

Effecten van spuilocaties op hydraulica, morfologie en ecologie

**Effecten van alternatieve spuilocaties langs de
Afsluitdijk op hydraulica, morfologie en ecologie van
Waddenzee en IJsselmeer**

5 november 2002

Rapport RIKZ 2002.056

Effecten van spuilocaties op hydraulica, morfologie en ecologie

**Effecten van alternatieve spuilocaties langs de
Afsluitdijk op hydraulica, morfologie en ecologie van
Waddenzee en IJsselmeer**

5 november 2002

Rapport RIKZ 2002.056

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

Samenvatting 5

1 Inleiding 7

- 1.1 Aanleiding 7
- 1.2 Doelstelling 7
- 1.3 Werkwijze 8
- 1.4 Leeswijzer 8

2 Beschrijving voorgenomen activiteit 9

- 2.1 Inleiding 9
- 2.2 Alternatieve spuilocatie 1 9
- 2.3 Alternatieve spuilocatie 2 9
- 2.4 Alternatieve spuilocatie 3 9
- 2.5 Alternatieve spuilocatie 4 10
- 2.6 Alternatieve spuilocatie 5 10

3 Effecten alternatieve spuilocaties 11

- 3.1 Algemene inleiding 11
- 3.2 Hydraulische effecten 11
 - 3.2.1 Inleiding 11
 - 3.2.2 Grootchalige effecten: grootchalige circulatiepatronen 13
 - 3.2.3 Kleinschalige effecten: verspreiding zoetwater (figuur 3.2 t/m 3.20) 13
 - 3.2.4 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie 14
 - 3.2.5 Kleinschalige effecten: stroomsnelheden 14
 - 3.2.6 Kleinschalige effecten: efficiency spui 15
- 3.3 Morfologische effecten 17
 - 3.3.1 Inleiding 17
 - 3.3.2 Grootchalige effecten: grootchalige estuariene circulatie 17
 - 3.3.3 Kleinschalige effecten: estuariene circulaties 18
 - 3.3.4 Kleinschalige effecten: effecten stroomsnelheidsveranderingen 18
 - 3.3.5 Kleinschalige effecten: uitschuring ontgrondingerosiekuilen 20
 - 3.3.6 Kleinschalige effecten: invloed op havens 20
- 3.4 Ecologische effecten 21
 - 3.4.1 Inleiding 21
 - 3.4.2 Saliniteit 22
 - 3.4.3 Hydrodynamiek en morfologie 26
 - 3.4.4 Voedselaanbod 27
 - 3.4.5 Mosselteelt en kokkelvisserij 28
 - 3.4.6 Visintrek 30

4 Evaluatie effecten inzet nieuwe spuisluis 31

- 4.1 Inleiding 31
- 4.2 Hydraulica 32
 - 4.2.1 Grootchalige effecten: grootchalige circulatiepatronen 32
 - 4.2.2 Kleinschalige effecten: verspreiding zoetwater 32
 - 4.2.3 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie 32
 - 4.2.4 Kleinschalige effecten: stroomsnelheden 32
 - 4.2.5 Kleinschalige effecten: efficiency spui 33

4.2.6 Eindoordeel hydraulica	33
4.3 Morfologie	33
4.3.1 Grootschalige effecten: grootschalige estuariene circulatie	33
4.3.2 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie	33
4.3.3 Kleinschalige effecten: Effecten van stroomsnelheidveranderingen	33
4.3.4 Kleinschalige effecten: uitschuring erosiekuilen	34
4.3.5 Kleinschalige effecten: invloed op havens	34
4.3.6 Eindoordeel morfologie	35
4.4 Ecologie	35
4.4.1 Bodemfauna	35
4.4.2 Visintrek	37
4.4.3 Mosselteelt en kokkelvisserij	38
4.5 Eindoordeel ecologie	38

5 Conclusies 39

Verklarende woordenlijst 41

Referenties 45

Figuren 47

Samenvatting

De huidige spuicapaciteit in de Afsluitdijk is onvoldoende om het huidige peilbeheer van het IJsselmeer goed te kunnen handhaven. Dit zal in de toekomst nog moeilijker worden door de (verwachte) verdere stijging van de zeespiegel en toename van de piekdebieten van de IJssel. In het kader van een vergroting van de bestaande spuicapaciteit in de Afsluitdijk is de directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat een planstudie gestart genaamd [ES]2-Afsluitdijk. In dit kader wordt onderzocht welke plaatsen in de Afsluitdijk het meest geschikt zijn om een extra spuimiddel aan te leggen. Dit rapport vormt deel van dit onderzoek. Het geeft voor vijf alternatieve spuilocaties (figuur 2.1) een eerste inschatting van de effecten van extra spuicapaciteit op de hydraulica, morfologie en ecologie van de Waddenzee en het IJsselmeer.

Het blijkt dat voor wat betreft hydraulica weinig onderscheid gemaakt kan worden. De alternatieven 1 en 2 hebben de voorkeur door de hogere spui-efficiency. Alternatief 5 bij Den Oever scoort het slechtst.

Voor wat betreft morfologie verdient alternatief 2 de voorkeur, omdat de effecten daarbij relatief gering zijn. Ook bij alternatief 1 en 3 zijn de effecten relatief gering. Bij alternatief 4 zijn grootschalige veranderingen te verwachten (geulvorming) en bij alternatief 5 zijn forse morfologische ingrepen nodig om e.e.a. mogelijk te maken. Beide alternatieven zijn derhalve af te raden.

De bodemfauna speelt een centrale rol in het voedselweb van de westelijke Waddenzee. Tevens zijn sommige bodemdieren van commercieel belang (mosselteelt en kokkelvisserij). Om deze twee redenen staat voor de ecologie een eerste inschatting van de effecten op de bodemfauna centraal. Gekeken is naar de effecten die optreden door veranderingen van de saliniteitspatronen, effecten als gevolg van de vorming/aanleg van een spuikom, effecten door vorming van spuikeulen en effecten op de voedselvoorziening van de bodemfauna. Verder is gekeken naar effecten op de geleiding van diadrome vis naar het extra spuipunt.

Een beoordeling van de effecten op de bodemfauna levert het volgende beeld. Locatiealternatieven 1 en 2 worden beoordeeld als de meest gunstige alternatieven. Alternatief 2 geeft het kleinste gebied dat verzoet onder gemiddelde spuiomstandigheden door de snelle opmenging van het spuiwater in de Doove Balg. Alternatief 1 geeft een naar verhouding klein gebied waar de kans op langdurige sterke verzoeting zal toenemen tijdens hoge spuiafvoeren. Beide alternatieven geven een relatief groot gebied bij Den Oever dat verzout ten opzichte van de huidige situatie, waardoor aldaar de bodemfauna zal verrijken. Alternatieven 3 en 4 scoren slecht omdat er bij hoge afvoer grote gebieden langs de Afsluitdijk sterk zullen verzoeten. Dit is niet het geval voor alternatief 5. Dit alternatief scoort echter slecht omdat het positieve effect van verzouting bij Den Oever geheel ontbreekt. Locatie alternatief 2 is de meest gunstige wanneer wordt gekeken naar de vorming van een erosiekom en een erosiegeul in de Waddenzee. De alternatieven onderscheiden zich niet wat betreft de effecten van een verandering van voedselaanbod. De mogelijkheden voor visintrek worden voor alternatieven 1, 2 en 5 positief beoordeeld omdat er sprake is van een eenduidige geleiding naar het potentiële intrekpunt. Bij de alternatieven 1 en 5, en in iets mindere mate bij alternatief 2 worden negatieve effecten voor de mosselteelt en kokkelvisserij zoveel mogelijk vermeden.

Resumerend blijkt uit de eerste afschatting dat de alternatieven 1 en 2 op hydraulisch, morfologisch en ecologisch gebied de voorkeur verdienen boven 3, 4 en 5. Aanbevolen wordt daarom om in fase 2 met name aandacht te schenken aan het gebied tussen alternatief 1 tot en met iets ten westen van alternatief 2.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit de notitie "aankpak wateroverlast" (1999) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat blijkt dat de huidige spuicapaciteit in de Afsluitdijk nu al onvoldoende is om het huidige peilbeheer van het IJsselmeer goed te kunnen handhaven; bij de verwachte verdere stijging van de zeespiegel en toename van de piekdebieten van de IJssel wordt dit nog moeilijker. Daarom wordt een vergroting van de bestaande spuicapaciteit in de Afsluitdijk voorbereid.

De directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat is hiervoor een planstudie gestart genaamd Extra Spuicapaciteit en versterking van de Ecologische Samenhang langs de Afsluitdijk ([ES]2-Afsluitdijk). Een ontwerpteam onderzoekt welke plaatsen in de Afsluitdijk het meest geschikt zijn om een extra spuimiddel aan te leggen. Een nieuw spuimiddel kan, al naar gelang de ligging, effecten veroorzaken in het Waddengebied en het IJsselmeer op hydraulisch, morfologisch of ecologisch gebied (figuur 1.1). Om deze reden is er een MER-studie gestart (Anonymus, 2001) en worden ter onderbouwing van het MER effectenstudies uitgevoerd.

Dit rapport geeft de resultaten van het werk (literatuurstudie en expert-judgement) dat is uitgevoerd tijdens fase I van de effectenstudie hydraulica, morfologie en ecologie. Het rapport geeft voor vijf verschillende alternatieven voor een nieuw spuicomplex een eerste inschatting van de effecten van extra spuicapaciteit op de hydraulica, morfologie en ecologie van de Waddenzee en het IJsselmeer. De resultaten zullen gebruikt worden om een aantal voorkeursalternatieven te kiezen waarvoor de effecten meer in detail onderzocht zullen worden in de navolgende fases van de effectenstudie. De tweede fase is op 1 juli 2001 gestart en richt zich primair op een nadere identificatie van de effecten op de bodemfauna.

In dit rapport wordt geen aandacht besteed aan de effecten op gebruiksfuncties met uitzondering van zijstroming op schepen, vaargeuldiepte en de mosselteelt en kokkelvisserij in de westelijke Waddenzee. Het functioneren van de mosselteelt en kokkelvisserij is zo verweven met het ecologisch functioneren van het watersysteem dat besloten is deze op te nemen in de effectenstudie. De effecten voor deze gebruiksfunctie zijn in een aparte workshop met experts besproken.

Parallel aan de effectenstudie is het beslissingsondersteunend systeem WADBOS-[ES]2 ingezet. Met dit model kunnen ingrepen in de Waddenzee en het IJsselmeer gesimuleerd worden, waarna het model effecten op gebruiksfuncties zoals bijvoorbeeld scheepvaart en recreatie kan voorspellen. De resultaten van WADBOS-[ES]2 worden in een apart rapport gepresenteerd.

1.2 Doelstelling

Het doel van de effectenstudie (fase 1) is:

Op basis van een verkennende analyse vaststellen welke hydraulische, morfologische en ecologische effecten in de Waddenzee en het IJsselmeer

zullen optreden bij ingebruikname van een extra spuumiddel in de Afsluitdijk. In de "Richtlijnen voor de MER extra spuicapaciteit" wordt het traject tussen de huidige spuisluizen van Den Oever en Kornwerderzand aangegeven als locatiezoektraject voor de nieuwe spuisluizen. De analyse wordt (mede) gebruikt om dit gebied nader te kunnen inperken tot een beperkt aantal alternatieven (= locaties) waar in fase 2 nader onderzoek aan concrete ontwerpen en inrichtingsmaatregelen zal worden gedaan.

1.3 Werkwijze

Het nieuwe spuumiddel dient in 2008 operationeel te zijn. Tot die tijd wordt een groot aantal stappen doorlopen. Er wordt naar gestreefd om in het voorjaar van 2002 uit de verschillende alternatieven één of enkele voorkeursalternatieven te kiezen die zal worden uitgewerkt in een voorkeursvariant op die locatie. De beschouwde alternatieven liggen in de Afsluitdijk tussen de sluizen van Kornwerderzand tot en met Den Oever. De effecten zijn in fase 1 van de studie primair bepaald op basis van 'expert-judgement' tijdens een tweetal workshops: een workshop hydraulische en morfologische effecten en een workshop ecologische effecten en op basis van 2-D modelstudies. De effectbepaling van de op basis van fase 1 gekozen locaties zal worden gedaan tijdens fase 2 van de effectenstudie. De aanpak voor het in kaart brengen van de diverse effecten voor fase 1 is de volgende:

Stap 1: Uitgaan van een oorzaak-gevolg reeks. Omdat het hierbij gaat om een initiële afschatting van de effecten zijn tweede-orde effecten buiten beschouwing gelaten. Het spuien met het nieuwe spuumiddel leidt tot andere stroomsnelheden en/of andere saliniteitsverdelingen. Deze zijn op basis van dieptegemiddelde hydrodynamische modellering in kaart gebracht voor een gemiddelde en een extreme afvoersituatie, zoals gekozen door RDIJ. De effecten op stroomsnelheden en saliniteitsverdeling leiden op hun beurt weer tot veranderingen in de morfologie/slibhuishouding. De morfologische en hydraulische veranderingen leiden weer tot veranderingen van het ecologisch functioneren. Tijdens fase 1 is primair afgeschat wat de effecten zullen zijn op de bodemfauna vanwege de cruciale rol die deze speelt in de voedselvoorziening voor vogels en vissen. In een navolgende fase worden de effecten op de bodemfauna doorvertaald naar effecten op hogere trofische niveaus (vogels, vissen en zeezoogdieren).

Stap 2: elke verandering, waarop dit van toepassing is, wordt vervolgens op diverse schalen bekeken, waarbij gewerkt wordt van groot naar klein. Omdat het hier een eerste inschatting van de effecten betreft, is de aandacht vooral geconcentreerd op die, waarvan voldoende informatie aanwezig is. Alle effecten worden in kaart gebracht in een volgorde van groot naar klein.

Stap 3: de diverse effecten worden vervolgens beoordeeld op basis van hydraulische, morfologische en ecologische criteria.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de voorgenomen activiteit beschreven en een beschrijving van de vijf spuilocaties. In hoofdstuk 3 worden de effecten die bij elk van de locaties kunnen optreden beschreven. Deze worden in hoofdstuk 4 geevalueerd. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies weer.

2 Beschrijving voorgenomen activiteit

2.1 Inleiding

Momenteel is de spuicapaciteit van de bestaande spuisluiscomplexen in de Afsluitdijk onvoldoende om het streefpeil in het IJsselmeer te kunnen handhaven. Volgens berekeningen zal een verdubbeling van de spuicapaciteit nodig zijn om dit streefpeil tot tenminste 2050 beter te kunnen handhaven. Hiervoor wordt gedacht aan 1 spuisluizencomplex dat wordt aangelegd in het traject tussen de bestaande spuisluizen van Kornwerderzand en Den Oever (Anonymus, 2001). Om de invloed van de locatiekeuze van het extra spui te bepalen worden vijf alternatieven met elkaar vergeleken ten opzichte van de huidige situatie. De ligging van de onderzochte alternatieven staat aangegeven in figuur 2.1. In het onderstaande stuk worden de diverse alternatieve spuilocaties kort aangegeven, evenals de al beschikbare modelstudies waarbij vergelijkbare situaties zijn doorgerekend. Voor de 2D-studies van Alkyon (van Banning e.a., 2001 & 2002) die een belangrijke onderbouwing vormen voor dit rapport, geldt dat ter plaatse van het nieuwe spuimiddel de bodem is verdiept naar NAP -5,5 meter terwijl er tevens een overgang is gecreëerd naar de originele bodem over 2 tot 3 gridcellen (per stuk 300*300 meter). De enige uitzondering hierop is alternatief 5, hier is de aan- en afvoersituatie aangepast (zie aldaar). In principe is bij deze 2-D model-simulaties gestreefd naar een waterpeil op het IJsselmeer van -40 cm NAP (streefpeil). Daarbij worden alle spuisluizen (inclusief de nieuwe) tegelijk open gezet gedurende een bepaalde periode van het getij totdat het streefpeil is bereikt. De sluisen worden daarna tegelijk gesloten ook al is dit tijdens laagwater.

2.2 Alternatieve spuilocatie 1

Locatie: 1,3 kilometer ten westen van de bestaande spuisluizen bij Kornwerderzand (Modelstudies: Janssen & Bartelds, 1999: locatie B; Adema & Van Banning, 2001, van Banning, 2001: Alternatief 1). Het nieuwe spuicomplex ligt dichtbij de bestaande spuisluizen en de Boontjes/Doove Balg waar een diepe geul het trace van de Afsluitdijk kruiste (aan IJsselmeerzijde nog aanwezig).

2.3 Alternatieve spuilocatie 2¹

Locatie: halverwege tussen Breezanddijk en de bestaande spuisluizen bij Kornwerderzand (Modelstudie: Adema & van Banning, 2001, van Banning, 2001: Alternatief 3). Het nieuwe spuicomplex sluit daar aan op de locatie waar de Doove Balg het dichtst langs de Afsluitdijk loopt.

2.4 Alternatieve spuilocatie 3¹

Locatie: bevindt zich bij de werkhaven Breezanddijk (Modelstudie: Adema & van Banning, 2001, van Banning, 2001: Alternatief 4). Deze spuilocatie sluit

¹ In de rapportage van Alkyon zijn de alternatieve locaties genummerd 1, 3, 4, 5 en 6 en komen overeen met 1, 2, 3, 4 en 5 in dit rapport.

aan op de ligging van een diepere zone >-5 m NAP in de Waddenzee, maar aan de kant van het IJsselmeer is de bodem ondiep.

2.5 Alternatieve spuilocatie 4¹

Locatie: ligt bij de Java-ruggen (Modelstudies: ±Janssen & Bartelds, 1999: locatie C; Adema & van Banning, 2001, van Banning, 2001: Alternatief 5). Het nieuwe spuicomplex sluit aan bij een diepere zone aan de IJsselmeerkant, maar aan de Waddenzeezijde ligt een subgetijde plaat.

2.6 Alternatieve spuilocatie 5¹

Locatie: ligt iets oostelijk van Den Oever (Modelstudies: van Banning, 2002: Alternatief 6). Dit nieuwe spuicomplex is aangevuld met: de volgende verdiepingen en verbredingen: 1) het aanleggen van een verdieping aan de IJsselmeerkant voor verbeterde aanvoer naar het spuimiddel, door middel van het weggraven van de keileemopduiking in het IJsselmeer te doorgraven op een diepte van NAP -4 m met een breedte van 1250 m en over een lengte van circa 900 meter; 2) het aanleggen van een geul op -5 m NAP in de subgetijdeplaten in de Waddenzee met een breedte van 600 m en een lengte van circa 1500 meter, aansluitend op het Visjagersgaatje (zie verschilfiguur 2.2).

¹ In de rapportage van Alkyon zijn de alternatieve locaties genummerd 1,3,4,5 en 6 en komen overeen met 1,2,3,4 en 5 in dit rapport

3 Effecten alternatieve spuilocaties

3.1 Algemene Inleiding

In onderstaand overzicht worden de effecten beschreven ten opzichte van de situatie zonder extra spuimiddel. Doordat de momentane lozing van zoetwater op de Waddenzee qua locatie en hoeveelheid verandert, wordt verwacht dat dit zal leiden tot hydraulische, morfologische en ecologische effecten in de Waddenzee van enig belang. In het IJsselmeer zullen de effecten van de aanleg van een extra spui vermoedelijk vrij klein zijn, omdat dit voornamelijk de hydraulica van het gebied iets zal veranderen.

De beschouwde periode is direct na de bouw van het spuimiddel (2008), omdat dan de grootste effecten (zowel positief als negatief) worden verwacht. Op dat moment is de maximale extra spuicapaciteit beschikbaar, die daarna geleidelijk weer afneemt vanwege de zeespiegelstijging. In volgende rekenrondes wordt een vooruitblik gedaan naar het verloop van de effecten, richting 2050. De effecten van de extra spuicapaciteit moeten dan worden afgezet tegen de effecten van de autonome ontwikkeling zonder extra spuisluis, dat wil zeggen met zeespiegelstijging, met veranderende rivierafoeren en daardoor een peilstijging van het IJsselmeer. In dit stuk wordt dit vooralsnog niet meegenomen, omdat het voor een keuze van de meest gewenste spuilocatie niet van directe invloed is.

3.2 Hydraulische effecten

3.2.1 Inleiding

Bij het in kaart brengen van de hydraulische effecten van de diverse alternatieve spuilocaties is er vanuit gegaan dat het golfklimaat niet wezenlijk verandert. Derhalve is de aandacht gericht op de effecten die het spuien via de diverse alternatieven heeft op de stroomsnelheden en de saliniteit. Ook is van belang dat het in de Waddenzee uitstromende IJsselmeerwater een belangrijke bron is van nutriënten en particulier organisch materiaal (POC). De verspreiding van de opgeloste nutriënten is gekoppeld aan de verspreiding van het zoete water. Het POC volgt veel meer het slibverspreidingspatroon.

In de effecten kan onderscheid worden gemaakt tussen grootschalige effecten en kleinschalige effecten (tabel 3.1). De **grootschalige effecten** bestaan uit eventuele veranderingen in de watercirculatiepatronen van zoet- en zoutwater in de westelijke Waddenzee. Hierbij gaat het met name om de verdeling van het zoete en zoute water over de zeegaten Vlie en Marsdiep. Een andere verdeling kan namelijk leiden tot een verandering van de estuariene circulatie door de zeegaten ten gevolge van de dichtheidsverschillen tussen zoet- en zoutwater. De **kleinschalige effecten** bestaan voornamelijk uit: 1) verspreiding van het zoete water rond de spui punten in ruimte en tijd, 2) de daardoor opgewekte kleinschalige estuariene circulatie (figuur 3.1) die invloed heeft op de sedimentatiepatronen, 3) de verandering in de stroomsnelheden en 4) de verhoging van de waterstanden. Samen met de onderlinge beïnvloeding in het IJsselmeer kan dit gevolgen hebben voor de efficiëntie van de afvoer via het nieuwe spuimiddel.

Er zijn modelsimulaties uitgevoerd om de effecten van de vijf alternatieve spuilocaties in te schatten (Adema & van Banning, 2001; van Banning, 2001). De modelsimulaties bestaan uit een aantal dieptegemiddelde 2D berekeningen, waarbij voor winterafvoer gemiddelde situaties zijn uitgerekend bij een aanvoer én een lozing van 500 m³/sec. Daarnaast zijn ook berekeningen uitgevoerd met een hoge zoetwateraanvoer (2000 m³/sec). Bij 2D berekeningen dient opgemerkt te worden dat de berekende saliniteiten (zoutconcentraties) wel onderling vergeleken kunnen worden, maar niet als absolute waarden gezien mogen worden, omdat de zoutgehalten nabij de bodem kunnen verschillen van zoutgehalten aan het oppervlak en dat effect is niet zichtbaar in 2D berekeningen. Daarnaast zijn er nog enkele initiële 3-D berekeningen beschikbaar (Soerdjibali et al., 2000).

Tabel 3.1
Overzicht hydraulische effecten

Alternatieve spuilocatie	Grootschalige circulatiepatronen (bij gemiddelde winterafvoer)	Kleinschalige verspreiding zoetwater	Kleinschalige estuariene circulatie	Kleinschalig: stroomsnelheden	Kleinschalig: Efficiency spui
Alternatief 1	Meer zoetwater via Vlie, minder via Marsdiep	Zoetwaterbel bij spuipunt Kornwerderzand die loslaat. In de huidige situatie treedt dit eveneens op, zij het in mindere mate.	Krachtiger rond KWZ, minder rond Den Oever	Geen verschillen van betekenis. Bij de uitgang van de nieuwe sluis zijn er uiteraard grotere snelheden	Minder effectief dan 2 wegens de nabije ligging van de huidige sluis.
Alternatief 2	Meer zoetwater via Vlie, vermoedelijk iets minder via Marsdiep	Grotere zoetwaterbel (t.o.v. alt 1) rond Kornwerderzand die niet meer loslaat	Op locatie krachtiger voor overige spuien zwakker	Idem	Effectief
Alternatief 3	Iets meer zoetwater via Vlie, iets minder via Marsdiep	Zoetwaterzone parallel aan de Afsluitdijk	Als 2	Idem	Minder effectief dan 2
Alternatief 4	Minder zoetwater via Vlie, iets meer via Marsdiep	Als 3	Als 2	Idem	Minder effectief dan 2 en 3
Alternatief 5	Minder zoetwater via Vlie, meer via Marsdiep	Er vormt zich een vrij grote aaneengesloten zone van lage saliniteit die zich met name over het Balgzandgebied uitstrekt.	Krachtiger rond Den Oever, minder rond KWZ	Hoger bij Den Oever, hoger west van spui?	Minst effectief doordat spui ten koste gaat van Den Oever

Bij de modelberekeningen is ervan uitgegaan dat steeds alle spuimiddelen (zowel de oude als het nieuwe) tegelijkertijd ingezet worden. Meer informatie over de modelberekeningen is te vinden in Adema en van Banning (2001) en van Banning (2001, 2002). De verschillende alternatieven (figuur 2.1) voor het nieuwe spuimiddel hebben invloed op de effectiviteit van de bestaande

spuimiddelen. De verhouding tussen de te spuien volumina door de verschillende spuimiddelen is afhankelijk van de locatie van het nieuwe spuimiddel.

3.2.2 Grootschalige effecten: grootschalige circulatiepatronen

Over het algemeen kan worden gesteld dat naarmate de nieuwe spuilocatie zich dichterbij Kornwerderzand bevindt er meer zoetwater zal uitstromen richting het zeegat van het Vlie, terwijl er minder zal uitstromen via het Marsdiep (Adema & van Banning, 2001; Van Banning, 2001; figuur 3.1-3.19; Van Banning, 2002; hun fig 3.49-3.78). Dit geldt met name voor alternatief 1 (bij Kornwerderzand) en in mindere mate voor alternatief 2 (tussen Kornwerderzand en Breezanddijk) en alternatief 3 (bij Breezanddijk). Bij alternatief 5 (Den Oever) en 4 (Javaruggen) stroomt het water meer via het Marsdiep naar buiten.

Een eerste inschatting laat zien dat estuarienecirculatie leidt tot retourbodem-reststromen via de zeegaten naar binnen van de orde van enkele cm/s (van de Kreeke, pers. Info.). Deze zouden kunnen afnemen als er minder zoetwater via een zeegat naar buiten stroomt.

De 3-D modellen suggereren dat de verticale saliniteitsverschillen in het zeegat met maximaal een paar PSU kunnen toe- of afnemen; dit is binnen de foutenmarges van het model (zie Soerdjibali et al, 2000).

3.2.3 Kleinschalige effecten: verspreiding zoetwater (figuur 3.2 t/m 3.20)

Voor alle alternatieven geldt dat het nieuwe spuimiddel onder extreme omstandigheden (zoetwateraanvoer van 2000 m³/sec) initieel meer effecten zal hebben op de lokale stroomsnelheden en waterstanden dan bij de gemiddelde winterafvoer (500 m³/s). Na verloop van tijd zal de bodem zich aanpassen waardoor de effecten afnemen.

Bij de aanleg van een nieuw spuimiddel op alternatief 1 in de buurt van het oude spuimiddel van Kornwerderzand kan worden verwacht dat ter plekke een zoetwaterafvoer zal ontstaan die aanzienlijk in sterkte toeneemt ten opzichte van de huidige situatie, maar qua brak oppervlak een relatief klein gebied bestrijkt t.o.v. elk der overige alternatieven; dit met uitzondering van alternatief 5 (Adema & van Banning, 2001; Van Banning, 2001; van Banning, 2002; figuur 3.5-3.9). De zoetwaterbel die bij alternatieve spuilocatie 1 ontstaat bij Kornwerderzand laat tijdens de vloedfase los van het spuipunt. Op dat moment is het spuien al gestaakt. Niettemin is er –vanuit het perspectief van de trekkende vissen geen stabiele lokstroom en zullen zij extra moeten zwemmen omdat zij de zoetwatergradient volgen. Nota Bene: In de huidige situatie doen zich bij Kornwerderzand en bij Den Oever (in mindere mate) ook loslatende zoetwaterbellen voor.

Bij gebruik van alternatief 2 ontstaat een zoetwaterbel die ook tijdens de vloedfase vast blijft zitten aan het spuipunt Kornwerderzand. Dit is van belang voor visintrek, omdat vissen de gradiënt van zout naar zoet volgen.

Als het zoete water op de locatie van alternatief 3 wordt gespuid, zorgt het voor het ontstaan van een gebied langs de Afsluitdijk met een lagere saliniteit dan de rest van de Waddenzee. In plaats van 2 duidelijke zoetwaterbellen voor de 2 bestaande spuisluizen, lijkt nu (uit de 2D berekeningen) één groter gebied met een continue aanwezigheid van brak water tot stand te komen evenwijdig aan de Afsluitdijk.

Bij de berekeningen is er echter van uitgegaan dat er continue gebruik wordt gemaakt van het nieuwe spuimiddel. Dit zal in werkelijkheid echter niet het geval behoeven zijn, omdat dit afhangt van het spuibeheer. Wanneer niet continu wordt gespuid, zal na een aantal getijperioden het brakke water weer geheel verdwenen zijn in de buurt van het nieuwe spuimiddel. Het water blijft bij locatie 3 en 4 echter langer 'hangen' dan bij locatie 1 en 2 ten gevolge van het uitstromen in een platenrijk gebied, waardoor de uitwisseling geringer is². Uit de berekeningen blijkt dat zelfs een geringe periodieke lozing (100 m³/sec) relatief lang bij de Afsluitdijk blijft hangen. Dit kan met name voor alternatief 3 (Breezanddijk) of 4 (Javaruggen) langdurige veranderingen in het systeem tot gevolg hebben.

Alternatief 4 (Javaruggen) is voor wat betreft de hydraulische effecten vergelijkbaar met alternatief 3. Ook hier lijkt, bij continue zoetwateraanvoer, één groter gebied te ontstaan waar meer continue brakker water aanwezig is.

Alternatief 5 (Den Oever) is voor wat betreft de hydraulische effecten een apart geval. Er vormt zich een vrij grote aaneengesloten zone van lage saliniteit die zich met name over het Balgzandgebied uitstrekt. Dit kan gevolgen hebben voor de flora en fauna van het gebied. Dit is een zone die haar contact met het spuipunt bij gemiddelde winterafvoer niet weet te behouden, wat voor evt. visintrek nadelig kan zijn. Bij Kornwerderzand neemt het areaal van lage saliniteit af. Het totale cumulatieve oppervlak met een lage saliniteit is bij deze variant bij een gemiddelde winteraanvoer het grootste, maar bij een hoge winterafvoer kleiner dan alle andere alternatieven (figuur 3.20).

3.2.4 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie

Door afname van de afvoer via al bestaande spuilocaties (uitgaande van verdeling van het spuiwater naar rato van de spui capaciteit over de drie spuien) zal de estuariene waterpluim en daarmee de estuariene circulatie voor de bestaande spuilocaties afnemen. De enige uitzondering is in het geval van alternatieven 1 en 5. Deze liggen dicht bij de al bestaande spuisluis Kornwerderzand, respectievelijk Den Oever. Hierdoor wordt het zoete water aan de kant van de Waddenzee als het ware geconcentreerd. De verwachting is dat de estuariene circulatie ter plekke krachtiger wordt. Het totale brakke oppervlak (< 20 PSU) is bij deze alternatieven minder groot dan bij de drie andere alternatieven (bij Den Oever soms zelfs minder dan in de huidige situatie!). In alle overige gevallen zal zich een min of meer aan de Afsluitdijk parallel lopende zoetwaterpluim vormen die zal zorgen voor een estuarien circulatie-patroon loodrecht op de dijk.

3.2.5 Kleinschalige effecten: stroomsnelheden

Bij alternatief 1 tonen de 2-D berekeningen voor extreme afvoer (springtij) dat de stroomsnelheden op het tijdstip van laagwater toenemen ten opzichte van de huidige situatie (dus zonder extra spuimiddel) in de Doove Balg en afnemen in de Boontjes en rond het bestaande spuipunt in Den Oever (Adema & van Banning, 2001; Van Banning, 2001; figuur 3.10-3.19). Opgemerkt dient wel te worden dat dit een momentopname is tijdens een getijdencyclus waarop de snelheden niet maximaal zijn. Nadere analyse van de filmpjes liet zien dat op het moment van zowel maximale eb- als maximale vloedstroming er slechts zeer geringe verschillen zijn.

² Menging door wind zorgt veelal voor een snellere verversing van het water bij de Afsluitdijk; dit effect is in de berekeningen niet meegenomen.

Bij de alternatieven 2, 3 en 4 komen met alternatief 1 vergelijkbare stroombeeldsituaties voor. De afname in stroomsnelheid op het tijdstip van laagwater in de Boontjes is in alle gevallen aanwezig, maar neemt af in sterkte naarmate het alternatieve spuipunt (2 c.q. 3 c.q. 4) meer westelijk ligt.

Alternatief 5 (Den Oever) is voor wat betreft de hydraulische effecten een apart geval. Er vormt zich bij Den Oever een vrij grote zone met redelijk hoge snelheden. Deze zone zwenkt tijdens laagwater, onder invloed van het via het Visjagersgaatje binnenkomende getij, af naar het oosten tussen de Afsluitdijk en de Lutjeswaard. Er lijkt een min of meer aanééngesloten gebied te ontstaan van brakwater nabij Den Oever. De afvoer via Kornwerderzand neemt in volume af.

3.2.6 Kleinschalige effecten: efficiency spui

Bij deze 2-D studie is gerekend met een continue toevoer naar het IJsselmeer van 500 en 2000 m³/s over een periode van 14 dagen. Er is geen invloed van wind meegenomen. Als maat voor de efficiency van het spui is in het rapport de maximaal optredende waterstand genomen in het IJsselmeer bij een continue aanvoer van zoetwater via de IJssel van 2000 m³/s gedurende 14 dagen. Op de verschillende locaties zijn spuimiddelen met gelijke afmetingen doorerekend.

Bij een continue toevoer naar het IJsselmeer van 2000 m³/s is alternatief 2 het meest effectief en geeft de kleinste waterstandsverhoging op het IJsselmeer (tabel 3.2). De alternatieve spuilocatie 5 met spuibreedte gelijk aan de andere alternatieven is het minst effectief. In het vervolg van dit rapport is alleen alternatief 5 met een verbrede spuisluis in beschouwing genomen. Ook deze scoort relatief ongunstig.

Tabel 3.2

Maximale waterstandsverhoging op het IJsselmeer (iets verschillende tijdstippen!) bij een continue toevoer van 2000 m³/s.

	Max waterstand IJsselmeer (cm)
Huidig	44
Alternatief 1	9
Alternatief 2	6
Alternatief 3	7
Alternatief 4	8
Alt5gelijk	22
Alt5breed	11

Het minder effectief zijn van alternatief 1 komt omdat de huidige spuimiddelen van Kornwerderzand en alternatief 1 dermate dicht bij elkaar liggen dat zij onderling concurreren om elkaars aanvoer aan de IJsselmeerszijde. Aan de zijde van de Waddenzee zorgt spuien voor een waterstandsverhoging vlak bij de spuiplaatsen in de Waddenzee (orde grootte dm, met name tijdens hoge afvoer, maar ook bij lagere afvoer). Volgens de studie van Alkyon is dit effect het sterkste bij inzet van alternatief 1 (van Banning, 2001). E.e.a. heeft tot gevolg dat het verhang over de sluizen minder groot is dan wanneer de beide spuimiddelen verder van elkaar vandaan liggen. Een dergelijke beïnvloeding is ook te zien bij alternatief 5 (verbreed): daar gaat de enorme afvoer via de nieuwe spui ten koste van het oude spuimiddel. Het spuidebiet via Den Oever neemt zelfs meer af dan het nieuwe spuimiddel toeneemt (figuur 3.21). Het cumulatieve debiet is vanzelfsprekend vrijwel gelijk aan de netto aanvoer³.

