydrodynamische en morfologische studies ontpoldering Noordelijke Gebieden. Report I/RA/11258/06.042/FTO v2.1.
- RA - IMDC, (2005)**, Geactualiseerd Sigmaplan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde, Synthesenota, in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde
- RA, IMDC, Aeolus, Sum, Tritel, Technum (2007)**, Mer strategisch Plan Haven van Antwerpen (in voorbereiding)

**Rijkswaterstaat, 1993**, De basispeilen langs de Nederlandse kust, Statistisch onderzoek tekst en bijlagen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Rijksinstituut voor Kust en Zee, april 1993, rapport DGW-93.023 deel 1 en 2.

**Rijkswaterstaat, 1995**, De basispeilen langs de Nederlandse kust, De ruimtelijke verdeling en overschrijdingslijnen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, mei 1995, rapport RIKZ/95.008

**Rijkswaterstaat, 1993**, De basispeilen langs de Nederlandse kust, Fysisch onderzoek, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Rijksinstituut voor Kust en Zee, april 1993, rapport DGW-93.025

**Rijkswaterstaat, 1998**, Jaarboek Monitoring Rijkswateren, Kengetallen van het MWTL programma, RIKZ, Rijksinstituut voor Kust en Zee en RIZA, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, 1999

**Rijkswaterstaat Zeeland en AWZ Maritieme Toegang**, Startnotitie /Kennisgeving Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde, Antwerpen | Middelburg, februari 2006

**Rijkswaterstaat RIKZ**, Zoute Wateren EcotopenStelsel (ZES.1), Rapport RIKZ/2005.024, Middelburg, juli 2005.

**Rijkswaterstaat RIKZ**, Decadegemiddelde debieten voor de Westerschelde, 1992.

**Rijkswaterstaat, 2001**, Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Rijksinstituut voor Kust en Zee, december 2001

**Rijkswaterstaat, 1996**, Hydraulische Randvoorwaarden 1996 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Rijksinstituut voor Kust en Zee, september 1996

**Rijkswaterstaat, 1995**, Waquasimulaties voor basispeilen Westerschelde, C. van der Male, Werkdocument RIKZ/AB-94.878x, maart 1995

**Rijkswaterstaat, 1995**, De basispeilen langs de Nederlandse kust, ruimtelijke verdeling van basis- en ontwerppeilen in deelgebied Westerschelde, M.E. Philippart, Werkdocument RIKZ/OS-95.109x, mei 1995

**Rijkswaterstaat, 2002**, Getijtafels voor Nederland 2003, Rijksinstituut voor Kust en Zee.

**Rijkswaterstaat 2003**, Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43', MOVE hypothesendocument 2003 MOVE-rapport 7, Rapport RIKZ/2003.009.

**Rijkswaterstaat 2005**, RIKZ, project Nautilus / Atlantis: Kustzuid versie 3 (4), RIKZ/KW/2005 113W.

**Rijkswaterstaat 2006**, Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43', MOVE - rapport 9, Deel I: Fysische hypothesen. Onderliggende rapportage.

**Rijkswaterstaat 2006**, Monitoring van de effecten van de verruiming 48' / 43', MOVE - rapport 9, Deel II: Biologische en Chemische hypothesen. Onderliggende rapportage.

**Schep I.**, Ecotopenkaart Westerschelde, werkdocument bij de edities 1996, 2001 en 2004, 20 april 2006.

**Soresma-IMDC-Resource Analysis (2007)**. Ontwikkeling van een intergetijdengebied in Hedwige- en Prosperpolder: Concept MER. Rapport 124215188 v2.

**Svasek, 1999**, Bouw, Calibratie en Verificatie Scalwest ten behoeve van project verdieping; mei 1997

**Vlaams Waterbouwkundig Laboratorium, 1996**, Kubatuurberekeningen voor het Scheldebekken, Het gemiddeld getij over het decennium 1971 – 1980, Een gemiddeld getij typisch voor het jaar 1980, MOD.405 rapport 2, 2 delen, 1996.

**Waterbouwkundig Laboratorium, (2005)**. Zeeschelde, Hydraulische effecten van een ontpoldering van Hedwigepolder, Prosperpolder en Doelpolder langsheen de linkeroever. Rapport MOD 713/14

**WL** (2006a). Habitattoets: effecten bagger- en stortactiviteiten. Bijvoorbeeld havenonderhoud in Zeeuwse wateren. Westerschelde. Henk Baptist, Sharon Tatman, Thijs van Kessel, Godfried van Moorsel, Zheng-Bing Wang, Paul Erftemeijer, Z4112.00 Report, juni, 2006. In opdracht van het RIKZ Middelburg, NL

**WL** (2006b). Passende Beoordeling stortactiviteiten ten behoeve van baggerwerkzaamheden in het Kanaal van Gent naar Terneuzen, Sharon Tatman, Henk Baptist, Thijs van Kessel, Zheng-Bing Wang, Z4248.00 Report, augustus 2006. In opdracht van het RWS Zeeland, NL

## Lijst van Tabellen

(indien niet opgenomen in dit rapport zijn de tabellen te vinden op bijgeleverde cd-rom)

- 2.1 Projectalternatieven
- 2.2 Varianten voor het projectalternatief
- 2.3 Beoordelingskader water
- 2.4 Onderzoeks en tussenparameters
- 2.5 Zeespiegelstijging als functie van de tijd
- 2.6 Overzicht simulaties ten behoeve van randvoorwaardenvoorziening
- 2.7 Ecotopengrenzen
- 2.8 Gehanteerde saliniteitsgrenzen
- 2.9 Overzicht uitgevoerde simulaties
  
- 3.1 Looptijden getij
- 3.2 Extreeme waterstanden
- 3.3 Bovenafvoeren in het Schelde bekken
- 3.4 Hoogste en laagste ooit waargenomen waterstanden in het Schelde-estuarium
- 3.5 Hoogste en laagste ooit waargenomen zoutgehalten in de Westerschelde in de laatste decaden
  
- 4.1 Vergelijking arealen in hectare en procent
- 4.2 Variaties GHW, GLW en gemiddeld bereik voor alle simulaties
- 4.3 Maximum, minimum en gemiddelde waterstanden en getijbereik
- 4.4 Vergelijking waterstanden
- 4.5 Maximum, minimum en gemiddelde zoutgehalten en bereik
- 4.6 Vergelijking zoutgehalten
- 4.7 Ecotopenarealen Westerschelde
- 4.8 Ecotopenarealen Westerschelde gegroepeerd
- 4.9 Verschil in ecotopenarealen Westerschelde gegroepeerd, hectaren
- 4.10 Verschil in ecotopenarealen Westerschelde gegroepeerd, procenten
- 4.11 Verschil in ecotopenarealen Westerschelde, hectaren
- 4.12 Verschil in ecotopenarealen Westerschelde, procenten
- 4.13 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde
- 4.14 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde, gegroepeerd
- 4.15 Verschil ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde gegroepeerd, hectaren
- 4.16 Verschil ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde gegroepeerd, procenten
- 4.17 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde, hectaren
- 4.18 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde, procenten
- 4.19 Droogvalduur arealen Westerschelde
- 4.20 Verschil droogvalduur arealen Westerschelde, hectaren
- 4.21 Droogvalduur arealen Beneden-Zeeschelde
- 4.22 Verschil droogvalduur arealen Beneden-Zeeschelde, hectaren
- 4.23 Oppervlakte per snelheidsklasse Westerschelde
- 4.24 Verschil oppervlakte per snelheidsklasse Westerschelde, hectaren
- 4.25 Oppervlakte per snelheidsklasse Beneden-Zeeschelde
- 4.26 Verschil oppervlakte per snelheidsklasse Beneden-Zeeschelde, hectaren
- 4.27 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_1
- 4.28 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_1 gegroepeerd
- 4.29 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_1 gegroepeerd, hectaren
- 4.30 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_1 gegroepeerd, procenten

