

Opdrachtgever:

Frisia Zout bv

MER studie Zoutwinning Waddenzee

Hydrodynamische effecten
abiotische parameters

Rapport

A2062

mei 2010

Opdrachtgever **Frisia Zout bv**

Titel **MER studie zoutwinning Waddenzee, hydrodynamische effecten, abiotische parameters**

Samenvatting In dit rapport worden de theoretische effecten van de bodemdaling door de zoutwinning in de locatie Havenmond op de hydrodynamica gepresenteerd. De resultaten van de studie geven een beschrijving van de huidige situatie en de effecten van de zoutwinning op de hydrodynamica en bepaalde abiotische parameters. De waterbeweging wordt in een 2D-toepassing gesimuleerd (dieptegemiddelde informatie). De studie is vooral toeleverend aan de studieonderdelen met betrekking tot de ecologie.

Referenties

Rev.	Auteur	Datum	Bijzonderh.	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door
0	GH	okt. 2009		GvB/JC	GH
1/2	GH	dec. 2010		JC	
3	G. Hartsuiker	Mei 2010		J. Cleveringa	J. Cleveringa

Document Specificaties	Inhoud	Status
Rapport nummer: A2062R1 Sleutelwoorden: getij, zoutwinning, Harlingen	tekst pagina's : 27 tabellen : 1 figuren : 144 appendices :	<input type="checkbox"/> voorlopig <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> eindrapport
Project nummer: A2062 Bestand: A2062R1r2.doc		

Samenvatting

Frisia Zout B.V. is voornemens om bij Harlingen nieuwe zoutwinlocaties te gaan exploiteren. Een oriënterend onderzoek heeft geleid tot twee mogelijke locaties, namelijk een locatie Oost in Friesland, ten noordoosten van de huidige winlocatie Bethanië en een locatie Havenmond, onder de Waddenzee.

In dit rapport worden de theoretische effecten van de bodemdaling door de zoutwinning in de locatie Havenmond op de hydrodynamica gepresenteerd. De resultaten van de studie geven een beschrijving van de huidige situatie en de theoretische effecten van de zoutwinning op de hydrodynamica en bepaalde abiotische parameters. De waterbeweging wordt in een 2D-toepassing gesimuleerd (dieptegemiddelde informatie). De studie is vooral toeleverend aan de studieonderdelen met betrekking tot de ecologie. Het gaat hierbij niet om het in kaart brengen van werkelijke effecten, maar om gesimuleerde effecten door toepassing van modellen, waarbij is uitgegaan van mogelijke locatievarianten voor de zoutwinning. De resultaten zijn geen echte resultaten maar drukken de verschillen (veranderingen) uit ten opzichte van de huidige situatie.

Bij de studie zijn een aantal stappen te onderscheiden, te weten: het verzamelen en analyseren beschikbare gegevens, het opzetten van hydrodynamische modellen ter bepaling van de effecten en het vertalen van de veranderingen in de waterbeweging naar veranderingen in geselecteerde abiotische parameters (waterstanden, stromingen horizontaal getij en saliniteit).

De stromingscondities in de westelijke Waddenzee zijn gesimuleerd met achtereenvolgende toepassing van de volgende modellen van de Rijkswaterstaat modellentrein: het Continental Shelf model (CSM), het Zuidelijk Noordzee model (ZuNo) en het Kuststrook model. Vanwege de beperkte resolutie in het Kuststrook model is een nieuw detailmodel ontwikkeld voor het project gebied. Het detailmodel betreft de directe omgeving van het project gebied. De stromingssimulaties zijn in een 2D-aanpak uitgevoerd. Het detailmodel is gebouwd op basis van een uitsnede van het Kuststrook model. Het model omvat een gebied van ongeveer 40 km langs de kust en 15 tot 20 km buiten de kust van Friesland. Voorafgaand aan de eigenlijke studie is eerst de correcte werking van de modellen gecontroleerd door het uitvoeren van een beperkte afregeling.

De effecten van de bodemdaling door zoutwinning op de waterbeweging zijn bepaald met behulp van de stromingsmodellen. Allereerst is de waterbeweging in de huidige situatie gesimuleerd met een representatie van de waterstanden, de stroomsnelheden, de saliniteiten etc. Vervolgens zijn de gevolgen van de zoutwinning (bodemdaling) op de waterbeweging bepaald in een tweetal fasen:

- In de eerste oriëntatie fase zijn sterk geschematiseerde bodemdalingsschotels toegepast voor een meest noordelijke, een meest zuidelijke ligging en een midden ligging. Er is geen beperking in de afstand tussen winlocatie en fabriek.
- In de tweede verfijning fase zijn realistische bodemdalingsschotels toegepast voor een drietal varianten van de zoutwinlocaties, namelijk een noordelijke, een zuidelijke ligging en een midden ligging van de zoutwinputten. Er is een maximale afstand van circa 3750 m tussen winlocatie en fabriek toegepast

De diepteschematisatie voor alle varianten is een superpositie van de bestaande bodem en de varianten van de bodemdalingsschotels. Dit zijn theoretische bodems met de

bodemdaling aan het einde van de periode van zoutwinning. In werkelijkheid zal het effect van de bodemdaling door de natuurlijke sedimentatie en erosie worden vereffend (uitgesmeerd) over een veel groter gebied.

Aan de hand van de uitgevoerde simulaties kunnen conclusies worden getrokken met betrekking tot het effect van de onderzochte zoutwinlocaties. De conclusies zijn gegroepeerd per "fysische" grootheid en zijn gebaseerd op de resultaten van de verfijning fase:

De waterstanden (het verticale getij) als zodanig veranderen niet door de aanwezigheid van de verschillende bodemdalingsschotels. Ter plaatse van het gebied met bodemdaling bereiken de waterstanden lagere waarden en hierdoor nemen de droogvalduren af. De grootste effecten op de droogvalduur treden op bij de meest noordelijke locatie van de zoutwinning omdat deze is gelegen onder een relatief ondiep platengebied en bereiken maximum waarden van 44% (afname); voor de locaties midden en zuid zijn de grootste afnames respectievelijk 35 en 23%.

De bodemdaling geeft gebieden met toename en afname van de stroomsnelheden (gemiddeld en maximum). De toename in snelheden wordt veroorzaakt door een toename van de kombergingsdebieten en de afname door de verruiming van het doorstroomprofiel. De grootste toename in de stroomsnelheden treedt op tijdens vloed bij de situatie put-midden en put-zuid bij het NW-einde van de Pollendam en bedraagt ongeveer 10 cm/s en 20 cm/s (resp. gemiddelde en maximum stroomsnelheid). De grootste afname treedt op bij de situatie put-zuid aan de noordzijde van de Pollendam (middendeel) en bedraagt 15 en 35 cm/s (resp. gemiddelde en maximum snelheid). Bij de situatie put-noord zijn de grootste veranderingen 10 en 15 cm/s (resp. gemiddelde en maximum snelheid).

De saliniteit (gemiddelde en minimum) vertoont bij de situaties put-noord en put-midden over het algemeen een geringe afname in een gebied ten NW van de maximum bodemdaling, de saliniteit neemt bij put-noord en put-midden af met orde 0,4 psu. Bij de situatie put-zuid is het patroon van veranderingen redelijk afwijkend met ook grote gebieden met een toename van de saliniteit (in gebied van bodemdaling en ten oosten hiervan), de toename is in de orde van 0,5 psu.

De tijdsduren met de saliniteit beneden 25 en 20 psu vertonen over het algemeen in de gebieden ten noorden en noordwesten van de zoutwinning een toename van de tijdsduren zichtbaar door een enigszins lagere saliniteit. Voor tijdsduren met de saliniteit beneden 15 psu zijn kleine verschillen zichtbaar in een gebied ten zuiden van de zoutwinning met over het algemeen een kleine toename van de tijdsduren in een gebied tussen Harlingen en Kornwerderzand en een kleine afname in een gebied ten westen van Kornwerderzand. De verschillen tussen de drie varianten zijn zeer beperkt.

Deze uitkomsten zijn gebruikt om het invloedsgebied en daarmee het studiegebied af te bakenen. Verder zijn de uitkomsten gebruikt om, na een doorvertaling naar de ecologische effecten, vast te stellen dat de positie van de bodemdalingsschotel zo ver mogelijk naar het zuiden het meest wenselijk is. De bovenstaande uitkomsten moeten niet worden gezien als de daadwerkelijk optredende effecten omdat gebruik is gemaakt van een theoretische bodemligging.



Inhoud

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

1	Inleiding.....	1
1.1	Achtergronden	1
1.2	Doel van de studie	1
1.3	Leeswijzer	1
1.4	Uitvoering	2
2	Aanpak van de studie	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Hydrodynamische modellen	3
2.3	Definities	4
3	Beschikbare gegevens.....	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Gegevens voor hydrodynamische studie	6
3.2.1	Algemeen	6
3.2.2	Land-water contouren	6
3.2.3	Bathymetrie	7
3.2.4	Verticaal getij	7
3.2.5	Horizontaal getij	8
3.2.6	Saliniteit	8
3.2.7	Zoet water debieten	9
3.3	Conclusies	9
4	Opzet en afregeling stromingsmodellen	11
4.1	Opzet van de modellen	11
4.2	Schematisatie van detailmodel	11
4.3	Afregeling van de modellen	13
4.4	Conclusies	14
5	Hydrodynamische effecten - oriëntatie.....	15
5.1	Opzet van de simulaties	15
5.2	Resultaten waterbeweging – algemeen	16
5.3	Resultaten waterbeweging - specifiek	17
5.3.1	Algemeen	17
5.3.2	Huidige situatie	17
5.3.3	Situaties met zoutwinputten	19
6	Hydrodynamische effecten - verfijning	21
6.1	Opzet van de simulaties	21
6.2	Resultaten waterbeweging – algemeen	22
6.3	Resultaten waterbeweging - specifiek	23
6.3.1	Algemeen	23



6.3.2	Situaties met zoutinputten	23
7	Conclusies hydrodynamische effecten.....	26

Figuren



Lijst van tabellen

3.1 Coördinaten van cavernen en fabriek ^{*)}

3.2 HW, LW en getijverschil in westelijke Waddenzee (Getijtafels Nederland) ^{*)}

5.1 Verschuivingen van bodemdalingsschotel ^{*)}

^{*)} tabel in tekst

Lijst van figuren

1.1 Waddenzee, omgeving projectgebied, naamgeving geulen en platen

Beschikbare gegevens

- 3.1 Begrenzing beschikbare dieptegegevens, lodingen 2004 – 1998
- 3.2 Locatie waterstandstations in Waddenzee, gemiddeld getijverschil
- 3.3 Variatie gemiddeld HW, LW en getijverschil, in Waddenzee
- 3.4 Variatie in HW, LW en getijverschil tijdens 18.6 jaar periode, 1992-2010
- 3.5 Variatie in HW, LW en getijverschil tijdens een jaar, 2001
- 3.6 Variatie in HW, LW en getijverschil tijdens een jaar, 2001, maandgemiddelden
- 3.7 Variatie in HW, LW en getijverschil tijdens een maand, augustus 2001
- 3.8 Locatie saliniteitsstations in Waddenzee, gemiddelde, maximum en minimum saliniteit volgens gegevens Waterbase
- 3.9 Variatie in gemiddelde, maximum en minimum saliniteit, in westelijke Waddenzee
- 3.10 Afvoeren Den Oever en Kornwerderzand, tijdseries, cumulatieve verdeling en frequentie verdeling, 2001-2002

Opzet en afregeling van 2D-stromingsmodel

- 4.1 Modellentrein "Van Oceaan tot Nederlandse Binnenwateren", grenzen van CSM-model, ZuNo-model en Kuststrook model
- 4.2 Rekenrooster van Kuststrook model, grenzen van genest detailmodel
- 4.3 Rekenrooster van detailmodel, gehele model
- 4.4 Rekenrooster van detailmodel, detail bij Harlingen, begrenzing zoutwingebied
- 4.5 Rekenrooster van detailmodel, resolutie van het rooster
- 4.6 Diepteschematisatie van Kuststrook model, grenzen van genest detailmodel
- 4.7 Diepteschematisatie van detailmodel, gehele model
- 4.8 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, situatie 2004
- 4.9 Locatie van waterstandstations in Kuststrook model, noordelijk deel
- 4.10 Waterstanden in IJmuiden en Petten-zuid
- 4.11 Waterstanden in Den Helder en Harlingen
- 4.12 Waterstanden in West-Terschelling en Wierumergronden
- 4.13 Waterstanden in Huibertgat en Eemshaven
- 4.14 Saliniteiten in Doove Balg oost en Inschot
- 4.15 Saliniteiten in Harlingen en Blauwe Slenk oost
- 4.16 Saliniteiten in Oost Meep

Hydrodynamische effecten - oriëntatie

- 5.1 Begrenzing zoutwinlocaties, contouren maximale bodemdaling
- 5.2 Varianten van potentiële zoutwinlocaties, locatie winputten (noord, midden en zuid) en fabriek
- 5.3 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-noord
- 5.4 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-midden
- 5.5 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-zuid
- 5.6 Locaties van uitvoerpunten voor tijdseries waterbeweging, detailmodel
- 5.7 Waterstanden in Punt 1A en 5A, alle situaties
- 5.8 Stroomsnelheden in Punt 1A en 1C, alle situaties
- 5.9 Stroomsnelheden in Punt 3A en 3C, alle situaties
- 5.10 Stroomsnelheden in Punt 5A en 5C, alle situaties
- 5.11 Saliniteiten in Punt 1A en 1C, alle situaties
- 5.12 Saliniteiten in Punt 3A en 3C, alle situaties



- 5.13 Saliniteiten in Punt 5A en 5C, alle situaties
- 5.14 Locaties van uitvoerpunten voor abiotische parameters, Kuststrook model en detailmodel
- 5.15 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.16 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.17 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.18 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.19 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.20 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.21 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.22 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.23 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.24 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.25 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.26 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.27 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, referentie situatie
- 5.28 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.29 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.30 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.31 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.32 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.33 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.34 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.35 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.36 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.37 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.38 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.39 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.40 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.41 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.42 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.43 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.44 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.45 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie



- 5.46 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.47 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.48 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.49 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.50 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.51 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.52 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.53 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 5.54 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.55 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.56 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.57 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.58 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.59 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.60 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.61 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.62 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 5.63 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.64 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.65 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 5.66 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie

Hydrodynamische effecten - verfijning

- 6.1 Begrenzing zoutwinlocaties, contouren maximale bodemdaling
- 6.2 Varianten van potentiële zoutwinlocaties, locatie winputten (noord, midden en zuid) en fabriek
- 6.3 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-noord
- 6.4 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-midden
- 6.5 Diepteschematisatie van detailmodel, detail bij Harlingen, put-zuid
- 6.6 Waterstanden in Punt 1A en 5A, alle situaties
- 6.7 Stroomsnelheden in Punt 1A en 1C, alle situaties



- 6.8 Stroomsnelheden in Punt 3A en 3C, alle situaties
- 6.9 Stroomsnelheden in Punt 5A en 5C, alle situaties
- 6.10 Saliniteiten in Punt 1A en 1C, alle situaties
- 6.11 Saliniteiten in Punt 3A en 3C, alle situaties
- 6.12 Saliniteiten in Punt 5A en 5C, alle situaties
- 6.13 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.14 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.15 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.16 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.17 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.18 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.19 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.20 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.21 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.22 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.23 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.24 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.25 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.26 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.27 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.28 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.29 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.30 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.31 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.32 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.33 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.34 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.35 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie



- 6.36 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.37 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.38 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-midden en referentie situatie
- 6.39 Droogvalduur tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.40 Gemiddelde eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.41 Gemiddelde vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.42 Maximum eb-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.43 Maximum vloed-snelheid tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.44 Maximum bodemschuifspanning tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.45 Gemiddelde saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.46 Minimum saliniteit tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.47 Saliniteit < 25 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-noord en referentie situatie
- 6.48 Saliniteit < 20 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.49 Saliniteit < 15 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.50 Saliniteit < 10 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie
- 6.51 Saliniteit < 5 psu tijdens springtij-doodtij cyclus, verschil situatie put-zuid en referentie situatie

1 Inleiding

1.1 Achtergronden

Frisia Zout B.V. onderzoekt de mogelijkheid om onder de Waddenzee, op een diepte van circa 2,5 tot 3 kilometer, zout te winnen door oplosmijnbouw. Het opstellen van een milieueffectrapportage is onderdeel van dit onderzoek. Voor het opstellen van de milieueffectrapportage voor zoutwinning onder de Waddenzee worden de morfologische en ecologische effecten worden onderzocht. De winning van zout door oplosmijnbouw leidt tot een bodemdaling van de ondergrond.

In figuur 1.1 is het zoekgebied van de locatie Havenmond weergegeven. De figuur geeft tevens de naamgeving van de geulen en platen in de Waddenzee voor de omgeving van het projectgebied.

De voorliggende hydrodynamische studie is een onderdeel van de totale m.e.r. studie die uitgevoerd wordt door Arcadis in opdracht van Frisia Zout B.V. In dit rapport worden de effecten van de bodemdaling door de zoutwinning in de locatie Havenmond op de hydrodynamica gepresenteerd.

Bij de hydrodynamische studie is het effect van bodemdalingsschotels onderzocht in een oriëntatie fase en een verfijning fase. De oriëntatie fase is vooral bedoeld om de 'grenzen' van de potentiële locaties en de gerelateerde effecten te onderzoeken. De verfijning fase geeft de effecten voor locaties, die realiseerbaar zijn binnen de technische en maatschappelijke beperkingen, met als doel vast te stellen in welke zone het effect op natuurwaarden het kleinst is. Er is in dit rapport steeds gerekend met volledige winning van de voorgenomen hoeveelheid zout onder de Waddenzee (100% variant).

1.2 Doel van de studie

Het doel van deze studie is een bijdrage te leveren aan de MER betreffende de nieuwe zoutwinlocaties bij Harlingen. De resultaten van de studie geven een beschrijving van de huidige situatie en de theoretische effecten van de zoutwinning op de hydrodynamica en bepaalde a-biotische parameters. Het gaat hierbij niet om het in kaart brengen van werkelijke effecten, maar om gesimuleerde effecten door toepassing van modellen, waarbij is uitgegaan van mogelijke locatievarianten voor de zoutwinning. De resultaten zijn geen echte resultaten maar drukken de verschillen (veranderingen) uit ten opzichte van de huidige situatie.

Hierbij is vooral gekeken naar de netto invloeden van de potentiële zoutwinlocaties en de hieraan gerelateerde bodemdalingen. Daartoe zijn de effecten bepaald als verschillen tussen de referentie (bestaande) situatie en de situaties met verschillende posities van de zoutwinlocaties.

1.3 Leeswijzer

Het rapport geeft een beschrijving van de opzet en resultaten van de hydrodynamische studie en is een bijlage van het hoofdrapport van de m.e.r. studie. De resultaten zijn vooral toeleverend voor de ecologische beoordeling van de zoutwinning.

De indeling van dit rapport is als volgt:



- In hoofdstuk 2 wordt de aanpak van de hydrodynamische studie beschreven;
- Hoofdstuk 3 geeft de beschikbare gegevens en aansluitend aan beperkte analyse van deze gegevens vooral voor de toepassing binnen de hydrodynamische studie;
- De opzet en afregeling van de hydrodynamische modellen worden gepresenteerd in hoofdstuk 4;
- In hoofdstuk 5 worden de resultaten en interpretatie van de hydrodynamische effecten van de oriëntatie fase beschreven;
- De hydrodynamische effecten van de verfijning fase worden gepresenteerd in hoofdstuk 6;
- Hoofdstuk 7 geeft de conclusies van deze studie.

1.4 Uitvoering

De hydrodynamische studie is gedurende een aantal perioden uitgevoerd tussen november 2008 en september 2009 door de volgende medewerkers van Alkyon

Jelmer Cleveringa	projectleiding;
Belinda Kater	begeleiding t.b.v. ecologie;
Gerrit Hartsuiker	projectuitvoering en rapportage;

2 Aanpak van de studie

2.1 Inleiding

De studie wordt in de volgende stappen ingedeeld:

- Verzamelen en analyseren beschikbare gegevens en beschrijven van de huidige situatie;
- Opzetten van hydrodynamische modellen ter bepaling van de effecten op de waterbeweging door de zoutwinning en de hieraan gerelateerde bodemdaling;
- Vertalen van de veranderingen in de waterbeweging naar veranderingen in geselecteerde abiotische parameters.

De varianten voor de zoutwinlocaties worden vergeleken aan de hand van de volgende hydrodynamische aspecten:

- Waterstanden (verticaal getij);
- Stromingen (horizontaal getij);
- Saliniteit.

De huidige situatie wordt in hoofdstuk 3 beschreven voor de hierboven genoemde aspecten. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens of wordt verwezen naar bestaande literatuur.

2.2 Hydrodynamische modellen

Stromingsmodellen

Voor het in kaart brengen van de huidige lokale stromingscondities wordt de modellen-trein "van Oceaan tot Nederlandse binnenwateren" van Rijkswaterstaat ingezet. Deze modellentrein bestaat uit een serie waterbewegingmodellen die met een steeds grotere mate van detail de stromingscondities simuleren. Hierbij worden de randvoorwaarden van de geneste modellen steeds bepaald aan de hand van resultaten van het grovere omhullende model.

Het simuleren van de stromingscondities in het projectgebied gebeurt met de volgende modellen:

- De bestaande de modellentrein "van Oceaan tot Nederlandse binnenwateren":
 - het Continental Shelf model (CSM);
 - het Zuidelijke Noordzee model (ZuNo);
 - het Kuststrook model.
- Een lokaal detailmodel voor het projectgebied dat in het kader van deze studie is gebouwd.

Hydrodynamische effectstudie

De effecten van de zoutwinning (bodemdaling) op de waterbeweging (stromingen, waterstanden en saliniteit) worden bepaald met behulp van de eerder beschreven hydrodynamisch modellen.

In de eerste stap wordt de huidige situatie gesimuleerd inclusief de waterstanden, de stroomsnelheden, de saliniteit etc. In de tweede stap worden de gevolgen van de zoutwinning (bodemdaling) op de waterbeweging bepaald.

De volgende situaties worden met het model gesimuleerd:

- De huidige situatie als referentie om de effecten van de andere alternatieven mee te vergelijken;
- Drie varianten met het centrum van de zoutwinning op de meest noordelijke, de meest zuidelijke en de midden locatie (binnen de gedefinieerde begrenzingsen).

Er wordt gekeken naar de netto invloeden van de potentiële zoutwinlocaties en de hieraan gerelateerde bodemdalingen. Daartoe worden de effecten bepaald als verschillen tussen de referentie (bestaande) situatie en de situaties met verschillende posities van de zoutwinlocaties.

2.3 Definities

Eenheden

Alle parameters en variabelen hebben eenheden volgens de SI conventies.

Coördinaten systeem, horizontaal referentie systeem

Het toegepaste coördinatensysteem voor de horizontale posities en de roostergeneratie voor het model is het Nederlandse RD coördinatensysteem (Rijks-Driehoeken systeem). Alle coördinaten in dit rapport zijn gegeven in dit coördinatensysteem. De X-as wijst naar het oosten en de Y-as naar het noorden.

Verticaal referentie niveau

De waterstanden en bodemhoogten zijn gegeven in meters ten opzichte van NAP. Positieve niveaus liggen boven het referentievlak. Dit referentie niveau is gekozen omdat het een horizontaal reductievlak representeert, zoals is vereist voor de stroming simulaties.

Stroomsnelheid en richting

De stroomsnelheden zijn gegeven in m/s en representeren dieptegemiddelde waarden (tenzij uitdrukkelijk anders is vermeld).

Stroomrichtingen refereren naar de richting waar de stroming naar toe gaat. De stroomrichtingen zijn altijd gegeven als peiling (met de klok mee, ten opzichte van het noorden). De eenheid is graden, met 360 graden voor een volledige cirkel. Bijvoorbeeld: een stroomrichting van 90° betekent dat de stroming naar het oosten gaat.

Windsnelheid en richting

De windsnelheden zijn gegeven in m/s en betreffen over het algemeen gemiddelden over een periode van 10 minuten. De snelheden zijn gemeten op of gecorrigeerd naar een hoogte van 10 m.



Windrichtingen refereren naar de richting waar de wind vandaan komt. De windrichtingen zijn altijd gegeven als peiling (met de klok mee, ten opzichte van het noorden). De eenheid is graden, met 360 graden voor een volledige cirkel. Bijvoorbeeld: een stroomrichting van 90° betekent dat de wind uit het oosten komt.

Saliniteit

De saliniteit wordt gegeven als een PSU waarde (Practical Salinity Unit). De PSU waarde is vergelijkbaar met een ppt waarde. De relatie tussen chloride concentratie en saliniteit is redelijk complex. Een algemeen gebruikte expressie, die geldig is voor een grote range van chloride concentraties, is als volgt:

$$\text{Saliniteit} = 1,80655 \times \text{Chloride}$$

3 Beschikbare gegevens

3.1 Inleiding

Het projectgebied is gelegen in het westelijk deel van de Waddenzee nabij Harlingen. Het gebied bestaat uit grote getijgeulen en grote intergetijde gebieden (zie figuur 1.1). De instroom van zoet water in dit deel van de Waddenzee vindt plaats vanuit de spuicomplexen van Den Oever en Kornwerderzand en vanuit uitwateringsluizen en gemalen in Harlingen en Roptazijl. Het stroombeeld wordt ondanks de relatief forse spuidebieten vooral gedomineerd door de getijstromingen.

In de volgende paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de beschikbare gegevens en er wordt een beperkte analyse voor de bestaande situatie gegeven. In de andere hoofdstukken wordt verwezen naar deze beknopte beschrijving en indien nodig worden additionele details van de gegevens gepresenteerd.

In het hoofdrapport van de m.e.r. studie wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van de bestaande situatie en de autonome ontwikkelingen met onder andere de trends in de morfologie en de te verwachten zeespiegelstijging.

3.2 Gegevens voor hydrodynamische studie

3.2.1 Algemeen

Een toereikende set gegevens is vereist om de opzet, de calibratie en de verificatie van de stromingsmodellen mogelijk te maken. Gegevens van de volgende grootheden zijn te onderscheiden:

- Land-water contouren (dijken, dammen, enz.);
- Bathymetrie (diepteschematisatie);
- Verticaal getij (waterstanden) en horizontaal getij (snelheden);
- Saliniteit (zoutmetingen);
- Zoet water debieten (afvoer spuisluizen).

Het grootste deel van de gegevens was al bij Alkyon beschikbaar vanuit andere projecten voor het Waddenzee gebied. Deze gegevens zijn vooral afkomstig van Rijkswaterstaat en die hebben goedkeuring gegeven voor het gebruik van de gegevens in deze studie. In de volgende paragrafen wordt enige beknopte informatie over de beschikbare gegevens gepresenteerd. Hierbij is een en ander gegroepeerd per relevant onderdeel. Een verdere beschrijving van de gegevens zelf en de toepassing wordt gepresenteerd in de overige hoofdstukken.

3.2.2 Land-water contouren

De gegevens gerelateerd aan de geometrie, nodig voor de roostergeneratie en andere schematisatie elementen van het stromingsmodel, betreffen de volgende aspecten:

- De begrenzing van de gedefinieerde gebruiksruimte voor de potentiële zoutwinlocatie Havenmond;
- De kustlijnen van het vasteland en de eilanden (hoogwatervrij);
- De contouren van speciale constructies (zoals Pollendam en havendammen Harlingen).

Deze contouren bepalen onder andere de begrenzing van het model en geven de locatie van speciale schematisatie elementen. In de figuren 3.1 en 3.2 worden de contouren gegeven van onder andere de gebruiksruimte (zoekgebied voor zoutwinlocaties), de Pollendam en de havendammen van Harlingen.

3.2.3 Bathymetrie

De gegevens met betrekking tot de bathymetrie zoals benodigd voor de diepteschematisatie van de stromingsmodellen zijn gebaseerd op verschillende campagnes uitgevoerd door Rijkswaterstaat. De campagnes omvatten de volgende perioden: 1997-2002, 2000-2003 en 2003-2005. Deze campagnes worden regelmatig uitgevoerd en betreffen de gehele Nederlandse kustzone.

De meest recente bathymetrie die beschikbaar was bij het begin van de studie is gebruikt in het nieuwe stromingsmodel. De begrenzingen van de bathymetrische meetcampagne van 2003-2005 worden voor de westelijke Waddenzee gepresenteerd in figuur 3.1. De informatie van de bathymetrie is beschikbaar in een digitale vorm als grid data. De horizontale coördinaten zijn volgens het Rijksdriehoeken systeem (RD systeem). De verticale waarden zijn relatief ten opzichte van NAP.

3.2.4 Verticaal getij

Het verticale getij (waterstand) wordt door Rijkswaterstaat gemeten op een aantal locaties in de Waddenzee. De gemeten waterstanden zijn beschikbaar op de Waterbase internet site (www.waterbase.nl) van Rijkswaterstaat. In figuur 3.2 worden de locaties van deze meetstations gegeven.

Het getij in de Waddenzee wordt gedomineerd door het dubbeldaagse maansgetij. Vanaf het westen naar het oosten (Den Helder tot Lauwersoog) neemt het getijverschil geleidelijk toe. In Den Helder is het gemiddelde getijverschil ongeveer 1,39 m, terwijl bij Lauwersoog het getijverschil circa 2,31 m bedraagt. In figuur 3.2 wordt de ruimtelijke verdeling van het gemiddelde getijverschil gepresenteerd en in figuur 3.3 wordt het verloop van het gemiddelde HW, LW en getijverschil gegeven als een soort 'langsverdeling' (gaande van west naar oost).

Het gemiddelde getijverschil is ongeveer 1,77 m in Kornwerderzand, 1,90 m in Harlingen en 1,88 m in West-Terschelling (zie tabel 3.1, volgens "Slotgemiddelde 1991.0" uit Getijtafels voor Nederland).

Station	Springtij			Gemiddeld getij			Doodtij		
	HW [cm]	LW [cm]	HW-LW [cm]	HW [cm]	LW [cm]	HW-LW [cm]	HW [cm]	LW [cm]	HW-LW [cm]
Kornwerderzand	98	-96	194	86	-91	177	73	-80	153
Harlingen	108	-98	206	95	-95	190	79	-84	163
W-Terschelling	95	-117	212	83	-105	188	69	-85	154

Tabel 3.1 HW, LW en getijverschil in westelijke Waddenzee

De gemiddelde getijkarakteristieken zijn onderhevig aan een systematische verandering gedurende een periode van 18,6 jaar. Hierbij worden de hoog waters geleidelijk hoger en lager dan de gemiddelde waarde en de laag waters respectievelijk lager en hoger. Het getijverschil wordt dientengevolge geleidelijk groter en kleiner. Figuur 3.4 geeft de

variatie in HW, LW en getijverschil gedurende de periode van 18,6 jaar. Te zien is dat het gemiddelde getijverschil (per jaar) varieert van 1,78 tot 1,92 m.

Voor de uit te voeren simulaties is besloten een 'gemiddelde' springtij-doodtij cyclus na te bootsen. Aan de hand van figuur 3.4 is af te leiden dat het jaar 2001 een gemiddeld jaar representeert, gelet op het getijverschil. De variatie van HW, LW en getijverschil in het jaar 2001 is gepresenteerd in figuur 3.5. Hieruit is niet eenduidig een keuze te maken voor een 'gemiddelde' springtij-doodtij cyclus en daarom worden in figuur 3.6 maandgemiddelde waarden gegeven voor HW, LW en getijverschil. Het blijkt dat augustus 2001 een 'gemiddelde' maand is gelet op de getijcondities.

In figuur 3.7 worden de opeenvolgende waarden voor HW, LW en getijverschil gegeven voor augustus 2001. Uiteindelijk is op basis van deze informatie gekozen om de periode 1 tot 16 augustus te beschouwen als een opstartgedeelte bij de simulaties. De 'echte' gemiddelde springtij-doodtij cyclus gebruikt voor het bepalen van de effecten van de zoutwinning loopt van 16 tot 31 augustus 2001.

3.2.5 Horizontaal getij

Voor deze studie waren geen specifieke snelheidsmetingen beschikbaar om de waterbeweging in het model te verifiëren. Er wordt daarom volstaan met enige algemene karakteristieken.

De maximum stroomsnelheden in de hoofdgeulen van het estuarium zijn in de orde van grootte van 80 tot 120 cm/s gedurende gemiddeld getij condities. In de kleinere getijgeulen en op de platen zijn deze snelheden in de orde van 40 tot 80 cm/s. Deze snelheden zijn onderhevig aan redelijke variaties gedurende de springtij-doodtij cyclus met respectievelijk hogere en lagere waarden.

3.2.6 Saliniteit

Aan de hand van metingen zijn gemiddelde waarden bepaald en er is een schatting gemaakt van de variatie hierin, vooral door het spuien vanuit de Afsluitdijk (zoet water). Hoge spuidebieten geven lagere saliniteiten. Er is geen aanwijzing voor stratificatie binnen de Waddenzee. Over het algemeen worden geen significante verschillen in saliniteit gevonden tussen bodem en oppervlak op een willekeurig punt in tijd en plaats. De voornaamste oorzaak is waarschijnlijk de "ondiepte" van het systeem. Over het algemeen zijn ondiepe watersystemen zelden gestratificeerd.

Figuur 3.8 geeft de gemiddelde, de maximum en de minimum saliniteit in de westelijke Waddenzee (volgens metingen uit www.waterbase.nl). De gepresenteerde saliniteiten zijn gebaseerd op metingen uit de periode 1977 tot 2008. Deze metingen dekken niet volledige getijperioden, maar betreffen slechts individuele tijdstippen. In figuur 3.9 zijn dezelfde gegevens gepresenteerd als een soort langsverdeling. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een zuidelijke, een midden en een noordelijke verdeling.

Te zien is dat de zuidelijke verdeling (langs Afsluitdijk en Friese kust) de variatie in saliniteit erg groot is en varieert van vrijwel volledig zoet tot vrijwel volledig zout (resp. 2 psu en 32 psu). De gemiddelde saliniteit bedraagt 18 tot 20 psu. De midden verdeling geeft minimum en maximum saliniteiten in de orde van respectievelijk 15 psu en 33 psu. De noordelijke verdeling (ten zuiden van de waddeneilanden) geeft de kleinste variatie in saliniteiten met minimum en maximum waarden van respectievelijk 21 psu en 33 psu.

3.2.7 Zoet water debieten

In de westelijke Waddenzee vindt instroom van zoet water plaats op een aantal locaties. De grootste instroom is bij de spuicomplexen bij Den Oever en Kornwerderzand waar tijdens laag water wordt gespuid vanuit het IJsselmeer. Kengetallen van de afvoer van deze spuicomplexen zijn te vinden op de internet site www.watermarkt.nl. Daarnaast wordt er zoet water gespuid vanuit de Friese boezem bij Harlingen en Roptazijl.

De jaargemiddelde instroom van zoet water vanuit genoemde bronnen is als volgt:

- Spuicomplex Den Oever: tussen 1976 en 1990 bedroeg de etmaalgemiddelde afvoer 295 m³/s, de maximum afvoer bedroeg 2359 m³/s;
- Spuicomplex Kornwerderzand: de etmaalgemiddelde afvoer is 205 m³/s en de maximum afvoer is 1353 m³/s;
- Harlingen: een gemiddelde afvoer van 5 m³/s
- Roptazijl: een gemiddelde afvoer van 2 m³/s

De instroom van zoet water is onderhevig aan seizoensinvloeden en is voor genoemde bronnen min of meer direct gerelateerd aan de neerslag. Bovendien kunnen tamelijk grote verschillen bestaan tussen opeenvolgende jaren. Voorbeelden van de daggemiddelde afvoeren in de jaren 2001 en 2002 zijn gegeven in figuur 3.10. Hieruit is duidelijk de variatie gedurende het jaar af te lezen met relatief lage afvoeren in de zomerperiodes en hoge afvoeren in het de winterperiode.

In figuur 3.10 zijn voor 2001 en 2002 ook de afvoerverdelingen gegeven respectievelijk als cumulatief percentage en percentage van voorkomen. Deze verdelingen maken duidelijk dat in 2001 en 2002 de daggemiddelde afvoeren in Den Oever en Kornwerderzand respectievelijk in de orde zijn van 300 en 200 m³/s.

Voor de simulaties is besloten om afvoeren toe te passen voor een gemiddeld voorjaar met duidelijk hogere afvoeren dan gemiddeld. Op basis van de beschikbare gegevens uit de periode 2001 tot 2005 zijn de volgende daggemiddelde afvoeren vastgesteld (gemiddelde over de maand februari, de maand met de hoogste afvoer):

- Den Oever: 494 m³/s
- Kornwerderzand: 383 m³/s

Voor de simulaties zijn speciale afvoertijdreeksen samengesteld waarbij steeds in blokken van drie uur rondom laag water wordt gespuid. De opgelegde afvoeren in de spuiperiodes zijn zodanig dat de gekozen daggemiddelde afvoeren worden gerealiseerd (=per dag twee blokken van drie uur met 4 x daggemiddelde waarde).

3.3 Conclusies

Vanuit de beschikbare gegevens en de beperkte analyse van de huidige situatie kunnen de volgende conclusies worden genoemd:

- Waterstanden: het getijverschil neemt geleidelijk toe gaande vanaf west naar oost in de Waddenzee met 1,39 m in Den Helder en 2,31 m in Lauwersoog, het HW wordt geleidelijk hoger, terwijl het LW geleidelijk lager wordt;
- Stroomsnelheden: de maximum stroomsnelheden in de hoofdgeulen van het estuarium zijn in de orde van grootte van 80 tot 120 cm/s gedurende gemiddeld



getij condities; in de kleinere getijgeulen en op de platen zijn de snelheden in de orde van 40 tot 80 cm/s.

- Saliniteit: de saliniteit in de westelijke Waddenzee vertoont grote variatie door de instroom van zoet water; langs Afsluitdijk en Friese kust is de variatie erg groot is en varieert van 2 psu tot 32 psu; ten zuiden van de waddeneilanden is de variatie in saliniteiten het kleinst met minimum en maximum waarden van respectievelijk 21 psu en 33 psu.
- Zoet water: de grootste instroom is bij de spuicomplexen bij Den Oever en Kornwerderzand waar tijdens laag water wordt gespuid vanuit het IJsselmeer; bij Den Oever is de etmaalgemiddelde afvoer 295 m³/s, de maximum afvoer is 2359 m³/s; bij Kornwerderzand is de etmaalgemiddelde afvoer 205 m³/s en de maximum afvoer 353 m³/s.

4 Opzet en afregeling stromingsmodellen

4.1 Opzet van de modellen

Algemeen

De stromingscondities in de westelijke Waddenzee kunnen worden gesimuleerd met achtereenvolgende toepassing van de volgende modellen van de RWS modellentrein (zie figuur 4.1):

- het Continental Shelf model (CSM),
- het Zuidelijk Noordzee model (ZuNo) en
- het Kuststrook model.

Vanwege de beperkte resolutie in het Kuststrook model is een nieuw detailmodel ontwikkeld voor het project gebied. Het detailmodel betreft de directe omgeving van het project gebied. De hydrodynamische modellen zijn opgezet met het SIMONA pakket van RWS (major release 2008, versie 0808). De stromingssimulaties zijn in een 2D-aanpak uitgevoerd. Een 3D toepassing is vooral noodzakelijk voor het simuleren van complexe processen veroorzaakt door dichtheidsverschillen (zoutgradiënten, verticaal en horizontaal).

Het detailmodel is gebouwd op basis van een uitsnede van het Kuststrook model. Het model omvat in oost-west richting ongeveer 40 km langs de kust (ten westen en oosten van Harlingen). In noord-zuid richting reikt het model circa 15 tot 20 km buiten de kust van Friesland. De begrenzingen van dit model worden gegeven in figuur 4.2 en deze zijn gelegd langs roosterlijnen van het Kuststrook model.

De diepteschematisatie van het nieuwe detailmodel is geïnterpoleerd op basis van de meest recente diepte gegevens. Afsluitend zijn de overige benodigde schematisatie elementen vastgesteld. Ook de diepteschematisatie van de Waddenzee in het Kuststrook model is aangepast op basis van de recente diepte gegevens.

Na de constructie van de modellen is eerst de correcte werking worden gecontroleerd door het uitvoeren van een beperkte afregeling. Hierbij is de beschikbaarheid van lokale metingen van waterstanden en stroomsnelheden een essentiële voorwaarde. De kwaliteit van de omhullende modellen van de modellentrein is binnen eerdere projecten op het gewenste niveau gebracht.

4.2 Schematisatie van detailmodel

De schematisatie van het nieuwe detailmodel betreft de volgende aspecten:

- Generatie van rekenrooster;
- Schematisatie van diepten, enz.;
- Randvoorwaarden;
- Instelling van numerieke en fysische parameters;
- Test simulaties;
- Calibratie (waterstanden, stroomsnelheden en saliniteit).

Rekenrooster

Zoals genoemd is het rekenrooster van het Harlingen detailmodel gebaseerd op het rekenrooster van het Kuststrook model. De vereiste resolutie is bereikt door een integrale verfijning met een factor drie. De figuren 4.3 en 4.4 tonen het rekenrooster van het stroommodel (resp. gehele model en detail bij Harlingen). In figuur 4.4 zijn ook de contouren gegeven van de onderzochte zoutwinlocaties (zie verder hoofdstuk 5). De matrix afmetingen van het rekenrooster zijn $412 \times 166 = 68.392$ punten waarvan circa 87 % van de punten actief zijn.

Een voorbeeld van de resolutie van het rekenrooster wordt gegeven in figuur 4.5. Er is te zien dat in het projectgebied zelf de resolutie ongeveer 100 m bedraagt. Met deze resolutie zijn de relatief smalle getijgeulen in het projectgebied realistisch te schematiseren. Ook de bodemdalingschotel kan goed worden gerepresenteerd.

Diepten en andere schematisatie elementen

De diepteschematisatie van het nieuwe detail model is gebaseerd op de beschikbare bathymetrische gegevens. Daarnaast is ook het Waddenzee gedeelte van het Kuststrook model aangepast. Eerst zijn de meest recente gegevens gebruikt (2004 survey van RWS) voor het grootste deel van het model en vervolgens zijn oudere gegevens gebruikt voor de nog niet bedekte gebieden.

De aangepaste diepteschematisatie van de westelijke Waddenzee wordt gegeven in figuur 4.6. De resulterende diepteschematisatie van het detailmodel is gepresenteerd in de figuren 4.7 en 4.8 voor respectievelijk het gehele model en een detail bij Harlingen. Alle diepten zijn in meters ten opzichte van NAP. In figuur 4.8 zijn weer de contouren van het onderzochte gebied getoond.

De bouw van een stromingsmodel wordt voltooid door het definiëren van additionele schematisatie elementen, zoals:

- Droge punten en dunne dammen voor het representeren van geleidedammen, havendammen, enz.;
- Open randen langs de zeerand (plaats en type);
- Debiet bronnen voor de representatie van bijv. uitwateringssluizen;
- Meetpunten voor waterstanden, stroomsnelheden en saliniteit;
- Dwarsprofielen voor het vastleggen van debieten.

Randvoorwaarden

Er is voor gekozen om het nieuwe detailmodel in een DDHOR (= horizontale domeindecompositie) toepassing gecombineerd te draaien met het Kuststrook model. Bij deze aanpak worden de open randen van het detailmodel tijdens het rekenproces direct aangestuurd met de resultaten vanuit het omhullende Kuststrook model. Omgekeerd wordt de informatie vanuit het gedetailleerde binnengebied overgedragen van detailmodel naar het Kuststrook model.

De open zeeranden van het detailmodel hoeven niet specifiek te worden gedefinieerd als bijvoorbeeld een waterstandsrand of snelheidsrand. Er moet alleen worden aangegeven dat bepaalde delen van de rand als open randen gaan functioneren. Bij een DDHOR simulatie wordt alle relevante informatie zoals waterstanden, stroomsnelheden en saliniteit overgedragen.

De randvoorwaarden voor het Kuststrook model zelf worden normaal gesproken bepaald aan de hand van de omhullende modellen uit de modellentrein. Bij het simuleren van opgetreden situaties of condities worden ook wind en drukvelden opgelegd. Voor het optimaliseren van de reproductie wordt meestal Kalman filtering ingezet waarbij gemeten tijdreeksen van waterstanden worden gebruikt voor het corrigeren van randvoorwaarden of windvelden.

Voor deze hydrodynamische studie is besloten om alleen astronomische condities te simuleren. Hierbij kunnen de randvoorwaarden op een enigszins andere manier worden vastgesteld. De randvoorwaarden van het Kuststrook model worden bepaald aan de hand van Kuststrook-grof simulaties voor astronomische condities (geen meteo effect). Door toepassing van Kalman filter techniek worden de randvoorwaarden gecorrigeerd voor het bereiken van een optimale overeenkomst met metingen.

In dit geval zijn voor de metingen tijdseries van getijvoorspellingen gebruikt. Bij de Kalman filtering van het Kuststrook-grof model worden correcties uitgevoerd op basis van de resultaten van acht stations binnen het modelgebied (van zuid naar noord: Cadzand, Westkapelle, Brouwershavense Gat 8, Scheveningen, IJmuiden-buitenhaven, Petten-zuid, Wierumergronden en Huibertgat). De simulatie met het Kustgrof model geeft gecorrigeerde randvoorwaarden (tijdseries waterstanden) voor het Kuststrook model voor een optimale reproductie van astronomische condities (geen invloed van wind).

De randvoorwaarden voor de simulaties representeren de astronomische condities in augustus 2001. De tweede helft van augustus 2001 betreft een gemiddelde springtij-doodtij cyclus (zie paragraaf 3.2.4), de eerste helft is een 'opstart' periode. De gekozen periode is toegepast voor zowel de afregeling van de modellen als voor de simulaties voor het bepalen van de hydrodynamische effecten.

Instelling van numerieke en fysische parameters

De initiële instelling van de meest relevante numerieke en fysische parameters van het detailmodel is als volgt:

- Tijdstap: 30 sec;
- Bodem ruwheid: volgens Manning formule (met $C = h^{1/6}/n$), $n = 0,022$;
- Diffusie coëfficiënt: globale waarde van $30 \text{ m}^2/\text{s}$;
- Eddy viscositeit: $1 \text{ m}^2/\text{s}$.

De instellingen van de bodemruwheid en diffusie coëfficiënt zijn tijdens de afregeling enigszins geoptimaliseerd.

4.3 Afregeling van de modellen

De afregeling is uitgevoerd voor een 30-daagse periode in augustus 2001. Voor deze periode zijn voorspellingen van waterstanden gemaakt voor stations langs de Noordzeekust en in de Waddenzee. Deze voorspellingen bevatten de astronomische condities en niet de eventuele meteorologische effecten (windopzet).

Voor de saliniteiten zijn alleen de gemiddelde, de hoogste en de laagste waarden beschikbaar vanuit de metingen in de periode 1977-2008. Er zijn geen metingen beschikbaar voor de gesimuleerde periode.

Waterstanden

Voor de afregeling van het nieuwe detailmodel zijn een beperkt aantal simulaties uitgevoerd waarbij het Kuststrook model en het detailmodel gecombineerd hebben gedraaid in een DDHOR toepassing. Hierbij is gebleken dat de resultaten van de combinatie van modellen een acceptabele overeenkomst lieten zien met de gegevens van de waterstanden en de saliniteiten. Daarom is geen extra inspanning gepleegd voor het verbeteren van de reproductie. Hierbij moet worden opgemerkt dat het verbeteren van de resultaten in de westelijke Waddenzee alleen kan worden gerealiseerd door aanpassingen in het Kuststrook model. Deze aanpassingen liggen buiten de doelstelling van deze studie.

Voor de definitieve calibratie simulatie met gecorrigeerde randvoorwaarden (vanuit Kustgrof model, zie paragraaf 4.2) worden de voorspelde en gesimuleerde waterstanden gepresenteerd voor de volgende stations (zie figuur 4.9 voor de ligging):

Figuur 4.10: Ijmuiden en Petten-zuid

Figuur 4.11: Den Helder en Harlingen

Figuur 4.12: West-Terschelling en Wierumergronden

Figuur 4.13: Huibertgat en Eemshaven

De figuren laten zien dat over het algemeen de overeenkomst tussen voorspelling en simulatie goed tot redelijk is. In Harlingen zijn vooral tijdens springtij de gesimuleerde waterstanden enigszins hoger dan de voorspelling (HW en LW). In de overige perioden is alleen het HW enigszins hoger. Het getijverschil in Harlingen lijkt over het algemeen iets te groot.

Saliniteiten

Vervolgens worden de gesimuleerde saliniteiten vergeleken met gemeten waarden (gemiddeld, maximum en minimum) voor de volgende stations (zie figuur 3.10 voor de ligging):

Figuur 4.14: Doove Balg oost en Inschot

Figuur 4.15: Harlingen en Blauwe Slenk oost

Figuur 4.16: Oost Meep

Te zien is dat de reproductie van de saliniteit over het algemeen redelijk acceptabel is met saliniteit waarden die liggen binnen de bandbreedte van de metingen. In de locatie Inschot geeft de simulatie te lage saliniteiten met een relatief grote variatie tijdens het getij. De oorzaak van dit afwijkende gedrag is niet gevonden.

4.4 Conclusies

Samenvattend kan het volgende worden geconcludeerd:

- Het stromingsmodel geeft een goede tot redelijke overeenkomst tussen voorspelde en gesimuleerde waterstanden.
- Hetzelfde (of in iets mindere mate) geldt voor de reproductie van saliniteiten, met alleen een redelijke discrepantie voor het station Inschot.

Deze resultaten geven voldoende vertrouwen in het model voor het genereren van betrouwbare resultaten voor de hydrodynamische effectstudie.

5 Hydrodynamische effecten - oriëntatie

5.1 Opzet van de simulaties

De effecten van de zoutwinning op de waterbeweging zijn bepaald met behulp van de in hoofdstuk 4 beschreven stromingsmodellen. Beide stromingsmodellen worden daarbij gecombineerd ingezet in een DDHOR toepassing. Er moet op worden gewezen dat hierbij voor het gebied van het detailmodel geen gegevens beschikbaar komen op het rekenrooster van het Kuststrook model.

Voor het opzoeken van de 'grenzen' van hydrodynamische effecten ten gevolge van bodemdaling is in een oriëntatie fase het effect bepaald van een aantal theoretische bodemdalingsschotels. Allereerst is in deze oriëntatie fase de waterbeweging in de huidige situatie gesimuleerd met een representatie van de waterstanden, de stroomsnelheden, de saliniteiten etc. Vervolgens zijn de gevolgen van de zoutwinning (bodemdaling) op de waterbeweging bepaald voor een drietal varianten. De resultaten van de simulaties met bodemdaling kunnen worden vergeleken met de resultaten van de huidige situatie om het effect van de bodemdaling te bepalen.

De bodemdaling is geschematiseerd als een afgeknotte kegel met een maximale daling van 1 m. De straal van de basis is 3000 m en de straal van de afgeknotte top is 1250 m. Door een verschuiving is de bodemdalingsschotel zodanig gepositioneerd dat een meest noordelijke, een meest zuidelijke en een midden positie van de zoutwinputten is bereikt. In figuur 5.1 zijn de bodemdaling contouren gegeven voor de 'midden' locatie gegeven (in het midden van de begrenzing van potentiële zoutwinlocaties). Het volume van deze bodemdaling betreft de maximale winhoeveelheid (32 miljoen ton = 14,8 miljoen m³, waarbij rekening is gehouden met een restvolume van de ondergrondse cavernes).

Tabel 5.1 geeft de coördinaten van het hart van de onderzochte winlocaties en de locatie van de fabriek (zie ligging in figuur 5.2). De maximale afstand tot de fabriek varieert van circa 3900 tot 7600 m (resp. locatie zuid en noord).

Locatie	X	Y
Zuid	154520	575510
Midden	153970	579950
Noord	153420	584380
Fabriek	157500	578000

Tabel 5.1 Coördinaten van winlocaties en fabriek

De bodemligging bij drie varianten is een superpositie van de bestaande bodem en de (vershoven) bodemdalingsschotels. De resulterende diepteschematisatie voor de drie varianten is gegeven in de figuren 5.3 tot en met 5.5.

De volgende 'oriëntatie' simulaties zijn uitgevoerd (Kxx/Dxx als codering voor respectievelijk het Kuststrook model en het detailmodel):

- K31/D31 = huidige situatie, geen bodemdaling, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K32/D32 = situatie met noordelijke locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K33/D33 = situatie met midden locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K34/D34 = situatie met zuidelijke locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001

Voorafgaand aan deze simulaties zijn 'opstart' simulaties (periode van 1 tot 16 augustus) uitgevoerd voor het bereiken van een soort evenwichtsituatie (= dynamisch evenwicht tussen de waterbeweging, de zoutverdeling en de diepteschematisatie). De eindresultaten van de opstart simulaties worden vervolgens gebruikt als startwaarde voor de 'definitieve' simulaties van de geselecteerde springtij-doodtij cyclus.

5.2 Resultaten waterbeweging – algemeen

In het detailmodel zijn een aantal uitvoerpunten gedefinieerd voor het bepalen van tijdseries van waterstand, stroomsnelheid en saliniteit (zie figuur 5.6 voor de locaties). Voor deze locaties worden eerst resultaten gepresenteerd welke een algemeen beeld geven van de waterbeweging en de mogelijke effecten van de zoutwinning. De presentatie wordt gedaan met tijdseries voor de gehele springtij-doodtij cyclus.

Waterstanden

Figuur 5.7 geeft voor een tweetal locaties langs de westrand van het potentiële zoutwingebied, te weten: de punten 1A en 5A, de gesimuleerde waterstanden voor simulaties D31, D32, D33 en D34 (resultaten detailmodel). Deze simulaties betreffen de bestaande situatie en de drie varianten.

Uit deze figuur blijkt dat grootschalig gezien er geen effecten zijn op het verticale getij. Alleen tijdens laagwater bereiken de waterstanden lokaal lagere waarden door de bodemdaling (zie bijvoorbeeld Punt 5A bij winlocatie 'noord'). De ruimtelijke veranderingen in de waterstanden en de gevolgen voor bijvoorbeeld de droogvalduren worden in paragraaf 5.3 beschreven. De figuur geeft tevens een duidelijke indicatie van de getijcondities tijdens de gesimuleerde springtij-doodtij cyclus. Te zien is dat springtij optreedt rond 22 augustus en doodtij rond 28 augustus.

Stroomsnelheden

De figuren 5.8 tot en met 5.10 geven het verloop van de stroomsnelheden in een zestal locaties langs de rand van het potentiële zoutwingebied voor alle simulaties (zie figuur 5.6 voor de ligging). De grootste snelheden met het meer gepiekte verloop treedt op tijdens de vloedfase. De maximum stroomsnelheden zijn in de orde van 60 tot 70 cm/s (punt 3A, langs getijgeultje).

Uit de figuren blijkt dat de bodemdaling soms een effect heeft op het horizontale getij. Afhankelijk van de ligging van het meetpunt en de ligging van de zoutwinputten worden de snelheden soms in beperkte mate groter of kleiner. De maximale veranderingen in deze meetpunten bedragen circa 5 cm/s. De ruimtelijke veranderingen in de stroomsnelheden en de gevolgen voor de gemiddelde en de maximum stroomsnelheden worden in paragraaf 5.3 beschreven.

Saliniteit

Het verloop van de saliniteiten in een zestal locaties langs de rand van het potentiële zoutwingebied wordt voor alle simulaties gegeven in de figuren 5.11 tot en met 5.13 (zie figuur 5.6 voor de ligging). De saliniteiten langs de westrand van het zoutwingebied zijn over het algemeen hoger dan langs de oostrand. De maximum saliniteiten langs de westrand zijn in de orde van 25 psu en langs de oostrand in de orde van 20 psu.

Uit de figuren blijkt dat de bodemdaling een beperkt effect heeft op de saliniteiten. Afhankelijk van de ligging van het meetpunt en de ligging van de zoutwinputten

worden de saliniteiten soms iets hoger of iets lager. De maximale veranderingen in deze meetpunten zijn minder dan 1 psu. Verder is te zien dat tijdens de springtij-doodtij cyclus het gemiddelde niveau van de saliniteit varieert met over het algemeen de hogere saliniteiten in de periode van springtij tot gemiddeld getij en de lagere saliniteiten van doodtij to gemiddeld getij.

De ruimtelijke veranderingen in de saliniteiten en de gevolgen voor de gemiddelde en de minimum saliniteiten worden paragraaf 5.3 beschreven.

5.3 Resultaten waterbeweging - specifiek

5.3.1 Algemeen

Een speciale bewerking van de resultaten is uitgevoerd voor het bepalen van de volgende abiotische parameters welke van belang zijn voor de interpretatie van eventuele ecologische gevolgen:

- Droogvalduur: tijdsduur dat waterdiepten beneden opgegeven grenswaarde zijn (percentage van totale duur van springtij-doodtij cyclus)
- Snelheden: gemiddeld eb en vloed, maximum eb en vloed, maximale bodemschuifspanning (gedurende gehele springtij doodtij cyclus)
- Saliniteit: gemiddeld, minimum en tijdsduren met saliniteit beneden bepaalde grenswaarden (gedurende gehele springtij-doodtij cyclus)

Genoemde grootheden zijn bepaald aan de hand van de 'basis' resultaat bestanden met informatie over waterstand, stroomsnelheid en saliniteit. De bestanden zijn weggeschreven gedurende de gehele springtij-doodtij cyclus met een interval van vijf minuten (totaal 4337 tijdstippen). Voor het detailmodel is voor elk rekenpunt de informatie beschikbaar en voor het Kuststrook model voor een beperkt aantal punten rondom het detailmodel (zie figuur 5.14). De uiteindelijke bepaling van genoemde parameters is gedaan met behulp van speciale nabewerkingprogramma's.

De nabewerking geeft per simulatie de ruimtelijke verdeling van genoemde parameters. Voor de effect bepaling van de verschillende varianten zijn verschilresultaten bepaald (variant minus referentie). De presentatie van de resultaten uit de nabewerking worden eerst gegeven voor de huidige situatie met 'echte' waarden. Aansluitend worden voor de drie varianten van zoutwinlocaties de effecten gegeven.

5.3.2 Huidige situatie

Voor de huidige situatie worden de berekende abiotische parameters gepresenteerd in de volgende figuren:

- Fig. 5.15: droogvalduur
- Fig. 5.16: gemiddelde ebsnelheid
- Fig. 5.17: gemiddelde vloedsnelheid
- Fig. 5.18: maximum ebsnelheid
- Fig. 5.19: maximum vloedsnelheid
- Fig. 5.20: maximum bodemschuifspanning
- Fig. 5.21: gemiddelde saliniteit
- Fig. 5.22: minimum saliniteit
- Fig. 5.23: maximum tijdsduur met saliniteit < 25 psu
- Fig. 5.24: maximum tijdsduur met saliniteit < 20 psu

- Fig. 5.25: maximum tijdsduur met saliniteit < 15 psu
Fig. 5.26: maximum tijdsduur met saliniteit < 10 psu
Fig. 5.27: maximum tijdsduur met saliniteit < 5 psu

Er moet worden opgemerkt dat bij het bepalen van de maximum tijdsduur met de saliniteit beneden een bepaalde waarde een speciale bewerking is toegepast. Deze bewerking hangt samen met de gekozen simulatie periode die loopt van gemiddeld getij, springtij, gemiddeld getij, doottij naar gemiddeld getij. Vanwege het verloop van de saliniteit (zie bijvoorbeeld figuur 5.12) zou bij het bepalen van de tijdsduur een te korte periode worden bepaald, omdat rondom springtij de hogere saliniteiten voorkomen. Daarom worden bij de speciale bewerking de berekende saliniteiten in de periode van 17 tot 22 augustus administratief verschoven naar het einde van de gesimuleerde periode. Op deze manier verloopt de saliniteit van hoge waarden naar lage waarden en daarna weer naar hoge waarden. Hiermee wordt dus een langere aaneengesloten duur berekend waarbij de saliniteit beneden een bepaalde waarde is. Deze gecorrigeerde waarde sluit beter aan bij de werkelijkheid.

Aan de hand van de gepresenteerde figuren kunnen per abiotische parameter een aantal opmerkingen worden gemaakt:

Droogvalduur

in de Waddenzee met een afwisseling van grote en kleine getijgeulen en aansluitende intergetijdegebieden vertoont de droogvalduur ook een grote afwisseling tussen gebieden die nooit droogvallen en gebieden die het grootste deel van de tijd droogvallen.