³ Het gegeven dat de efficiency van de spuiplaatsen bij Den Oever toeneemt door het weggraven van de keileembulten aan de IJsselmeerszijde is interessant. Het verdient

De uitkomsten zijn enigszins in tegenspraak met de uitkomsten van berekeningen die door het RIZA zijn uitgevoerd ter bepaling van de benodigde spuibreedte (definitiestudie spui Afsluitdijk: fase 3; in voorbereiding). Deze berekeningen tonen aan dat alternatief 1 het meest efficiënt is en dat de benodigde spuibreedte toeneemt naarmate een meer westelijk gelegen locatie wordt gekozen. Op grond van de RIZA studie is voor alternatief 1 een spuibreedte van 165 nodig en voor alternatief 2, 3 en 4 respectievelijk 180 m, 190 m en 195 m.

Beide studies zijn niet geheel vergelijkbaar. De berekeningen door Alkyon:

- 1) zijn uitgevoerd voor een situatie met een constante aanvoer over een relatief korte periode (van Banning, 2001);
- 2) houden geen rekening met windeffecten. Door op- of afwaaiing worden de waterstanden op IJsselmeer en Waddenzee en daarmee het verval over de sluizen beïnvloed. Bij de meest voorkomende windrichting (west en zuid-west) neemt het verval bij alternatief 1 (en 2 in mindere mate) toe, waardoor de effectiviteit van het spuumiddel op deze locaties onder deze omstandigheden toeneemt, vergeleken met de meer westelijke locaties;
- 3) berekenen de onderlinge beïnvloeding van dicht bij elkaar liggende spuicomplexen, zoals alternatief 1 en Kornwerderzand of alternatief 5 en Den Oever. Het lijkt aannemelijk dat er sprake is van onderlinge beïnvloeding wanneer het nieuwe spuumiddel zich op korte afstand van het bestaande spuumiddel bevindt. Dit effect vermindert de efficiency van beide spuumiddelen en zal voor alternatief 1 groter zijn dan voor alternatief 2. Voor alternatief 3 en 4 zal dit effect verwaarloosbaar zijn;
- 4) gaan uit van de huidige morfologie van de Waddenzee. Ter plaatse van de spuisluis is rekening gehouden met een geleidelijke overgang van de sluisbodem (die wel verdiept is) naar de ter plaatse aanwezige zeebodem. In werkelijkheid zal er een afvoergeul ontstaan (of worden gegraven) naar de dichtstbijzijnde diepe getijdegeul. De lengte (en breedte en diepte) van de afvoergeul bepaalt voor een belangrijk deel de weerstand die het gespuide water ondervindt en daarmee ook de opstuwing achter de sluis. Voor alternatief 1 en 2 zal deze afvoergeul over een relatief korte afstand tussen de sluis en de Doove Balg komen te liggen. Voor alternatief 3 en 4 is de afstand tot de Doove Balg veel groter, met als gevolg een langere afvoergeul en een grotere opstuwing achter de sluis. Alternatief 1 en 2 hebben daarom in dit verband de voorkeur, waarbij alternatief 2 het gunstigst lijkt te zijn. Ook alternatief 5 met een lange, te graven, afvoergeul aan de Waddenzeekant verdient geen voorkeur.

De berekeningen van het RIZA:

- 1) zijn gebaseerd op de werkelijke (gemeten) debieten over een periode van 20 jaar (definitie studie spui Afsluitdijk: fase 3; in voorbereiding).;
- 2) houden derhalve rekening met windeffecten, waardoor alternatief 1 als beste uit de bus komt;
- 3) houden geen rekening met het verlies van spuicapaciteit als gevolg van onderlinge beïnvloeding bij gelijktijdig spuien. houden wel rekening met verlies van efficiency als gevolg van opstuwing op de Waddenzee.

aanbeveling om nog eens zorgvuldig na te gaan waar en hoe efficiëntieverbeteringen van de huidige en nieuwe spuumiddelen kunnen worden bereikt door de bodemhoogte lokaal te veranderen en werken aan te passen.

Geen onderscheid is gemaakt tussen de verschillende alternatieven. Er mag echter worden verwacht dat er wel verschillen bestaan in de mate van opstuwing per alternatief. Door de aanwezigheid van de Doove Balg lijkt alternatief 2 in dit opzicht het meest gunstig.

- 4) Heeft onderzocht of de aanvoercapaciteit aan de IJsselmeerzijde voldoende is, met name wanneer op locatie 1 wordt gebouwd. De conclusie is dat de aanvoercapaciteit ter plaatse (diepe geul) voldoende is en geen of slechts marginale invloed heeft op de benodigde spui capaciteit.

Samengevat: in de RIZA-studie is een duidelijke voorkeur uitgesproken voor alternatief 1. Als gevolg van interactie met het bestaande spui middel en opstuwing door het ontbreken van een diepe geul aan de Waddenzeezijde zal de efficiency echter afnemen, zoals aangegeven in de Alkyonstudie. Alternatief 2 lijkt in dit opzicht gunstiger. In hoeverre dit opweegt tegen het voordeel van de grotere getijdeslag op locatie 1 dient nader te worden onderzocht. Verwacht mag worden dat ergens tussen de huidige spuisluizen en alternatief 2 een optimum te vinden is wat betreft de efficiency. Voor alternatief 3 en 4 is het beschikbare verval kleiner, hetgeen zich vertaalt in een grotere benodigde spuibreedte. Bovendien is de lengte van de afvoergeul voor alternatief 3 en 4 aanzienlijk groter dan voor alternatief 1 en 2. Alternatief 3 en 4 worden dan ook op grond van de huidige inzichten als minder effectief beoordeeld. Alternatief 5 wordt als het slechtste beschouwd door de sterke onderlinge beïnvloeding van Den Oever en het nieuwe spui middel en de slechtere efficiency, waardoor een veel grotere spuibreedte noodzakelijk zou zijn.

3.3 Morfologische effecten

3.3.1 Inleiding

Ook voor de morfologische ontwikkeling is onderscheid gemaakt tussen grootschalige en kleinschalige effecten (tabel 3.3). Bij de **grootschalige effecten** gaat het met name om de effecten van de grootschalige estuariene circulatie op de sedimentimport via de zeegaten. Voor de **kleinschalige effecten** wordt gekeken naar de 1) effecten van lokale estuariene circulatie, 2) de effecten van de stroomsnelheidsveranderingen op de morfologie, 3) de uitschuring van erosiekuilen in het IJsselmeer en de Waddenzee en 4) de effecten op de opslibbing in havens.

3.3.2 Grootschalige effecten: grootschalige estuariene circulatie

Een grotere uitstroom van zoetwater via een zeegat (bijvoorbeeld ten gevolge van de inzet van spuien via de nieuwe spui locatie) kan leiden tot een toename in de estuariene circulatie. Deze circulatie kan een retour-reststroom over de bodem veroorzaken van enkele cm/s (huidige reststroom orde grootte dm/s), welke van belang is voor de slibimport via zeegaten omdat in de onderste waterlaag hoge slibconcentraties optreden (van de Kreeke, pers. Info.). Door de vele kunstwerken in de rivieren mag vermoed worden dat de hoeveelheid gesuspendeerd materiaal dat via de "kustrivier" de Waddenzee bereikt is afgenomen. Anderzijds is de hoeveelheid slib na de Deltawerken beduidend toegenomen. Het Marsdiep importeert waarschijnlijk meer sediment dan het Vlie, zo wordt aangegeven door slibstudies. Onduidelijk is daarbij in hoeverre het lokale keileem in het Marsdiep van belang is als bron voor het slib. In het algemeen mag worden verwacht dat een toename van de zoetwateruitstroom leidt tot een toename van de import van zwevend materiaal vanaf zee. Vooralsnog is de huidige stand van kennis echter onvoldoende om kwantitatieve uitspraken te doen over de absolute grootte van eventuele (netto) veranderingen.

Op grond van de hydraulische berekeningen wordt verwacht dat de zee-slibimport via het Marsdiep enigszins zal toenemen bij alternatief 4 en meer bij alternatief 5, terwijl tegelijkertijd een afname verwacht mag worden via het Vlie. Bij alternatieven 3 en 2 zal de slibimport via het Vlie naar verwachting toenemen en dit zal waarschijnlijk nog meer het geval zijn bij alternatief 1. Of dit belangrijk is zal moeten blijken uit een nadere evaluatie m.b.v. 3-D modellen. Wel staat bij voorbaat vast dat eventuele verschuivingen gering zullen zijn, omdat het meeste gespuide water ook bij alternatief 1 via het Marsdiep zal worden afgevoerd.

3.3.3 Kleinschalige effecten: estuariene circulaties

Lokaal zal estuariene circulatie optreden waar zoetwater uitstroomt in brak Waddenwater. Dit kan leiden tot flocculatie en neerslag van sediment. Deze slibsedimentatie kan invloed hebben op geulen en platen en op havens. Met nadruk wordt hier gesteld dat het gaat om lokale effecten op sedimentatie (ordegrootte enkele honderden km²); dit in tegenstelling tot de grootschalige effecten.

De vermindering van de uitstroming via Den Oever zal daar ter plekke waarschijnlijk leiden tot een kleinere zone met slibsedimentatie ten opzichte van de huidige situatie. Deze verandering is ongeveer even groot voor elk van de alternatieven die nu bekeken zijn. Een dergelijke kleinere zone zal bij Kornwerderzand tevens verwacht mogen worden voor de alternatieven 3 en 4. De sterke pluim die bij alternatieven 1, 2 en 5 wordt gevormd ter plekke (resp. KWZ, KWZ, DO) zal naar verwachting de vorming van een geprononceerde estuariene circulatie in de hand werken.

Naarmate de spuilocatie dicht bij Kornwerderzand ligt lijkt de kans op (slib)-sedimentatie in de Boontjes en het gedeelte van de Doove Balg oostelijk van het spuipunt toe te nemen. Dit gebeurt met name indien de kritische schuifspanning overschreden wordt in de Boontjes als gevolg van de remmende werking van de uitstroom van zoetwater via de spui punten. Getijdendekkende (3-D) berekeningen zijn nodig om na te gaan of dit het geval is.

Slibsedimentatie op platen zal met name optreden bij alternatieven 3 en 4⁴. Daar zou de uitstoot van zoet water kunnen leiden tot een versterking van de estuariene circulatie en daarmee tot slibsedimentatie (Wadden) zeewaarts van km-paal 76-77 op de Afsluitdijk waar de stroomsnelheden vrij laag zijn (Soerdjibali et al., 2000). Bij alternatieven 1 en 2 zal naar verwachting een groot deel van het slib in de geulen terechtkomen, tenzij de stroomsnelheden daar te groot zijn. Bij alternatief 5 zal naar verwachting de estuariene circulatie kunnen leiden tot slibsedimentatie in de geulen van Visjagersgaatje en Wierbalg, tenzij de stroomsnelheden daar te groot zijn. Ook op de nabije platen ten noorden van Den Oever kan de slibsedimentatie toenemen.

3.3.4 Kleinschalige effecten: effecten stroomsnelheidsveranderingen

Geulopvulling door afsluiting geulen

Gezien de geulvorming dicht bij de Afsluitdijk (met name traject: sluizen van Kornwerderzand tot en met halverwege Breezanddijk/Den Oever) zou het onderbreken van de stroming parallel aan de Afsluitdijk door een spuiwerk met spui kom oostelijk van Breezanddijk (alternatief 4) of bij Breezanddijk (alternatief

⁴ Ook al omdat elders de stroomsnelheden te hoog zijn om lokaal tot extra slibsedimentatie te leiden.

3) in combinatie met een versterkte lokale estuariene circulatie kunnen leiden tot een opslibbing voor de Afsluitdijk. Onderbreking van de stroming kan een vermindering van de geulvorming vlak voor de Afsluitdijk in de hand werken.

Geulvorming

Vanaf de spuikom naar de getijdengeulen zal zich een geul vormen. Vergelijking met de bestaande spuiemiddelen geeft aan dat deze geul ruwweg maximaal -5 tot -7 m NAP zou reiken en ca. 200 meter breed zal zijn. De lengte is vanzelfsprekend afhankelijk van de weg van het spuipunt tot een geul.

Bij alternatief 1 zal geulvorming nauwelijks tot problemen leiden, omdat de afstand van spuipunt tot de Doove Balg/Boontjes gering is: geulvorming zou lokaal en beperkt zijn.

Bij alternatief 2 zal de stroom (uitgaande van een spuikom als bij Kornwerderzand) uitmonden in de Doove Balg: geulvorming zou lokaal en beperkt zijn.

Bij alternatief 3 zal de stroom (uitgaande van een spuihaven als bij Kornwerderzand) uitmonden op de geul voor de Afsluitdijk en dan met name de kleinere, aparte geul vlak voor de Afsluitdijk westelijk van Breezanddijk kunnen dwingen te verleggen. Op grond van snelheidsverdeling en de grootte van de hoofdgeul zuidelijk van de Doove Balg mag aangenomen worden dat deze iets dieper zal worden. Nader modelonderzoek en stroommetingen zullen nodig zijn om hier een nauwkeuriger antwoord op te geven. Feit is wel dat de geulvorming op alternatief 3 geprononceerder zal zijn dan voor alternatief 1 en 2.

Bij alternatief 4 zal de stroom (uitgaande van een spuihaven als bij Kornwerderzand) de kleinere, aparte geul vlak voor de Afsluitdijk westelijk van Breezanddijk afsnijden en waarschijnlijk dwingen te verleggen of doen opvullen. De geul die nieuw gevormd zal worden om het spuiwater af te voeren zal hoogstwaarschijnlijk aansluiting zoeken op de hoofdgeul zuidelijk van de Doove Balg die voor Breezanddijk ligt. Dit alternatief zal dus van alle vijf de opties de meeste geulvorming tot gevolg hebben. Het vrijkomende sediment bij uitschuring van de geul zal vermoedelijk in de omgeving tot bezinking komen.

Bij alternatief 5 wordt zelfs voorzien in het graven van een geul van op -5 m NAP in de subgetijdeplaten in de Waddenzee met een breedte van 600 m en een lengte van circa 1500 meter, aansluitend op het Visjagersgaatje. Dit brengt dus een substantieel verlies aan subgetijde plaatareaal teweeg -zij het minder dan alternatief 4. Een kanttekening is nog dat ca. 0,5 km² (ruwweg de helft) van deze uitgraving de ruimte zal leveren voor de erosiekuil of spuikom (zie 3.3.5).

Een ander negatief punt is dat de voorgestelde kromming van de nieuw te graven geul zich zal richten op de Wierbalg en de stroming via het Visjagersgaatje enigszins kan blokkeren. 2-D berekeningen met een aanvoer van zoetwater naar het IJsselmeer met 2000 m³/s bij springtij en laagwater laten dit inderdaad zien. Het huidige beheer voorziet echter in het op diepte houden van het Visjagersgaatje en het stoppen met baggeren in de Wierbalg (pers. Inf. D. Rakhorst, DNH). De nieuwe geul kan daarmee ongewenste effecten hebben op de beoogde ontwikkeling en eventueel leiden tot plaatverlies waarvan het zand in het aanliggende Visjagersgaatje terecht komt.

3.3.5 Kleinschalige effecten: uitschuring ontgrondingerosiekuilen

Om het water dat uit het nieuwe spui wegstroomt te kunnen verwerken zal zich voor het spui een spui kom uitschuren, indien deze tenminste niet wordt aangelegd⁵⁶. Gezien het feit dat de breedte van een spui kom voornamelijk bepaald wordt door de maximale afvoer en de beoogde spuibreedte (van Harmelen, pers. com.; maximaal spuivolume ongeveer gelijk aan die van Kornwerderzand plus Den Oever) wordt in eerste instantie afgeschat dat de grootte van de nieuwe spui kom maximaal ongeveer 0,5 km² zal bedragen. In een dergelijke kom zijn biota vrijwel afwezig.

Bij alternatief 1 zal de spui kom ongeveer gesitueerd zijn op de plek waar nu een aantal intergetijdeplaten liggen. Geulvorming zal hier nauwelijks tot problemen leiden, omdat deze vrij snel contact maakt met de Doove Balg/Boontjes: geulvorming zal lokaal en beperkt zijn.

Bij alternatief 2 zal de spui kom gesitueerd zijn op een plek waar nu subgetijde platen en een geul parallel aan de Afsluitdijk lopen. De geul oostelijk van het spui middel zal waarschijnlijk gedwongen worden te verleggen.

Bij alternatief 3 zal de spui kom gesitueerd zijn op een plek waar nu subgetijde platen en een geul parallel aan de Afsluitdijk lopen.

Bij alternatief 4 zal de spui kom gesitueerd zijn op een plek waar nu subgetijde platen en een geul parallel aan de Afsluitdijk lopen.

Bij alternatief 5 zal de spui kom deel uitmaken van de nieuw te graven geul.

3.3.6 Kleinschalige effecten: invloed op havens

De invloed op havens verschilt van alternatief tot alternatief. Zo zal gezien de stromingspatronen van het zoete water en de nu al sterke sedimentatie in de haven van Kornwerderzand, alternatief 1 vooral leiden tot extra sedimentatie in de haven van Kornwerderzand en misschien van Harlingen en zal dit in mindere mate ook het geval zijn voor alternatief 2. Voor alternatieven 3 en 4 zal de invloed met name te merken zijn voor de werkhaven van Breezanddijk. Voor alternatief 5 zal de invloed met name te merken zijn in de haven van Den Oever.

Door de afname van de uitstroom van zoetwater via de bestaande spui punten Kornwerderzand (m.u.v. alternatief 1) en Den Oever (m.u.v. alternatief 5) mag verwacht worden dat de slibaanvoer ten gevolge van de estuariene circulatie ook afneemt. Daartegenover staat dat ook de stroomsnelheden afnemen waardoor sediment tot bezinking kan komen. Aangezien de verandering van de invloed ook zal afhangen van de inzet van het nieuwe spui is op voorhand niet te zeggen hoe groot de sedimentatie in de havens zal worden.

⁵ Gezien de aanwezigheid van meters dikke kleilagen tussen –3,5 m en –7 m NAP (Lek, 1934) m.u.v. alternatieve spui locatie 3 en de problemen die bij de spontane vorming van de ontgrondingskuil bij Kornwerderzand optraden lijkt aanleg van een spui kuil de beste manier.

⁶ Verwacht mag worden dat over de eerste 250 meter geleidedammen aanwezig zullen zijn aan weerszijden van de kom, daarnaast zal hoogstwaarschijnlijk de bodem deels worden beschermd.

Tabel 3.3

Overzicht van de belangrijkste morfologische effecten

Effect	Grootschalige slibimport	Kleinschalige estuariene circulatie	Kleinschalige stroom-snelheid-veranderingen	Kleinschalig: uitschuring erosiekuilen	Kleinschalig: Invloed op havens
Alternatieve spuillocatie 1	Meer slib via Vlie, minder via Marsdiep	Versterking slibaanvoer/ sedimentatie Kornwerderzand-gebied, (o.a. Boontjes). Verkleining bij Den Oever		Verloren gaan van ca. 0,5 km ² intergetijde en subgetijde platen	Sedimentatie in KWZ evt. Harlingen
Alternatieve spuillocatie 2	Iets meer slib via Vlie, iets minder via Marsdiep	Versterking slibaanvoer/ sedimentatie Kornwerderzand-gebied, (o.a. oost-Doove Balg). Verkleining bij Den Oever		Verloren gaan van ca. 0,5 km ² subgetijde platen	Sedimentatie in KWZ evt. Harlingen
Alternatieve spuillocatie 3	Iets meer slib via Vlie, iets minder via Marsdiep	Slib-sedimentatie op platen rond locatie 3	Erosie van geul naar Doove Balg	Verloren gaan van ca. 0,5 km ² subgetijde platen	Minder sedimentatie in KWZ en Den Oever?
Alternatieve spuillocatie 4	Minder slib via Vlie, meer via Marsdiep	Slib-sedimentatie op platen rond locatie 4	Als 3., Maar over langer traject	Verloren gaan van ca. 0,5 km ² subgetijde platen	Minder sedimentatie in KWZ en Den Oever?
Alternatieve spuillocatie 5	Minder slib via Vlie, meer via Marsdiep	Slib-sedimentatie op platen en in geulen rond locatie 5	Gegraven en over korter traject dan 4	Verloren gaan van ca. 0,5 km ² subgetijde platen als deel van het graafwerk	Minder sedimentatie in KWZ en meer in Den Oever?

3.4 Ecologische effecten

3.4.1 Inleiding

De bodemfauna speelt een centrale rol in het voedselweb van de westelijke Waddenzee en het IJsselmeer. Bodemdieren zijn een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveau's (vogels en vissen) en spelen een belangrijke verbindende rol tussen het pelagische en het benthische voedselweb. Bovendien zijn sommige bodemdieren van commercieel belang (mosselteelt en kokkelvisserij). Om deze redenen stond tijdens fase 1 van de effectenstudie een eerste inschatting van de effecten op de bodemfauna centraal.

De dichtheid en soortensamenstelling van de bodemfauna wordt bepaald door een groot aantal factoren:

- saliniteit,
- stroomsnelheden,
- golfslag,
- sedimentsamenstelling,
- diepte,
- droogvalduur,
- voedselaanbod,
- en predatie.

Een aantal van deze factoren zijn onderling samenhangend. Zo is er bijvoorbeeld een sterke samenhang tussen diepte en droogvalduur en stroomsnelheid. In dit hoofdstuk wordt besproken in hoeverre veranderingen van deze factoren de bodemfauna zullen beïnvloeden. In paragraaf 3.3.2 wordt de factor saliniteit besproken. In paragraaf 3.3.3 worden de overige hydrologische en morfologische factoren (stroomsnelheden, golfslag, sedimentsamenstelling, diepte en droogvalduur) besproken.

Met het spuiwater wordt ook een grote hoeveelheid voedingsstoffen, plankton en dood organisch materiaal meegevoerd waardoor het water en het wadsediment wordt verrijkt met organisch materiaal. Dit organisch materiaal heeft een hoge voedingswaarde en vormt een belangrijke voedingsbron voor organismen op en in het sediment. De effecten van een extra spui op het voedselaanbod wordt in paragraaf 3.3.4 besproken.

De westelijke Waddenzee heeft grote betekenis voor de mosselzaadvisserij, mosselteelt en - in sommige jaren - de kokkelvisserij. In paragraaf 3.3.5 wordt ingegaan op effecten voor mosselteelt en kokkelvisserij.

Met de aanleg van de Afsluitdijk zijn de in- en uitrekmogelijkheden voor diadrome vissen drastisch beperkt. Veel diadrome vissen oriënteren zich op de saliniteitsgradiënt om naar stroomopwaarts gelegen gebieden te migreren. Een extra spuimiddel zal duidelijke effecten sorteren op de zoutverdeling en daarmee op de mogelijkheden voor trekvisserij om een intrekpunt langs de Afsluitdijk te lokaliseren en dit te passeren wanneer een vispassage in de onmiddellijke nabijheid van het spuipunt dit mogelijk maakt. Paragraaf 3.3.7 gaat hier nader op in.

3.4.2 Saliniteit

Inleiding

In de toekomstige situatie kunnen drie in plaats van twee spuimiddelen worden ingezet om het peil van het IJsselmeer te beheren. Afhankelijk van de locatie van het nieuwe spuimiddel en het operationele beheer van de spuicomplexen zullen de saliniteitspatronen in de westelijke Waddenzee wijzigen.

Van de abiotische factoren is de saliniteit een zeer belangrijke bepalende factor voor het voorkomen van soorten. Er wordt een minimum aan soorten gevonden bij een saliniteit van 5 - 8 promille. Het aantal soorten neemt toe bij zowel hogere als lagere saliniteitswaarden, met een optimum aan soorten in het volledig zoete water en in zeewater van 30-40 promille. Deze waarneming is gebaseerd op gemiddelde saliniteiten over langere periodes. Minstens zo belangrijk als de gemiddelde saliniteit zijn echter de fluctuaties in saliniteit. Bij een afname van de fluctuaties neemt het aantal (mariene) soorten toe. In de westelijke Waddenzee kan de saliniteit incidenteel sterk dalen als gevolg van langdurige spui van IJsselmeerwater.

Om te verkennen in hoeverre de saliniteitspatronen wijzigen zijn dieptegemiddelde hydrodynamische modelberekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie en voor de vijf alternatieve spuilocaties. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor een jaargemiddelde afvoer en voor een extreme (winter) afvoer. Op basis van de modelresultaten worden in het vervolg van deze paragraaf de effecten van een extra spuimiddel op de bodemfauna geëvalueerd. Eerst wordt nader ingegaan op de kennis die thans beschikbaar is over eventuele effecten van spui van IJsselmeerwater op de bodemfauna.

Bodemfauna in de geulen

Tot op heden zijn er geen duidelijke aanwijzingen dat de huidige verzoeting van het Waddenzeewater de bodemfauna in de geulen daadwerkelijk beïnvloedt. Uit een eerste analyse bij het RIKZ, waarbij de gespuide debieten van voorafgaande perioden werden vergeleken met de gegevens van het MWTL-monitoringsprogramma van 1989 - 2000 (Dekker 1989, 1992 en volgende jaren) bleek dat, ook voor gevoelig geachte soorten, er geen verband kon worden aangetoond. Een mogelijke verklaring is het relatief lage soortelijke gewicht van zoet water, waardoor deze als het ware 'drijft' op zout water. Bovendien is de ontvangende watermassa relatief groot waardoor bij opmenging over de verticaal het zoutgehalte toch vrij hoog kan blijven. Daardoor zou het effect in het diepere sublittoraal wel eens gering of afwezig kunnen zijn.

Ook de bodemfaunagegevens uit de omgeving van Kornwerderzand, op verschillende afstanden van het spuipunt (Essink et al., 1999), wijzen niet op duidelijke effecten van zoetwaterspui op de bodemfauna. Alle dicht bij Kornwerderzand aangetroffen soorten behoren tot de gewone waddenzeefauna die ook elders kan worden aangetroffen. Kleef (1986) toonde voor het Nonnetje (*Macoma Baltica*) en het Wadslakje (*Hydrobia Ulvae*) aan dat zelfs dicht bij de spui punten in de westelijke Waddenzee geen groeivertraging waarneembaar was, terwijl deze diersoorten bij experimenten met lage zoutgehalten (< 7 ‰) niet meer groeiden. Voor de bodemfauna van het sublittoraal is dan ook de voorlopige conclusie dat deze in de huidige situatie niet aantoonbaar wordt beïnvloed door de afwatering van IJsselmeerwater.

Bodemfauna op de platen

Er zijn geen gegevens beschikbaar van de bodemfauna van wadplaten in de nabijheid van de spuisluizen. Het is zeker niet uitgesloten dat het aantal soorten bodemdieren dat zich permanent kan handhaven op de platen van de Breehorn en op de platen direct ten noorden van Kornwerderzand, lager zal zijn in vergelijking tot verder van de spui punten gelegen locaties.

Effecten locatiealternatieven

De effecten van veranderingen van de zoutverdeling op de bodemfauna voor de vijf locatiealternatieven zijn beoordeeld op basis van resultaten van dieptegemiddelde hydrodynamische modelberekeningen voor een jaargemiddelde afvoersituatie en een extreme (winter) afvoersituatie.

Voor de beoordeling van de locatiealternatieven voor jaargemiddelde spuiafvoer zijn de volgende twee complementaire criteria aangelegd:

Criterion 1a:

Zones waar onder jaargemiddelde spuiomstandigheden de saliniteit groter is dan 10 psu voor de huidige situatie en kleiner dan 10 psu voor de toekomstige situatie worden beschouwd als gebieden waar in de toekomstige situatie de soortenrijkdom van bodemfauna zal afnemen.

Criterion 1b:

Andersom geldt dat voor zones waar onder jaargemiddelde spuiomstandigheden de saliniteit voor de huidige situatie lager is dan 10 psu en in de toekomstige situatie hoger dan 10 psu, dit gebieden zijn waar de soortenrijkdom van de bodemfauna zal toenemen.

De oppervlakken die voldoen aan bovenstaande twee criteria staan weergegeven in tabel 3.4

Tabel 3.4

Oppervlakken die voldoen aan criterium 1a en 1b voor gemiddelde afvoer bij laagwater en hoogwater tijdens springtij.

Alternatief	Oppervlak verzoeting (km ²) (criterium 1a)		Oppervlak verzouting (km ²) (criterium 1b)	
	laag water	hoog water	laag water	hoog water
1	1,7	6,2	8,2	5,6
2	0,4	0,0	11,6	6,6
3	1,5	0,0	11,0	6,0
4	2,8	0,0	10,2	4,9
5	15,1	5,4	2,0	0,7

Uit tabel 3.4 blijkt dat tijdens hoogwater zowel het verzoete als het verzoute oppervlak kleiner is dan bij laagwater omdat het gespuide IJsselmeerwater tijdens hoogwater beter is gemengd met het ontvangende water. Het areaal waar de soortenrijkdom van de bodemfauna zal afnemen is voor locatie alternatief 2 het kleinst en voor locatie alternatief 5 het grootst. Het areaal waar de soortenrijkdom zal toenemen is voor locatie alternatief 2, 3 en 4 het grootst omdat bij deze alternatieven er minder water wordt gespuid door de huidige spuipunten bij Den Oever en Kornwerderzand. Bij locatie alternatief 1 vermengen de spuistromen van het huidige spuimiddel van Kornwerderzand en het nieuwe spuimiddel waardoor het verzoute oppervlak iets kleiner is. Voor locatie alternatief 5 is het areaal dat verzout het kleinst.

Figuur 3.22 t/m 3.31 geven voor de vijf locatie alternatieven bij jaargemiddelde afvoer tijdens hoog- en laagwater de zones waarvoor geldt dat de saliniteit in de huidige situatie hoger is dan 10 promille en in de toekomstige situatie lager is dan 10 promille. De zones die verzoeten zijn roze (verzoeting van minder dan 5 psu) en rood (verzoeting van meer dan 5 psu) gekleurd. De zones die verzouten zijn lichtgroen (verzouting van minder dan 5 psu) en groen (verzouting van meer dan 5 psu) gekleurd. De roze en rode zones voldoen aldus aan criterium 1a en de lichtgroene en groene zones aan criterium 1b.

De figuren laten zien dat in de directe nabijheid van het nieuwe spuimiddel het water verzoet. Door verschillen in mengingscondities (diepte en zoutgehalte van het ontvangende water) neemt in westelijke richting het verzoete areaal toe. In deze verzoete (roze en rode) gebieden zal naar verwachting de soortenrijkdom van de bodemfauna afnemen.

Voor de alternatieven 1 t/m 4 verzout het water in de directe omgeving van de spuisluis bij Den Oever omdat via dit spuimiddel minder IJsselmeerwater wordt afgevoerd. Het grootste effect treedt op ten noordoosten van het spuipunt. Voor locatie alternatieven 2 t/m 5 treedt eveneens lokale verzouting op bij het spuipunt ter hoogte van Kornwerderzand omdat bij deze alternatieven eveneens bij dit spuipunt minder wordt gespuid. Bij locatie alternatief 1 is dit niet het geval omdat het nieuwe spuipunt dicht bij het spuipunt van Kornwerderzand ligt. Voor locatie alternatief 5 treedt er alleen een lokale verzouting op bij het spuipunt Kornwerderzand. In de verzoute (lichtgroene) gebieden zal naar verwachting de soortenrijkdom van de bodemfauna toenemen (criterium 1b).

Bij hoge afvoeren kunnen gebieden sterk verzoet raken met als gevolg sterfte van de daar aanwezige bodemfauna. Zo zullen de meeste soorten een langdurige onderschijding van een saliniteit van 5 promille niet overleven. De hydrodynamische berekeningen die zijn gedaan om de effecten van een hoge

spuiafvoer op de bodemfauna in te schatten zijn representatief voor een situatie waarin gedurende langere tijd (enkele weken) een spuiafvoer van 2000 m³/s wordt gerealiseerd. Deze situatie zal in werkelijkheid incidenteel maar zeker niet jaarlijks optreden. In de tussentijd kan de bodemfauna zich herstellen van de opgelopen 'schade'. Het grootste effect van een extra spuimiddel zal dan ook optreden in die zones waar voorheen vrijwel nooit sterfte optrad door aanhoudende verzoeting en dit in de toekomstige situatie wel het geval zal zijn. Er is er daarom voor gekozen het criterium voor de beoordeling van de effecten onder extreme spuiomstandigheden uit breiden met een extra voorwaarde: het zoutgehalte moet sterk wijzigen. Dit leid tot de volgende twee complementaire criteria:

Criterium 2a:

Zones waar onder extreme spuiomstandigheden de saliniteit groter is dan 5 promille voor de huidige situatie en kleiner is dan 5 promille voor de toekomstige situatie en waar de saliniteitsverlaging groter is dan 5 promille, worden beschouwd als gebieden waar in de toekomstige situatie de kans op sterfte van bodemfauna door langdurige verzoeting zal toenemen, met als gevolg een verlaging van de soortenrijkdom van de bodemfauna.

Criterium 2b:

Ook hier geldt andersom dat voor zones waar onder extreme spuiomstandigheden het zoutgehalte voor de huidige situatie lager is dan 5 promille en in de toekomstige situatie hoger dan 5 promille en waar de saliniteitsverhoging groter is dan 5 promille, dit gebieden zijn waar in de toekomstige situatie de kans op sterfte van bodemfauna door langdurige verzoeting zal afnemen, met als gevolg een toename van de soortenrijkdom van de bodemfauna. De oppervlakken die voldoen aan bovenstaande criteria staan weergegeven in onderstaande tabel 3.5.

Tabel 3.5

Oppervlakken die voldoen aan criterium 2a en 2b voor hoge afvoer bij laagwater en hoogwater tijdens springtij.

Alternatief	Oppervlak verzoeting (km ²) (criterium 2a)		Oppervlak verzouting (km ²) (criterium 2b)	
	Laag water	hoog water	laag water	hoog water
1	12	13	0	0
2	40	35	0	0
3	37	29	0	0
4	24	15	0	0
5	0	0	0	0

Tabel 3.5 laat zien dat het oppervlak waar de bodemfauna kan verarmen door langdurige verzoeting (waar dat voor de huidige situatie niet het geval is, criterium 2a) het grootst is voor locatie alternatief 2 en het kleinst voor locatie alternatief 5. Er zijn geen gebieden gevonden waar onder condities van hoge spuiafvoer de saliniteit aanmerkelijk hoger zal zijn in de nieuwe situatie (criterium 2b).

Figuur 3.32 t/m 3.41 geven voor de vijf locatie alternatieven bij extreme afvoer tijdens hoogwater en laagwater de zones waarvoor geldt dat de saliniteit in de huidige situatie hoger is dan 5 promille en in de toekomstige situatie lager is dan 5 promille. De zones die verzoeten zijn roze (verzoeting van minder dan 5 promille) en rood (verzoeting van meer dan 5 promille) gekleurd. De zones die verzouten zijn lichtgroen (verzouting van minder dan 5 promille) en groen (verzouting van meer dan 5 promille) gekleurd. De rode zones voldoen aldus aan criterium 2a en de groene zones aan criterium 2b.

Het areaal dat incidenteel sterk kan verzoeten bestrijkt voor locatie alternatief 1 een gebied vanaf het spui punt tot aan Breezand en loopt tot ca. 5 km vanaf de Afsluitdijk. Voor de locatie alternatieven 2 en 3 breidt het gebied zich uit in zuid-westelijke richting langs de Afsluitdijk, terwijl de noord-oost grens min of meer op dezelfde plaats blijft liggen. Voor locatie alternatief 4 ontstaat tijdens hoogwater een langgestrekte smalle band van ca. 15 km langs de Afsluitdijk. Voor locatie alternatief 5 zijn er geen gebieden gevonden waar onder condities van hoge spui afvoer de saliniteit aanmerkelijk lager zal zijn ten opzichte van de huidige situatie.