- 4.31 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_1, hectaren
- 4.32 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_1, procenten
- 4.33 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_3
- 4.34 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_3 gegroepeerd
- 4.35 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_3 gegroepeerd, hectaren
- 4.36 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_3 gegroepeerd, procenten
- 4.37 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_3, hectaren
- 4.38 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_3, procenten
- 4.39 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_4
- 4.40 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_4 gegroepeerd
- 4.41 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_4 gegroepeerd, hectaren
- 4.42 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_4 gegroepeerd, procenten
- 4.43 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_4, hectaren
- 4.44 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_4, procenten
- 4.45 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_5
- 4.46 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_5 gegroepeerd
- 4.47 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_5 gegroepeerd, hectaren
- 4.48 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_5 gegroepeerd, procenten
- 4.49 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_5, hectaren
- 4.50 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_5, procenten
- 4.51 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_6
- 4.52 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_6 gegroepeerd
- 4.53 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_6 gegroepeerd, hectaren
- 4.54 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_6 gegroepeerd, procenten
- 4.55 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_6, hectaren
- 4.56 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_6, procenten
- 4.57 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_7
- 4.58 Ecotopenarealen macrocel: ebgeul\_7 gegroepeerd
- 4.59 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_7 gegroepeerd, hectaren
- 4.60 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_7 gegroepeerd, procenten
- 4.61 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_7, hectaren
- 4.62 Verschil in ecotopenarealen ebgeul\_7, procenten
- 4.63 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_1
- 4.64 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_1 gegroepeerd
- 4.65 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_1 gegroepeerd, hectaren
- 4.66 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_1 gegroepeerd, procenten
- 4.67 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_1, hectaren
- 4.68 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_1, procenten
- 4.69 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_3
- 4.70 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_3 gegroepeerd
- 4.71 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_3 gegroepeerd, hectaren
- 4.72 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_3 gegroepeerd, procenten
- 4.73 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_3, hectaren
- 4.74 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_3, procenten
- 4.75 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_4
- 4.76 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_4 gegroepeerd
- 4.77 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_4 gegroepeerd, hectaren
- 4.78 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_4 gegroepeerd, procenten
- 4.79 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_4, hectaren
- 4.80 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_4, procenten

- 4.81 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_5
- 4.82 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_5 gegroepeerd
- 4.83 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_5 gegroepeerd, hectaren
- 4.84 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_5 gegroepeerd, procenten
- 4.85 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_5, hectaren
- 4.86 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_5, procenten
- 4.87 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_6
- 4.88 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_6 gegroepeerd
- 4.89 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_6 gegroepeerd, hectaren
- 4.90 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_6 gegroepeerd, procenten
- 4.91 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_6, hectaren
- 4.92 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_6, procenten
- 4.93 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_7
- 4.94 Ecotopenarealen macrocel: vlgeul\_7 gegroepeerd
- 4.95 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_7 gegroepeerd, hectaren
- 4.96 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_7 gegroepeerd, procenten
- 4.97 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_7, hectaren
- 4.98 Verschil in ecotopenarealen vlgeul\_7, procenten
- 4.99 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120
- 4.100 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120 gegroepeerd
- 4.101 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120 gegroepeerd, hectaren
- 4.102 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120 gegroepeerd, procenten
- 4.103 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120, hectaren
- 4.104 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ120, procenten
- 4.105 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121
- 4.106 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121 gegroepeerd
- 4.107 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121 gegroepeerd, hectaren
- 4.108 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121 gegroepeerd, procenten
- 4.109 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121, hectaren
- 4.110 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ121, procenten
- 4.111 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122
- 4.112 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122 gegroepeerd
- 4.113 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122 gegroepeerd, hectaren
- 4.114 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122 gegroepeerd, procenten
- 4.115 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122, hectaren
- 4.116 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ122, procenten
- 4.117 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123
- 4.118 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123 gegroepeerd
- 4.119 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123 gegroepeerd, hectaren
- 4.120 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123 gegroepeerd, procenten
- 4.121 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123, hectaren
- 4.122 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ123, procenten
- 4.123 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124
- 4.124 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124 gegroepeerd
- 4.125 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124 gegroepeerd, hectaren
- 4.126 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124 gegroepeerd, procenten
- 4.127 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124, hectaren
- 4.128 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ124, procenten
- 4.129 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125
- 4.130 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125 gegroepeerd

- 4.131 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125 gegroepeerd, hectaren
- 4.132 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125 gegroepeerd, procenten
- 4.133 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125, hectaren
- 4.134 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ125, procenten
- 4.135 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126
- 4.136 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126 gegroepeerd
- 4.137 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126 gegroepeerd, hectaren
- 4.138 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126 gegroepeerd, procenten
- 4.139 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126, hectaren
- 4.140 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ126, procenten
- 4.141 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127
- 4.142 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127 gegroepeerd
- 4.143 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127 gegroepeerd, hectaren
- 4.144 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127 gegroepeerd, procenten
- 4.145 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127, hectaren
- 4.146 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ127, procenten
- 4.147 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128
- 4.148 Ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128 gegroepeerd
- 4.149 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128 gegroepeerd, hectaren
- 4.150 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128 gegroepeerd, procenten
- 4.151 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128, hectaren
- 4.152 Verschil in ecotopenarealen Beneden-Zeeschelde macrocel: BZ128, procenten
- 4.153 Stroomsnelheden en verschillen in stroomsnelheden
  
- 8.1 Hoogdynamisch versus laagdynamisch gebied, Westerschelde
- 8.2 Zout versus brak areaal, Westerschelde
- 8.3 Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal areaal, Westerschelde
- 8.4 Brak versus zoet versus zoet variabel areaal, Beneden-Zeeschelde
- 8.5 Sublitoraal versus litoraal en supralitoraal areaal, Beneden-Zeeschelde

## Lijst van Figuren

(indien niet opgenomen in dit rapport zijn de figuren te vinden op bijgeleverde cd-rom)

- 1.1 Het Schelde-estuarium
- 1.2 Locaties van de ondiepe gedeelten in de vaargeul
- 1.3 Schematische weergave van het principe van het baggerwerk in de vaargeul
- 1.4 Overzicht van de alternatieven
- 1.5 Overzicht van de referentiealternatieven
  
- 2.1 Storten in laagdynamisch gebied
- 2.2 Storten in nevengeul en hoofdgeul
- 2.3 Aangenomen zeespiegelstijging
- 2.4 Vergelijking gemeten en berekende waterstanden voor december 2005
- 2.5 Overzicht ecotopengrenzen
- 2.6 Bepaling grenzen fysiotoopen arealen
  
- 3.1 Getij voorspelling Vlissingen; ontwikkeling van het GHW en GLW voor de periode 1980 2000
- 3.2 Langjarige ontwikkeling GHW voor de stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en Antwerpen, tevens lopend 10 jaarlijks gemiddelde waarde
- 3.3 Langjarige ontwikkeling GLW voor de stations Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en Antwerpen, tevens lopend 10 jaarlijks gemiddelde waarde
  