In het projectgebied (gebied met potentiële zoutwinlocaties) is in het zuidelijk deel de droogvalduur overwegend klein (tot 0%) terwijl in het noordelijk deel droogvalduren voorkomen van orde 50%.

Stroomsnelheden

De grootste stroomsnelheden treden op de getijgeulen met maximum gemiddelde snelheden van 0.7 tot 0.8 m/s in het Vlie en Doove Balg (tijdens vloed), gaande richting kust nemen de snelheden geleidelijk af. Bij de kust zijn de gemiddelde vloedsnelheden in de getijgeulen beduidend groter dan tijdens eb (door het meer gepiekte snelheidsverloop).

De maximum stroomsnelheden tijdens een springtij-doottij cyclus zijn orde 1.5 m/s (in het Vlie en Doove Balg). In de getijgeulen richting kust zijn de maximum stroomsnelheden tijdens vloed aanzienlijk groter dan tijdens eb.

Bodemschuifspanning

De grootse bodemschuifspanningen treden op in de getijgeulen en bereiken maximum waarden van ongeveer 4.0 N/m^2 (in Vlie en Blauwe Slenk). Op de platengebieden zijn de maximum waarden in de orde van 0.6 tot 1.0 N/m^2 .

Saliniteit

Door de toevoer van zoet water vanuit de spuisluizen in de Afsluitdijk (vooral Kornwerderzand) treden de laagste saliniteit waarden op onder de Friese kust met gemiddelde en minimum waarden van respectievelijk 10 tot 15 psu en 5 tot 10 psu. Gaande richting waddeneilanden nemen de saliniteit waarden toe tot orde 25 tot 30 psu.

In het projectgebied is de gemiddelde en de minimum saliniteit respectievelijk in de orde van 17.5 tot 20 psu en 15 tot 17.5 psu.

Saliniteitduren

De maximum periode dat de saliniteit beneden een bepaalde waarden is, geeft vanwege de verdeling van zout en zoet water steeds patronen waarbij de langste duren zijn te vinden onder en langs de Friese kust en de kortste periode in de gebieden richting waddeneilanden.

De maximum perioden variëren van 15 dagen (is gehele springtij-doodtij cyclus) tot nul dagen. Bij de gehanteerde spuidebieten is de maximum duur voor een saliniteit kleiner dan 10 psu orde 1 tot 2 dagen en komt voor in een gebied langs de Afsluitdijk en de Friese kust (omgeving Harlingen). Een saliniteit kleiner dan 5 psu komt bij de uitgevoerde simulatie niet voor.

Voor de resultaten met betrekking tot de saliniteit (gemiddelde, minimum en tijdsduren) kan worden opgemerkt dat deze sterk gekoppeld zijn aan de opgelegde spuidebieten. Deze spuidebieten representeren een bovengemiddelde waarde (gemiddeld voorjaar). Voor hogere en lagere spuidebieten zullen de resultaten met betrekking tot de saliniteit duidelijk anders zijn. Een variatie in spuidebiet heeft weinig tot geen effect op de resultaten van het verticaal en horizontaal getij.

5.3.3 Situaties met zoutwinputten

Voor de situaties met zoutwinputten (bodemdaling) worden geen 'echte' resultaten gepresenteerd maar alleen de verschillen ten opzicht van de huidige situatie. De verschillen zijn altijd gedefinieerd als 'resultaat put' minus 'resultaat huidig'.

De verschilresultaten voor de situatie met put-noord worden gegeven in de volgende figuren:

- Fig. 5.28: droogvalduur
- Fig. 5.29: gemiddelde ebsnelheid
- Fig. 5.30: gemiddelde vloednelheid
- Fig. 5.31: maximum ebsnelheid
- Fig. 5.32: maximum vloednelheid
- Fig. 5.33: maximum bodemschuifspanning
- Fig. 5.34: gemiddelde saliniteit
- Fig. 5.35: minimum saliniteit
- Fig. 5.36: maximum tijdsduur met saliniteit < 25 psu
- Fig. 5.37: maximum tijdsduur met saliniteit < 20 psu
- Fig. 5.38: maximum tijdsduur met saliniteit < 15 psu
- Fig. 5.39: maximum tijdsduur met saliniteit < 10 psu
- Fig. 5.40: maximum tijdsduur met saliniteit < 5 psu

De verschilresultaten voor de situatie put-midden worden in dezelfde volgorde als van put noord gegeven in de figuren 5.41 tot en met 5.53. In de figuren 5.54 tot en met 5.66 worden de verschilresultaten gepresenteerd voor de situatie put-zuid. Aan de hand van deze figuren kan per abiotische parameter het volgende worden opgemerkt:

Droogvalduur

De bodemdaling geeft over het algemeen een reductie van de droogvalduur, met name dichtbij de grootste bodemdaling, in de situatie put-noord zijn de verschillen het grootst en in de situatie put-zuid het kleinst.

De maximum reductie in droogvalduur is bij put-noord en put-zuid respectievelijk 45 tot 50% en orde 5%, voor put-midden is de reductie maximaal orde 40%.

Gemiddelde stroomsnelheden

De bodemdaling geeft gebieden met toename en gebieden met afname van de gemiddelde stroomsnelheden. De toename in de snelheden treedt vooral op ten westen van de grootste bodemdaling en wordt veroorzaakt door een toename van het kombergingsdebiet. De afname wordt over het algemeen veroorzaakt door de verruiming van het doorstroomprofiel en treedt vooral op ten oosten van de grootste bodemdaling. De grootste toename in de gemiddelde snelheden treedt op tijdens vloed bij de situatie put-noord, ten westen van de winlocatie, en bedraagt circa 23 cm/s. De grootste afname is voor de drie varianten vrijwel gelijk en bedraagt 10 tot 15 cm/s. De locatie met de grootste afname varieert.

Maximum stroomsnelheden

De veranderingen in maximum stroomsnelheden vertonen vergelijkbare patronen als de veranderingen in de gemiddelde stroomsnelheden echter met een ander 'niveau' van veranderingen (circa twee maal groter dan bij gemiddelde stroomsnelheid). De veranderingen zijn het grootst tijdens vloed.

De grootste veranderingen treden op bij put-noord, en zijn in de orde van 40 cm/s (toename en afname).

Bodemschuifspanning

De bodemdaling geeft afwisselende gebieden met toename en afname van de maximum bodemschuifspanning. Over het algemeen neemt de maximum bodemschuifspanning toe in gebieden zeewaarts van de maximum bodemdaling en neemt af in gebieden oostelijk van de maximum bodemdaling.

De grootste veranderingen treden op bij de situatie put-noord met een toename of afname in de orde van 2.5 tot 3.0 N/m². Bij de situaties put-zuid is de maximale toename orde 2.0 tot 2.5 N/m² en bij put-zuid is de maximale afname circa 2.5 N/m².

Saliniteit

De bodemdaling geeft bij de situaties put-noord en put-midden over het algemeen een geringe afname in de gemiddelde en de minimum saliniteit in gebieden ten noorden en ten zuiden van de maximum bodemdaling. Een toename is zichtbaar in gebieden ten oosten van de maximum bodemdaling. De saliniteit neemt bij put-noord en put-midden af met orde 0,6 psu, lokaal is bij put-noord een toename in de minimum saliniteit te zien van orde 0,8 psu.

Bij de situatie put-zuid is het patroon van veranderingen redelijk afwijkend waarbij vooral sprake is van een toename van de saliniteit in het gebied van de bodemdaling en ten oosten hiervan, langs de Friese kust. De grootste toename is in de orde van 1,2 psu (minimum saliniteit). Een verklaring voor deze relatief grote verschillen (tussen put-zuid en de andere putten) is niet gevonden.

Saliniteitduren

Voor de tijdsduren met de saliniteit beneden bepaalde waarden (25, 20 en 15 psu) is in het algemeen in de gebieden ten noorden en zuiden van de zoutwinning een toename van de tijdsduren zichtbaar. In de resultaten zijn in smalle stroken langs de rand van het gebied soms extreme verschillen zichtbaar in de orde van 10 dagen. Dit komt door een geringe verschuiving van de saliniteit contouren door een enigszins lagere saliniteit, waardoor in deze gebieden de tijdsuur opeens vrijwel de volledige periode beslaat. De tijdsduren met de saliniteit beneden 10 en 5 psu vertonen geen verschillen van betekenis.

6 Hydrodynamische effecten - verfijning

6.1 Opzet van de simulaties

Bij de verfijning fase zijn de effecten van de zoutwinning op de waterbeweging ook weer bepaald met behulp van de in hoofdstuk 4 beschreven stromingsmodellen.

De waterbeweging in de huidige situatie is gesimuleerd en dit geeft een referentie voor de waterstanden, de stroomsnelheden en de saliniteiten in het projectgebied. Vervolgens zijn de gevolgen van de zoutwinning (bodemdaling) op de waterbeweging bepaald voor een drietal realistische varianten. De resultaten van de simulaties met bodemdaling kunnen worden vergeleken met de resultaten van de huidige situatie om het effect van de bodemdaling te bepalen.

In figuur 6.1 zijn de bodemdaling contouren gegeven voor een voorbeeld locatie. De daling is tengevolge van de zoutwinning in vier cavernen op een onderlinge afstand van 500 m. De maximale afstand tot de fabriek is hierbij circa 3900 m. Het volume van deze bodemdaling is circa 10.9 miljoen m³ (= 73% van de maximale winhoeveelheid van 15 miljoen m³). De geschematiseerde bodemdaling betreft dus een deels opgevulde bodemdalingsschotel. Tabel 6.1 geeft de coördinaten van de vier gepresenteerde cavernen en de locatie van de fabriek.

Locatie	X	Y
HM-1	153560	578000
HM-2	153640	578495
HM-3	153720	578990
HM-4	153800	579485
Fabriek	157500	578000

Tabel 6.1 Coördinaten van cavernen en fabriek

Voor het bepalen van de meest optimale positie van de zoutwinning (= minimale ecologische effecten) is de positie van de gegeven voorbeeld bodemdaling gevarieerd binnen bepaalde randvoorwaarden, namelijk:

- geen grotere afstand tot fabriek,
- geen verstoring van infrastructuur op het vaste land (havendam, dijken)
- locatie binnen de grenzen van de potentiële concessie.

Bij de verfijning fase zijn voor drie varianten de effecten van de zoutwinning bepaald. Door een verschuiving (zonder rotatie) is de gegeven bodemdalingsschotel zodanig gepositioneerd dat een meest noordelijke, een meest zuidelijke en een midden positie van de zoutwinputten is bereikt.

De toegepaste verschuiving van de bodemdalingsschotel is gegeven in tabel 6.2

Locatie	X-verschuiving	Y-verschuiving
Noord	1320	2240
Midden	450	1200
Zuid	0	-900

Tabel 6.2 Verschuiving bodemdalingsschotel (in m)

In figuur 6.2 worden de uiteindelijk gekozen posities gepresenteerd die voldoen aan de genoemde randvoorwaarden. De contouren van de drie bodemdalingen (zakking 2 cm) zijn in rood gegeven. De maximale afstand tot de fabriek en de fabriek zelf zijn in blauwe contouren gepresenteerd. De bodemligging bij drie varianten is een superpositie van de bestaande bodem en de (vershoven) bodemdalingschotels. De resulterende diepteschematisatie voor de drie varianten is gegeven in de figuren 6.3 tot en met 6.5.

De volgende 'verfijning' simulaties zijn uitgevoerd (Kxx/Dxx als codering voor respectievelijk het Kuststrook model en het detailmodel):

- K35/D35 = huidige situatie, geen bodemdaling, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K36/D36 = situatie met noordelijke locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K37/D37 = situatie met midden locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001
- K38/D38 = situatie met zuidelijke locatie, periode 17 tot 31 augustus 2001

Voorafgaand aan deze simulaties zijn 'opstart' simulaties (periode van 1 tot 16 augustus) uitgevoerd voor het bereiken van een soort evenwichtsituatie (= dynamisch evenwicht tussen de waterbeweging, de zoutverdeling en de diepteschematisatie). De eindresultaten van de opstart simulaties worden vervolgens gebruikt als startwaarde voor de 'definitieve' simulaties van de geselecteerde springtij-doodtij cyclus. Er kan nog worden opgemerkt dat de simulatie K35/D35 identiek is aan simulatie K31/D31 van de oriëntatie fase (zie hoofdstuk 5).

6.2 Resultaten waterbeweging – algemeen

In het detailmodel zijn een aantal uitvoerpunten gedefinieerd voor het bepalen van tijdseries van waterstand, stroomsnelheid en saliniteit (zie figuur 5.6 voor de locaties). Voor deze locaties worden eerst resultaten gepresenteerd welke een algemeen beeld geven van de waterbeweging en de mogelijke effecten van de zoutwinning. De presentatie wordt gedaan met tijdseries voor de gehele springtij-doodtij cyclus.

Waterstanden

Figuur 6.6 geeft voor een tweetal locaties langs de westrand van het potentiële zoutwingebied, te weten: de punten 1A en 5A, de gesimuleerde waterstanden voor simulaties D35, D36, D37 en D38 (resultaten detailmodel). Deze simulaties betreffen de bestaande situatie en de drie varianten.

Uit deze figuur blijkt dat grootschalig gezien er geen effecten zijn op het verticale getij. De figuur geeft tevens een duidelijke indicatie van de getijcondities tijdens de gesimuleerde springtij-doodtij cyclus. Te zien is dat springtij optreedt rond 22 augustus en doodtij rond 28 augustus. De ruimtelijke veranderingen in de waterstanden en de gevolgen voor bijvoorbeeld de droogvalduren worden in paragraaf 6.3 beschreven.

Stroomsnelheden

De figuren 6.7 tot en met 6.9 geven het verloop van de stroomsnelheden in een zestal locaties langs de rand van het potentiële zoutwingebied voor alle simulaties (zie figuur 5.6 voor de ligging). De grootste snelheden met het meer gepiekte verloop tredt op tijdens de vloedfase. De maximum stroomsnelheden zijn in de orde van 60 tot 70 cm/s (punt 3A, langs getijgeultje).

Uit de figuren blijkt dat de bodemdaling soms een effect heeft op het horizontale getij. Afhankelijk van de ligging van het meetpunt en de ligging van de zoutwinputten worden de snelheden soms in beperkte mate groter of kleiner. De maximale veranderingen in deze meetpunten bedragen circa 5 cm/s. De ruimtelijke veranderingen in de stroomsnelheden en de gevolgen voor de gemiddelde en de maximum stroomsnelheden worden in paragraaf 6.3 beschreven.

Saliniteit

Het verloop van de saliniteiten in een zestal locaties langs de rand van het potentiële zoutwingebied wordt voor alle simulaties gegeven in de figuren 6.10 tot en met 6.12 (zie figuur 5.6 voor de ligging). De saliniteiten langs de westrand van het zoutwingebied zijn over het algemeen hoger dan langs de oostrand. De maximum saliniteiten langs de westrand zijn in de orde van 25 psu en langs de oostrand in de orde van 20 psu.

Uit de figuren blijkt dat de bodemdaling een beperkt effect heeft op de saliniteiten. Afhankelijk van de ligging van het meetpunt en de ligging van de zoutwinputten worden de saliniteiten soms iets hoger of iets lager. De maximale veranderingen in deze meetpunten zijn minder dan 1 psu. Verder is te zien dat tijdens de springtij-doodtij cyclus het gemiddelde niveau van de saliniteit varieert met over het algemeen de hogere saliniteiten in de periode van springtij tot gemiddeld getij en de lagere saliniteiten van doodtij to gemiddeld getij.

De ruimtelijke veranderingen in de saliniteiten en de gevolgen voor de gemiddelde en de minimum saliniteiten worden paragraaf 6.3 beschreven.

6.3 Resultaten waterbeweging - specifiek

6.3.1 Algemeen

De resultaten van de verfijning simulaties zijn op dezelfde manier bewerkt als de oriëntatie simulaties. De beschrijving van deze bewerking is gegeven in paragraaf 5.3.1. Hierbij zijn onder andere waterstanden, stroomsnelheden en saliniteiten bewerkt tot een aantal kenmerkende waarden (maximum, minimum, gemiddelde of tijdsduren).

De nabewerking geeft per simulatie de ruimtelijke verdeling van genoemde parameters. Voor de effect bepaling van de verschillende varianten zijn verschilresultaten bepaald (variant minus referentie). Bij de presentatie van de resultaten uit de nabewerking worden uitsluitend voor de drie varianten van zoutwinlocaties de effecten gegeven. De resultaten van de huidige situatie zijn identiek aan de simulaties van de oriëntatie fase (K31/D31). Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 5.3.2.

6.3.2 Situaties met zoutwinputten

Voor de situaties met zoutwinputten (bodemdaling) worden geen 'echte' resultaten gepresenteerd maar alleen de verschillen ten opzicht van de huidige situatie. De verschillen zijn altijd gedefinieerd als 'resultaat put' minus 'resultaat huidig'.

De verschilresultaten voor de situatie met put-noord worden gegeven in de volgende figuren:

- Fig. 6.13: droogvalduur
- Fig. 6.14: gemiddelde ebsnelheid
- Fig. 6.15: gemiddelde vloodsnelheid

- Fig. 6.16: maximum ebsnelheid
- Fig. 6.17: maximum vloednelheid
- Fig. 6.18: maximum bodemschuifspanning
- Fig. 6.19: gemiddelde saliniteit
- Fig. 6.20: minimum saliniteit
- Fig. 6.21: maximum tijdsduur met saliniteit < 25 psu
- Fig. 6.22: maximum tijdsduur met saliniteit < 20 psu
- Fig. 6.23: maximum tijdsduur met saliniteit < 15 psu
- Fig. 6.24: maximum tijdsduur met saliniteit < 10 psu
- Fig. 6.25: maximum tijdsduur met saliniteit < 5 psu

De verschilresultaten voor de situatie put-midden worden in dezelfde volgorde als van put noord gegeven in de figuren 6.26 tot en met 6.38. In de figuren 6.39 tot en met 6.51 worden de verschilresultaten gepresenteerd voor de situatie put-zuid. Aan de hand van deze figuren kan per abiotische parameter het volgende worden opgemerkt:

Droogvalduur

De bodemdaling geeft over het algemeen een reductie van de droogvalduur, met name dichtbij de grootste bodemdaling, in de situatie put-noord zijn de verschillen het grootst en in de situatie put-zuid het kleinst.

De maximum reductie in droogvalduur is bij put-noord en put-zuid respectievelijk 40 tot 45% en orde 20 tot 25%, voor put-midden is de reductie maximaal orde 30 tot 35%.

Gemiddelde stroomsnelheden

De bodemdaling geeft gebieden met toename en gebieden met afname van de gemiddelde stroomsnelheden. De toename in de snelheden treedt vooral op ten westen van de grootste bodemdaling en wordt veroorzaakt door een toename van het kombergingsdebiet. De afname wordt over het algemeen veroorzaakt door de verruiming van het doorstroomprofiel en treedt vooral op ten oosten en ter plaatse van de grootste bodemdaling.

De grootste toename in de gemiddelde snelheden treedt op tijdens vloed bij de situatie put-midden en put-zuid bij het NW-einde van de Pollendam en bedraagt circa 10 cm/s. De grootste afname treedt op bij de situatie put-zuid bij de Pollendam (oostelijk deel) en bedraagt 10 tot 15 cm/s, Bij de situatie put-noord zijn de veranderingen enigszins kleiner.

Maximum stroomsnelheden

De veranderingen in maximum stroomsnelheden vertonen vergelijkbare patronen als de veranderingen in de gemiddelde stroomsnelheden echter met een ander 'niveau' van veranderingen (circa twee maal groter dan bij gemiddelde stroomsnelheid). De veranderingen zijn het grootst tijdens vloed.

De grootste veranderingen treden op bij put-zuid en put-midden, en zijn in de orde van 20 en 35 cm/s (resp. toename en afname). Bij put-noord zijn de grootste veranderingen in de orde van 15 cm/s (toename en afname).

Bodemschuifspanning

De bodemdaling geeft afwisselende gebieden met toename en afname van de maximum bodemschuifspanning. Over het algemeen neemt de maximum bodemschuifspanning toe in gebieden zeewaarts van de maximum bodemdaling en neemt af in gebieden oostelijk of ter plaatse van de maximum bodemdaling.



De grootste veranderingen treden op bij de situaties put-zuid en put-midden met een toename of afname in de orde van 1.5 tot 1.8 N/m², vooral langs de Pollendam treden grote veranderingen op (afname en toename). Bij de situatie put-noord is de maximale toename orde 1.1 N/m².

Saliniteit

De bodemdaling geeft bij de situaties put-noord en put-midden over het algemeen een geringe afname in de gemiddelde en de minimum saliniteit in een gebied ten NW van de maximum bodemdaling. De saliniteit neemt bij put-noord en put-midden af met orde 0,4 psu, lokaal is een geringe toename in de minimum saliniteit te zien van orde 0,2 psu. Bij de situatie put-zuid is het patroon van veranderingen redelijk afwijkend waarbij ook grote gebieden met een toename van de saliniteit voorkomen (in het gebied van de bodemdaling en ten oosten hiervan, langs de Friese kust). De grootste toename is in de orde van 0,5 psu, terwijl de grootste afname orde 0.4 psu bedraagt. Een verklaring voor deze relatief grote verschillen (tussen put-zuid en de andere putten) is niet gevonden.

Saliniteitduren

Voor de tijdsduren met de saliniteit beneden 25 en 20 psu is in het algemeen in de gebieden ten noorden en noordwesten van de zoutwinning een toename van de tijdsduren zichtbaar. Bij de 25 psu waarden zijn in een smalle strook langs de rand van het gebied extreme verschillen zichtbaar in de orde van 10 dagen. Dit komt door een geringe verschuiving van de saliniteit contouren door een enigszins lagere saliniteit, waardoor in deze gebieden de tijdsuur opeens vrijwel de volledige periode beslaat. Voor tijdsduren met de saliniteit beneden 15 psu zijn kleine verschillen zichtbaar in een gebied ten zuiden van de zoutwinning met over het algemeen een kleine toename van de tijdsduren in een gebied tussen Harlingen en Kornwerderzand en een kleine afname in een gebied ten westen van Kornwerderzand. De tijdsduren met de saliniteit beneden 10 en 5 psu vertonen geen verschillen van betekenis.

7 Conclusies hydrodynamische effecten

Aan de hand van de beschreven resultaten van de simulaties kunnen conclusies worden getrokken met betrekking tot het effect van een aantal varianten van de zoutwinlocatie. De conclusies zijn gegroepeerd per "fysische" grootte en zijn vooral gebaseerd op de resultaten van de verfijning simulaties.

Waterstanden

De waterstanden (het verticale getij) als zodanig veranderen niet door de aanwezigheid van de verschillende bodemdalingsschotels. Ter plaatse van het gebied met bodemdaling bereiken de waterstanden lagere waarden en hierdoor nemen de droogvalduren af. De grootste effecten op de droogvalduur treden op bij de meest noordelijke locatie van de zoutwinning omdat deze is gelegen onder een relatief ondiep platengebied. De meest zuidelijke locatie geeft de kleinste verandering omdat deze is gelegen onder een relatief diep gedeelte van de Waddenzee.

Stroomsnelheden

De bodemdaling geeft gebieden met toename en gebieden met afname van stroomsnelheden (gemiddeld en maximum), over het algemeen wordt de toename in snelheden veroorzaakt door een toename in kombergingsdebiet en de afname door de verruiming van het doorstroomprofiel. De grootste toename in de snelheden treedt op tijdens vloed bij de situatie put-midden en put-zuid bij het NW-einde van de Pollendam en bedraagt ongeveer 10 cm/s en 20 tot 35 cm/s (resp. gemiddeld en maximum). De grootste afname treedt op bij de situatie put-zuid aan de noordzijde van de Pollendam (middendeel) en bedraagt 10 tot 15 cm/s.

De maximum bodemschuifspanning vertoont door de bodemdaling afwisselende gebieden met toename en afname, over het algemeen neemt de maximum bodemschuifspanning af in gebieden zeewaarts van de maximum bodemdaling en neemt toe in gebieden oostelijk van de maximum bodemdaling. De grootste veranderingen treden op bij de situatie put-zuid met een toename of afname in de orde van 2 N/m^2 , vooral langs de Pollendam treden grote veranderingen op (afname).

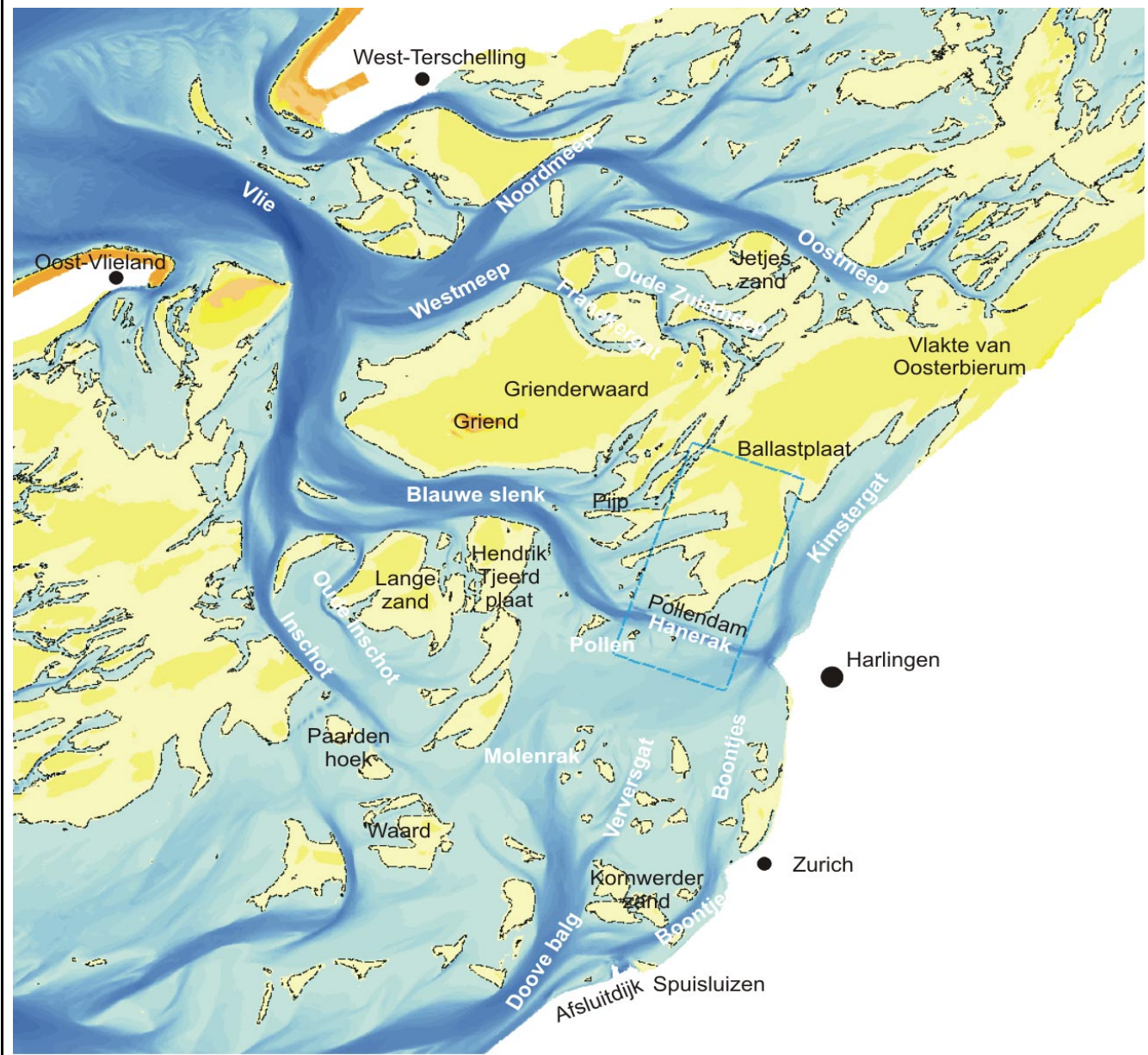
Saliniteit

De saliniteit (gemiddelde en minimum) vertoont bij de situaties put-noord en put-midden over het algemeen een geringe afname in een gebied ten NW van de maximum bodemdaling, de saliniteit neemt bij put-noord en put-midden af met orde 0,4 psu. Bij de situatie put-zuid is het patroon van veranderingen redelijk afwijkend met ook grote gebieden met een toename van de saliniteit (in gebied van bodemdaling en ten oosten hiervan), de toename is in de orde van 0,5 psu.

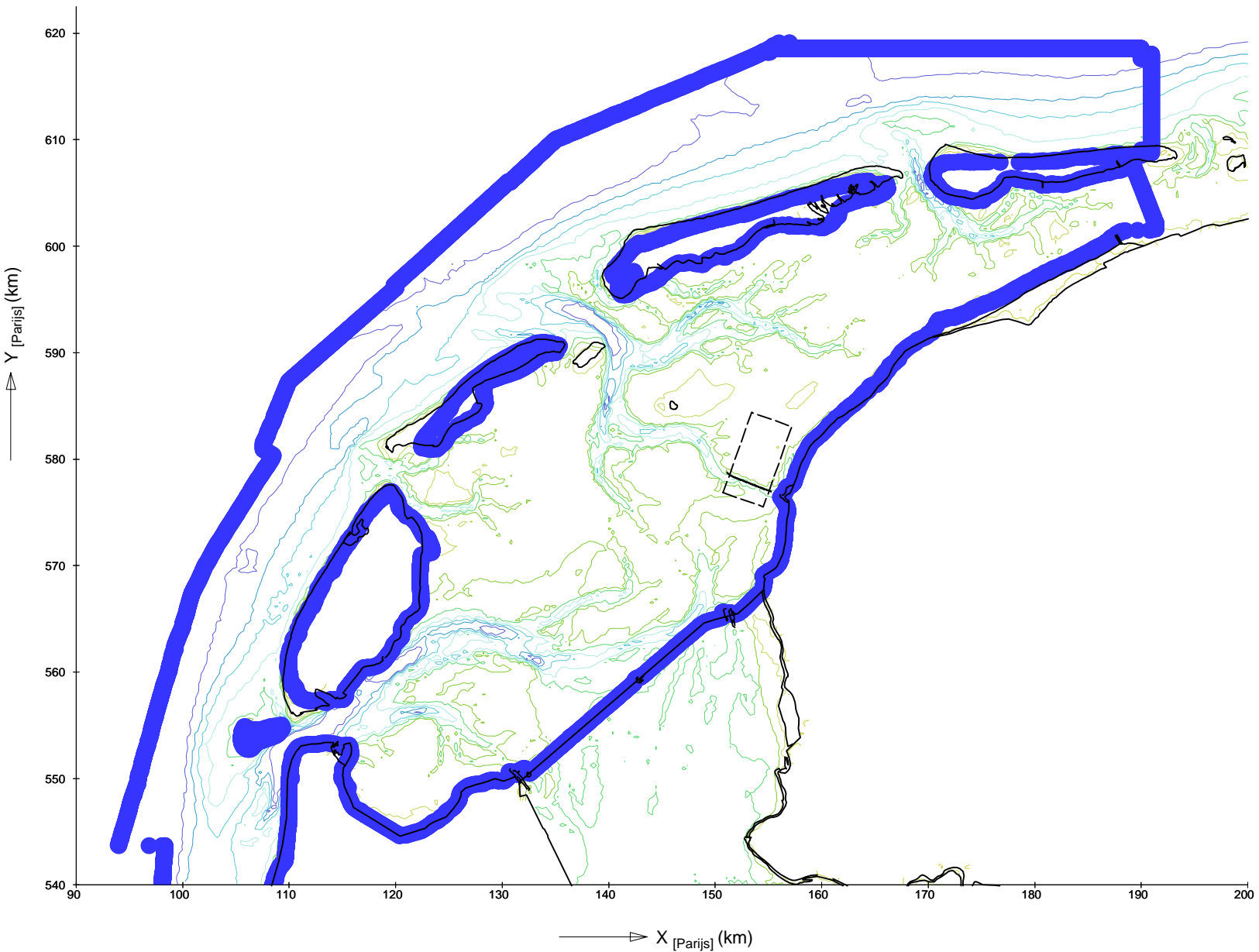
De tijdsduren met de saliniteit beneden 25 en 20 psu vertonen over het algemeen in de gebieden ten noorden en noordwesten van de zoutwinning een toename van de tijdsduren zichtbaar door een enigszins lagere saliniteit. Voor tijdsduren met de saliniteit beneden 15 psu zijn kleine verschillen zichtbaar in een gebied ten zuiden van de zoutwinning met over het algemeen een kleine toename van de tijdsduren in een gebied tussen Harlingen en Kornwerderzand en een kleine afname in een gebied ten westen van Kornwerderzand. De verschillen tussen de drie varianten zijn zeer beperkt.

Figuren

Figuren



<p>INLEIDING EN AANPAK VAN DE STUDIE</p>		
<p>Waddenzee, omgeving projectgebied</p>		
<p>Naamgeving geulen en platen</p>		
<p>MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE</p>	<p>A2062 </p>	<p>Fig. 1.1</p>



BESCHIKBARE GEGEVENS

Begrenzing beschikbare dieptegegevens

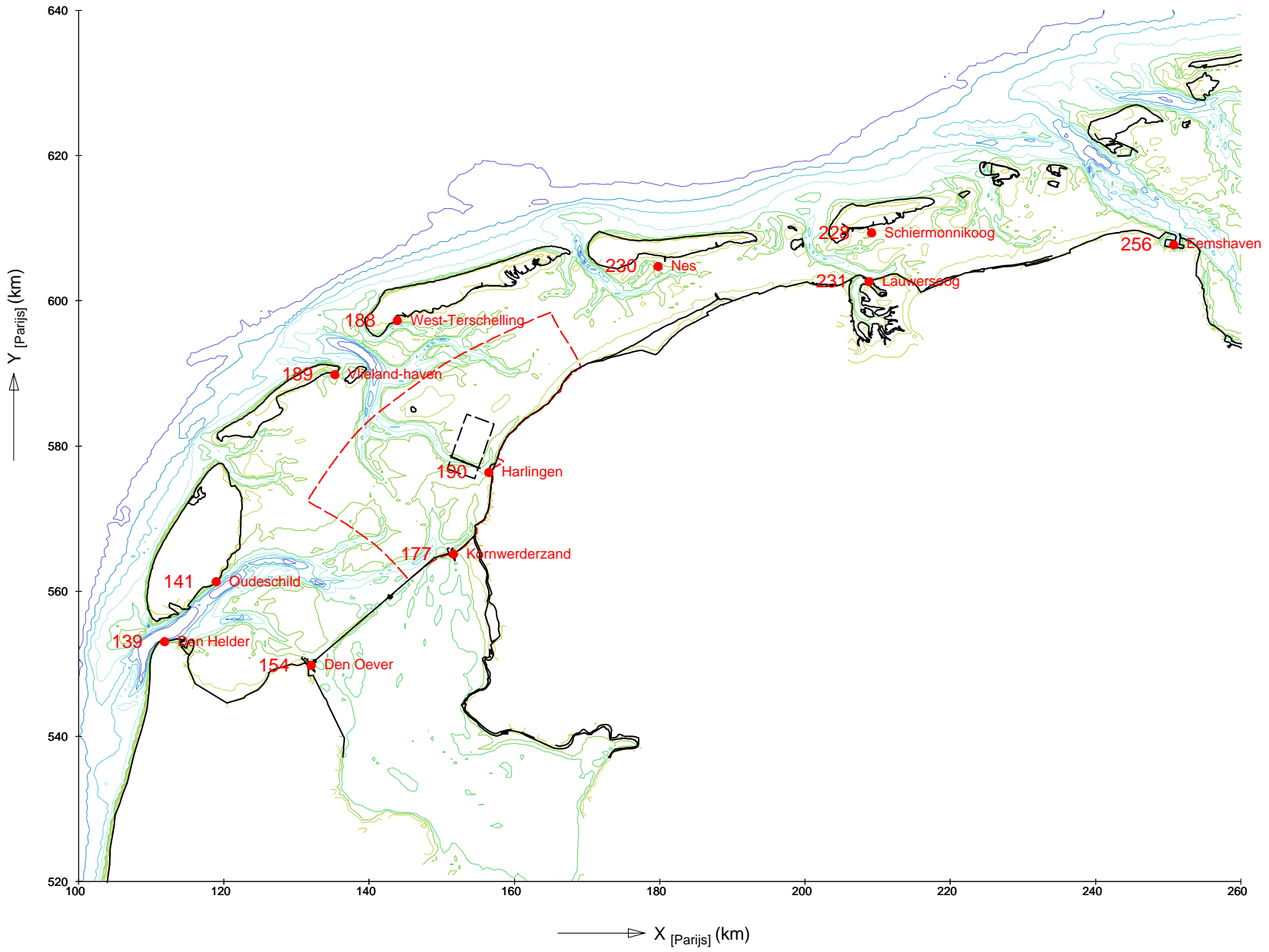
Loddingen 2004-1998

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 3:1



BESCHIKBARE GEGEVENS

Locatie waterstandsstations in Waddenzee

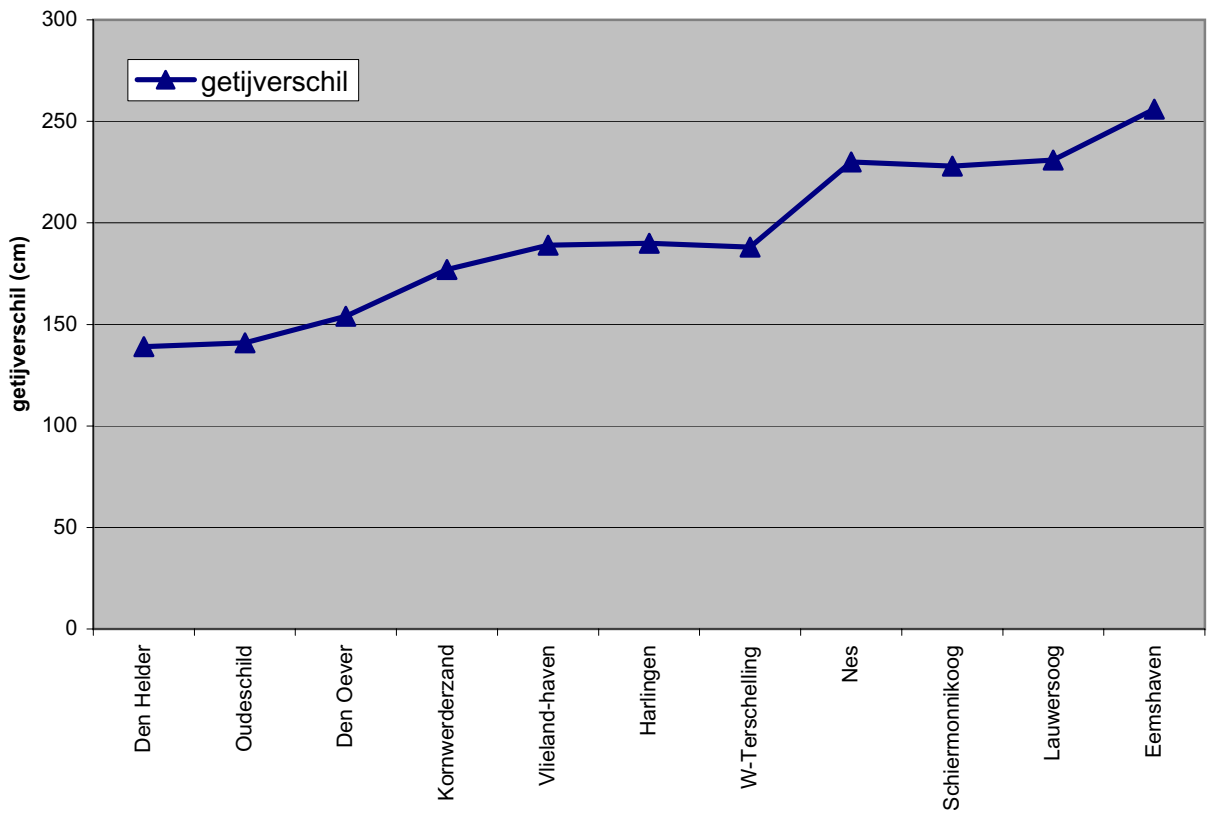
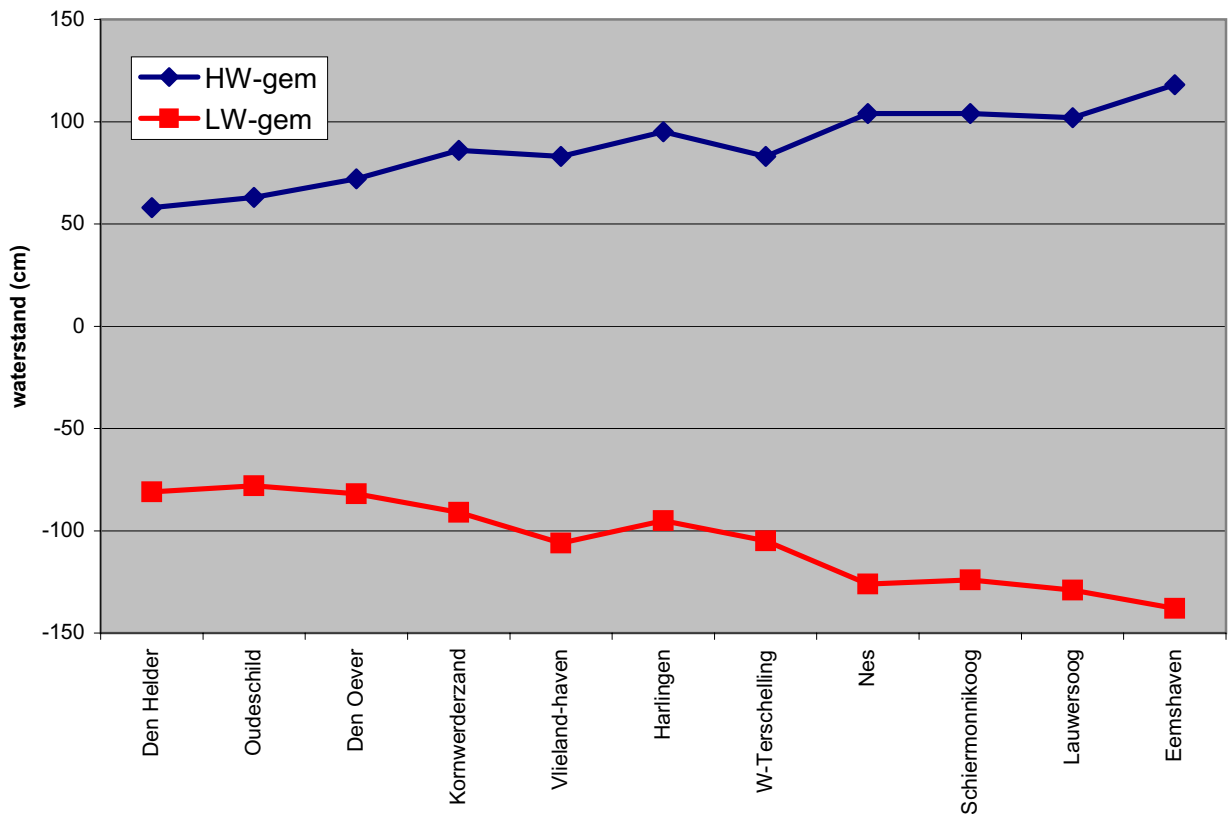
Gemiddeld getijverschil volgens Getijatlas Nederland (in cm)


MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

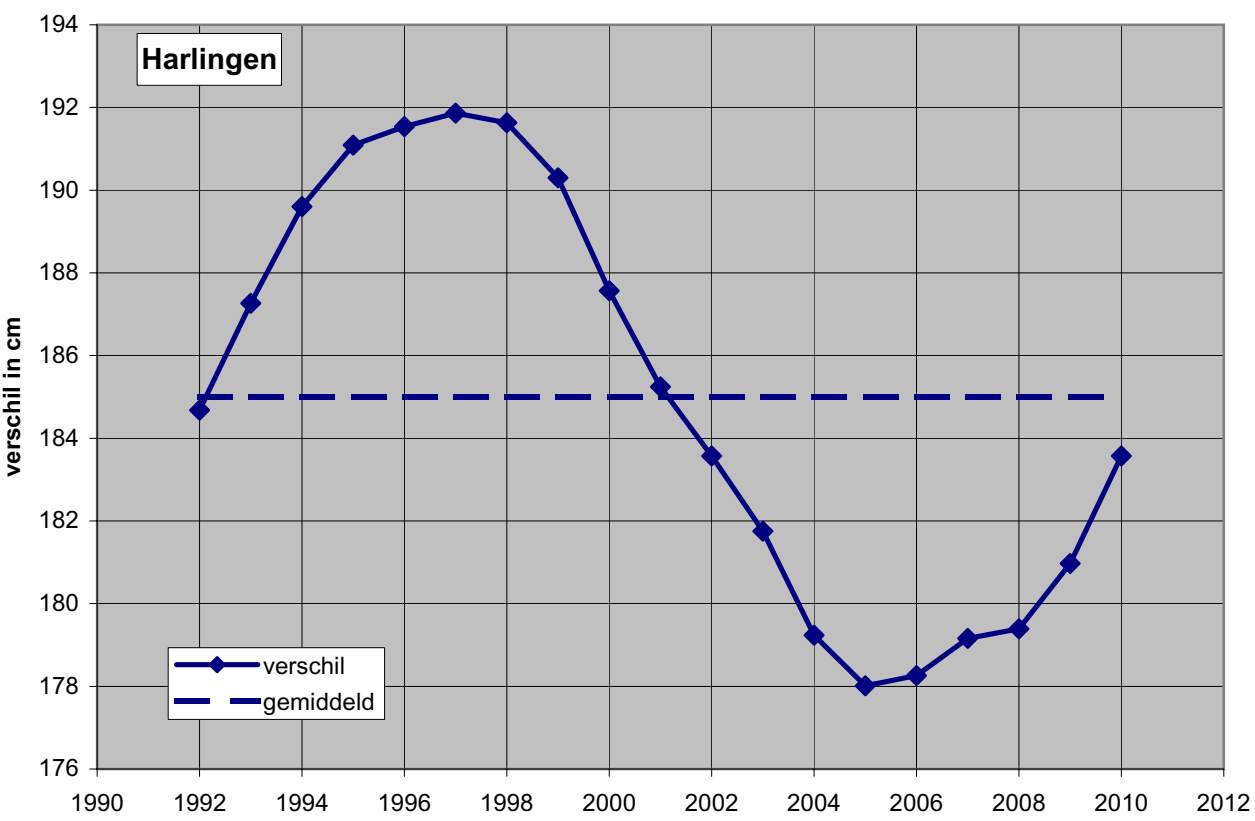
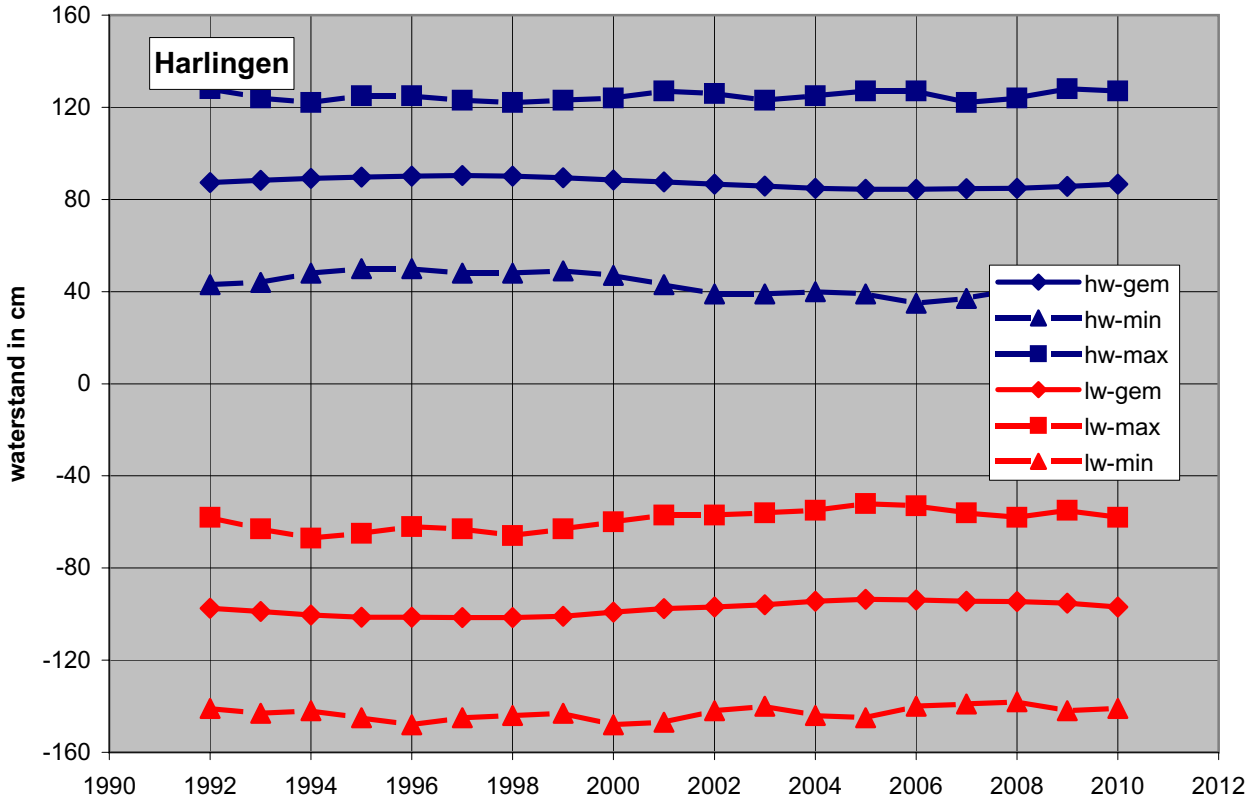
A2062



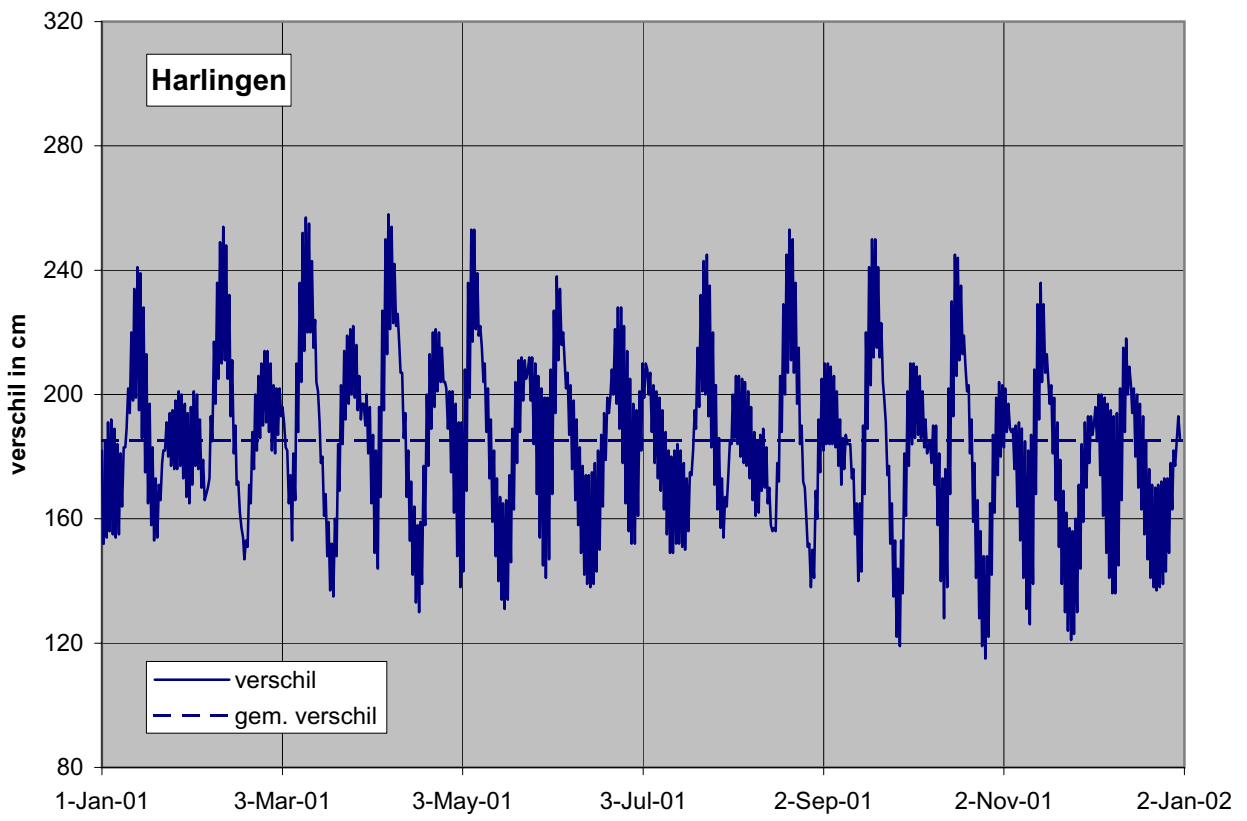
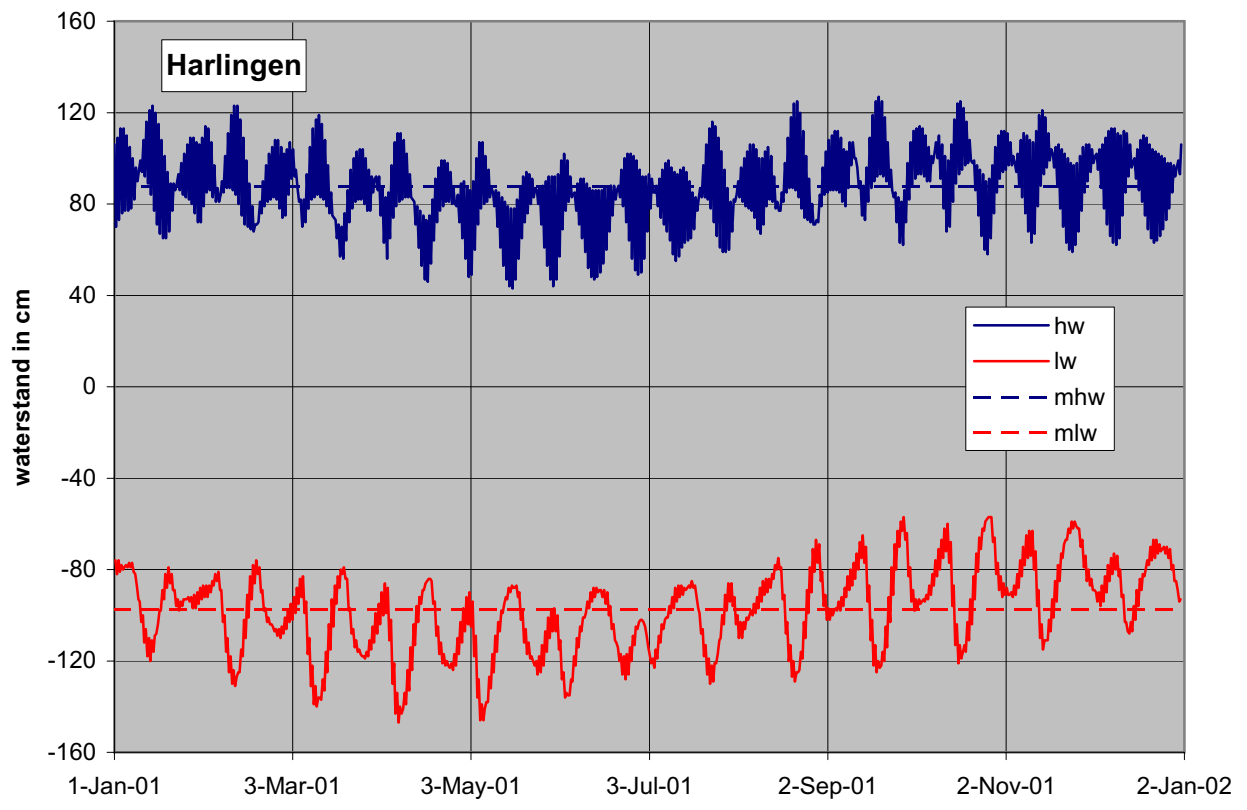
Fig. 3.2




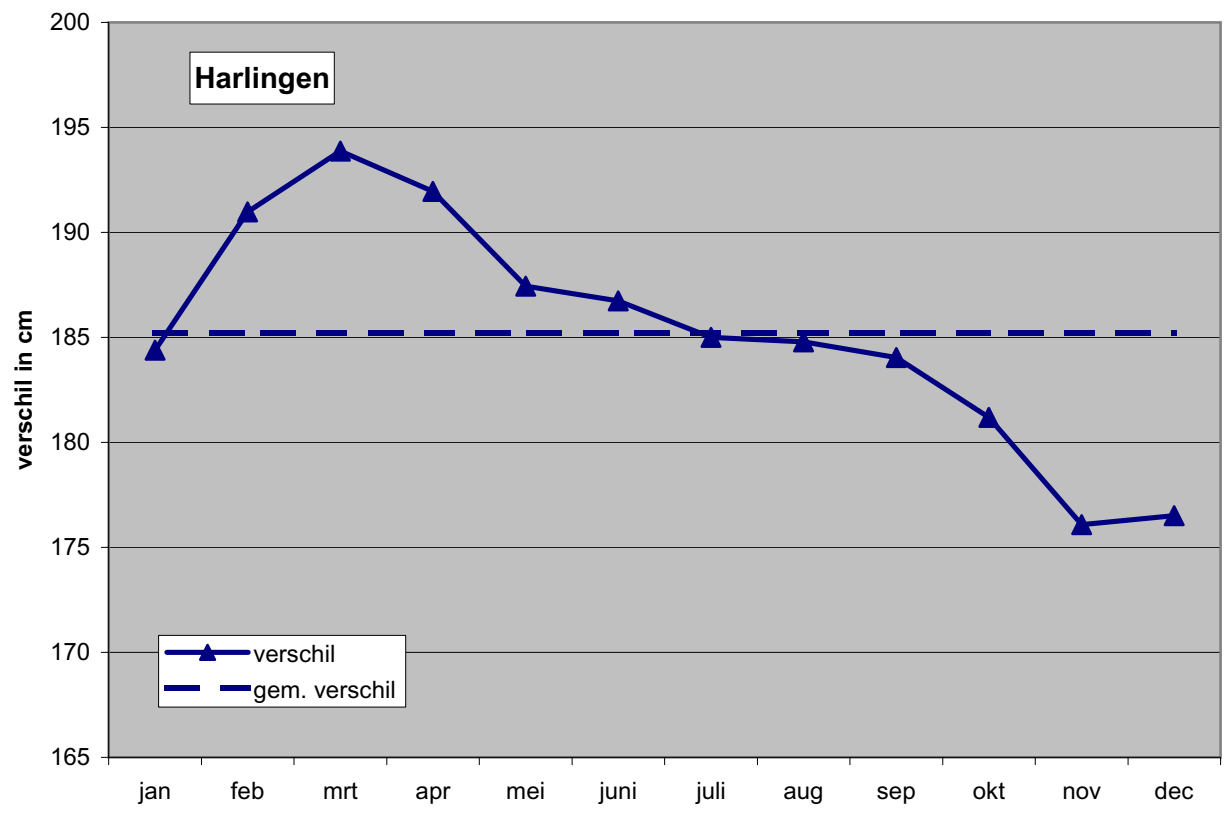
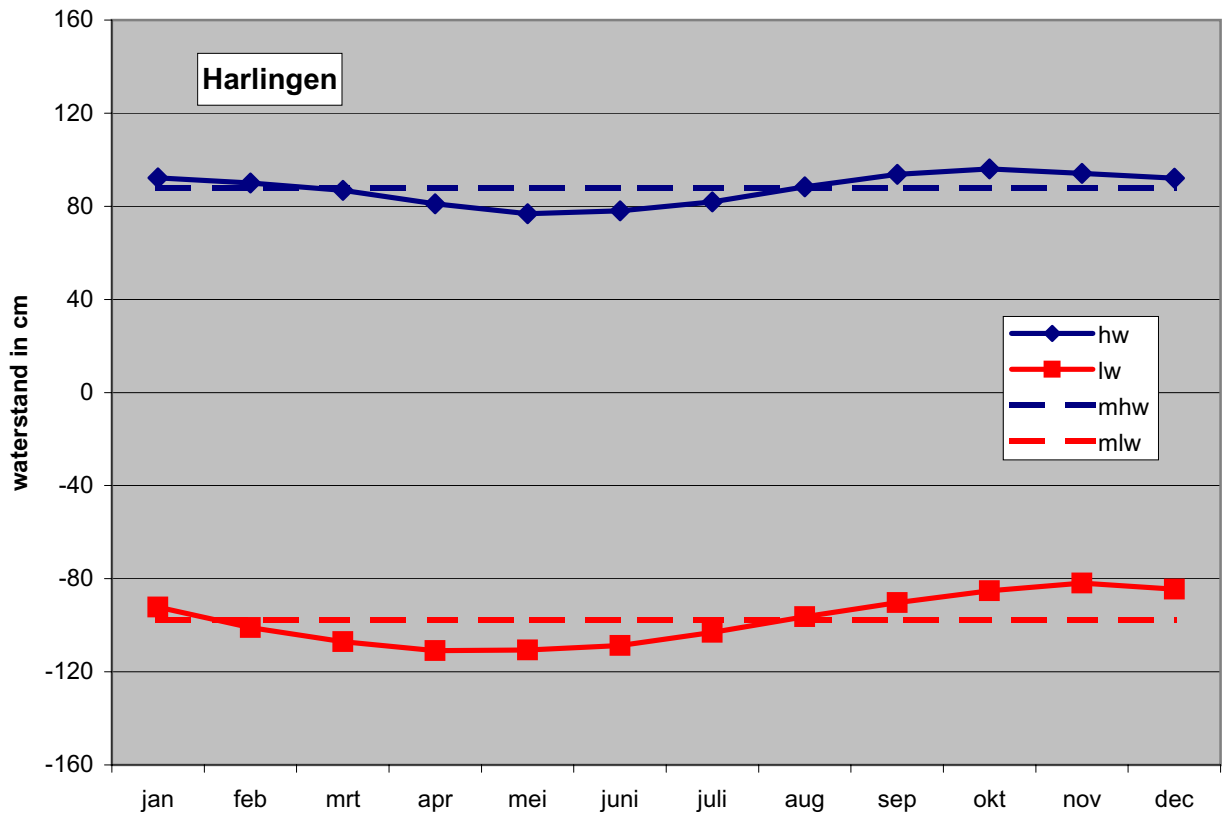
BESCHIKBARE GEGEVENS		
Variatie in HW, LW en verschil in Waddenzee		
Volgens Getijtafels Nederland		
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE	A2062 	Fig. 3.3