Rondom het spui punt van Den Oever treedt bij hoge afvoer voor de locatie alternatieven 1, 2 en 3 een lichte verzouting op waarbij de 5 promille-isohalinen zich enkele kilometers terugtrekt. Voor locatie alternatief 4 is dit niet het geval omdat het nieuwe spui punt relatief dicht bij het spui punt van Den Oever is gesitueerd. Bij locatie alternatief 5 breidt de 5 promille-isohalinen zich met enkele kilometers uit. Er zijn geen zones gevonden waar de soortensamenstelling van de bodemfauna conform criterium 2b zal verarmen door incidentele hoge afvoeren.

3.4.3 Hydrodynamiek en morfologie

Erosiekuilvorming in de Waddenzee

Bij het nieuw spui middel zal een erosiekuil ontstaan waarvan de diepte en de vorm worden bepaald door de gemiddelde afvoeren. Bij lagere afvoeren fungeert deze kom als een bezinkput van slib en organisch materiaal. Door microbiële afbraak van het organisch materiaal in het sediment van de erosiekuil is het, met name tijdens de zomer, niet ondenkbaar dat in de erosiekuil zuurstofloze condities optreden. Of dit werkelijk het geval is in de erosiekuil van de huidige spui punten is niet bekend. De combinatie van een slibrijke sedimentsamenstelling, regelmatig voorkomen van zuurstofloze condities en grote saliniteitsvariaties maakt dat in de erosiekuil naar verwachting nauwelijks bodemleven mogelijk zal zijn. De erosiekuilen van de bestaande spui middelen zijn nooit bemonsterd op aanwezige bodemfauna. De grootte van het potentieel verlies aan bodemfauna hangt direct samen met de grootte en ligging van de erosiekuil. Voor locatie alternatief 2, 3, 4 en 5 betekent dit verlies van een ca. 0,5 km² subgetijdeplaat, voor locatie alternatief 1 verlies van ca. 0,5 km² inter- en subgetijdeplaat.

Geulvorming in de Waddenzee

Voor locatie alternatieven 1 en 2 zal ten westen van het spui middel de Doove Balg iets verdiepen en/of iets verbreden. Nadat zich een nieuw morfologisch evenwicht heeft ingesteld zijn de stroomsnelheden in de geul vergelijkbaar met de huidige situatie. Het diepteprofiel en daarmee samenhangend de droogvaltijd van platen zal niet dusdanig veranderen dat de bodemfauna meetbaar wordt beïnvloed.

Bij locatie alternatief 3 en nog meer bij locatie alternatief 4 ontstaat er een nieuwe geul door de Javaruggen waarlangs het spui water wordt afgevoerd. Bij locatie alternatief 5 zal een nieuwe geul ontstaan (voor een deel door uitgraving) die aansluit op het Visjagersgaatje. In de spui geul zal de bodemfauna armer zijn in vergelijking tot de huidige situatie.

Geulvorming in het IJsselmeer

Aan de IJsselmeerszijde van het spui middel zullen tijdens het spuien de stroomsnelheden toenemen. In de nabijheid van het spui middel nemen de stroomsnelheden dusdanig toe dat de bodem van het IJsselmeer zal verdiepen als gevolg van netto erosie. De grootte van het areaal dat verdiept, wordt bepaald door de maximum afvoeren die met het spui middel worden

gerealiseerd. De afstand vanaf het spuimiddel waar netto erosie zal plaatsvinden bij maximum spuiafvoeren wordt gegeven in tabel 3.6 op basis van een eerste voorlopige inschatting van de Bouwdienst.

Tabel 3.6

Eerste inschatting maximale afstand vanaf het nieuwe spuimiddel waar netto-erosie zal plaatsvinden bij een maximum spuiafvoer.

Alternatief	afstand
1	585 meter
2	938 meter
3	653 meter
4	739 meter
5	600 meter

In deze zone zal de Driehoeksmossel, een belangrijke voedselbron voor de Blankvoorn (>14 cm) en verschillende duikeenden (Kuifeend, Toppereend, Brilduiker en Tafeleend), zich waarschijnlijk niet kunnen handhaven. Inventarisaties van de ruimtelijke verdeling van de Driehoeksmossel in het IJsselmeer laten zien dat langs de Afsluitdijk Driehoeksmosselen alleen in hoge biomassa's voorkomen in een gebied ten zuid-oosten van Breezand (figuur 3.42), buiten het beïnvloedingsgebied van het nieuwe spuimiddel. Het effect van de aanstroming van IJsselmeerwater naar het nieuwe spuipunt op het voorkomen van de Driehoeksmossel en daarmee op de voedselvoorziening van de Blankvoorn en verschillende duikeenden, lijkt dan ook verwaarloosbaar.

3.4.4 Voedselaanbod

Aanvoer organisch materiaal

Met het spuiwater worden grote hoeveelheden nutriënten, zoetwaterplankton en detritus (dood organisch materiaal) aangevoerd naar de westelijke Waddenzee. Het gespuide zoetwaterplankton sterft vrijwel ogenblikkelijk af en gaat over in detritus. Dit detritus levert lokaal een bijdrage aan de voedselvoorziening van de bodemfauna in de westelijke Waddenzee. Het wordt direct aan de waterkolom onttrokken door organismen zoals de mossel en de kokkel die het bovenstaande water filtreren en het bezinkt op rustiger locaties waar het wordt benut door organismen die sediment innemen en het daarin aanwezige voedsel eruit opnemen zoals bijvoorbeeld wadpieren.

De aanleg van een extra spuisluis zal de voedselvoorziening van de bodemfauna van de westelijke Waddenzee niet aantasten. Wel zal de ruimtelijke verdeling van het voedselaanbod wijzigen, afhankelijk van de ligging van het extra spuimiddel. De biomassa van de aanwezige bodemfauna kan hierdoor worden beïnvloed wanneer deze niet wordt beperkt door andere abiotische omstandigheden zoals sterke saliniteitswisselingen. Nadere (model)studie zullen hieromtrent meer duidelijkheid moeten verschaffen.

Daarnaast worden met de getijdestromen nutriënten, plankton en detritus via het Marsdiep en de Vliestroom aangevoerd vanuit de Noordzee. Door eventuele wijzigingen in de estuariene circulatie kan deze aanvoer wijzigen. In hoeverre dit daadwerkelijk een significant effect betreft is onduidelijk. Ook hier zal nadere (model)studie dit moeten uitwijzen.

Lokale produktie organisch materiaal

De bodemfauna is voor zijn voedselvoorziening niet alleen afhankelijk van de aanvoer via de zeegaten en de spuisluizen, maar ook afhankelijk van de lokale produktie van organisch materiaal in het bekken zelf. Hierbij worden voedingstoffen (nutriënten) benut voor groei van het microfytobenthos (algen

op de platen) en het fytoplankton (algen zwevend in het water). Deze worden gegeten door bodemdieren.

De winterconcentraties van de nutriënten zijn sterk (negatief) gecorreleerd met de saliniteit, omdat met het zoete water veel nutriënten worden aangevoerd. De nutriënten worden in de loop van het voorjaar en tijdens de zomer, afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar licht, vastgelegd in algenbiomassa (primaire produktie). Tijdens de zomer worden de nutriëntconcentraties regelmatig dusdanig laag dat de primaire produktie wordt beperkt door gebrek aan bouwstoffen.

Wijzigingen in saliniteitspatronen door de aanleg van een extra spuisluis zal leiden tot een proportionele wijziging van de 'wintervoorraad' van nutriënten. Deze worden echter opgemengd met het kustwater en het is de vraag of het optreden van nutriëntlimitaties tijdens de zomerperiode, wanneer er veel minder wordt gespuid, wordt beïnvloed. De huidige inschatting is dat lokaal kleine wijzigingen kunnen optreden, met name wanneer het spuimiddel op grotere afstand van de huidige sluizen wordt gepositioneerd. De totale primaire produktie van de westelijke Waddenzee wordt niet gewijzigd door de aanleg van een extra spuimiddel, een lokale toe- of afname wordt namelijk op grotere afstand gecompenseerd.

Primaire produktie is niet alleen afhankelijk van de beschikbaarheid van nutriënten, maar ook van de hoeveelheid beschikbaar licht. Het onderwaterlichtklimaat wordt bepaald door de hoeveelheid gesuspenseerd organisch en anorganisch slib. Een extra spui kan lokaal een klein effect sorteren op de slibconcentraties in de waterkolom. De primaire produktie zal hier niet wezenlijk door worden beïnvloed.

3.4.5 Mosselteelt en kokkelvisserij

Inleiding

De westelijke Waddenzee heeft grote betekenis voor de mosselzaadvisserij, de mosselcultuur en -in sommige jaren- de kokkelvisserij. Tijdens de mosselzaadvisserij worden jonge of halfvolgroeide wilde mosselen (het 'mosselzaad') opgevist van de natuurlijke mosselbanken, om ze over te brengen naar de kweekpercelen. In de westelijke Waddenzee ontstaan de wilde mosselbanken voornamelijk in het 'sublitoraal', dat wil zeggen in gebieden die permanent onder water blijven. Het enige grote gebied in de westelijke Waddenzee waar op droogvallende wadplaten regelmatig mosselbanken ontstaan, het Balgzand, vervult sinds 1993 geen functie meer voor de visserij omdat het sindsdien permanent gesloten is voor alle bodemberoerende visserij. De mosselen van de natuurlijke mosselbanken, maar ook de mosselen van de kweekpercelen worden niet alleen benut door de mens, maar ook gegeten door schelpdieretende vogels, zoals de eidereend, en zeesterren.

Het beste gebied voor de mosselzaadvisserij ligt direct ten noorden van de Afsluitdijk, in een strook van ongeveer 10 km lengte, van ongeveer 6 km ten westen van Breezand tot ongeveer 4 km ten oosten, tussen de Afsluitdijk en de Doove Balg. Evenwijdig aan deze zone in de Doove Balg, valt ook vrijwel altijd mosselzaad. Daarnaast zijn ook kleinere gebieden van belang, zoals bij het Visjagersgaatje, het gebied van de Vlieter, bij het Scheurrak-Omdraai en bij de Boontjes. Op figuur 3.43 zijn de gebieden waar mosselzaad wordt gevisst roze aangegeven, en de plekken waar in de afgelopen 9 jaar (gegevens vanaf 1992) het meeste mosselzaad vandaan kwam zijn paars aangegeven.

Veel mosselzaad 'valt' in gebieden waar de groei van de mosselen niet zo goed is. De opgeviste jonge mosselen worden daarom overgebracht naar kweekpercelen. De visserij op mosselzaad is gequoteerd. De verdeling is gebaseerd op het oppervlak van de kweekpercelen die de individuele bedrijven in gebruik hebben en de omvang van de bedrijven uitgedrukt in hun historisch aandeel in de aanvoer.

De beste mosselpercelen liggen op plekken waar de mosselen voldoende stabiel liggen (door golfslag en stroming kunnen mosselen wegspoelen) en waar de groei-omstandigheden goed zijn. De waarde van elk perceel wordt uitgedrukt in de 'theoretische productiewaarde' (TPW). Hoe beter de 'theoretische productiewaarde', hoe hoger de huurprijs die aan de overheid moet worden betaald. De meeste percelen die in de buurt van mosselzaadgebieden liggen hebben een vrij lage productiewaarde, en worden gebruikt voor het eerste deel van de groeiperiode (opkweek van zaad tot halfwasmosselen), danwel voor de winning van mosselzaad, voor zover er broedval op deze percelen plaatsvindt. Dat laatste is vooral in de Boontjes het geval.

Gedurende de afgelopen decennia kwam het grootste deel van het mosselzaad voor de mosselteelt uit het sublitoraal van de westelijke Waddenzee. In het verleden werd daarnaast ook op de wadplaten op mosselzaad gevestigd. Sinds 1991 zijn er maar weinig mosselbanken meer te vinden op de wadplaten, en bovendien is de visserij hierop sinds 1993 omwille van natuurbescherming sterk ingeperkt. Verder komt in de Zeeuwse wateren sinds de uitvoering van de deltawerken praktisch geen mosselzaad meer tot ontwikkeling. De Nederlandse mosselteelt, zowel in Zeeland als in de Waddenzee, is nu dus afhankelijk van de broedval in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee. De hoeveelheid mosselzaad die daar in de afgelopen 10 jaar kon worden geoogst was in sommige jaren onvoldoende om de streefproductie van 1 miljoen mosselton consumptiemosselen te halen. Er worden dan mosselen geïmporteerd uit Duitsland of Denemarken om in de vraag te voorzien.

In een 8-tal gebieden is in de afgelopen jaren op kokkels gevestigd, namelijk ten zuiden van het Scheurrak, ten zuiden van het Scheer, de Lutjeswaard, het gebied tussen de Molenrak en de Hendrik Jaarsplaat, de Ballastplaat, de Binnen Breesem, de Middelpmaat en het Schuitemzand.

Figuur 3.44 geeft aan in welke gebieden in de afgelopen 5 jaar minstens één maal is gevestigd. Het feit dat daar is gevestigd is afgeleid uit het feit dat in één jaar minstens 25% van de bodem in deze gebieden is 'geraakt' door het vistuig van een kokkelvisser. In de echte visgebieden wordt meestal meer dan de helft van de bodem afgevestigd; wanneer ergens slechts enkele procenten van de bodem wordt geraakt is waarschijnlijk alleen naar Kokkels gezocht, maar kennelijk met onvoldoende resultaat (mondelinge mededeling Marinx en RIVO).

Vraagstelling

Door de aanleg van spuispunten op andere locaties in combinatie met een andere verdeling van het zoete spuiwater over de Waddenzee kunnen er effecten optreden op de broedval, overleving en groeisnelheid van jonge mosselen en kokkels, en op de groeisnelheid van mosselen op de kweekpercelen. Hoe worden deze effecten ingeschat voor de verschillende alternatieven?

In een workshop met twee deskundigen (drs. M. Van Stralen, tot vorig jaar RIVO, nu Marinx, en dr. T. Bult, RIVO) is een eerste verkenning gemaakt van

de mogelijke effecten. Twee van de vijf locatie alternatieven zijn bekeken, namelijk alternatief 1 en alternatief 3 (tabel 3.7).

Effecten locatie alternatief 1

Van een nieuw spuipunt dicht bij de huidige spuilocatie Kornwerderzand worden geen grote effecten verwacht. Weliswaar verandert daardoor de verdeling van het zoete water ten noorden van de Afsluitdijk (meer bij Kornwerderzand, minder bij Den Oever), maar dit zal niet of nauwelijks gepaard gaan met wijzigingen in de morfologie. Op dit moment is er geen duidelijk verband aan te geven tussen de plaatsen waar zoet water gespuid wordt en de plaatsen waar mosselbroedval plaats vindt. De toestand van de bodem en de mate van verversing van het water lijken veel duidelijker effect te hebben. Voor de kokkelvisserij zou de herverdeling van het zoete water zelfs enigszins gunstig kunnen zijn door vermindering van de kans op sterfte van kokkels in de periferie van Den Oever (Lutjeswaard, de Bollen), waarschijnlijk als gevolg van zoetwaterbellen die over een plaat heen drijven.

Effecten locatie alternatief 3

Van een dergelijk spuipunt worden effecten verwacht als gevolg van wijzigingen in de morfologie in de directe omgeving van de spuilocatie. Deze zouden enerzijds direct het gevolg kunnen zijn van de uitlaatwerken, anderzijds van daaropvolgende wijzigingen in de ondergrond door veranderende stroompatronen langs de Afsluitdijk. Verder worden effecten verwacht als gevolg van de sterke daling van de saliniteit in de directe omgeving van de spuilocatie. Juist in dit gebied is wijziging van de abiotische omstandigheden ongewenst omdat hier direct ten noorden van de Afsluitdijk het belangrijkste mosselzaadgebied van de westelijke Waddenzee ligt. Wijzigingen zouden alleen maar nadelig kunnen zijn!

Tabel 3.7

Effecten op schelpdiervisserij en schelpdiercultuur, verwacht door deskundigen van Marnix en RiVO

Alternatief	Effect
1	klein (- matig)
3	vrij groot (- groot)

3.4.6 Visintrek

Veel diadrome vissen oriënteren zich op een saliniteitsgradiënt om naar stroomopwaarts gelegen zones te kunnen migreren. Een extra spuimiddel zal heel duidelijke effecten sorteren op de zoutverdeling en daarmee op de mogelijkheden voor diadrome vissen om een potentieel intrekpunt langs de Afsluitdijk te vinden (en deze vervolgens te passeren wanneer in de onmiddellijke nabijheid van het spuipunt een vispassage is aangelegd). Voor alternatief 3 en 4 ontstaat er een min of meer stabiele zoutgradiënt loodrecht op de Afsluitdijk. Deze gradiënt zal de vis naar de Afsluitdijk geleiden, maar het is de vraag in hoeverre de vis zich vervolgens langs de Afsluitdijk kan oriënteren om een intrekpunt te vinden. Bij alternatief 1, 2 en 5 is de zoutgradiënt duidelijker naar het intrekpunt gericht.

4 Evaluatie effecten inzet nieuwe spuisluis

4.1 Inleiding

De vraag welke effecten er te verwachten zijn van de inzet van een nieuwe spuisluis is niet gemakkelijk te beantwoorden. Veel moeilijker is echter de evaluatie van de effecten. Dit komt neer op de vraag: worden bepaalde veranderingen als negatief, neutraal of positief (onwenselijk of wenselijk) beschouwd? Duidelijk zal zijn dat beantwoording van die vraag in belangrijke mate afhangt van de inzichten met betrekking tot het beleid dat gevoerd wordt voor de Waddenzee (zoals bijvoorbeeld verwoord in de Derde Nota Waddenzee, 2001) en het IJsselmeer (zoals bijvoorbeeld verwoord in de Integrale Visie IJsselmeergebied (IVIJ, 2001).

Over het algemeen staat voor zowel Waddenzee als IJsselmeer integraal beheer als doelstelling centraal, waarbij men tracht de diverse functies van de gebieden op lokaal, regionaal, nationaal en internationaal niveau zo optimaal mogelijk tot hun recht te laten komen. Het IJsselmeer en de Waddenzee zijn beiden een kerngebied van de Ecologische Hoofdstructuur, als vastgelegd in het Structuurschema Groene Ruimte. De Afsluitdijk zelf is een Ecologische Verbindingszone. Bijna de gehele Waddenzee, de Makkumerwaard en de Kooiwaard zijn beschermde natuurmonumenten. Verder zijn Waddenzee en IJsselmeer aangewezen als speciale beschermingszone volgens de EU-Vogelrichtlijn (bescherming leefgebieden waarin >1% van de populatie van het NW halfmond voorkomt van een groot aantal vogelsoorten), waardoor de beschermingsformule volgens de EU-Habitatrichtlijn (doel: bescherming en verbetering van natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna) in ieder geval van toepassing is op de ornithologische waarden van deze gebieden. Voor ingrepen geldt dat zij de wezenlijke kenmerken en waarden van deze gebieden niet mogen aantasten, tenzij:

- 1) het zwaarwegend maatschappelijk belang van de ingrepen wordt aangetoond, én
- 2) wordt aangetoond dat de voorgenenomen ingreep niet elders of op een andere manier kan plaatsvinden.

Voor het IJsselmeer geldt dat zeer belangrijke doelstellingen zijn: 1) veiligheid en 2) behoud zoetwaterfunctie. Het waterbeheer zoals verwoord in 'Anders omgaan met water' (vasthouden, bergen, afvoeren) speelt ook een belangrijke rol opdat de veiligheid niet in het gedrang komt, terwijl daarnaast ook het transport van goederen en mensen goed moet kunnen verlopen. Binnen deze speelruimte wordt getracht om te komen tot herstelmaatregelen voor de natuur (met name oevers en ondiepe gebieden voor plant- en diersoorten en de trek van organismen van zout naar zoet).

Voor de Waddenzee is de doelstelling met name het streven naar een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van het gebied waarbij getracht wordt waardevolle delen te beschermen (bijv. estuaria) of uit te breiden (kwelders). Daarbij zijn de menselijke gebruiksfuncties veiligheid en bereikbaarheid randvoorwaarden, terwijl overig menselijk gebruik mogelijk is voor zover zij de belangrijke waarden van de Waddenzee niet aantast.

Op grond van bovenstaand kan in zijn algemeenheid worden gesteld dat voor de Waddenzee vooral een afname/aantasting van een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling als negatief dient te worden beoordeeld. Een afname van diversiteit, soorten of hun habitat wordt als negatief beoordeeld. Daarnaast wordt ook een aantasting van menselijke gebruiksfuncties negatief beoordeeld. Wel wordt hierbij maar een beperkt aantal gebruiksfuncties besproken, omdat e.e.a. ook al gebeurd in het kader van WadBOS. In het IJsselmeer is er minder duidelijk sprake van een prioritering: menselijke gebruiksfuncties en natuur zijn beiden belangrijk. Hieronder worden de veranderingen getoetst aan het voorgestane beleid en wordt een eerste evaluatie gegeven of en in welke mate veranderingen als negatief of positief worden beschouwd ten opzichte van de huidige situatie. Omdat het gaat om een relatieve toetsing wordt gewerkt met de volgende score: -- = negatief; - = licht negatief; 0 = neutraal; + = licht positief; ++ = positief. Daarbij moet bedacht worden dat de scores voor de diverse onderdelen niet hetzelfde gewicht hebben. Hierbij zij nog opgemerkt dat de cijfercode 0 niet hoeft te betekenen dat er geen effecten zijn; het kan ook betekenen dat het niet mogelijk is om de effecten te beoordelen als positief of negatief. Wel bestaat de mogelijkheid dat op andere deelgebieden weer een afgeleid effect ontstaat dat als negatief of positief kan worden gezien. In dat geval wordt dit in de discussie aangegeven.

4.2 Hydraulica

4.2.1 Grootschalige effecten: grootschalige circulatiepatronen

Voor veranderingen in het grootschalige water-circulatiepatronen is het ondoenlijk te zeggen of dit negatief of positief moet worden beoordeeld. Het beleid voor de Waddenzee stelt dat bescherming en zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van de Waterbewegingen centraal staan. Het huidige circulatiepatroon is echter grotendeels een artefact: voor de afsluiting van de Zuiderzee ging een groter deel van het zoete water via het Vlie naar de Noordzee dan thans. De vraag is dus of vanuit een hydrodynamisch standpunt men wil streven naar behoud van de huidige situatie of de oorspronkelijke situatie weer dichterbij wil benaderen. Gezien de abstractheid van het beleid is er nog geen mogelijkheid om de veranderingen als positief of negatief te beoordelen: ze worden vooralsnog neutraal beoordeeld.

4.2.2 Kleinschalige effecten: verspreiding zoetwater

De veranderingen in brak oppervlak zijn hydraulisch gezien als neutraal te beoordelen. Indien herstel van de situatie van voor de Afsluiting als positief wordt gezien verdienen alternatieven 1 en 2 de voorkeur boven alternatieven 3, 4 en 5. Voor het loslaten van de zoetwaterbel bij alternatief 1 (visintrek) en het langer blijven hangen op alternatieven 3 en 4 wordt verwezen naar de ecologie.

4.2.3 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie

Hierover valt weinig te zeggen. Het lokaal bezinken van sediment zal bij morfologie en havens besproken worden (zie aldaar).

4.2.4 Kleinschalige effecten: stroomsnelheden

Over het algemeen zal het er weinig toe doen of de lokale stroomsnelheden iets toe- of afnemen, zolang de morfologische effecten niet als ongewenst worden gezien⁷. Ook zal bij veranderende maatgevende stroomsnelheden in de

⁷ Het enige wat dan nog overblijft is een sterke zijstrooming die kan optreden welke hinderlijk is voor de scheepvaart. Dit doet zich met name voor bij Kornwerderzand. Dit wordt besproken binnen WadBOS-E[S]-2

loop van de tijd de bodem zich aanpassen waarbij de stroomsnelheidsverandering ten opzichte van de huidige situatie over het algemeen geringer zal worden dan initieel het geval is.

4.2.5 Kleinschalige effecten: efficiency spui

Een minder efficiënte spui wordt vanuit de gebruiksfuncties negatief beoordeeld. Dit geldt met name voor alternatief 5.

4.2.6 Eindoordeel hydraulica

Alle veranderingen in de hydraulica beschouwende (tabel 4.1) wordt de conclusie getrokken dat alternatieven 1 en 2 de meest gunstige lijken te zijn, omdat de efficiency van de spuien dan optimaal is. De overige alternatieven worden minder positief beoordeeld.

Tabel 4.1

Evaluatie van de belangrijkste hydraulische effecten voor de diverse alternatieve spuilocaties

Effect	Grootschalige circulatiepatrone n	Verspreiding zoetwater	Kleinschalige estuariene circulatie	Kleinschalig: efficiency spui
Criteria	Geen éénduidige criteria	Herstel situatie voor aanleg Afsluitdijk	Geen éénduidige criteria	Efficiency nieuwe spui
Alternatief 1	0	+ / 0	0	++
Alternatief 2	0	+ / 0	0	++
Alternatief 3	0	0 / -	0	+
Alternatief 4	0	0 / -	0	+
Alternatief 5	0	0 / -	0	-

4.3 Morfologie

4.3.1 Grootschalige effecten: grootschalige estuariene circulatie

Slibimport hangt nauw samen met de grootschalige watercirculatie-patronen. Het Marsdiep importeert waarschijnlijk meer sediment dan het Vlie, zo wordt aangegeven door slibstudies. Omdat slibbodems van groot belang is voor het de morfologische volledigheid van het Waddengebied is een afname via Marsdiep negatief (alternatieven 1, 2 en in mindere mate 3) beoordeeld, ondanks dat dit deels gecompenseerd wordt door invoer via het Vlie. Hoe groot deze effecten in absolute zin zijn is met de huidige stand van kennis nog niet aan te geven (zie tabel 4.2).

4.3.2 Kleinschalige effecten: estuariene circulatie

Net als in het voorgaande punt wordt als positief gezien een (kans op) toename in het areaal slibbige platen. Dit doet zich met name voor bij de alternatieven 3, 4 en 5.

4.3.3 Kleinschalige effecten: Effecten van stroomsnelheidveranderingen

Geulopvulling door afsluiting geulen

Negatief wordt beoordeeld een mogelijk versterkte aanslibbing in vaargeulen (scheepvaart) en bij spui punten (efficiency spui). E.e.a. brengt hogere onderhoudskosten mee. Als positief wordt gezien de afname van geulvorming

vlak voor de Afsluitdijk hetgeen een vermindering van onderhoudskosten met zich meebrengt. Dit kan zich voordoen bij alternatief 3 en 4.

Geulopvulling en plaatafslag door vertraging stroming

Een afname van de diepte van vaargeulen door teruglopende stroomsnelheden wordt als negatief gezien. Een afname van de diepte van een gewone geul wordt als neutraal gezien. Een mogelijke diepteafname van de vaargeul het Visjagersgaatje bij toepassing van alternatief 5 wordt als negatief gezien. Een opvullen van geulen met zand dat in eerste instantie van de omringende platen komt, waardoor deze afkalven, wordt als negatief gezien, met name waar het gaat om de in de westelijke Waddenzee relatief zeldzame intergetijdegebieden. Hieruit volgt dat dit met name voor alternatieven 5 als negatief wordt gezien.

Geulvorming ten gevolge van uitschuring en/of graafwerkzaamheden

Geulvorming of uitgraving uit ondiepe platen, maar met name uit de hier relatief zeldzame intergetijdegebieden wordt als negatief gezien. De vorming van nieuwe geulen uit ondiepe gebieden zal met name van belang zijn bij 3 en nog sterker bij 4 en vooral 5.

4.3.4 Kleinschalige effecten: uitschuring erosiekuilen

Waddenzeezijde

Het uitschuren van erosiekuilen aan de Waddenzeezijde en het daarmee verloren laten gaan van een waddengebied wordt als negatief beoordeeld. Het verloren laten gaan van –in de westelijke Waddenzee- relatief zeldzaam intergetijde areaal wordt relatief als negatiever beschouwd dan subgetijde platen. Hieruit volgt dat alle alternatieven negatief worden beoordeeld, waarbij alternatief 1 nog iets hoger scoort.

Tabel 4.2

Evaluatie van de belangrijkste morfologische effecten voor de diverse alternatieven.

Effect	Groot-schalige estuariene circulatie	Klein-schalig: estuariene circulatie	Effecten stroomsnelheidveranderingen	Effecten stroomsnelheidveranderingen	Effecten stroomsnelheidveranderingen	Uitschuren erosiekuilen	Invloed op havens
Criteria	Zeeslib-import toename	Opslibbing platen	Opvulling (vaar) - geulen	Erosie platen	Geulvorming	Vernietiging habitat intergetijdeplaten en subgetijdeplaten	Slibsedimentatie in havens
Alternatief 1	-	0	0	0	0	--	-
Alternatief 2	-	0	0	0	0	-	0
Alternatief 3	0	+	+	0	-	-	0
Alternatief 4	+	+	+	0	-	-	0
Alternatief 5	+	+	-	-	--	-	0

4.3.5 Kleinschalige effecten: invloed op havens

Versterkte opslibbing in havens wordt als negatief gezien, vanwege het extra onderhoud. Dit geldt met name voor alternatief 1 en in mindere mate voor 2 (invloed op Harlingen) en alternatief 5 (Den Oever). Gezien de onzekerheden

in de sedimentatie in de havens bij de bestaande spuipunten zijn deze laatste veranderingen vooralsnog als neutraal beoordeeld.

4.3.6 Eindoordeel morfologie

Alle morfologische aspecten in ogenschouw nemende wordt de conclusie getrokken dat alternatief 5 het slechtste uit de bus komt. Alternatief 2 is de beste, terwijl voor alternatief 1 en 3 de effecten gering genoemd mogen worden.

4.4 Ecologie

4.4.1 Bodemfauna

In de voorgaande hoofdstukken is voor de factoren die de soortensamenstelling en de dichtheid van de bodemfauna bepalen ingeschat in hoeverre deze veranderen door de aanleg van een extra spuimiddel. Hierbij is gekeken naar de saliniteit, de hydrodynamiek en morfologie en het voedselaanbod (zie ook tabel 4.3).

Saliniteit

Op basis van de resultaten van verkennende modelberekeningen is in paragraaf 3.5 geëvalueerd in hoeverre de soortenrijkdom van de bodemfauna zal veranderen door veranderingen van de saliniteit. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen effecten op de soortenrijkdom die optreden onder gemiddelde afvoeromstandigheden en effecten die optreden onder extreme afvoeromstandigheden. Bij de beoordeling wordt een verarming van de bodemfauna (afname van het aantal soorten) door verzoeting als gevolg van een extra spuimiddel gezien als een negatief effect. Voor blijvende vestiging van nieuwe echt 'brakke' soorten is naar verwachting een veel stabielere laag zoutgehalte vereist. Verzouting wordt gezien als een positief effect omdat bij verzouting de soortenrijkdom van de bodemfauna zal toenemen. Zo kan een lokale verarming van de bodemfauna als gevolg van het extra spuimiddel worden gecompenseerd door een lokale verrijking elders. De locatie alternatieven worden beoordeeld voor vier aspecten: 'verzoeting bij gemiddelde spuiafvoer', 'verzouting bij gemiddelde spuiafvoer', 'verzoeting bij hoge spuiafvoer' en 'verzouting bij hoge spuiafvoer'.

- Beoordelingsaspect 'verzoeting bij gemiddelde spuiafvoer'

De gebieden waar onder gemiddelde spuiomstandigheden in de huidige situatie de saliniteit hoger is dan 10 promille en in de toekomstige situatie lager is dan 10 promille worden beschouwd als gebieden waar de soortenrijkdom van de bodemfauna zal afnemen, een negatief effect. Deze gebieden zijn relatief klein en liggen logischerwijs in de nabijheid van het extra spuimiddel.

Alternatief 2 ligt dichtbij de geul de Doove Balg. In de Doove Balg wordt het gespuide water effectief gemengd. Het areaal dat onder gemiddelde spuiomstandigheden verzoet is voor deze locatie alternatief dan ook zeer klein. Dit alternatief scoort dan ook 'neutraal' voor dit beoordelingsaspect. Voor locatie alternatief 5 is het areaal dat verzoet door de naar verhouding lange verblijftijd van het gespuide water bij Den Oever het grootst. Dit alternatief scoort dan ook 'negatief'. De overige alternatieven scoren tussen deze twee alternatieven in: 'licht negatief'.

- Beoordelingsaspect 'verzouting bij gemiddelde spuiafvoer'

De gebieden waar onder gemiddelde spuiomstandigheden in de huidige situatie de saliniteit lager is dan 10 promille en in de toekomstige situatie groter dan 10 promille worden beschouwd als gebieden waar de soortenrijkdom van de bodemfauna zal toenemen, een positief effect. Dit is voor de alternatieven 1

t/m 4 het geval in de omgeving van het spuipunt bij Den Oever en voor de alternatieven 2 t/m 5 eveneens, maar in veel lichtere mate, bij het spuipunt bij Kornwerderzand. De alternatieven 1 t/m 4 scoren om deze reden 'positief'. Alternatief 5 scoort 'neutraal' aangezien bij dit alternatief alleen een klein areaal bij het spuipunt Kornwerderzand verzout.

▪ Beoordelingsaspect 'verzoeting bij hoge spuiafvoer'

De gebieden waar bij hoge spuiafvoer in de huidige situatie de saliniteit hoger is dan 5 promille en in de toekomstige situatie lager is 5 promille en waar de saliniteitsverlaging groter is dan 5 promille worden beschouwd als gebieden waar in de toekomstige situatie de kans op sterfte van bodemfauna door langdurige verzoeting zal toenemen met als gevolg een (tijdelijke) verlaging van de soortenrijkdom van de bodemfauna, een negatief effect.

Alternatief 5 scoort 'neutraal' voor dit beoordelingsaspect aangezien er geen zones zijn gevonden die voldoen aan bovenstaand criterium. Kennelijk is de verdeling van het spuiwater over de drie spui punten bij hoge afvoer vergelijkbaar met de huidige situatie waardoor er geen gebieden worden gevonden waar de kans op een sterfte-incident sterk toeneemt. De Alternatieven 2 en 3 scoren 'negatief', in een groot gebied van tientallen vierkante kilometers neemt de kans op sterfte-incidenten toe. Een goede tweede, score 'lichtnegatief', is alternatief 1 met een veel kleiner beïnvloedingsgebied.

▪ Beoordelingsaspect 'verzouting bij hoge spuiafvoer'

De gebieden waar bij hoge spuiafvoer in de huidige situatie de saliniteit lager is dan 5 promille en in de toekomstige situatie hoger is dan 5 promille en waar de saliniteitsverlaging groter is dan 5 promille worden beschouwd als gebieden waarin de toekomstige situatie de kans op sterfte van bodemfauna door langdurige verzoeting zal afnemen, waarmee de kans op een (tijdelijke) verlaging van de soortenrijkdom van de bodemfauna door langdurige verzoeting zal afnemen, een positief effect

Er zijn geen gebieden gevonden waar aan deze voorwaarde wordt voldaan. De alternatieven scoren 'neutraal' voor dit beoordelingsaspect.

Hydrodynamiek en morfologie

▪ Beoordelingsaspect 'erosiekuilvorming Waddenzee'

Bij aanleg van een nieuw spui middel zal er een erosiekuil ontstaan. In de erosiekuil zal nauwelijks bodemleven mogelijk zijn, een negatief effect. Bij alternatief 1 gaat enig intergetijdegebied verloren. Verlies van intergetijdegebied wordt als negatief gekwalificeerd vanwege de lokaal beperkte beschikbaarheid van dit type habitat. Om deze reden scoort alternatief 1 'negatief'. Voor overige alternatieven gaat een beperkt areaal subgetijde-gebied verloren. Dit type van habitat is ruim vertegenwoordigd in de westelijke Waddenzee. De alternatieven 2 t/m 5 scoren om deze reden 'neutraal'.