- 4.1 Vergelijking hoog- en laagdynamisch areaal bij  $u$  is 0,65 m/s
- 4.2 Vergelijking zout / brak areaal verdeling
- 4.3 Vergelijking verdeling sublitoraal, litoraal en supralitoraal
- 4.4 Vergelijking verdeling litoraal hoog, midden en laag
- 4.5 Ecopenkaart Westerschelde, huidige situatie 2005
- 4.6 Ecopenkaart Westerschelde, nulalternatief 2010
- 4.7 Ecopenkaart Westerschelde, nulalternatief 2015
- 4.8 Ecopenkaart Westerschelde, nulalternatief 2030
- 4.9 Ecopenkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2015
- 4.10 Ecopenkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2030
- 4.11 Ecopenkaart Westerschelde, projectalternatief 1, 2010
- 4.12 Ecopenkaart Westerschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.13 Ecopenkaart Westerschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.14 Ecopenkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.15 Ecopenkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.16 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.17 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.18 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.19 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.20 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.21 Ecopenkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.22 Ecopenkaart Beneden-Zeeschelde, huidige situatie 2005
- 4.23 Ecopenkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2010
- 4.24 Ecopenkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2015
- 4.25 Ecopenkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2030
- 4.26 Ecopenkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2015

- 4.27 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2030
- 4.28 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 1, 2010
- 4.29 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.30 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.31 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.32 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.33 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.34 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.35 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.36 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.37 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.38 Ecotopenkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.39 Droogvalduurkaart Westerschelde, huidige situatie 2005
- 4.40 Droogvalduurkaart Westerschelde, nulalternatief 2010
- 4.41 Droogvalduurkaart Westerschelde, nulalternatief 2015
- 4.42 Droogvalduurkaart Westerschelde, nulalternatief 2030
- 4.43 Droogvalduurkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2015
- 4.44 Droogvalduurkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2030
- 4.45 Droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 1, 2010
- 4.46 Droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.47 Droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.48 Droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.49 Droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.50 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.51 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.52 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.53 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.54 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.55 Droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.56 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.57 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, nulplusalternatief 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.58 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 1, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.59 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 2, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.60 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief 3, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.61 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.62 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, projectalternatief min, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.63 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.64 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.65 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030

- 4.66 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.67 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.68 Verschil droogvalduurkaart Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.69 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, huidige situatie 2005
- 4.70 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2010
- 4.71 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2015
- 4.72 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2030
- 4.73 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2015
- 4.74 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2030
- 4.75 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 1, 2010
- 4.76 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.77 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.78 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.79 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.80 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.81 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.82 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.83 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.84 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.85 Droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.86 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.87 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.88 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 1, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.89 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 2, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.90 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 3, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.91 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.92 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.93 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.94 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.95 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.96 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.97 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.98 Verschil droogvalduurkaart Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.99 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 1

- 4.100 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 2
- 4.101 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 3
- 4.102 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2010: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.103 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2010: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.104 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2015: nulalternatief en nulplusalternatief
- 4.105 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2015: nulalternatief en projectalternatief min
- 4.106 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2015: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.107 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2015: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.108 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2030: nulalternatief en nulplusalternatief
- 4.109 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2030: nulalternatief en projectalternatief min
- 4.110 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2030: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.111 Saliniteitscontouren Westerschelde, 2030: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.112 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 1
- 4.113 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 2
- 4.114 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2010: nulalternatief en projectalternatief 3
- 4.115 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2010: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.116 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2010: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.117 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2015: nulalternatief en nulplusalternatief
- 4.118 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2015: nulalternatief en projectalternatief min
- 4.119 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2015: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.120 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2015: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.121 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2030: nulalternatief en nulplusalternatief
- 4.122 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2030: nulalternatief en projectalternatief min
- 4.123 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2030: nulalternatief en P4 storten in nevengeulen
- 4.124 Saliniteitscontouren Beneden-Zeeschelde, 2030: nulalternatief en P4 storten op plaatranden
- 4.125 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, huidige situatie 2005
- 4.126 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulalternatief 2010
- 4.127 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulalternatief 2015
- 4.128 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulalternatief 2030
- 4.129 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulplusalternatief 2015
- 4.130 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, nul plusalternatief 2030
- 4.131 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 1, 2010
- 4.132 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.133 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.134 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.135 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.136 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.137 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.138 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.139 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.140 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.141 Maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.142 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, huidige situatie 2005
- 4.143 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2010
- 4.144 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2015
- 4.145 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulalternatief 2030
- 4.146 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2015
- 4.147 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2030
- 4.148 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 1, 2010

- 4.149 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 2, 2010
- 4.150 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 3, 2010
- 4.151 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2015
- 4.152 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2030
- 4.153 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010
- 4.154 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015
- 4.155 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030
- 4.156 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010
- 4.157 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015
- 4.158 Maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030
- 4.159 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulplusalternatief 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.160 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, nulplusalternatief 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.161 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 1, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.162 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 2, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.163 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief 3, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.164 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief min, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.165 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, projectalternatief min, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.166 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.167 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.168 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.169 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.170 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.171 Verschil maximale stroomsnelheden Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.172 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.173 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, nulplusalternatief 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.174 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 1, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.175 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 2, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.176 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief 3, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.177 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.178 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, projectalternatief min, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030

- 4.179 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.180 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.181 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.182 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2010 ten opzichte van nulalternatief 2010
- 4.183 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.184 Verschil maximale stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.185 Waterstanden Vlissingen, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.186 Waterstanden Terneuzen, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.187 Waterstanden Hansweert, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.188 Waterstanden Bath, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.189 Waterstanden Antwerpen, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.190 Waterstanden Schelle, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.191 Waterstanden Gent, doottij-springtij cyclus en getij-slag, springtij-waterstandtop en doottij-waterstandtop
- 4.192 Verschil maximale bodemschuifspanning Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.193 Verschil maximale bodemschuifspanning Westerschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.194 Verschil maximale bodemschuifspanning Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.195 Verschil maximale bodemschuifspanning Westerschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.196 Verschil maximale bodemschuifspanning Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de Nevengeulen, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.197 Verschil maximale bodemschuifspanning Beneden-Zeeschelde, P4 storten in de nevengeulen, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.198 Verschil maximale bodemschuifspanning Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2015 ten opzichte van nulalternatief 2015
- 4.199 Verschil maximale bodemschuifspanning Beneden-Zeeschelde, P4 storten op de plaatranden, 2030 ten opzichte van nulalternatief 2030
- 4.200 Stroomsnelheden ter hoogte van Schelle
- 4.201 Stroomsnelheden ter hoogte van Gent
  
- 6.1 Ontwikkeling hoogdynamisch areaal
  
- 8.1 Ontwikkeling hoogdynamisch areaal in de Westerschelde
- 8.2 Ontwikkeling zout areaal in de Westerschelde
- 8.3 Ontwikkeling sublitoraal gebied in de Westerschelde

- 8.4 Ontwikkeling litoraal gebied in de Westerschelde
- 8.5 Ontwikkeling supralitoraal gebied in de Westerschelde
- 8.6 Ontwikkeling brak areaal in de Beneden-Zeeschelde
- 8.7 Ontwikkeling zoet areaal in de Beneden-Zeeschelde
- 8.8 Ontwikkeling zoet variabel areaal in de Beneden-Zeeschelde
- 8.9 Verschuivingen van litoraal naar sublitoral en omgekeerd tussen P4P 2010 en NA 2010
- 8.10 Verschuivingen van litoraal naar sublitoral en omgekeerd tussen P4P 2015 en NA 2015
- 8.11 Verschuivingen van litoraal naar sublitoral en omgekeerd tussen P4P 2030 en NA 2030