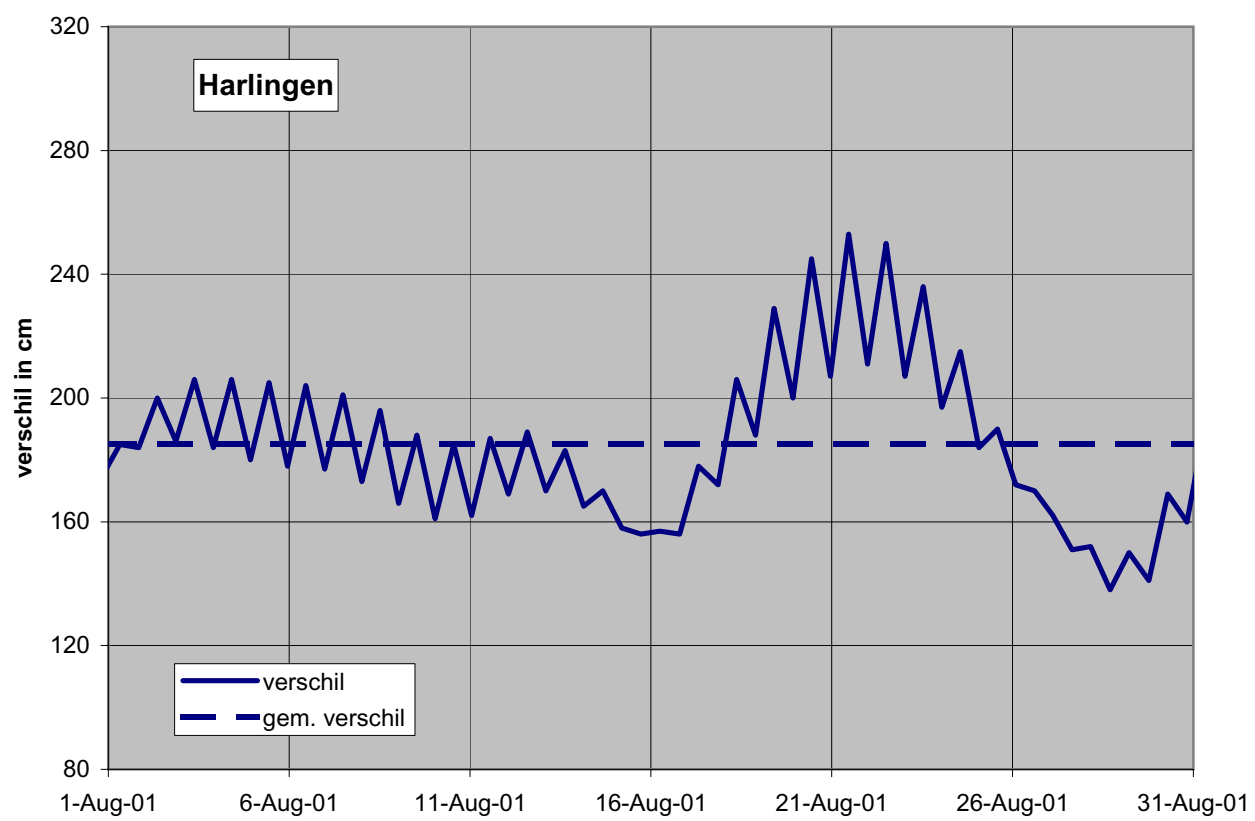
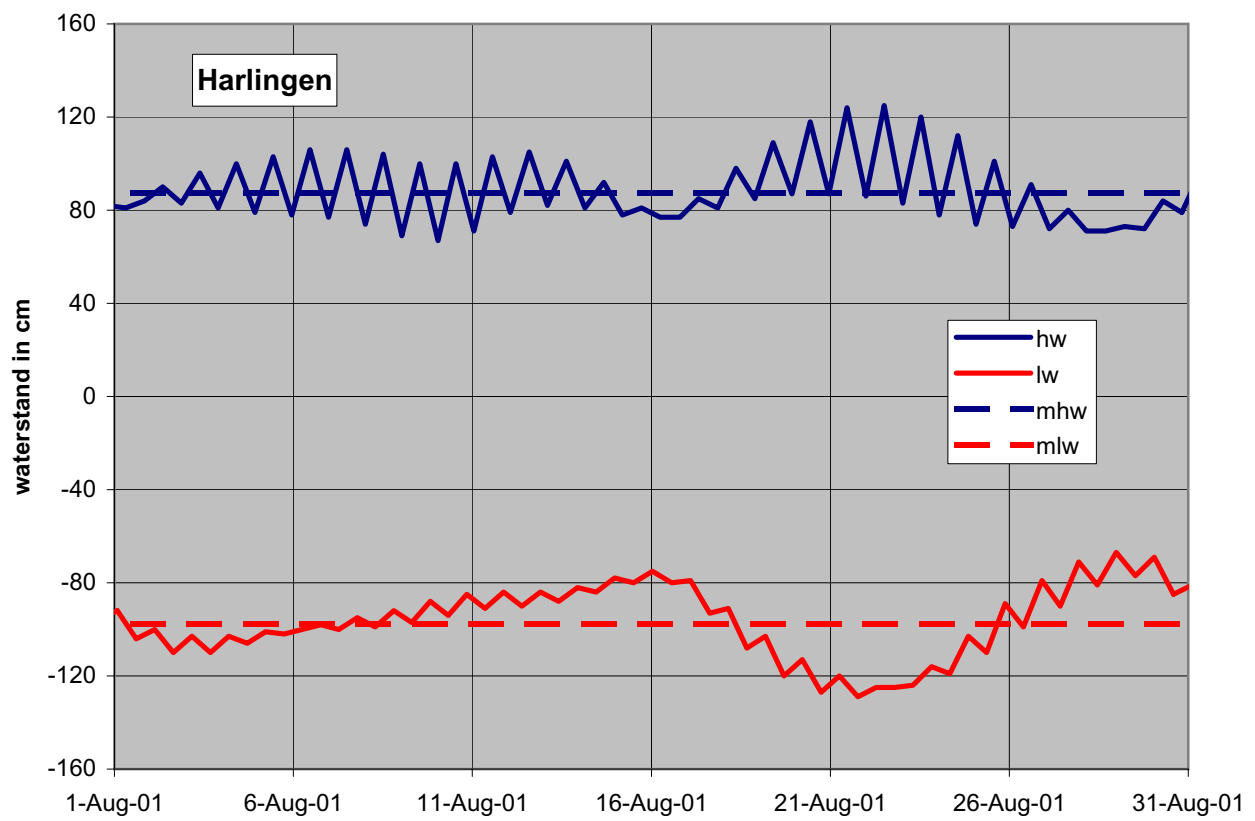
BESCHIKBARE GEGEVENS		
Variatie in HW, LW en verschil tijdens 18.6 jaar periode		Harlingen
Jaren 1992 - 2010		
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE	A2062	Alkyon Fig. 3.4



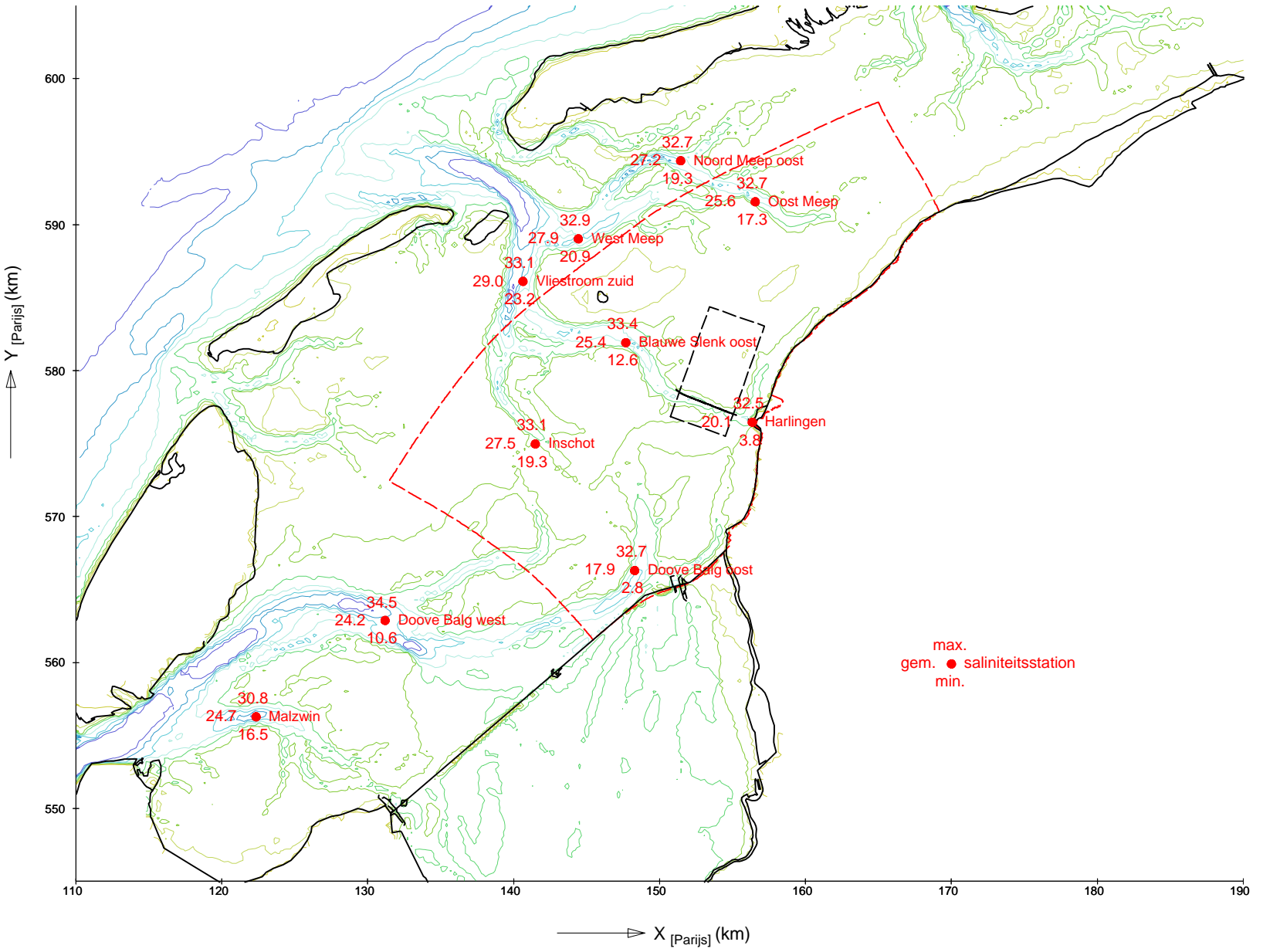
BESCHIKBARE GEGEVENS		
Variatie in HW, LW en verschil tijdens een jaar	Harlingen	
Jaar 2001		
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE	A2062 	Fig. 3.5



BESCHIKBARE GEGEVENS		
Variatie in HW, LW en verschil tijdens een jaar	Harlingen	
Jaar 2001 - maandgemiddelden		
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE	A2062 	Fig. 3.6



BESCHIKBARE GEGEVENS		
Variatie in HW, LW en verschil tijdens een maand		Harlingen
Augustus 2001		
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE	A2062	Alkyon Fig. 3.7



BESCHIKBARE GEGEVENS

Locatie saliniteitsstations in Waddenzee

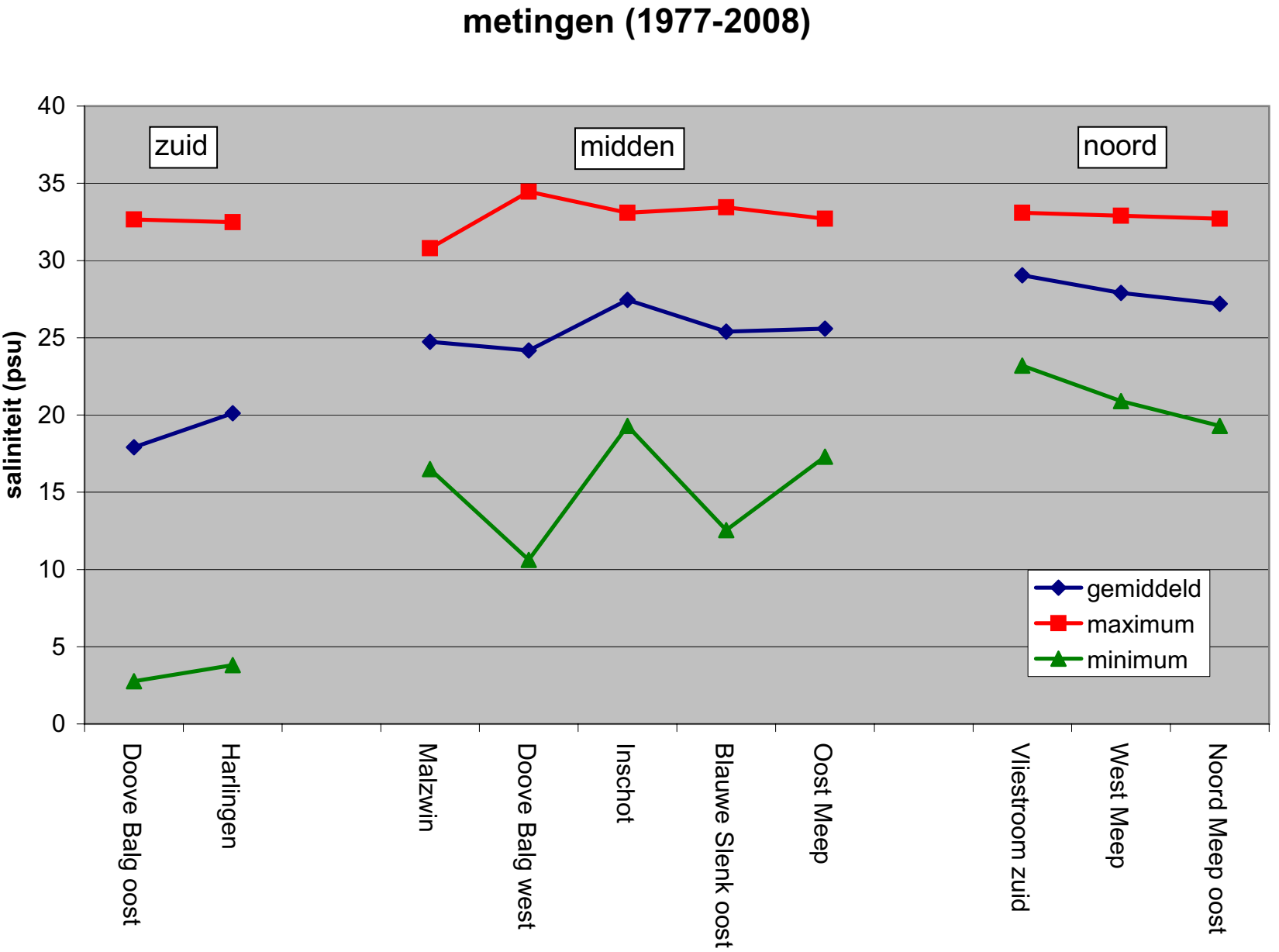
Gemiddeld saliniteit volgens gegevens Waterbase (in psu)

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 3.8



BESCHIKBARE GEGEVENS

Saliniteit westelijke Waddenzee - metingen

Gemiddeld, maximum en minimum

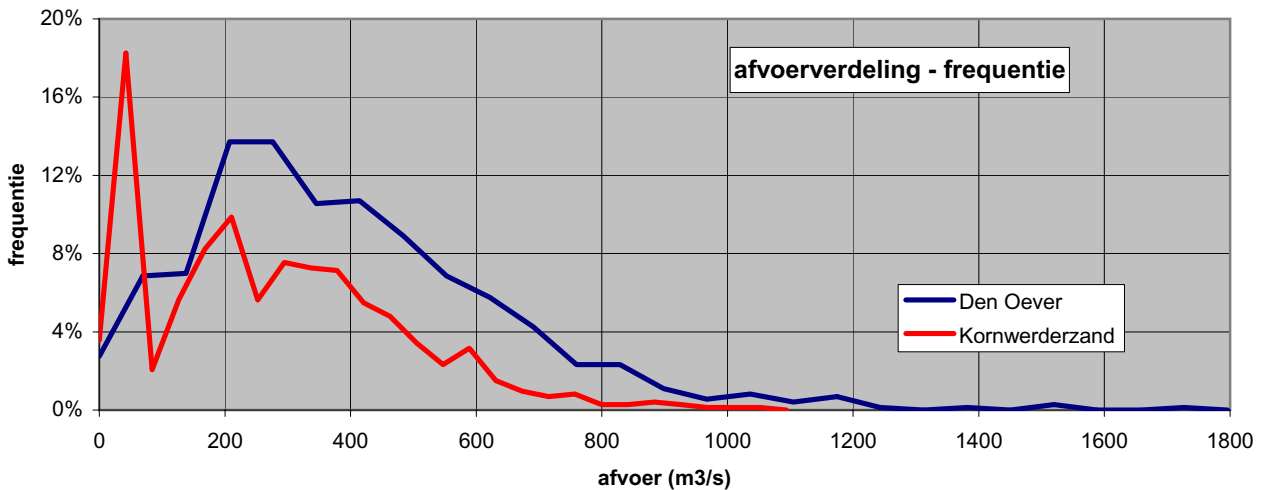
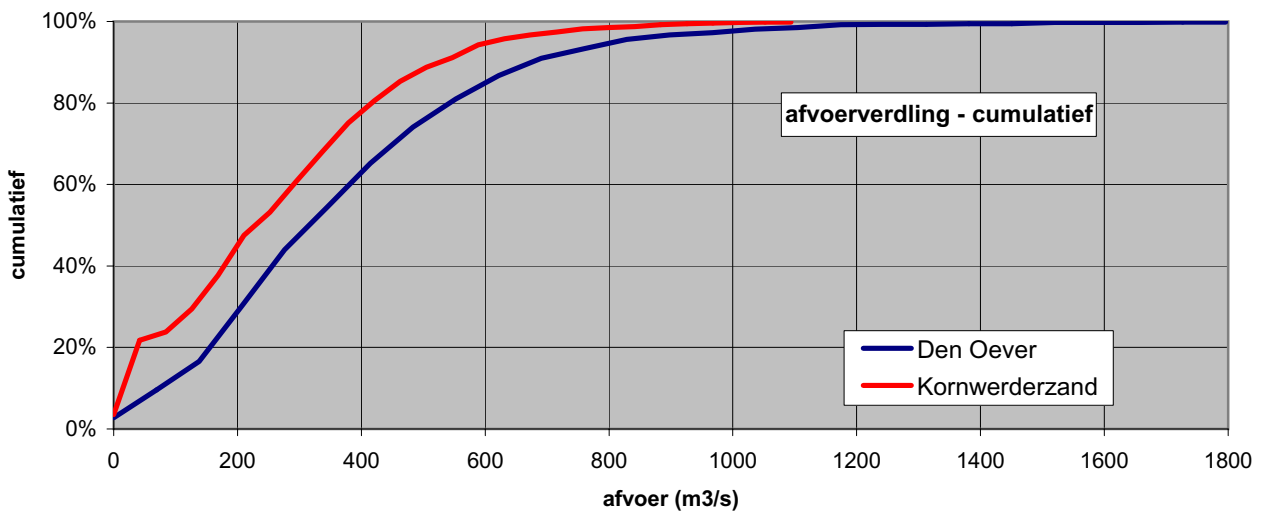
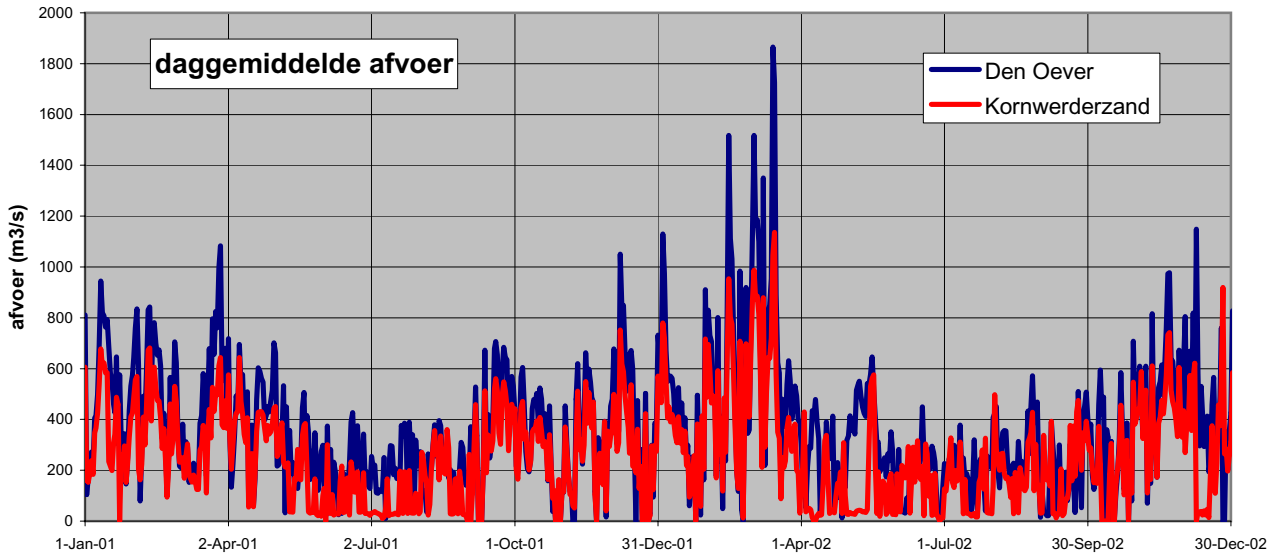
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 3.9

1977-2008



BESCHIKBARE GEGEVENS

Afvoeren Den Oever en Kornwerderzand

Tijdserie, cumulatieve verdeling en frequentie verdeling

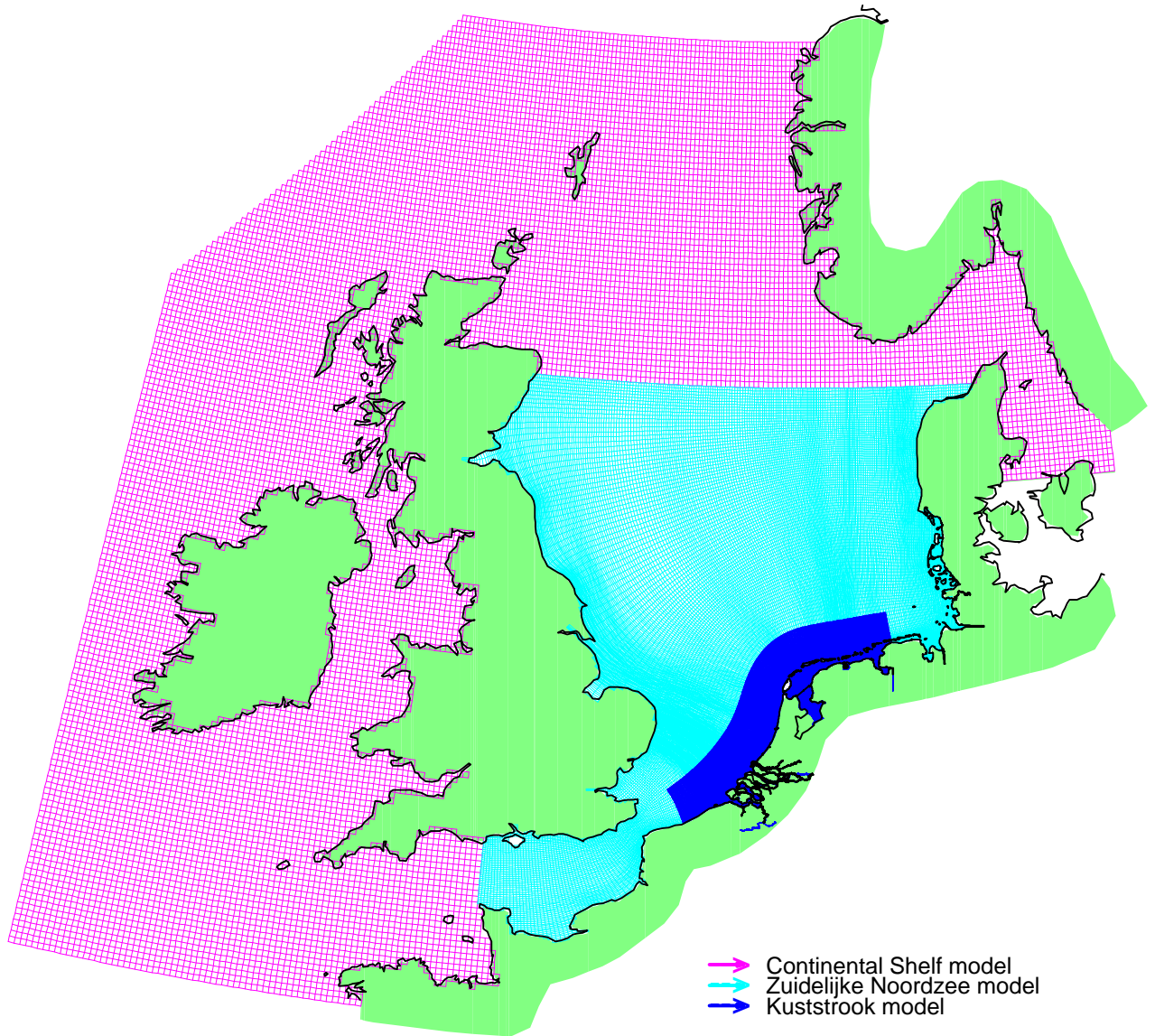
2001-2002

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

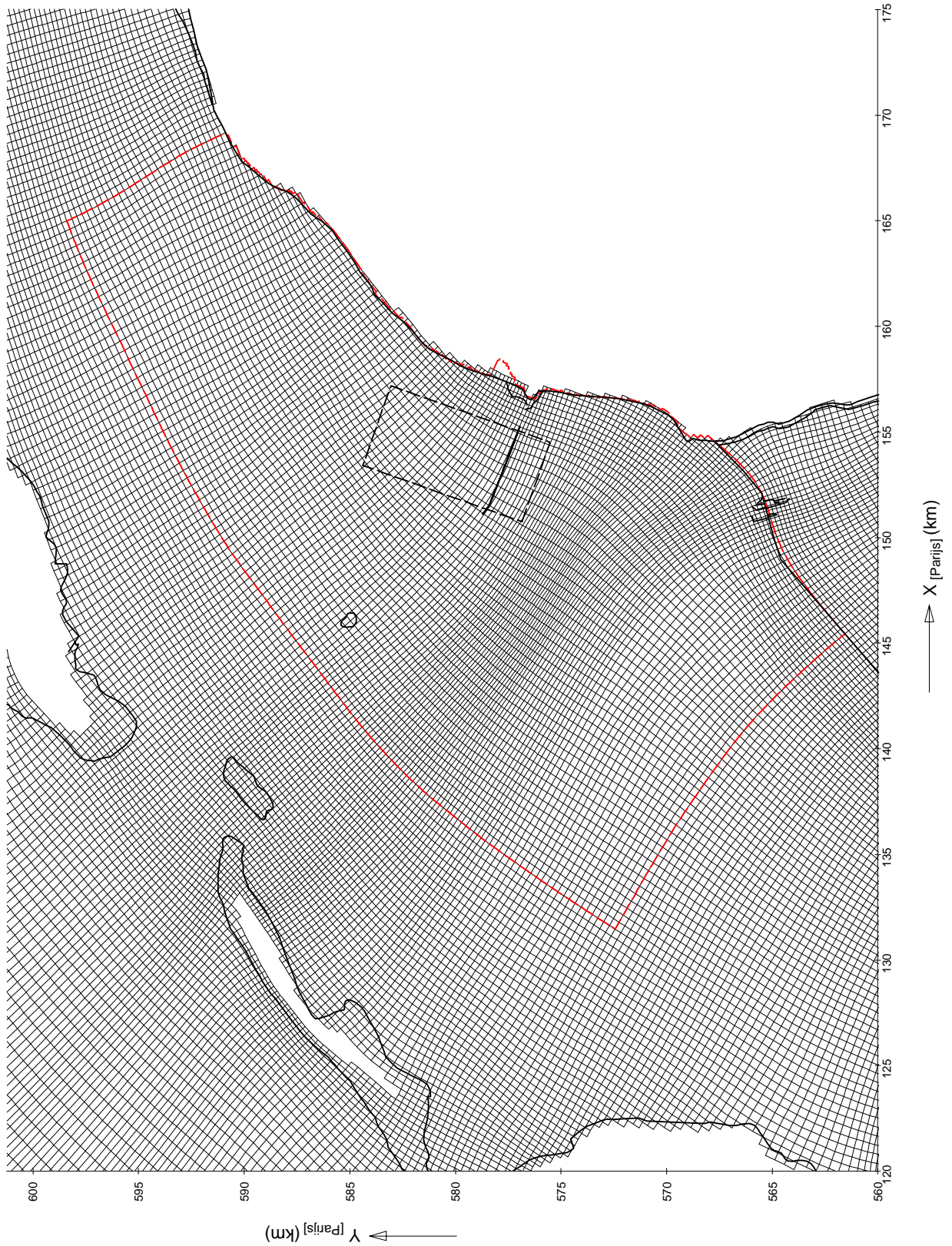
A2062



Fig. 3.10



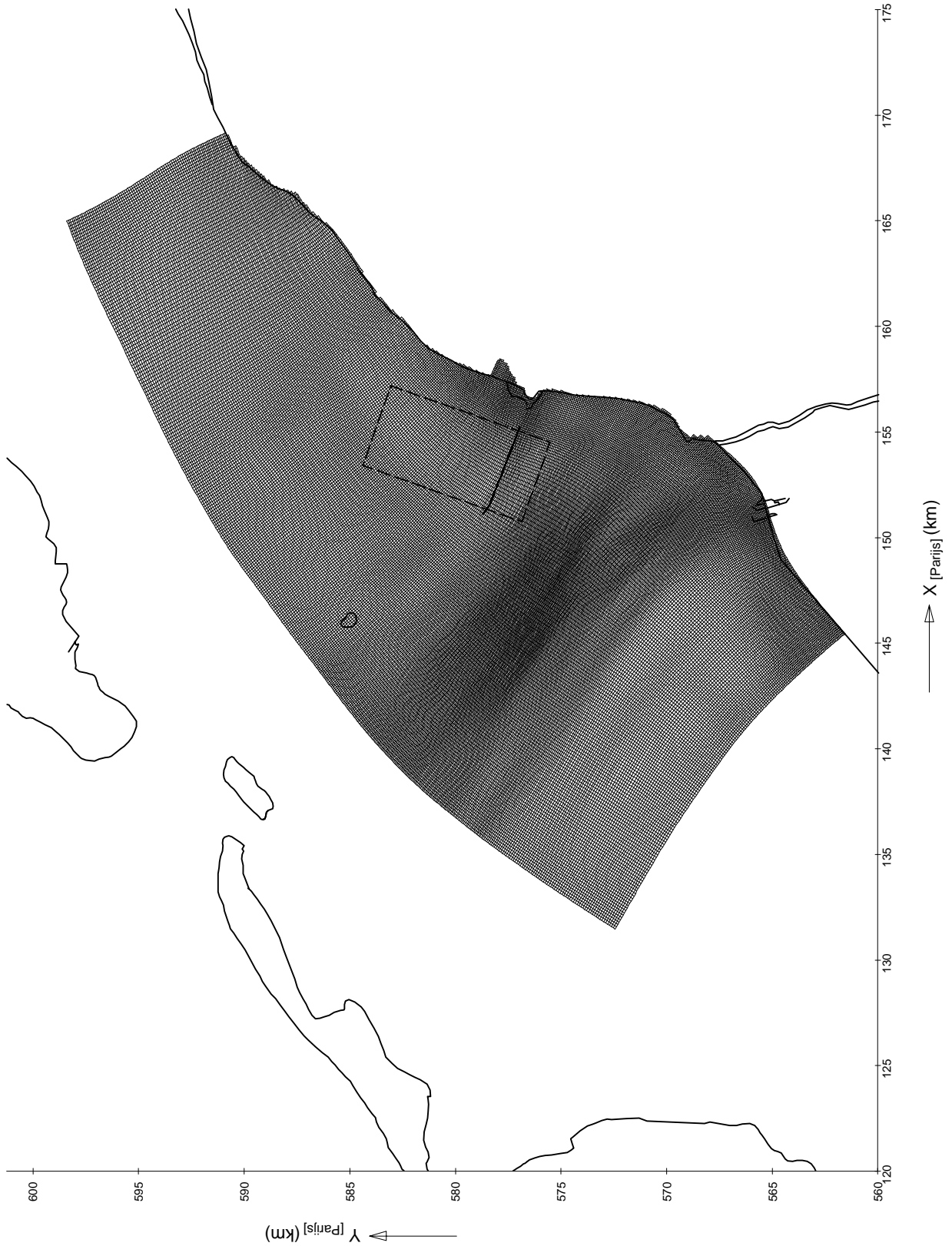
OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL
Modellentrein "Van Oceaan tot Nederlandse Binnenwateren"
Grenzen van CSM-model, ZuNo-model en Kuststrook-model



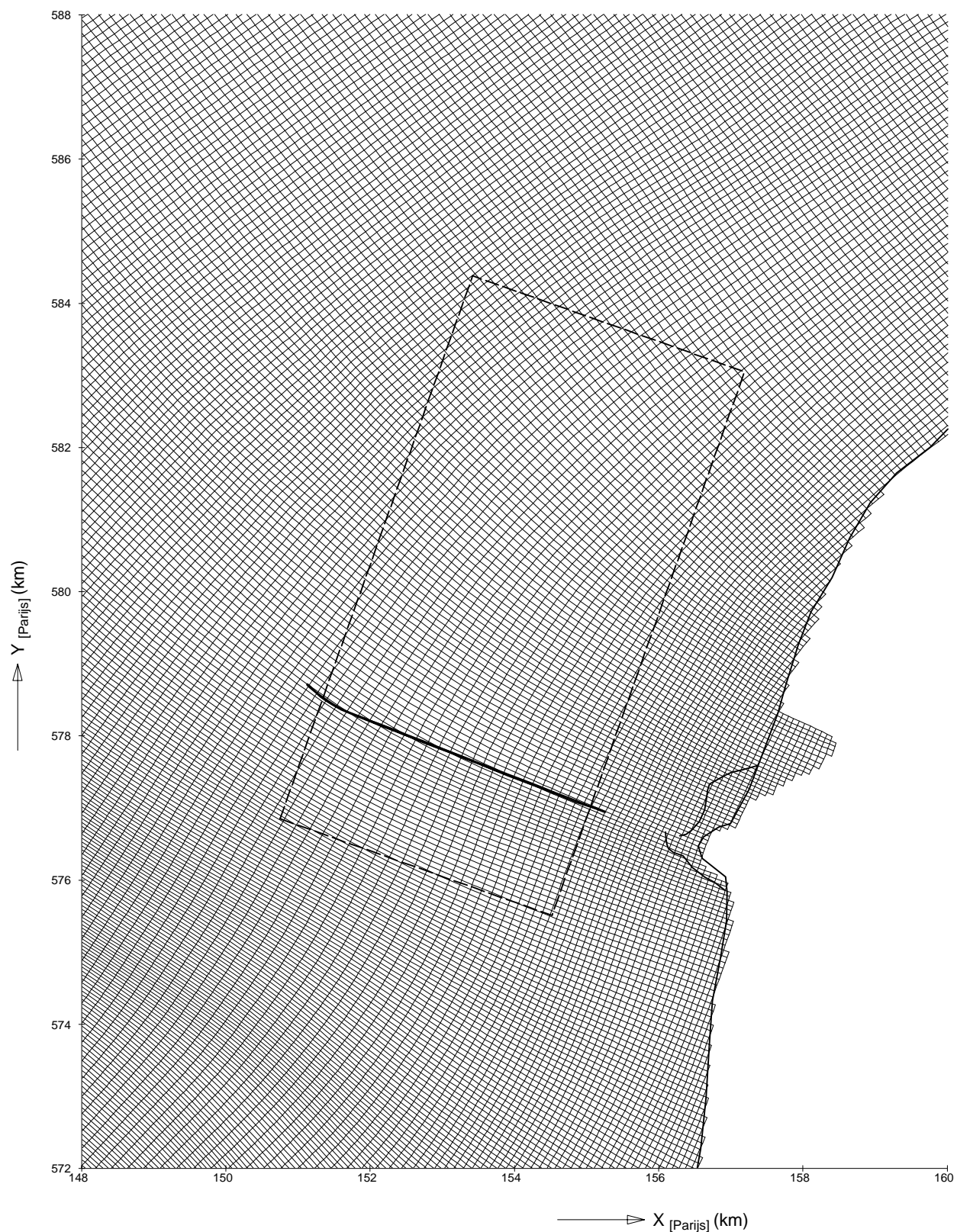
OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Rekenrooster van Kuststrook model

Grenzen van genest Harlingen model



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL
Rekenrooster van Harlingen model



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

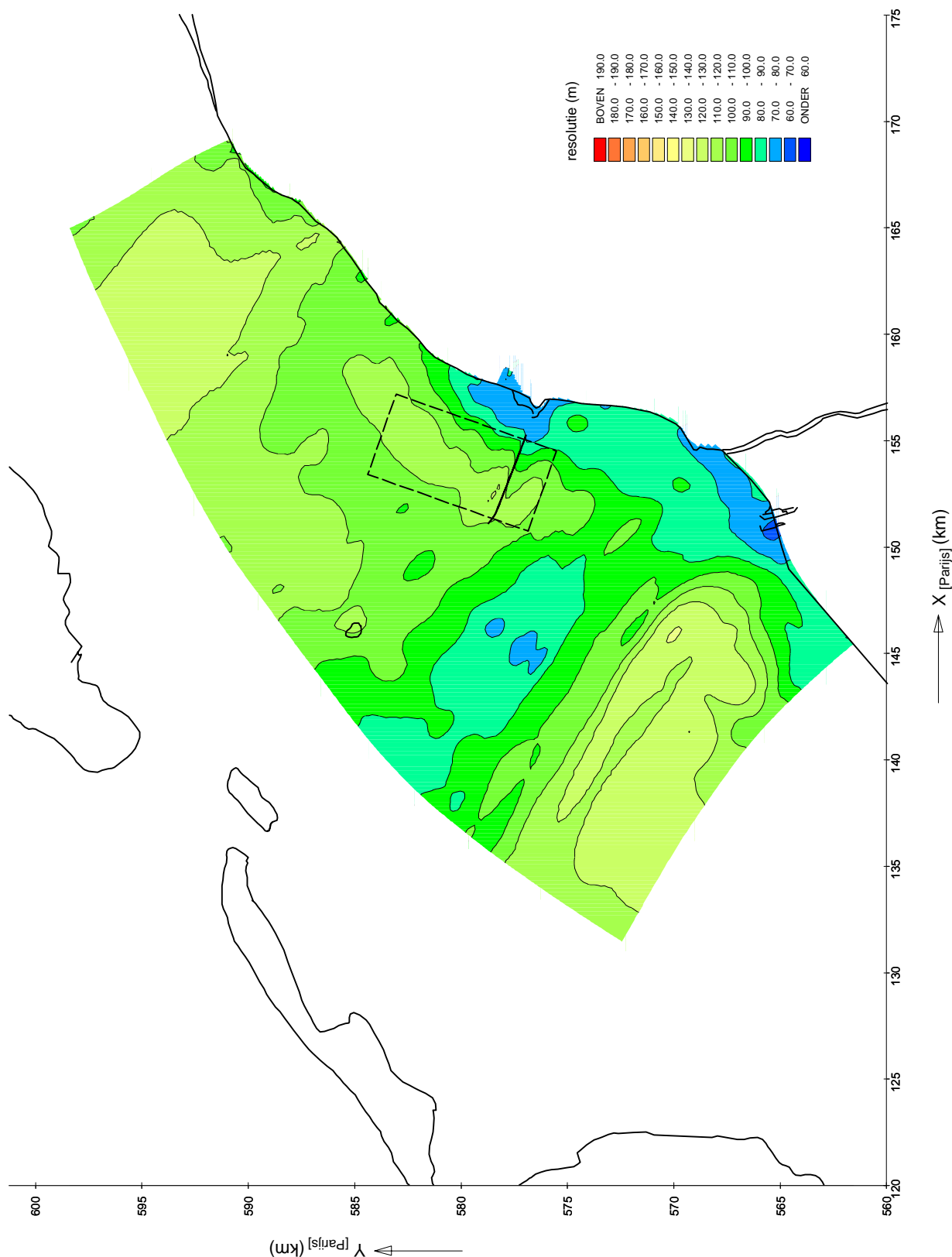
Rekenrooster van Harlingen model

Detail bij Harlingen, begrenzing zoutwingebied

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062  Alkyon

Fig. 4.4



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Rekenrooster van Harlingen model

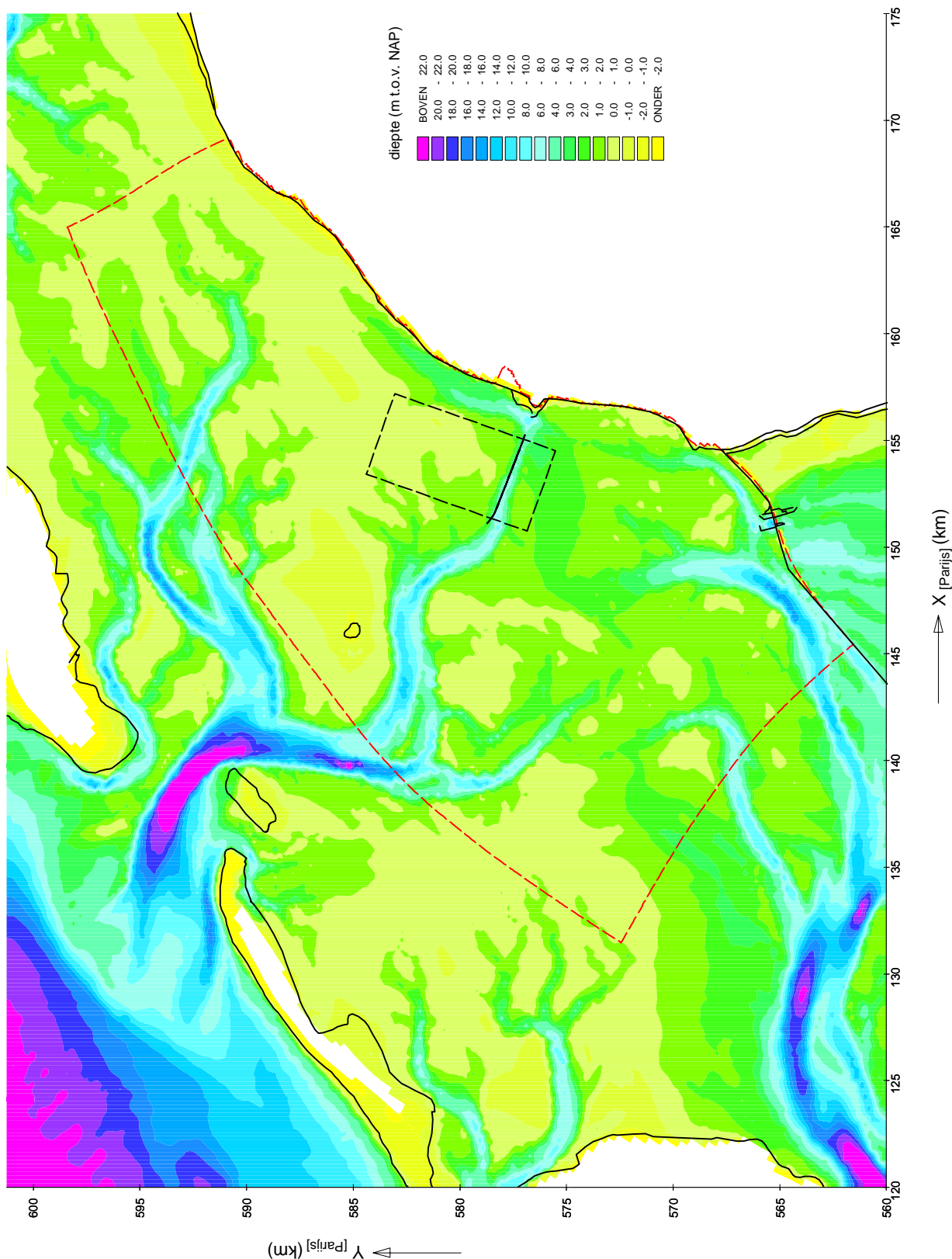
Resolutie van het rooster

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 4.5



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Diepte schematisatie van Kuststrook model

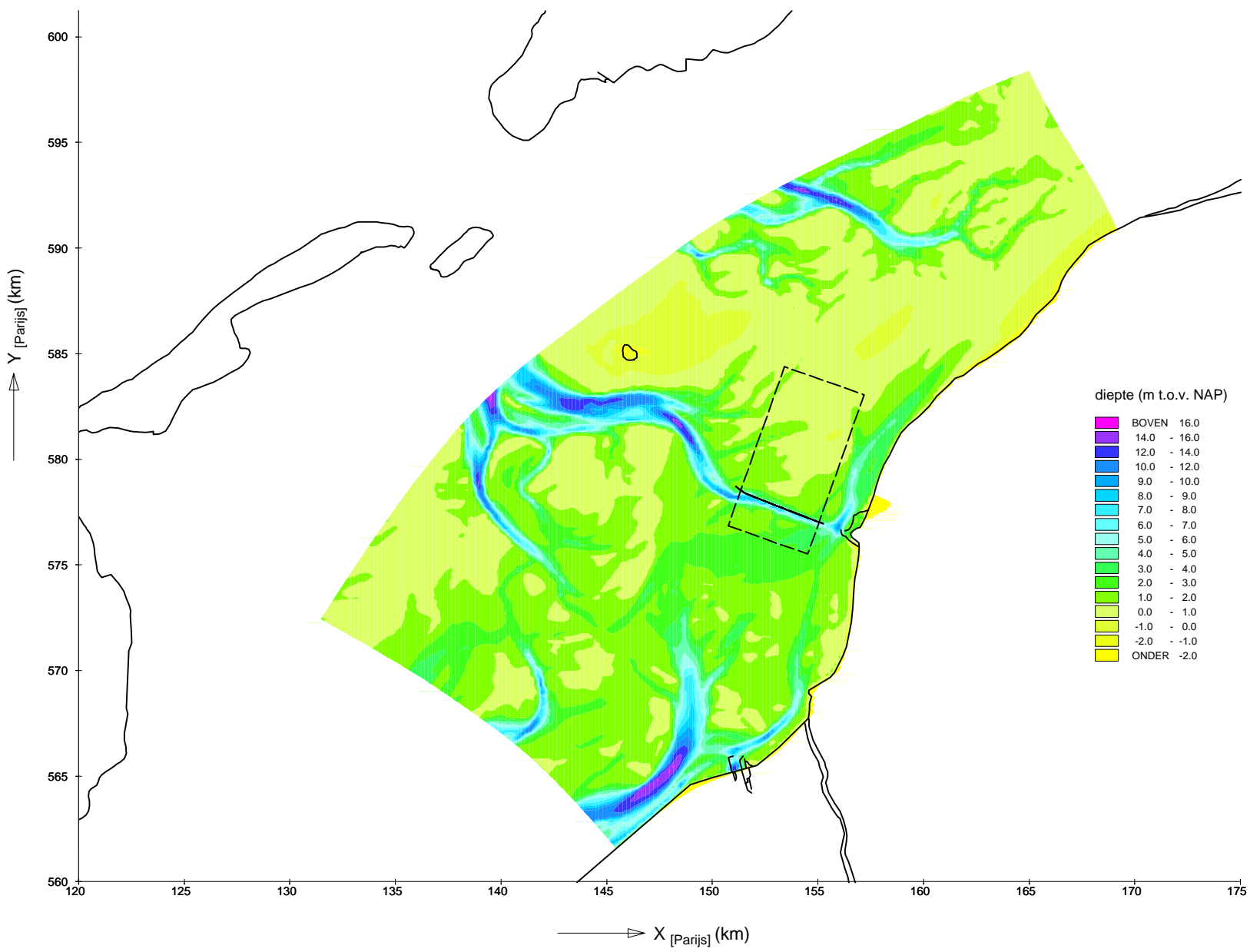
Grenzen van genest Harlingen model

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 4.6



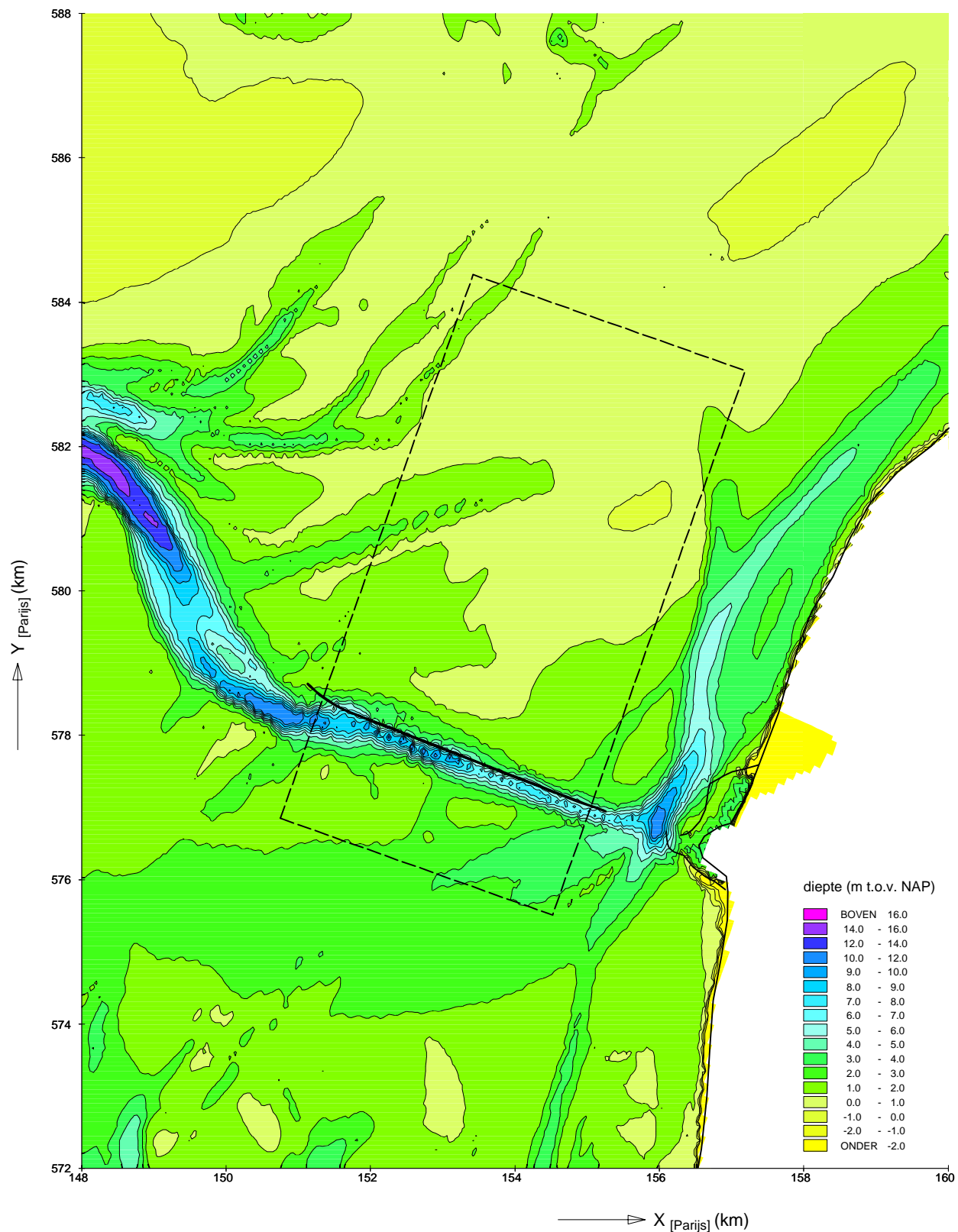
OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL
Diepte schematisatie van Harlingen model

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 4.7



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Diepte schematisatie van Harlingen model

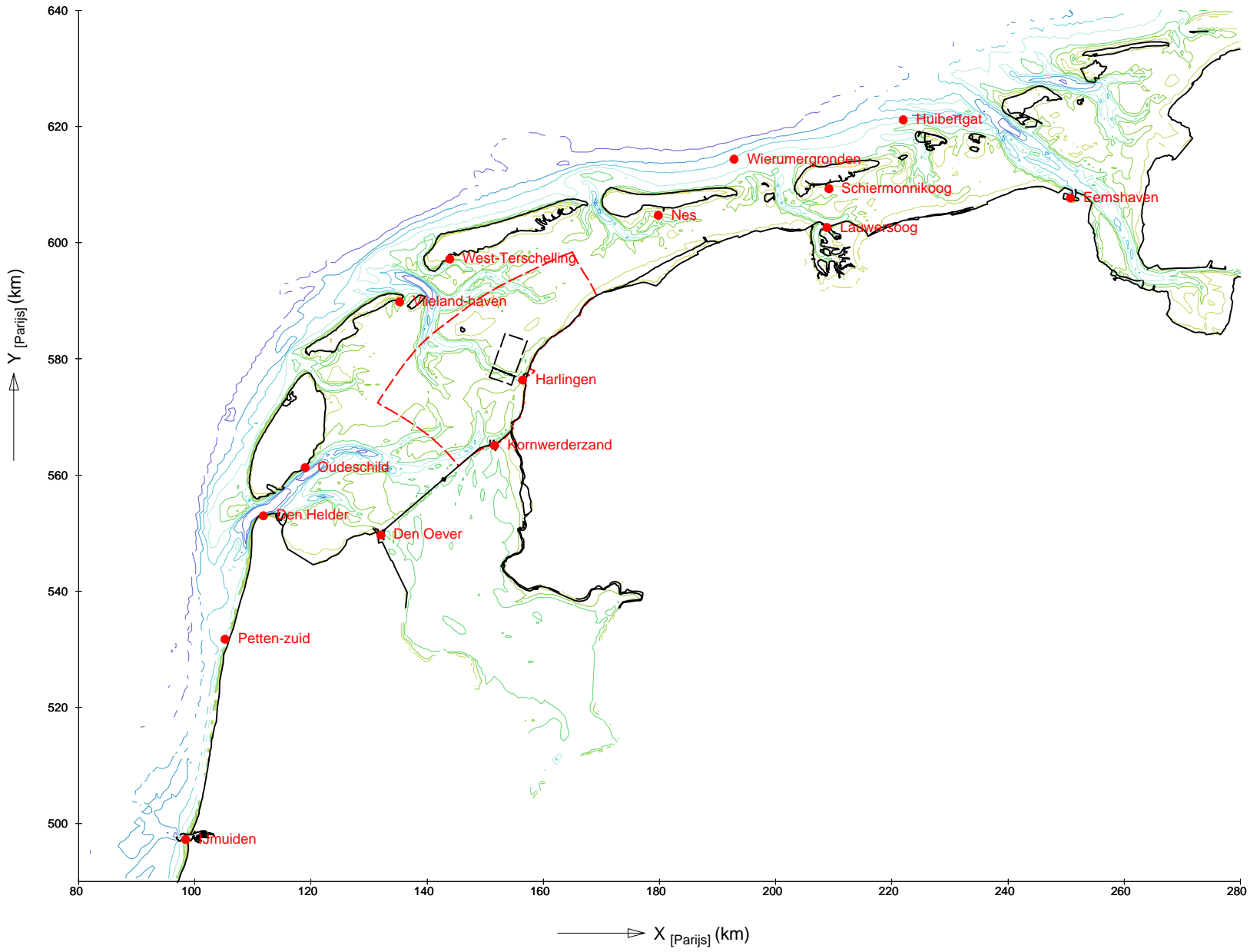
Detail bij Harlingen, referentie situatie 2004