▪ Beoordelingsaspect 'erosiegeulvorming Waddenzee'

Bij de locatiealternatieven 1 en 2 treedt er nauwelijks erosiegeulvorming op. Bij locatiealternatief 3, en nog meer bij locatiealternatief 4, ontstaat er een nieuwe geul door de Javaruggen waarlangs het spuiwater wordt afgevoerd. Bij locatie alternatief 5 ontstaat een relatief lange spui geul die verbinding maakt met het 'Visjagersgaatje'. Spui geulvorming wordt als negatief gekwalificeerd aangezien de bodemdierdichtheden in de spui geul lager zullen zijn. Aldus scoren alternatief 1 en 2 'neutraal' en alternatief 3, 4 en 5 'negatief'.

- Beoordelingsaspect 'erosiekuilvorming IJsselmeer'

Ook aan de IJsselmeerszijde zal een erosiekuil ontstaan. Alle varianten scoren neutraal omdat ter plaatse waarschijnlijk nauwelijks Driehoeksmosselen worden aangetroffen en er geen belangrijk habitatverlies optreedt.

Voedselaanbod

- Beoordelingsaspect 'verandering voedselaanbod'

De aanleg van een extra spuisluis zal de totale voedselvoorziening van de bodemfauna van de westelijke Waddenzee niet aantasten. Wel zal de ruimtelijke verdeling van het voedselaanbod wijzigen, afhankelijk van de ligging van het extra spuisluis. Duidelijk meetbare effecten worden hiervan niet verwacht. De alternatieven scoren alle 'neutraal'.

Tabel 4.3

Beoordeling effecten extra spuisluis op de bodemfauna

Aspect	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 4	Alternatief 5
Saliniteit					
▪ verzoeting bij gemiddelde spuisluis	-	0	-	-	--
▪ verzouting bij gemiddelde spuisluis	++	++	++	++	0
▪ verzoeting bij hoge spuisluis	-	--	--	--	0
▪ verzouting bij hoge spuisluis	0	0	0	0	0
Hydrodynamiek en Morfologie					
▪ erosiekuilvorming WZ	-	0	0	0	0
▪ erosiegeulvorming WZ	0	0	--	--	--
▪ erosiekuilvorming UM	0	0	0	0	0
Voedselaanbod					
▪ verandering voedselaanbod	0	0	0	0	0

4.4.2 Visintrek

Voor visintrek is het van belang dat er een eenduidige geleiding is naar het spuisluis. Dit is het geval voor de alternatieven 1, 2 en 5 waarmee deze 'positief' scoren. Bij alternatief 3 en in mindere mate bij alternatief 4 staat de zoutgradiënt een groot deel van de tijd loodrecht op de Afsluitdijk. Dit wordt als 'negatief' gekwalificeerd.

Tabel 4.4

Beoordeling effecten extra spuisluis op de visintrek

Alternatief →	1	2	3	4	5
Visintrek	++	++	--	--	++

4.4.3 Mosselteelt en kokkelvisserij

Voor alternatieven 3 en 4 is geconcludeerd dat deze een nadelig effect kunnen sorteren op het belangrijkste mosselzaadgebied van de westelijke Waddenzee. Deze alternatieven scoren dan ook 'negatief'. Voor alternatief 1, 2 en 5 zijn de nadelige effecten waarschijnlijk veel kleiner. Deze alternatieven scoren dan ook 'neutraal'

Tabel 4.5

Beoordeling effecten extra spuimiddel op mosselteelt en kokkelvisserij

Alternatief	1	2	3	4	5
Mosselteelt / kokkelvisserij	0	0	--	--	0

4.5 Eindoordeel ecologie

Bodemfauna

locatiealternatieven 1 en 2 worden beoordeeld als de meest gunstige alternatieven wat betreft effecten op de bodemfauna.

Aspect saliniteit: Alternatief 2 geeft het kleinste gebied dat verzoet onder gemiddelde spuiomstandigheden door de snelle opmenging van het spuiwater in de Doove Balg. Alternatief 1 geeft een naar verhouding klein gebied waar de kans op langdurige sterke verzoeting zal toenemen tijdens hoge spuiafvoeren. Beide alternatieven geven een relatief groot gebied bij Den Oever wat verzout ten opzichte van de huidige situatie waardoor aldaar de bodemfauna zal verrijken. Alternatieven 3 en 4 scoren slecht omdat er bij hoge afvoer grote gebieden langs de Afsluitdijk sterk zullen verzoeten waar dit in de huidige situatie niet het geval is. Dit is niet het geval voor alternatief 5. Dit alternatief scoort echter slecht omdat het positieve effect van een verzouting bij Den Oever geheel ontbreekt.

Aspect: Hydrodynamiek en morfologie: alternatief 2 is de meest gunstige wanneer wordt gekeken naar de vorming van een erosiekom en een erosiegeul in de Waddenzee.

Aspect: Verandering voedselaanbod: De alternatieven onderscheiden zich niet wat betreft de effecten van een verandering van voedselaanbod.

Visintrek

De mogelijkheden voor visintrek worden voor alternatieven 1, 2 en 5 positief beoordeeld omdat er sprake is van een eenduidige geleiding naar het potentiële intrekpunt.

Mosselteelt en kokkelvisserij

Bij de alternatieven 1 en 5, en in iets mindere mate bij alternatief 2 worden negatieve effecten voor de mosselteelt en kokkelvisserij zoveel mogelijk vermeden.

Er wordt aanbevolen de alternatieven 1 en 2 verder te onderzoeken op hun effecten op de ecologie van de Waddenzee en het IJsselmeer.

5 Conclusies

In de effectenstudie Fase I zijn de belangrijkste effecten van hydraulica, morfologie en ecologie in kaart gebracht op basis van een eerste inschatting. De volgende conclusies zijn daarbij getrokken:

- 1) Vanuit het oogpunt van hydraulica verdienen alternatieven 1 en 2 de voorkeur, vooral door de hoge spui-efficiency
- 2) Vanuit het oogpunt van morfologie verdient alternatief 2 de voorkeur, gevolgd door alternatief 1 en 3. Alternatief 4 scoort slecht doordat zich een lange subgetijdegeul zal vormen en alternatief 5 doordat uitgebreide maatregelen nodig zijn om deze spuivariant te laten werken.
- 3) Locatiealternatieven 1 en 2 worden beoordeeld als de meest gunstige alternatieven wat betreft de effecten op de bodemfauna. Alternatief 2 geeft het kleinste gebied dat verzoet onder gemiddelde spuiomstandigheden door de snelle opmenging van het spuiwater in de Doove Balg. Alternatief 1 geeft een naar verhouding klein gebied waar de kans op langdurige sterke verzoeting zal toenemen tijdens hoge spuiafvoeren. Beide alternatieven geven een relatief groot gebied bij Den Oever wat verzout ten opzichte van de huidige situatie waardoor aldaar de bodemfauna zal verrijken. Alternatief 2 is de meest gunstige wanneer wordt gekeken naar de vorming van een erosiekom en een erosiegeul in de Waddenzee. De alternatieven onderscheiden zich niet wat betreft de effecten van een verandering van voedselaanbod. De mogelijkheden voor visintrek worden voor alternatieven 1, 2 en 5 positief beoordeeld omdat er sprake is van een eenduidige geleiding naar het potentiële intrekpunt. Bij de alternatieven 1 en 5, en in iets mindere mate bij alternatief 2 worden negatieve effecten voor de mosselteelt en kokkelvisserij zoveel mogelijk vermeden.
- 4) Resumerend lijkt het voor de hand te liggen om voor het vervolgonderzoek te focussen op het gebied tussen de alternatieve spuilocatie 1 tot en met iets westelijk van locatie 2.

Verklarende woordenlijst

- **Abiotische factoren:** patronen en processen, die te maken hebben met niet-levende factoren zoals wind, water, bodemvorming, etc
- **Activiteit:** geheel van handelingen, ingrepen en dergelijke bedoeld ter realisatie van bepaalde doelstellingen of ter oplossing van bepaalde problemen. Een activiteit kan zowel datgene zijn, wat de initiatiefnemer zich voorstelt te gaan doen (voorgenomen activiteit = het voornemen) als een alternatief daarvoor, dat eveneens bedoeld is ter realisatie van deze doelstellingen of ter oplossing van deze problemen
- **Alternatief:** andere wijze dan de voorgenomen activiteit om (in aanvaardbare mate) tegemoet te komen aan de doelstelling(en). De Wet Milieubeheer schrijft voor, dat in een MER alleen alternatieven moeten worden beschouwd, die redelijkerwijs in de besluitvorming een rol kunnen spelen. De richtlijnen geven mede richting aan dat begrip 'redelijkerwijs'
- **Autonome ontwikkeling:** veranderingen, die zich naar verwachting in het milieu zullen voltrekken als noch de voorgenomen activiteit noch een van de alternatieven wordt uitgevoerd
- **Commissie voor de m.e.r.:** commissie van onafhankelijke deskundigen die het bevoegd gezag adviseert over de inhoud van het milieueffectrapport en in een latere fase over de kwaliteit van het milieueffectrapport
- **Debiet:** hoeveelheid water die ergens doorheen stroomt in m³/s.
- **Detritus:** organische resten van afgestorven planten en dieren
- **Diadrome vissoorten:** vissen die migreren tussen zee en rivier en die een estuarium als trekroute gebruiken tussen paai- en opgroei gebied
- **Doodtij:** toestand van lagere hoogwaterstand en hogere laagwaterstand als gevolg van tegenwerkende getijdenkrachten van de zon en de maan
- **Ecologie:** de wetenschap van de betrekkingen tussen organismen onderling en tussen organismen en groepen van organismen en hun omgeving
- **Ecologische hoofdstructuur (EHS):** netwerk van kerngebieden, natuurontwikkelingsgebieden en verbindingszones waarbinnen flora en fauna zich kunnen handhaven en uitbreiden
- **Ecosysteem:** een ruimtelijk begreemd systeem bestaande uit (groepen) van organismen en abiotische elementen in een bepaalde ruimte, inclusief alle onderlinge relaties.
- **Ecotoop:** ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid, waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatste
- **Efficiency spui:** Effectiviteit van een spuisluis, bij een hogere efficiency gaat er meer water door de sluis.
- **Erosiekuil:** Door waterstroming en uitschuring veroorzaakte verdieping benedenstrooms van de spuisluis.

-
- **Estuariene circulatie:** *Indien* zoet of brak water met een lager soortelijk gewicht dan zeewater uitstroomt aan het oppervlak komt hierbij een retourstroming op gang van zeewater (+ zwevend materiaal) over de bodem. Doordat beide watermassa's zich deels mengen ontstaat een wervel van oppervlak naar bodem en terug. Zwevend materiaal kan in deze wervel gevangen raken en zodoende geconcentreerd raken (zie figuur 3.1).
 - **Evaluatie:** het onderzoeken of in een concreet geval de daadwerkelijk optredende gevolgen bij aanleg en gebruik van een activiteit binnen de grenzen blijven van de gevolgen die mede op basis van het milieueffectrapport ten tijde van het besluit werden verwacht en van de voorwaarden die deel uitmaken van het mede op basis van het milieueffectrapport genomen besluit.
 - **Expert-judgement:** het oordeel van deskundigen, dat gebaseerd is op kennis en ervaring.
 - **Fytoplankton:** plantaardig plankton (algen) zwevend in het water
 - **Habitat:** kenmerkende woon- of verblijfplaats van een planten- of diersoort
 - **Hoogwater:** het ogenblik dat de vloed op zijn hoogst is.
 - **Hydraulica:** de wetenschap van het evenwicht en de beweging der vloeistoffen.
 - **Initiatiefnemer:** een natuurlijk persoon, dan wel een privaat- of publiekrechtelijk rechtspersoon (een particulier, bedrijf, instelling of overheidsorgaan) die een bepaalde activiteit wil (doen) ondernemen en daarover een besluit vraagt.
 - **Intergetijde:** tussen de hoog- en laagwaterlijn.
 - **Isohalien:** *lijn van gelijk zoutgehalte.*
 - **Kombergingsgebied:** de stroomgebieden achter de zeegaten tussen de waddeneilanden die als gevolg van de getijdenwisselingen van de Noorzee afwisselend vol en dan weer leeglopen.
 - **Kwelder:** land dat bij hoogwater onder water komt te staan (wordt gekarakteriseerd door een specifiek ecosysteem).
 - **M.e.r.:** milieueffectrapportage; een hulpmiddel bij de besluitvorming, dat bestaat uit het maken, beoordelen en gebruiken van een milieueffectrapport en het evalueren achteraf van de gevolgen voor het milieu van de uitvoering van een mede op basis van dat milieueffectrapport genomen besluit, een en ander met inachtneming van de voorgeschreven procedurele uitgangspunten.
 - **MER:** milieueffectrapport (het product van een m.e.r.)
 - **Microfythobenthos:** plantaardig plankton (algen) levend in / op het sediment
 - **Morfologie:** de wetenschap van de (ontwikkeling van) sedimentaire vormen in een bepaald gebied.
 - **PKB:** Planologische Kernbeslissing.
 - **PKB-Waddenzeegebied:** dat gebied dat begrensd wordt door de PKB. Dit komt overeen met het gebied 'waar water kan komen'. Hoge duinen en dijken behoren niet tot het PKB-gebied.
 - **Predatie:** consumptie van levend voedsel
-

-
- **Richtlijnen:** de door het bevoegd gezag na het vooroverleg te bepalen wenselijke inhoud van het op te stellen milieueffectrapport.
 - **Saliniteit:** Zoutgehalte van het water. Als eenheid wordt PSU gehanteerd (Practical Salinity Units), waarbij 1 gram zout per liter overeenkomt met 1,8 PSU. Zeewater heeft een zoutgehalte van ongeveer 35 PSU.
 - **Slib:** fijn in het water zwevend materiaal met een korreldiameter kleiner dan $63\ \mu$ ($1\ \mu = 10^{-6}$ meter).
 - **Spuikom:** het met bodembescherming verdedigde deel van het spuimiddel benedenstrooms van de drempel.
 - **Subgetijde:** Onder de gemiddelde waterlijn.
 - **Sublitoraal:** *kustzone beneden de doortijgrens*
 - **Supragetijde:** boven de gemiddelde hoogwaterlijn.
 - **Verhang :** helling in een wateroppervlak over een bepaalde afstand (bv. cm/m).
 - **Verval:** verschil in hoogte van de waterspiegel tussen twee plaatsen, bijvoorbeeld aan weerszijde van een sluis. Bij een groot verval stroomt er veel water door de sluis.
 - **Wadgeulen:** aan- en afvoergeulen van de waddeneilanden, de Noordzeekustzone en de Waddenzee.
 - **Wantij:** hoger gelegen gebied waar de uitlopers van de wadgeulen van twee opeenvolgende zeegaten elkaar ontmoeten of naderen.
 - **Wetland:** waterrijk natuurgebied.

Referenties

Anonymus, 2001:

Verkennde functionele analyse spuumiddel Afsluitdijk, Inventarisatie van eisen voor functies waaraan het te ontwerpen spuumiddel in de Afsluitdijk moet voldoen. Werkdocument, 13 blz.

Anonymus, 2002:

Definitiestudie spui Afsluitdijk fase 3: Vergelijking spui-opties en bepaling meest effectieve locatie. RIZA werkdocument nr. 2002.099X.

Adema, J. & Banning G. van, 2001:

Effecten locaties spui; Modelsimulaties, Rapport A760R1.

Banning, G., van, 2001:

Effecten locaties spui; Aanvullende simulaties Concept rapport deel 2, A760R2.

Banning, G., van, 2002:

Effecten locaties spui Aanvullende modelsimulaties; Alternatief nabij Den Oever Rapport deel 3a, A760R3a.

Blaauw, E.M., Koops, R.B., Laane, W.E.M., Vos, J.P. en L.Bakker, 2002:

Integrale Visie IJsselmeergebied 2030: de koers verlegd.

Dekker, R. 1989:

Het Macrozoobenthos op negen raaien in de Waddenzee en de Eems-Dollard in 1988, NIOZ-rapport 1989-3

Dekker, R. 1992:

Het Macrozoobenthos op negen raaien in de Waddenzee en de Eems-Dollard in 1991, NIOZ-rapport 1992-3

Essink, K., Kleef, H.L., Tydeman, P., Jungman, J., Duyts, O., Bargerbos, H., 1999:

Ecologische inventarisatie Waddenzee nabij Kornwerderzand: bodemfauna en visserijkundige effecten. Rapport RIKZ-99.010.

Janssen, G.M. & W. Bartelds, 1999:

Saliniteitsmodellering westelijke Waddenzee. RIKZ CD-ROM GRADIENTEN*2.

Kleef, H.L., 1986:

De invloed van de IJsselmeerspui op de groei van *Macoma baltica* en *Hydrobia ulvae* in de westelijke Waddenzee. Rapport AOBB-86.152, Dienst Getijdewateren.

Ministerie Verkeer en Waterstaat Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer 2002:

Integrale visie IJsselmeergebied 2030: "De koers verlegd".

Ministerie Verkeer en Waterstaat, 1999:

Aanpak Wateroverlast, notitie bij Vierde Nota Waterhuishouding.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2001
Derde Nota Waddenzee, deel 1 t/m 3.

Soerdjballi, M., Plieger, R. & van Dijk, R.P., 2000:
Brakke zone rond Afsluitdijk. RIKZ CDROM AFSLUITDIJK.

Figuren

Figuur 1.1: Overzicht van de verschillende oorzaak-effect ketens in het systeem.

Figuur 2.1: overzicht van de verschillende alternatieve spuilocaties (Adema & van Banning, 2001): Alternatieve spuilocatie 1 = Alternatief 1; Alternatieve spuilocatie 2 = Alternatief 3; Alternatieve spuilocatie 3 = Alternatief 4; Alternatieve spuilocatie 4 = Alternatief 5. Alternatieve spuilocatie 5 = Alternatief 6 verbr. (van Banning, 2002)

Figuur 2.2: Verschilkaart tussen nieuwe ligging na baggeren geul en huidige bodemligging (van Banning, 2002)

Figuur 3.1: estuariene circulatie. Zoet of brak water met een lager soortelijk gewicht dan zeewater stroomt uit aan het oppervlak. Hierbij komt een retourstroming op gang van zeewater (+ zwevend materiaal) over de bodem. Doordat beide watermassa's zich deels mengen ontstaat een wervel van oppervlak naar bodem en terug. Zwevend materiaal kan in deze wervel gevangen raken en zodoende geconcentreerd raken.

Figuur 3.2: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, huidige situatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.3: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, huidige situatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.4: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, huidige bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.5: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s 1 (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.6: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s 2 (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.7: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 3 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.8: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.9: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (van Banning, 2002).

Figuur 3.10: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 1 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.11: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 2 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.12: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 3 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.13: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.14: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (van Banning, 2002).

Figuur 3.15: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 1 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.16: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 2 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.17: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 3 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.18: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

Figuur 3.19: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (van Banning, 2002).

Figuur 3.20a: Verschiloppervlak < 10 PSU bij gemiddeld getij, springtij en doottij met maxima en minima en een zoetwateraanvoer naar IJsselmeer van 500 m/s.

Figuur 3.20b: Verschiloppervlak < 10 PSU bij gemiddeld getij, springtij en doottij met maxima en minima en een zoetwateraanvoer naar IJsselmeer van 2000 m/s.

Figuur 3.20c: Verschiloppervlak < 5 PSU bij gemiddeld getij, springtij en doottij met maxima en minima en een zoetwateraanvoer naar IJsselmeer van 500 m/s.

Figuur 3.20d: Verschiloppervlak < 5 PSU bij gemiddeld getij, springtij en doottij met maxima en minima en een zoetwateraanvoer naar IJsselmeer van 2000 m/s.

Figuur 3.21: Spuidebiet voor de diverse spuimiddelen bij de vijf alternatieve spuilocaties voor maximale aanvoer (2000 m³/s) en gemiddelde aanvoer (500 m³/s) over een periode van 16 dagen (data: van Banning, 2002).

Figuur 3.22: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 1 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.23: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.24: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.25: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 4 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.26: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 5 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.27: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 1 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.28: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.29: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.30: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 4 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.31: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 5 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

Figuur 3.32: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 1 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.33: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.34: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.35: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 4 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.36: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 5 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.37: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 1 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.38: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.39: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

Figuur 3.40: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 4 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

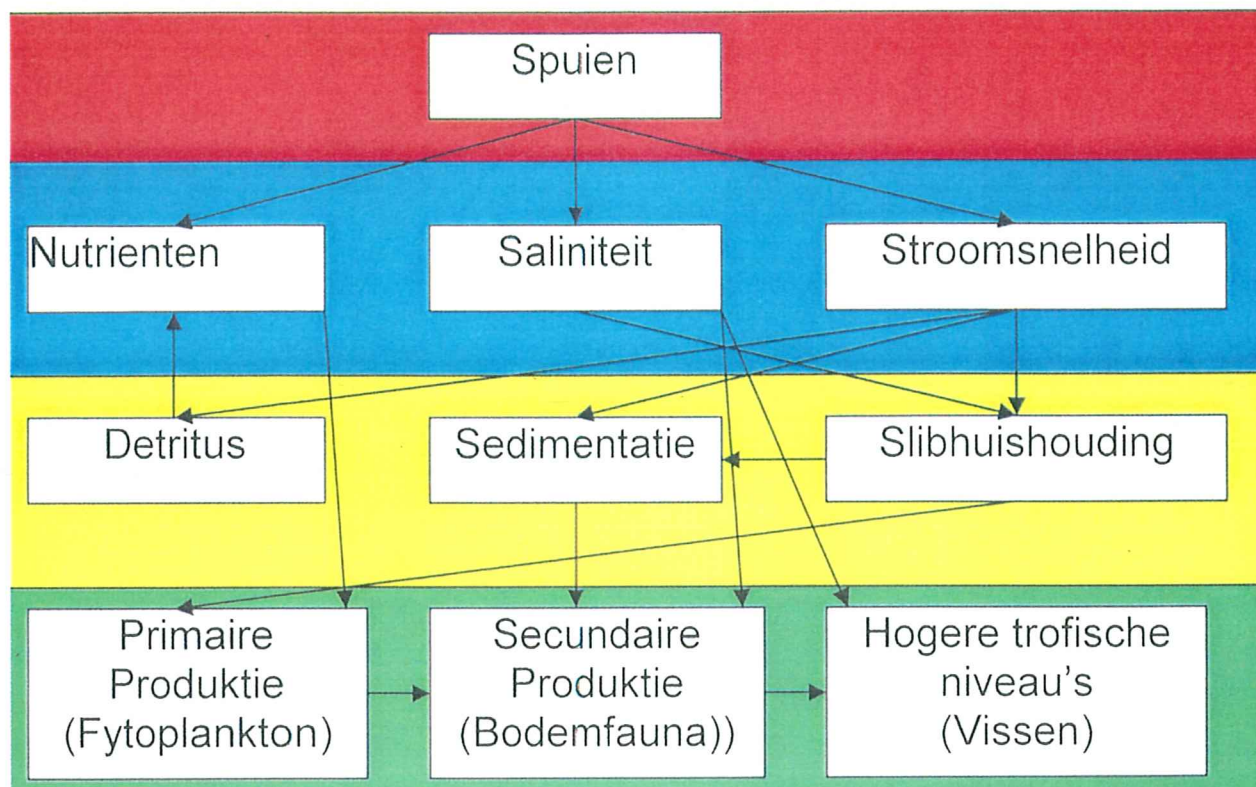
Figuur 3.41: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 5 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

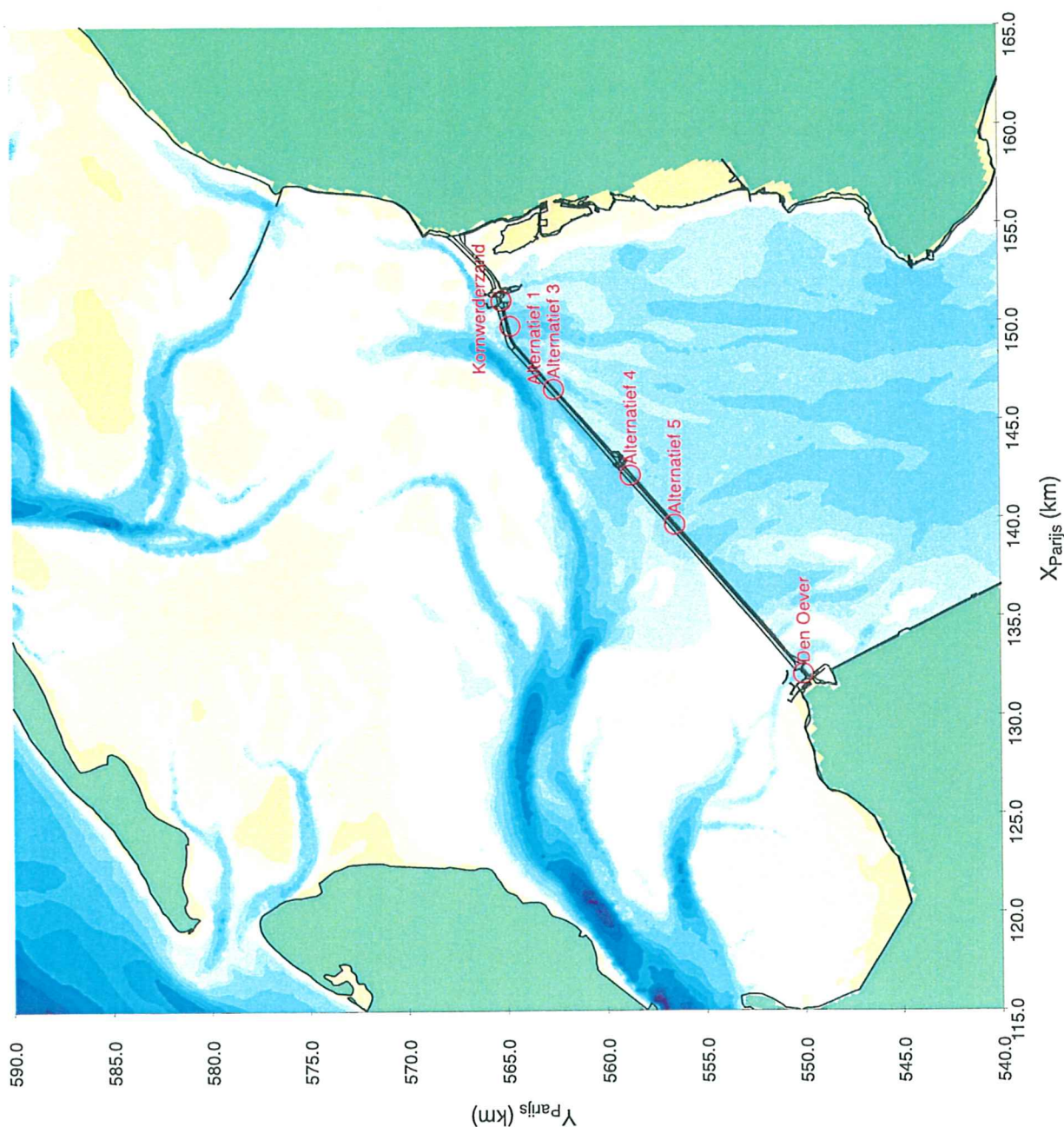
Figuur 3.42: Ruimtelijke verspreiding van Driehoeksmosselen in 1999, uitgedrukt in biovolume (ml/m²). Bron: Brongers, 1999.

Figuur 3.43: overzicht van de gebieden waar mosselzaad wordt gevestigd (met roze aangegeven). De plekken waar in de afgelopen 9 jaar (gegevens vanaf 1992) het meeste mosselzaad vandaan kwam zijn met paars aangegeven.

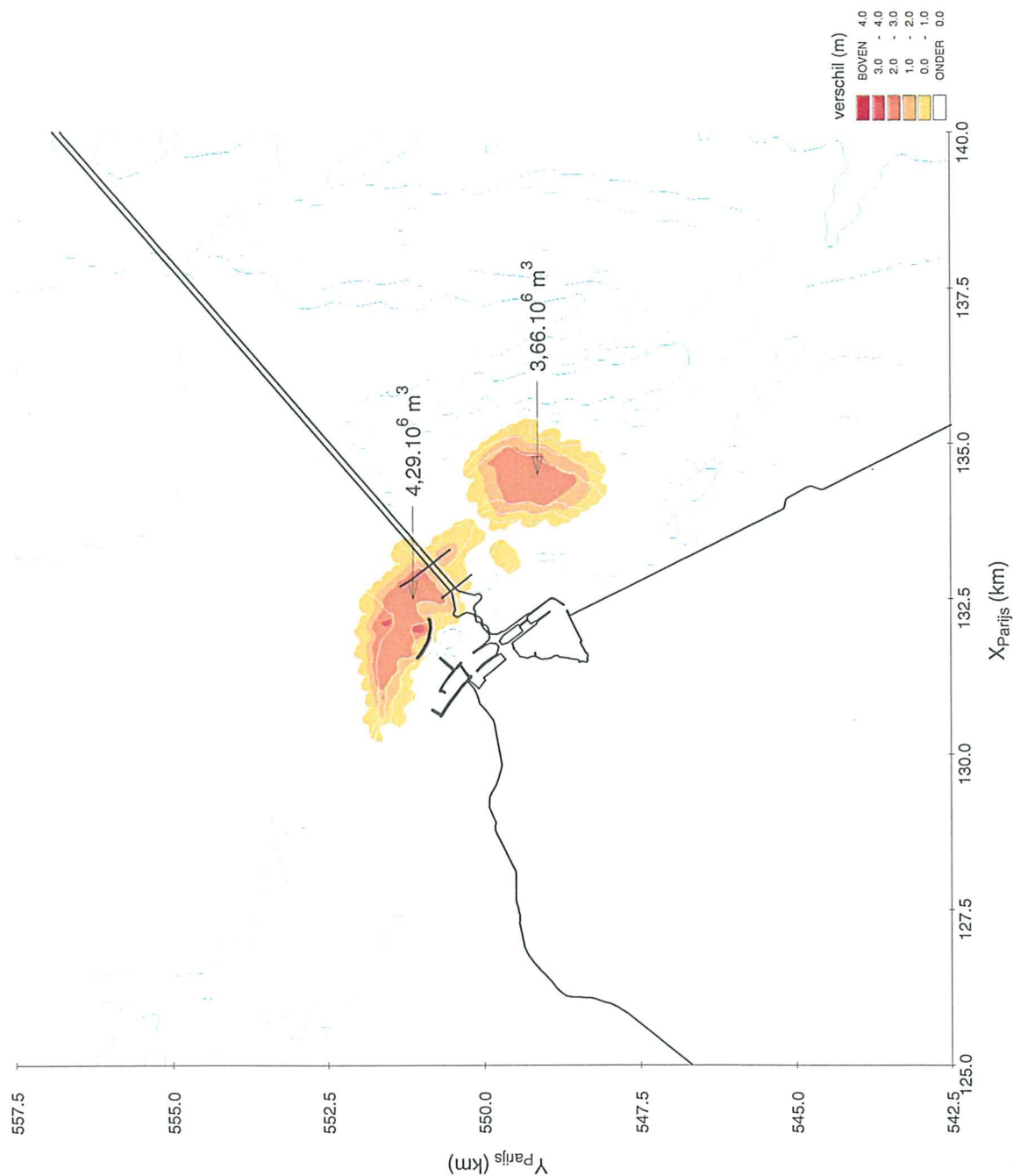
Figuur 3.44: overzicht van de gebieden in de westelijke Waddenzee waar kokkels worden gevestigd.