## Appendix I: ZES 1 Stelsel in interpretatie

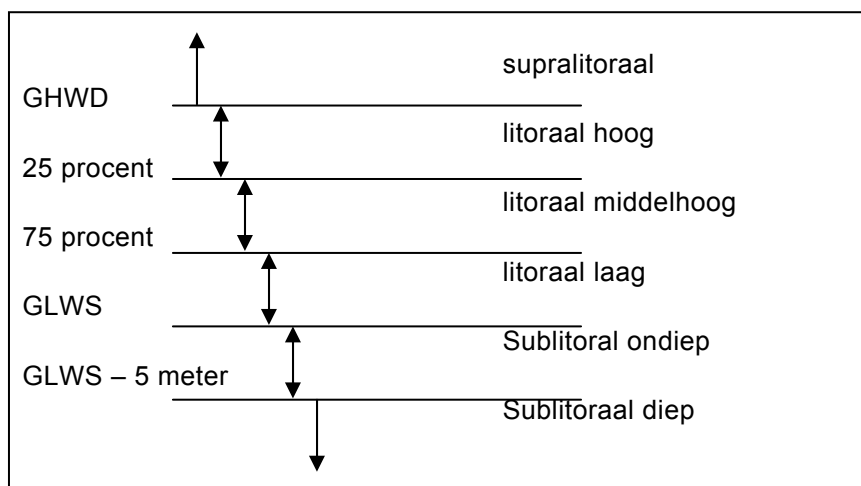
Bij de definitie van de ecotopenklassen wordt uitgegaan van de volgende ruimtelijke informatie:

- Bodemligging ten opzichte van de waterstanden:
  - o GLWS – gemiddelde laag water springtij
  - o waterstand die 75 procent van de tijd wordt overschreden (25 procent droogvalduur)
  - o waterstand die 25 procent van de tijd wordt overschreden (75 procent droogvalduur)
  - o GHWD – gemiddelde hoog water doortij
  - o GLWS – 5 meter
- zoutgehalte:
  - o gemiddeld zoutgehalte
  - o standaarddeviatie zoutgehalte
  - o zoutvariatie
- stroomsnelheid:
  - o maximale stroomsnelheid

Waarbij de volgende definities worden aangehouden:

|                               |    |                                                                                                                            |
|-------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gemiddeld zoutgehalte         | is | gemiddeld zoutgehalte bij hoog water over een jaar met een gemiddelde zoetwateraanvoer (met name rivierafvoer)             |
| standaarddeviatie zoutgehalte | is | standaarddeviatie zoutgehalte, berekend over dezelfde gegevens als het gemiddeld zoutgehalte                               |
| zoutvariatie                  | is | $(4 \times \text{standaarddeviatie zoutgehalte} / \text{gemiddelde zoutgehalte}) \times 100 \text{ procent}$               |
| maximale stroomsnelheid       | is | maximale stroomsnelheid tijdens springtij ongeacht eb of vloed bij gemiddelde stormomstandigheden (frequentie 1x per jaar) |

Op basis van deze parameters worden de volgende klassenindelingen gehanteerd:



**Tabel I.1:** Omschrijving volgens diepte 2

| Maximale lineaire<br>Stroomsnelheid |   | Omschrijving  |
|-------------------------------------|---|---------------|
| 0,8 m/s                             | ↑ | hoogdynamisch |
| 0,0 m/s                             | ↓ | laagdynamisch |

**Tabel I.2:** Omschrijving volgens hydrodynamiek

| Gemiddelde<br>zoutgehalte |   | Omschrijving | Zoutvariatie |   | Omschrijving    |
|---------------------------|---|--------------|--------------|---|-----------------|
| 18,0                      | ↑ | zout         | 100 procent  | ↑ | variabel        |
| 5,4                       | ↓ | brak         | 0 procent    | ↓ | weinig variabel |
| 0,0                       | ↓ | zoet         |              |   |                 |

**Tabel I.3:** Omschrijving volgens gemiddelde zoutgehalte en zoutvariatie

De grootheden zijn bepaald aan de hand van de veld - uitvoer van de simulaties elke 5 minuten. Aangezien de opzet van de simulatie niet precies overeenkomt met de gehanteerde definities, zijn nu (noodgedwongen) de volgende definities aangehouden (de veranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke definities zijn onderstreept):

|                               |    |                                                                                                                                                         |
|-------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gemiddeld zoutgehalte         | is | gemiddeld zoutgehalte bij hoog water over een <u>doodtij</u> <u>springtij</u> <u>cyclus</u> met een gemiddelde zoetwateraanvoer (met name rivierafvoer) |
| standaarddeviatie zoutgehalte | is | standaarddeviatie zoutgehalte, berekend over dezelfde gegevens als het gemiddeld zoutgehalte                                                            |
| zoutvariatie                  | is | $(4 \times \text{standaarddeviatie zoutgehalte} / \text{gemiddelde zoutgehalte}) \times 100 \text{ procent}$                                            |
| maximale stroomsnelheid       | is | maximale stroomsnelheid tijdens springtij ongeacht eb of vloed bij astronomische omstandigheden                                                         |

De GLWS en GHWD zijn de niveaus zoals ze tijdens deze zorgvuldig geselecteerde periode worden gevonden.

## Appendix II: Vergelijking ZES codes

| CODE_ZES  | Zout | Substraat | Positie       | Dynamiek | Diepte2    | Substraat2 |
|-----------|------|-----------|---------------|----------|------------|------------|
| B1.2x1    | brak | hard      | litoraal      | x        |            | steen/hout |
| B1.2x2    | brak | hard      | litoraal      | x        |            | veen       |
| B1.3      | brak | hard      | supralitoraal |          |            |            |
| B2.11x    | brak | zacht     | sublitoraal   | hoog     |            | x          |
| B2.122x   | brak | zacht     | sublitoraal   | laag     | diep       | x          |
| B2.123x   | brak | zacht     | sublitoraal   | laag     | ondiep     | x          |
| B2.21f    | brak | zacht     | litoraal      | hoog     |            | zand       |
| B2.221f   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | laag       | zand       |
| B2.221s   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | laag       | slib       |
| B2.222f   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | middelhoog | zand       |
| B2.222s   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | middelhoog | slib       |
| B2.223f   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | hoog       | zand       |
| B2.223s   | brak | zacht     | litoraal      | laag     | hoog       | slib       |
| B2.31x    | brak | zacht     | supralitoraal | hoog     | x          |            |
| B2.321    | brak | zacht     | supralitoraal | laag     | pionier    |            |
| B2.32x    | brak | zacht     | supralitoraal | laag     | x          |            |
| B2.3x     | brak | zacht     | supralitoraal | laag     | x          |            |
| overig_P3 |      |           |               |          |            |            |
| Z1.2x1    | zout | hard      | litoraal      | x        |            | steen/hout |
| Z1.2x2    | zout | hard      | litoraal      | x        |            | veen       |
| Z1.3      | zout | hard      | supralitoraal |          |            |            |
| Z2.11x    | zout | zacht     | sublitoraal   | hoog     |            | x          |
| Z2.122x   | zout | zacht     | sublitoraal   | laag     | diep       | x          |
| Z2.123x   | zout | zacht     | sublitoraal   | laag     | ondiep     | x          |
| Z2.21f    | zout | zacht     | litoraal      | hoog     |            | zand       |
| Z2.221f   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | laag       | zand       |
| Z2.221s   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | laag       | slib       |
| Z2.222f   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | middelhoog | zand       |
| Z2.222s   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | middelhoog | slib       |
| Z2.223f   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | hoog       | zand       |
| Z2.223s   | zout | zacht     | litoraal      | laag     | hoog       | slib       |
| Z2.31x    | zout | zacht     | supralitoraal | hoog     | x          |            |
| Z2.321    | zout | zacht     | supralitoraal | laag     | pionier    |            |
| Z2.32x    | zout | zacht     | supralitoraal | laag     | x          |            |
| Z2.3x     | zout | zacht     | supralitoraal | laag     | x          |            |