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 4.8



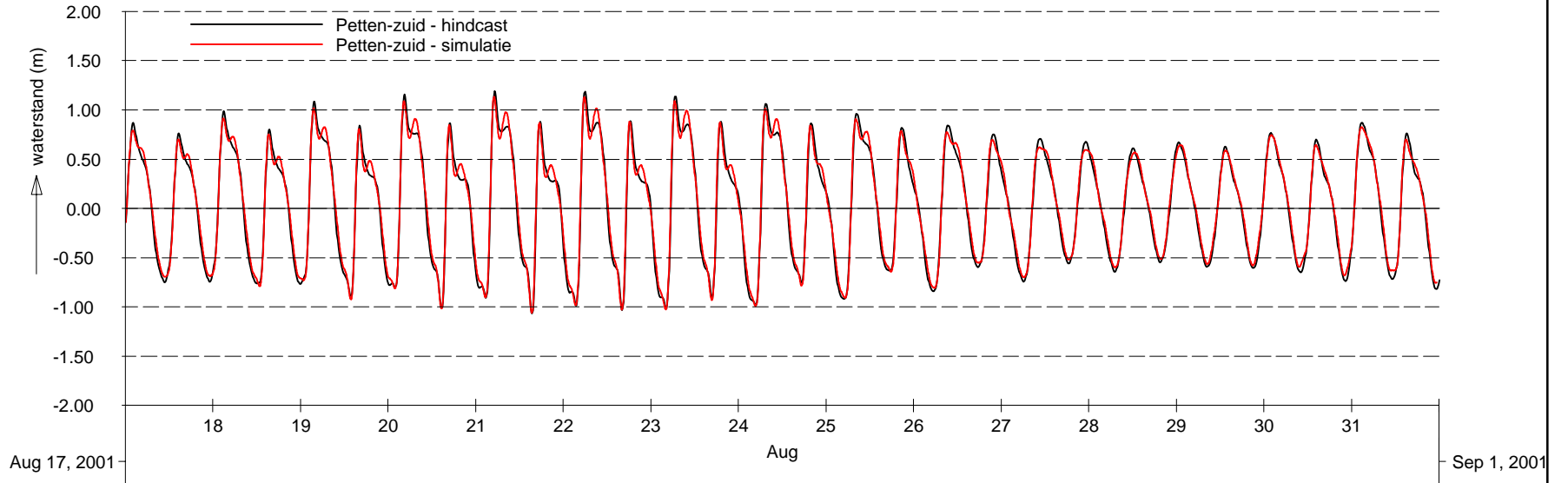
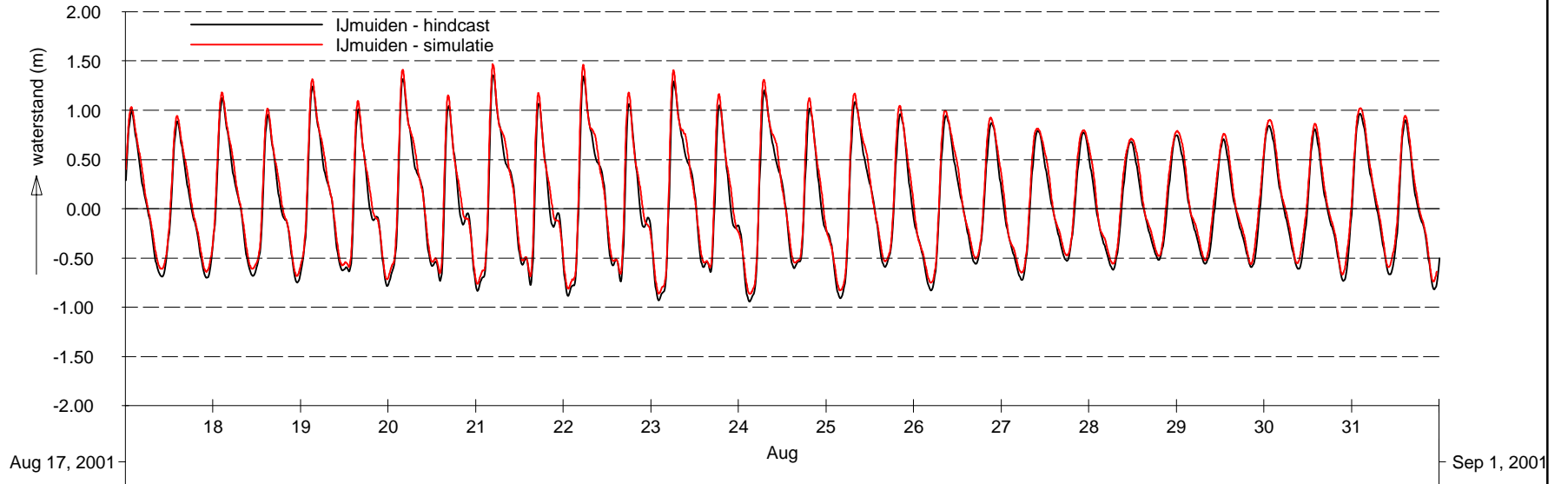
OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL
Locatie waterstandsstations in kuststrook model

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 4.9



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Waterstanden in IJmuiden en Petten-zuid
Resultaten voor afregeling astro condities

K35, d35
231007

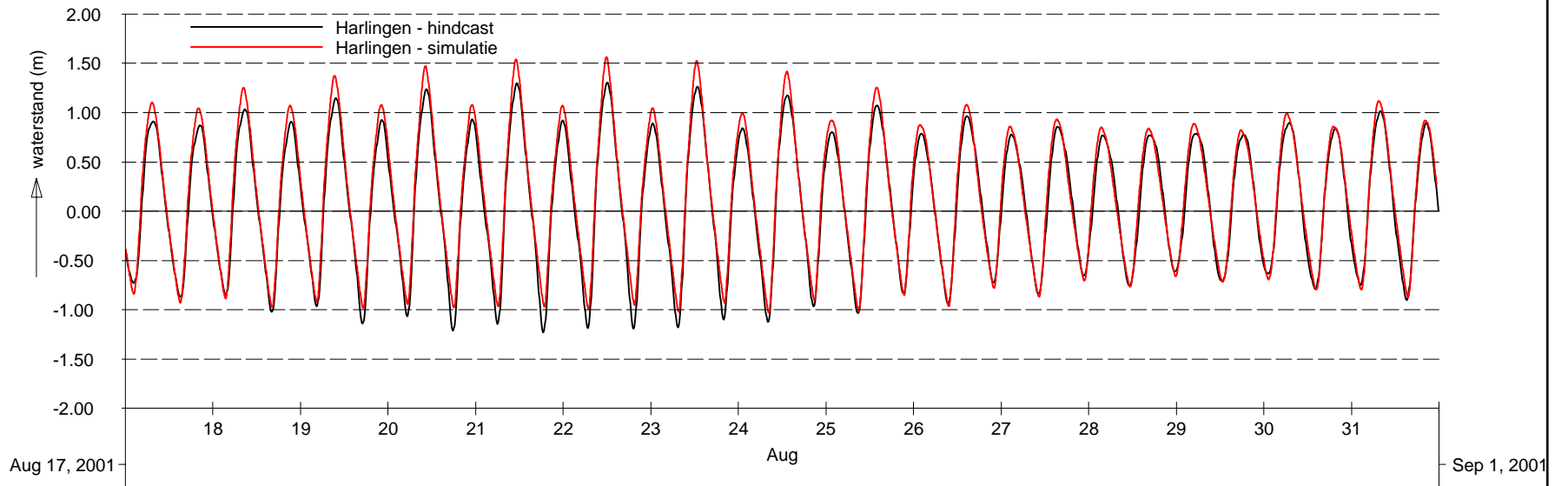
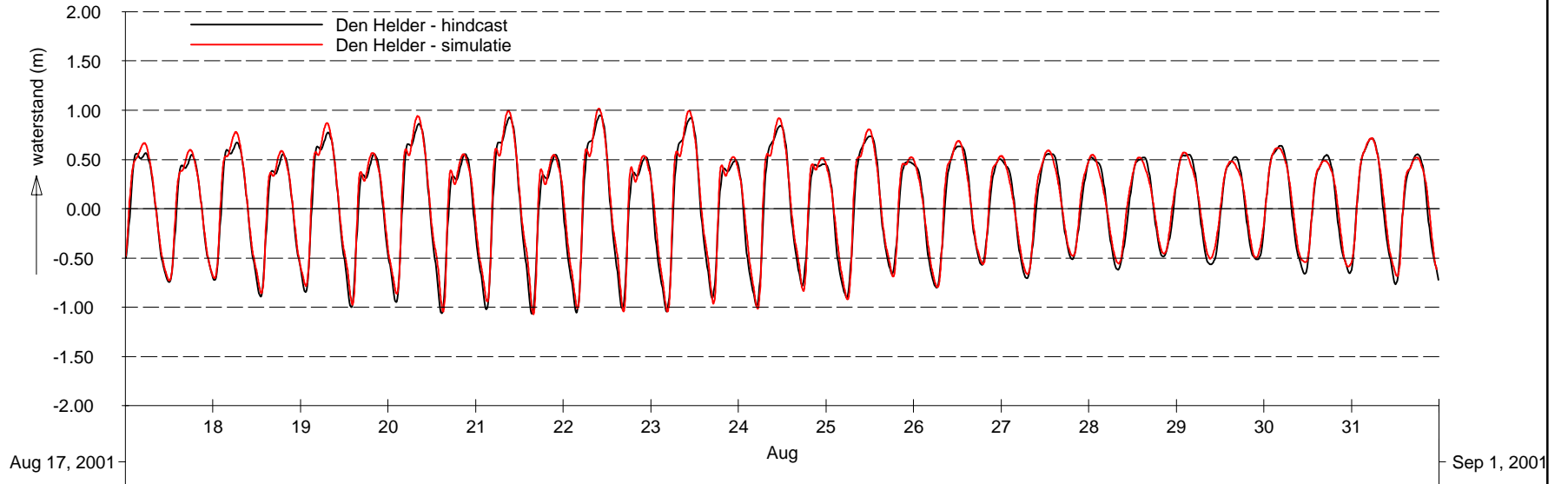
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 4:10



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Waterstanden in Den Helder en Harlingen

Resultaten voor afregeling astro condities

K35, d35
231007

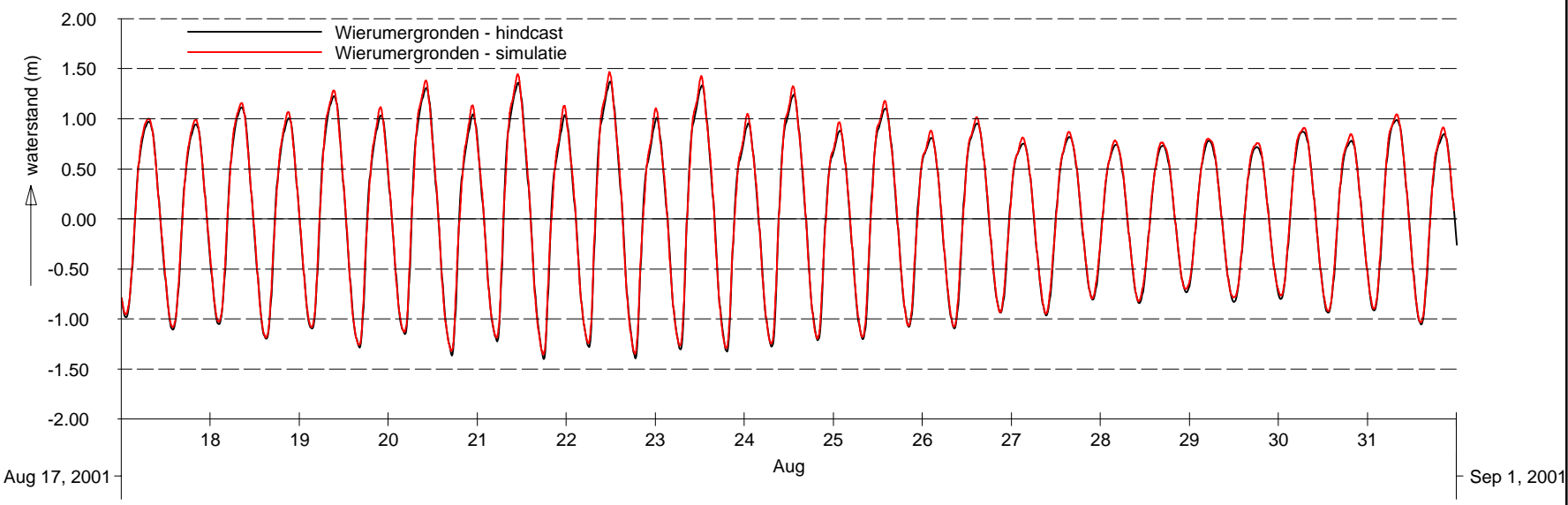
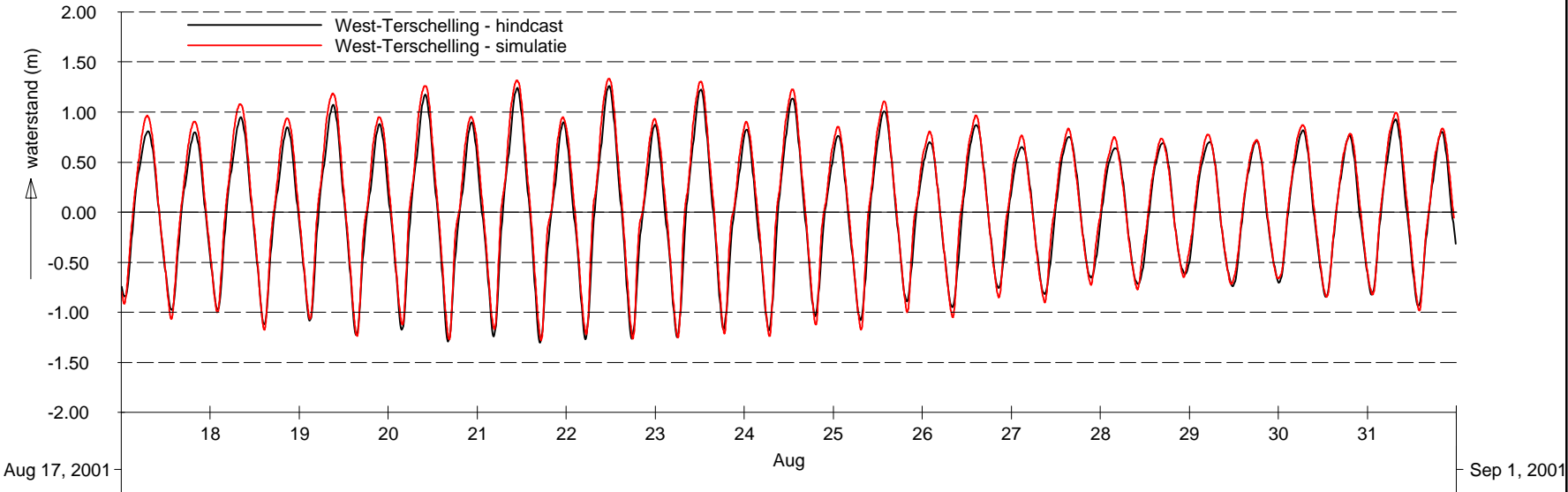
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 4:11



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL
Waterstanden in West-Terschelling en Wierumergronden
Resultaten voor afregeling astro condities

K35, d35
231007

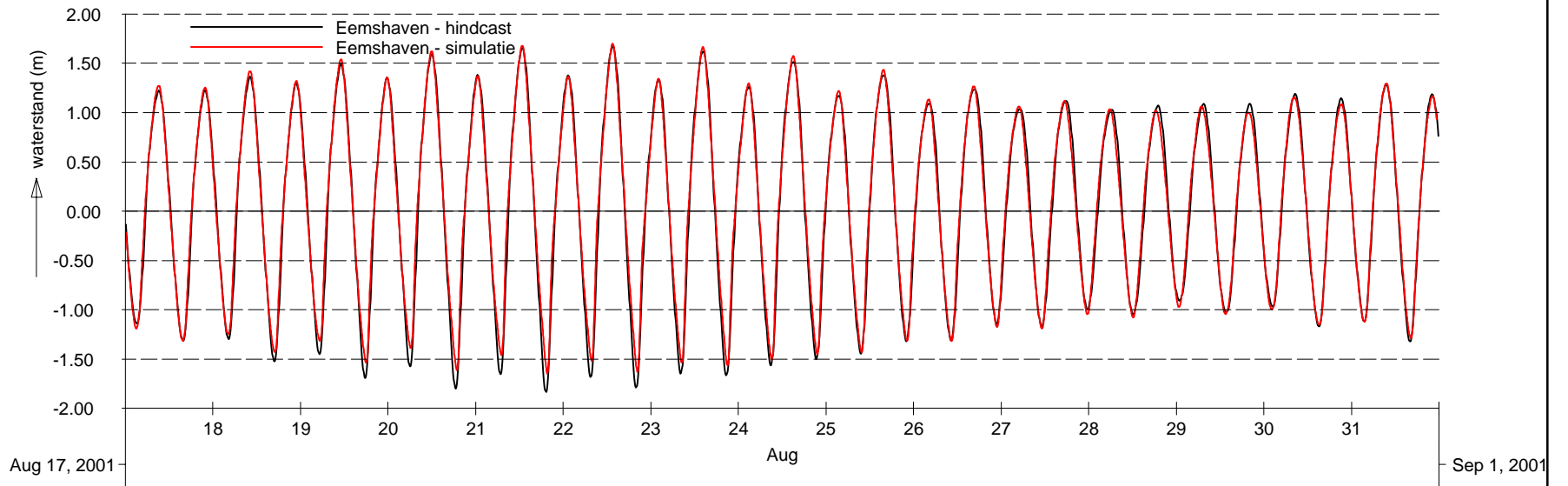
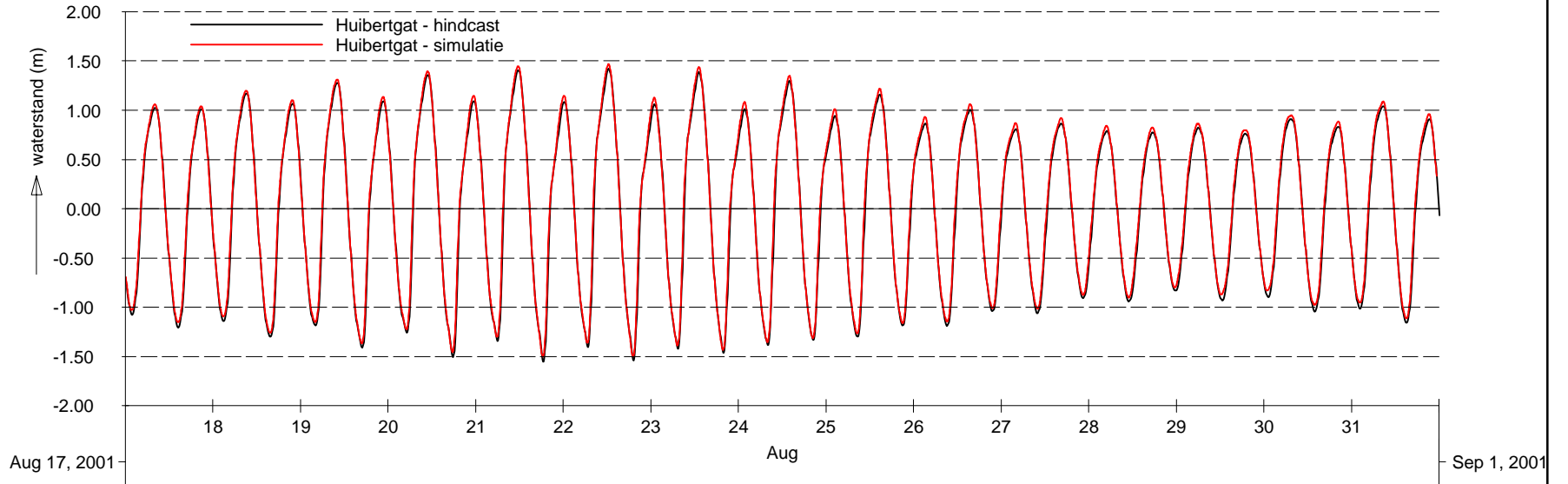
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 4.12



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Waterstanden in Huibertgat en Eemshaven

Resultaten voor afregeling astro condities

K35, d35
231007

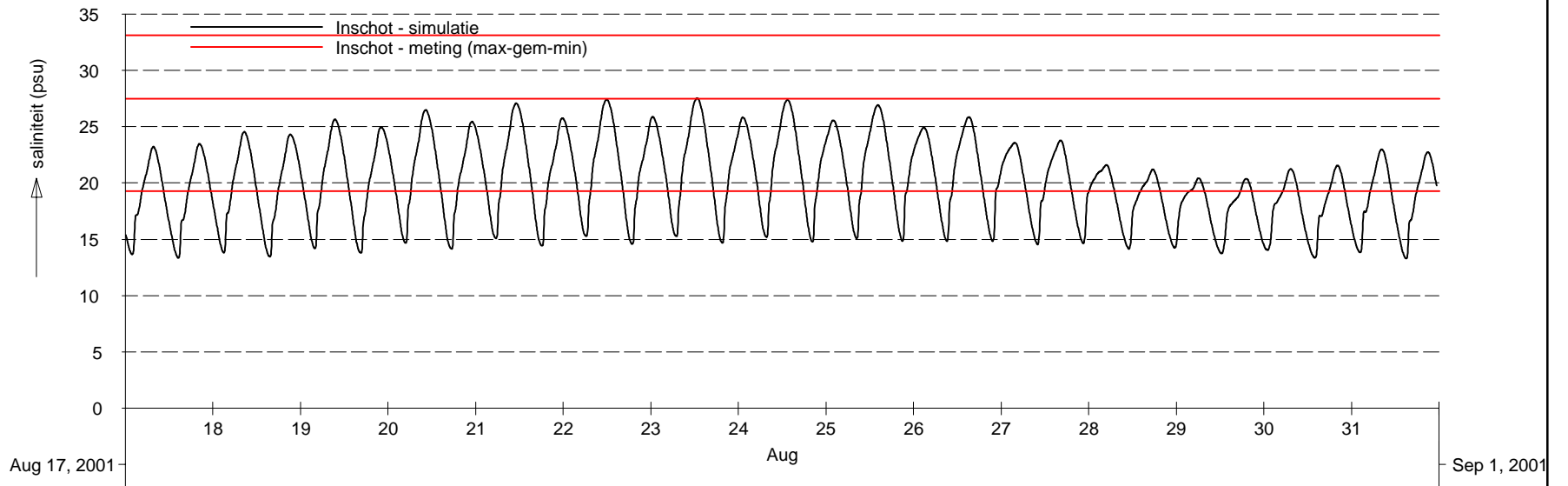
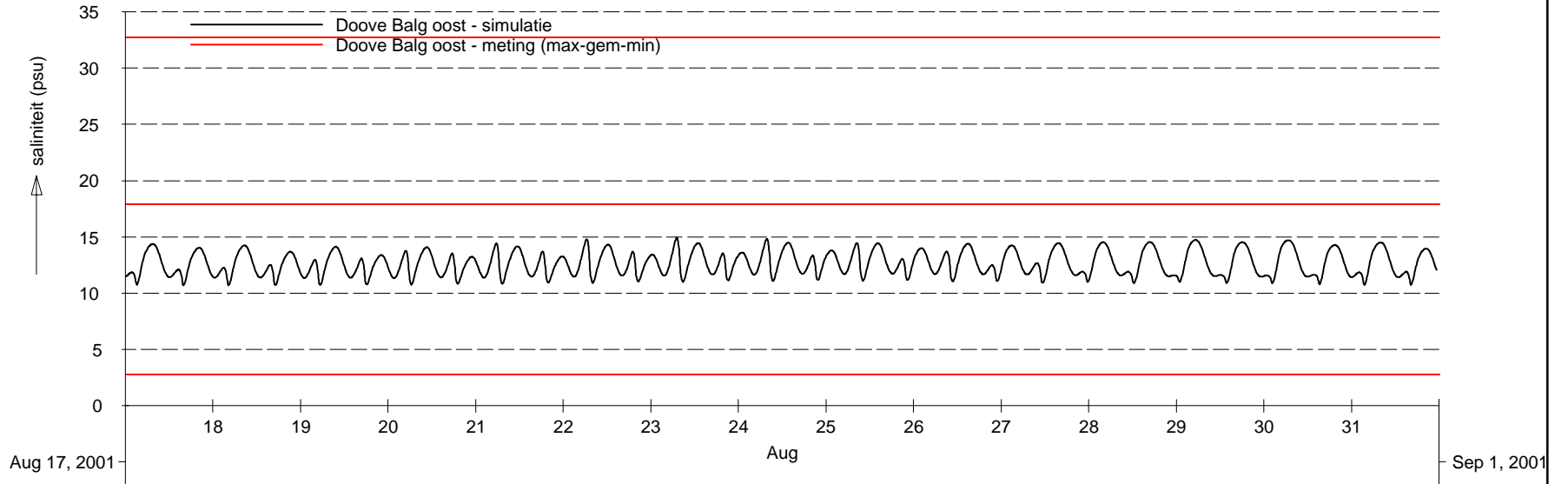
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 4:13



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Saliniteiten in Doove Balg oost en Inschot

Resultaten voor afregeling

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

d35

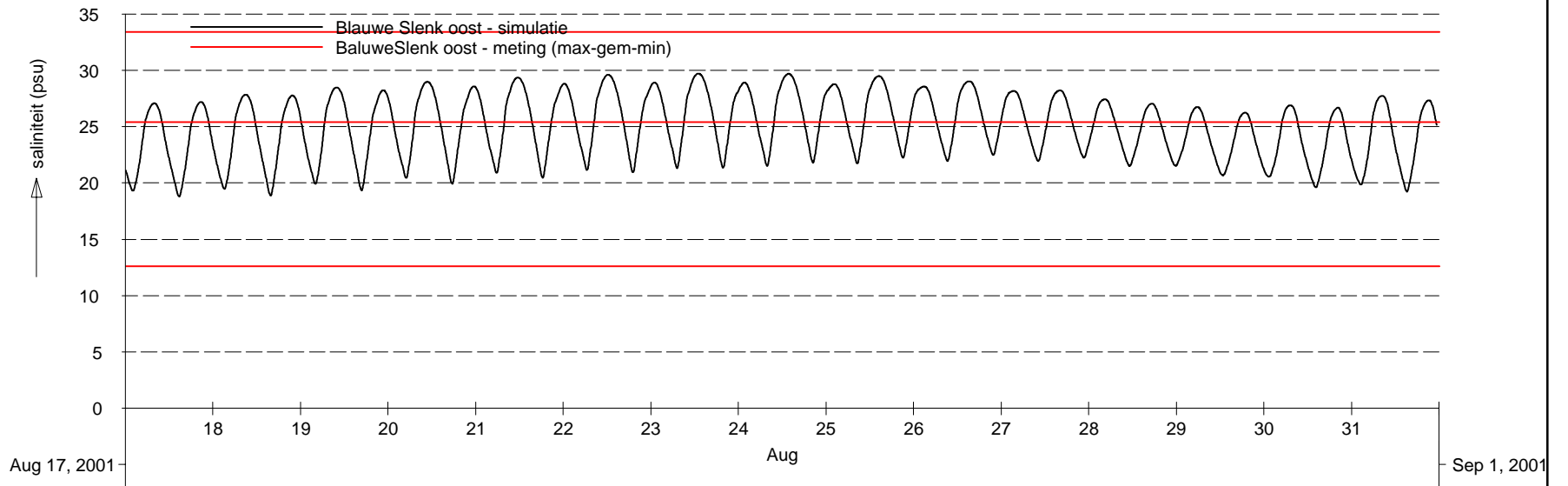
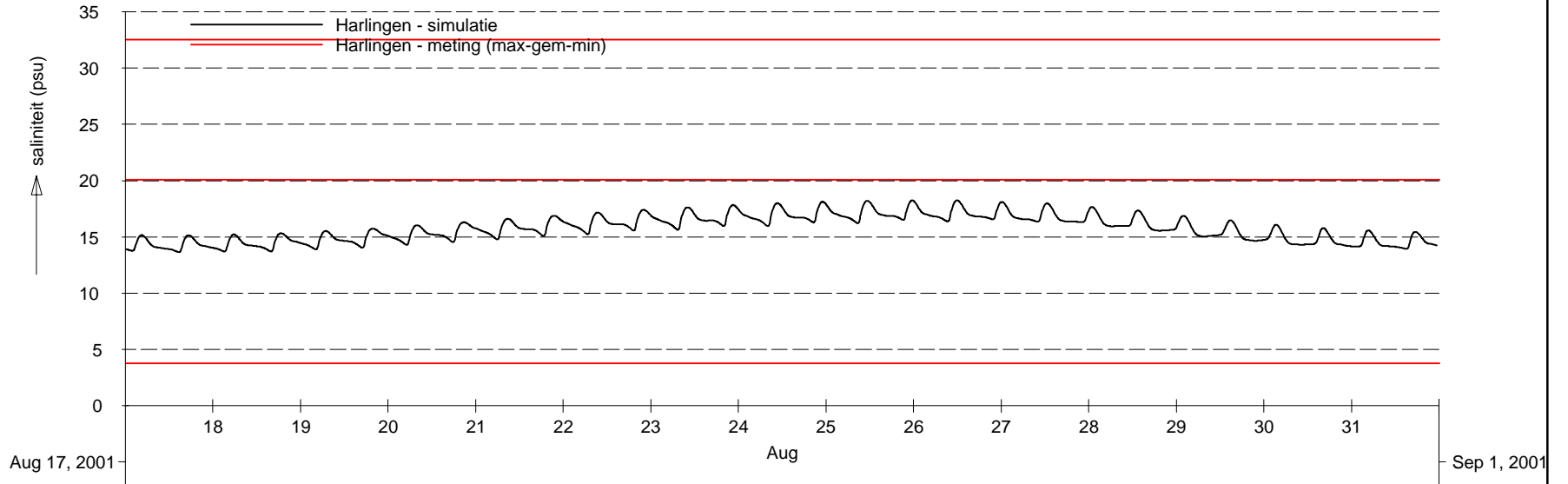
231007

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 4:14



OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL

Saliniteiten in Harlingen en Blauwe Slenk oost

Resultaten voor afregeling

MER STUDIE ZOÛTWINNING WADDENZEE

d35

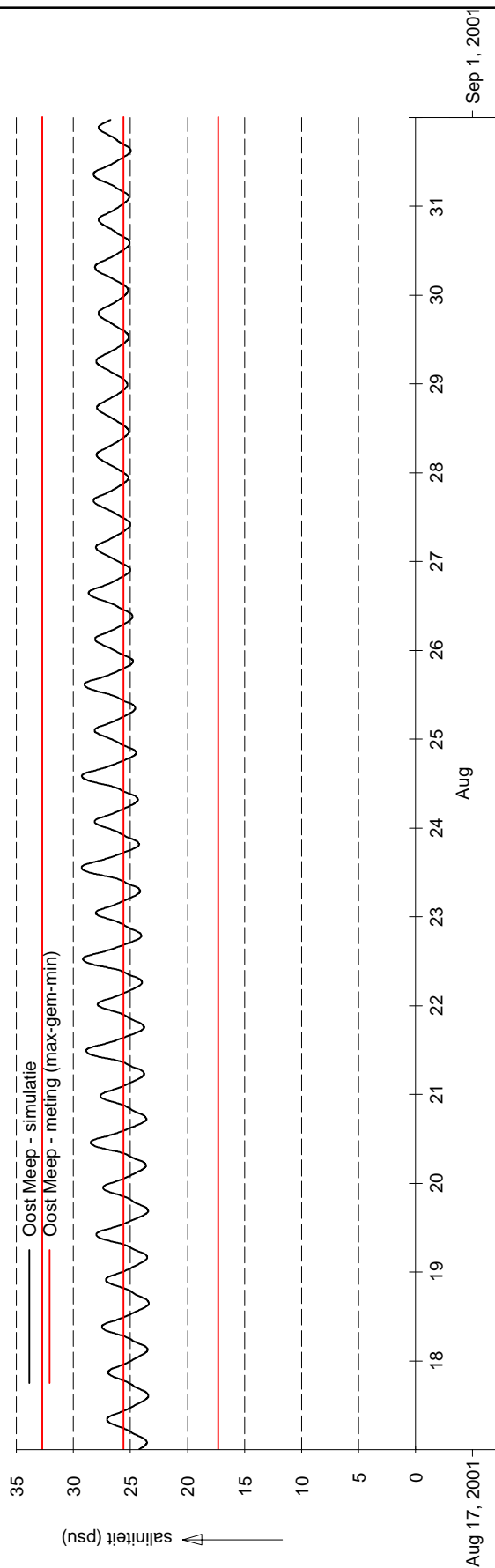
231007

augustus 2001

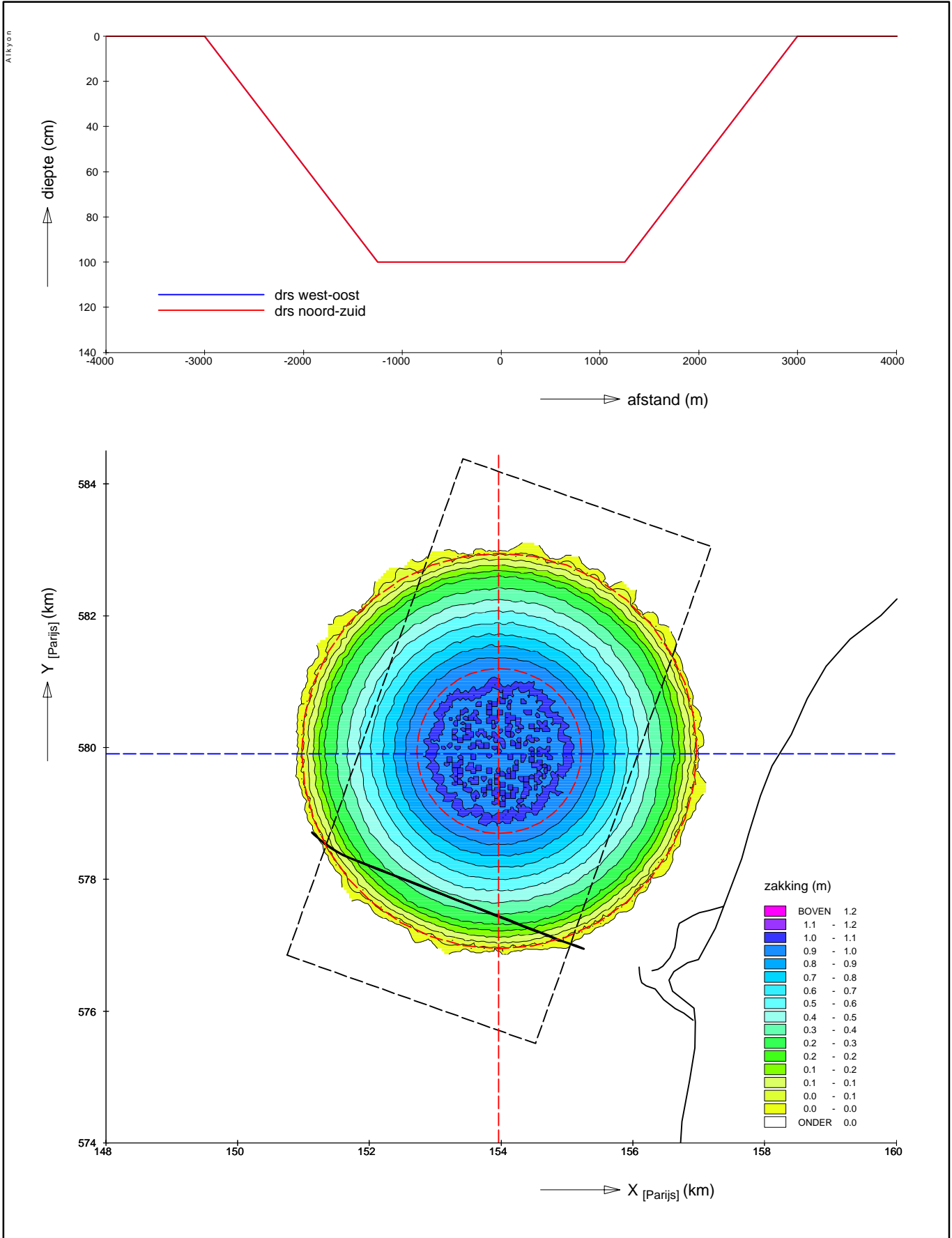
A2062

Alkyon

Fig. 4.15



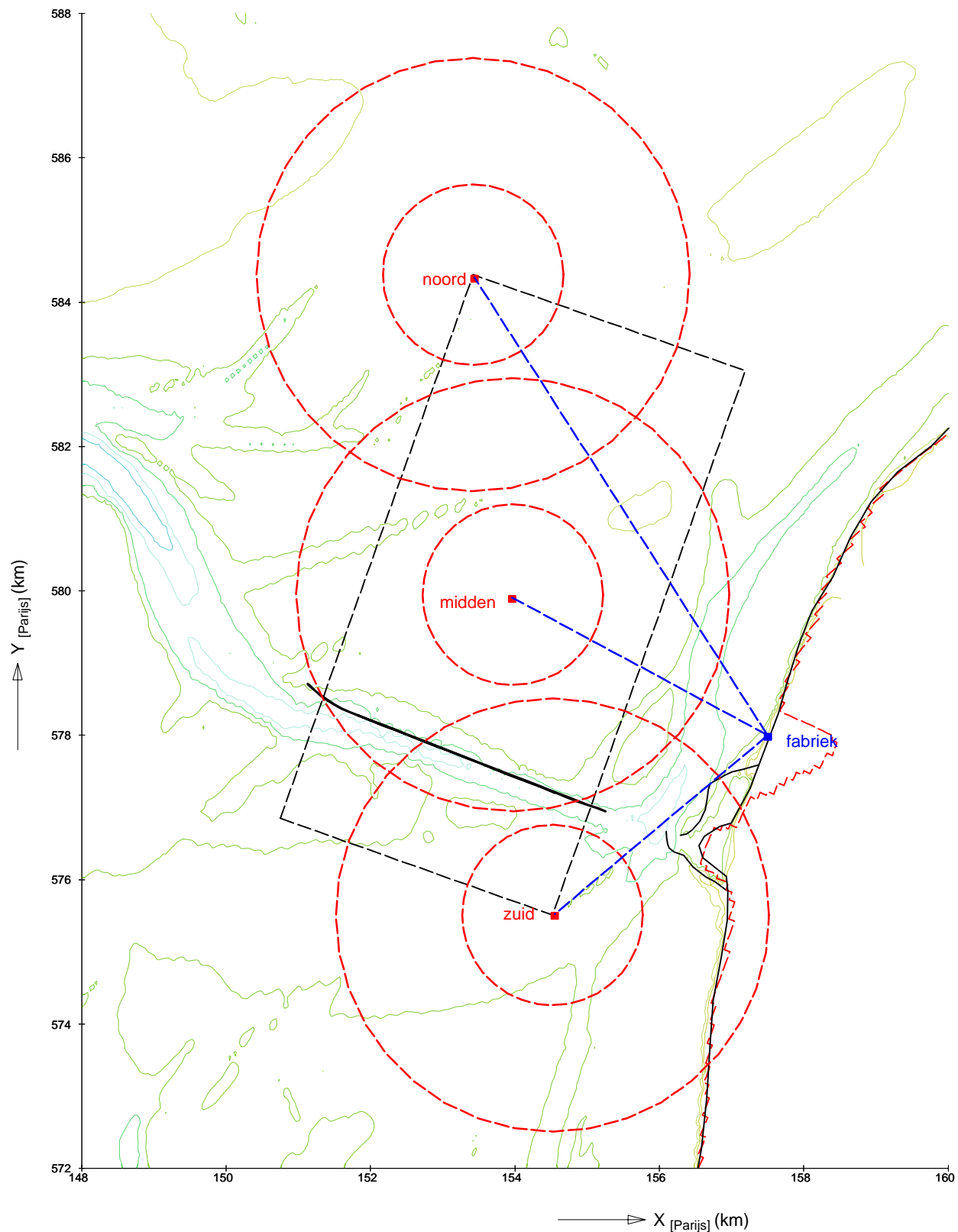
OPZET EN AFREGELING VAN 2D-STROMINGSMODEL Saliniteiten in Oost Meep Resultaten voor afregeling	d35	231007
	augustus 2001	
	A2062	Alkyon
MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE		Fig. 4.16



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Begrenzing potentiële zoutwinlocaties

Contouren en doorsneden bodemdalingsschotel



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

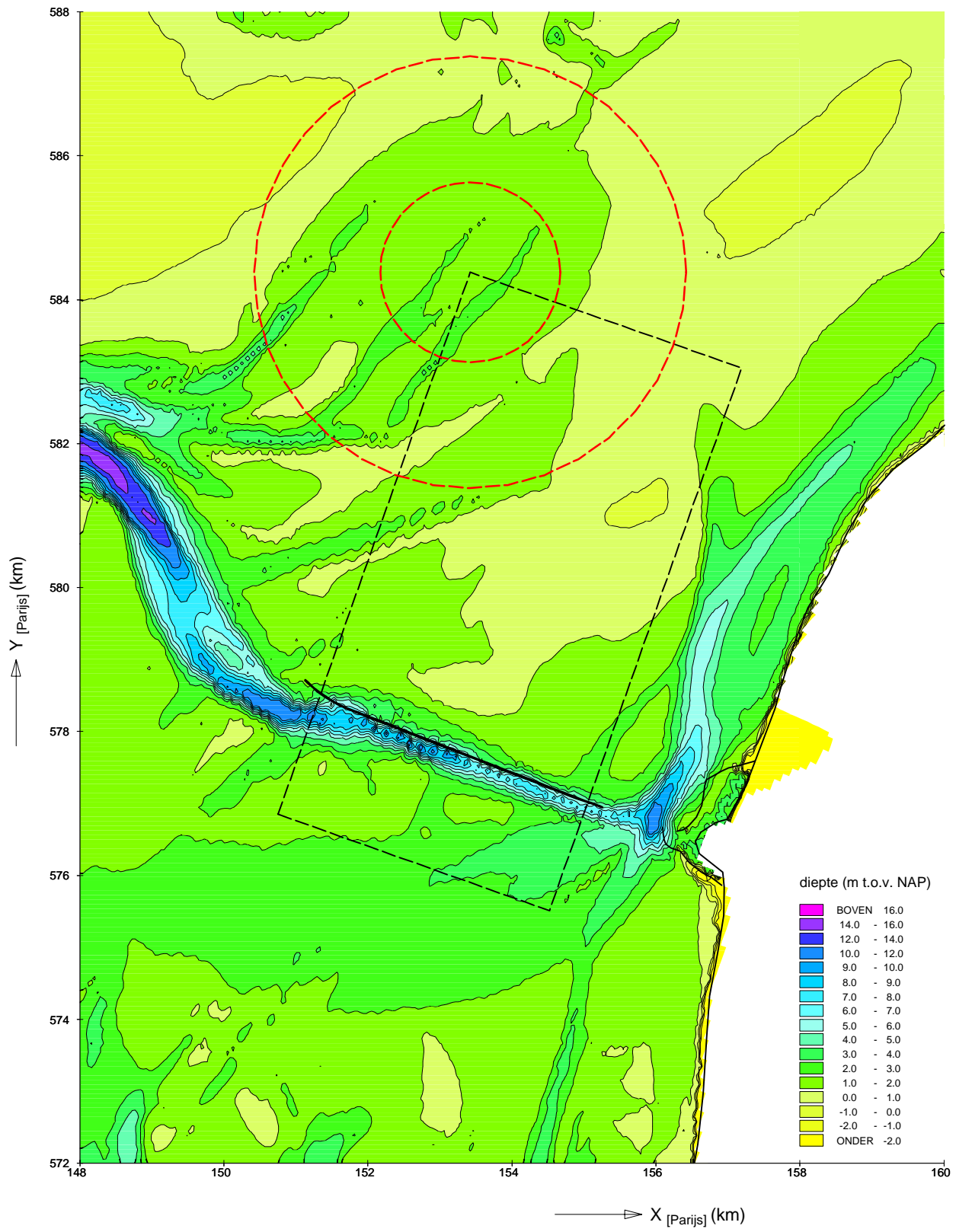
Varianten voor potentiële zoutwinlocaties

Locatie winputten (noord, midden en zuid) en fabriek

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062  Alkyon

Fig. 5.2



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put - noord

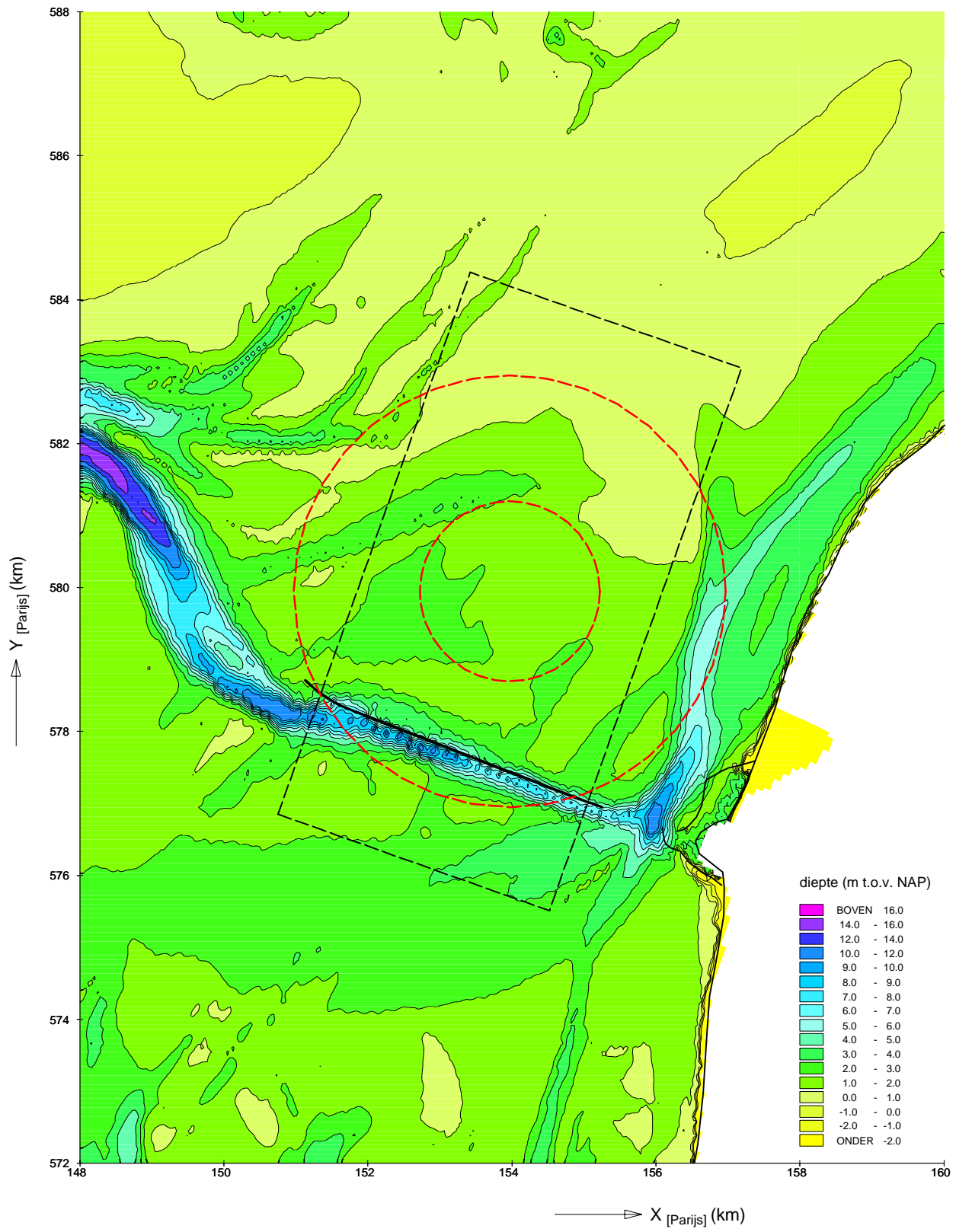
d32

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 5.3



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put - midden

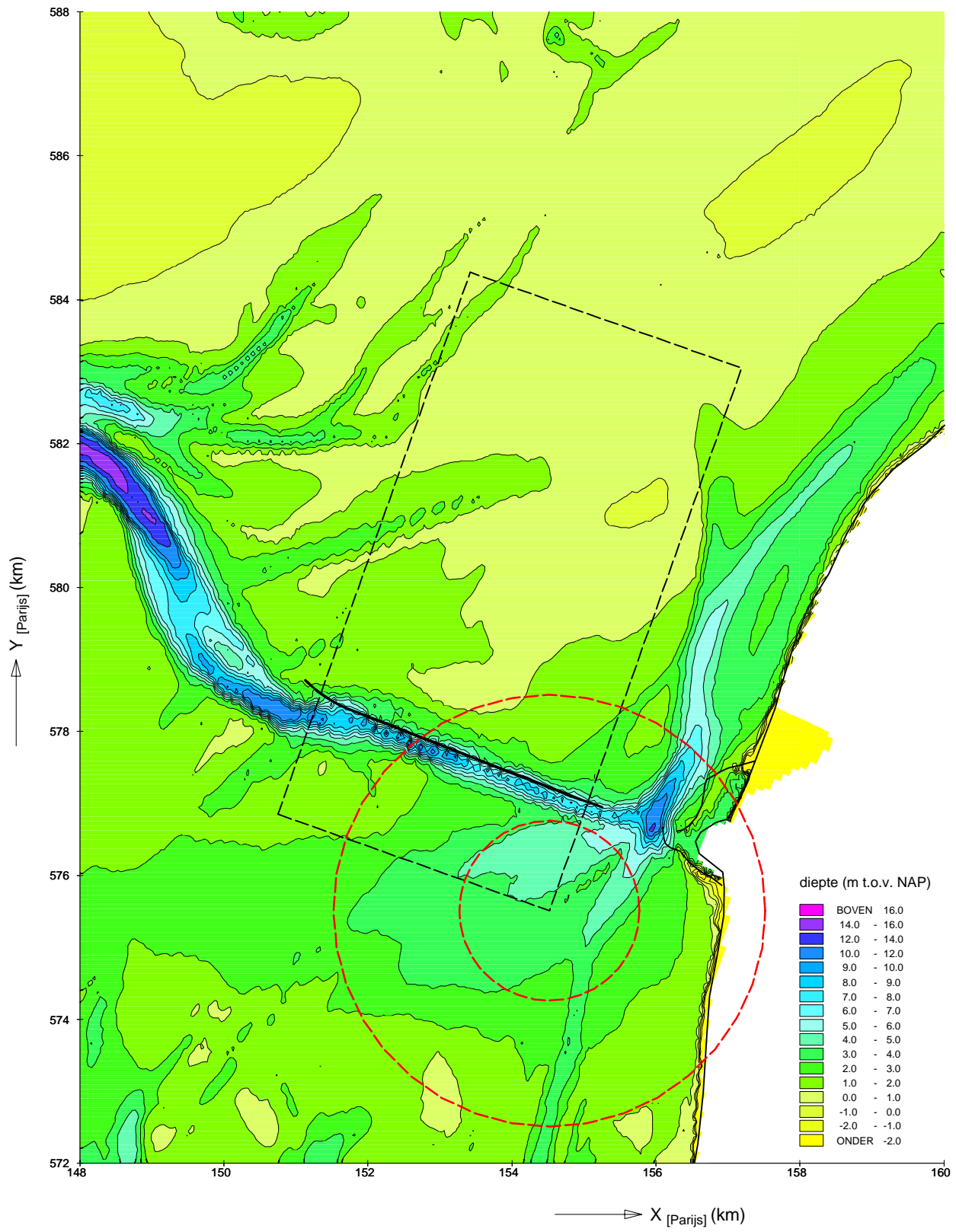
d33

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 5.4



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put- zuid

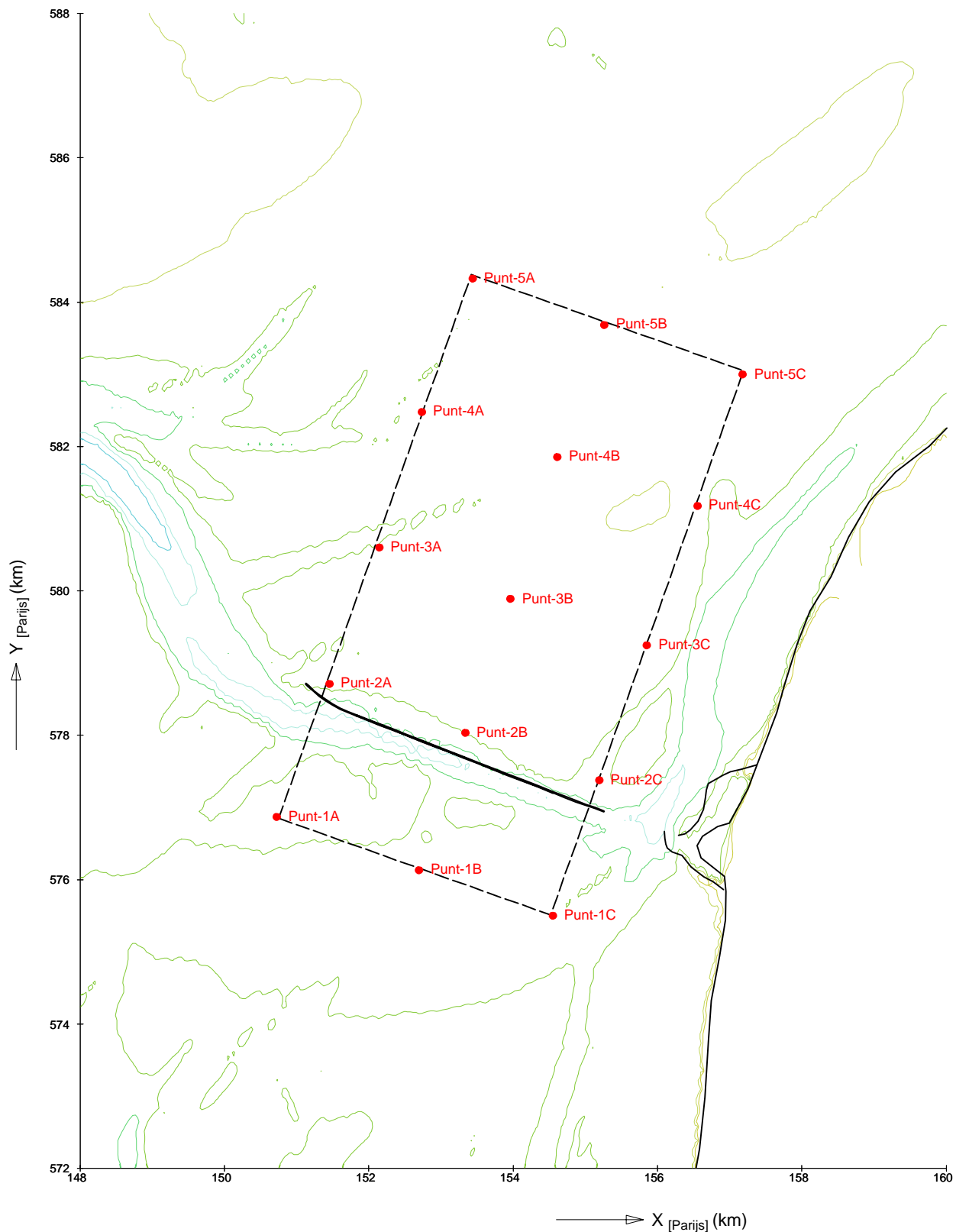
d34

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

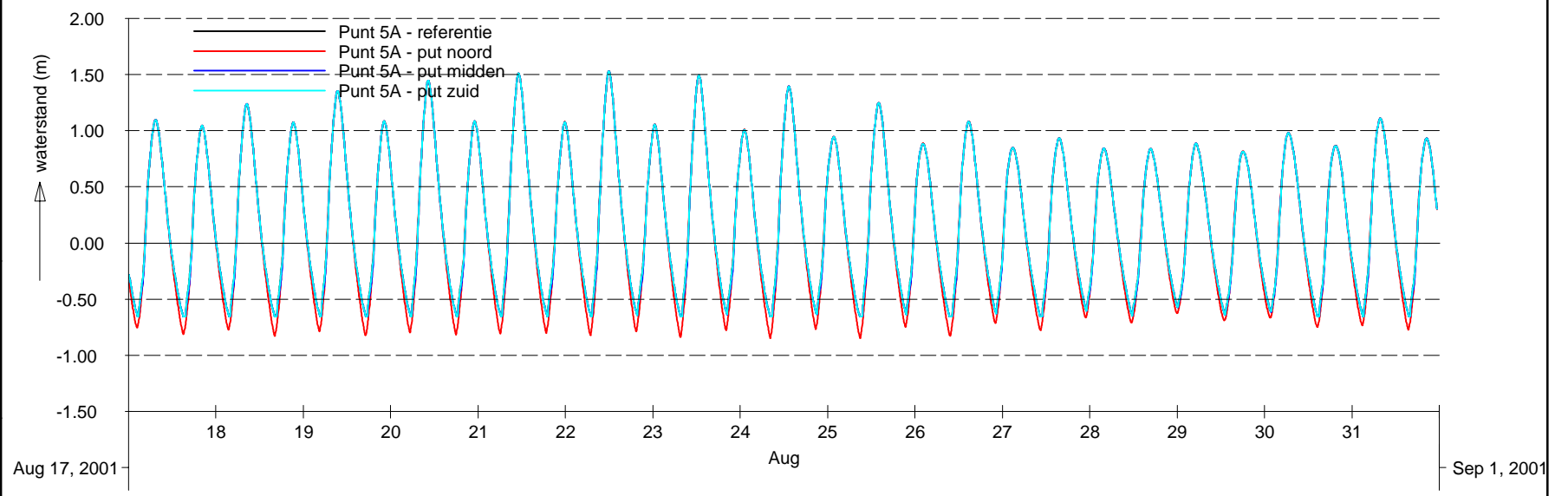
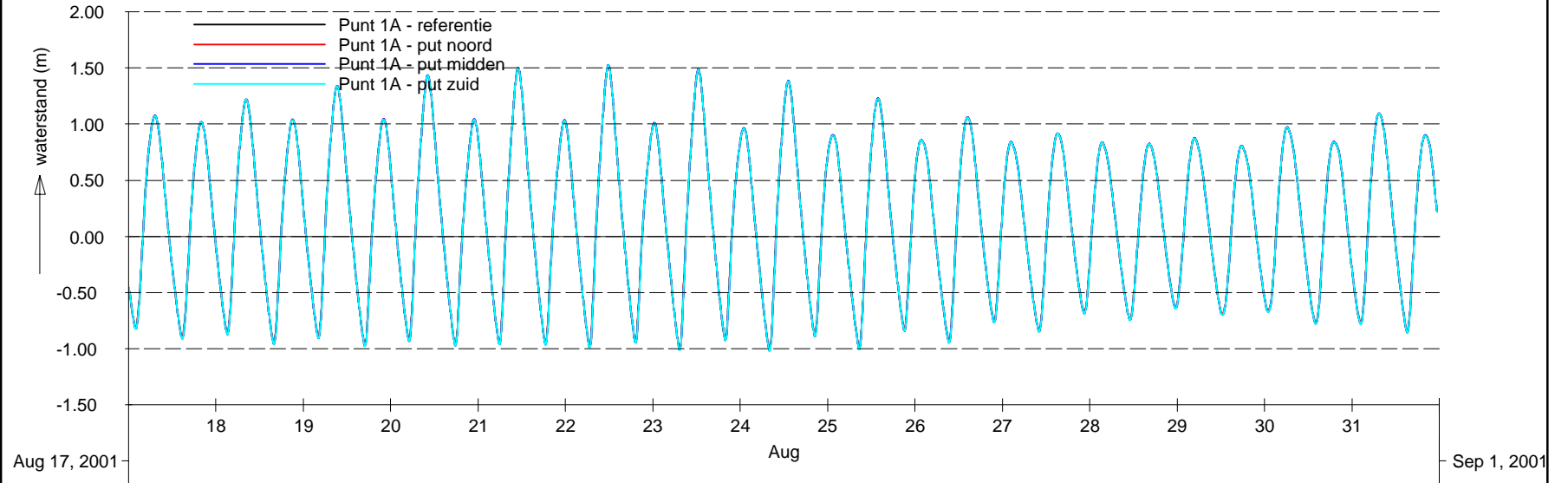
A2062

Alkyon

Fig. 5.5



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Locatie van uitvoerpunten voor tijdseries waterbeweging
 Detailmodel



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Waterstanden in Punt 1A en 5A