.....
Figuur 1.1
Overzicht van de diverse oorzaak-effect-
ketens





Figuur 2.1: overzicht van de verschillende alternatieve spuilocaties (Adema & van Banning, 2001): Alternatieve spuilocatie 1 = Alternatief 1; Alternatieve spuilocatie 2 = Alternatief 3; Alternatieve spuilocatie 3 = Alternatief 4; Alternatieve spuilocatie 4 = Alternatief 5. [=liggingspuimid]; Alternatieve spuilocatie 5 = Alternatief 6verbr. (van Banning, 2002)

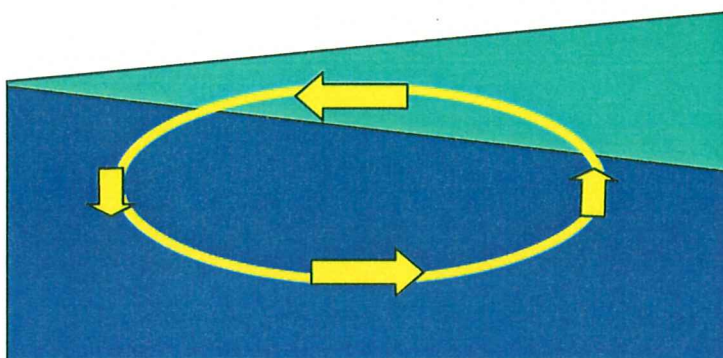


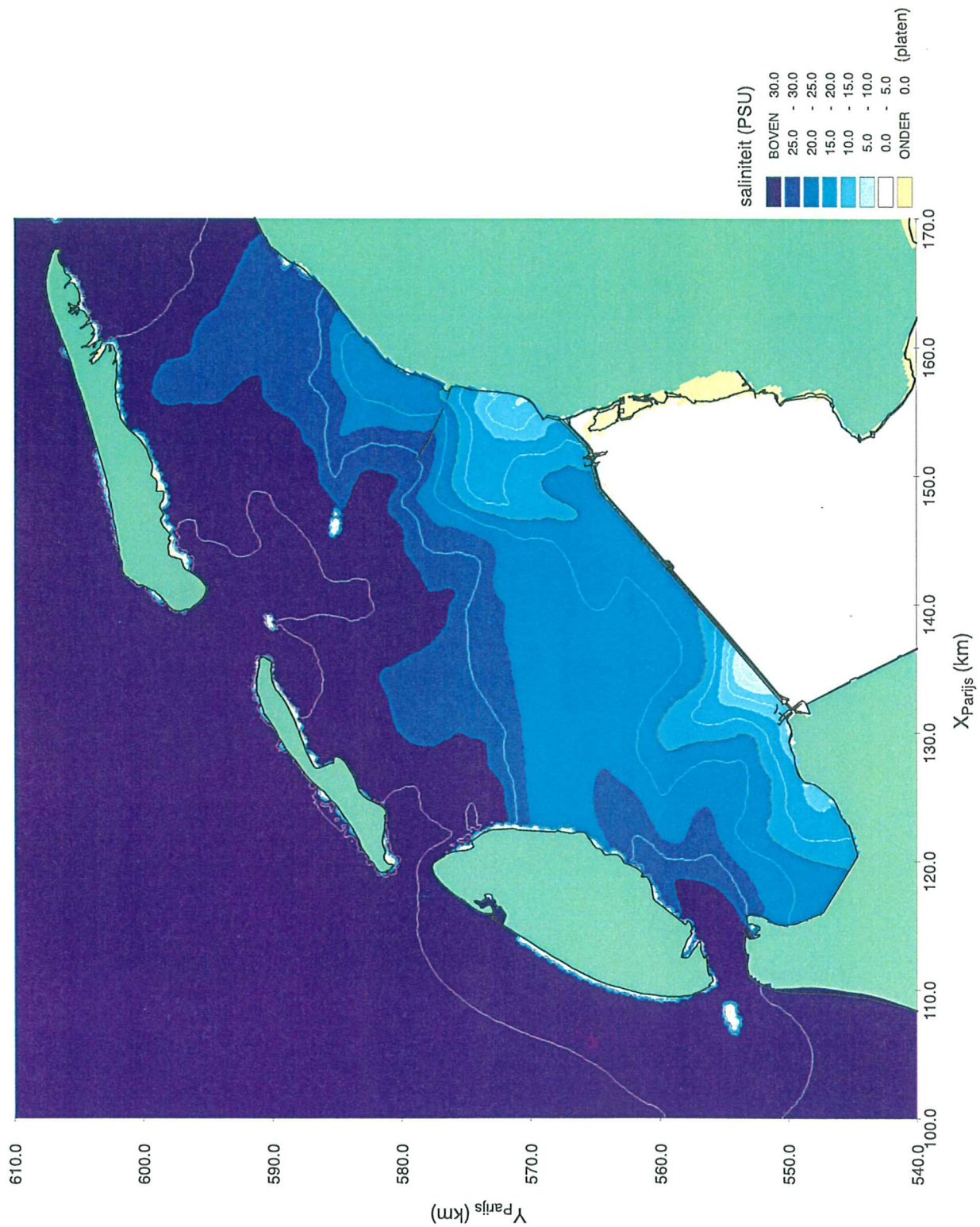
Figuur 2.2

Verschilkaart tussen nieuwe ligging na baggeren geul en huidige bodemligging

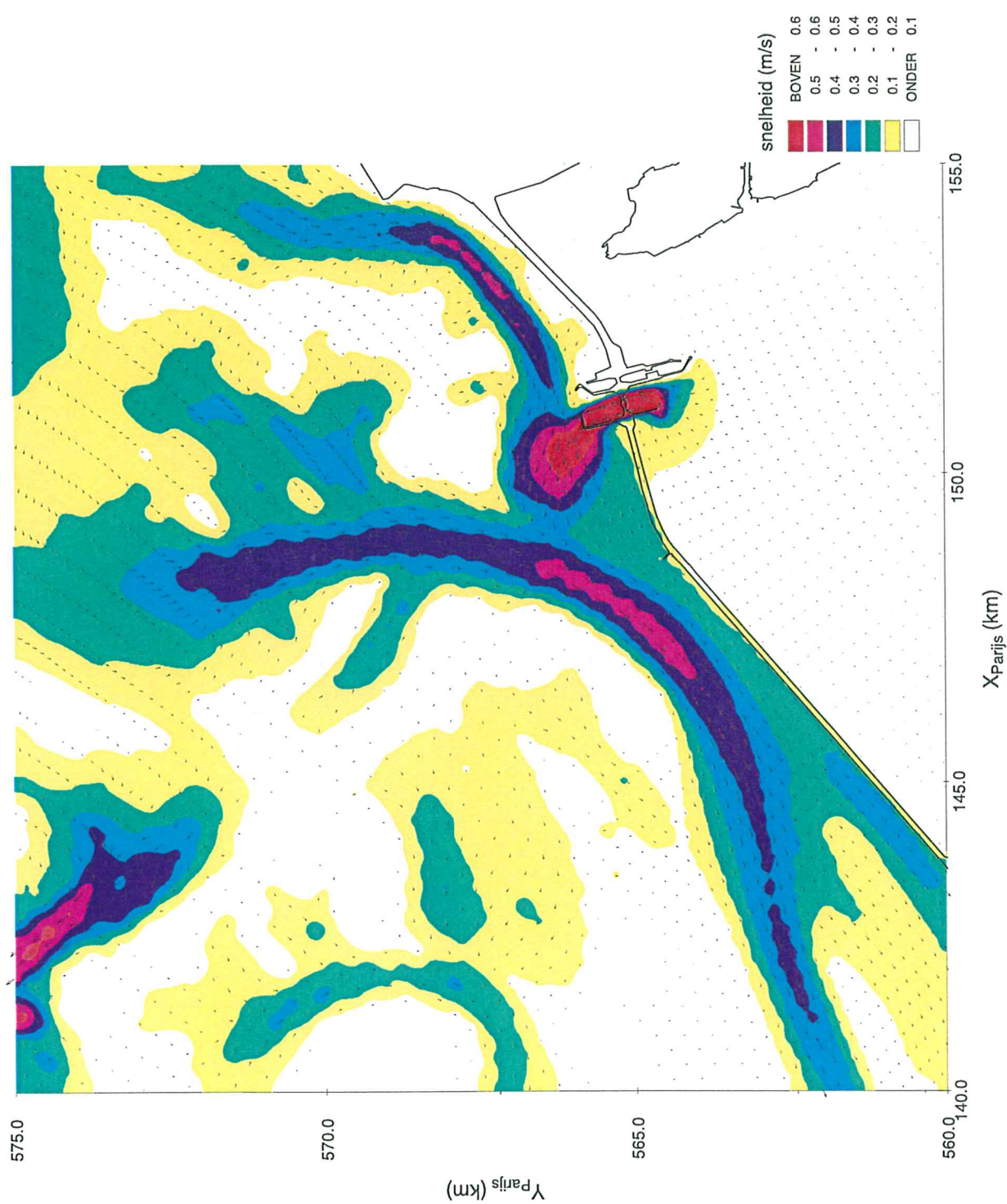
.....
Figuur 3.1

Estuariene circulatie. Zoet of brak water met een lager soortelijk gewicht dan zeewater stroomt uit aan het oppervlak. Hierbij komt een retourstroming op gang van zeewater (+ zwevend materiaal) over de bodem. Doordat beide watermassa's zich deels mengen ontstaat een wervel van oppervlak naar bodem en terug. zwevend materiaal kan in deze wervel gevangen raken en zodoende geconcentreerd raken.



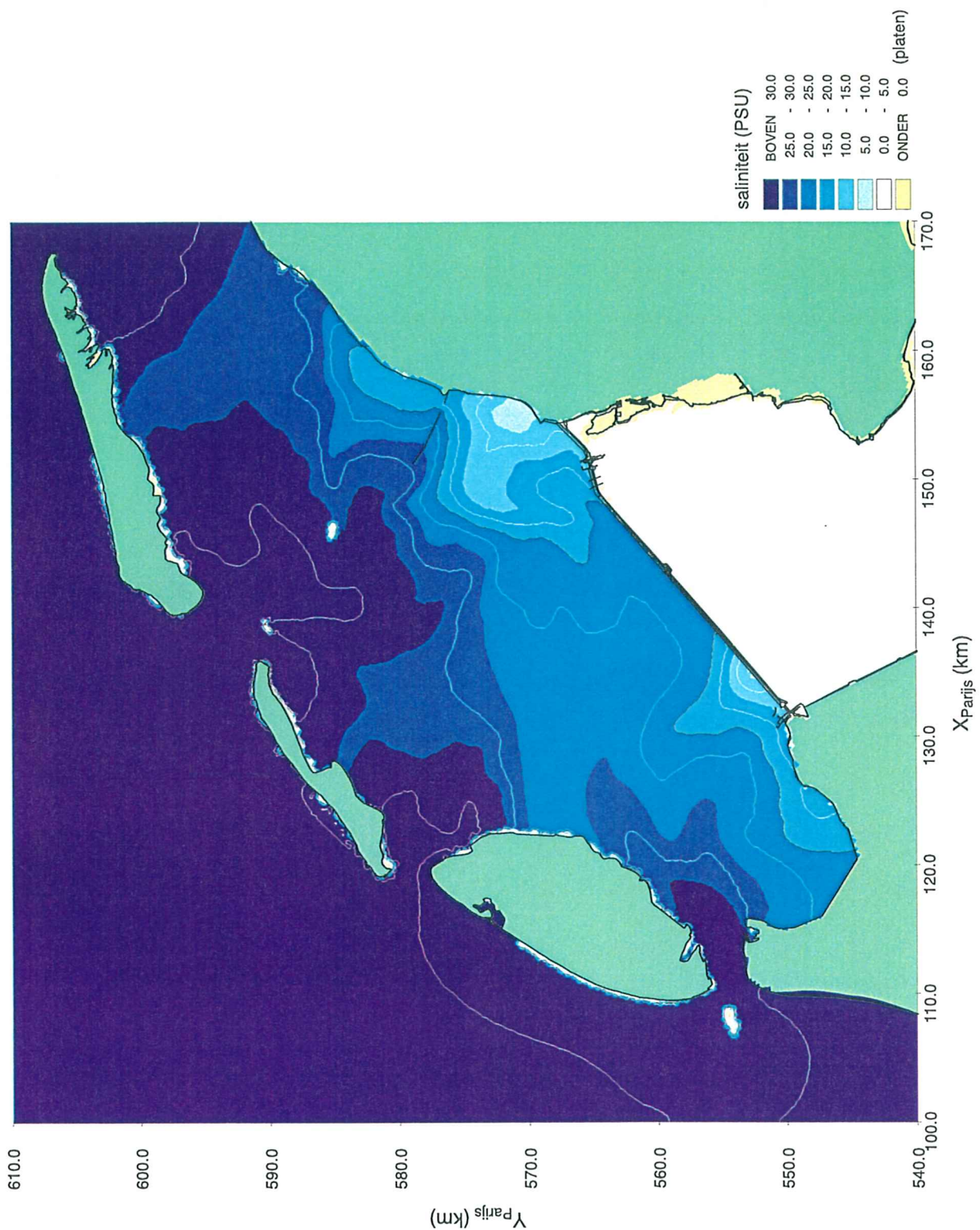


Figuur 3.2: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, huidige situatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

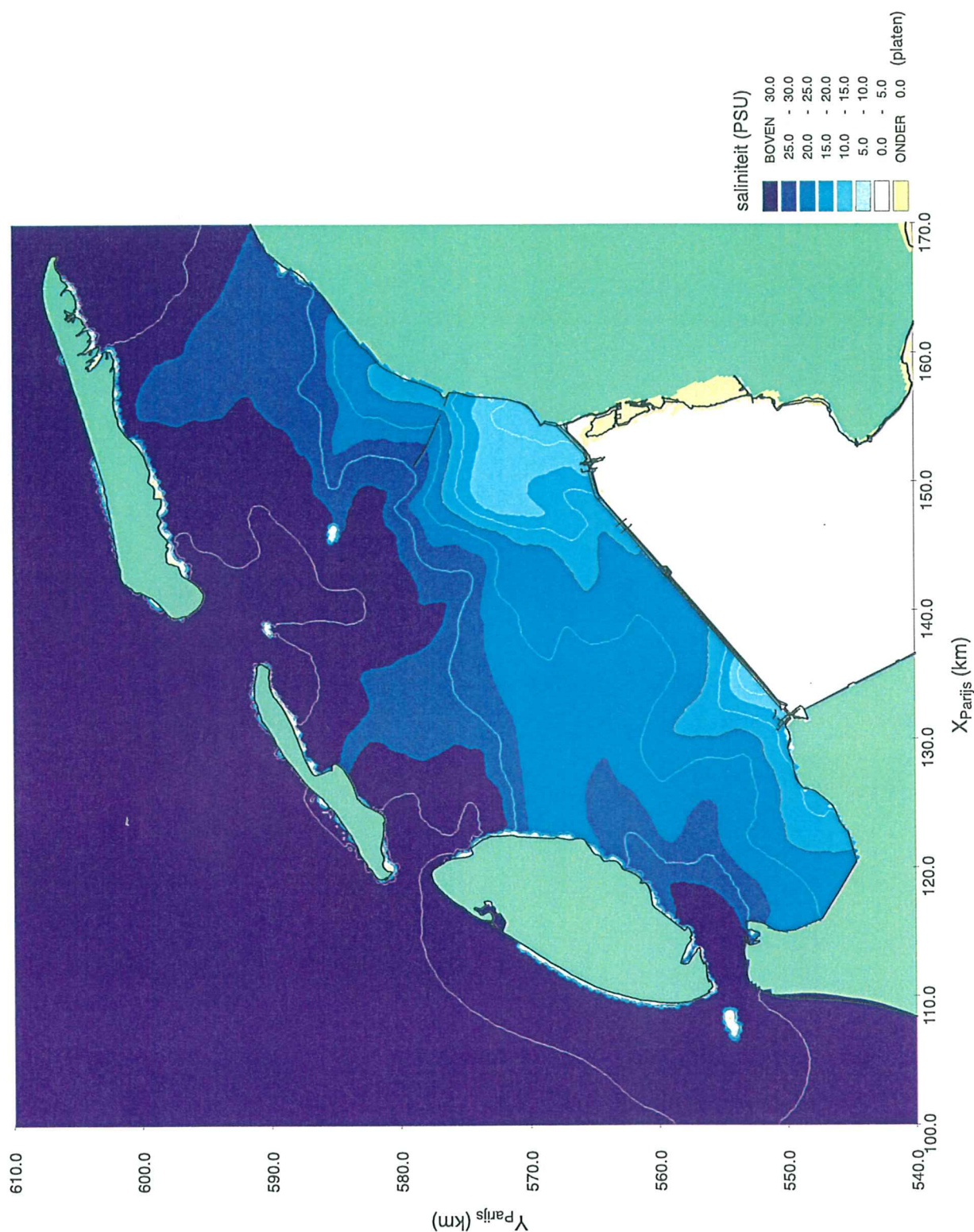


Figuur 3.3: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, huidige situatie bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

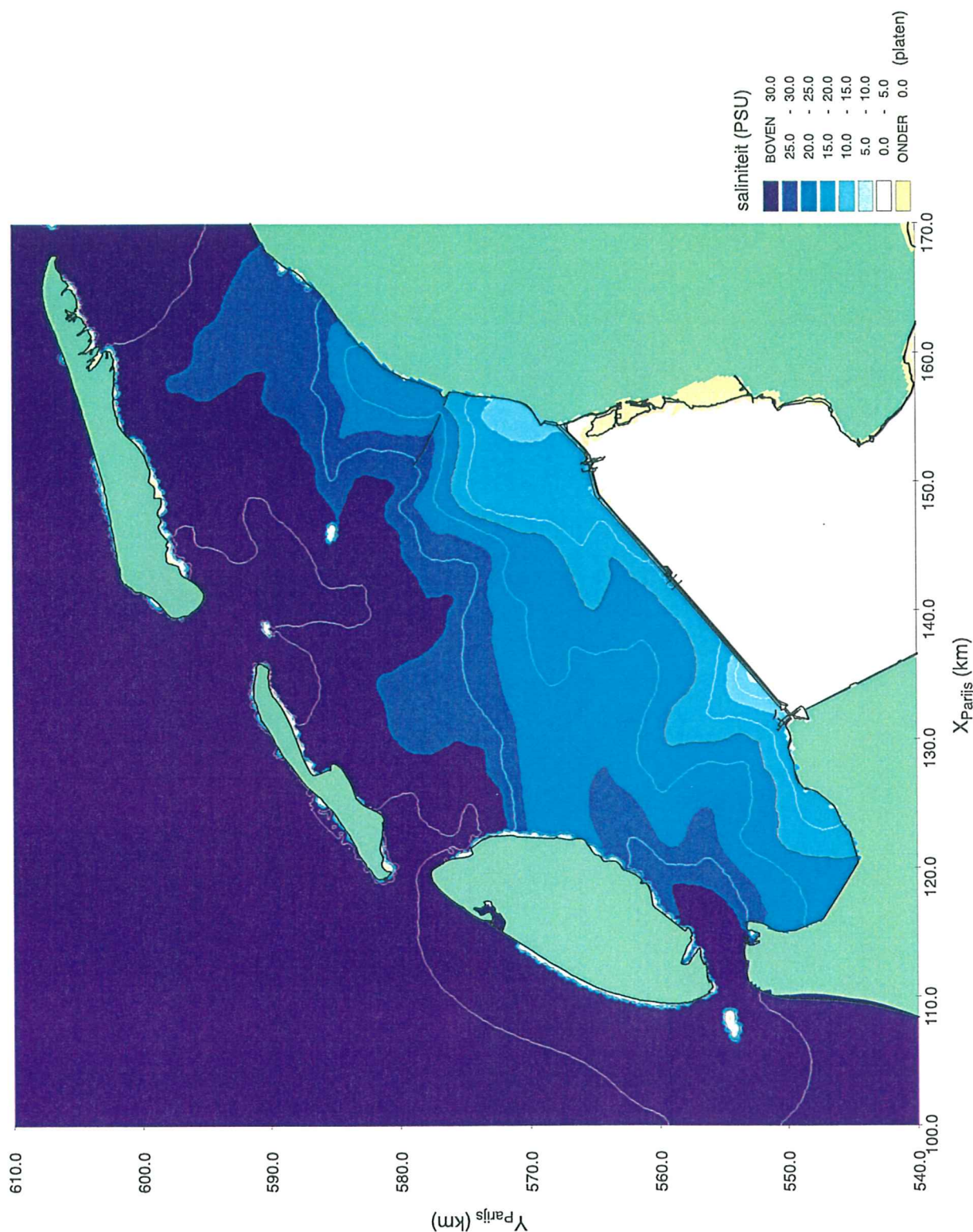
 Alkyon



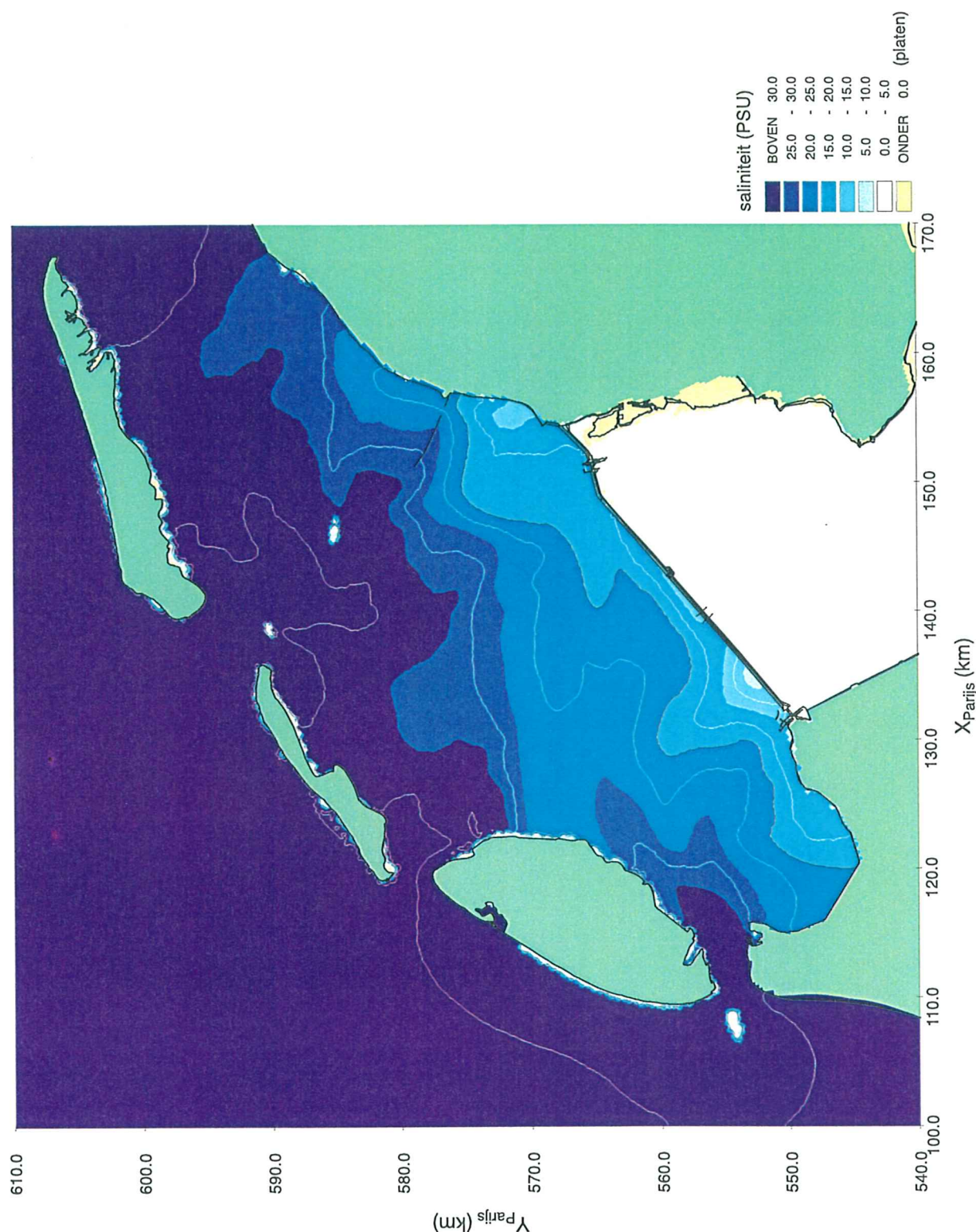
Figuur 3.5: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 1 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



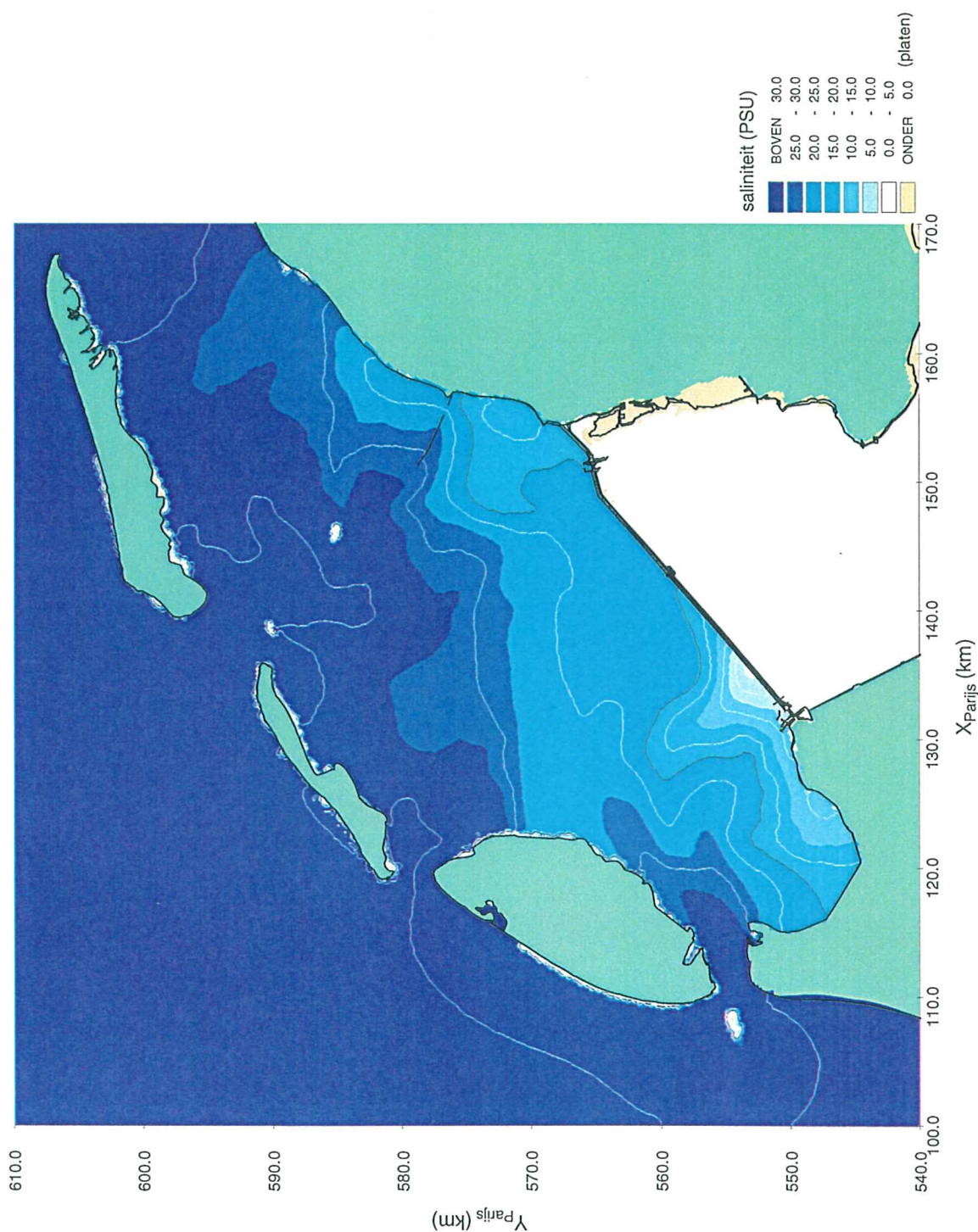
Figuur 3.6: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 2 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



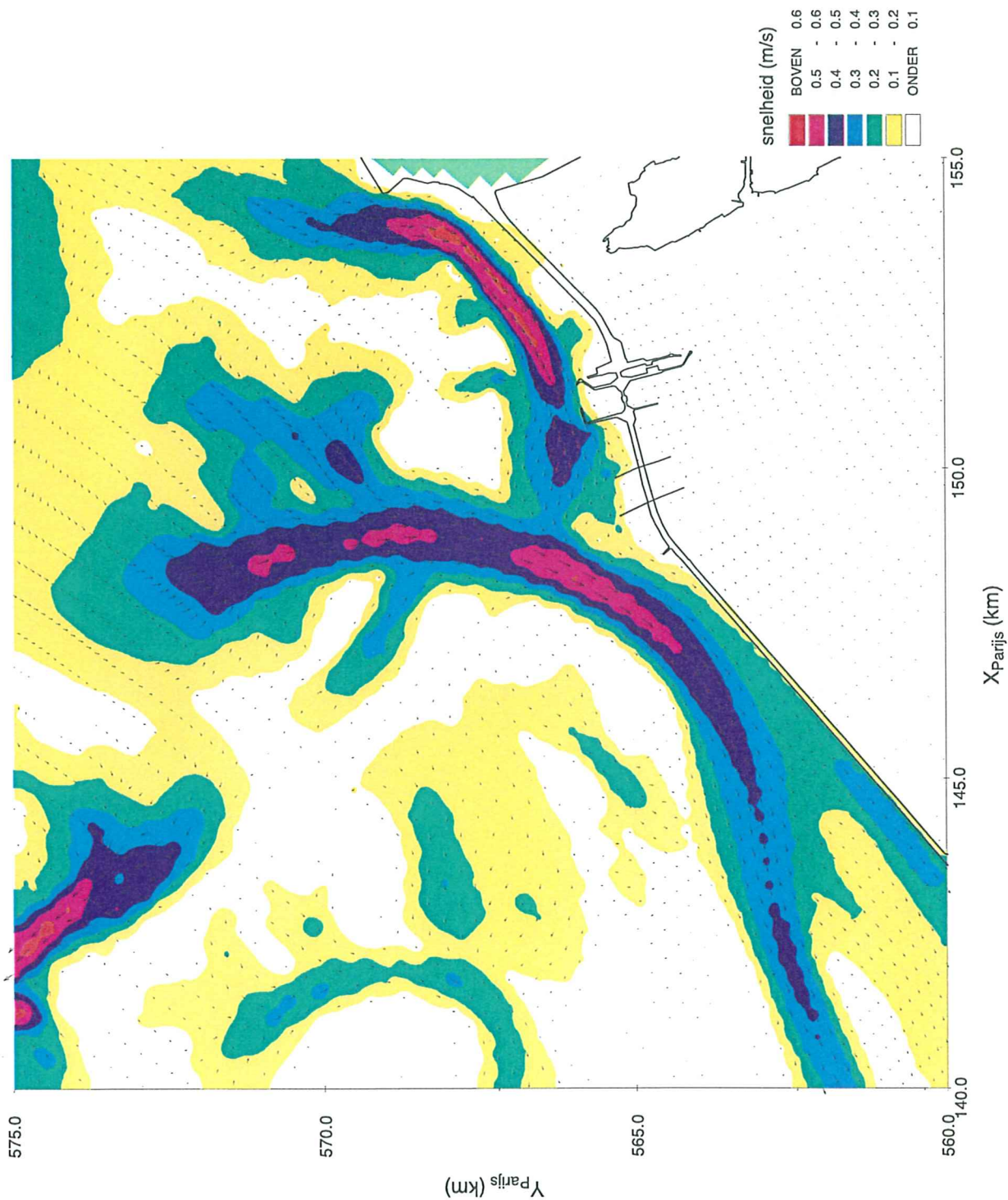
Figuur 3.7: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 3 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



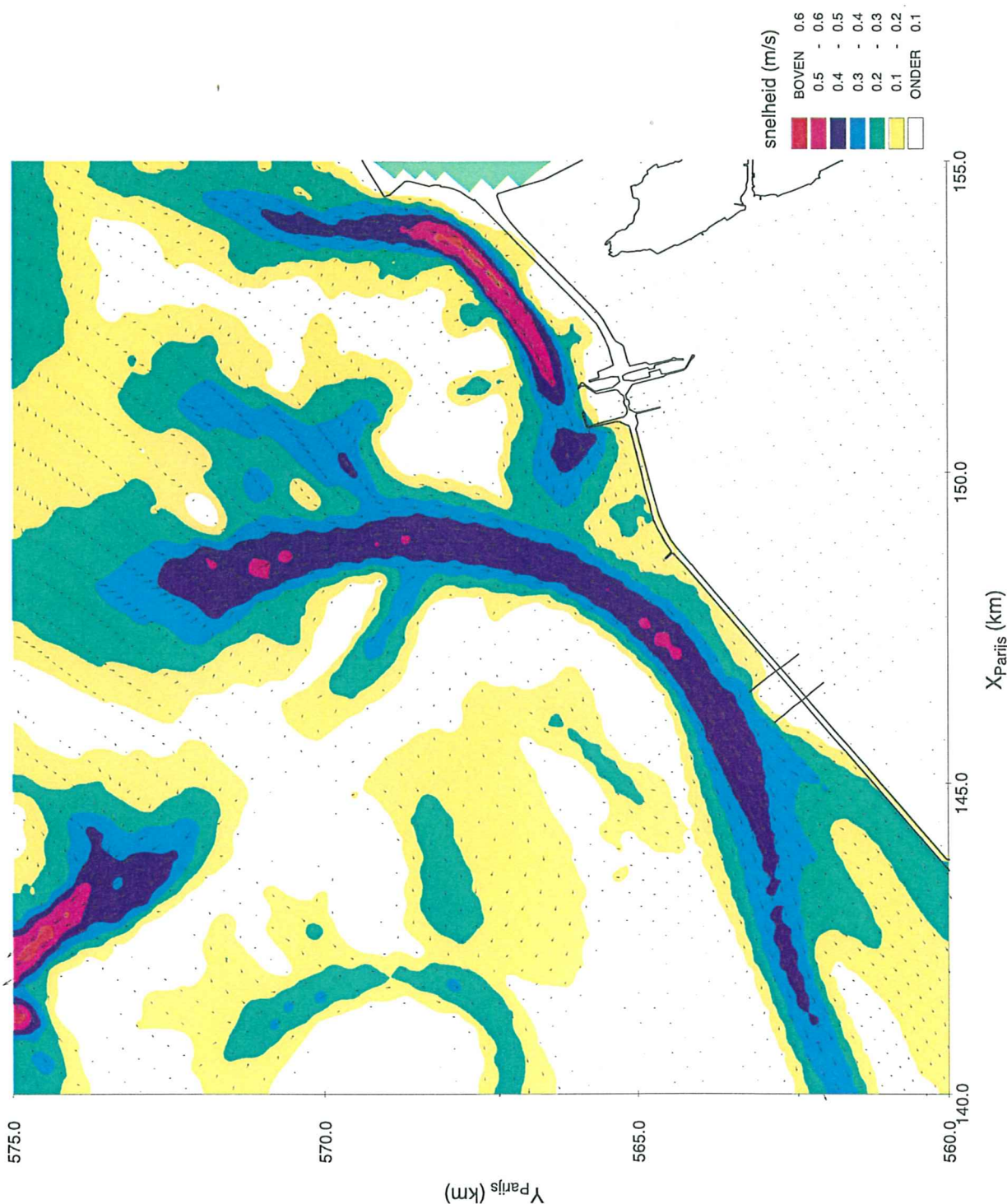
Figuur 3.8: saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



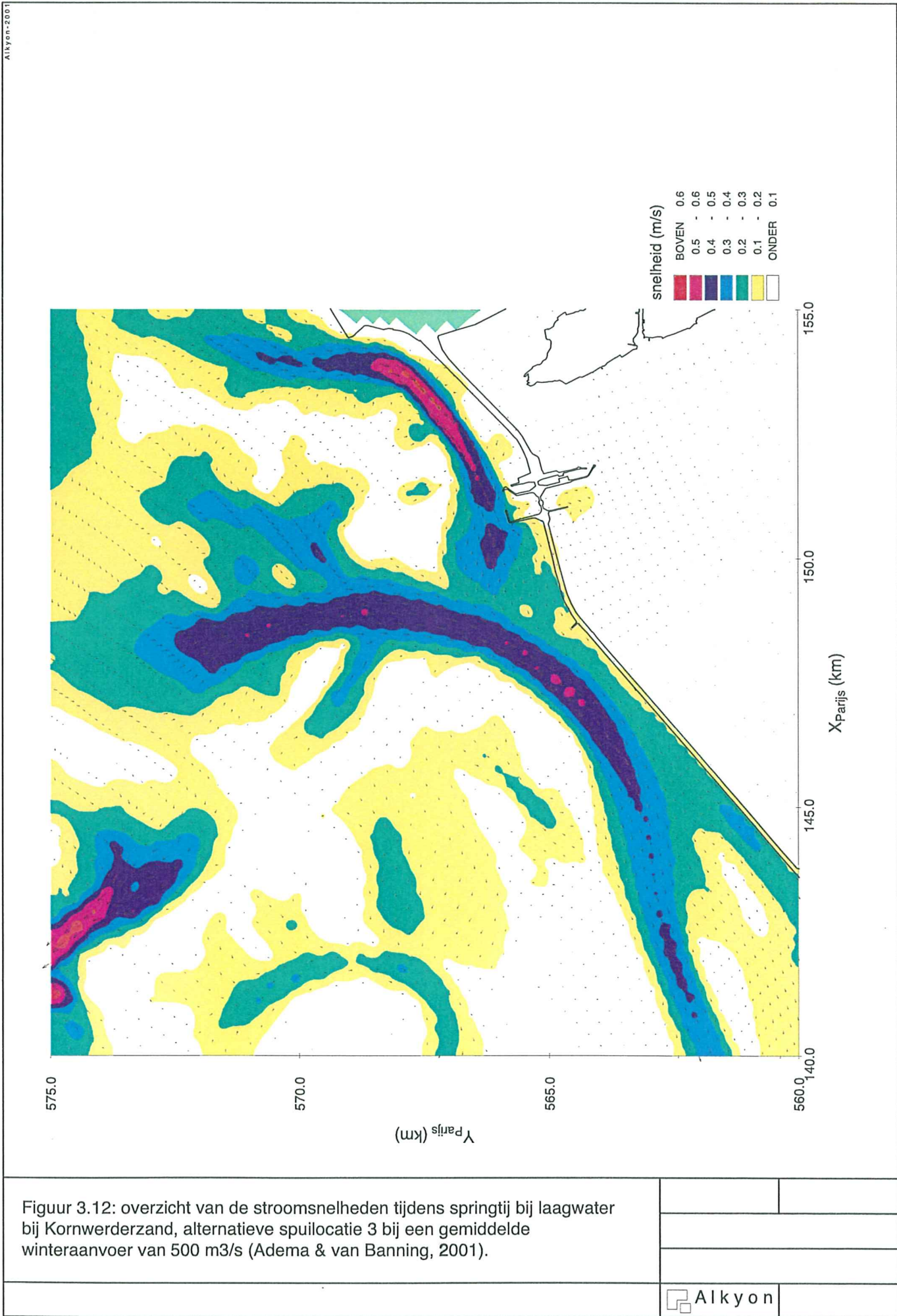
Figuur 3.9 Saliniteitsveld tijdens springtij bij hoogwater alternatieve spuillocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³s (van Banning, 2002)