**Tabel II.1:** Codes gebruikt in de ecotopenkaarten van RIKZ

Voor de codes in de Alkyon ecotopen kaart zijn de codes op de tweede positie en de laatste positie niet opgenomen. Immers de modelsimulaties zeggen niets over het substraat.

| CODE_ZES | Zout                 | Positie       | Dynamiek | Diepte2    |
|----------|----------------------|---------------|----------|------------|
| B.11     | brak weinig variabel | sublitoraal   | hoog     |            |
| B.122    | brak weinig variabel | sublitoraal   | laag     | diep       |
| B.123    | brak weinig variabel | sublitoraal   | laag     | ondiep     |
| B.21     | brak weinig variabel | litoraal      | hoog     |            |
| B.221    | brak weinig variabel | litoraal      | laag     | laag       |
| B.222    | brak weinig variabel | litoraal      | laag     | middelhoog |
| B.223    | brak weinig variabel | litoraal      | laag     | hoog       |
| B.31     | brak weinig variabel | supralitoraal | hoog     |            |
| B.32     | brak weinig variabel | supralitoraal | laag     |            |
| Z.11     | zout weinig variabel | sublitoraal   | hoog     |            |
| Z.122    | zout weinig variabel | sublitoraal   | laag     | diep       |
| Z.123    | zout weinig variabel | sublitoraal   | laag     | ondiep     |
| Z.21     | zout weinig variabel | litoraal      | laag     |            |
| Z.221    | zout weinig variabel | litoraal      | laag     | laag       |
| Z.222    | zout weinig variabel | litoraal      | laag     | middelhoog |
| Z.223    | zout weinig variabel | litoraal      | laag     | hoog       |
| Z.31     | zout weinig variabel | supralitoraal | hoog     |            |
| Z.32     | zout weinig variabel | supralitoraal | laag     |            |

**Tabel II.2:** Codes gebruikt in de ecotopenkaart van Alkyon

## Appendix III: Vergelijking verschillende definities

Verdeling op basis van het **zoutgehalte**

| Omschrijving         | ZES.1-klasse                                | Bestaande ecotopenkaarten (RIKZ)                                                                                                                                                            | Milieueffectrapport Verruiming Westerschelde                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| weinig variabel brak | 5,4 tot 18 PSU, variatie $\leq$ 100 procent | 5,4 tot 18 PSU                                                                                                                                                                              | 5,4 tot 16,3 PSU, variatie $\leq$ 100 procent                                                                                                                                                                                       |
| weinig variabel zout | > 18 PSU, variatie $\leq$ 100 procent       | > 18 PSU                                                                                                                                                                                    | > 16,3 PSU, variatie $\leq$ 100 procent                                                                                                                                                                                             |
| Variabel brak/zout   | > 5,4 PSU, variatie > 100 procent           | > 5,4 PSU                                                                                                                                                                                   | > 5,4 PSU, variatie > 100 procent                                                                                                                                                                                                   |
|                      |                                             | <i>op basis van:</i>                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |                                             | Scalwest96 model                                                                                                                                                                            | Nevla model                                                                                                                                                                                                                         |
|                      |                                             | bodem 2004                                                                                                                                                                                  | bodem 2004                                                                                                                                                                                                                          |
|                      |                                             | stationsresultaten omgerekend met Matlab naar een rooster van 100x100 meter                                                                                                                 | resultaten elke 5 minuten op een curvilineair rooster, omgezet naar 20x20 meter rooster                                                                                                                                             |
|                      |                                             | rivieraafvoer 1992, verdeeld in 36 decade:<br><br>- Schelle 106,2 m <sup>3</sup> /s<br>- Bath 13,9 m <sup>3</sup> /s<br>- Antw. 11,1 m <sup>3</sup> /s<br>- Gent-Tern. 20 m <sup>3</sup> /s | gem. rivieraafvoer 1980-2000 op basis van maatgevende decade <sup>5</sup><br>- Schelle <sup>6</sup> 111,0 m <sup>3</sup> /s<br>- Bath 11,0 m <sup>3</sup> /s<br>- Antw. 0,0 m <sup>3</sup> /s<br>- Gent-Tern. 0,0 m <sup>3</sup> /s |

**Tabel III.1:** Vergelijking zout definities

|                               |    |                                                                                                                 |
|-------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gemiddeld zoutgehalte         | is | gemiddeld zoutgehalte bij hoog water over een jaar met een gemiddelde zoetwateraanvoer (met name rivieraafvoer) |
| standaarddeviatie zoutgehalte | is | standaarddeviatie zoutgehalte, berekend over dezelfde gegevens als het gemiddeld zoutgehalte                    |
| zoutvariatie                  | is | $(4 \times \text{standaarddeviatie zoutgehalte} / \text{gemiddelde zoutgehalte}) \times 100$ procent            |

in het model:

zout berekend over de 30 hoog waters tijdens de geselecteerde doottij hoogtij cyclus

<sup>5</sup> Een doottij-springtij-cyclus is doorgerekend. Deze cyclus is gekozen op basis van een 18,6 jarige (Saros periode) predictie voor de waterstanden in Vlissingen. Hierbij is uitgegaan van de gegeven componenten in (Getijtafels voor Nederland). Uit deze langjarige tijdserie zijn het GHWS, GHWD, GLWD en GLWS gehaald en vervolgens is een periode geselecteerd waarvoor de waarden zo goed mogelijk overeenkomen met de langjarige gemiddelden. De geselecteerde periode loopt van 24 juni 1998 5:50 uur tot en met 9 juli 1998 18:00 uur (nieuwe maan tot volle maan).

<sup>6</sup> Verdeeld over de bovenstroomse rivieren: Durme, Schelde, Dender, Kleine Nete, Grote Nete, Demer, Dijle, Zenne en Zeeschelde.

Verdeling op basis van de **dynamiek**

| Omschrijving  | ZES.1-klasse                                                                                                                                  | Bestaande ecotopenkaarten (RIKZ)                                                               | Milieueffectrapport Verruiming Westerschelde                                            |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| hoogdynamisch | lineaire stroomsnelheid >0,8 m/s <sup>7</sup><br>orbitaalsnelheid >0,2 m/s <sup>8</sup> (afh, van model)<br>megaribbels of hoogdynamisch vlak | boven GLLWS <sup>9</sup> op basis van GMK <sup>10</sup><br><br>onder GLLWS op basis van Scalw. | maximale snelheid >0,65 m/s                                                             |
| laagdynamisch | lineaire stroomsnelheid <0,8 m/s<br>orbitaalsnelheid >0,2 m/s<br>veen/kleibanken, ruggen, laagdynamisch vlak kwelder/schor                    | boven GLLWS op basis van GMK<br><br>onder GLLWS op basis van Scalw.                            | maximale snelheid <0,65 m/s                                                             |
|               |                                                                                                                                               | <i>op basis van:</i>                                                                           |                                                                                         |
|               |                                                                                                                                               | Geomorfologische kaart <sup>11</sup>                                                           |                                                                                         |
|               |                                                                                                                                               | Scalwest96 model                                                                               | NeVla-model                                                                             |
|               |                                                                                                                                               | springtij 5 mei 1996 gecorrigeerd naar gemiddeld springtij 1991                                | 24 juni 1998 5:50 uur tot en met 9 juli 1998 18:00 uur (doodtij-springtij-cyclus)       |
|               |                                                                                                                                               | bodem 2004                                                                                     | bodem 2004                                                                              |
|               |                                                                                                                                               | resultaten op een curvilineair rooster, omgezet naar 20x20 meter rooster                       | resultaten elke 5 minuten op een curvilineair rooster, omgezet naar 20x20 meter rooster |
|               |                                                                                                                                               |                                                                                                |                                                                                         |