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

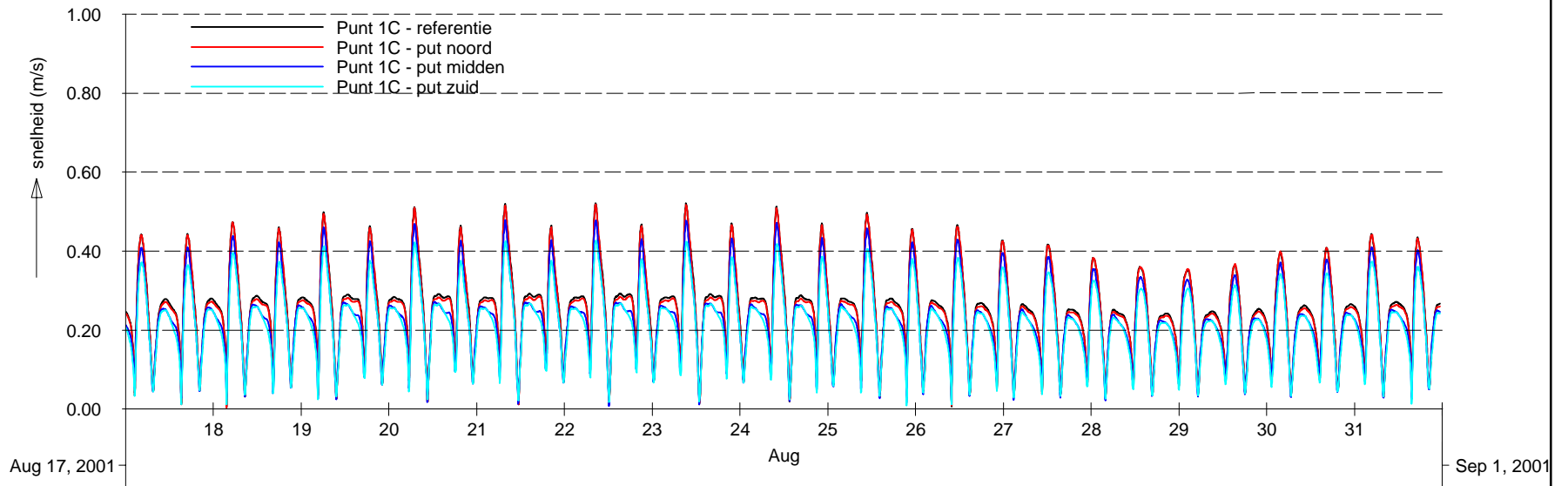
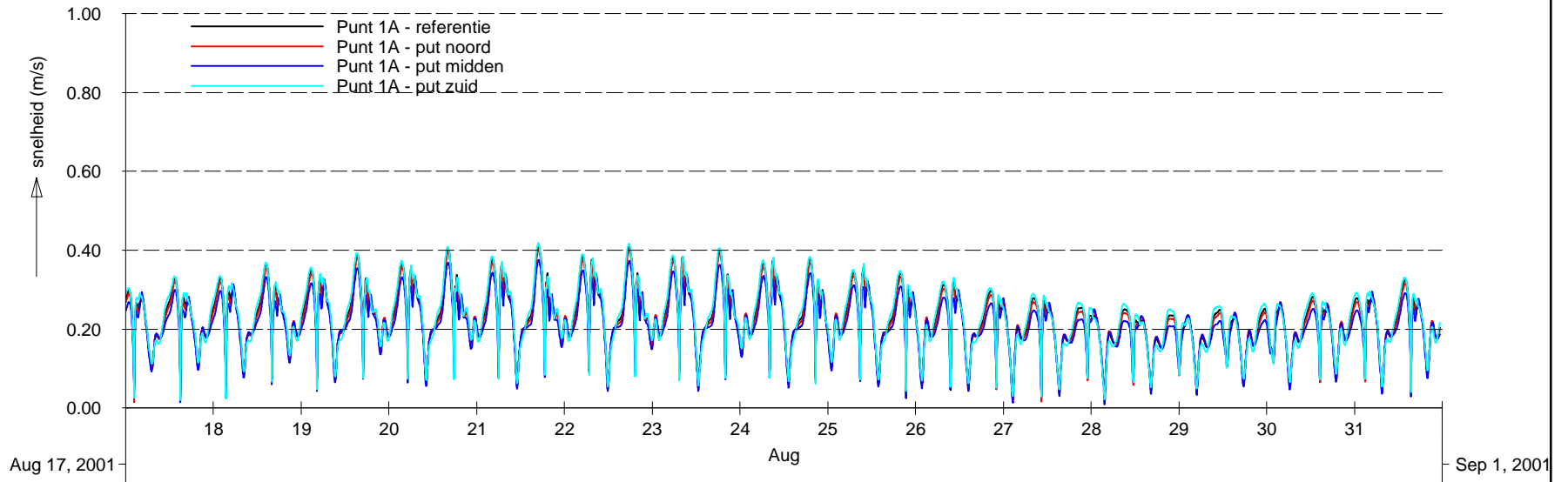
d31...d34

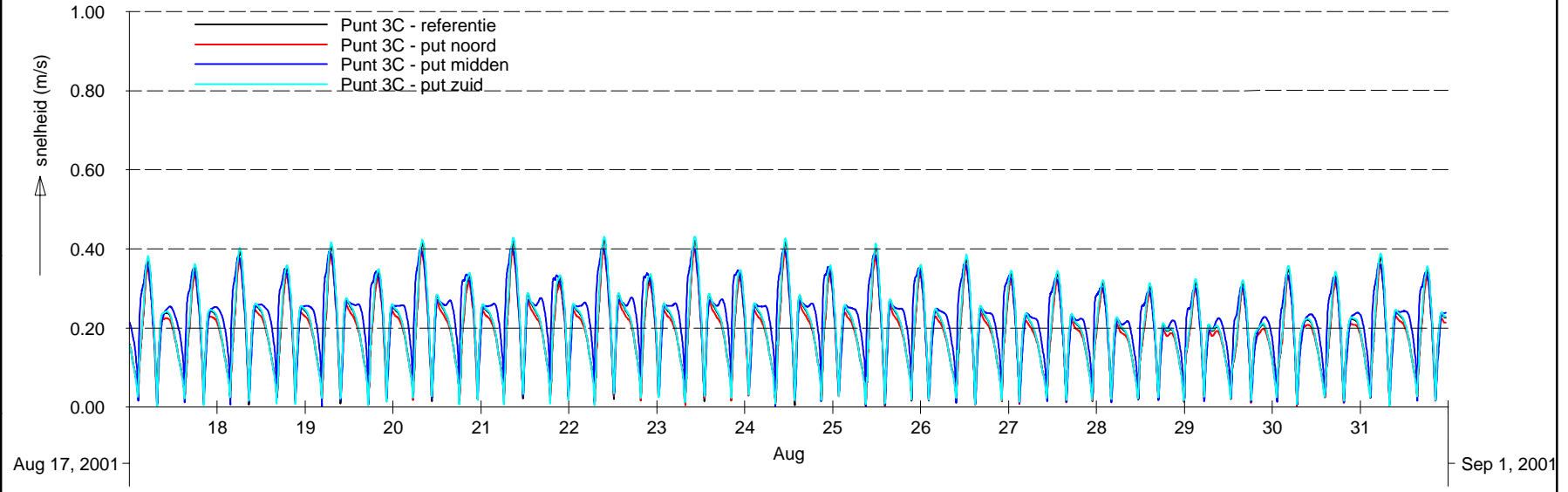
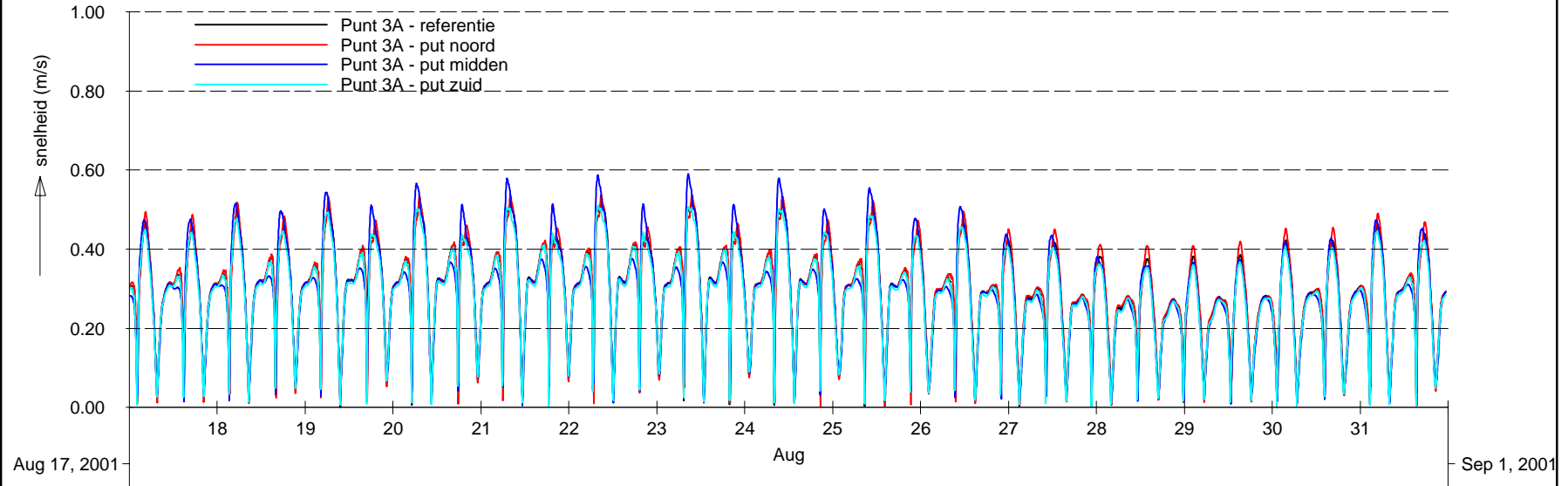
augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 5.7





HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Stroomsnelheden in Punt 3A en 3C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOJTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.9

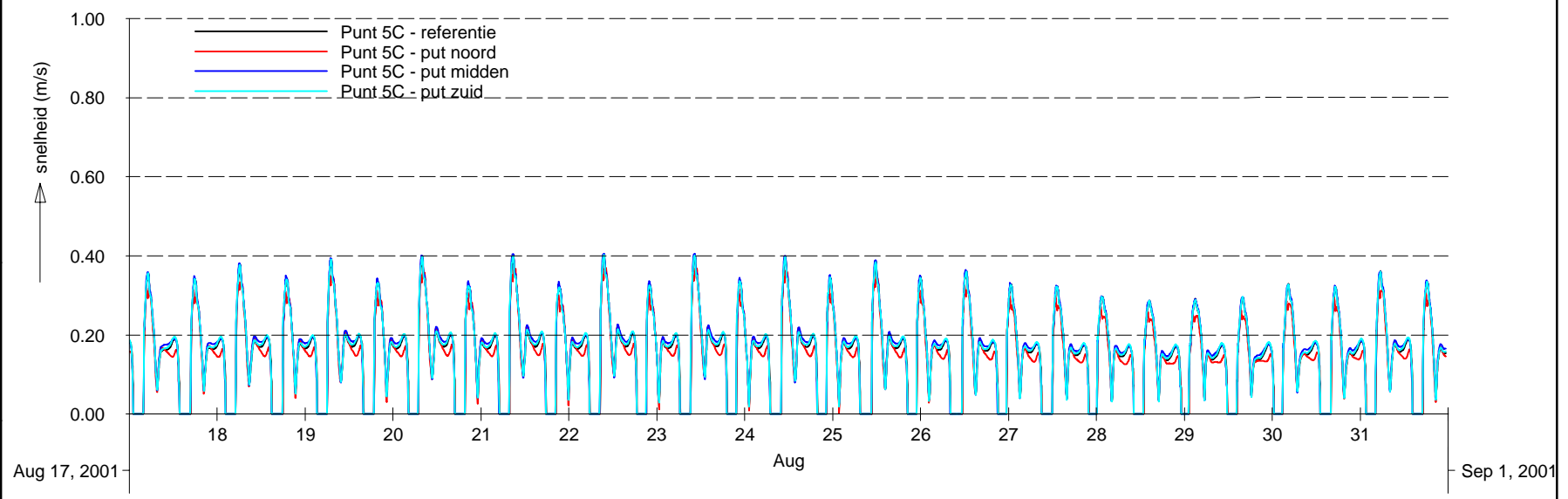
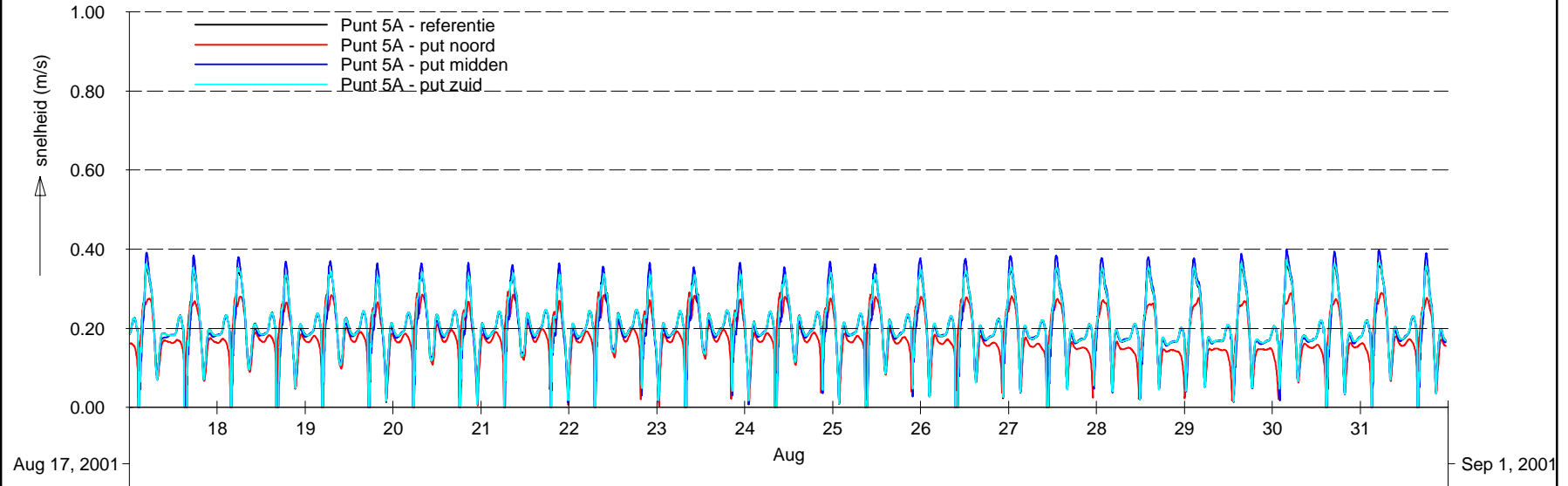
d31...d34

augustus 2001

Aug 17, 2001

Aug

Sep 1, 2001



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Stroomsnelheden in Punt 5A en 5C

Resultaten voor referentie en putten

d31...d34

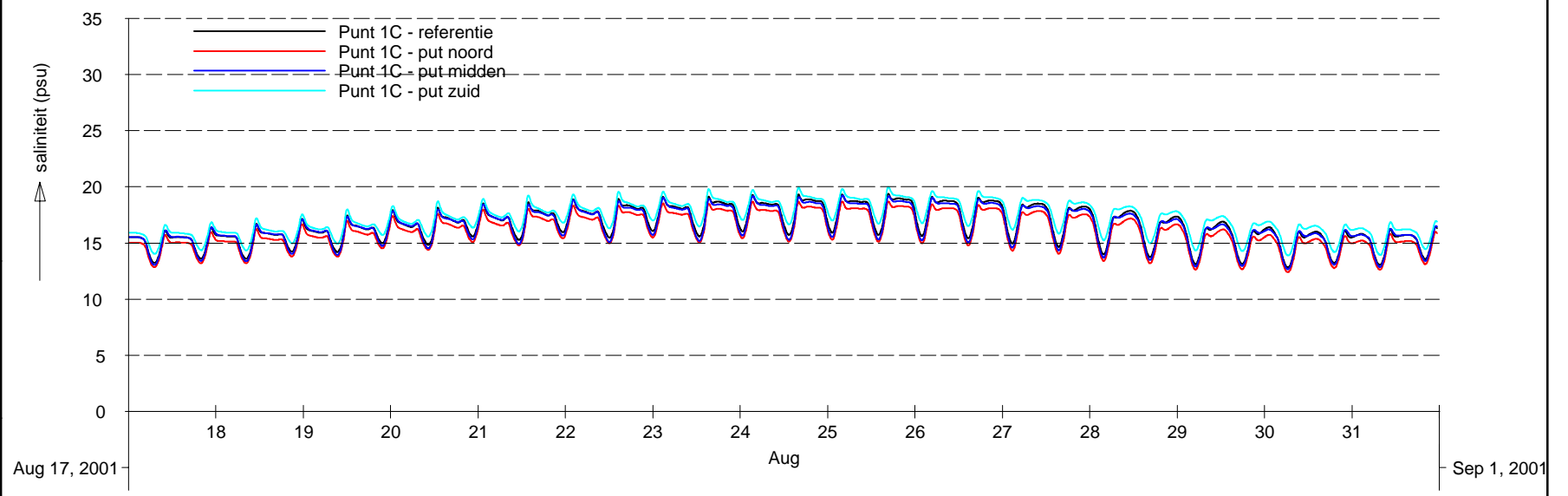
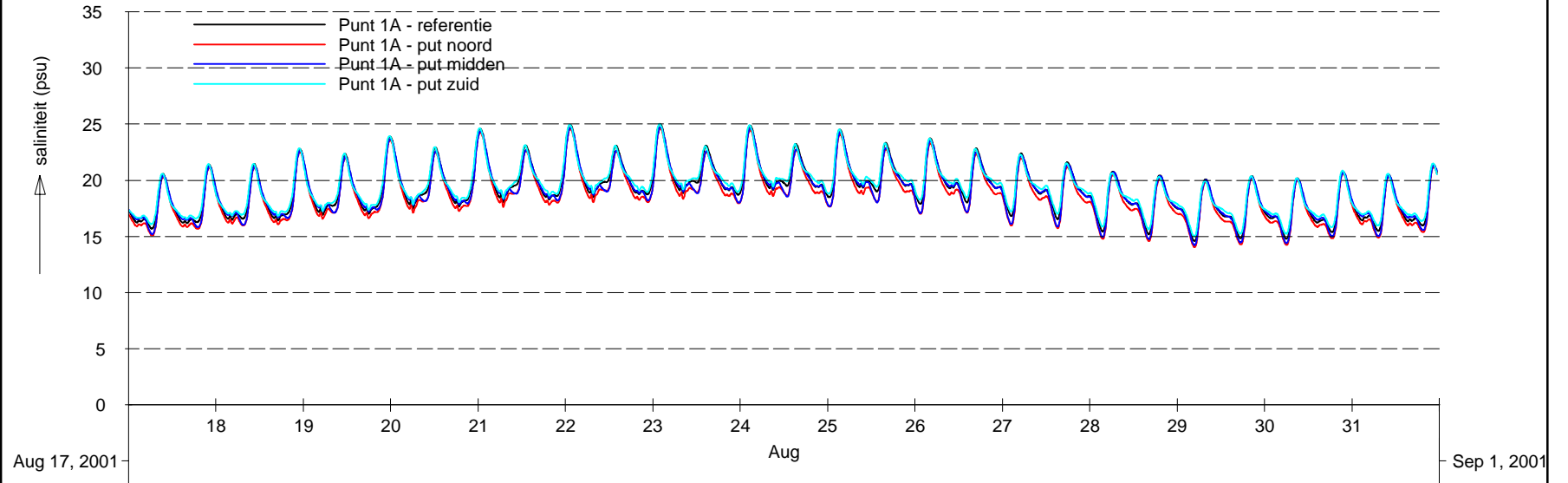
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.10



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Saliniteiten in Punt 1A en 1C

Resultaten voor referentie en putten

d31...d34

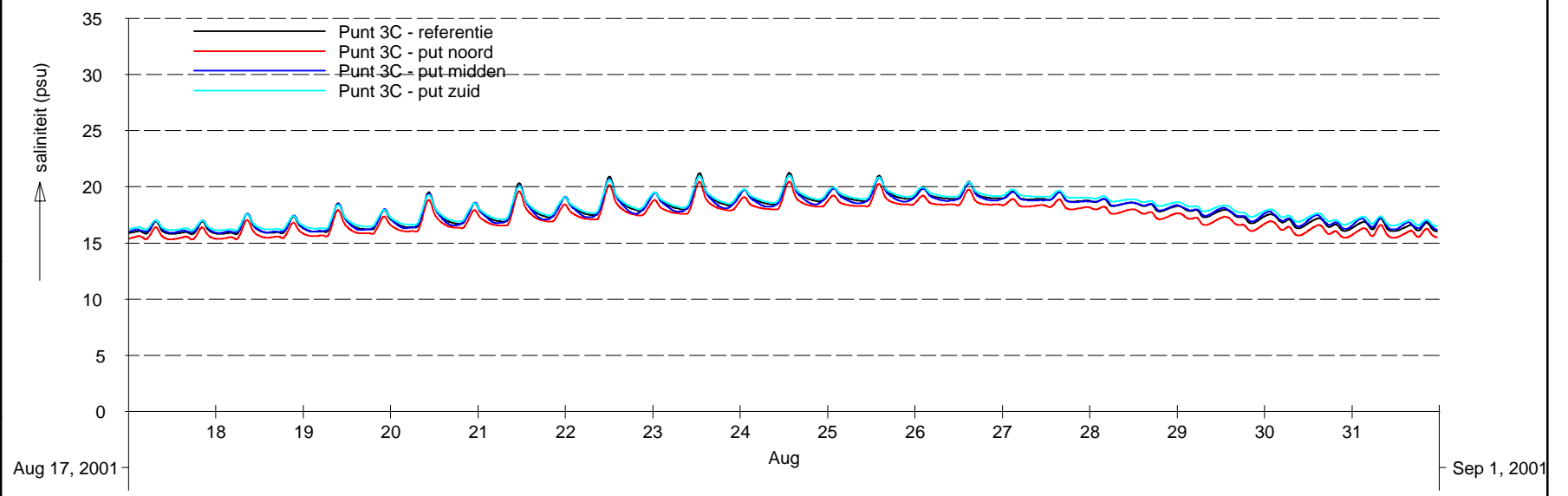
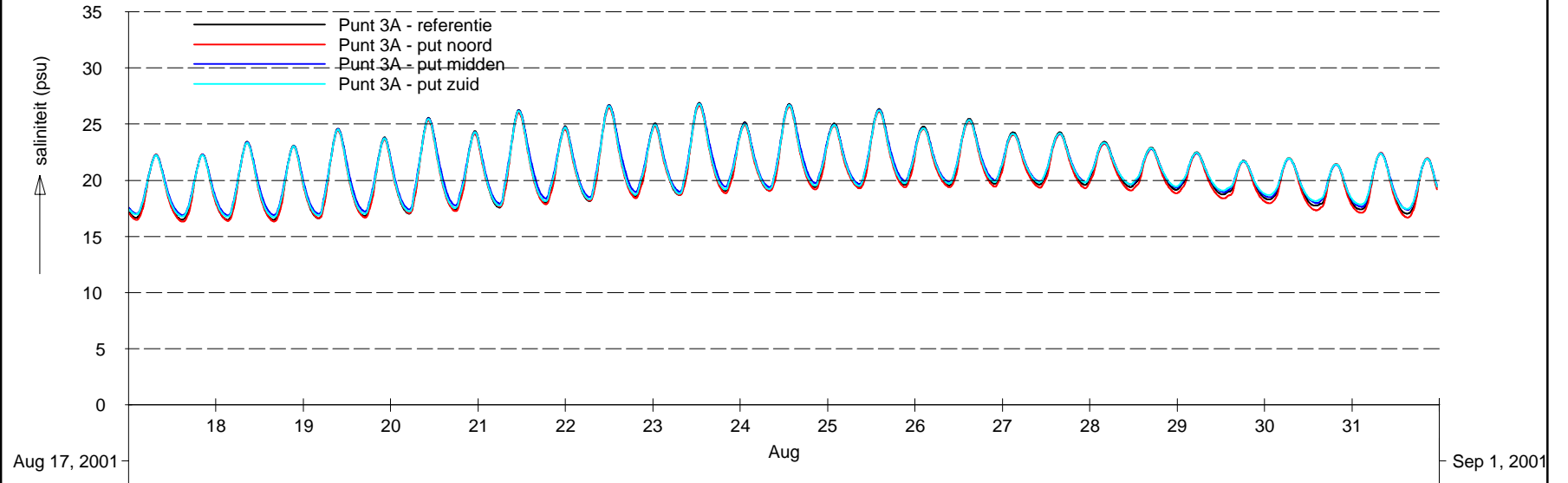
augustus 2001

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.11



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Saliniteiten in Punt 3A en 3C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOJTWINNING WADDENZEE

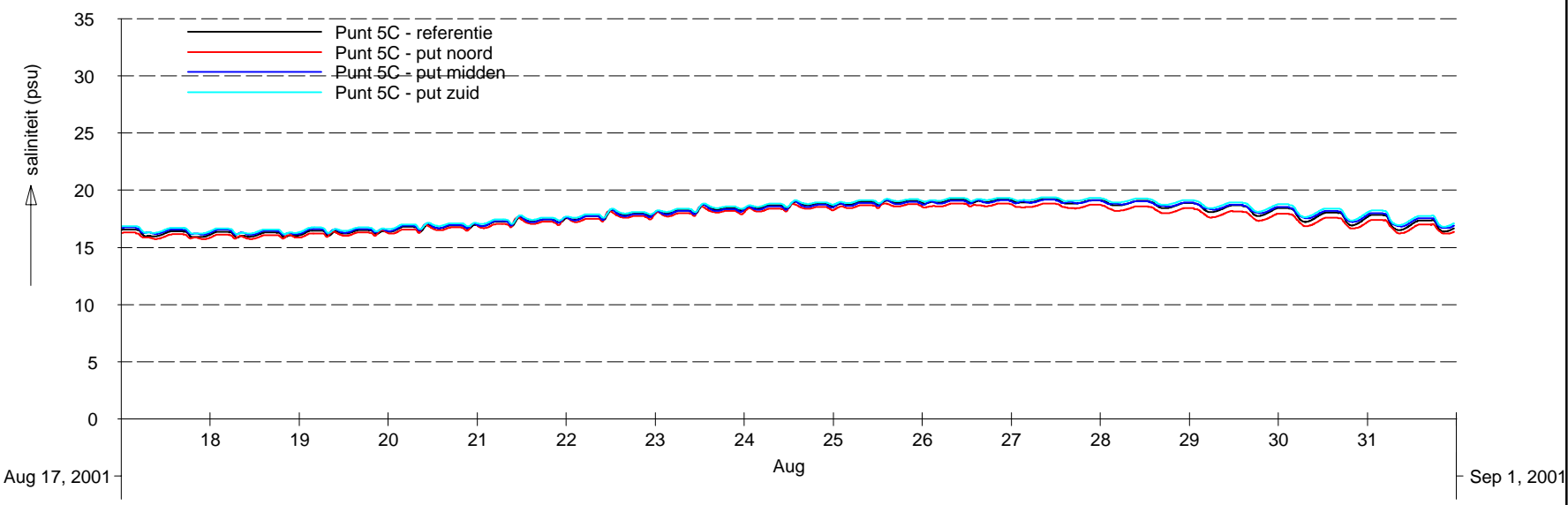
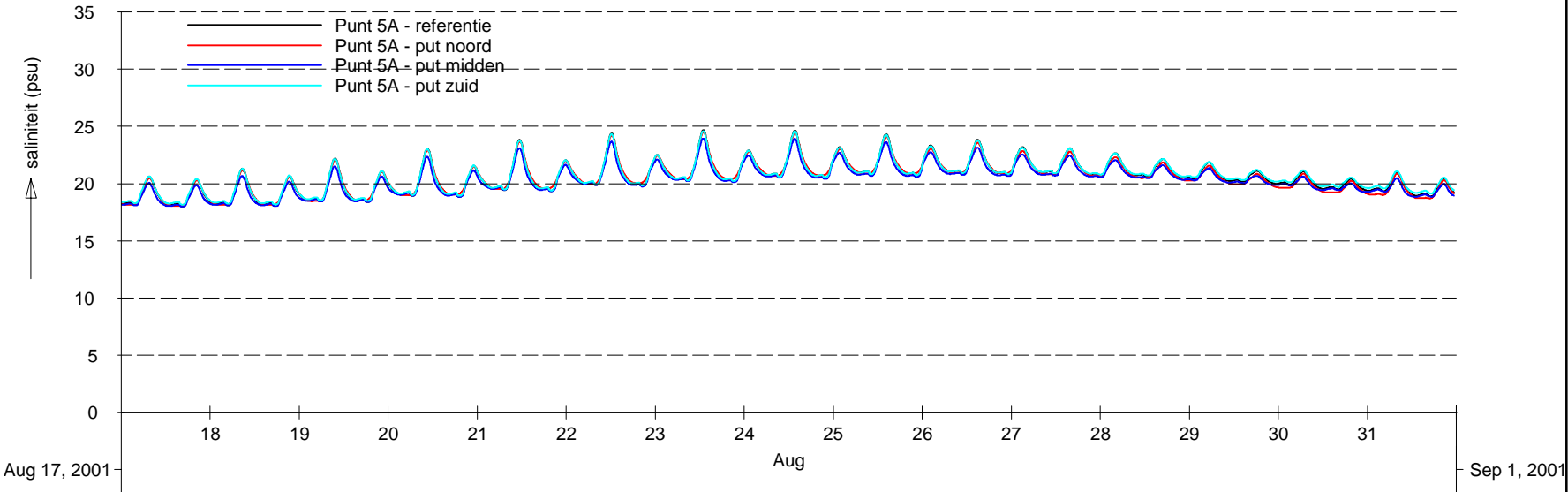
d31...d34

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 5.12



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIENTATIE

Saliniteiten in Punt 5A en 5C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

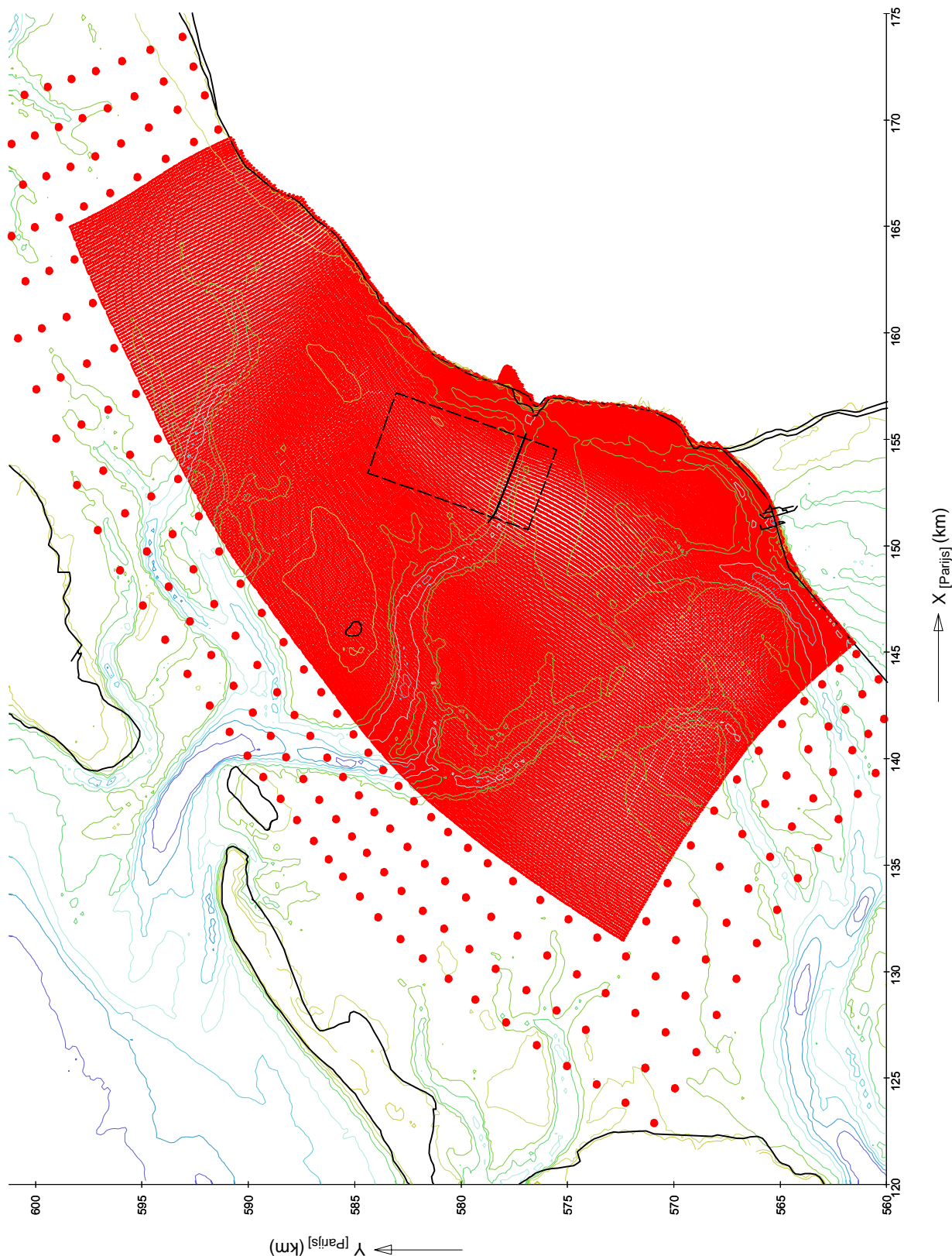
d31...d34

augustus 2001

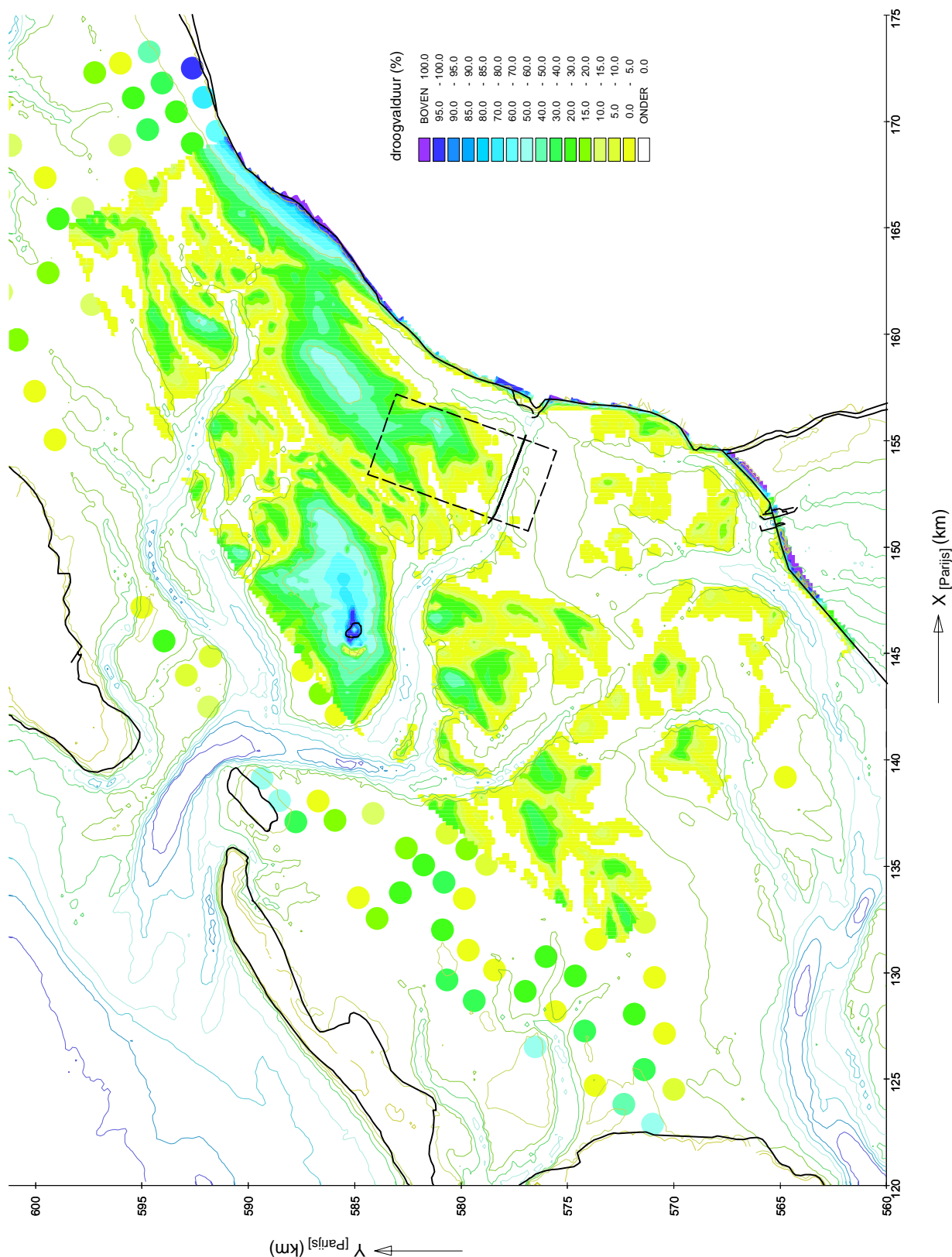
A2062

Alkyon

Fig. 5.13



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Locatie van uitvoerpunten voor a-biotische parameters
 Kuststroom model en detailmodel



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Resultaten van referentie situatie

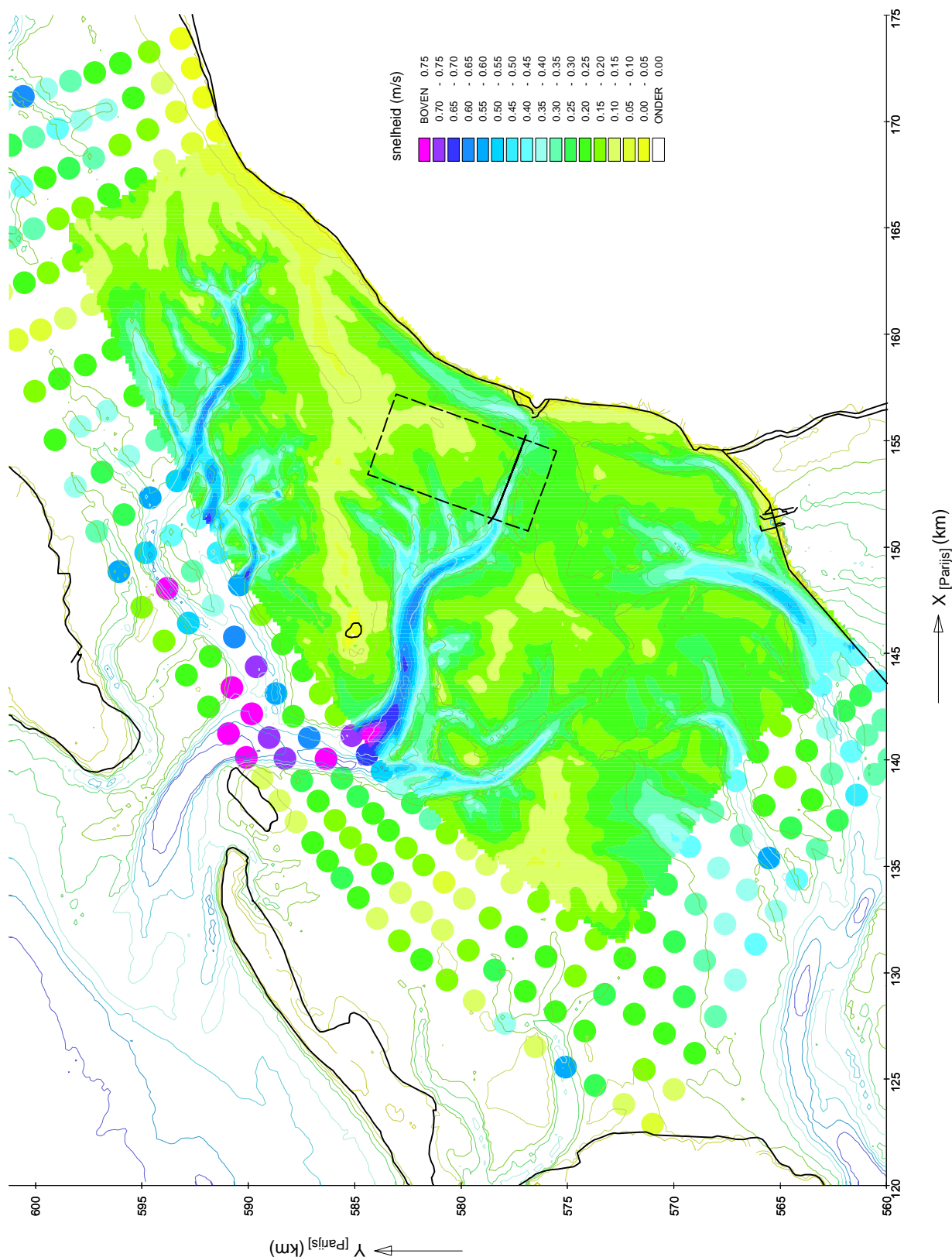
d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

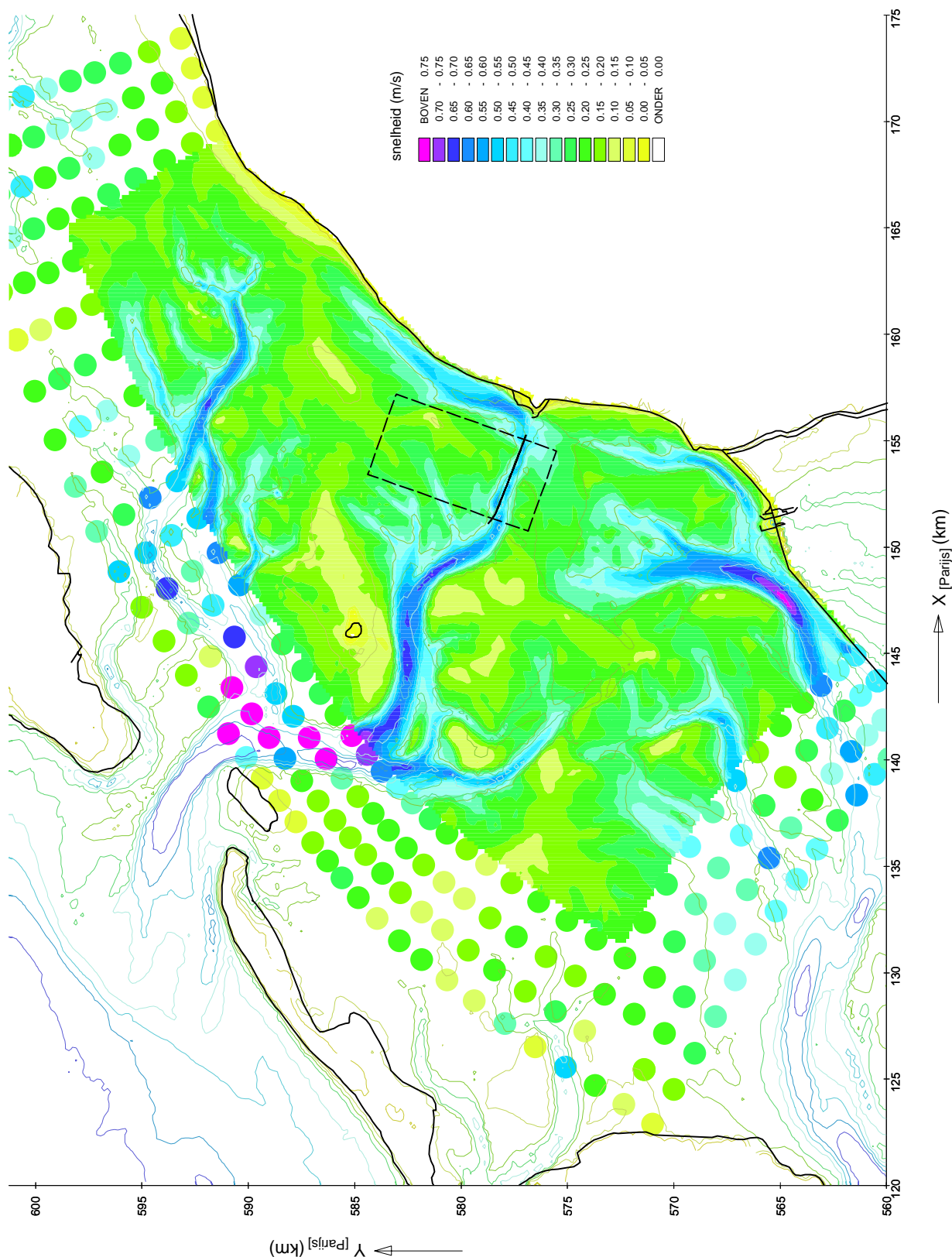
Alkyon

fig. 5.15



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35



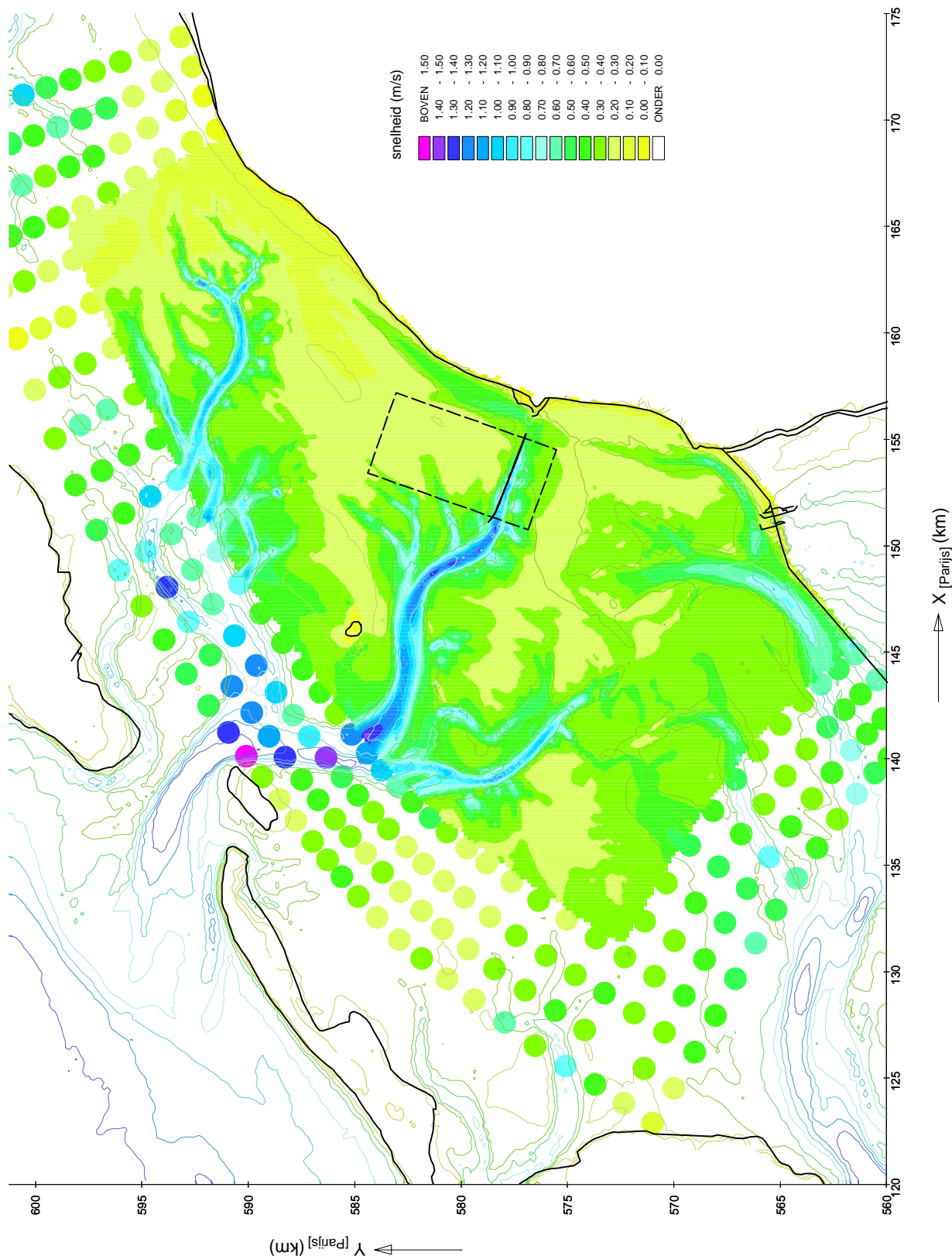
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062  Alkyon

Fig. 5.17



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij doortij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

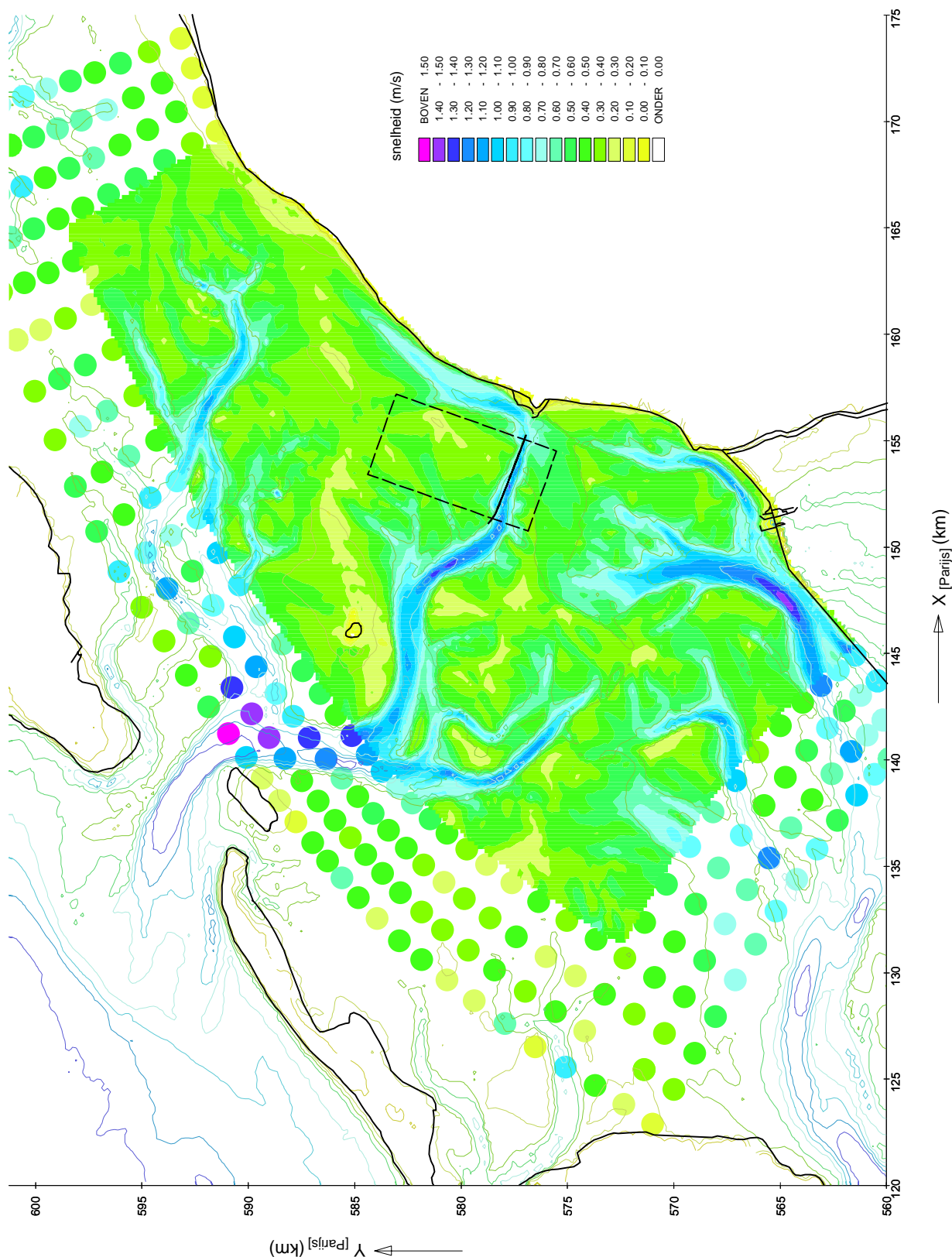
d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

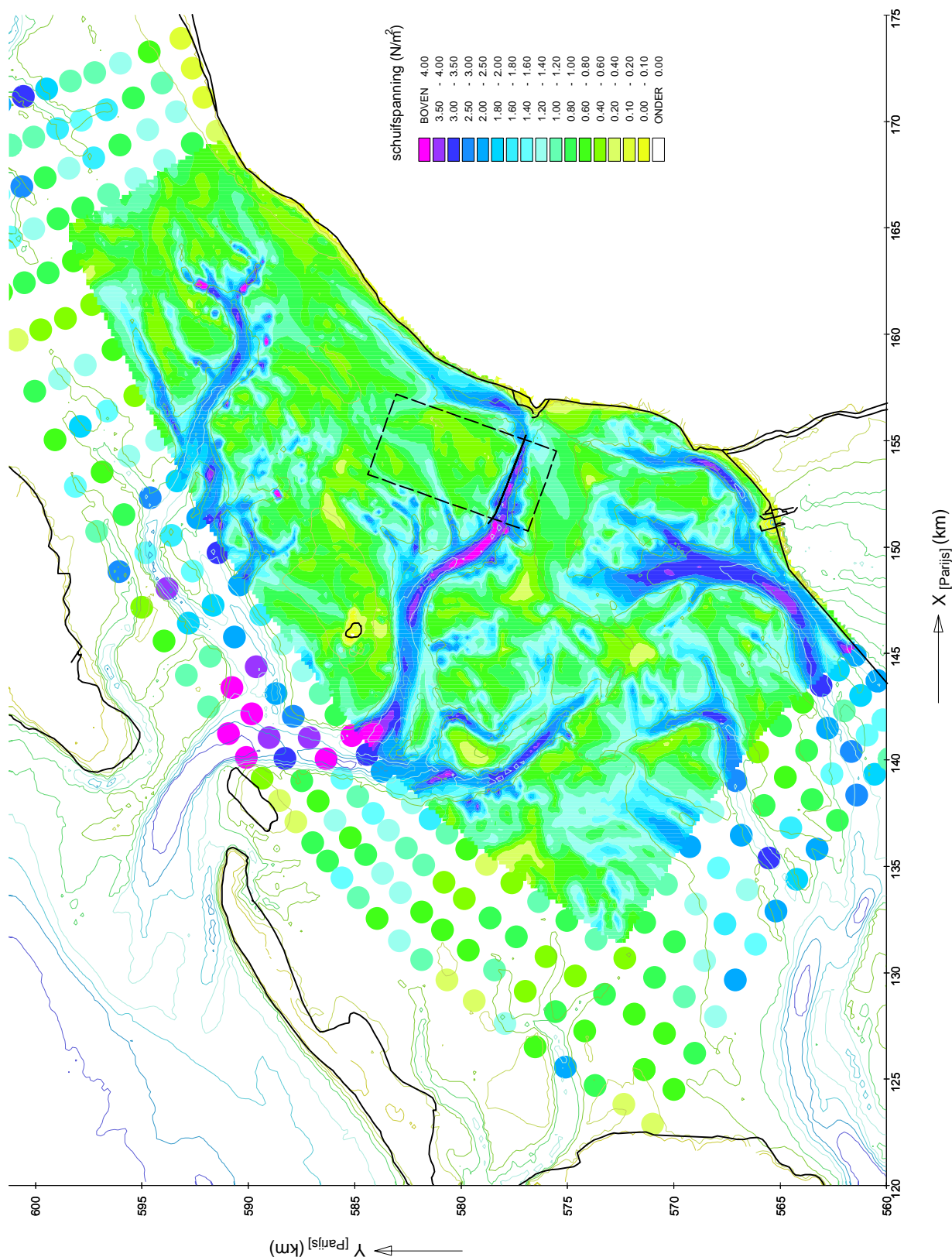


fig. 5.18



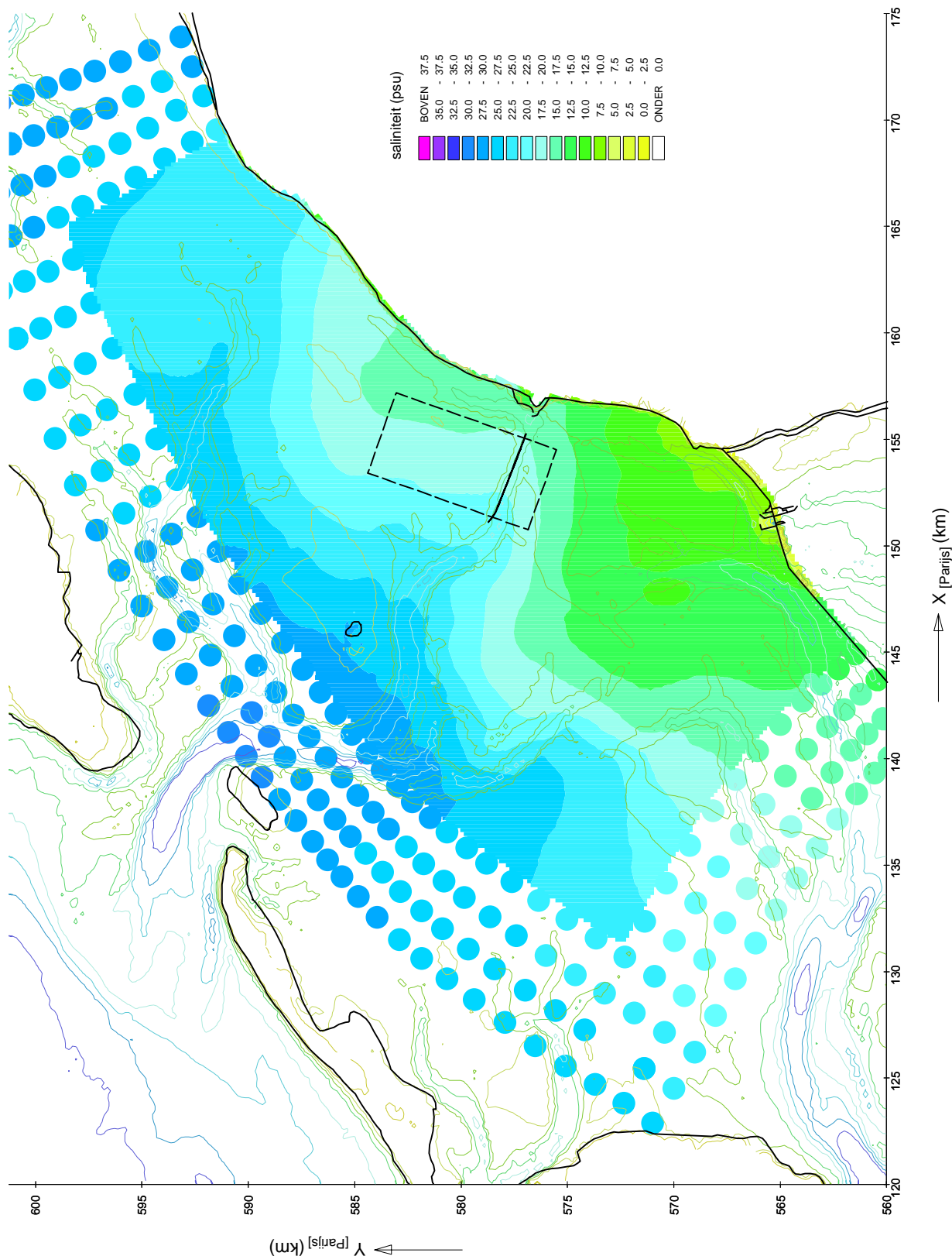
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij doortij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35