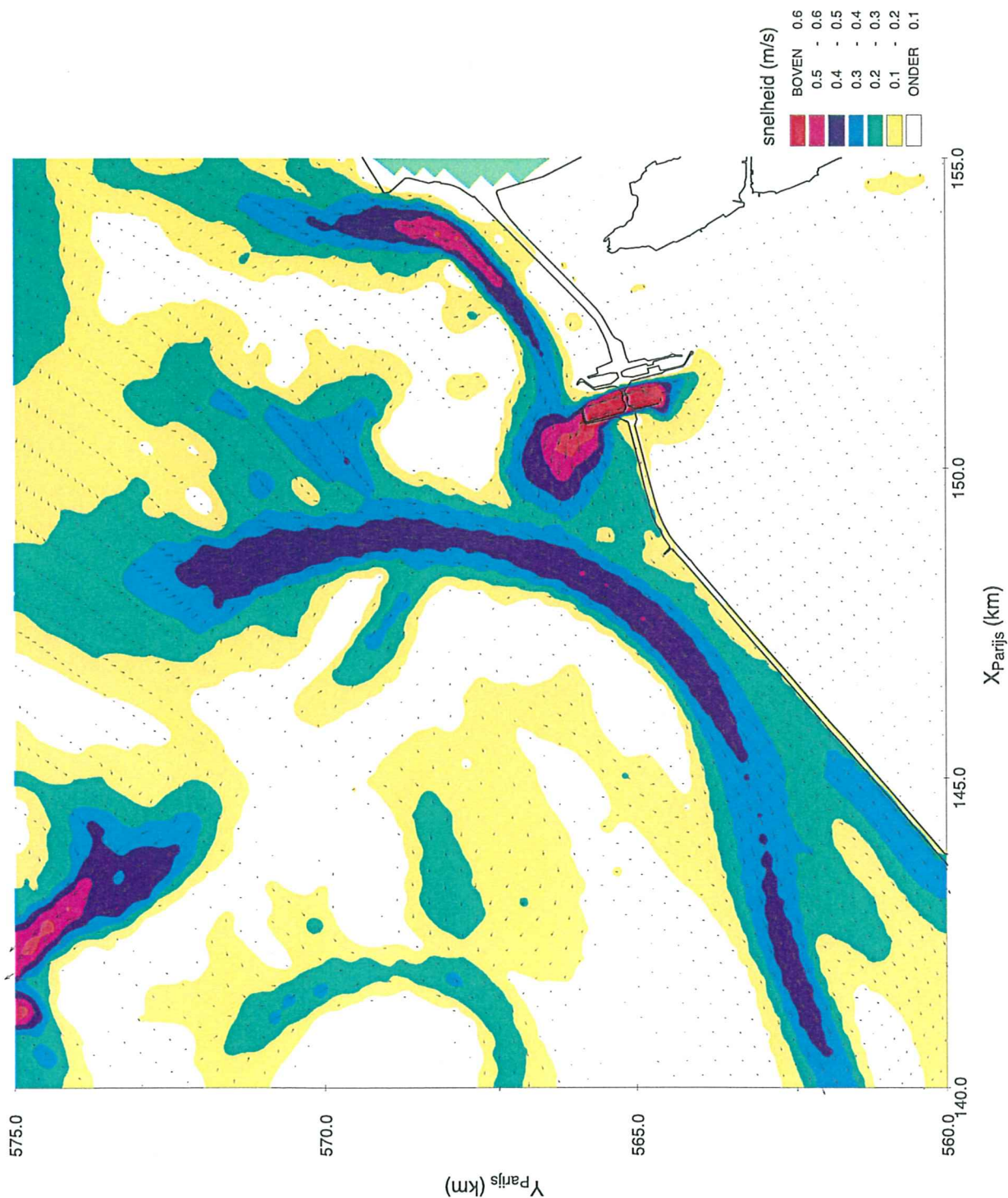


Figuur 3.10: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 1 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

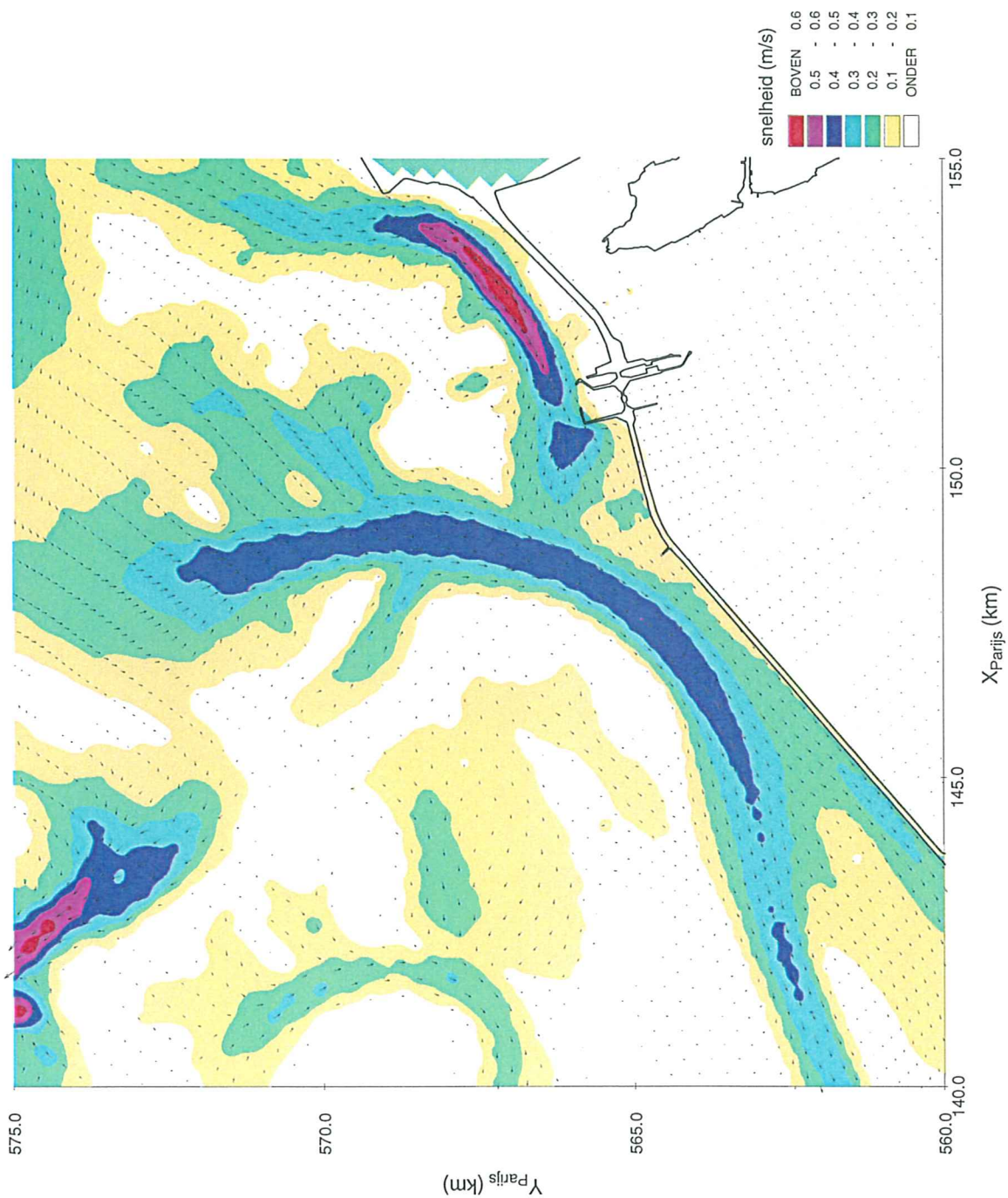


Figuur 3.11: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 2 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

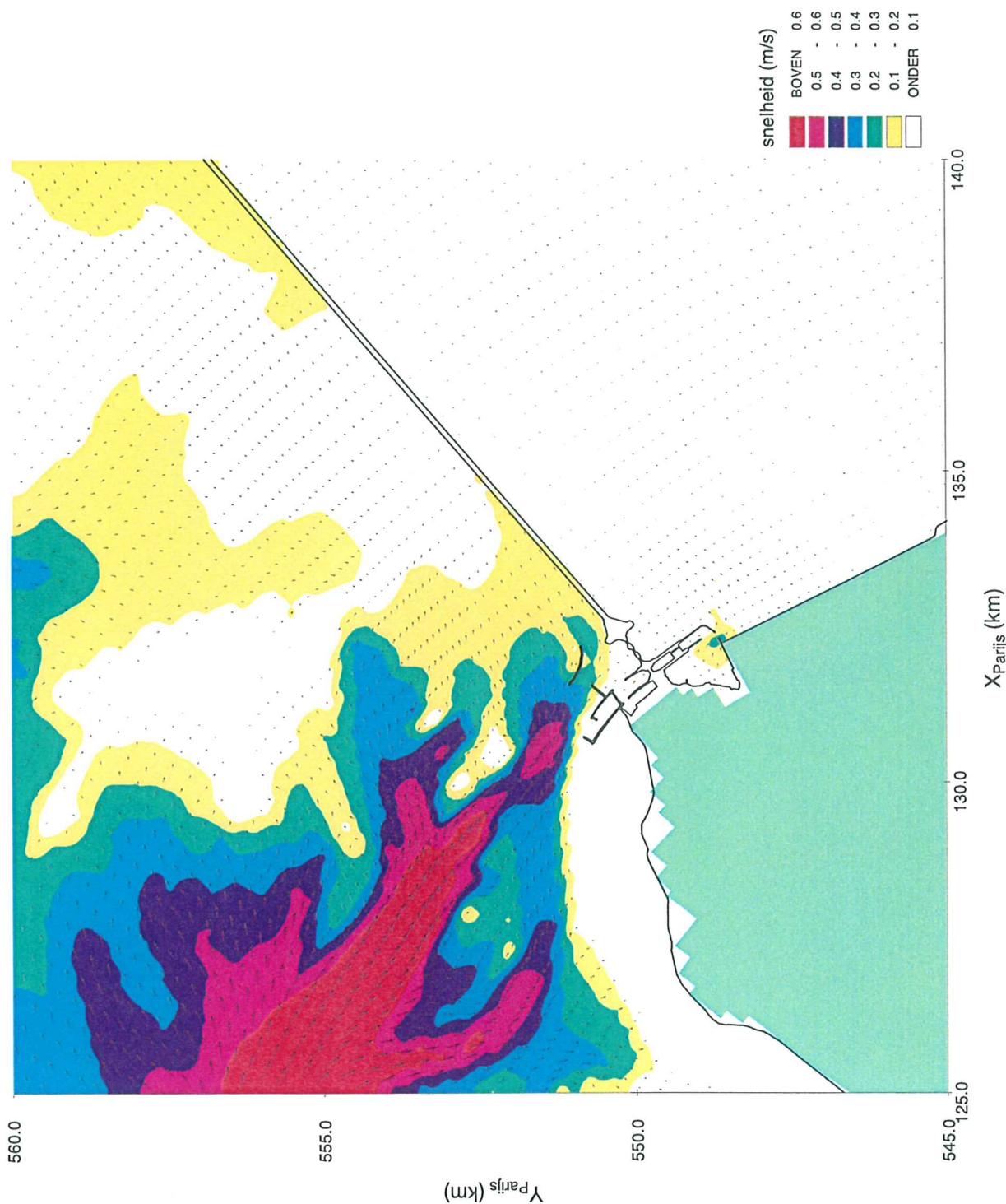




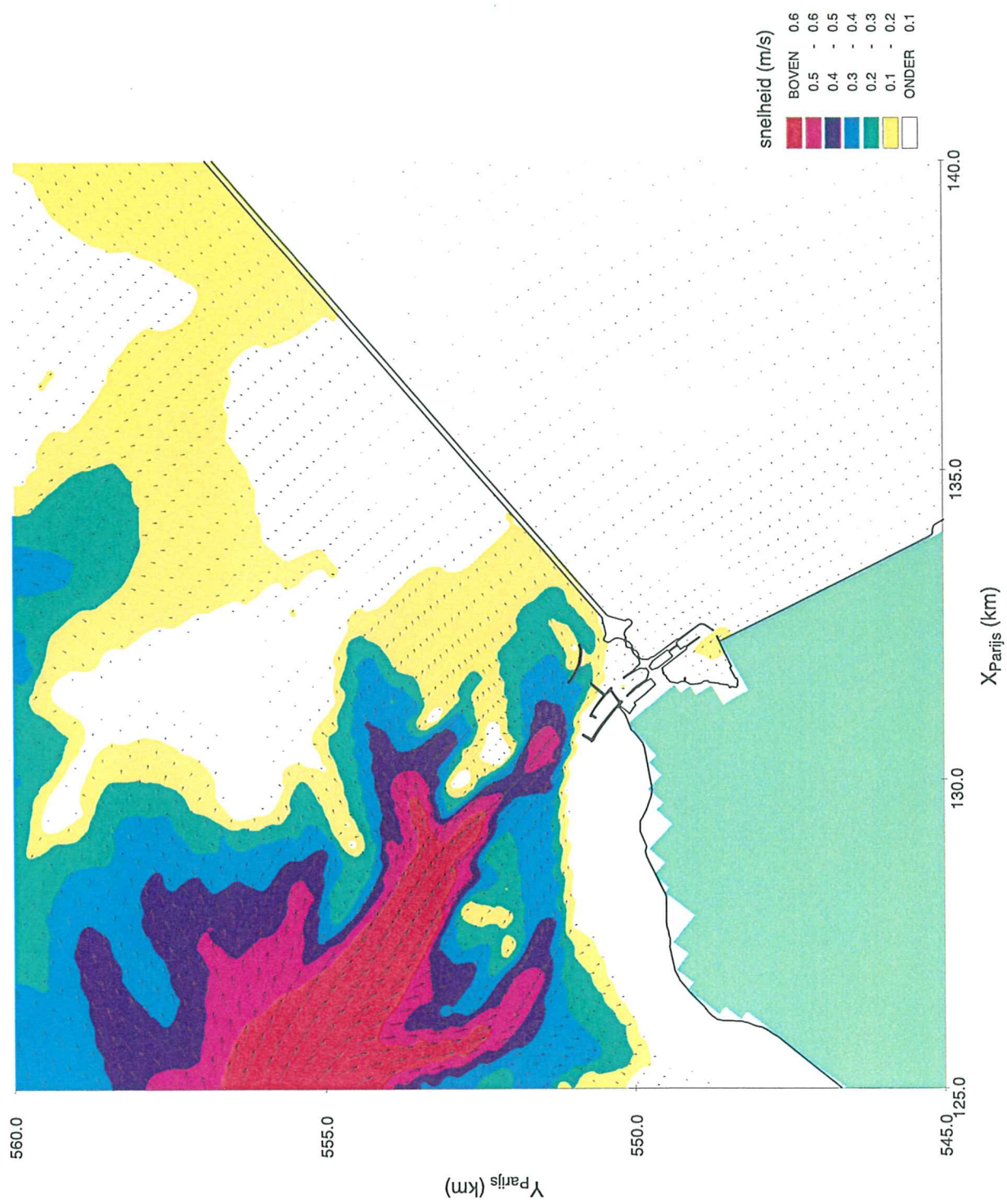
Figuur 3.13: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



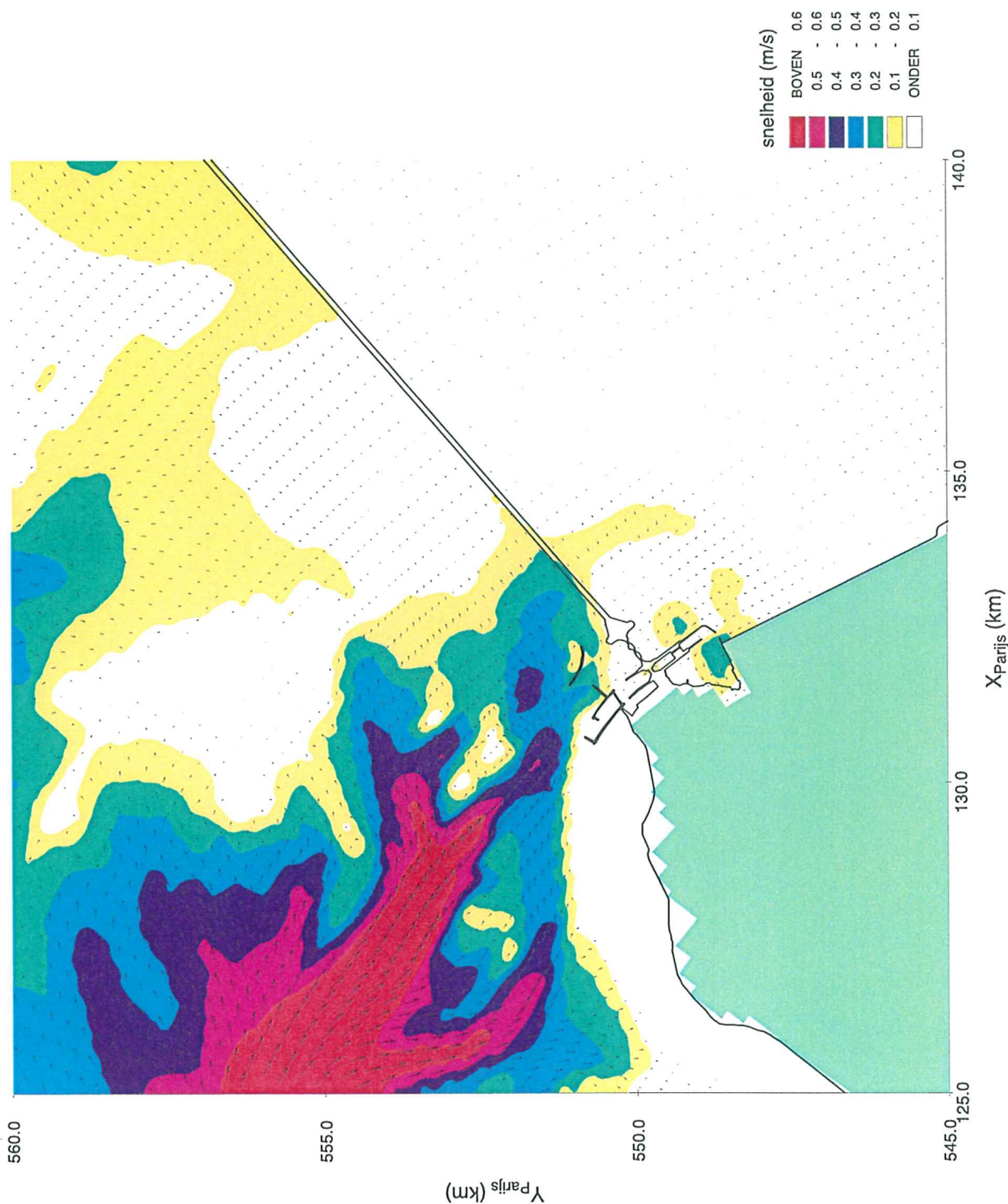
Figuur 3.14 Overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Kornwerderzand, alternatieve spuilocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (van Banning, 2002).



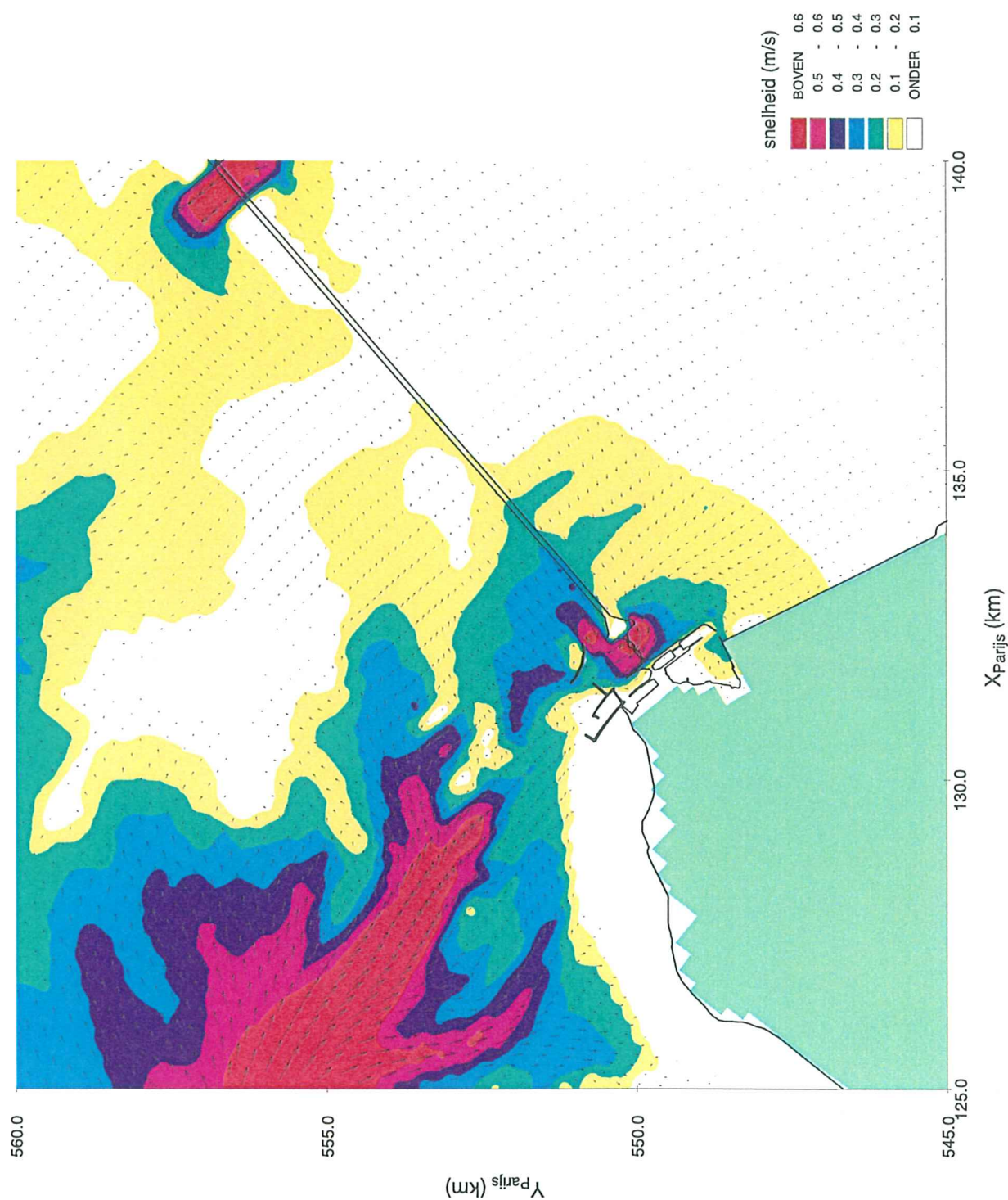
Figuur 3.15: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 1 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



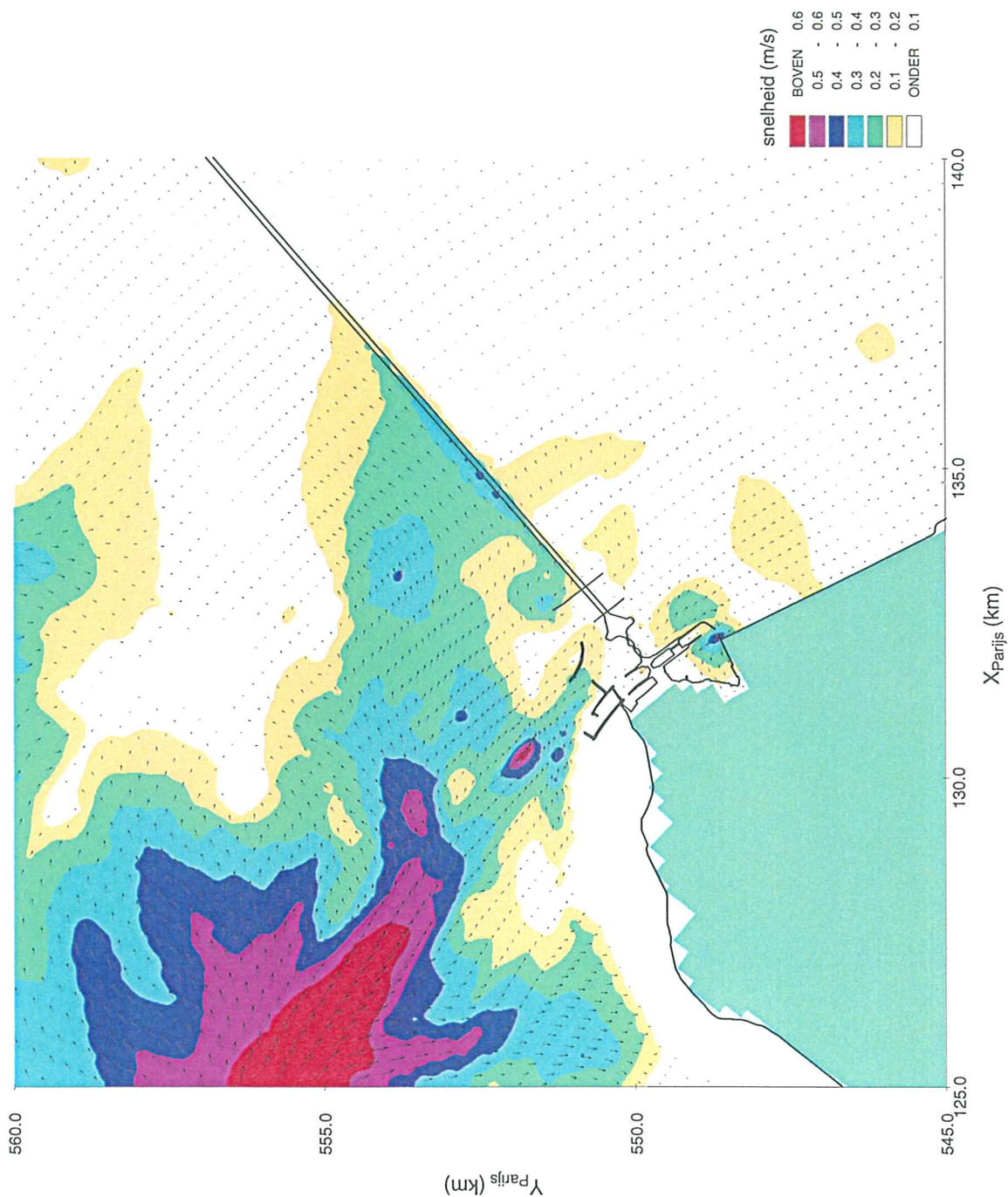
Figuur 3.16: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 2 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).



Figuur 3.17: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 3 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

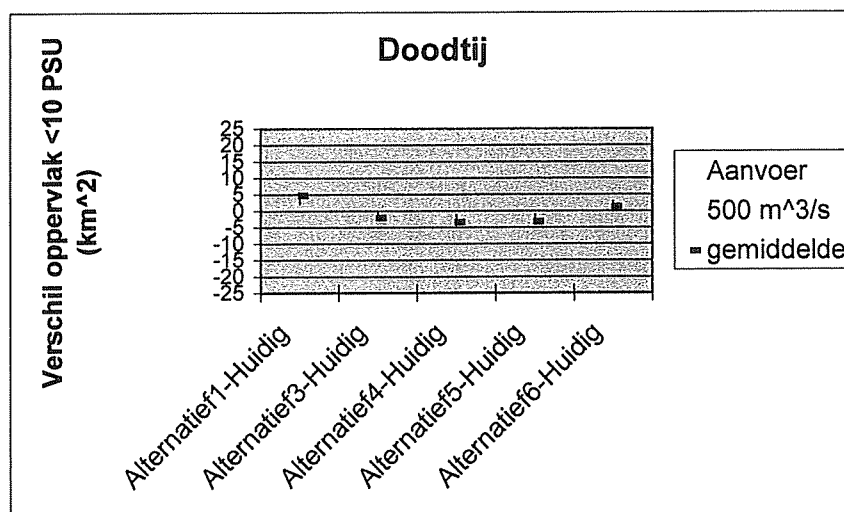
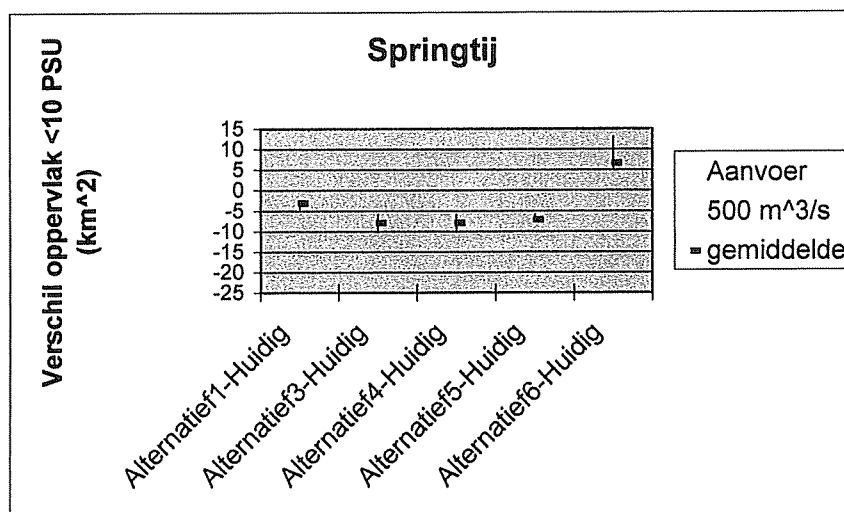
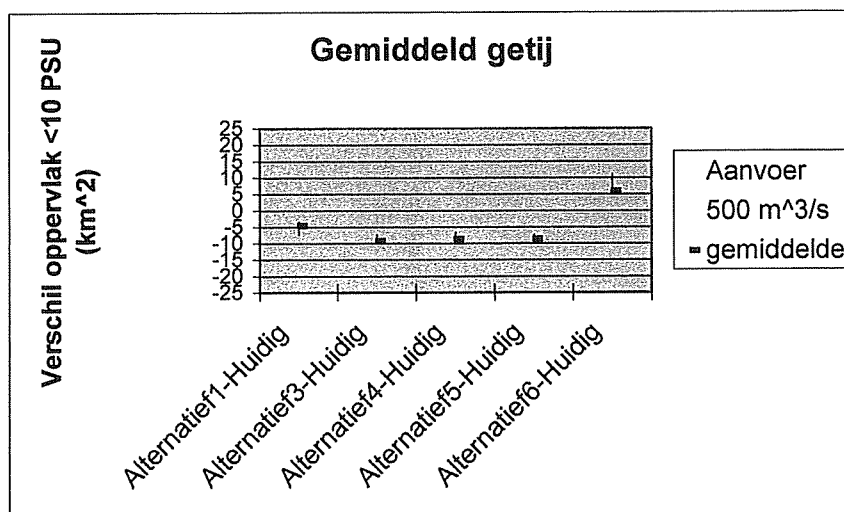


Figuur 3.18: overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 4 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s (Adema & van Banning, 2001).

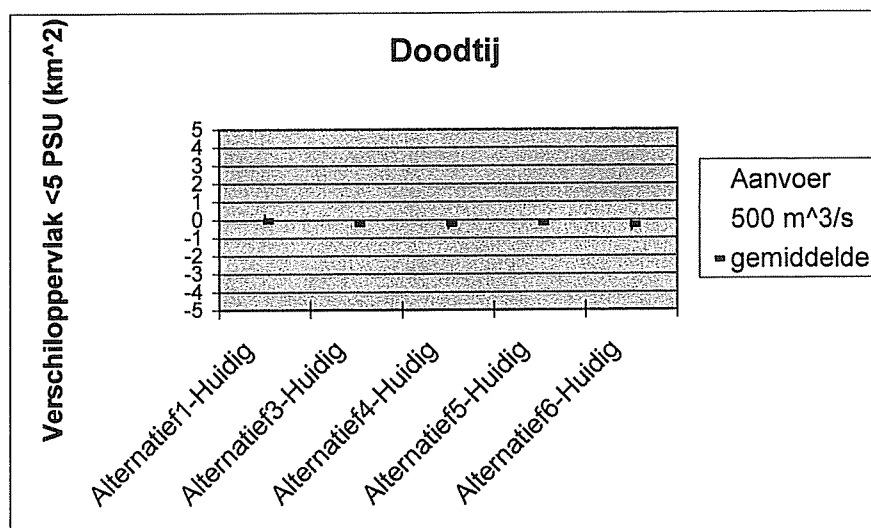
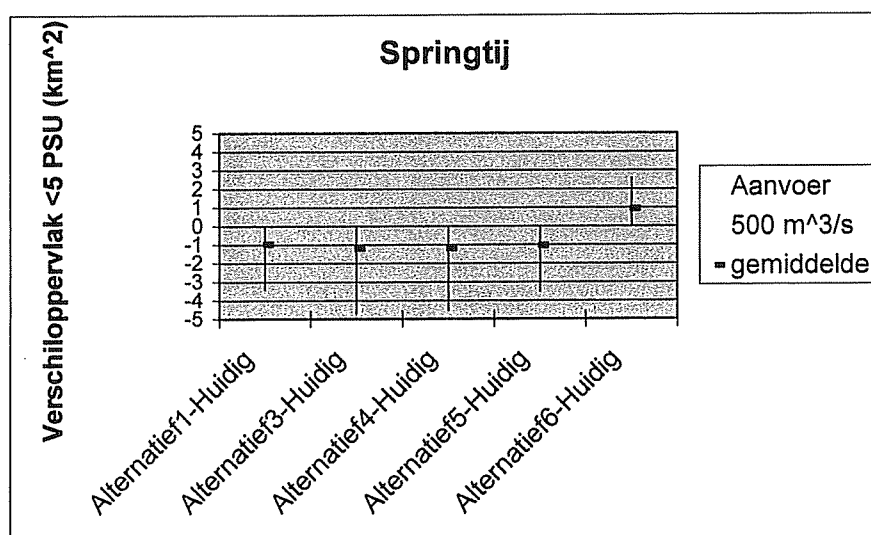
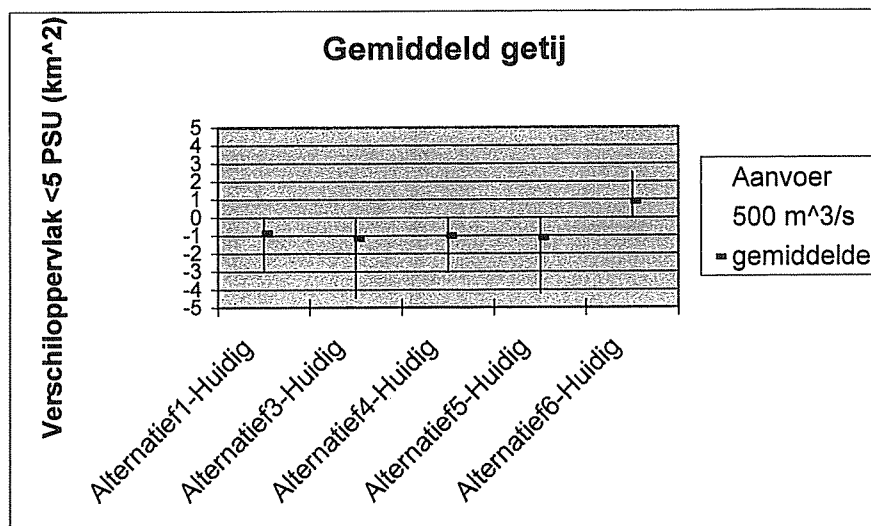


Figuur 3.19 Overzicht van de stroomsnelheden tijdens springtij bij laagwater bij Den Oever, alternatieve spuilocatie 5 bij een gemiddelde winteraanvoer van 500 m³/s.

Figuur 3.20a
 Verschiloppervlak < 10 PSU bij gemiddeld
 getij, springtij en doodtij met maxima en
 minima en een zoetwateraanvoer naar
 IJsselmeer van 500 m³/s.