**Tabel III.2:** Vergelijking definities dynamiek

Maximale stroomsnelheid is maximale stroomsnelheid tijdens springtij ongeacht eb of vloed bij gemiddelde stormomstandigheden (frequentie 1x per jaar)

<sup>7</sup> voor sublitoraal en litoraal. De klasse indeling is afhankelijk van het gebruikte model

<sup>8</sup> voor litoraal en supralitoraal. De klasse indeling is afhankelijk van het gebruikte model

<sup>9</sup> GLLWS Gemiddeld Laag Laagwater Springtij; op basis van 10 min. waterstanden Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath van de 5 voorgaande jaren ten opzichte van het betreffende jaar .

<sup>10</sup> GMK Geomorfologisch Kaart op basis van luchtfoto's op schaal 1:10.000

<sup>11</sup> indeling van de dynamiek voor de arealen boven het gemiddelde laag laagwater springtij (GLLWS, gebaseerd op de gemiddelde laagste laagwaterstanden tijdens springtij)

Verdeling op basis van de **diepte**

| Omschrijving        | ZES.1-klasse                                   | Bestaande ecotopenkaarten (RIKZ)  | MER Verruiming Westerschelde                                                            |
|---------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| (sub) diep          | < GLWS-5,0 meter                               | < GLWS-5,0 meter                  | < GLWS-5,0 meter                                                                        |
| (sub) ondiep        | >GLWS-5,0 en <GLWS                             | >GLWS-5,0 en <GLWS <sup>12</sup>  | >GLWS-5,0 en <GLWS <sup>13</sup>                                                        |
| (lito) laag         | > GLWS en < 75 procent droogval                | Op basis van GMK en               | > GLWS en < 75 procent droogval                                                         |
| (lito) middelhoog   | > 75 procent droogval en < 25 procent droogval | Op basis van GMK                  | > 75 procent droogval en < 25 procent droogval                                          |
| (lito) hoog         | > 25 procent droogval en < GHWD                | Op basis van GMK                  | > 25 procent droogval en < GHWD                                                         |
| (supra) pionierzone | > GHWD tot 300 x overspoeling p.jaar           | pionierzone op basis van GMK      | > GHWD <sup>14</sup>                                                                    |
| (supra) lage        | < 300x per jaar en > 150x per jaar             | schor op basis van GMK            |                                                                                         |
| (supra) middelhoge  | < 150x per jaar en > 50x per jaar              | rest geen verdeling               |                                                                                         |
| (supra)hoge         | < 50 x per jaar en > 5x per jaar               |                                   |                                                                                         |
|                     |                                                | <i>op basis van:</i>              |                                                                                         |
|                     |                                                | Geomorfologische kaart            |                                                                                         |
|                     |                                                | droogvalduurkaarten <sup>15</sup> |                                                                                         |
|                     |                                                |                                   | NeVla-model                                                                             |
|                     |                                                |                                   | 24 juni 1998 5:50 uur tot en met 9 juli 1998 18:00 uur (doodtij-springtij-cyclus)       |
|                     |                                                |                                   | bodem 2004                                                                              |
|                     |                                                |                                   | resultaten elke 5 minuten op een curvilineair rooster, omgezet naar 20x20 meter rooster |

**Tabel III.3:** Vergelijking definities diepte

Indien de ecotoop hoogdynamisch is, vindt er geen onderscheid in hoogteligging meer plaats

<sup>12</sup> Op basis van 10 min. waterstanden Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath van de 5 voorgaande jaren ten opzichte van het betreffende jaar.

<sup>13</sup> GLWS op basis van de 2 laagste laag waters tijdens de doottij- springtij cyclus

<sup>14</sup> Geen onderscheid in het supralitoraal bereik, GHWD op basis van de 2 hoogste hoog waters tijdens de doottij- springtij cyclus

<sup>15</sup> op basis van de looptijden en de 10 min. waterstanden Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Bath van de 5 voorgaande jaren ten opzichte van het betreffende jaar, met behulp van matlab scripts gebiedsdekkend gemaakt. Ten westen van Vlissingen waterstand gelijk aan Vlissingen, ten oosten van Bath waterstand gelijk aan Bath

## Appendix IV: Definities van de waterstandniveaus

Algemeen geldt dat er ongeveer elke 14 dagen een springtij en een doortij optreedt. Dat is dus ongeveer  $365/14$  is 26 maal per jaar. Een springtij treedt op als het maansgetij en het zonsgetij elkaar versterken. Het hoogwaterspringtij is gedefinieerd als het gemiddelde van de twee opeenvolgende hoogwaters in een periode van 24 uur (ongeveer eenmaal per 14 dagen), wanneer het getijbereik het grootst is. Het laagwaterspringtij is op dezelfde wijze gedefinieerd voor twee opeenvolgende laagwaters.

Als er veel dagelijkse ongelijkheid is tussen opeenvolgende hoog- of laagwaters kan er onderscheid worden gemaakt tussen het gemiddelde van alleen de hoogste van de twee of juist het gemiddelde van de laagste van de twee. In het algemeen worden deze laatste definities weinig gebruikt, maar er wordt een uitzondering gemaakt voor GLLWS, omdat daarmee vaak het reductievlak voor de nautische diepgang wordt bepaald. In de Westerschelde met een sterke dagelijkse ongelijkheid en een flink getijbereik, kunnen deze niveaus sterk verschillen.

### Nodaal getij

De gemiddelde waarden van al deze grootheden variëren van jaar tot jaar in een cyclus van 18,5996 jaar. Deze periode is niet te verwarren met de Saros periode van 18 jaar 11 dagen en 8 uur, die de periode aangeeft wanneer de posities van de aarde de zon en de maan weer vrijwel identiek zijn. Om verwarring te voorkomen is hier de term nodaal getij gebruikt.

### Definities

Voor de volledigheid worden hier alle definities gegeven:

|       |    |                                                                                                                     |
|-------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GHHWS | is | Gemiddeld Hoog Hoogwater Spring is het jaargemiddelde van alleen de hoogste hoogwaters rondom springtij             |
| GHWS  | is | Gemiddeld Hoogwater Spring is het jaargemiddelde van alle hoogwaters voorafgaand en volgend op het springtij moment |
| GLHWS | is | Gemiddeld Laag Hoogwater Spring is het jaargemiddelde van alleen de laagste hoogwaters rondom springtij             |
| GHW   | is | Gemiddeld Hoogwater is het gemiddelde van alle hoogwaters in een jaar                                               |
| GHHWD | is | Gemiddeld Hoog Hoogwater Dood is het jaargemiddelde van alleen de hoogste hoogwaters rondom doortij                 |
| GHWD  | is | Gemiddeld Hoogwater Dood is het jaargemiddelde van alle hoogwaters voorafgaand en volgend op het doortij moment     |
| GLHWD | is | Gemiddeld Laag Hoogwater Dood is het jaargemiddelde van alleen de laagste hoogwaters rondom doortij                 |
| GW    | is | Gemiddelde van alle waterstanden gedurende een periode van een geheel jaar.                                         |
| GHLWD | is | Gemiddeld Hoog Laagwater Dood is het jaargemiddelde van alleen de hoogste laagwaters rondom doortij                 |
| GLWD  | is | Gemiddeld Laagwater Dood is het jaargemiddelde van alle laagwaters voorafgaand en volgend op het doortij moment     |
| GLLWD | is | Gemiddeld Laag Laagwater Dood is het jaargemiddelde van alleen de laagste laagwaters rondom doortij                 |
| GLW   | is | Gemiddeld Laagwater is het gemiddelde van alle laagwaters in een jaar                                               |
| GHLWS | is | Gemiddeld Hoog Laagwater Spring is het jaargemiddelde van alleen de hoogste laagwaters rondom springtij             |
| GLWS  | is | Gemiddeld Laagwater Spring is het jaargemiddelde van alle laagwaters voorafgaand en volgend op het springtij moment |
| GLLWS | is | Gemiddeld Laag Laagwater Spring is het jaargemiddelde van alleen de laagste laagwaters rondom springtij.            |

Het langjarige equivalent van GLLWS wordt vaak gebruikt als nautische referentievlak.

Daarnaast worden nog LAT (Lowest Astronomical Tide) en HAT (Highest Astronomical Tide) gebruikt die gedefinieerd zijn als de laagste, respectievelijk de hoogste waterstand die kan worden voorspeld onder gemiddelde meteorologische condities en onder elke mogelijke combinatie van astronomische condities. Deze omstandigheden worden niet elk jaar bereikt. HAT en LAT zijn niet de hoogste en laagste waarden die kunnen worden bereikt, want onder stormomstandigheden kunnen aanzienlijk hogere of lagere waterstanden worden bereikt.

#### **Overstromingsduur**

De overstromingsduur wordt bepaald op basis van de volledige springtij doodtij cyclus. Daarbij wordt voor elk punt in het model bepaald wat de waterstandniveaus zijn die gedurende een bepaalde tijd worden overschreden. Door een vergelijking van deze niveaus met de bodemligging kan bepaald worden welke gebieden en arealen gedurende welke percentage van de tijd worden overschreden.

## Appendix V: Referenties actualisatie Sigmaplan

**IMDC**, 2003a, Actualisatie van het Sigma-plan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, Volume 1b: Statistiek en Hydrologie Rupelbekken, I/RA/11200/02.017/BND

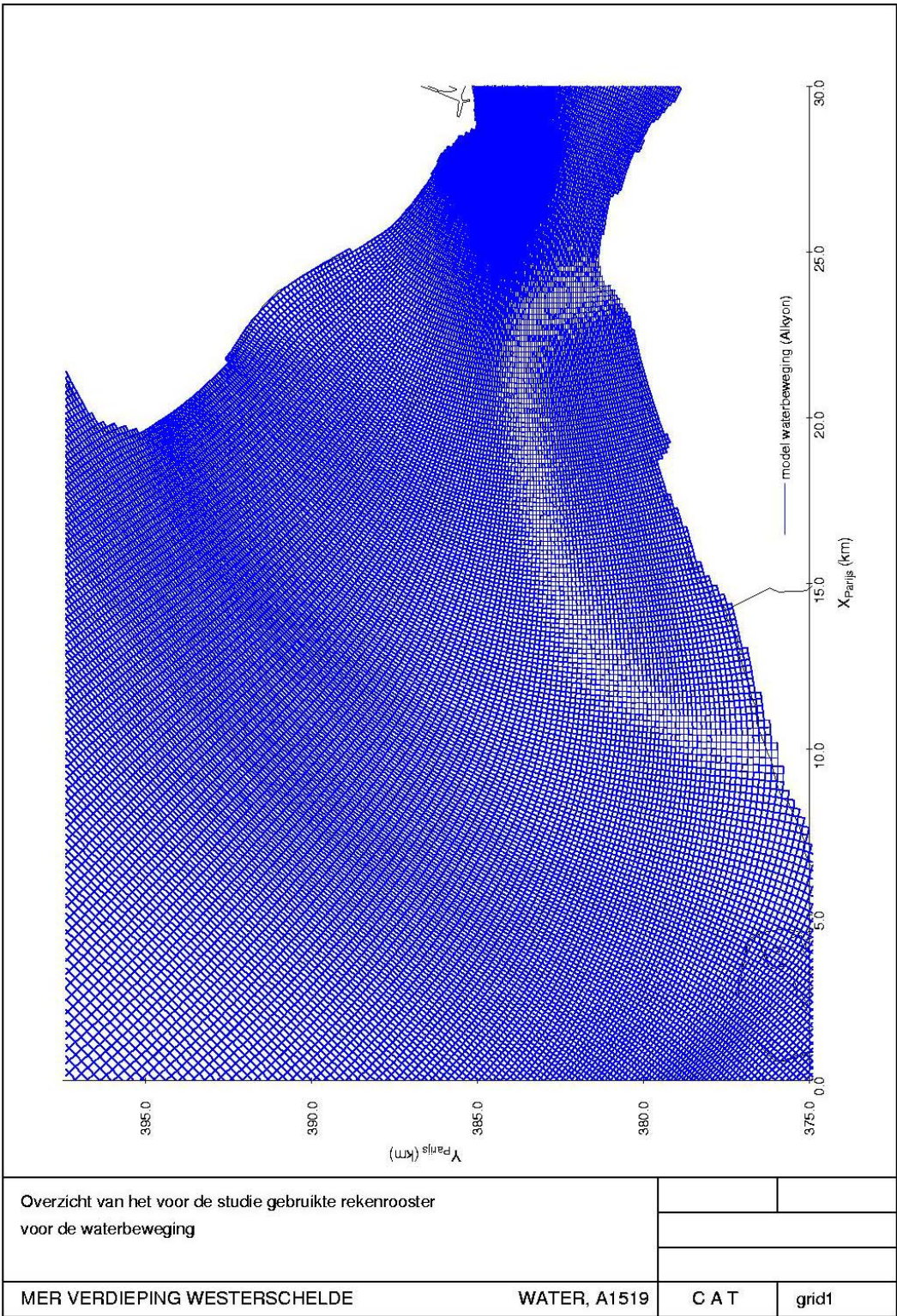
**IMDC**, 2003b, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, Volume 1a: Statistiek Scheldebekken, I/RA/11199/03.027/JBL

**IMDC**, 2003c, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: hydrologische en hydraulische modellen, Volume 2a: Hydraulica Scheldebekken, I/RA/11199/03.003/SME