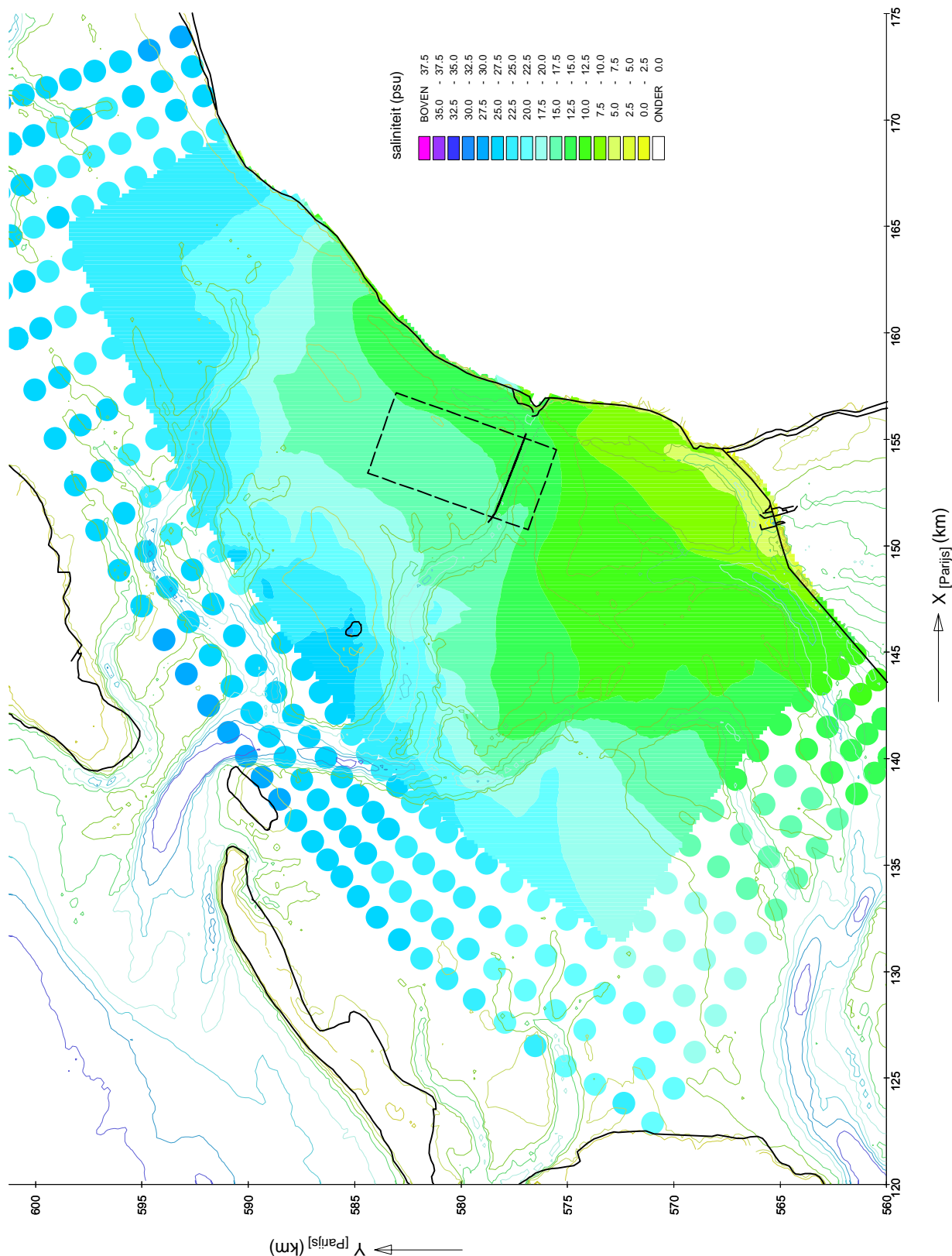
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35



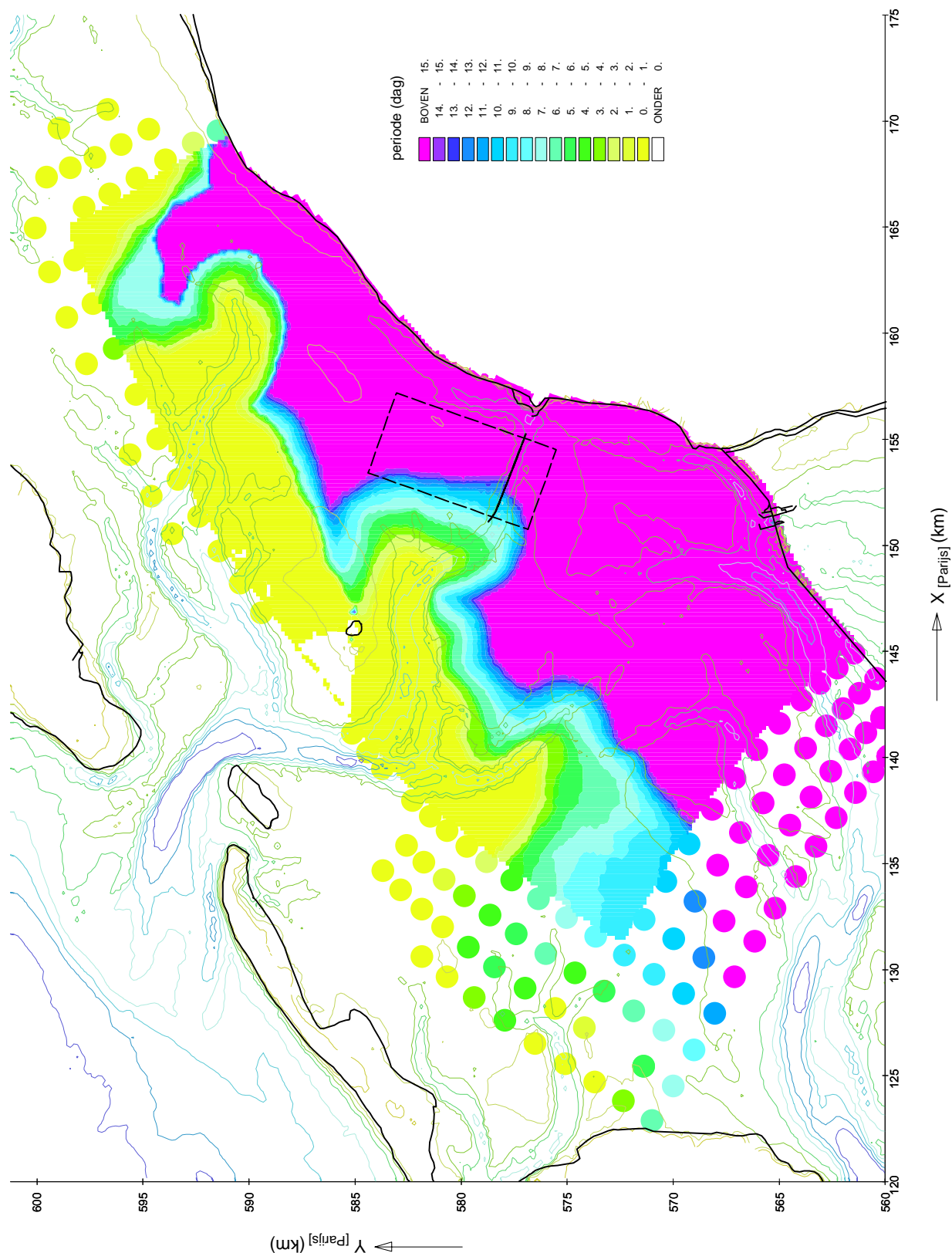
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062 Alkyon

Fig. 5.22



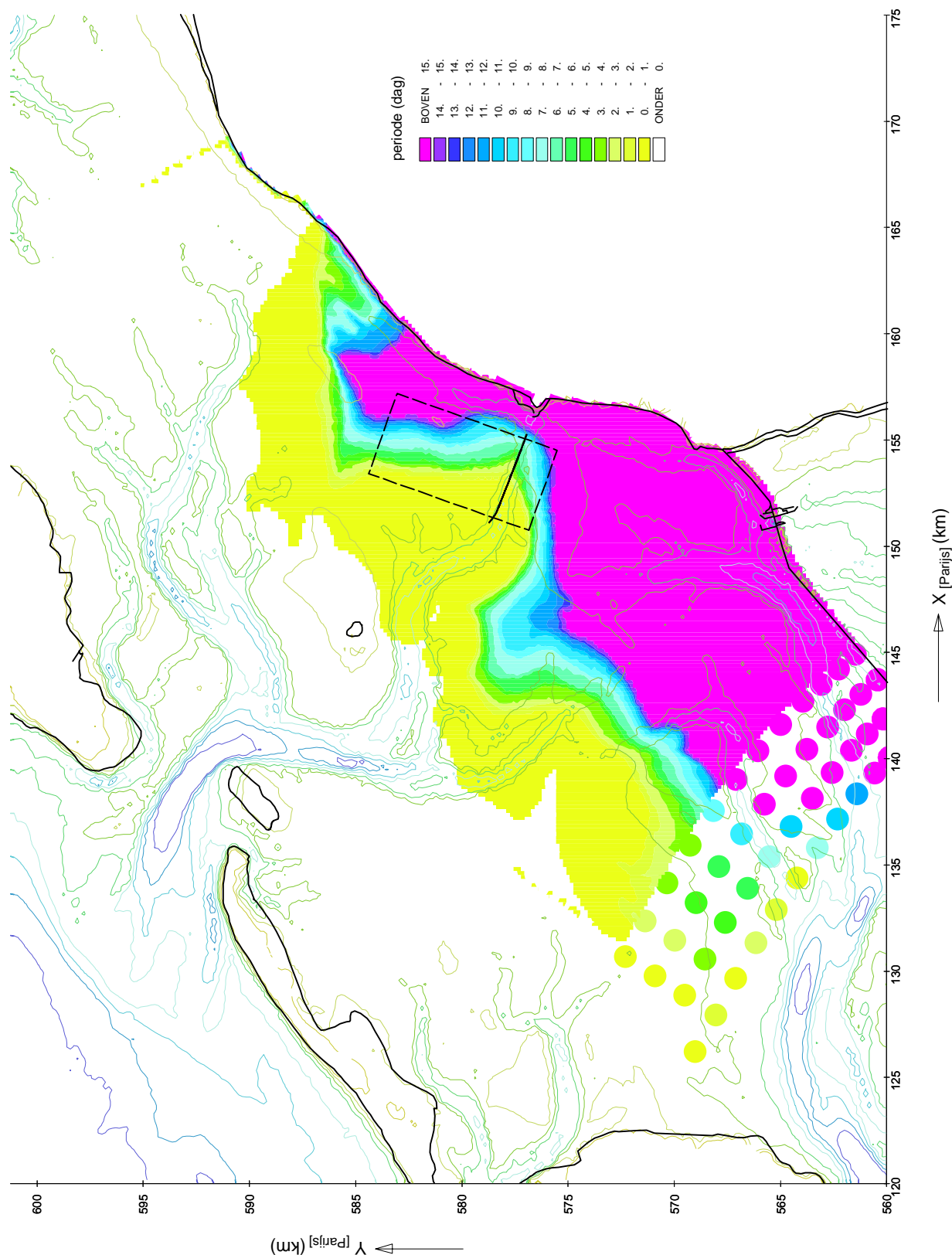
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

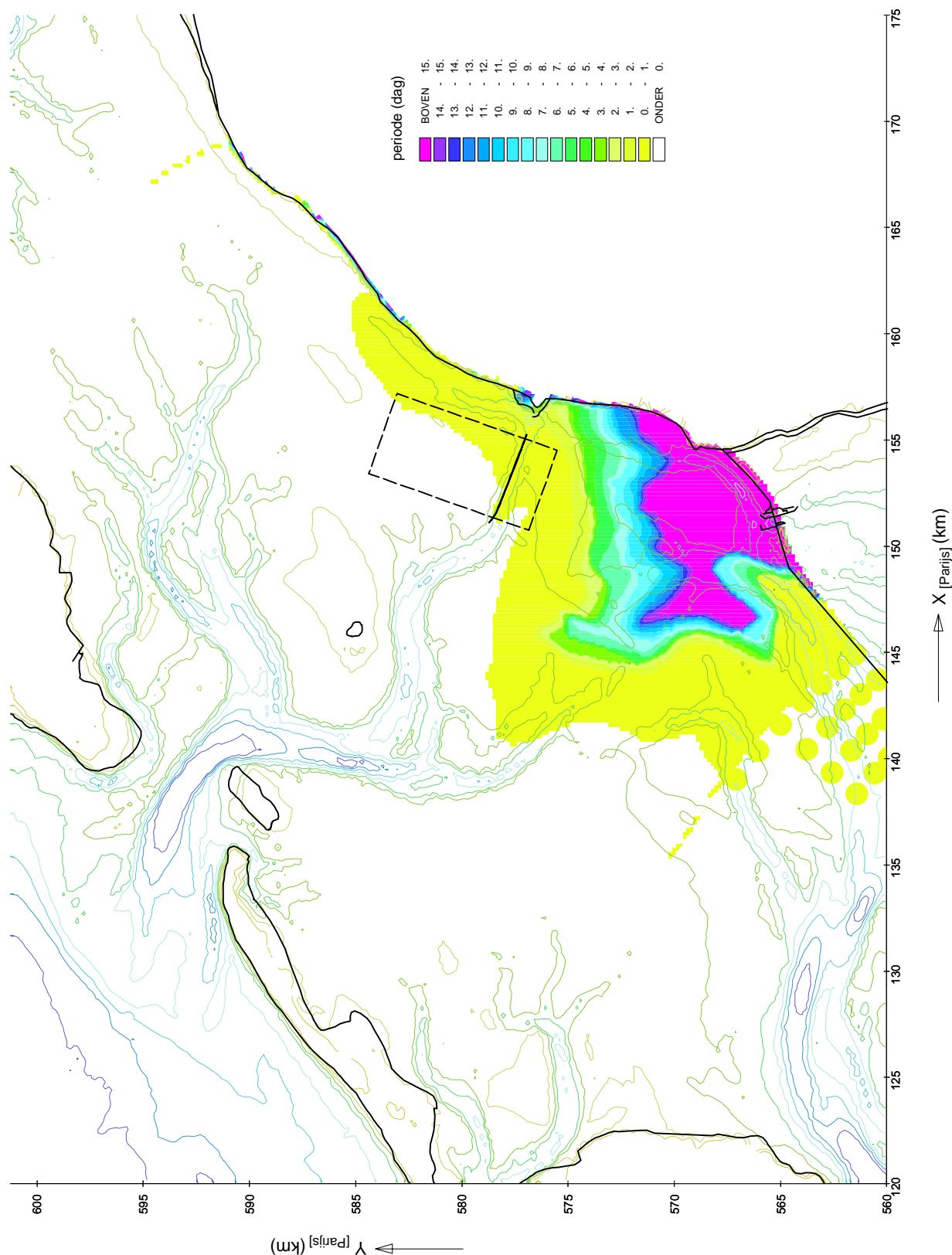
A2062  Alkyon

Fig. 5.23



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

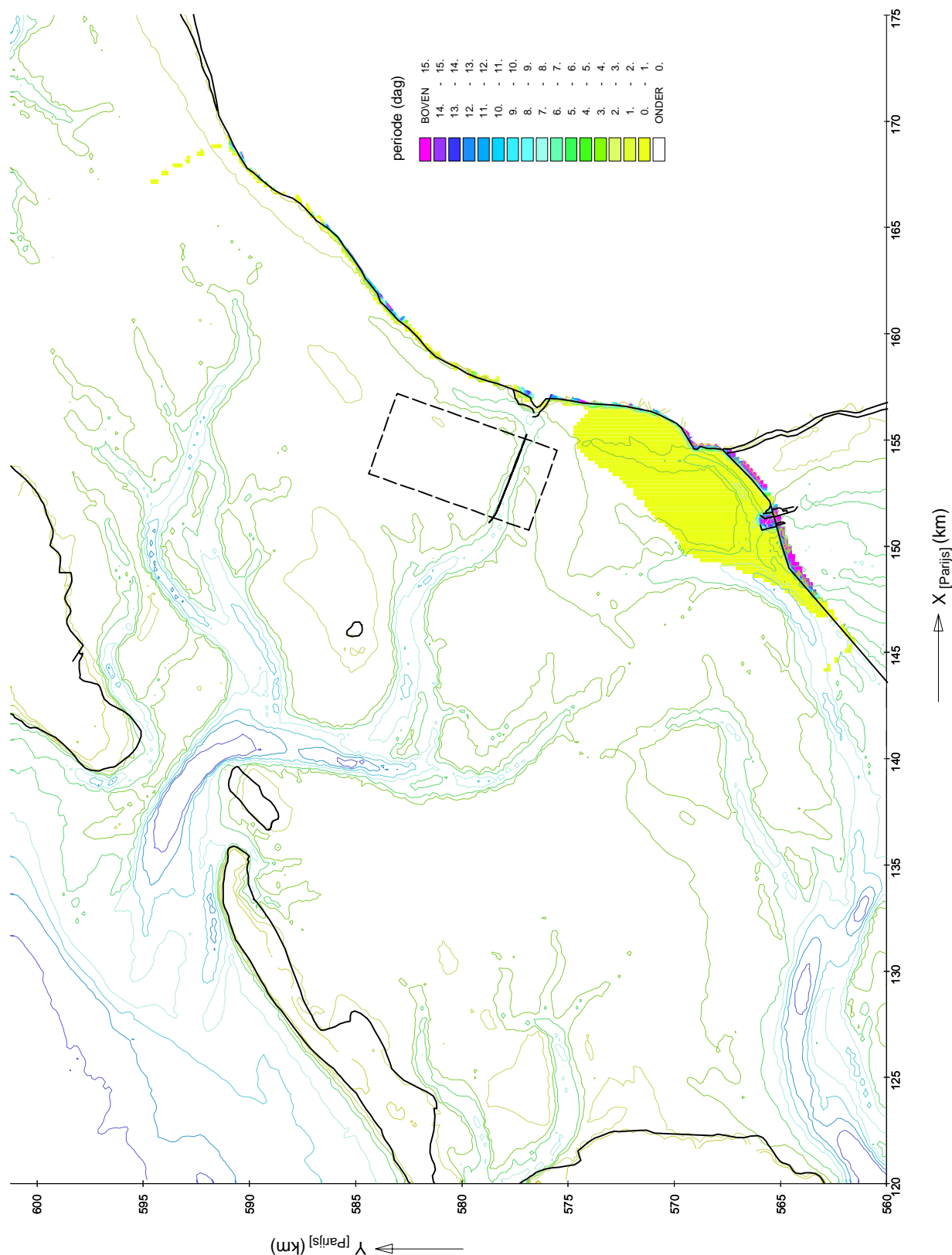
d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.25



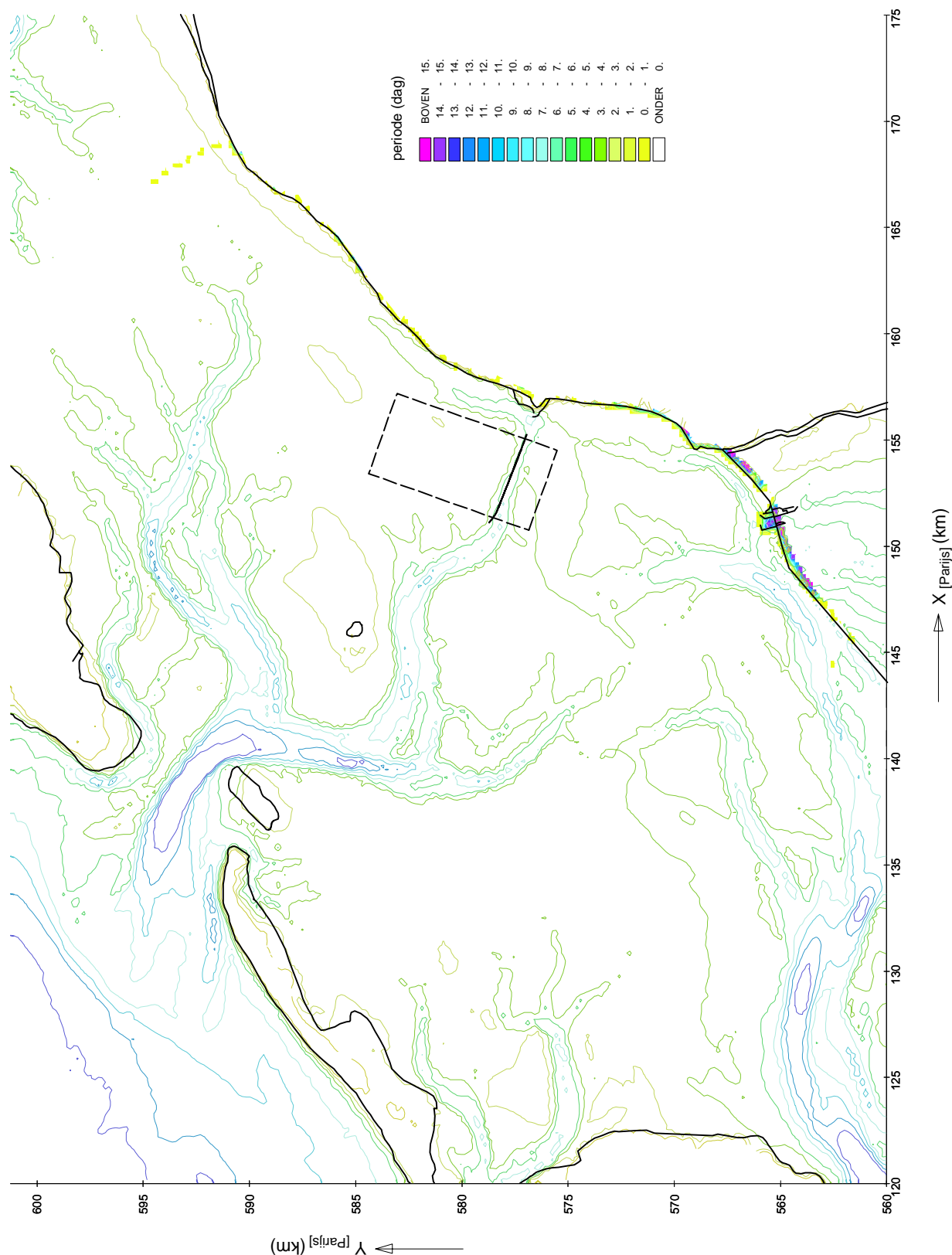
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Resultaten van referentie situatie

d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062  Alkyon

Fig. 5.26



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Resultaten van referentie situatie

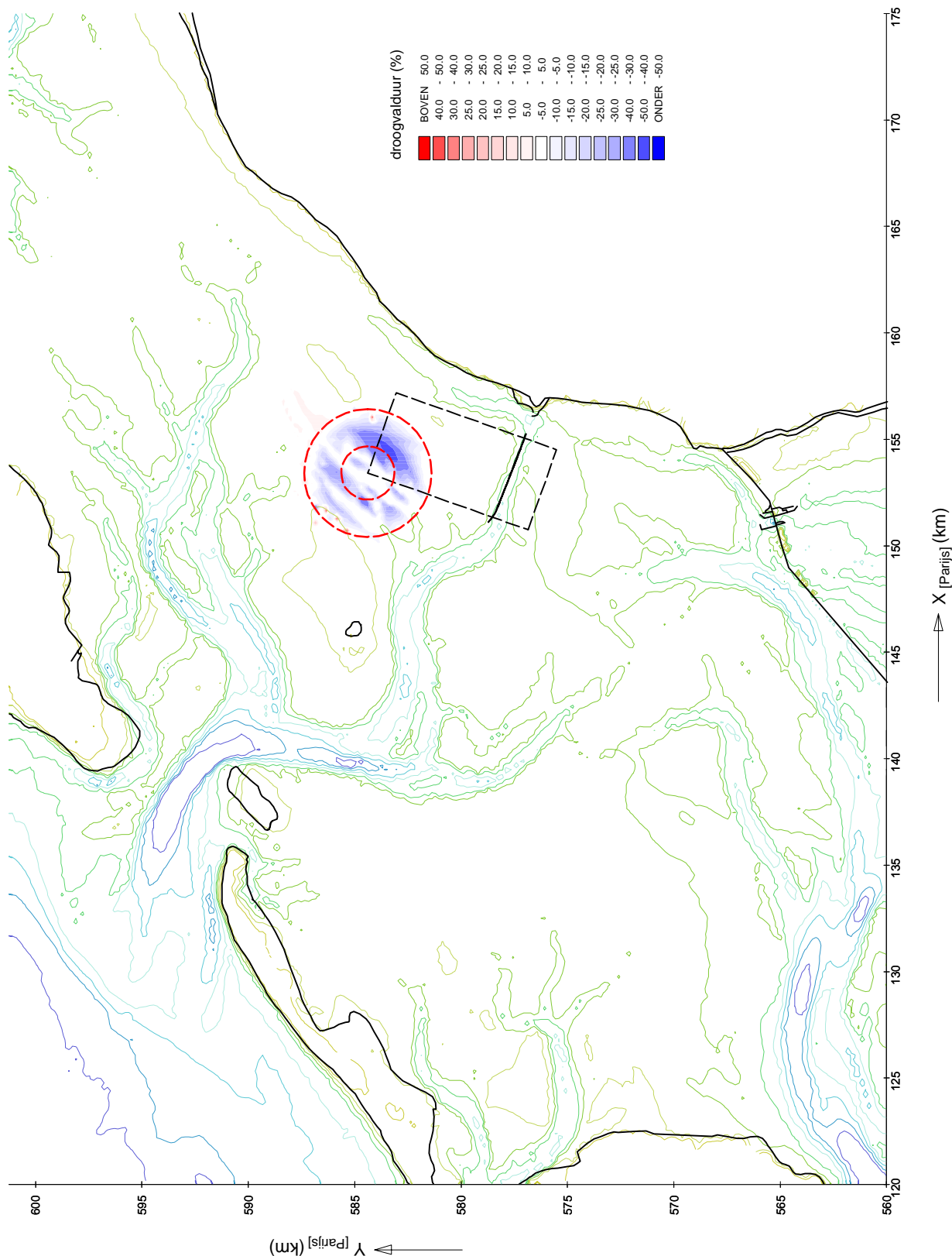
d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.27



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

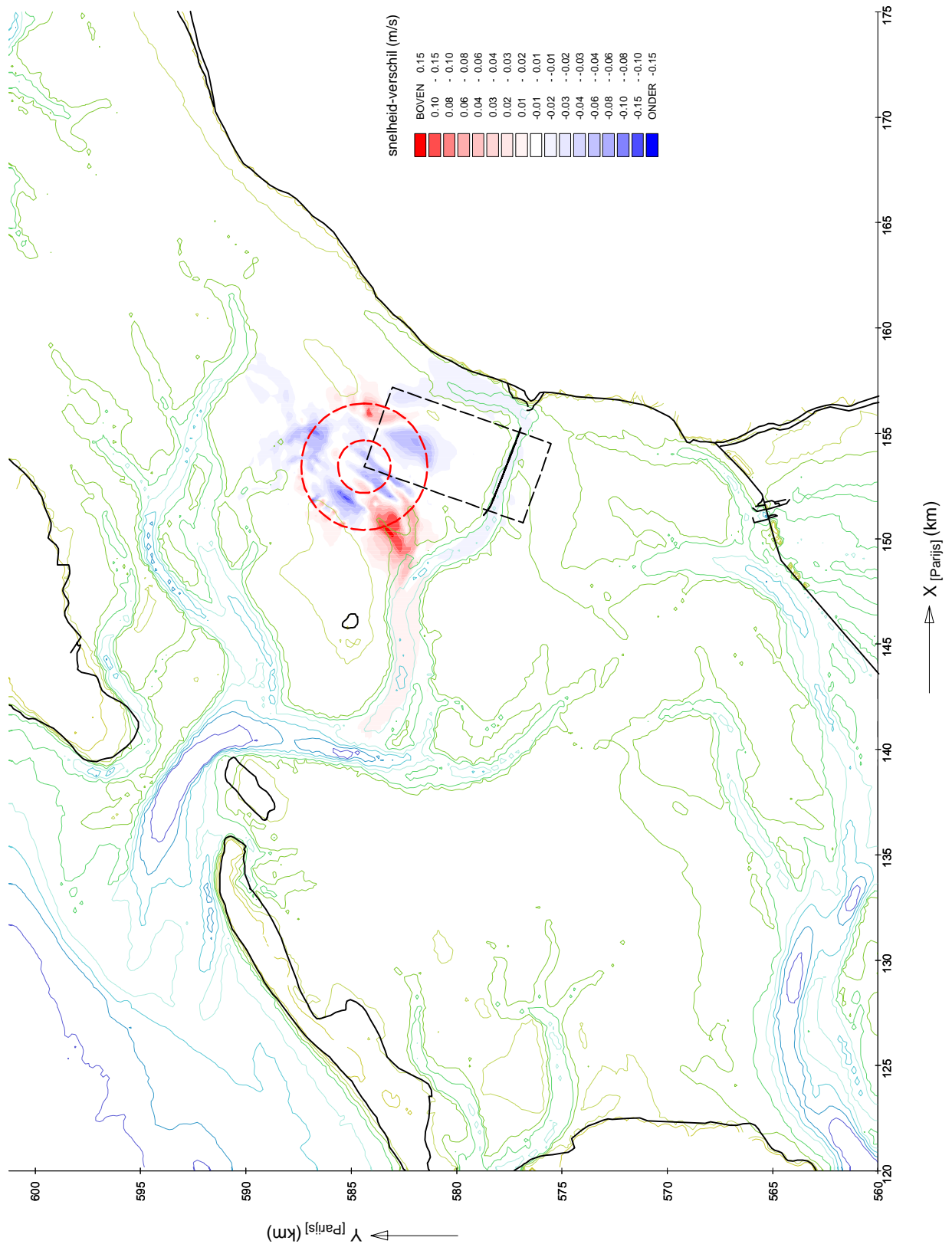
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

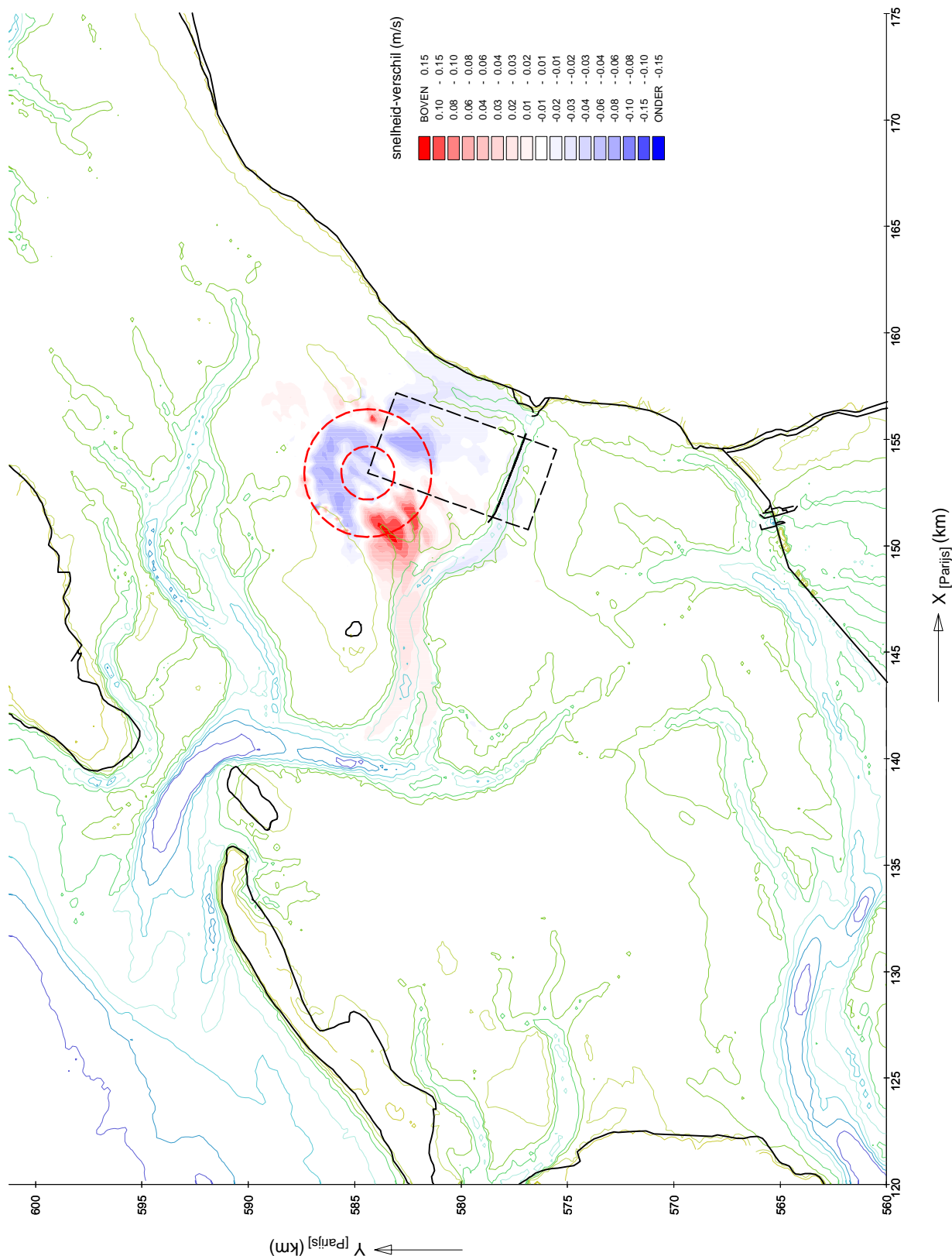
Alkyon

Fig. 5.28



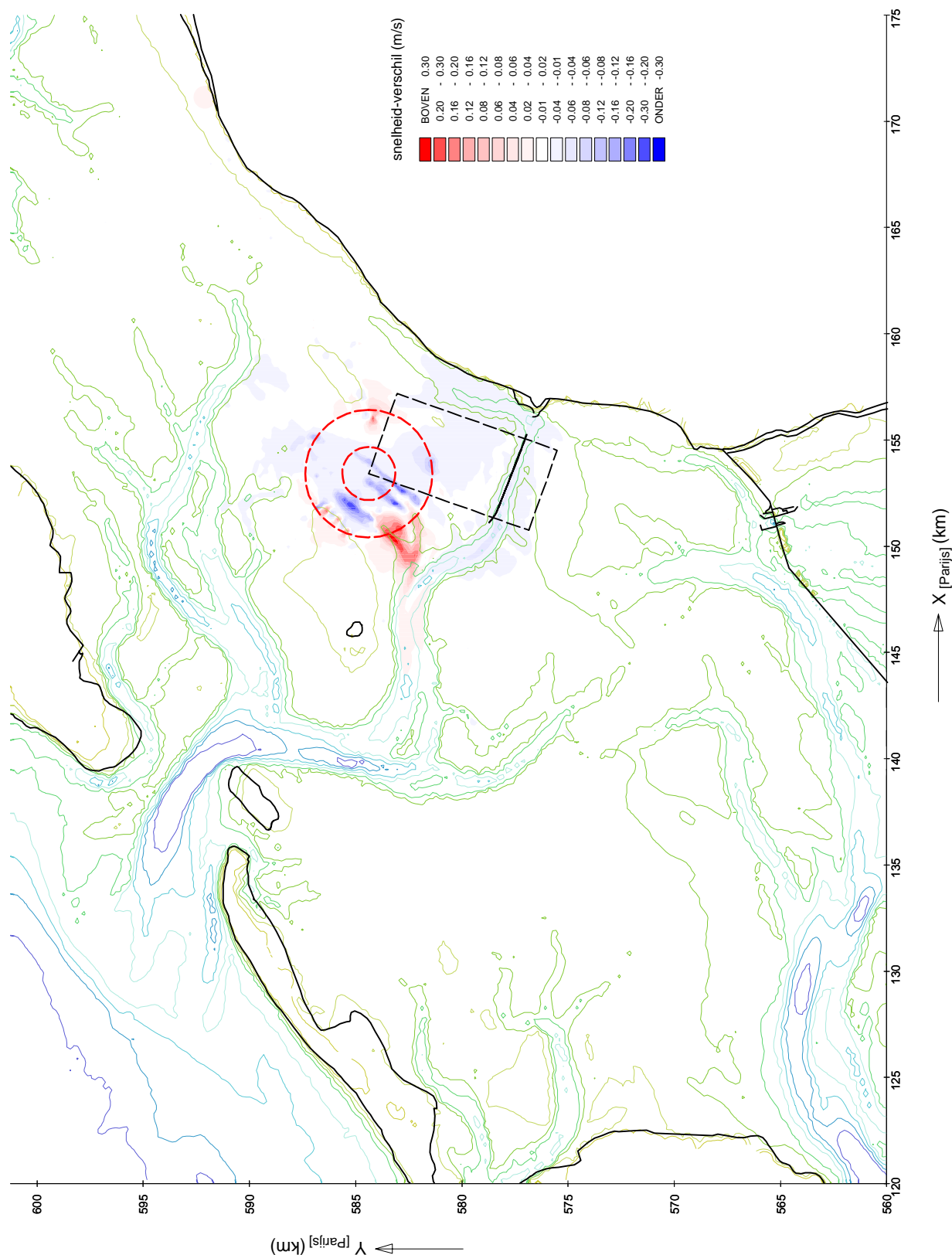
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31



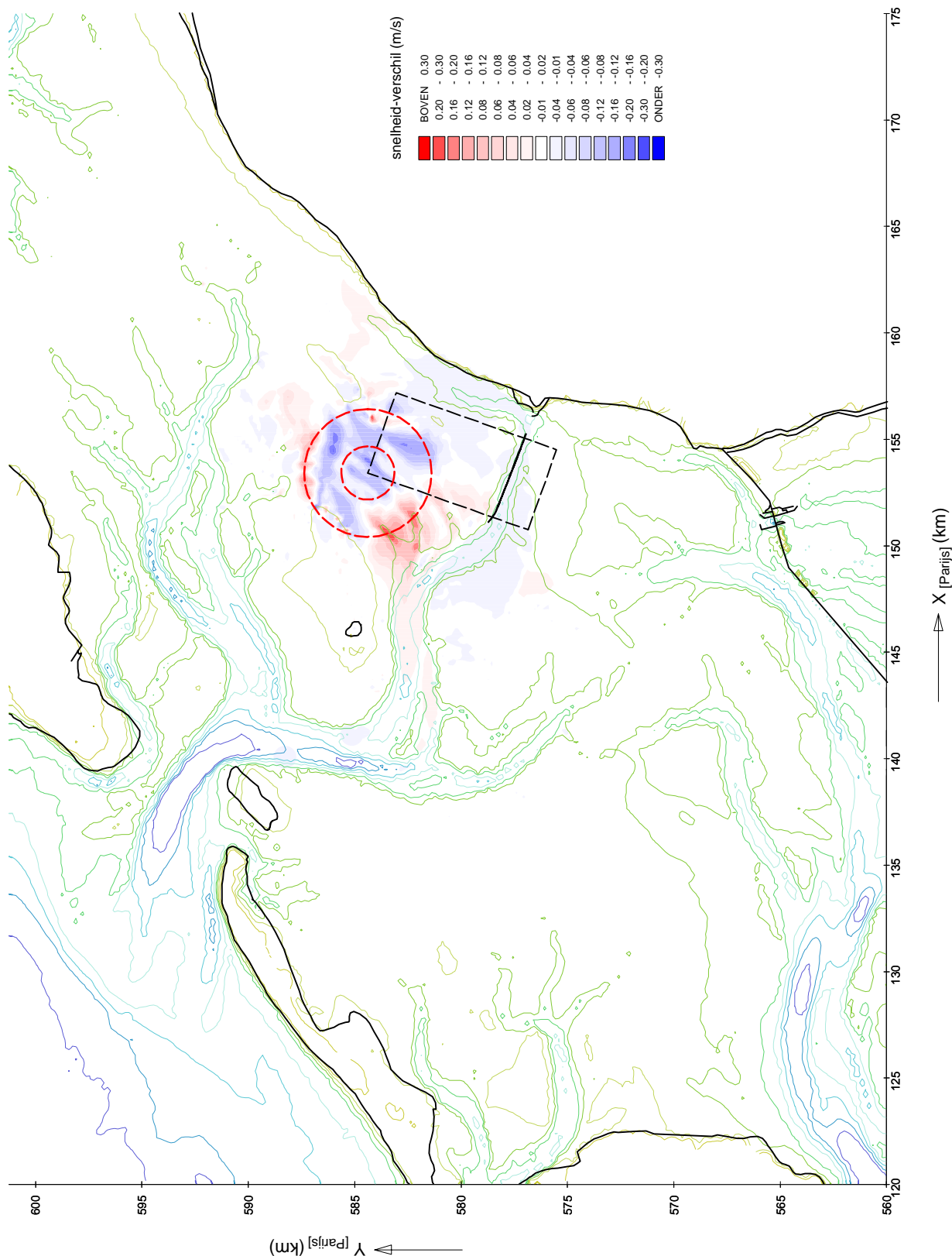
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

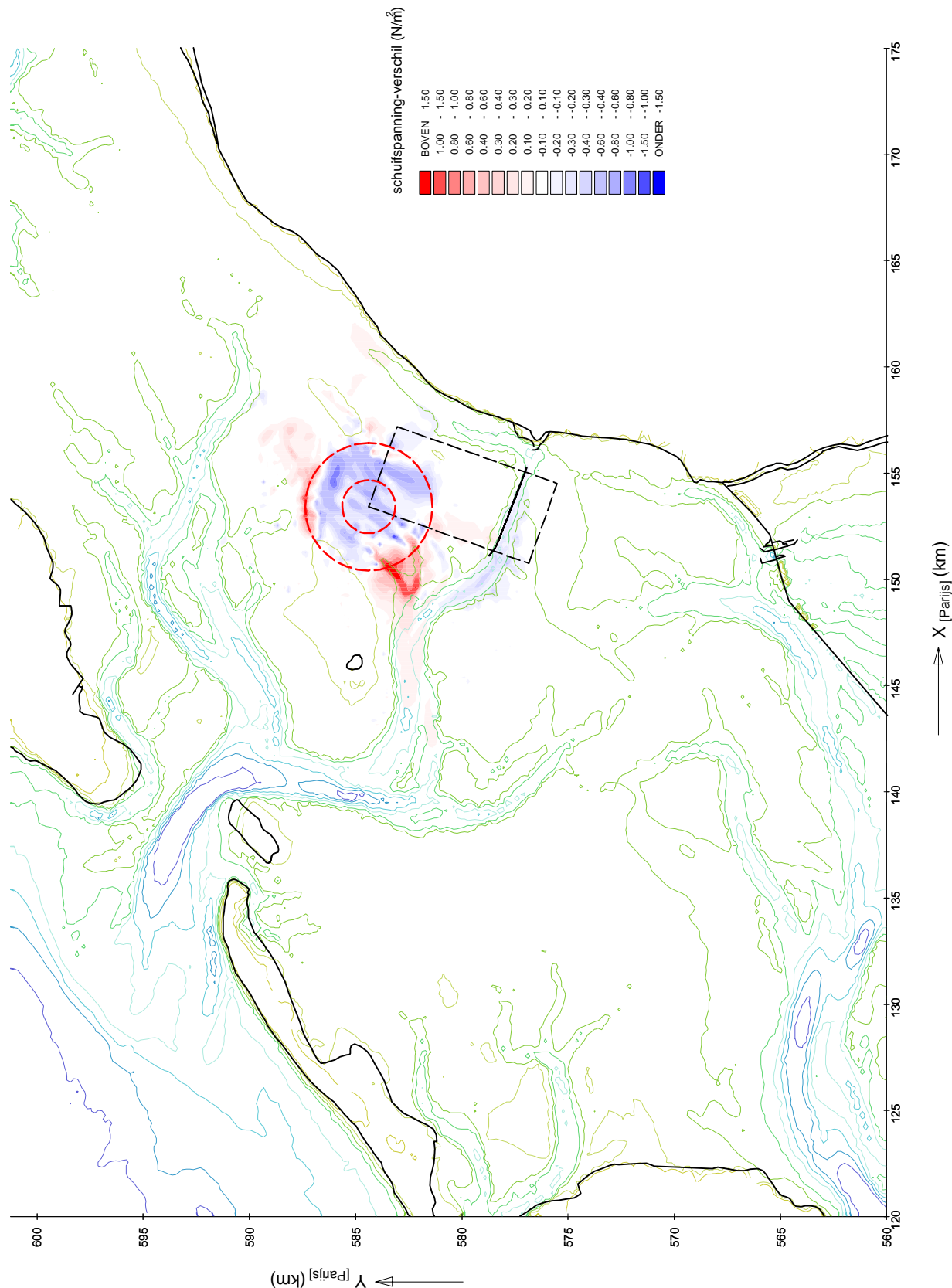
A2062  Alkyon

Fig. 5.31



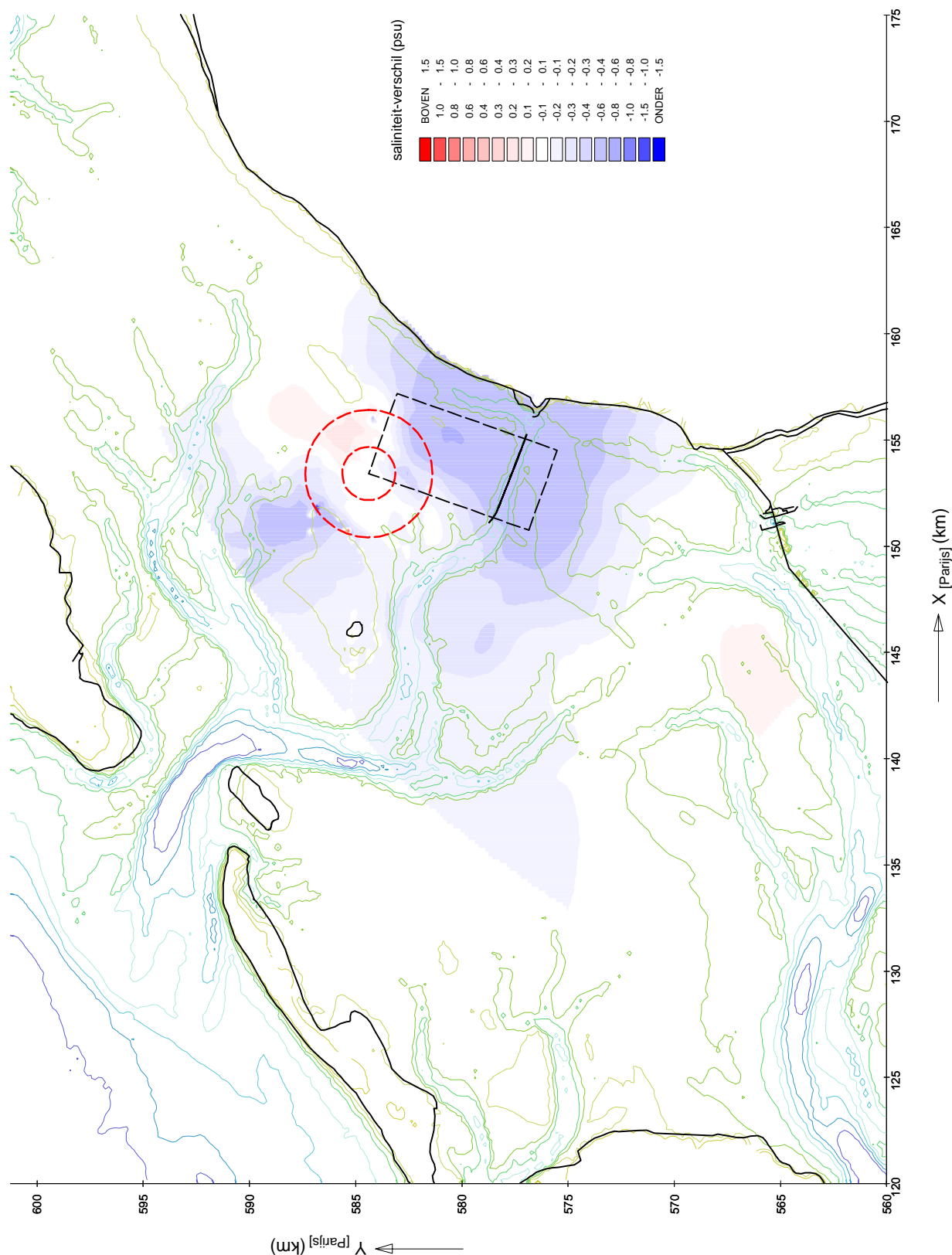
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31



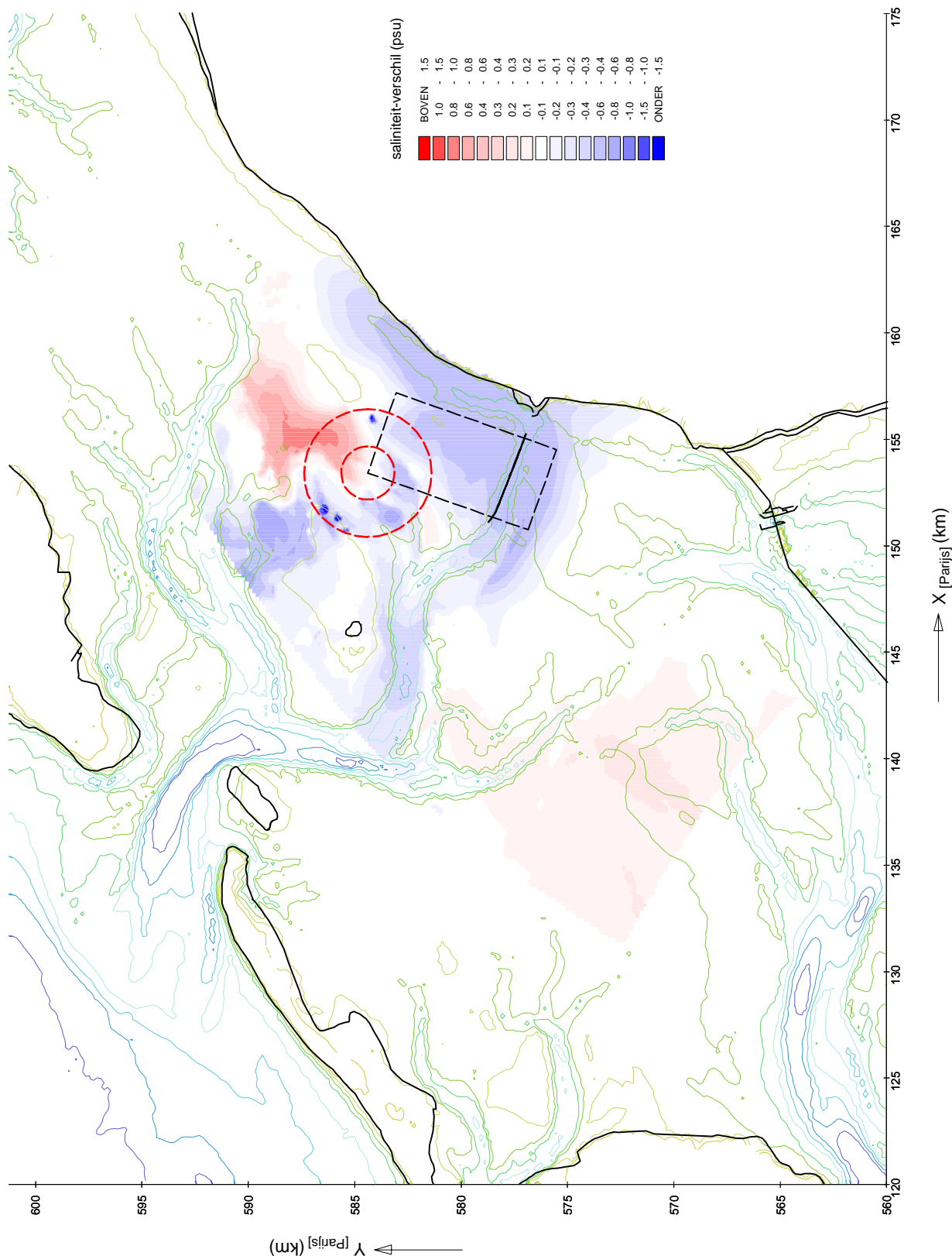
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062 Alkyon

Fig. 5.34



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

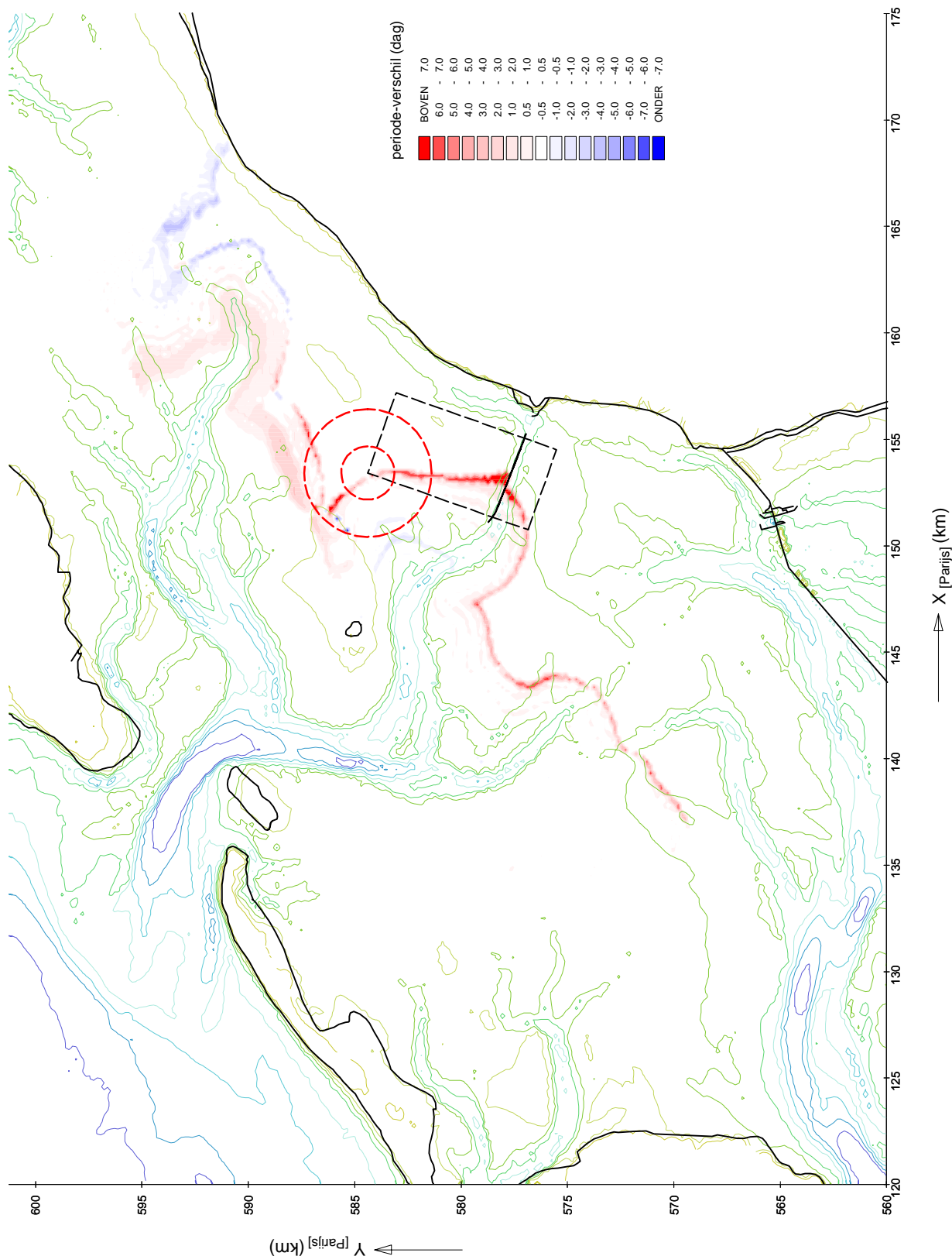
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

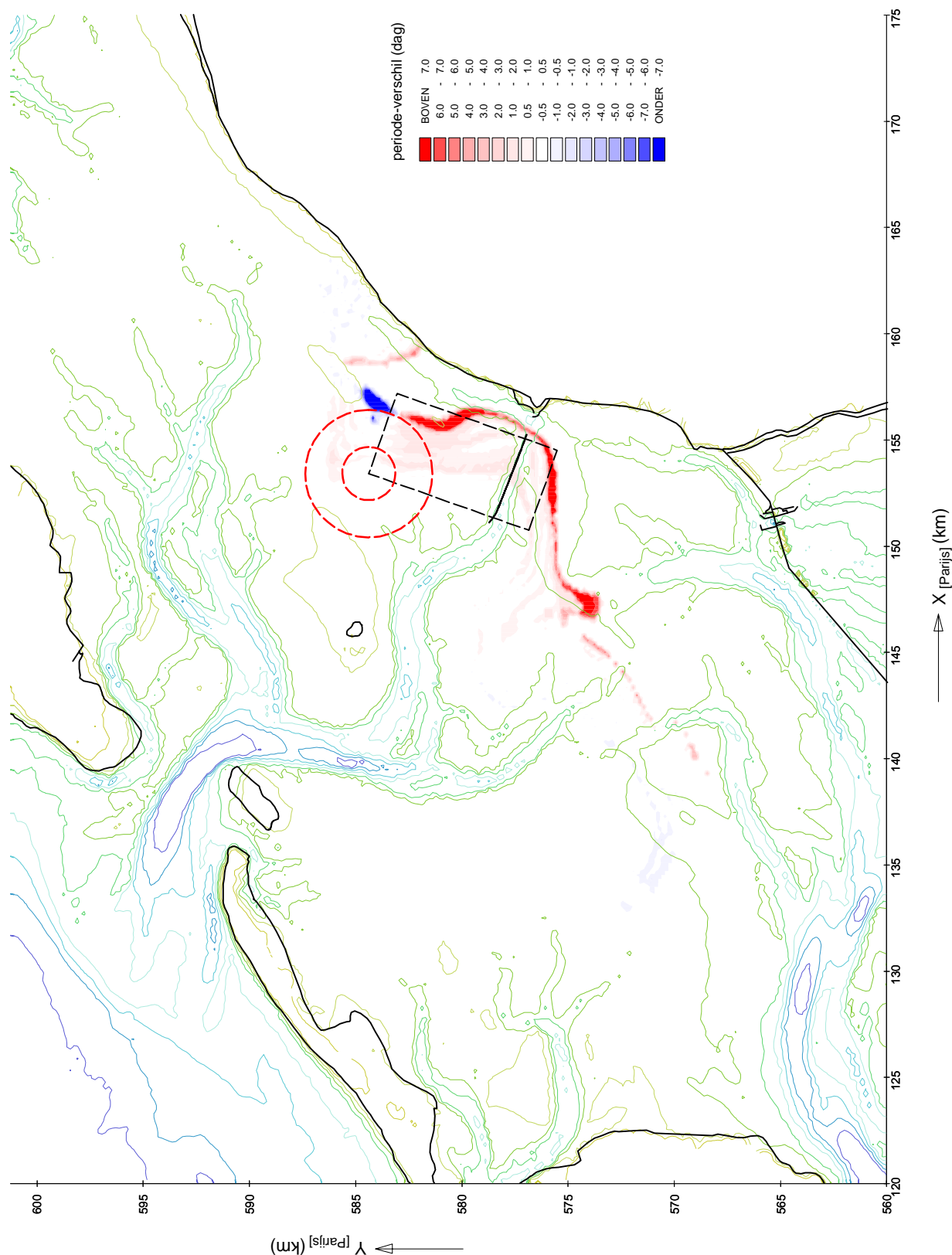
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.36



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

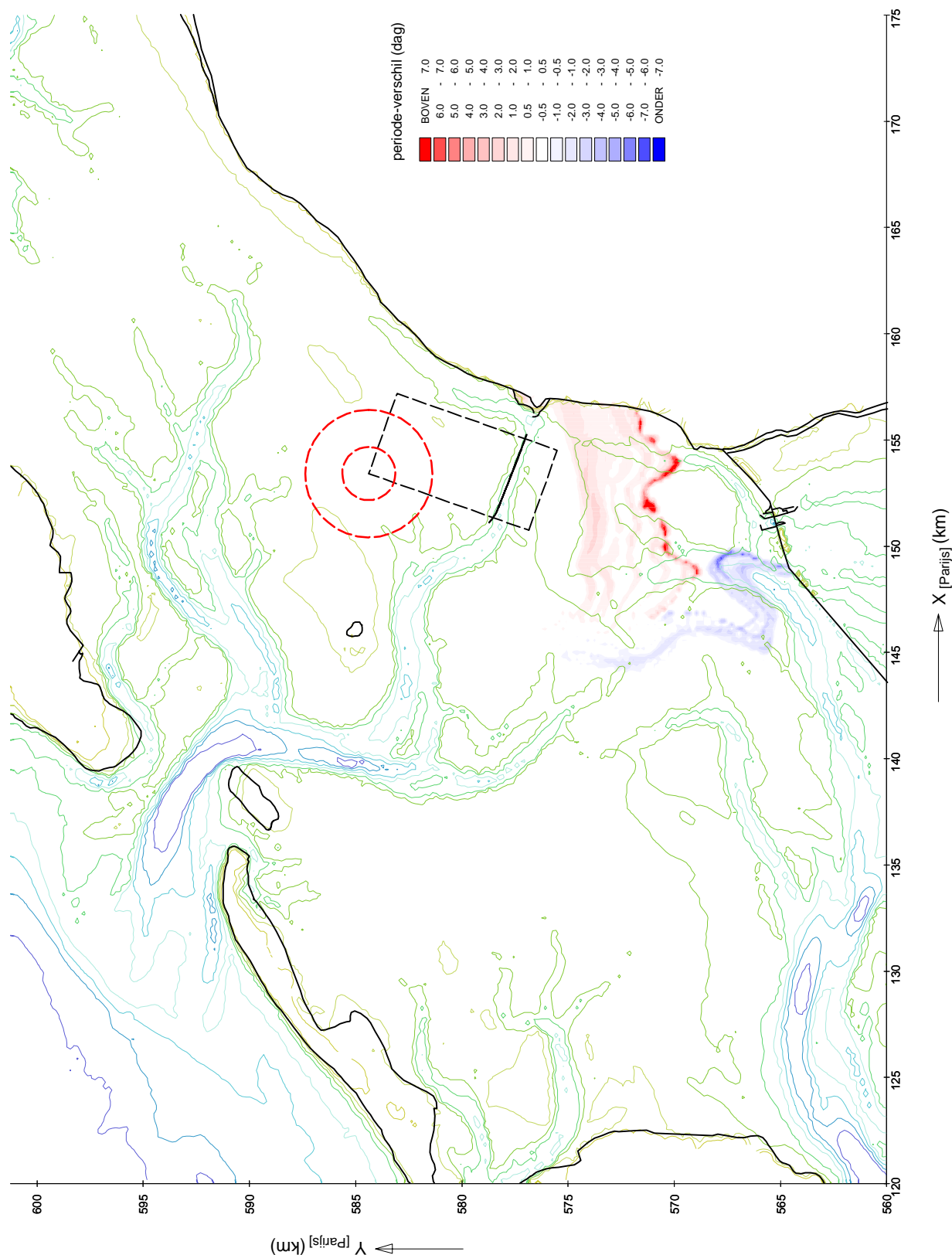
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.37