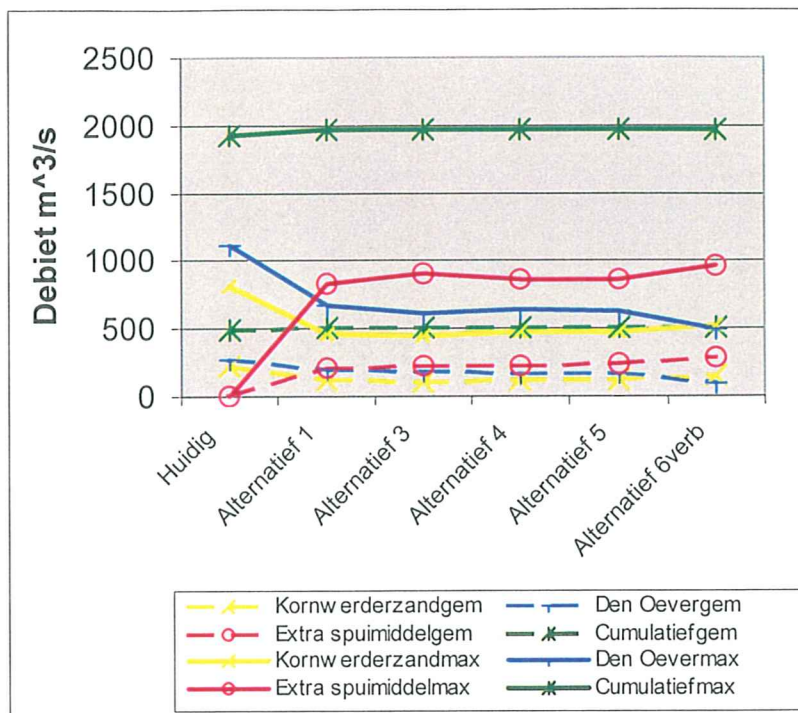


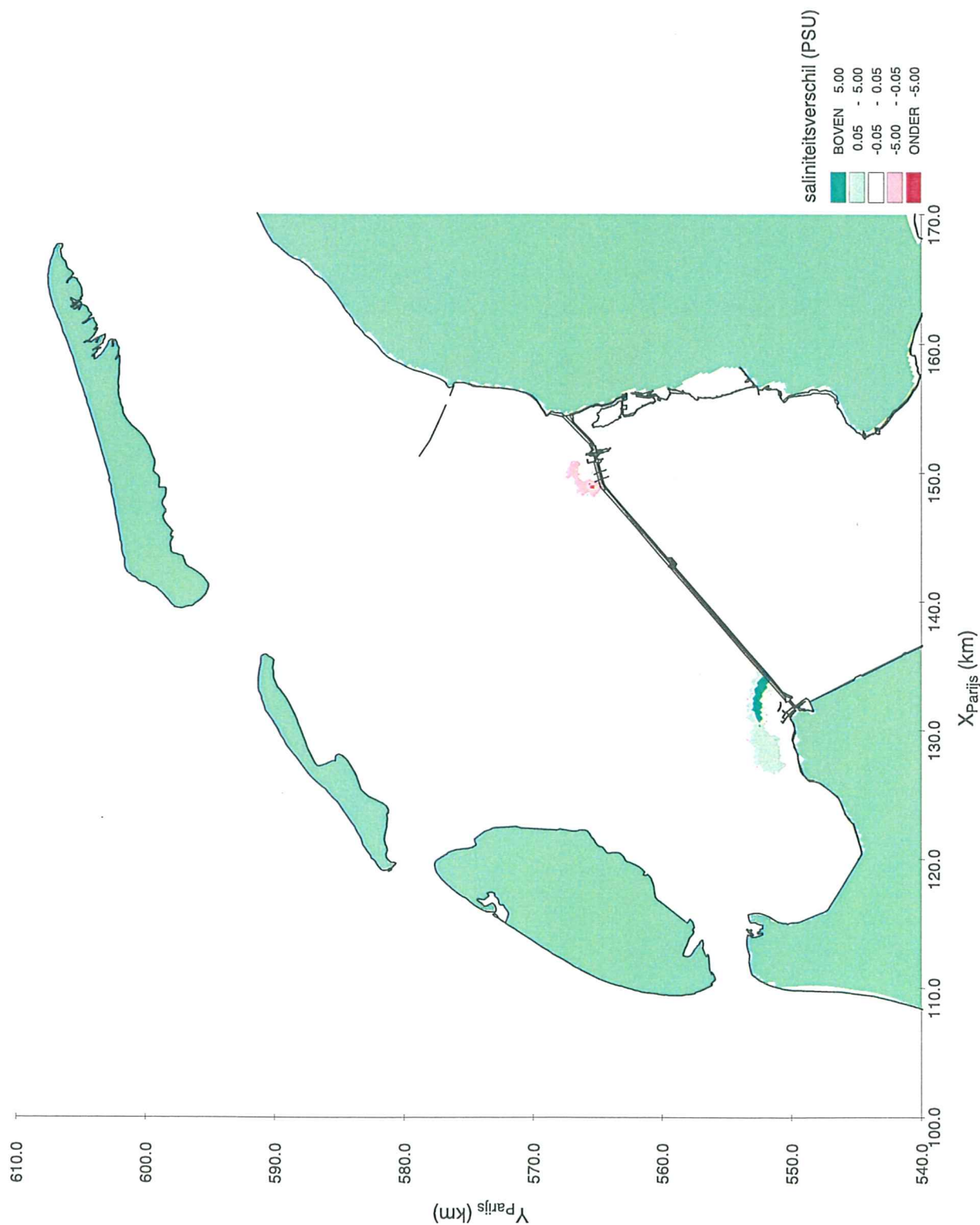
.....
Figuur 3.20c
 Verschiloppervlak <5 PSU bij gemiddeld getij,
 springtij en doodtij met maxima en minima en
 een zoetwataaraanvoer naar IJsselmeer van
 500 m³/s



Figuur 3.21

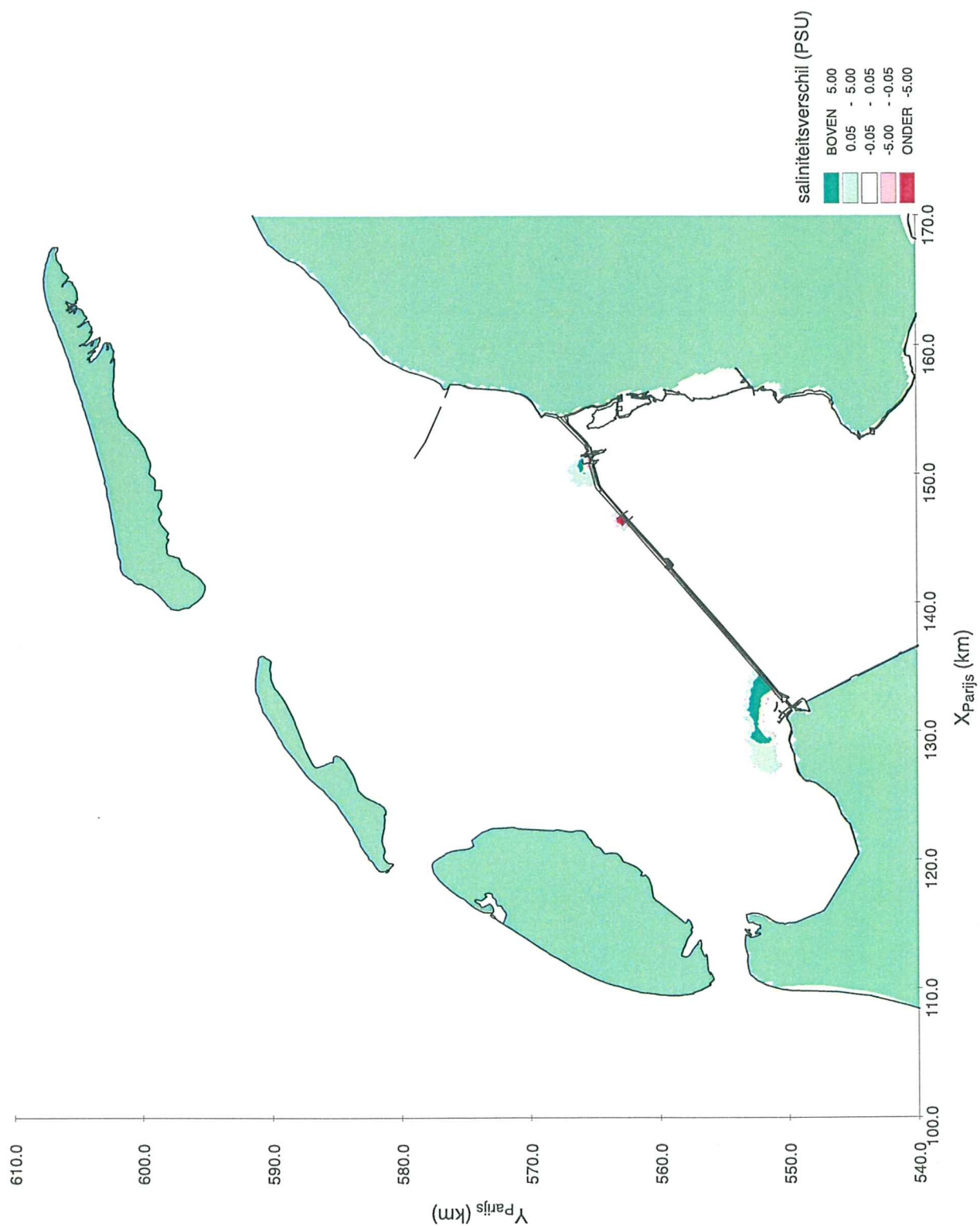
Spuidebiet voor de diverse spuumiddelen bij de vijf alternatieve spuilocaties voor maximale aanvoer (2000 m³/s) en gemiddelde aanvoer (500 m³/s) over een periode van 16 dagen (data: van Banning, 2002).



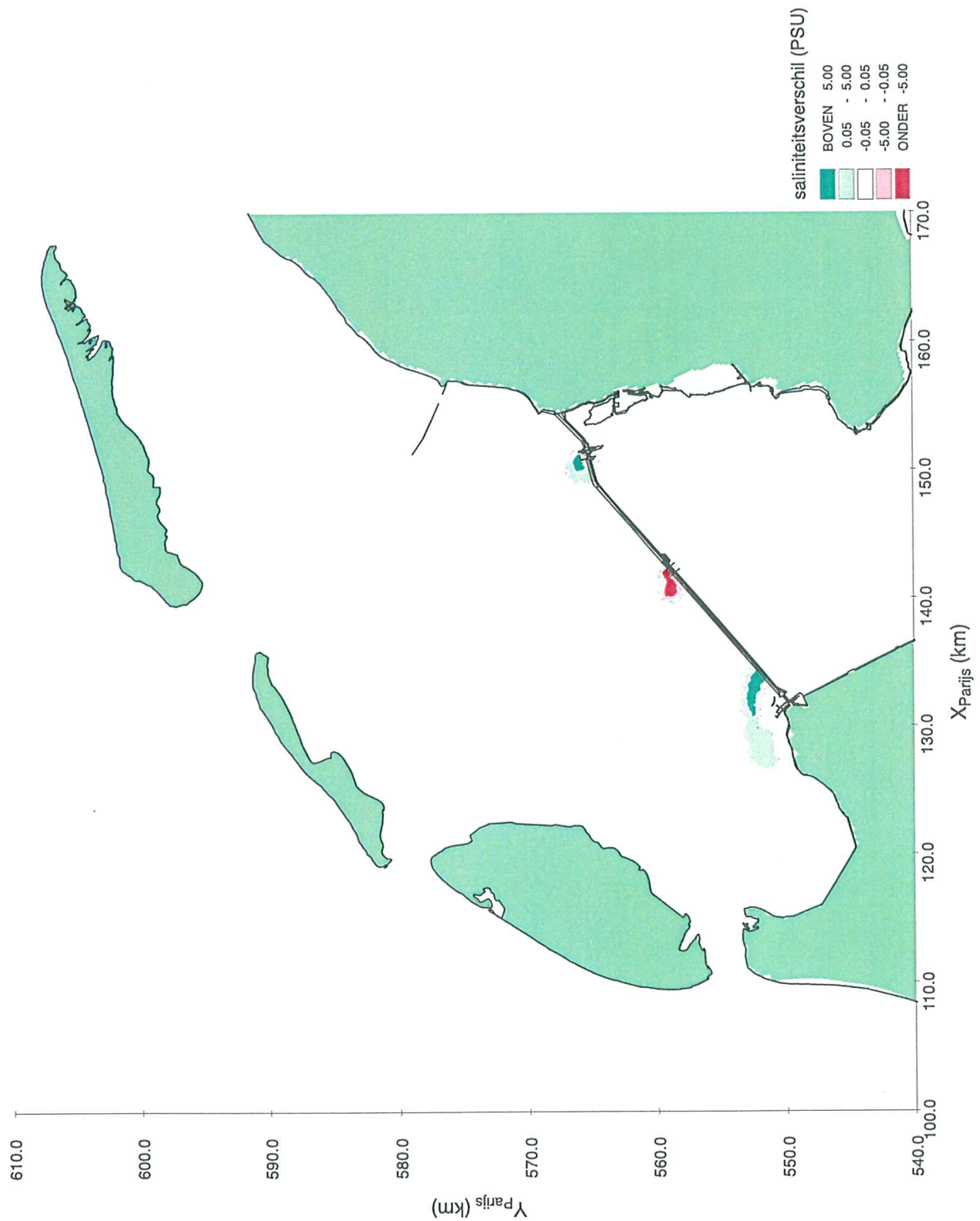


Figuur 3.22

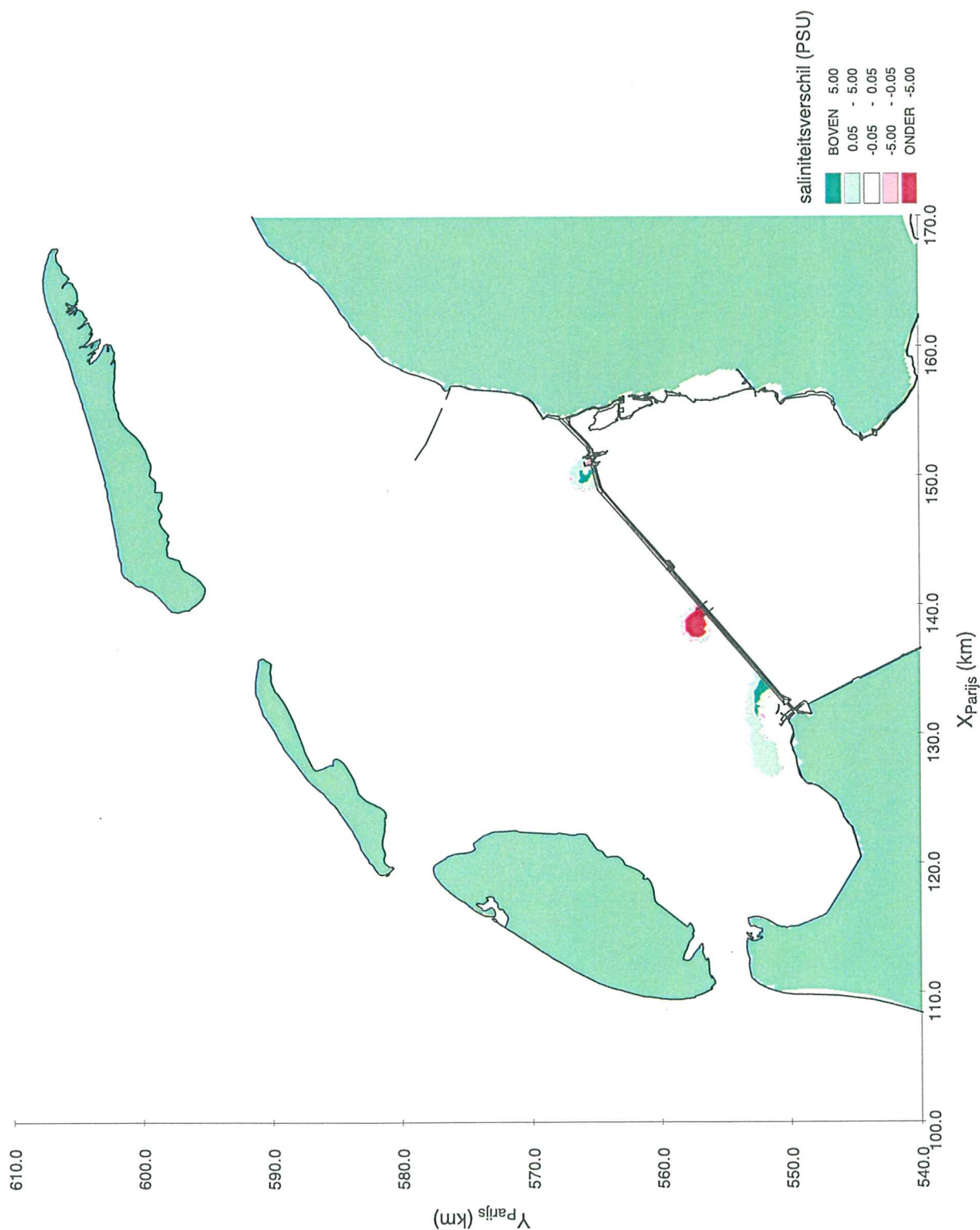
Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laag water
alternatieve spuilocatie 1 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).



Figuur 3.23: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

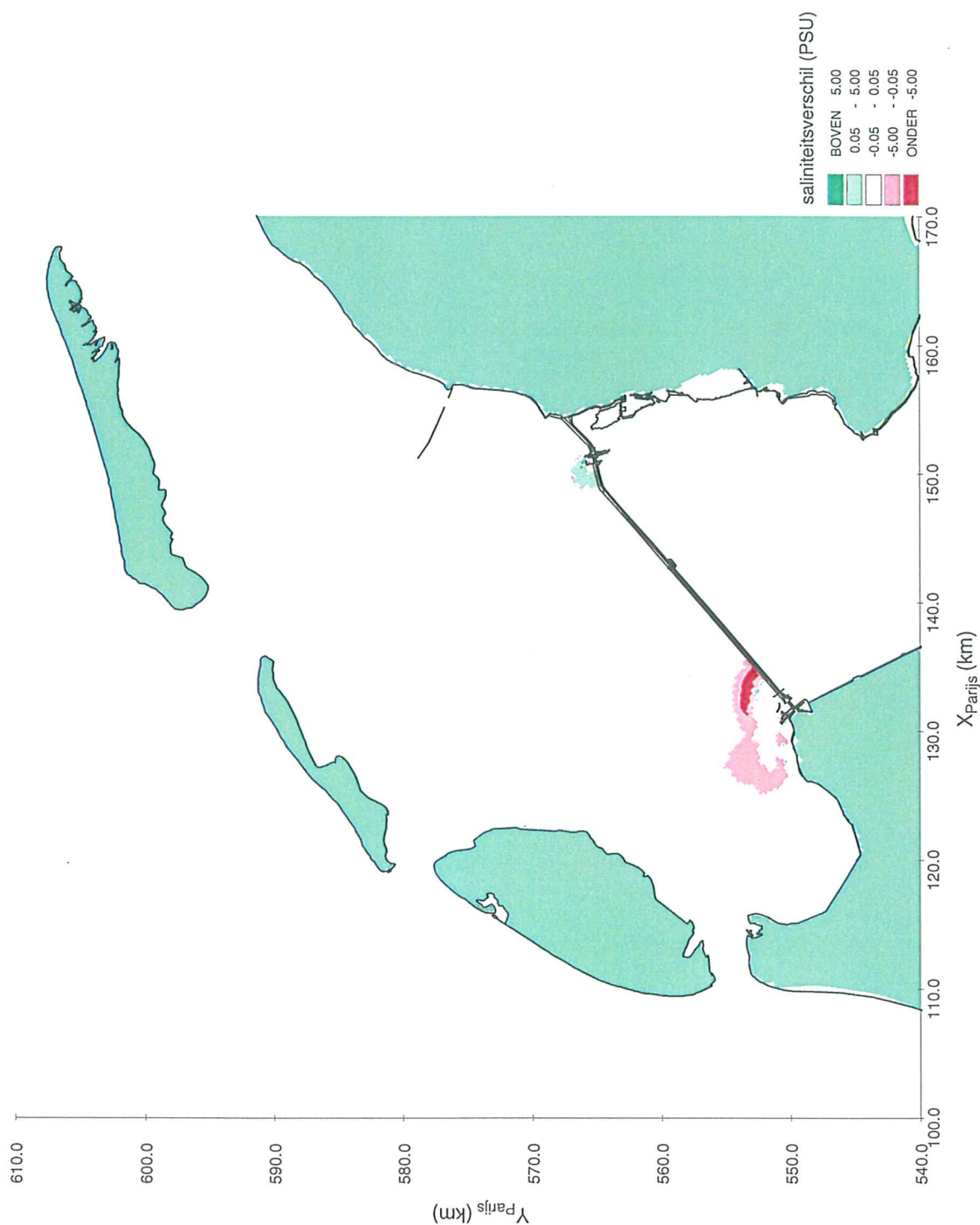


Figuur 3.24: saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).

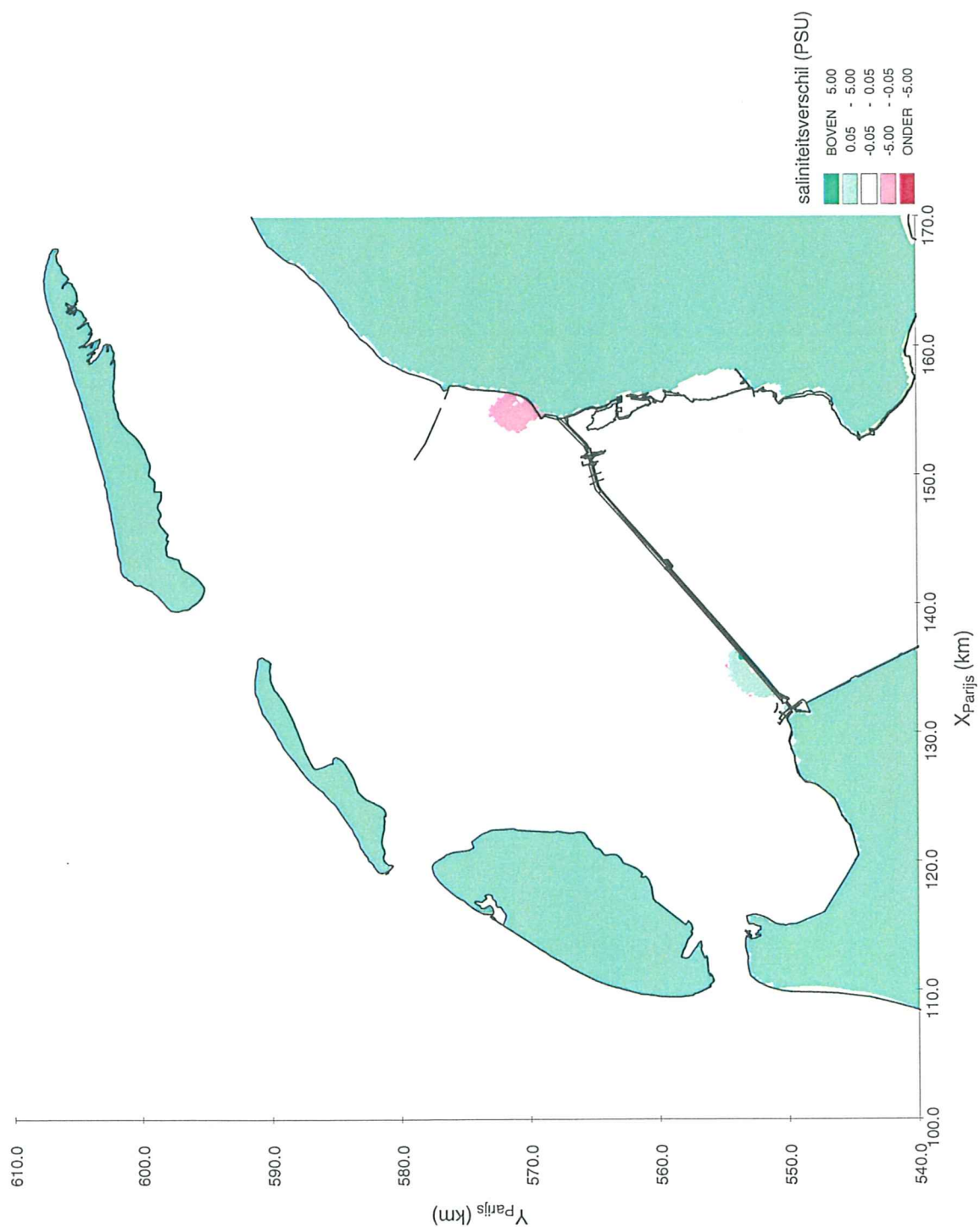


Figuur 3.25

Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laag water
alternatieve spuilocatie 4 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).



Figuur 3.26
Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater
alternatieve spuilocatie 5 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 500 m³/s).



Figuur 3.27
Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 1 t.o.v. huidige situatie (afvoer 500 m³/s).



Figuur 3.28

Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve 2 t.o.v. huidige situatie (afvoer 500 m³/s).

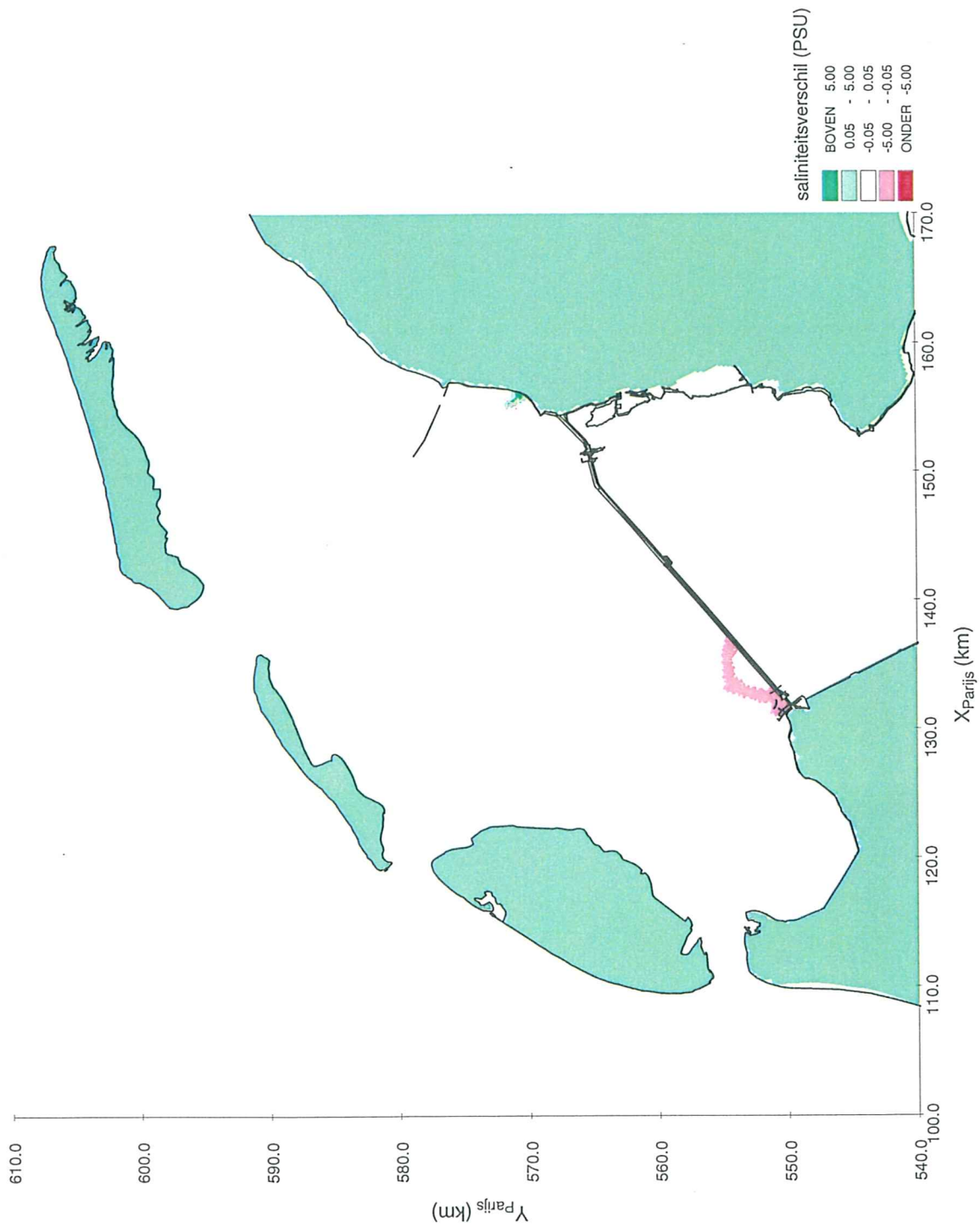


Figuur 3.29

Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 3 t.o.v. huidige situatie (afvoer 500 m³/s).

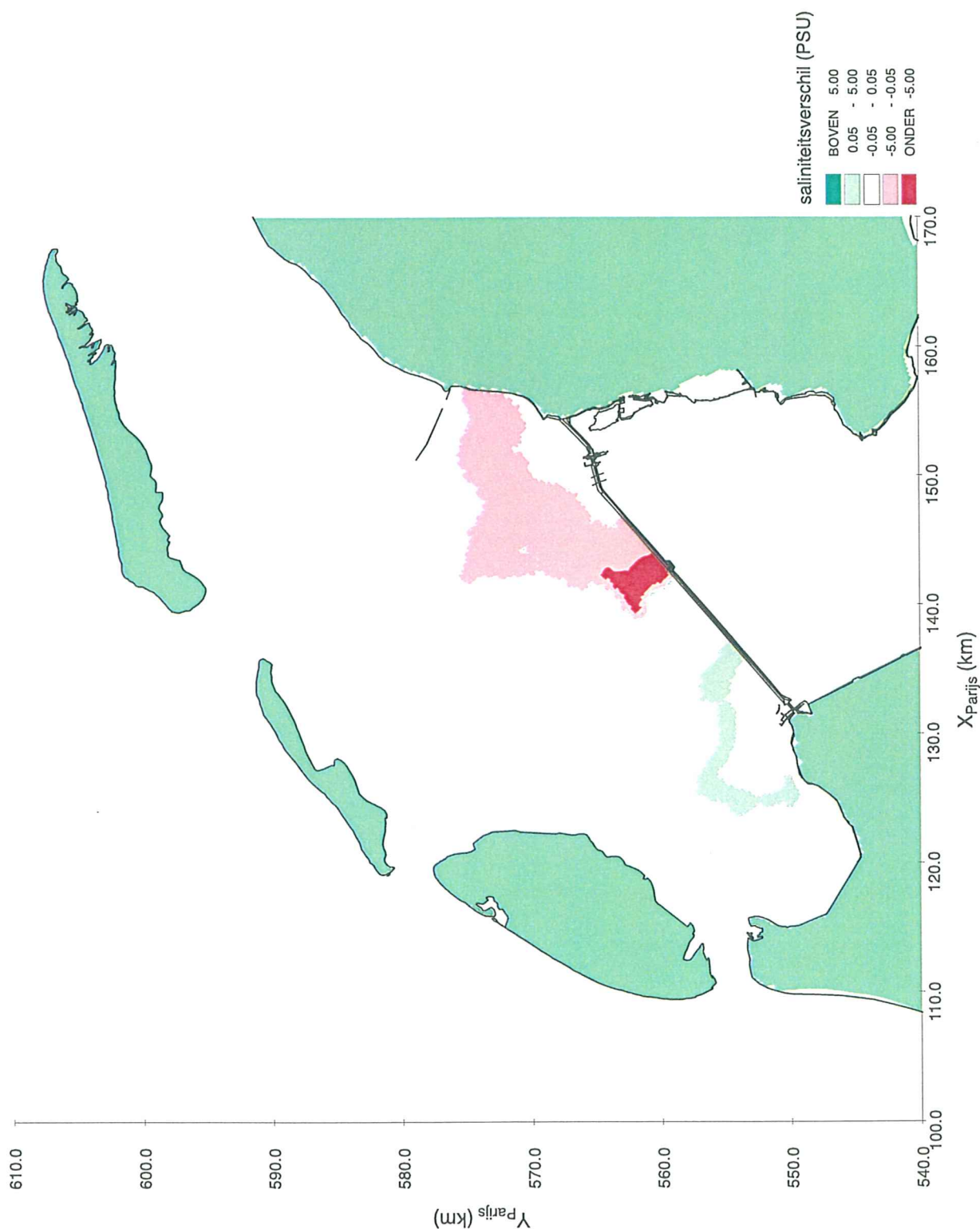


Figuur 3.30
Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 4 t.o.v. huidige situatie (afvoer 500 m³/s).