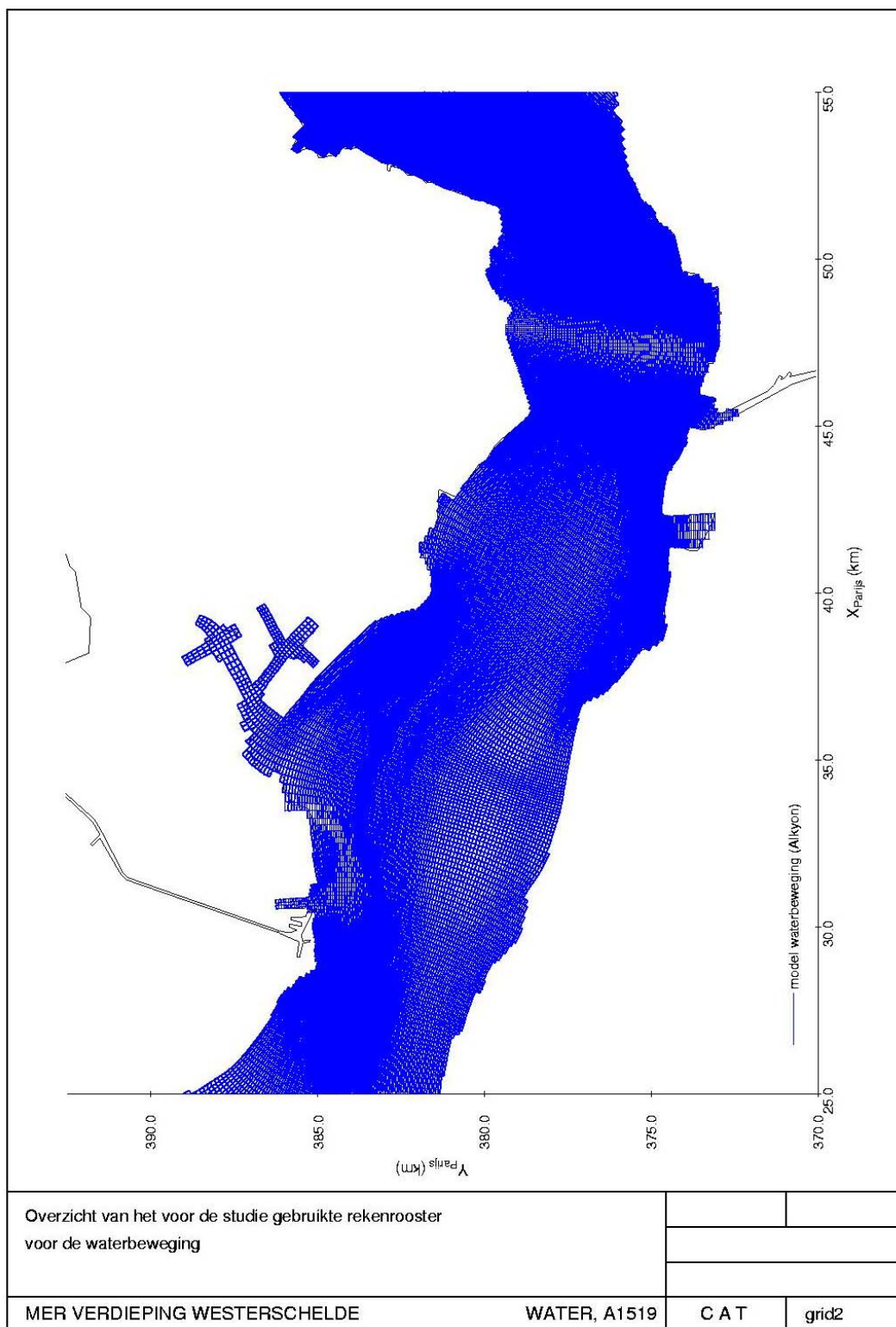
**IMDC**, 2003d, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: hydrologische en hydraulische modellen, Volume 2b: Hydrodynamisch model Rupelbekken, I/RA/11200/03.002/SME

**IMDC in samenwerking met Probabilitas**, 2004, Actualisatie van het Sigmaplan, Deelopdracht 3: Hydrologische en Hydraulische modellen, volume 1d: Aanvullende statistiek Scheldebekken, I/RA/11199/04.031

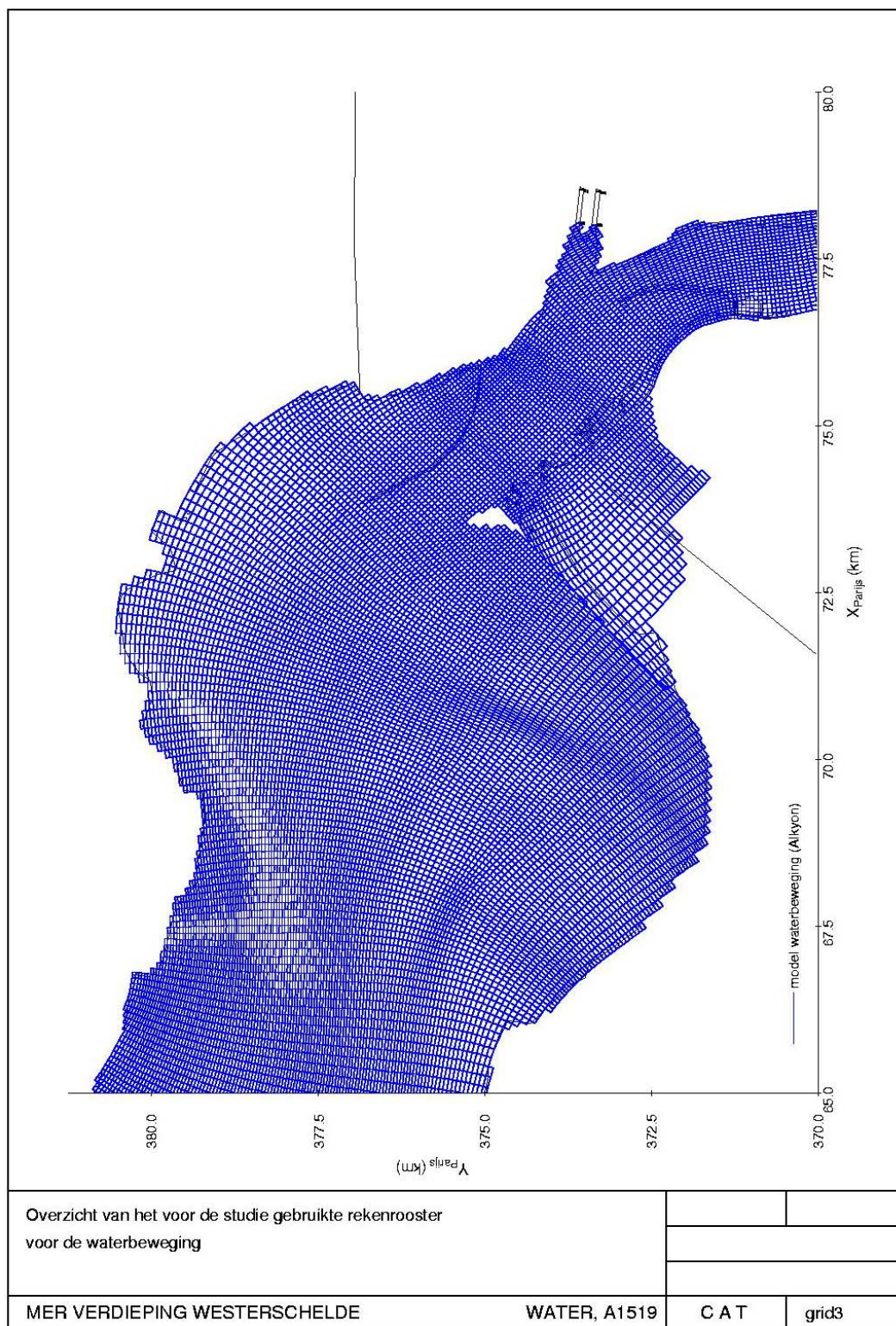
Appendix VI: Rooster figuren gebruikte model



**Figuur VI.1:** Overzicht van het voor de studie gebruikte rekenrooster voor de waterberging grid 1



**Figuur VI.2:** Overzicht van het voor de studie gebruikte rekenrooster voor de waterberging grid 2



**Figuur VI.3:** Overzicht van het voor de studie gebruikte rekenrooster voor de waterberging grid 3