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

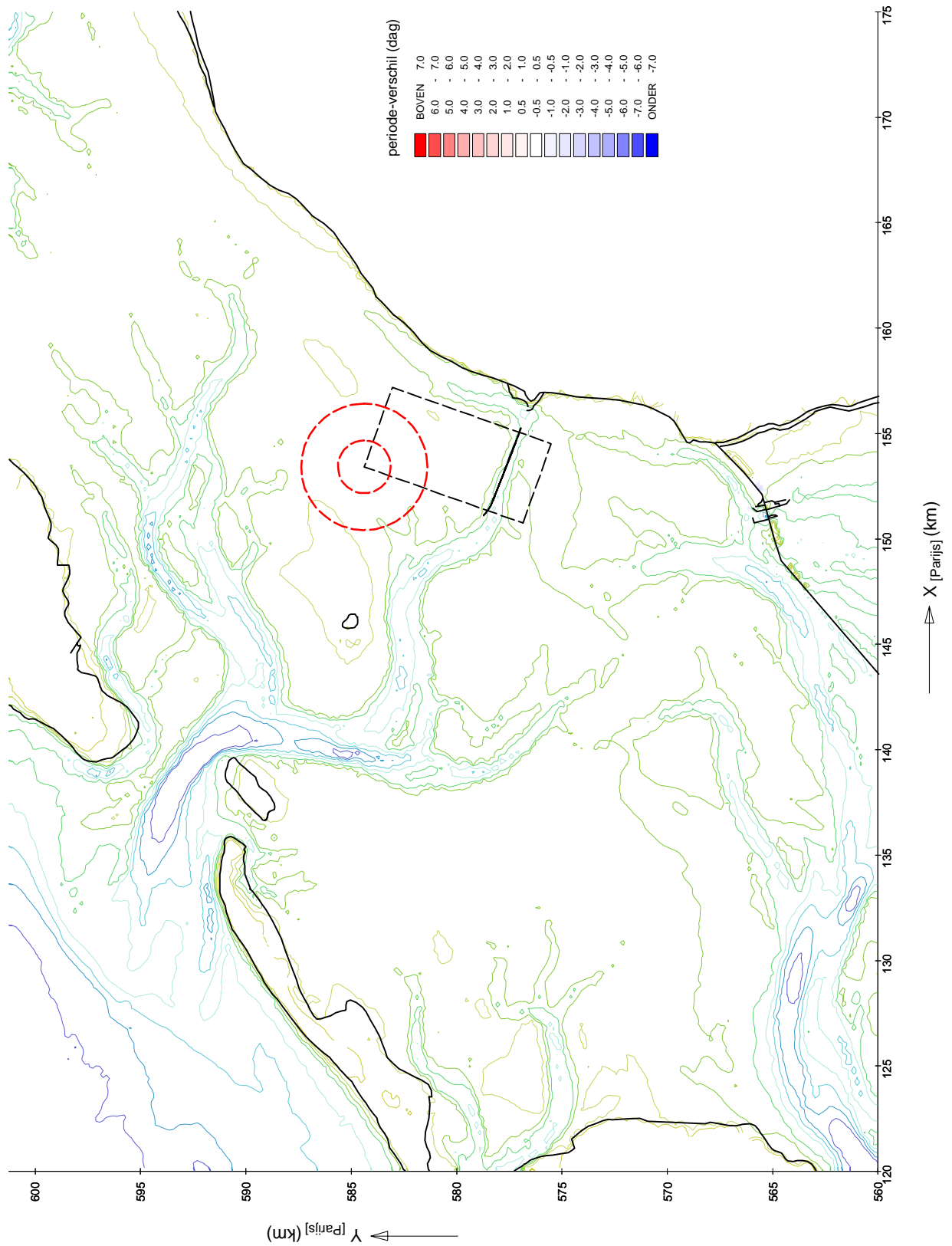
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.38



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

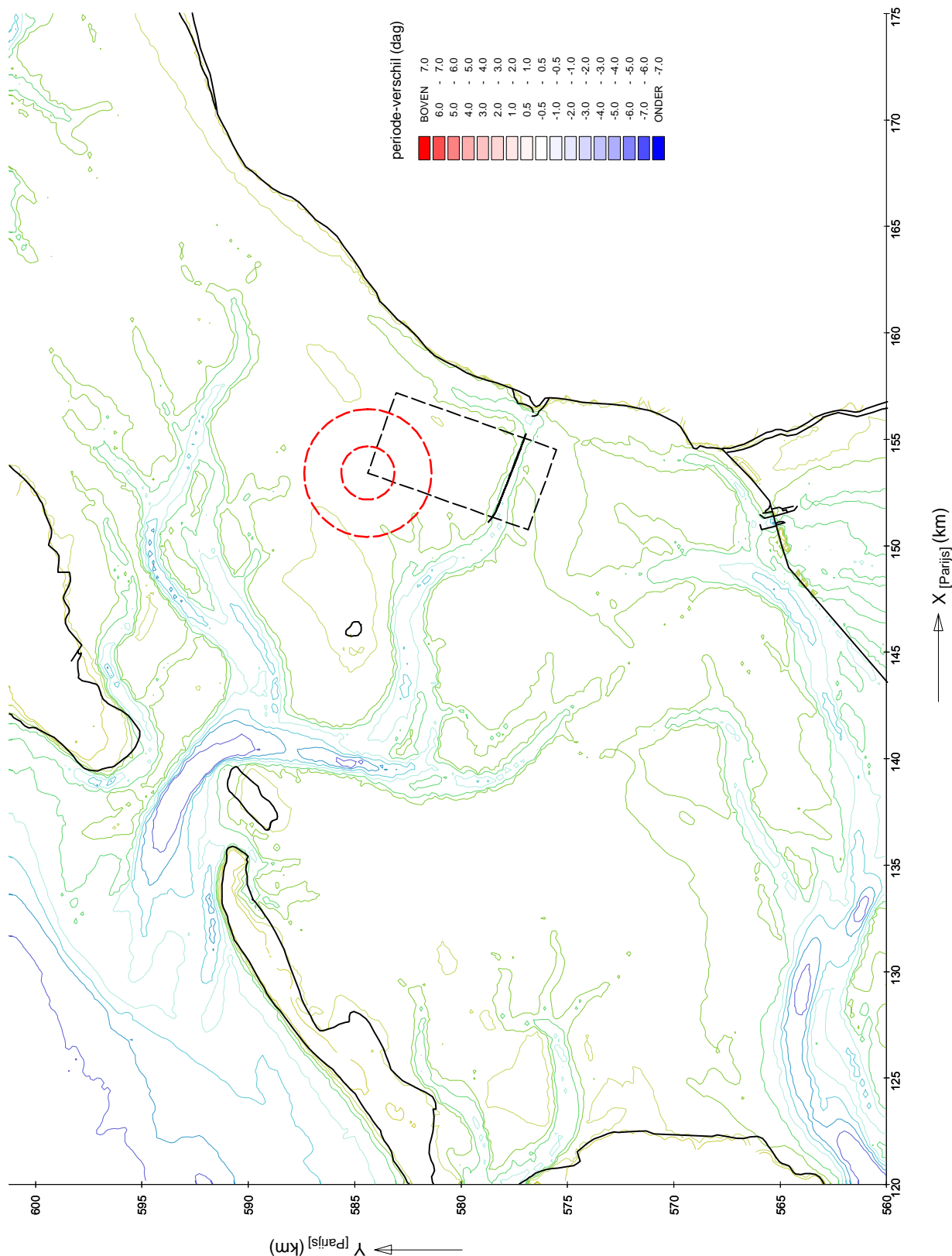
Verschillen tussen put-noord en referentie

d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062  Alkyon

Fig. 5.39



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

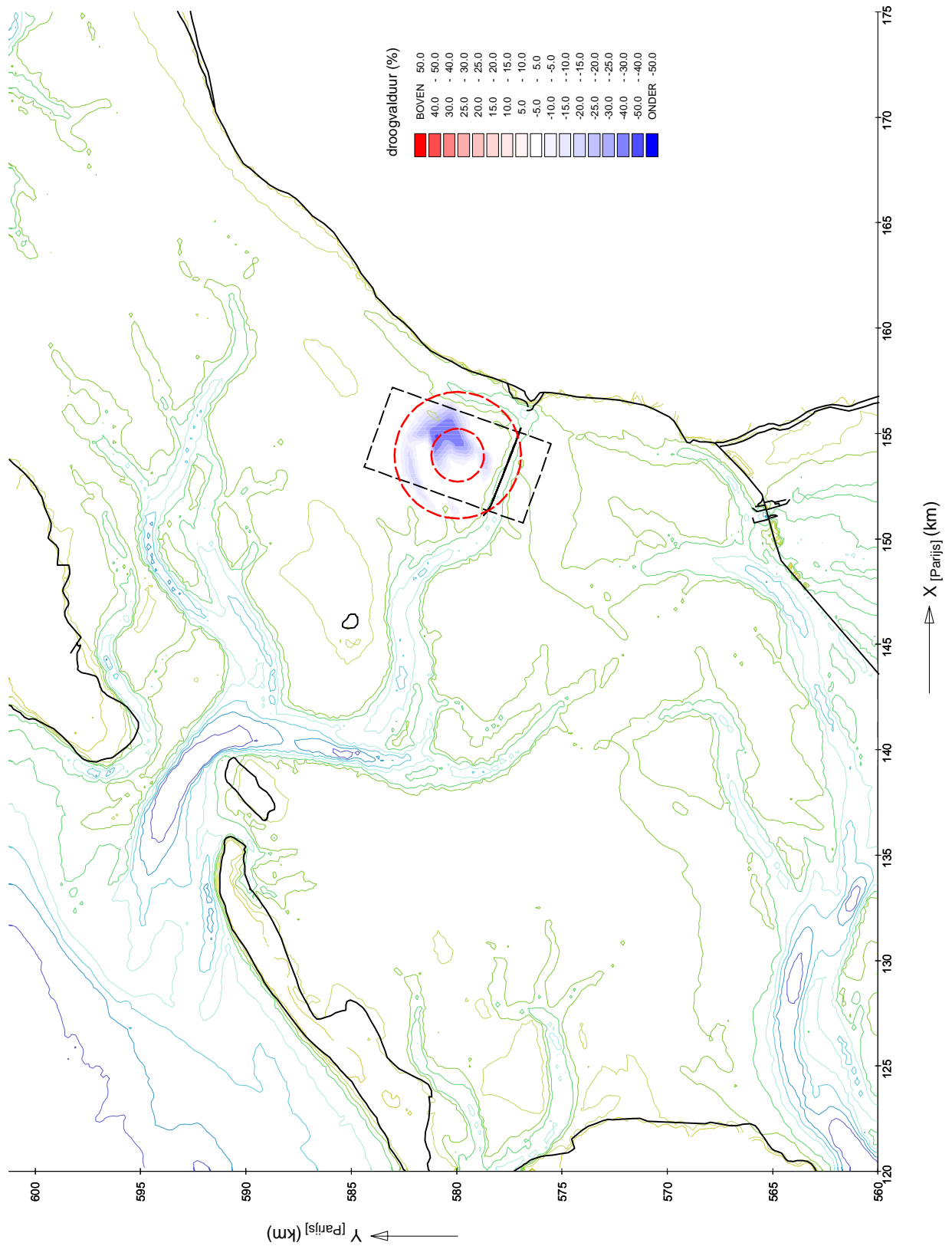
d32-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.40



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

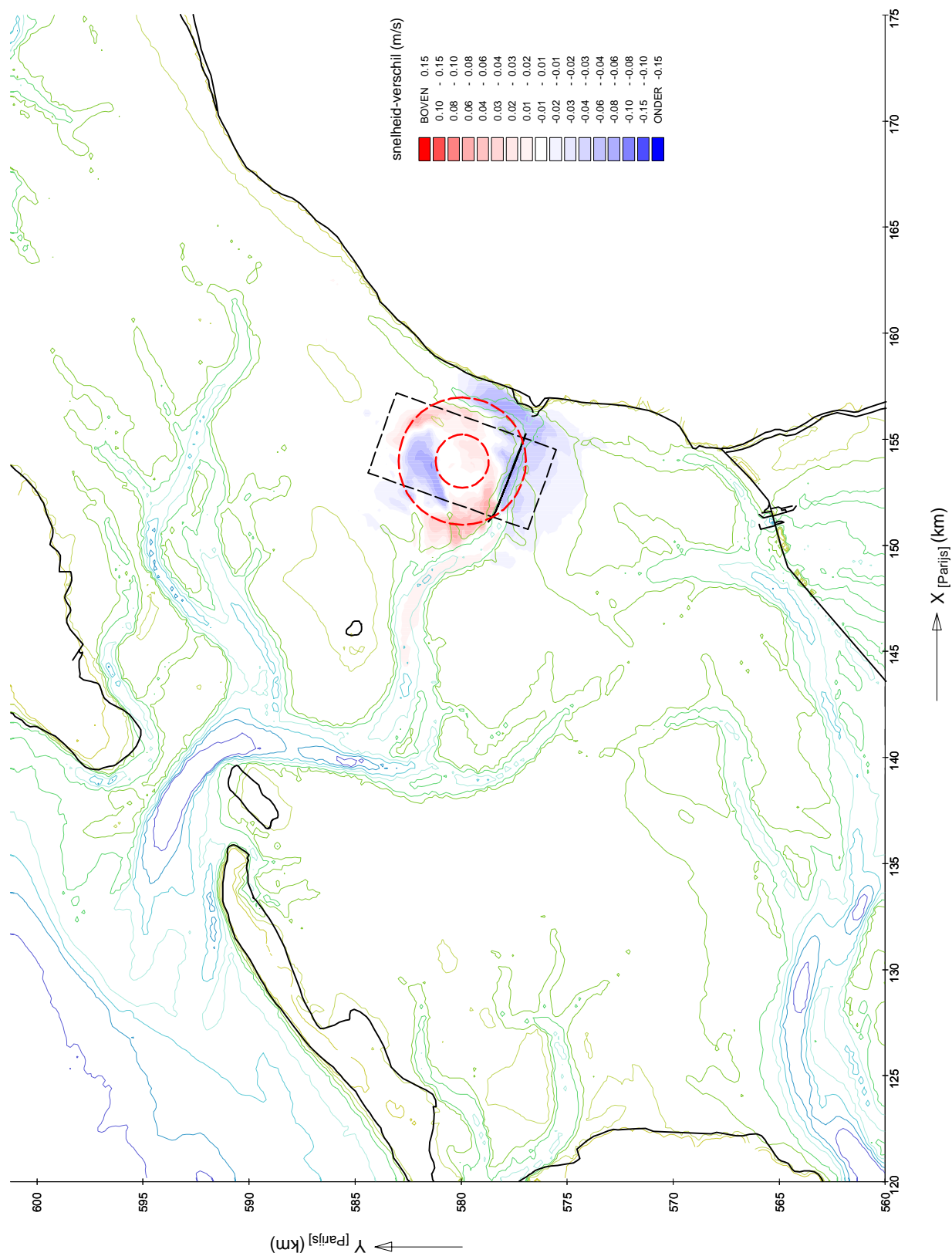
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.41



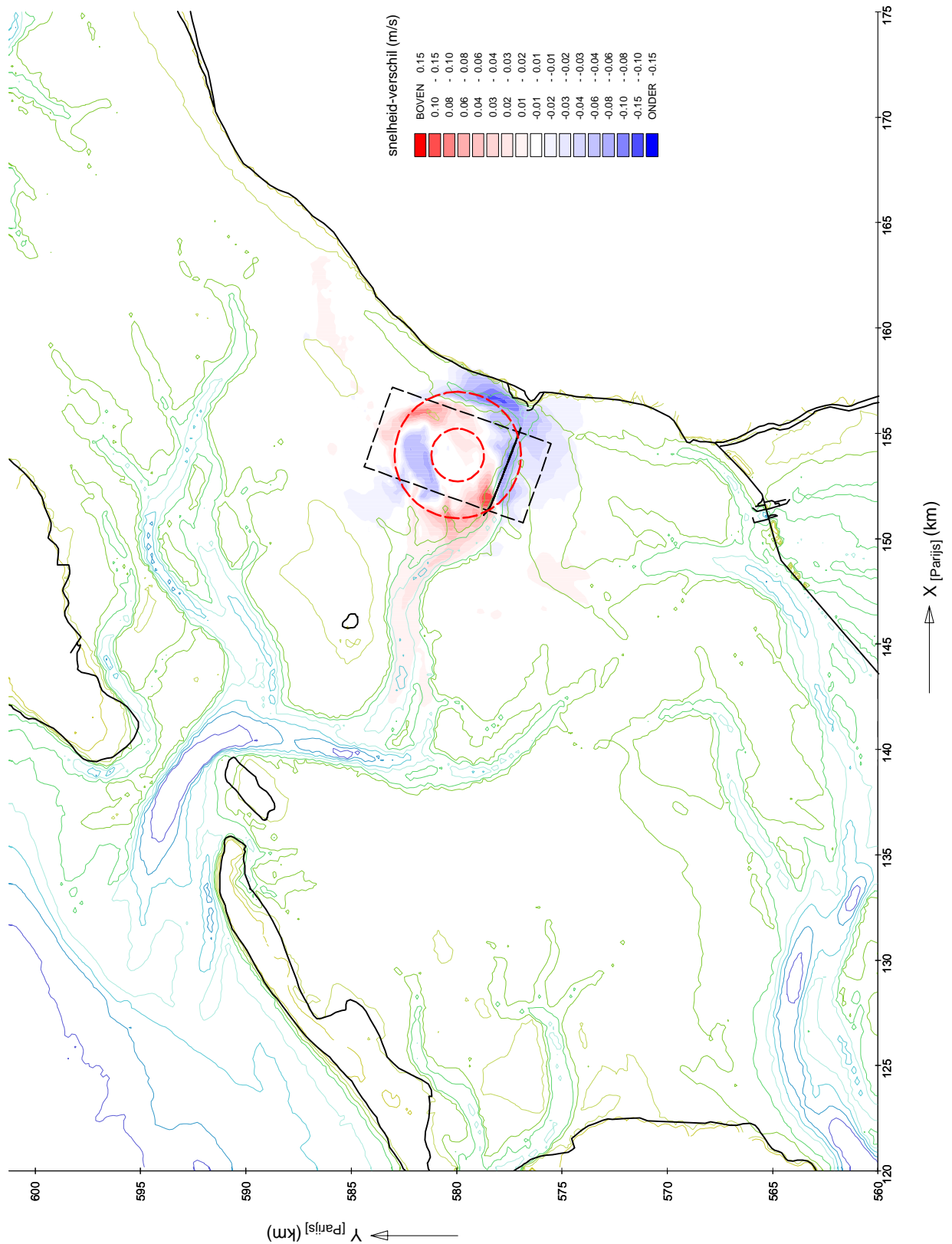
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

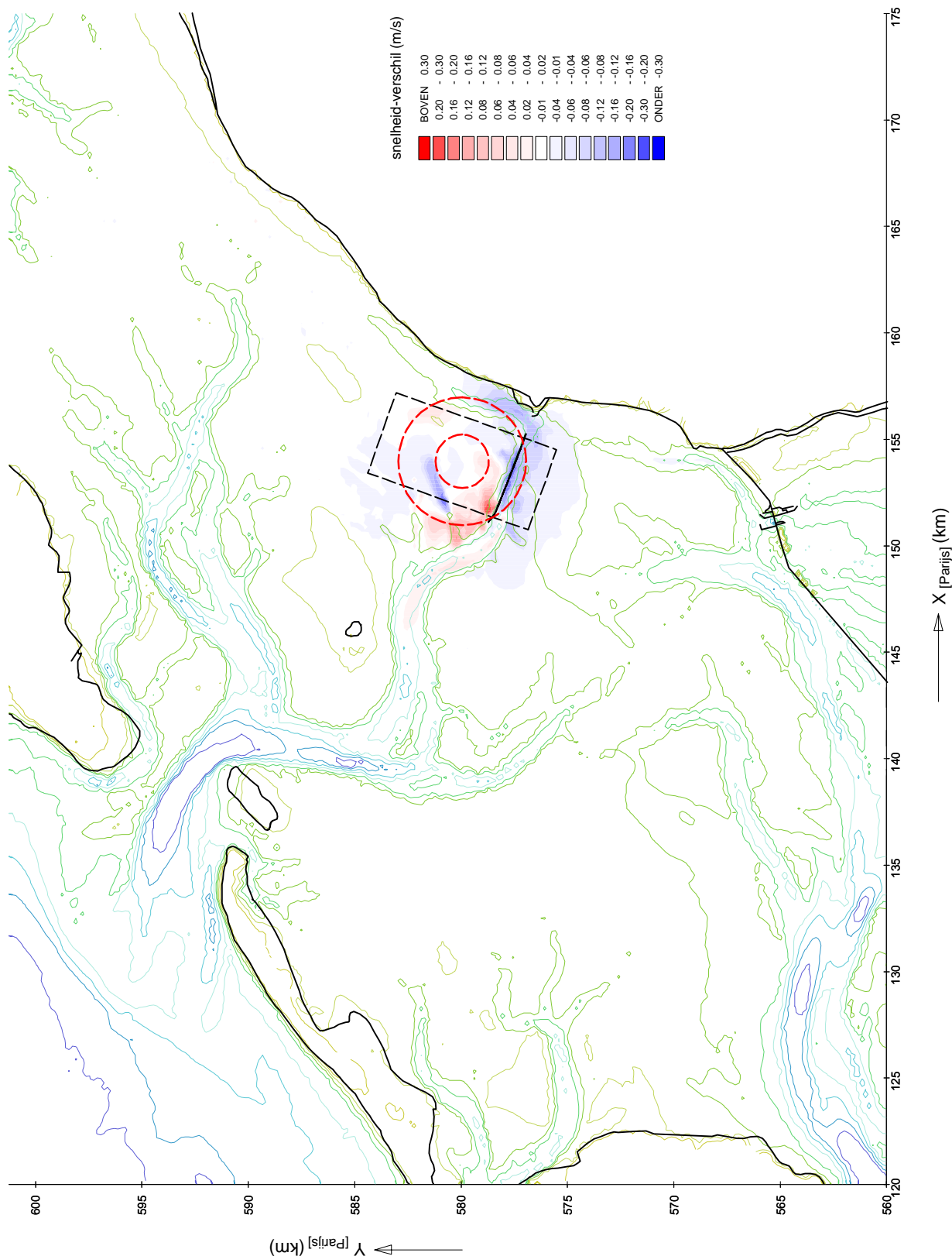
A2062 Alkyon

Fig. 5.42



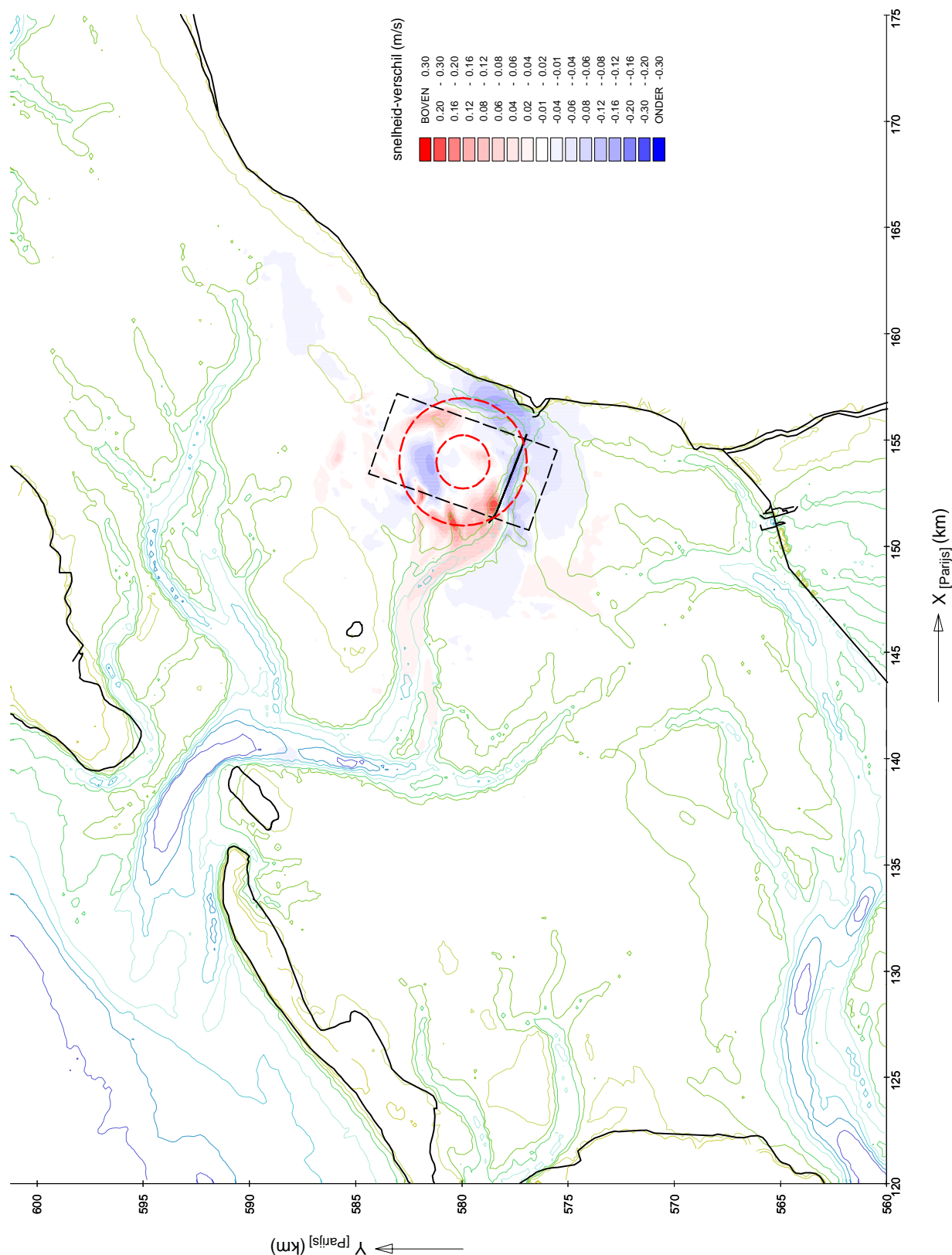
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31



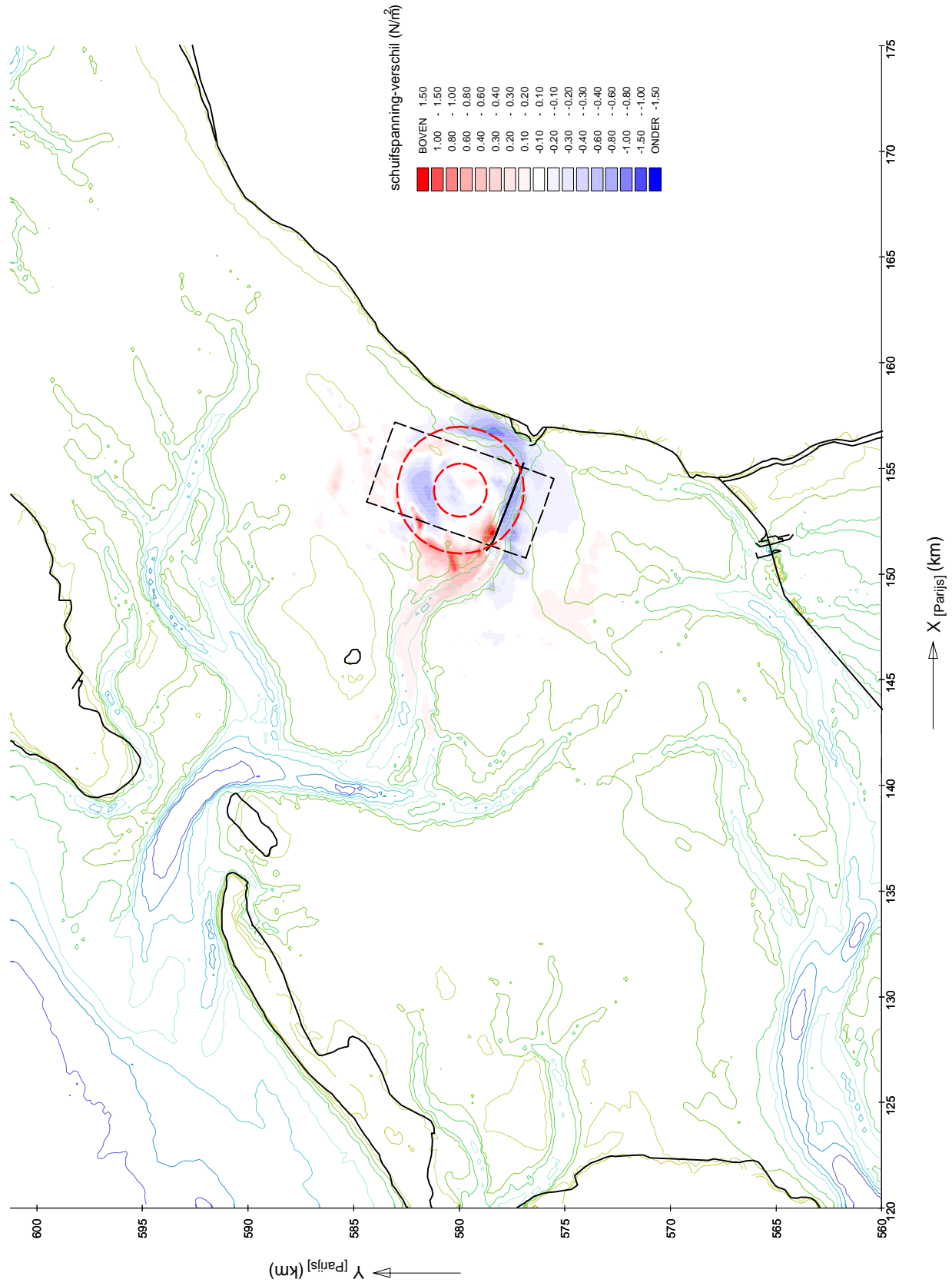
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

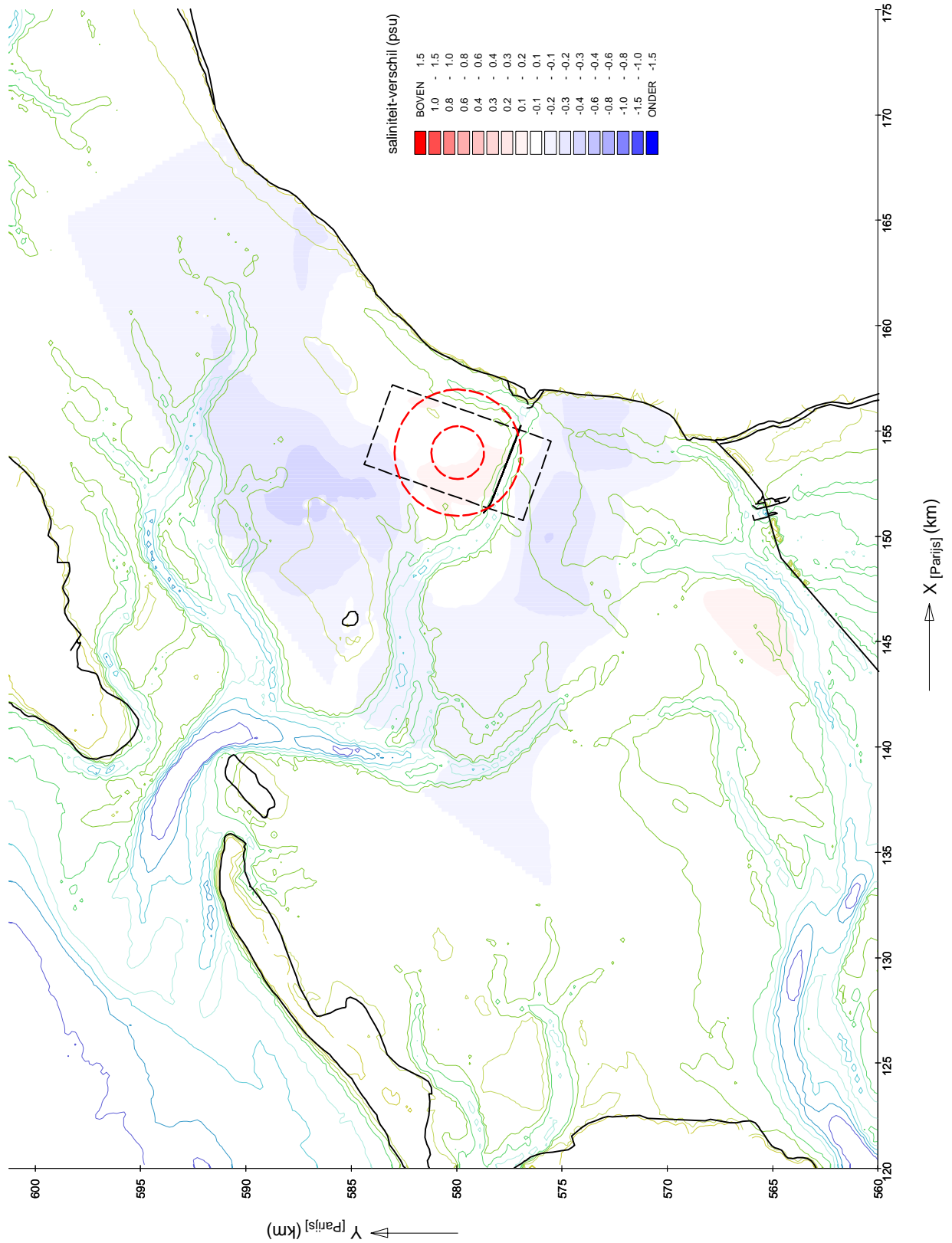
A2062 Alkyon

Fig. 5.45



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31



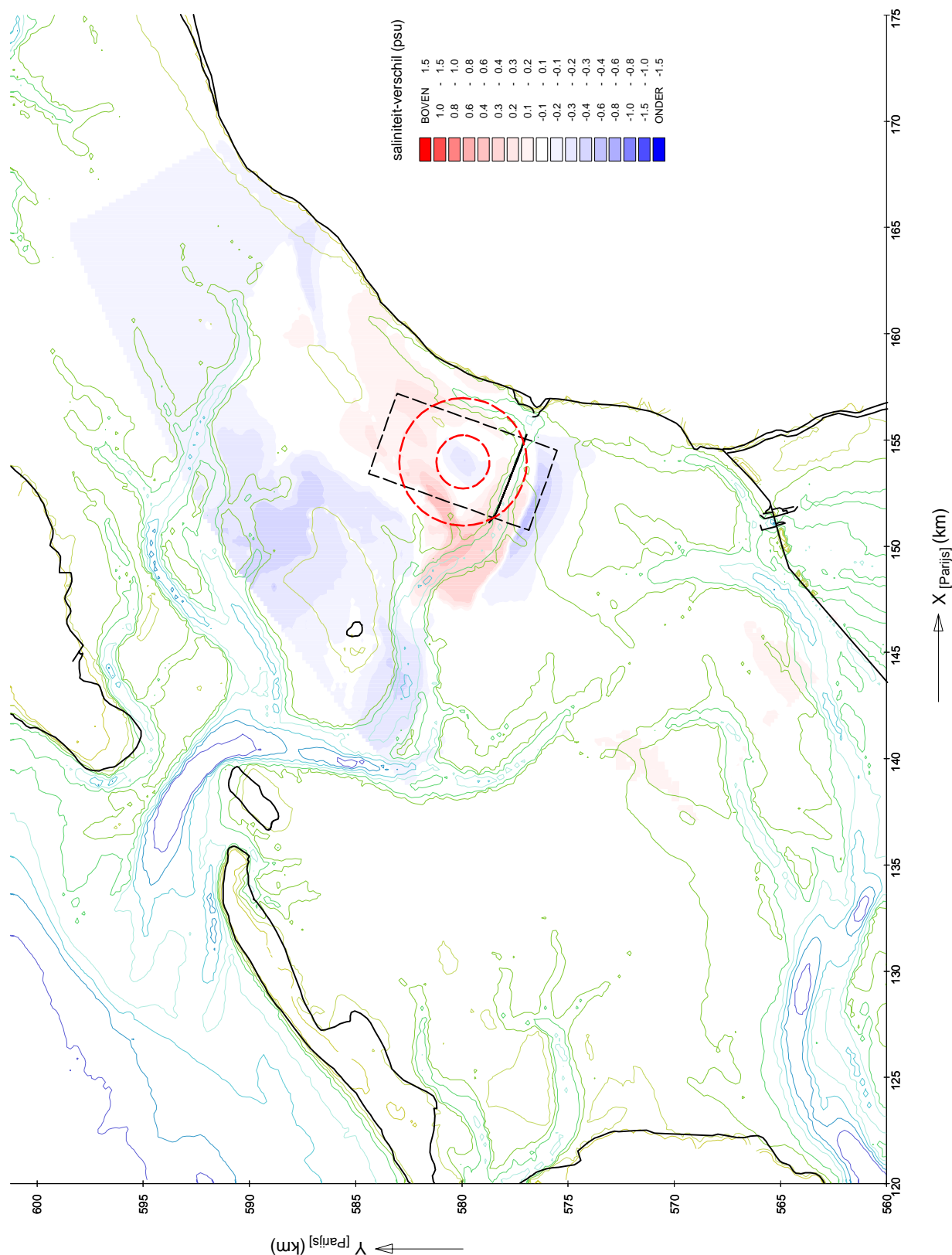
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062 Alkyon

Fig. 5.47



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

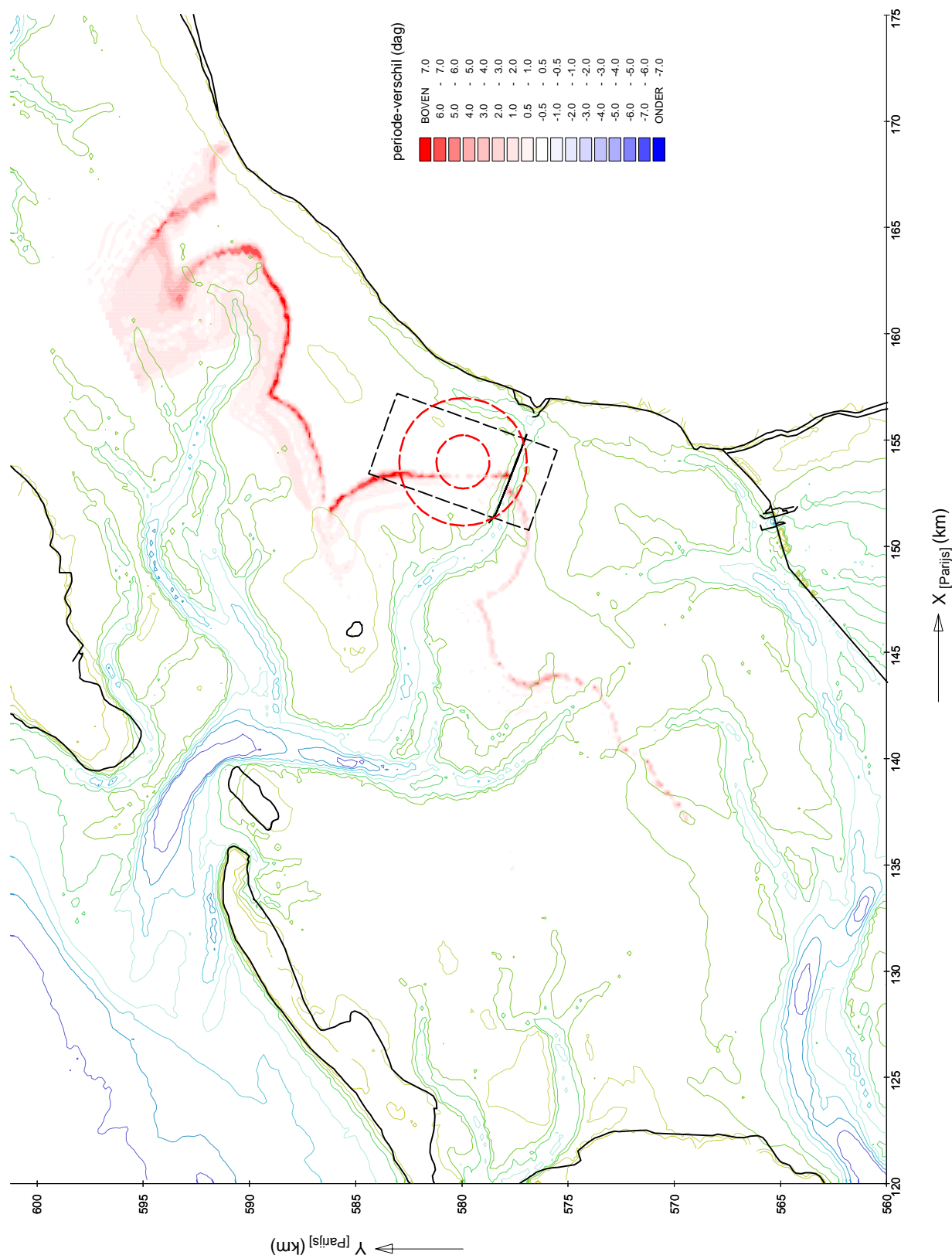
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.48



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

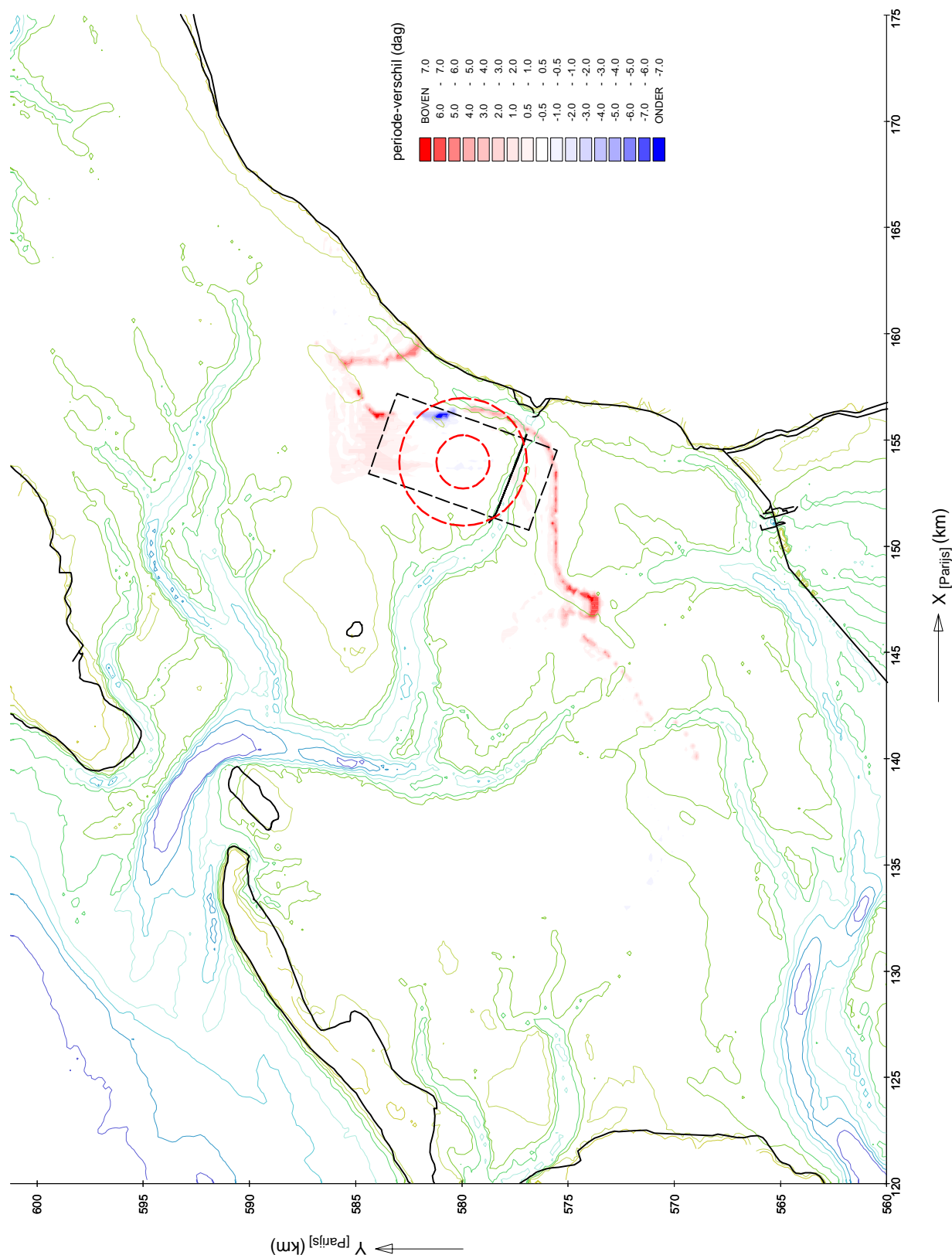
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.49



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

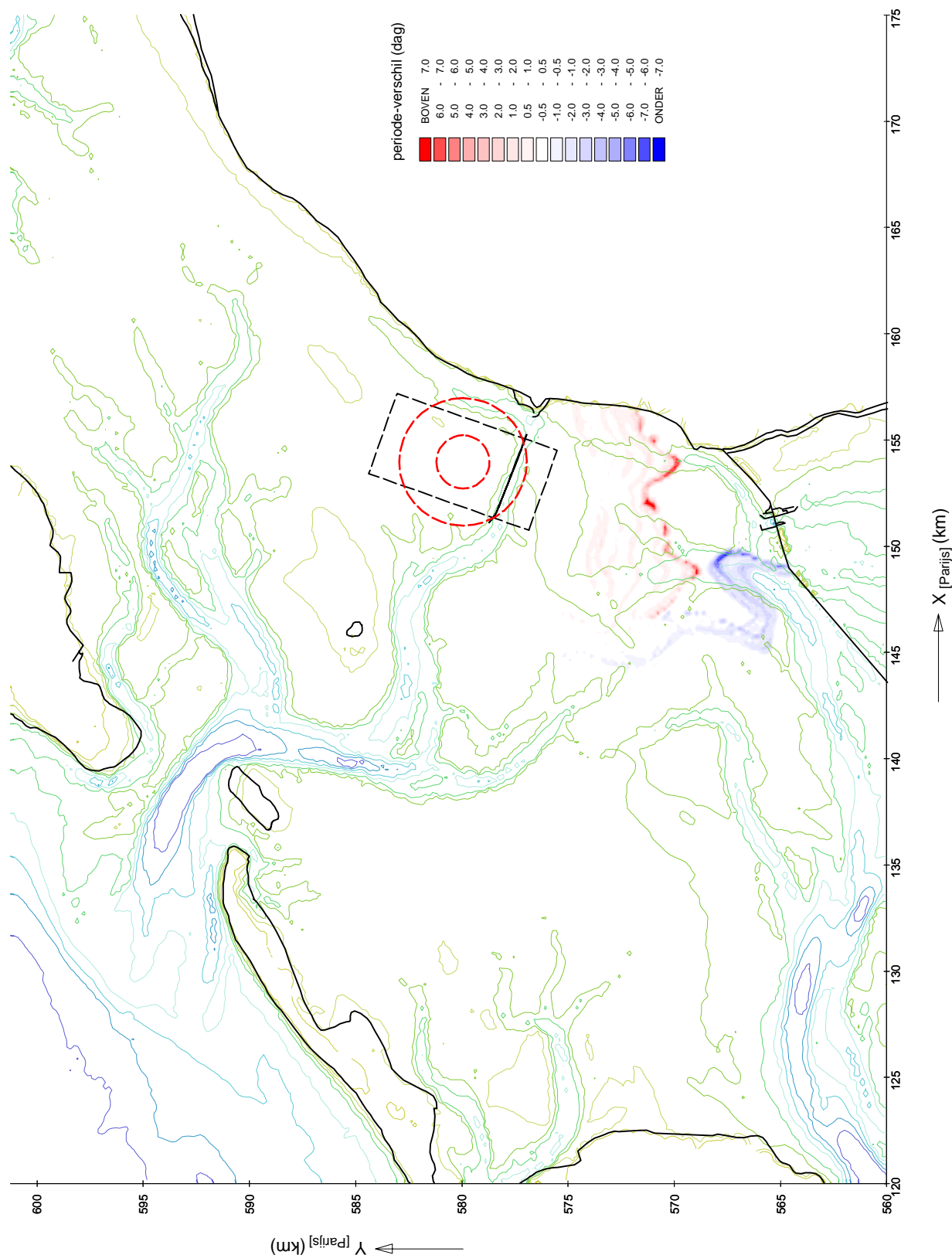
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.50



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

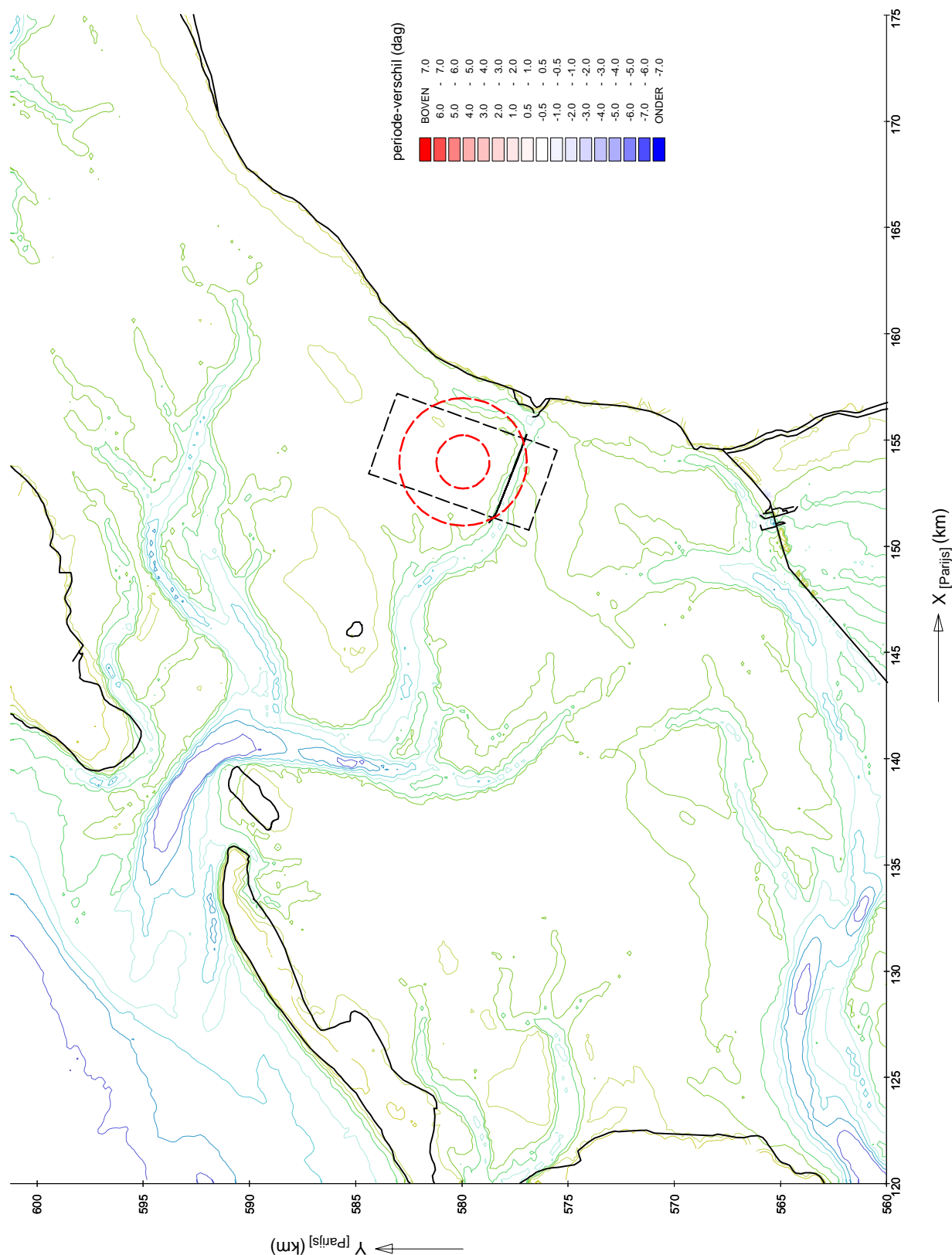
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.51



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

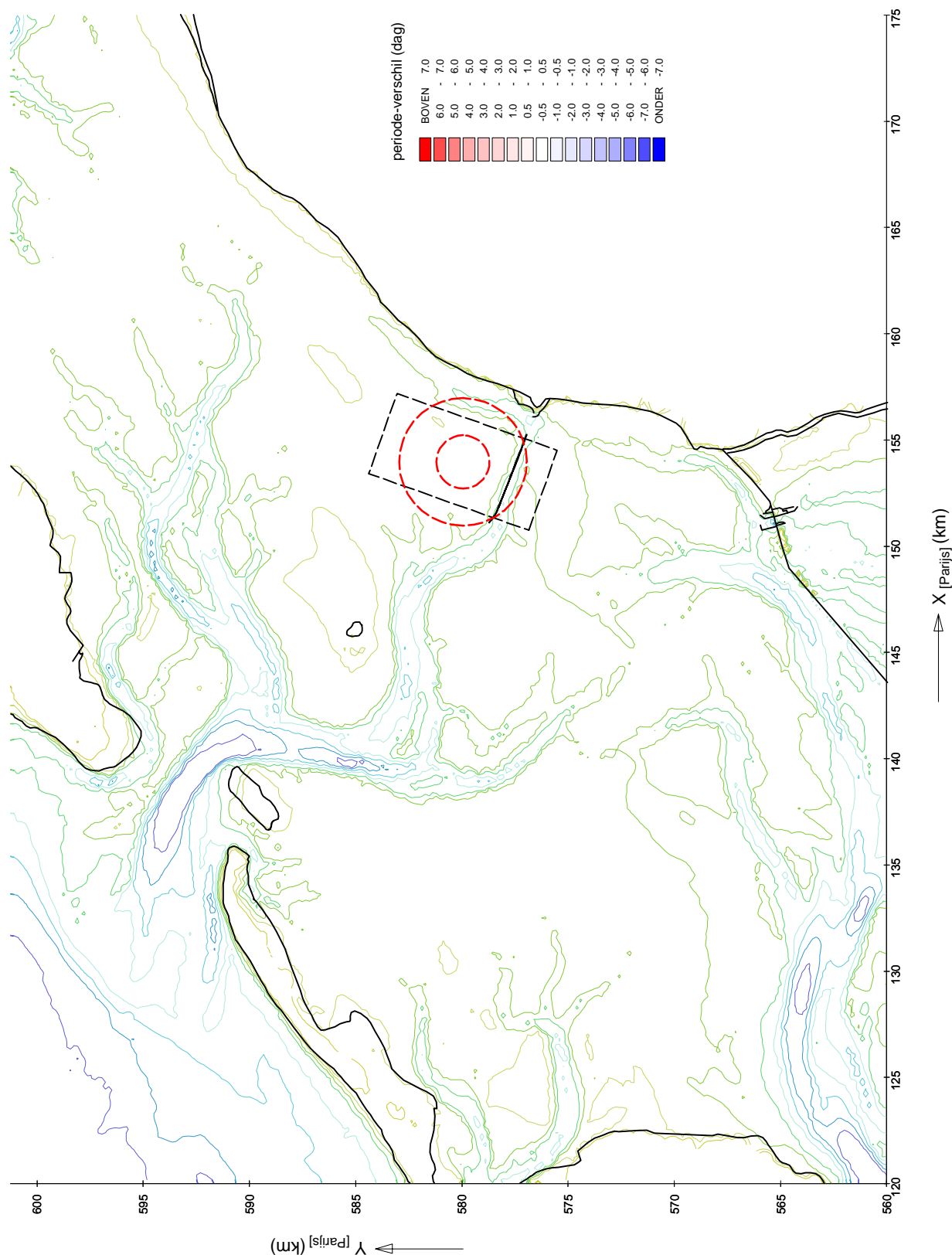
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.52



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

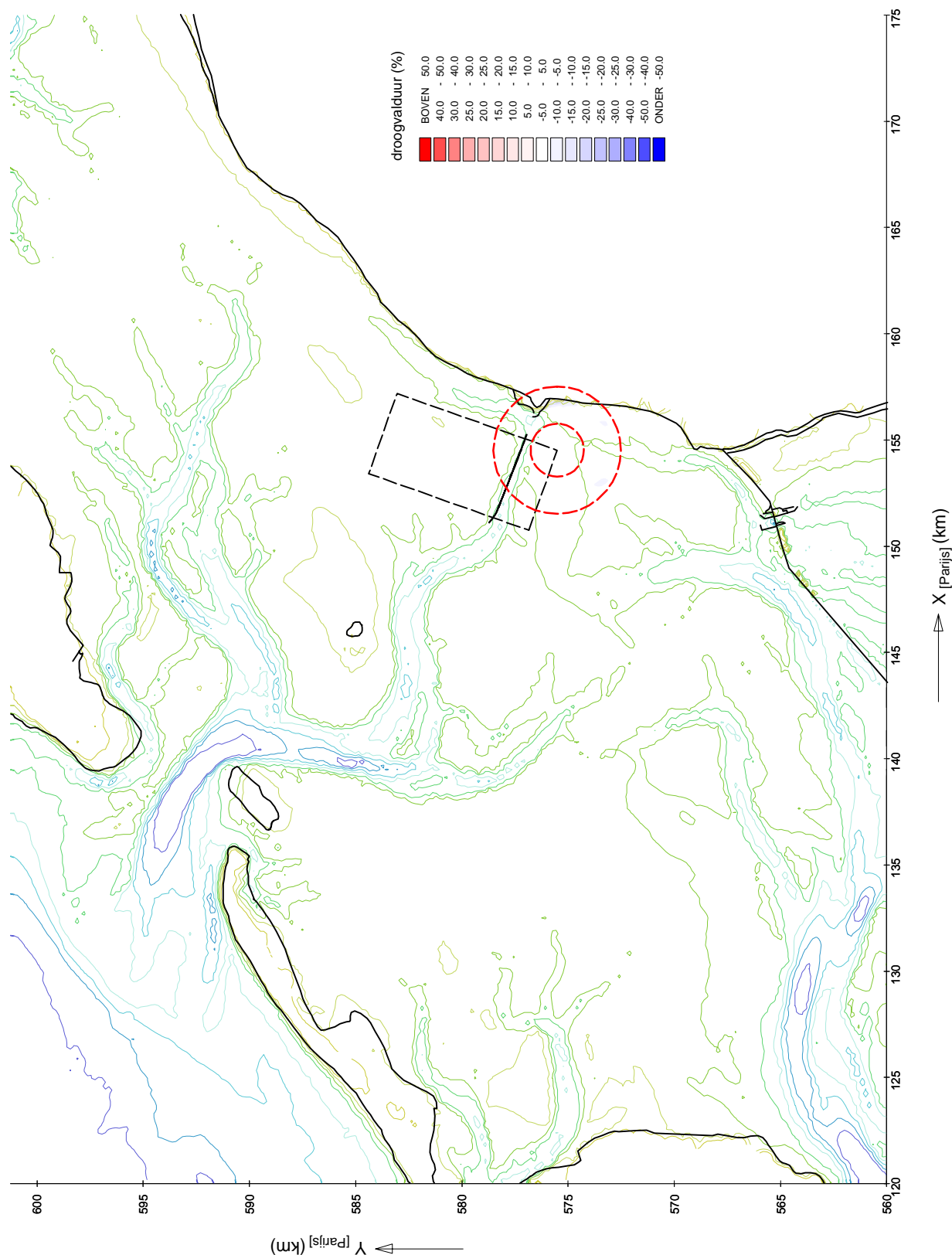
d33-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.53