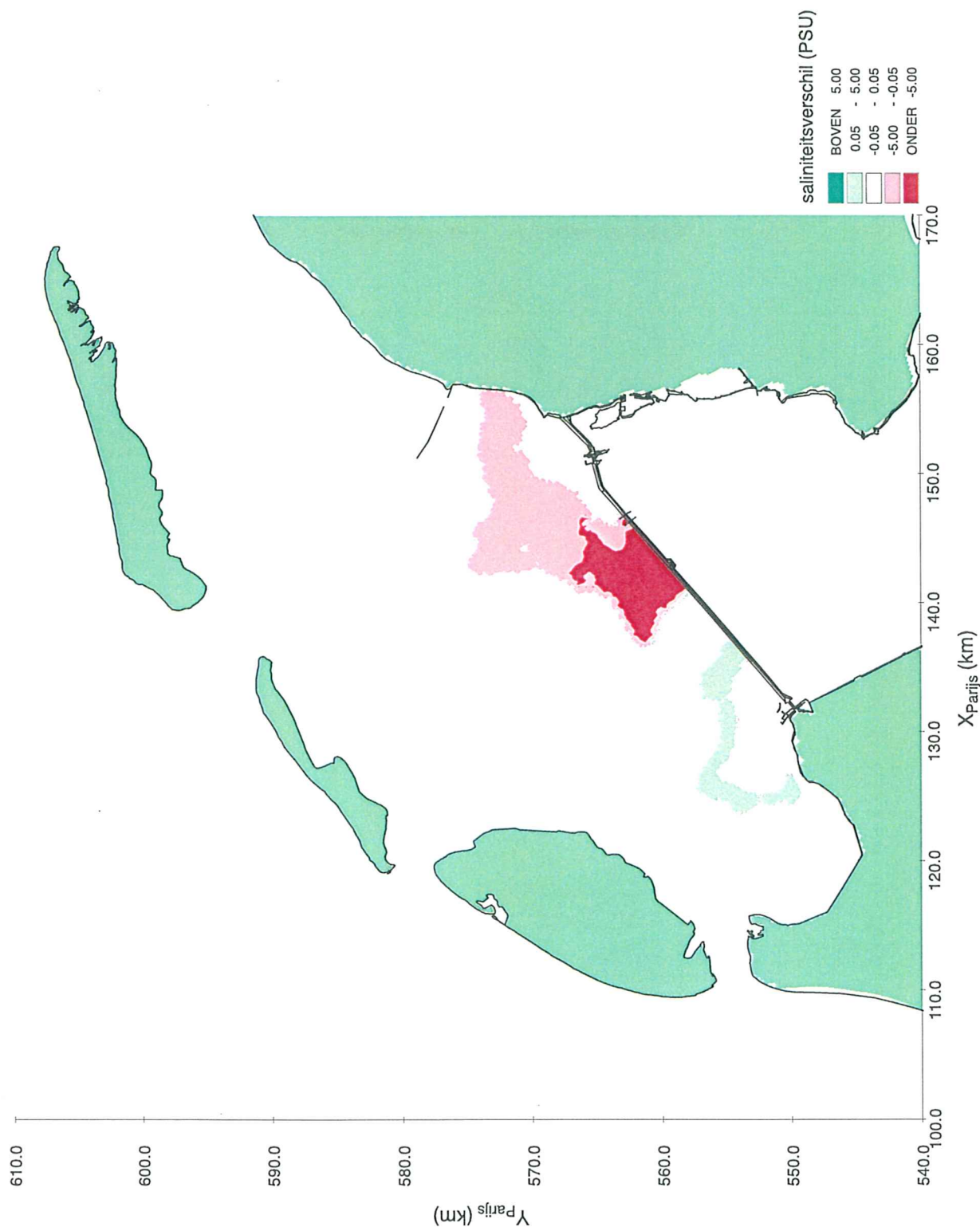


Figuur 3.31

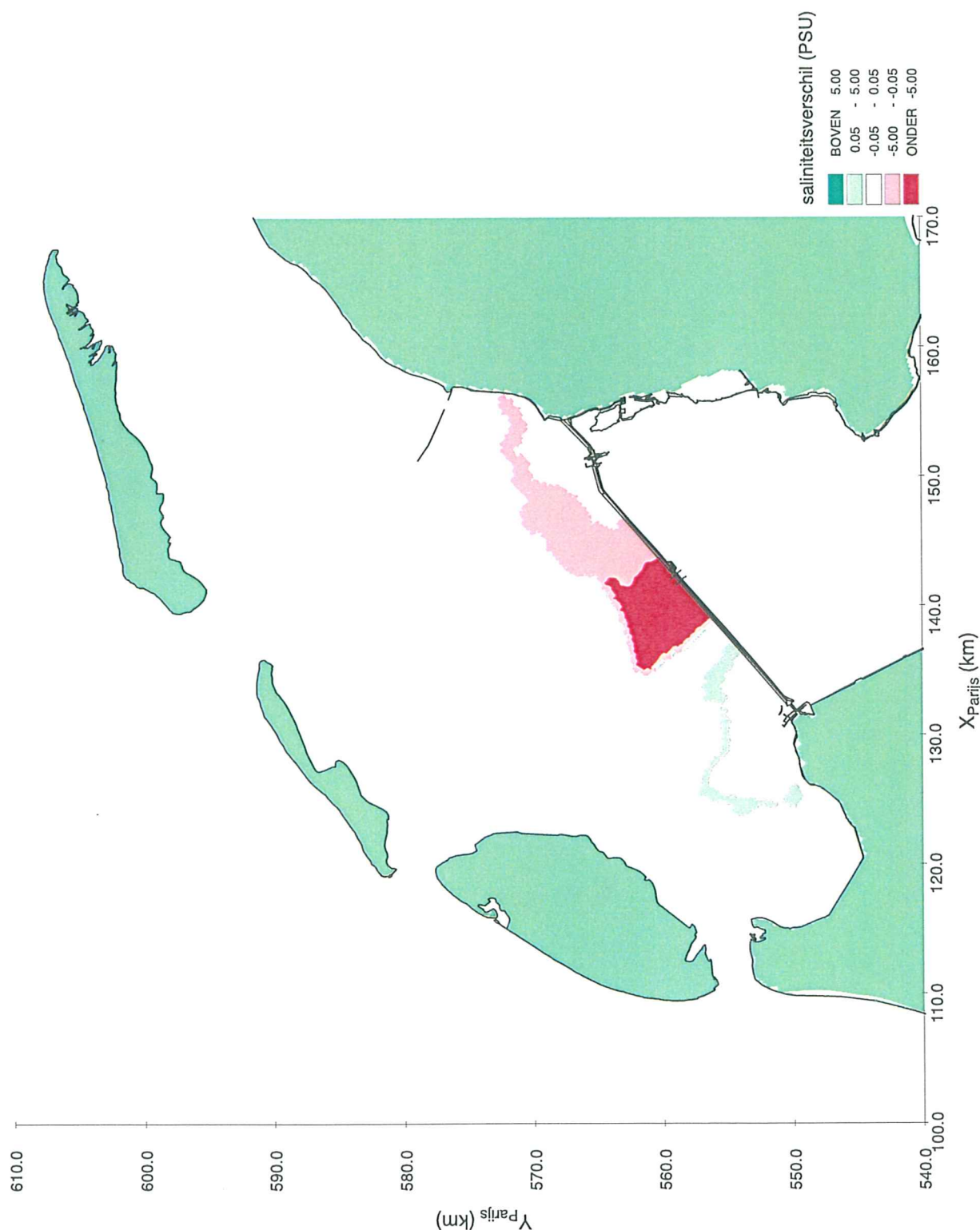
Saliniteitsverschil 10 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 5 t.o.v. huidige situatie (afvoer 500 m³/s).



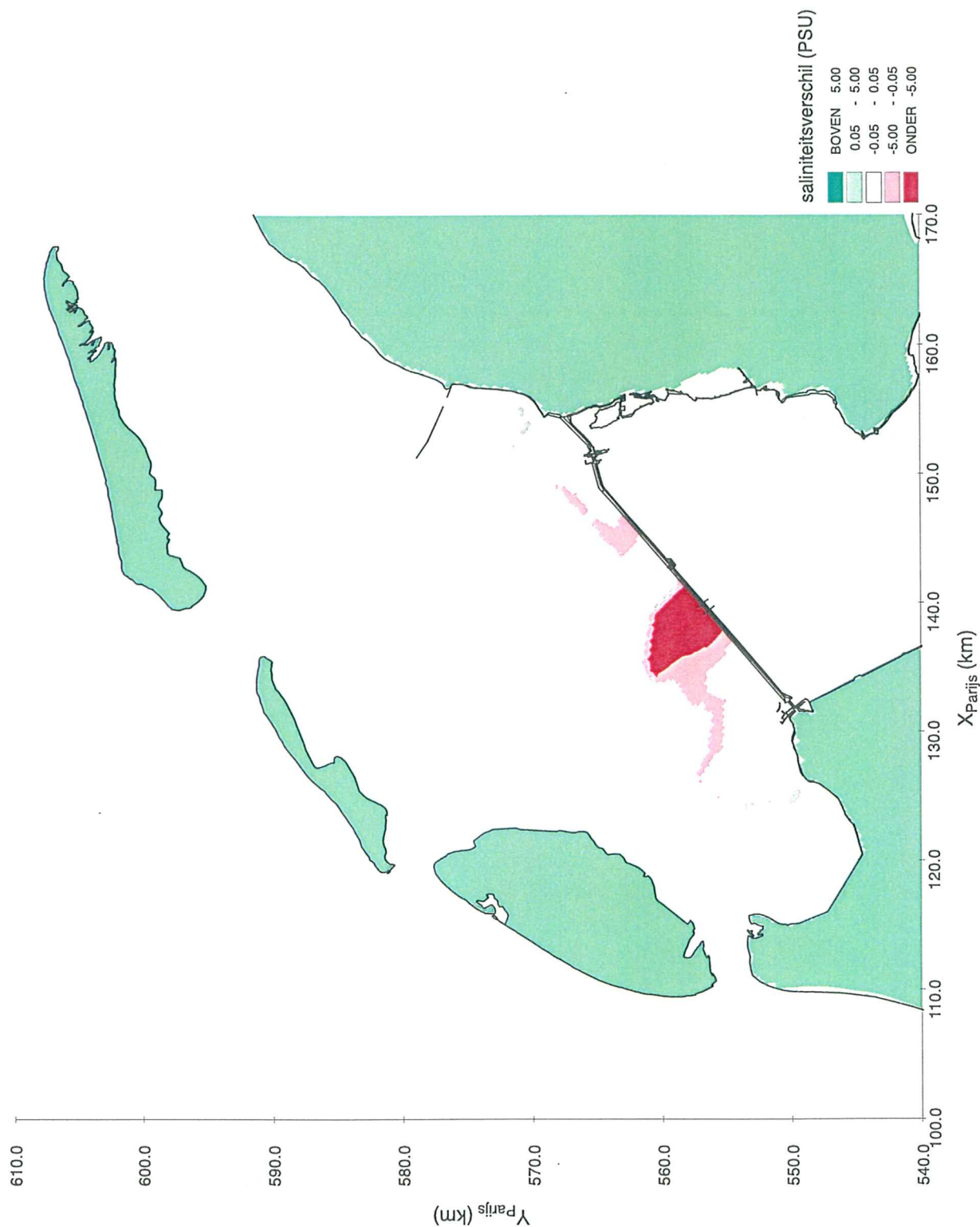
Figuur 3.32: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 1 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m3/s).



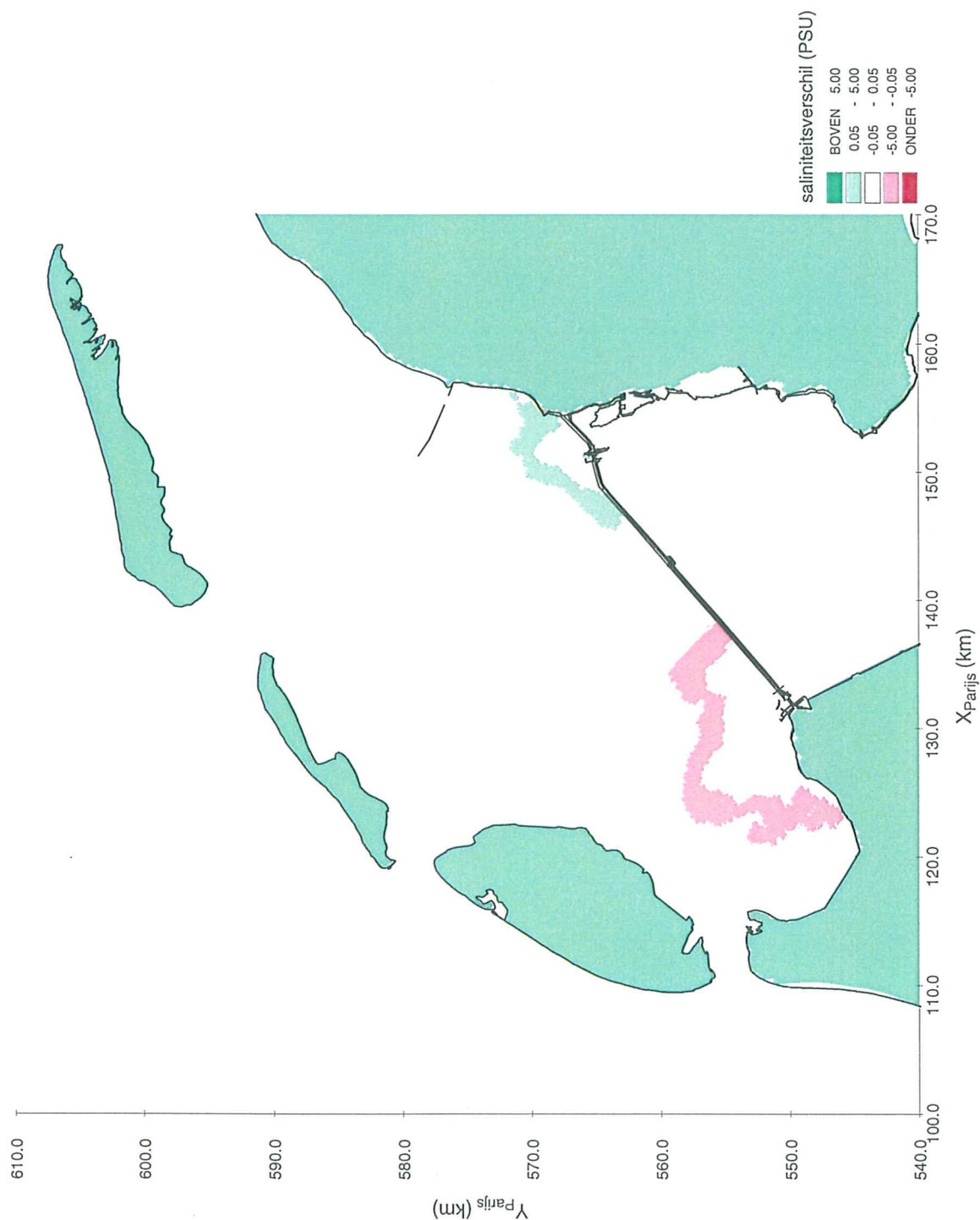
Figuur 3.33: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 2 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).



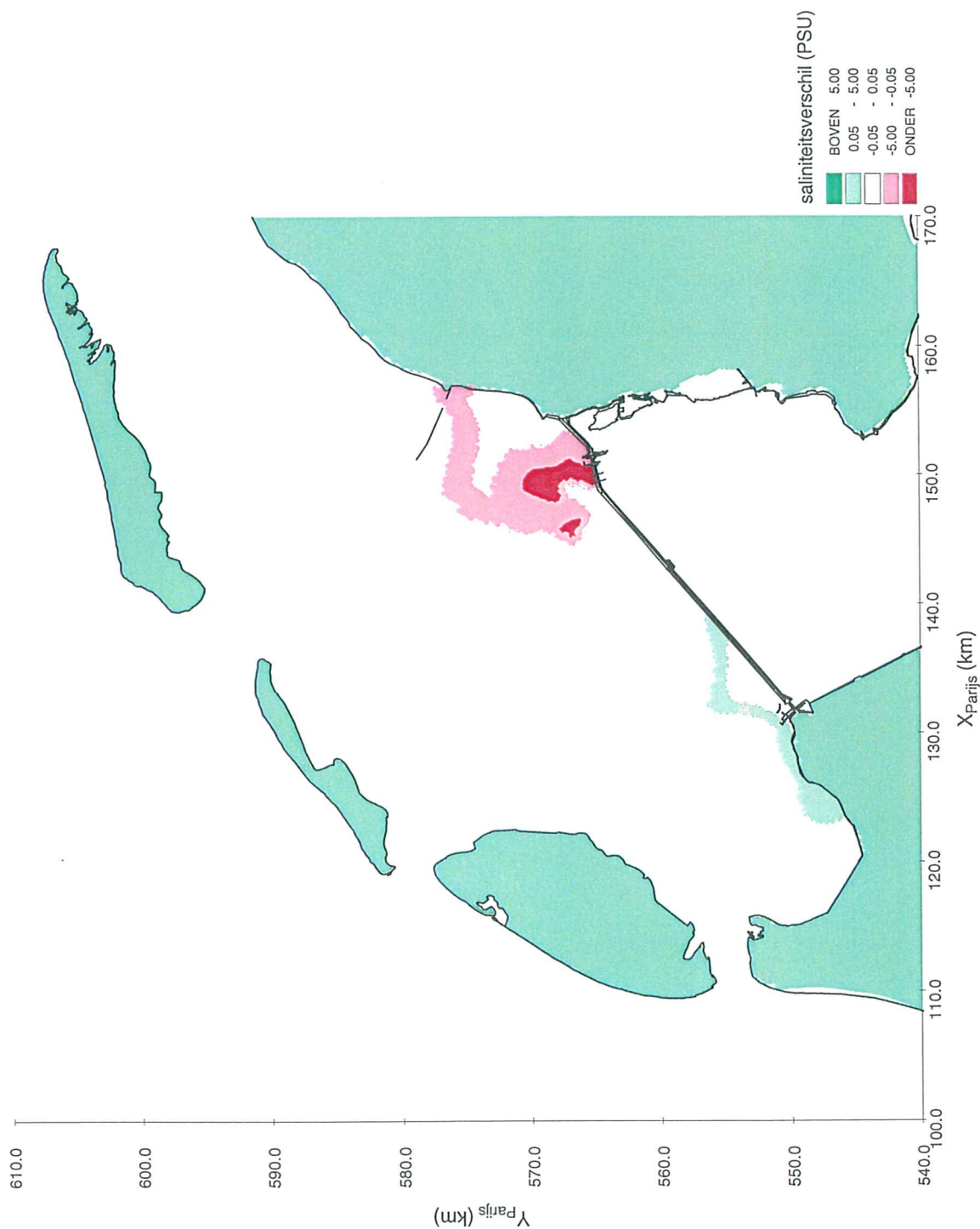
Figuur 3.34: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 3 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).



Figuur 3.35: saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater, alternatieve spuilocatie 4 t.o.v de huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

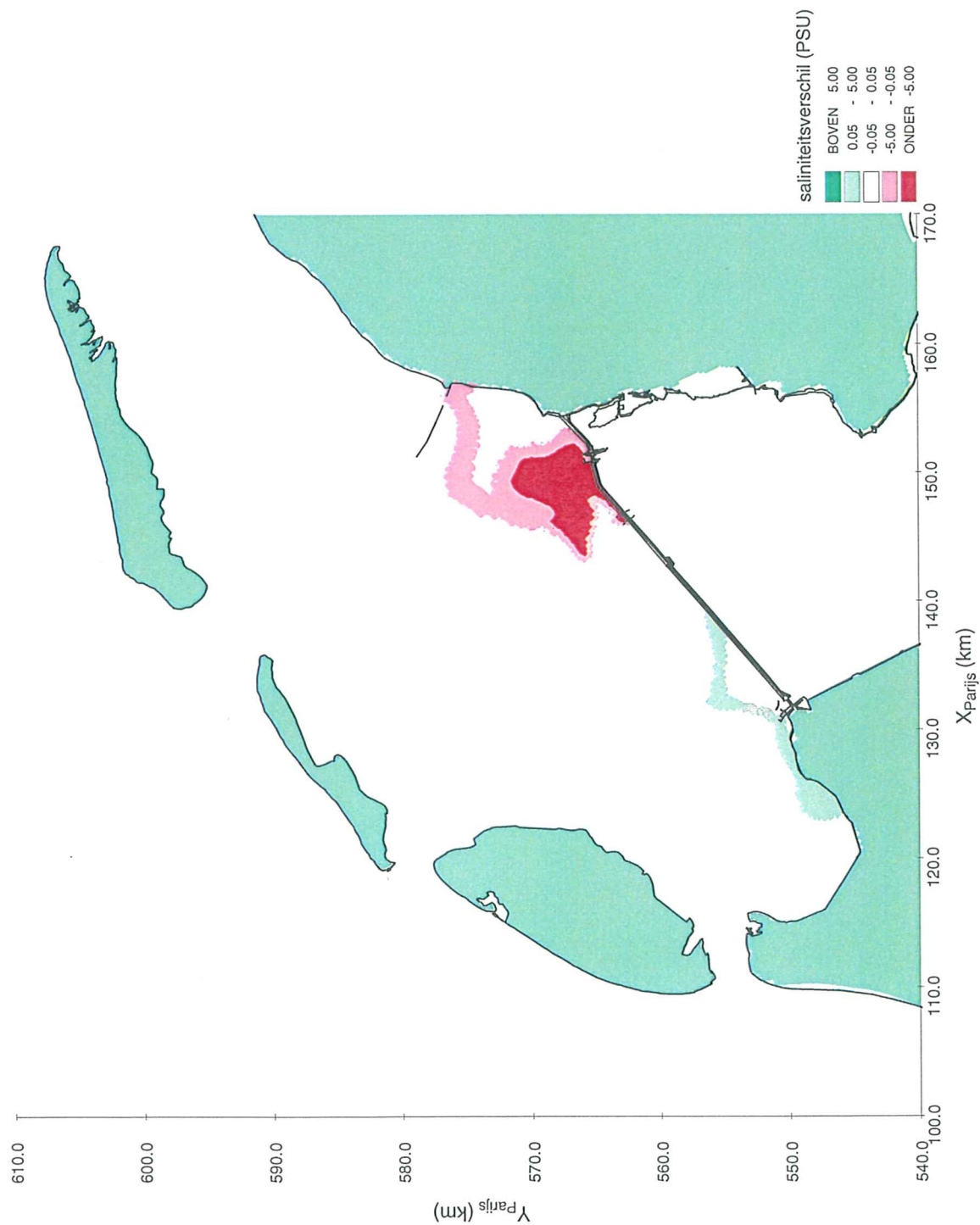


Figuur 3.36
Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij laagwater
alternatieve spuilocatie 5 t.o.v. huidige situatie (afvoer 2000 m³/s).



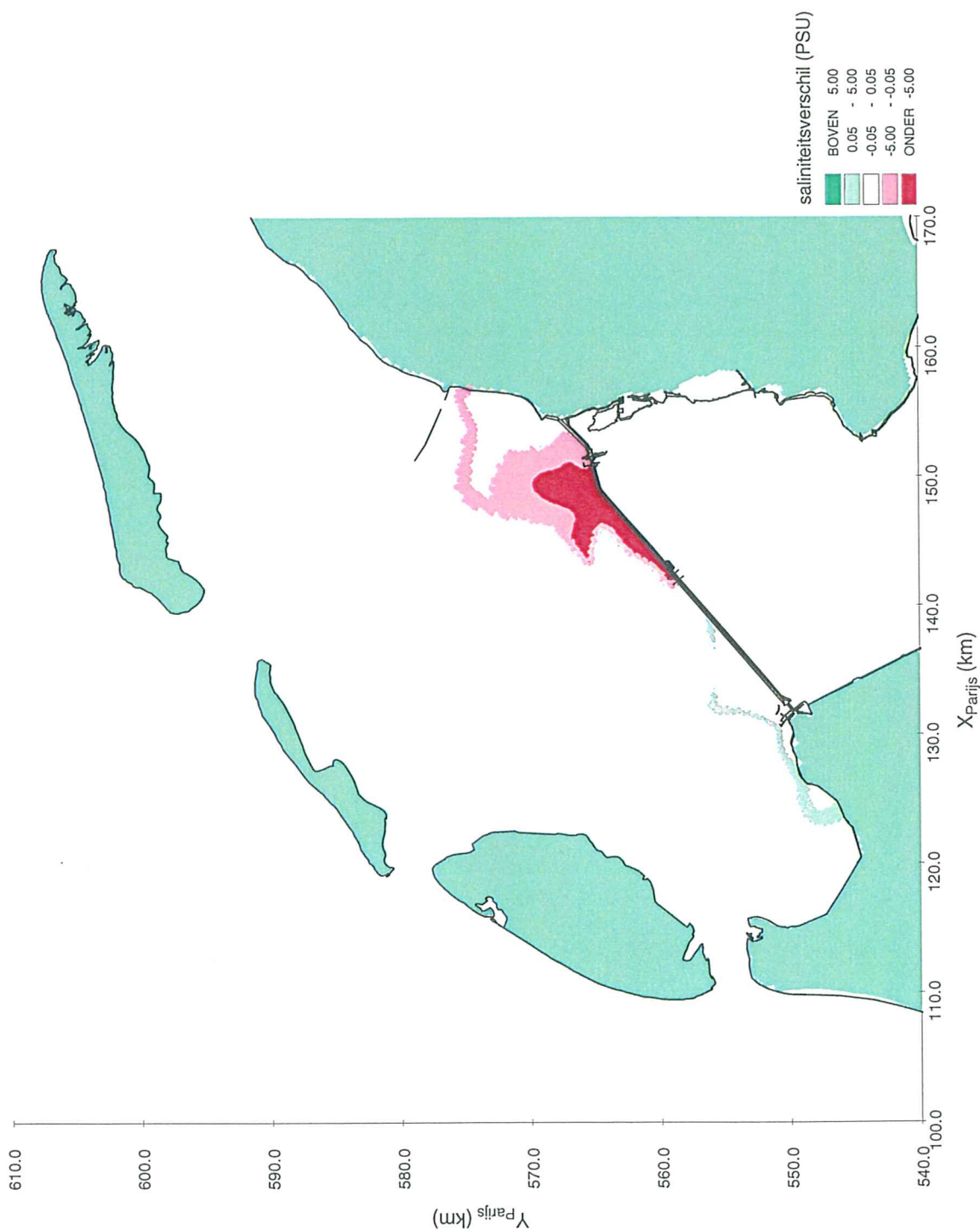
Figuur 3.37

Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 1 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).



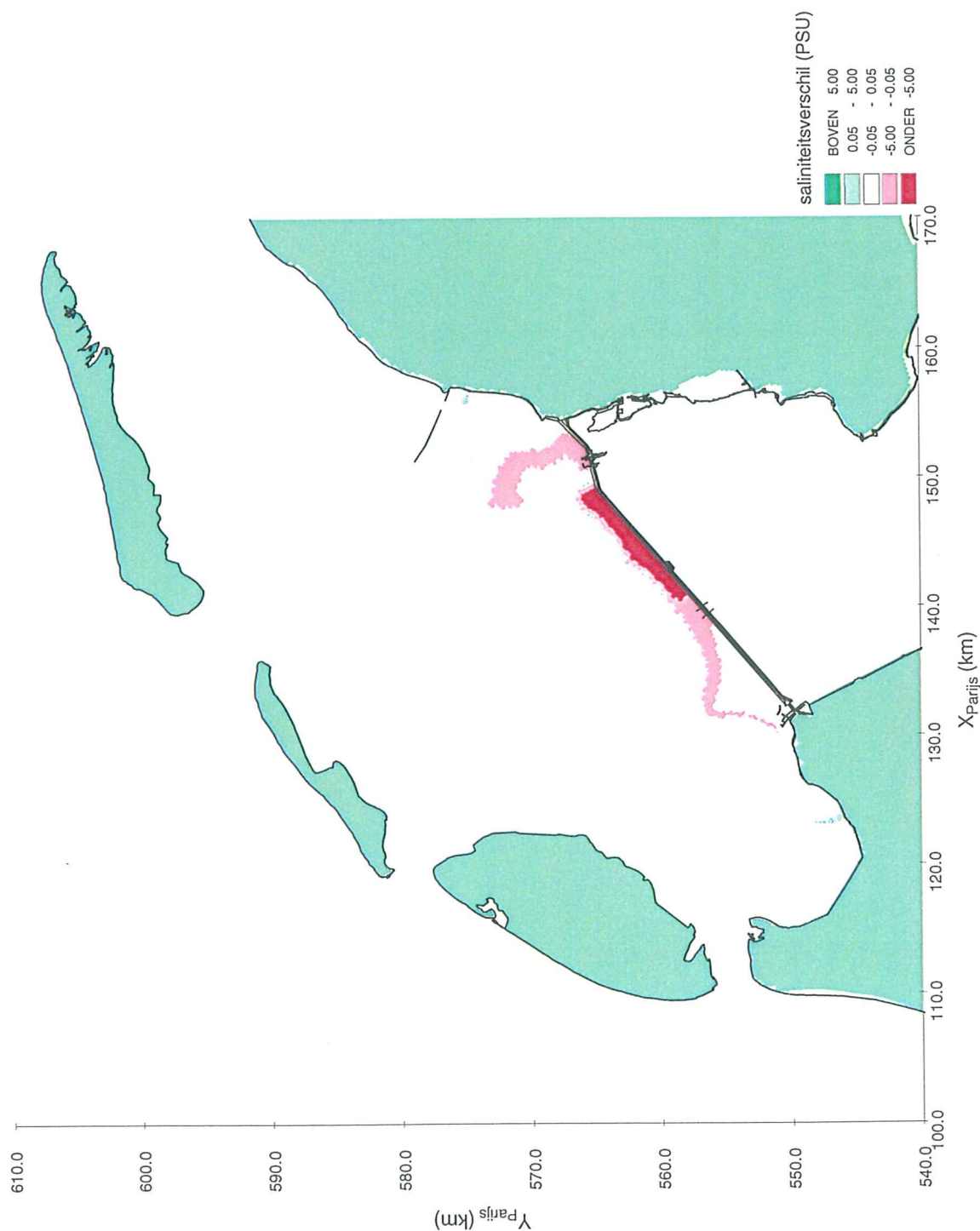
Figuur 3.38

Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 2 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).



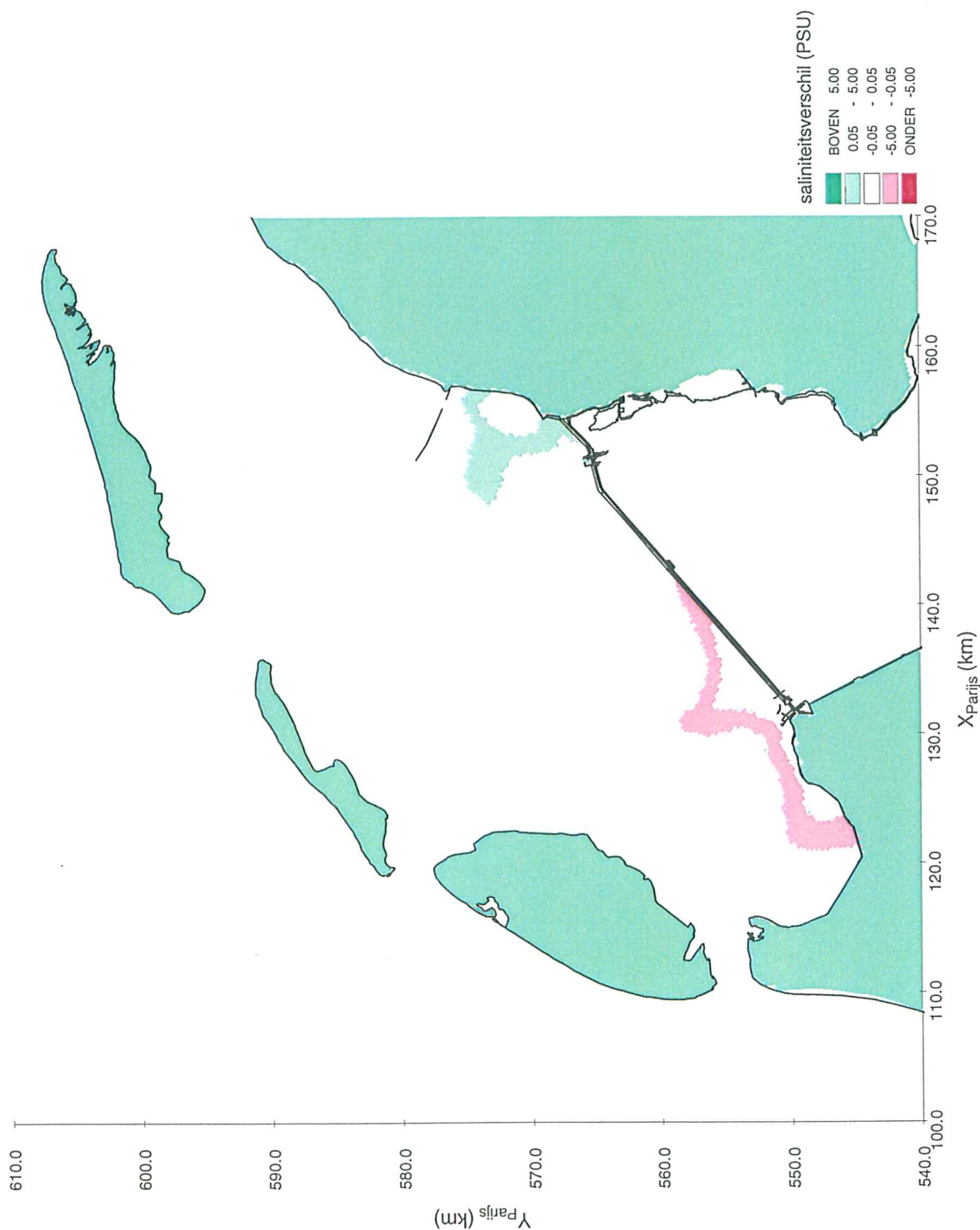
Figuur 3.39

Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 3 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).



Figuur 3.40

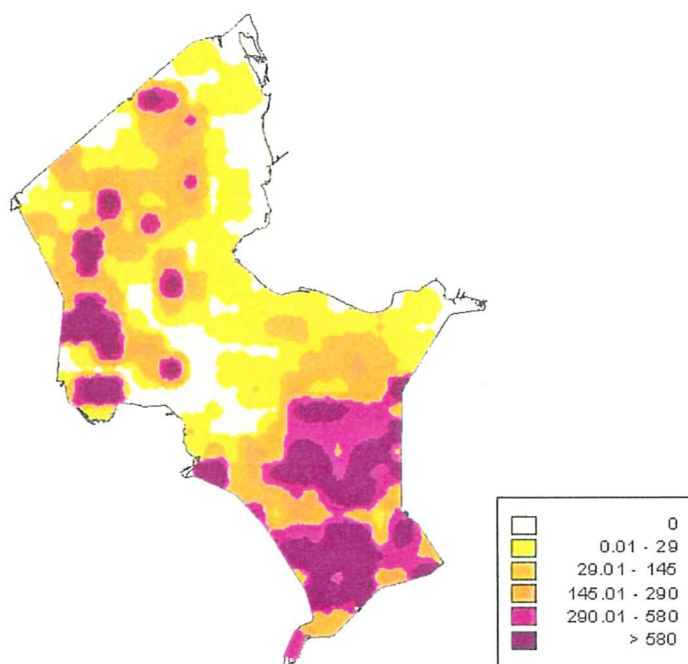
Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 4 t.o.v. huidige situatie (afvoer 2000 m³/s).



Figuur 3.41

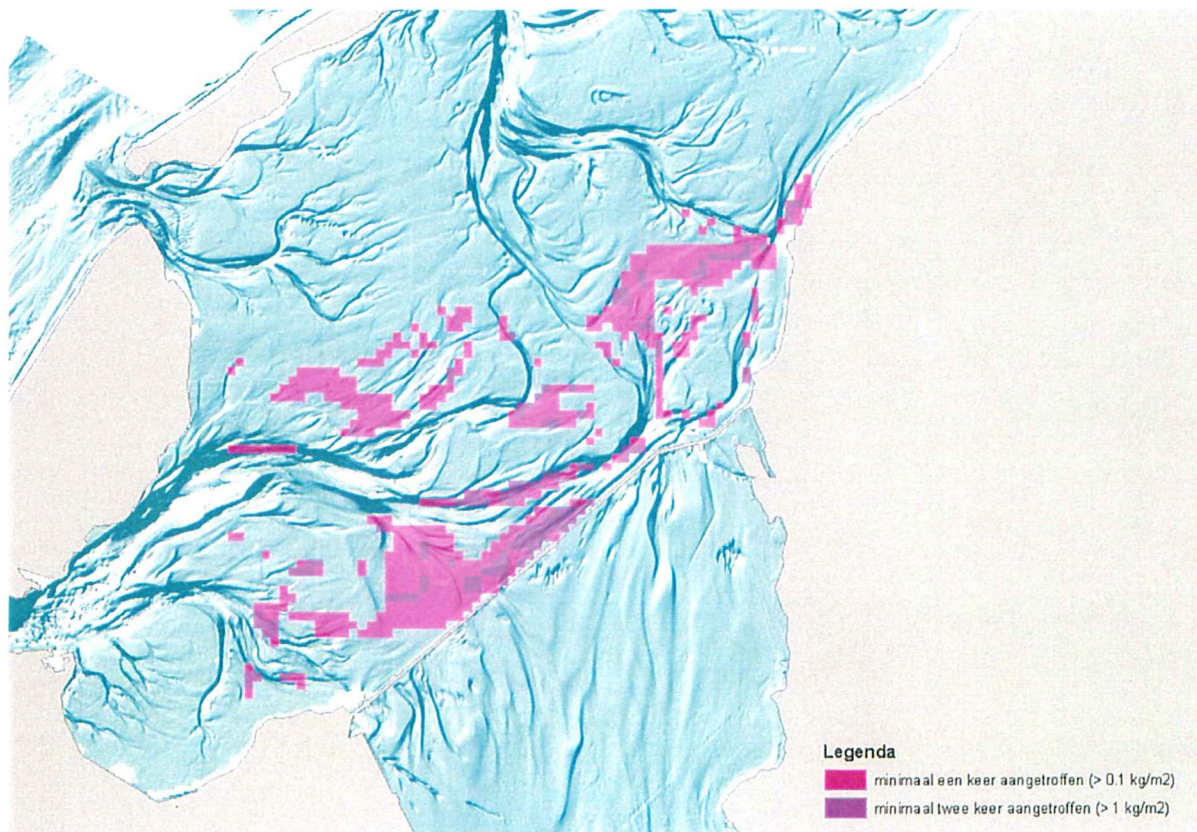
Saliniteitsverschil 5 PSU-grens tijdens springtij bij hoogwater
alternatieve spuilocatie 5 t.o.v. huidige situatie (afvoer = 2000 m³/s).

.....
Figuur 3.42
Ruimtelijke verspreiding van
Driehoeksmosselen in 1999, uitgedrukt in
biovolume (ml/m²). Bron: Brongers, 1999.



.....
Figuur 3.43

Overzicht van de gebieden waar mosselzaad wordt gevist (met roze aangegeven). De plekken waar in de afgelopen 9 jaar (gegevens vanaf 1992) het meeste mosselzaad vandaan kwam zijn met paars aangegeven.



.....
Figuur 3.44
Overzicht van de gebieden in de westelijke
Waddenzee waar kokkels worden gevist.