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

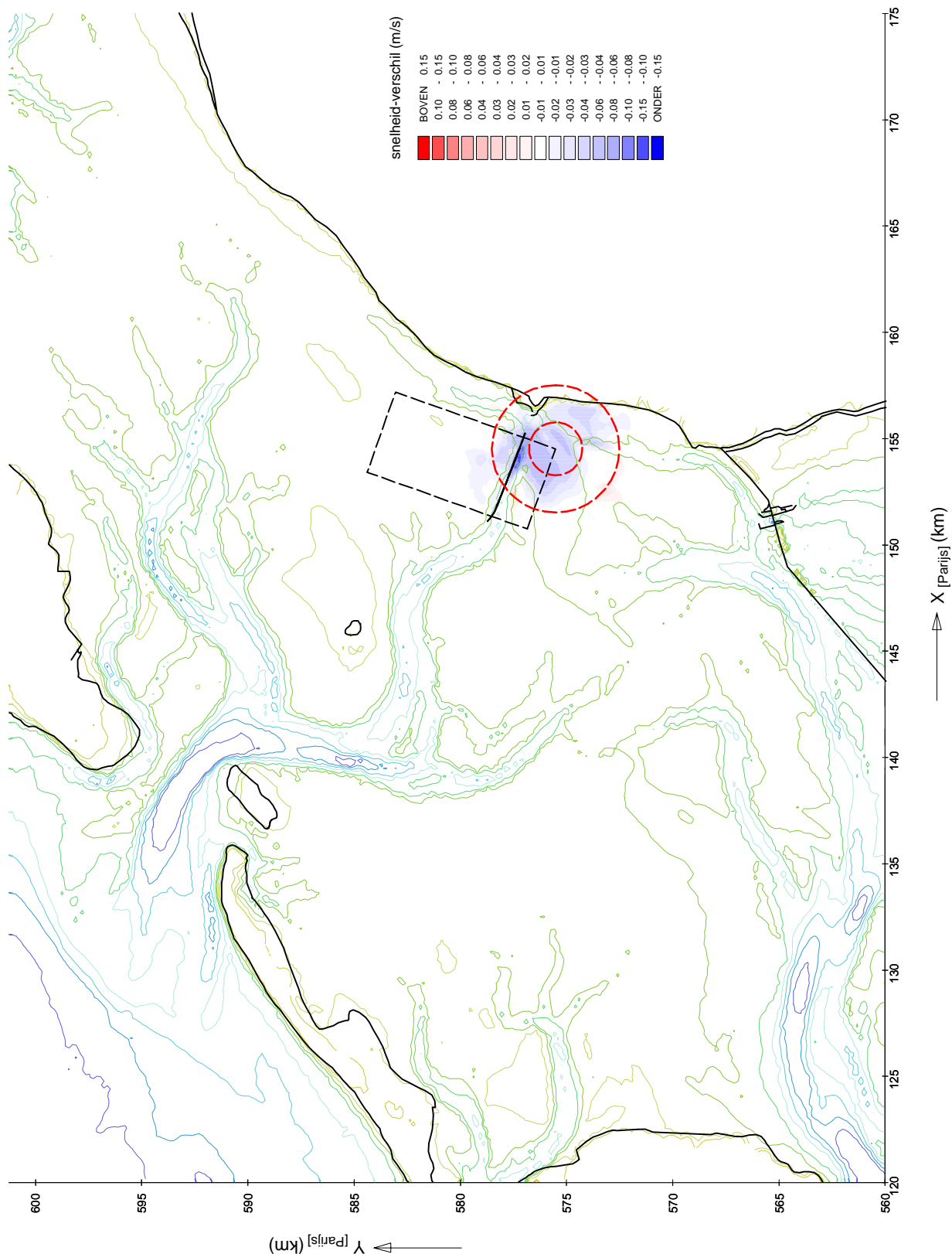
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

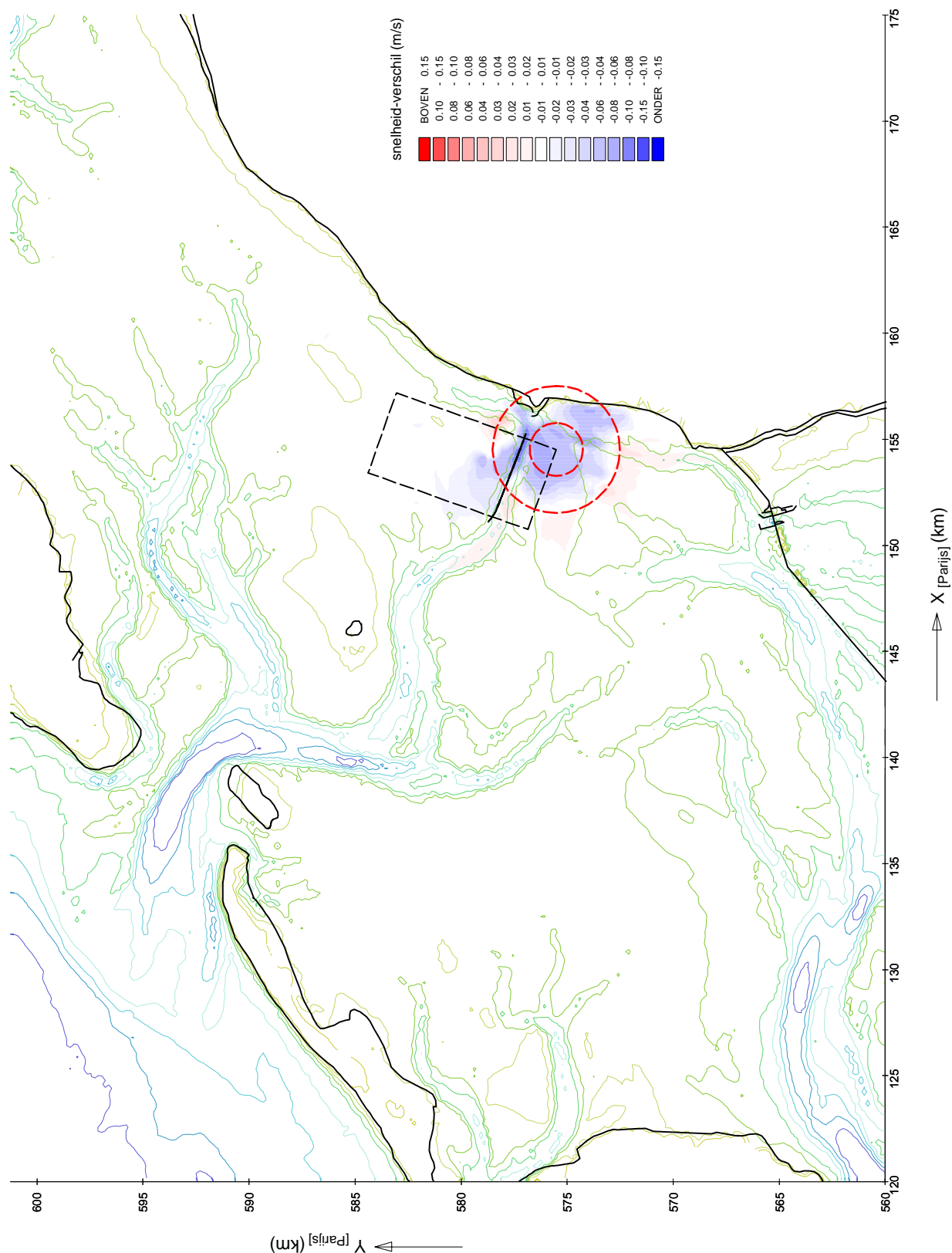
Alkyon

Fig. 5.54



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31



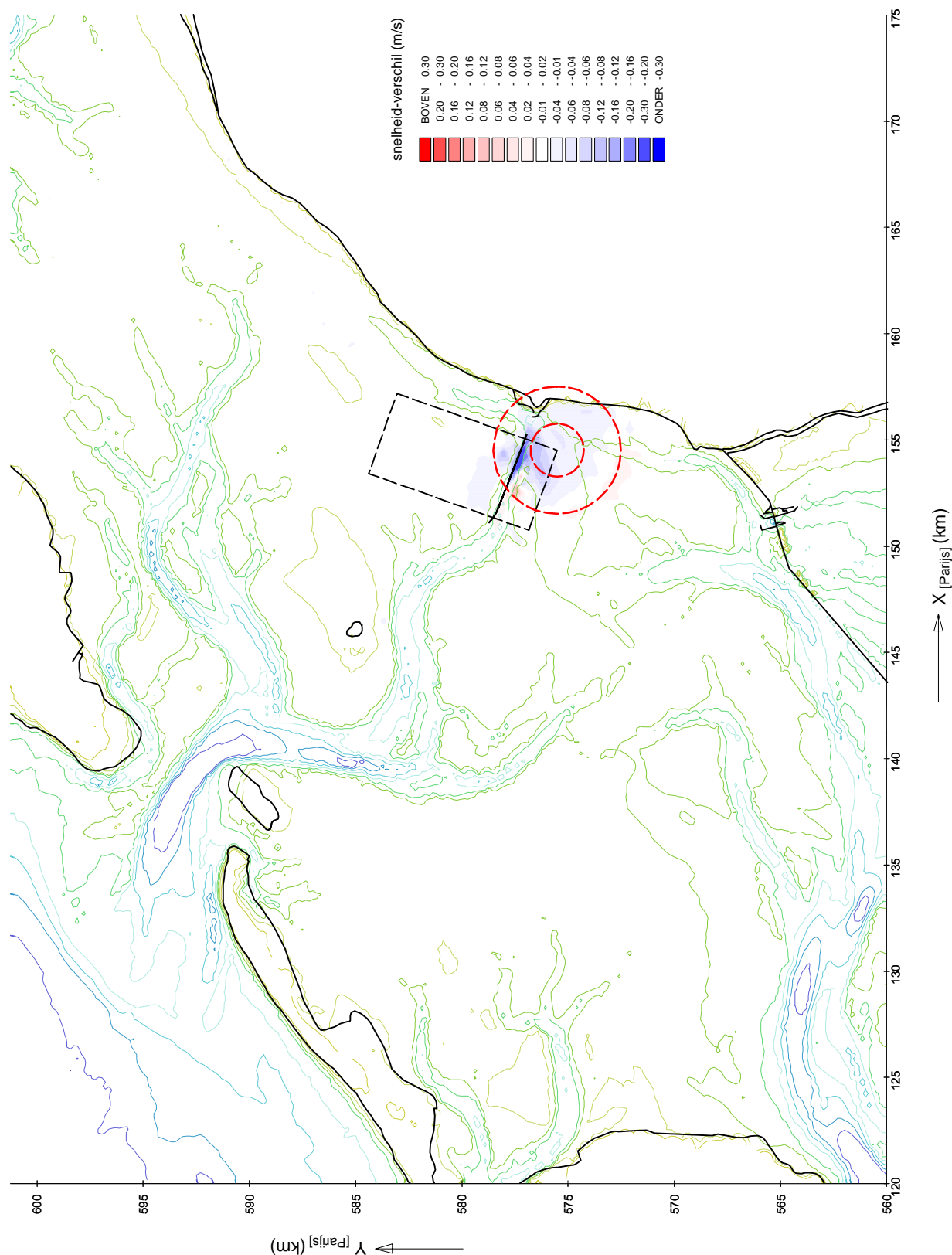
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

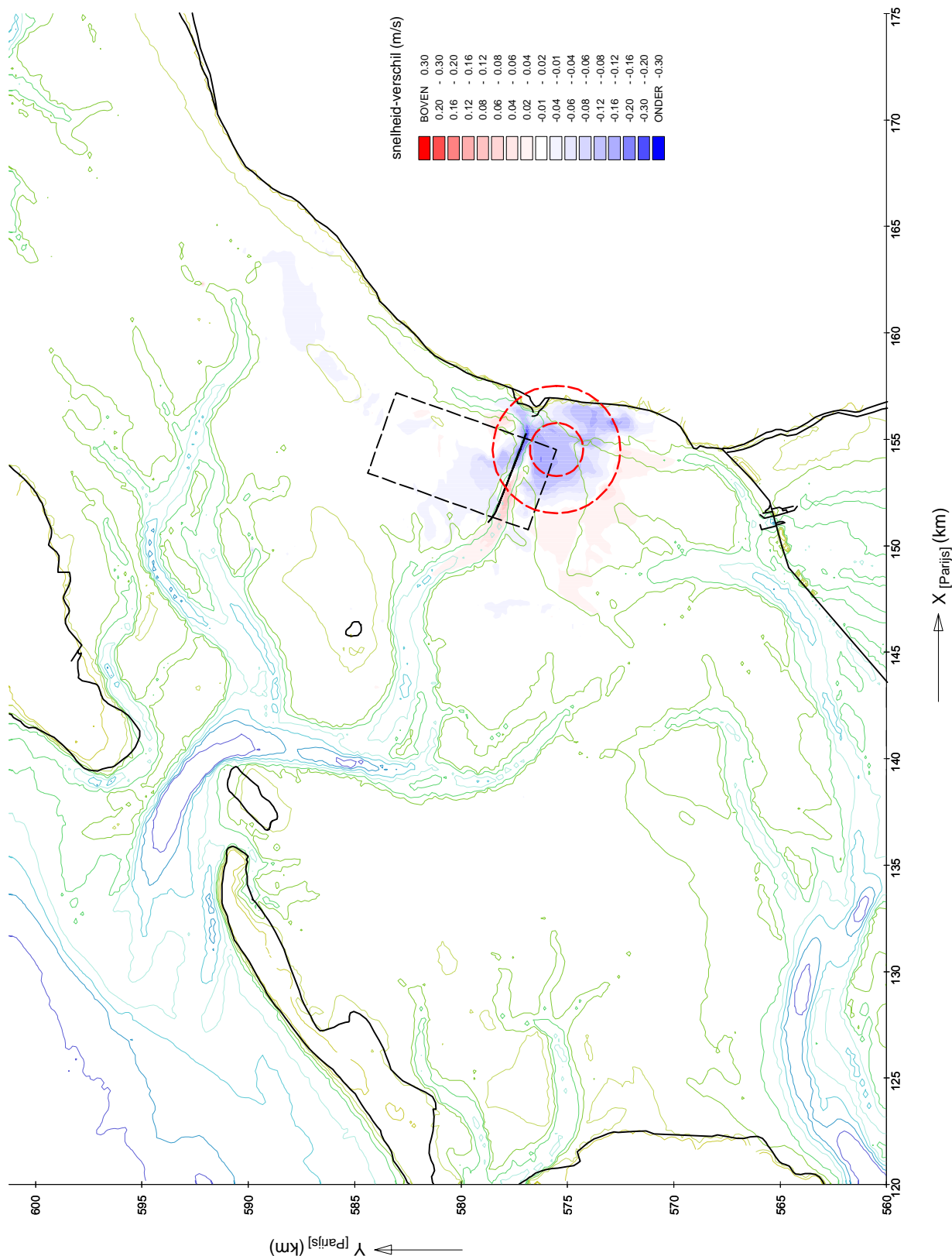
A2062 Alkyon

Fig. 5.56



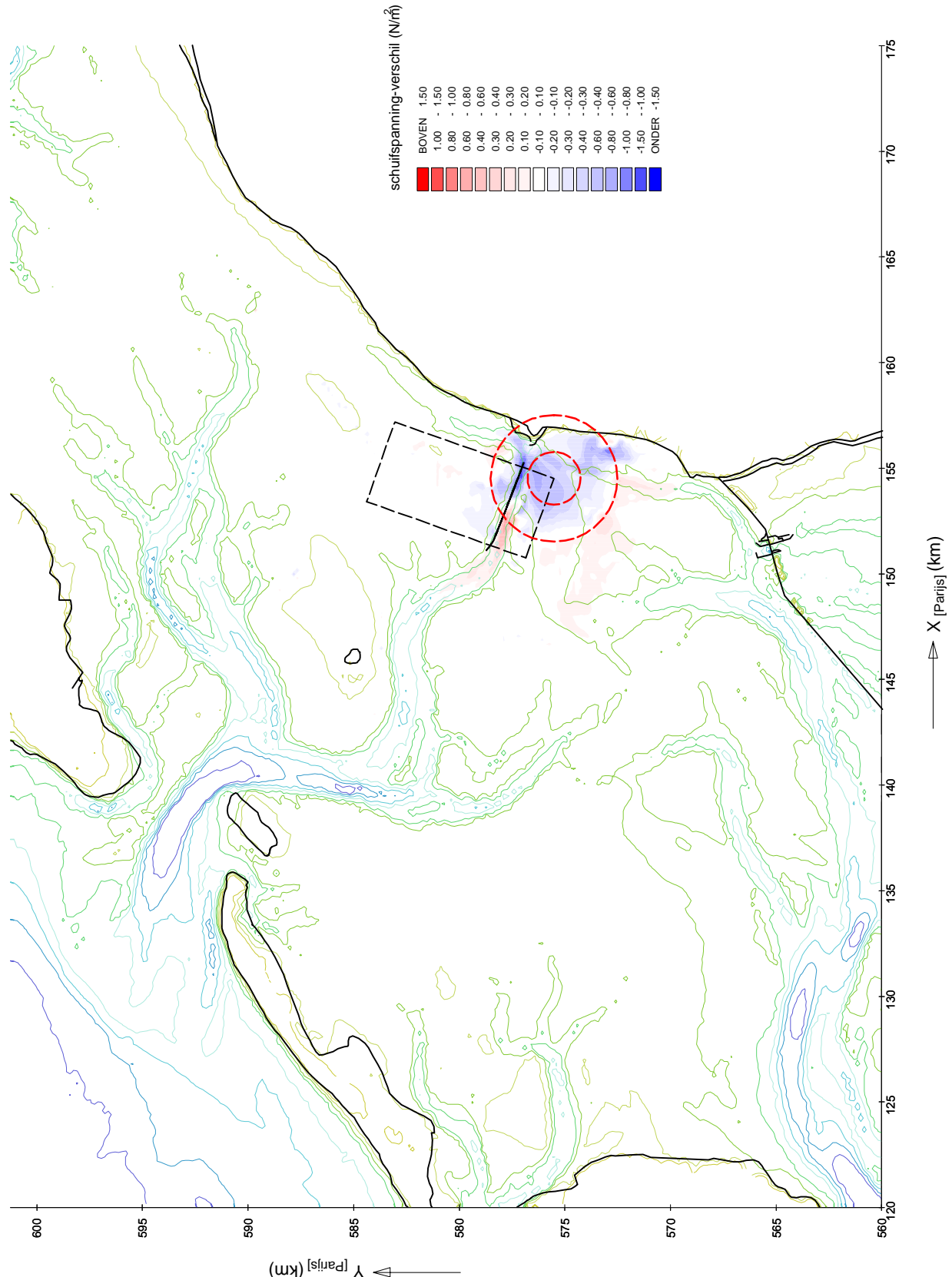
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31



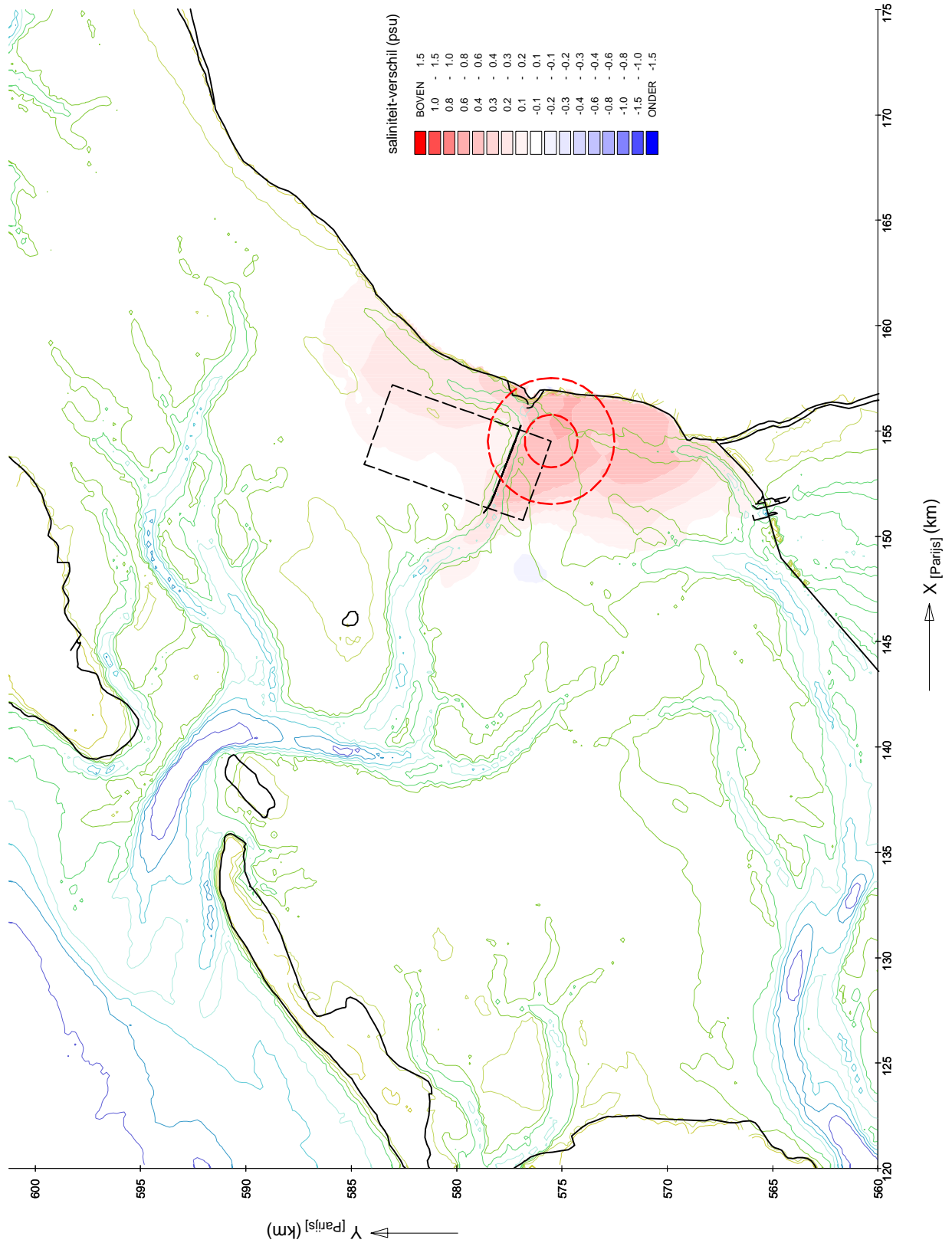
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31



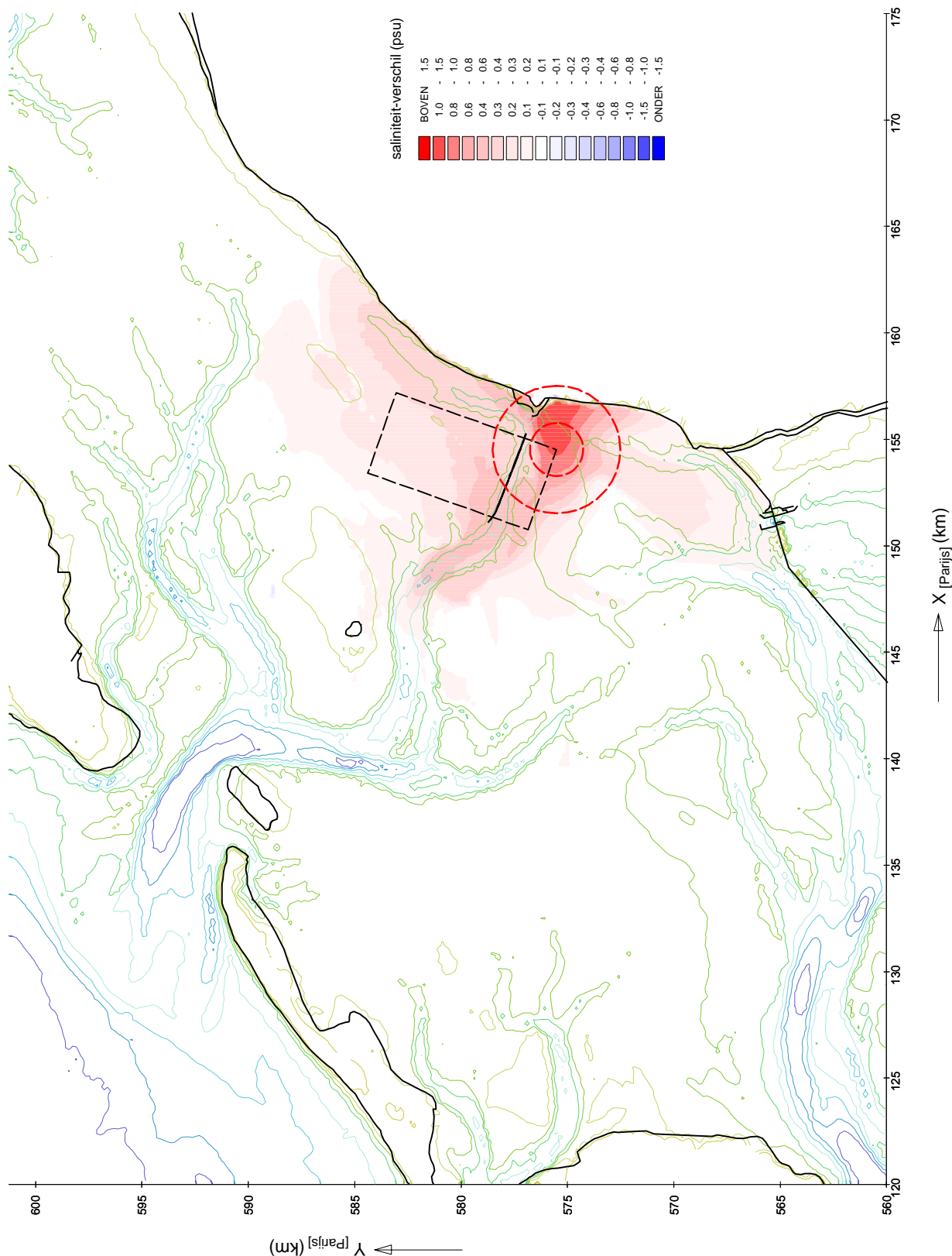
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31

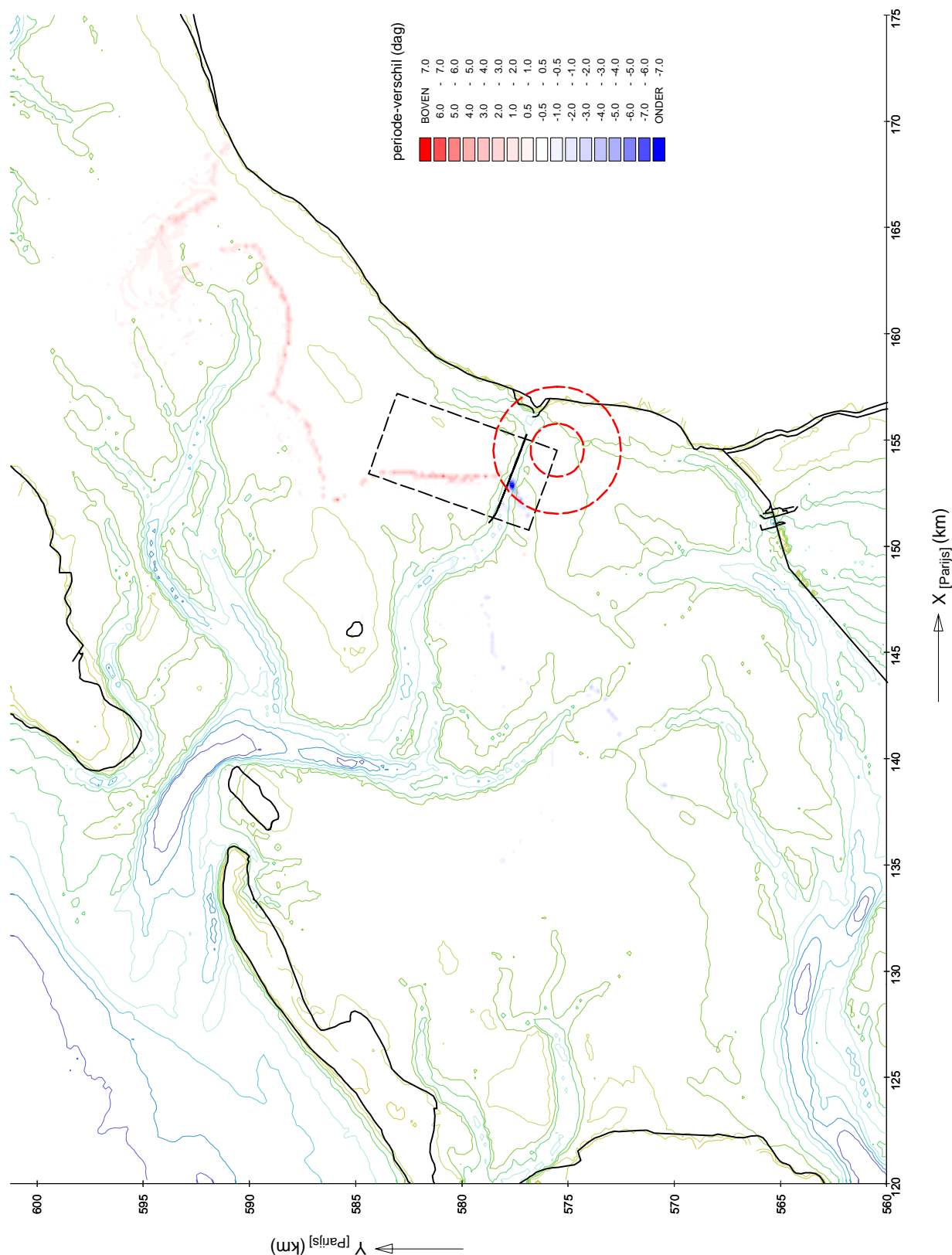


HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

d34-d31



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

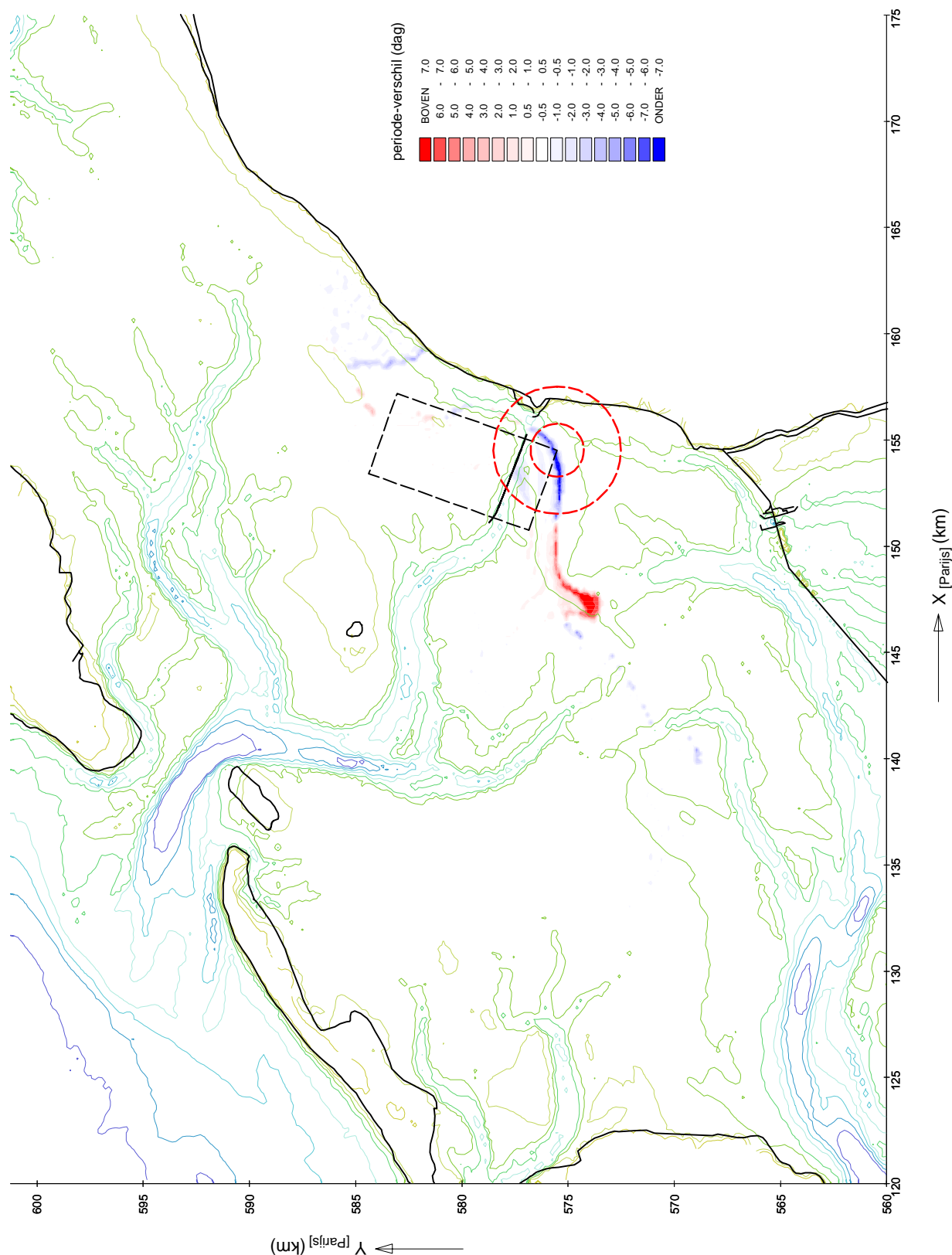
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.62



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

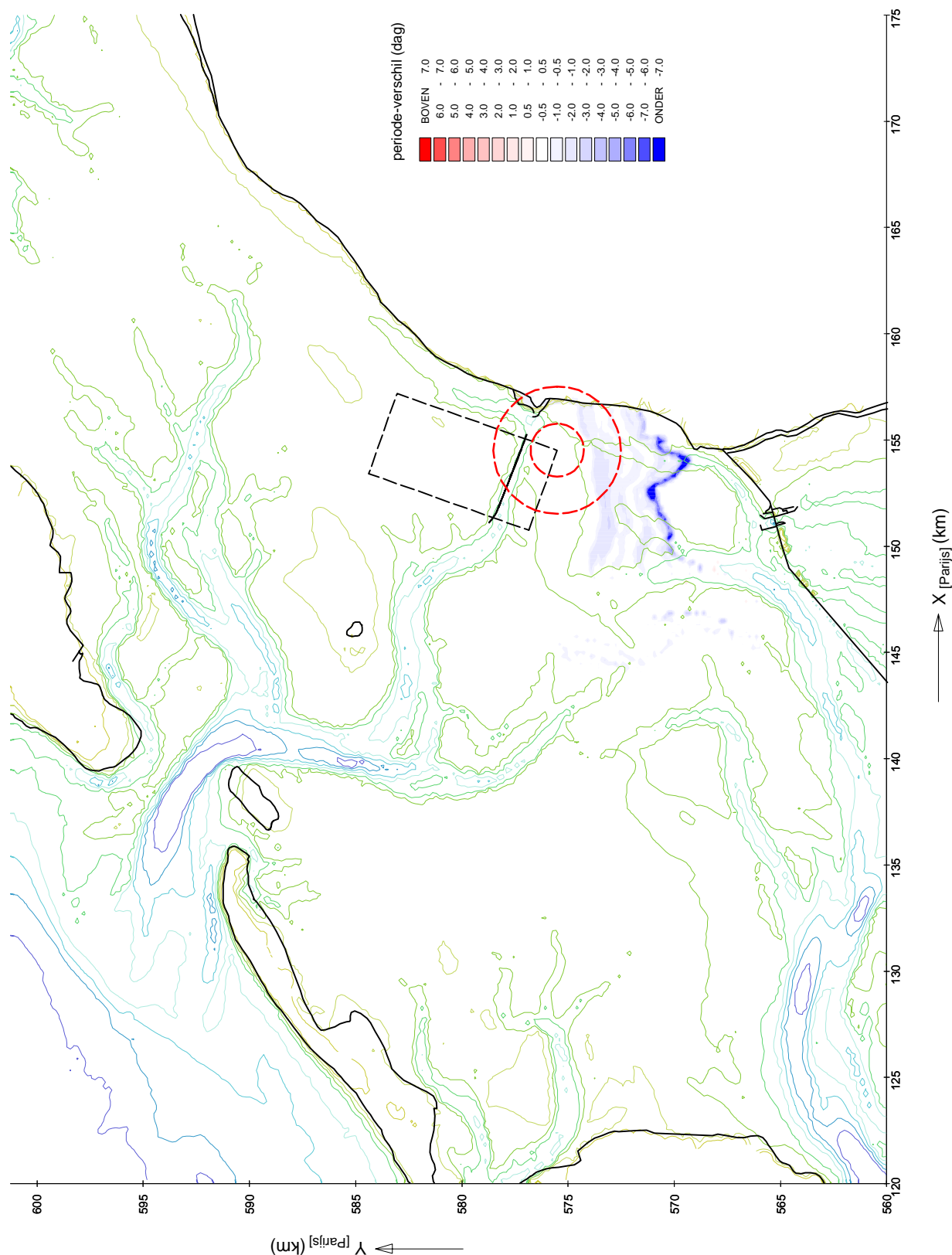
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 5.63



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

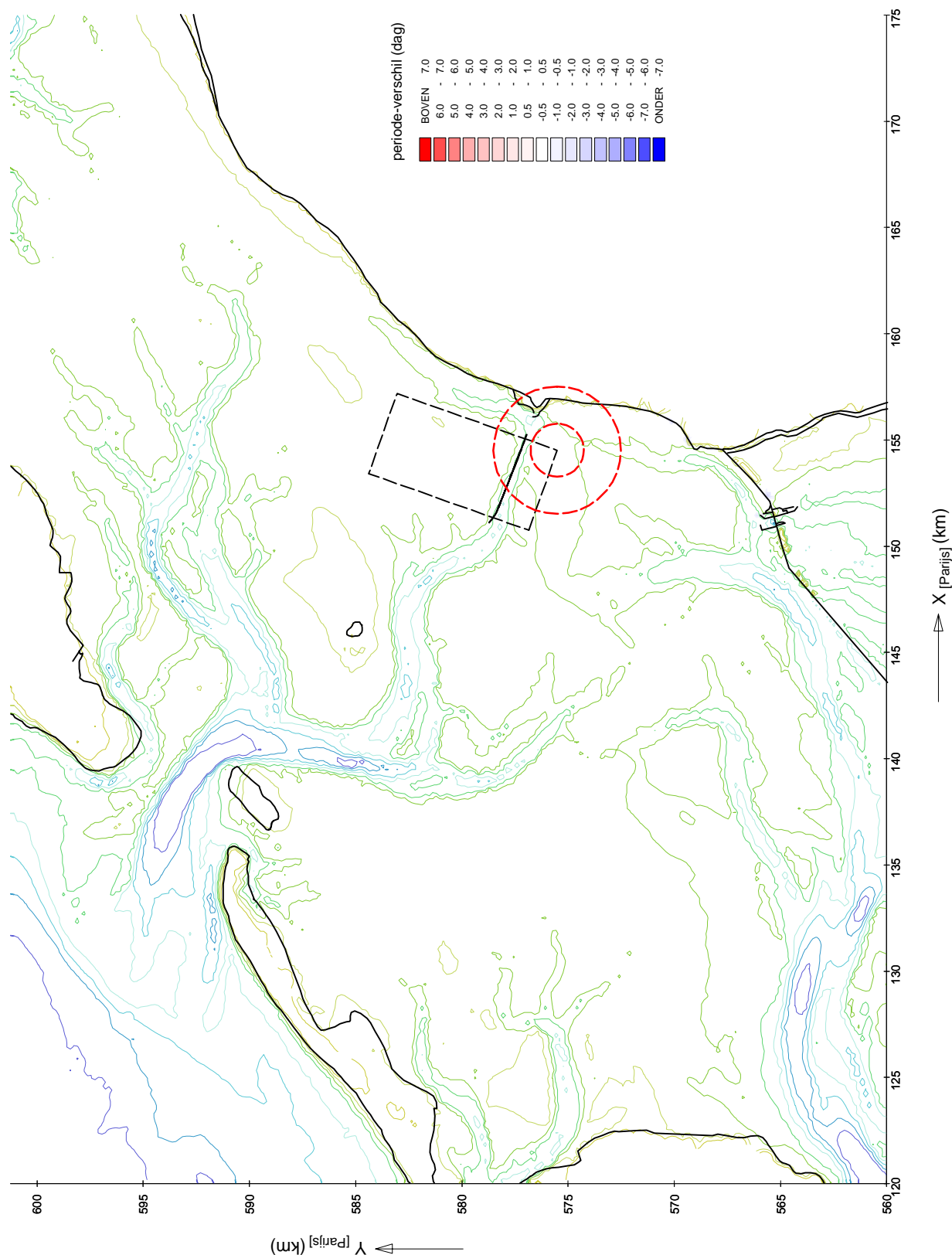
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.64



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

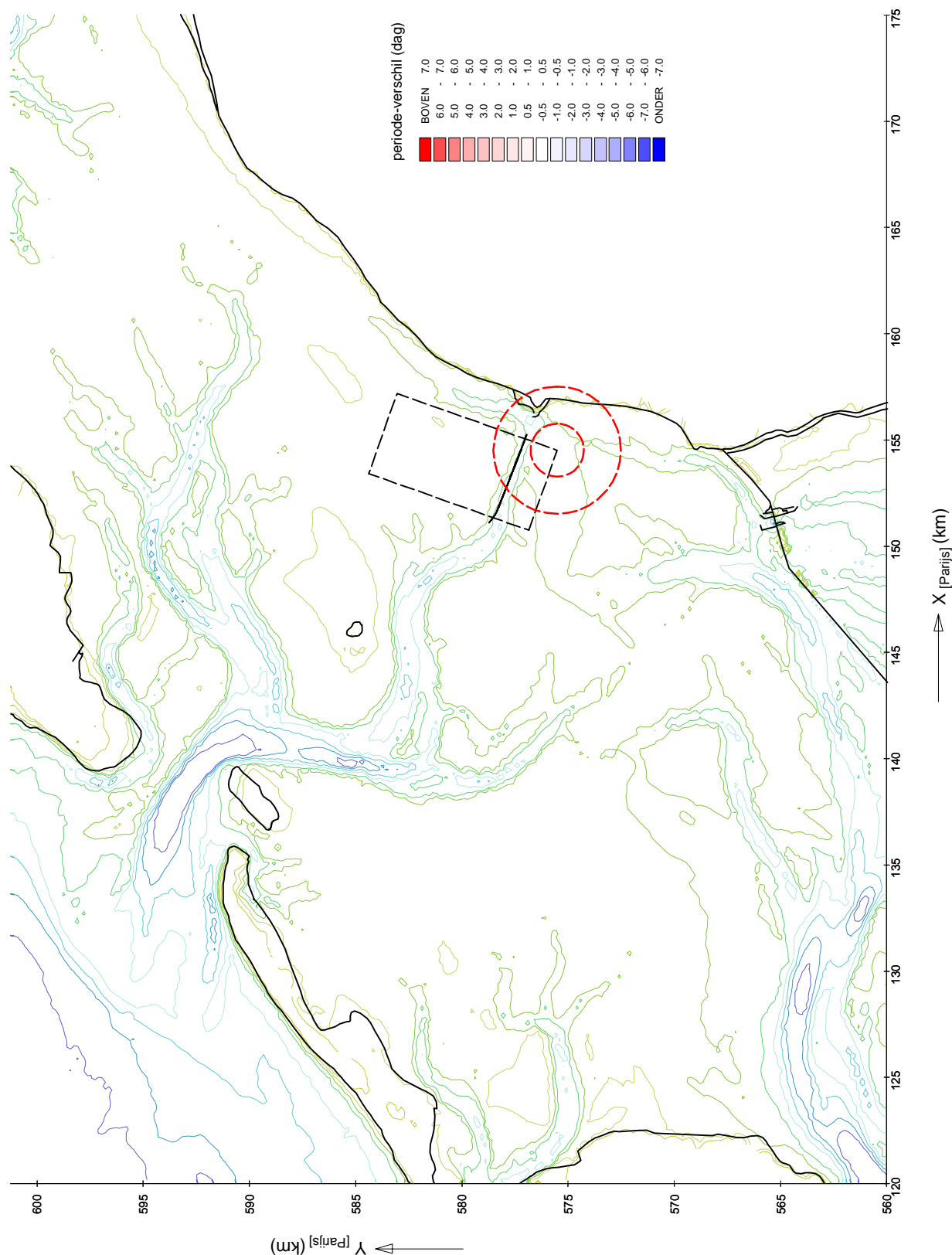
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 5.65



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - ORIËNTATIE

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

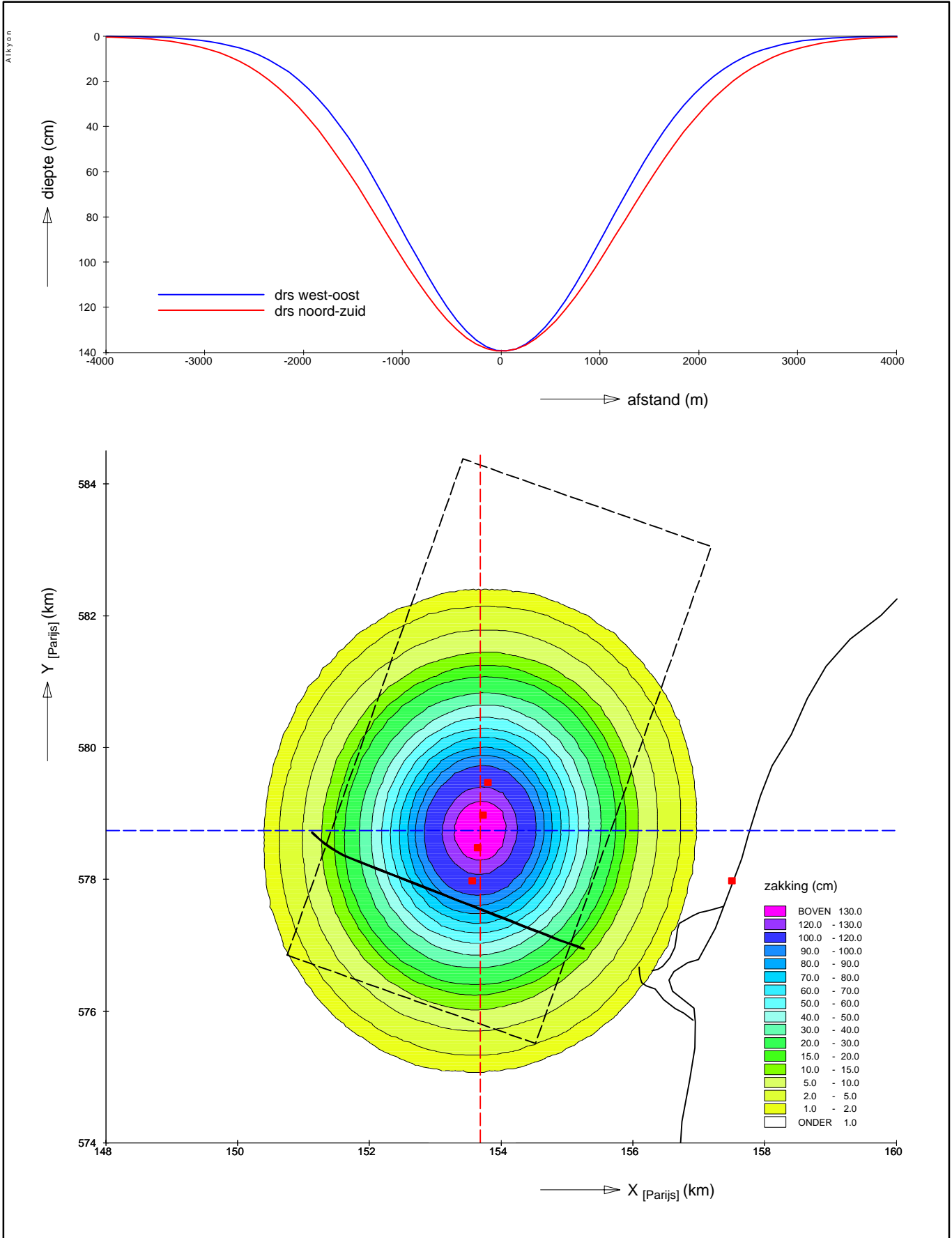
d34-d31

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

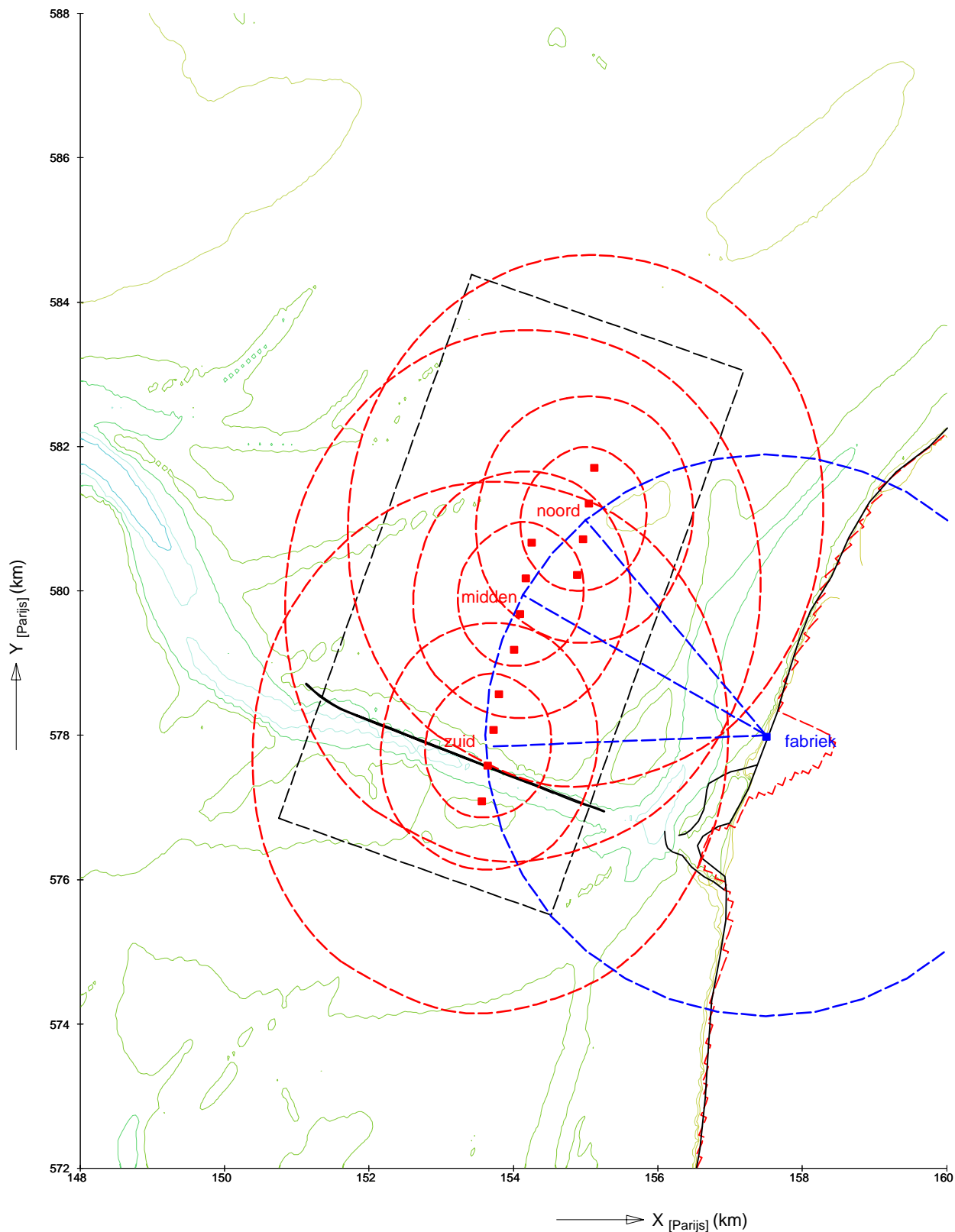
Fig. 5.66



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Begrenzing potentiële zoutwinlocaties

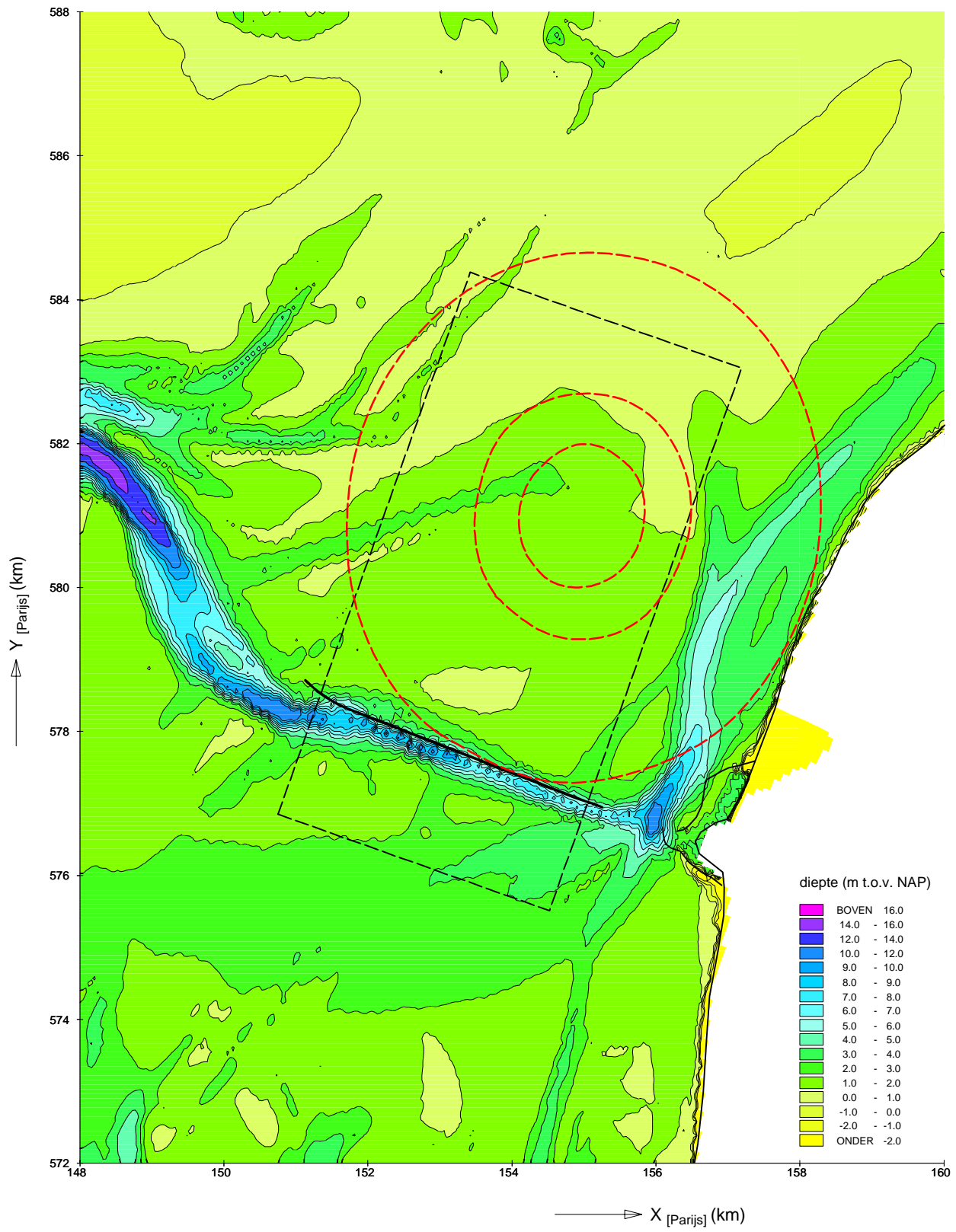
Contouren en doorsneden bodemdalingsschotel



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Varianten voor potentiële zoutwinlocaties

Locatie winputten (noord, midden en zuid) en fabriek



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put - noord

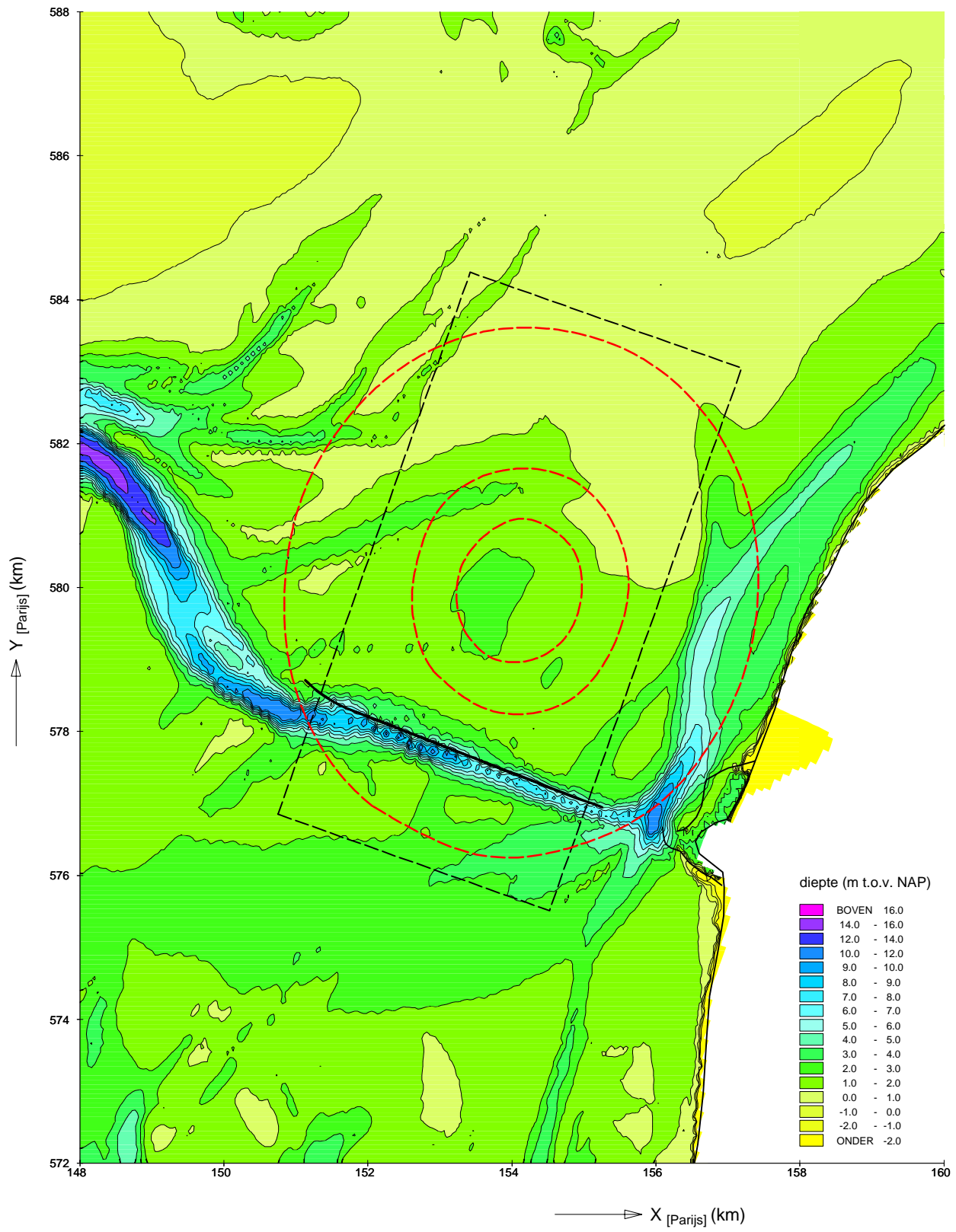
d36

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.3



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put - midden

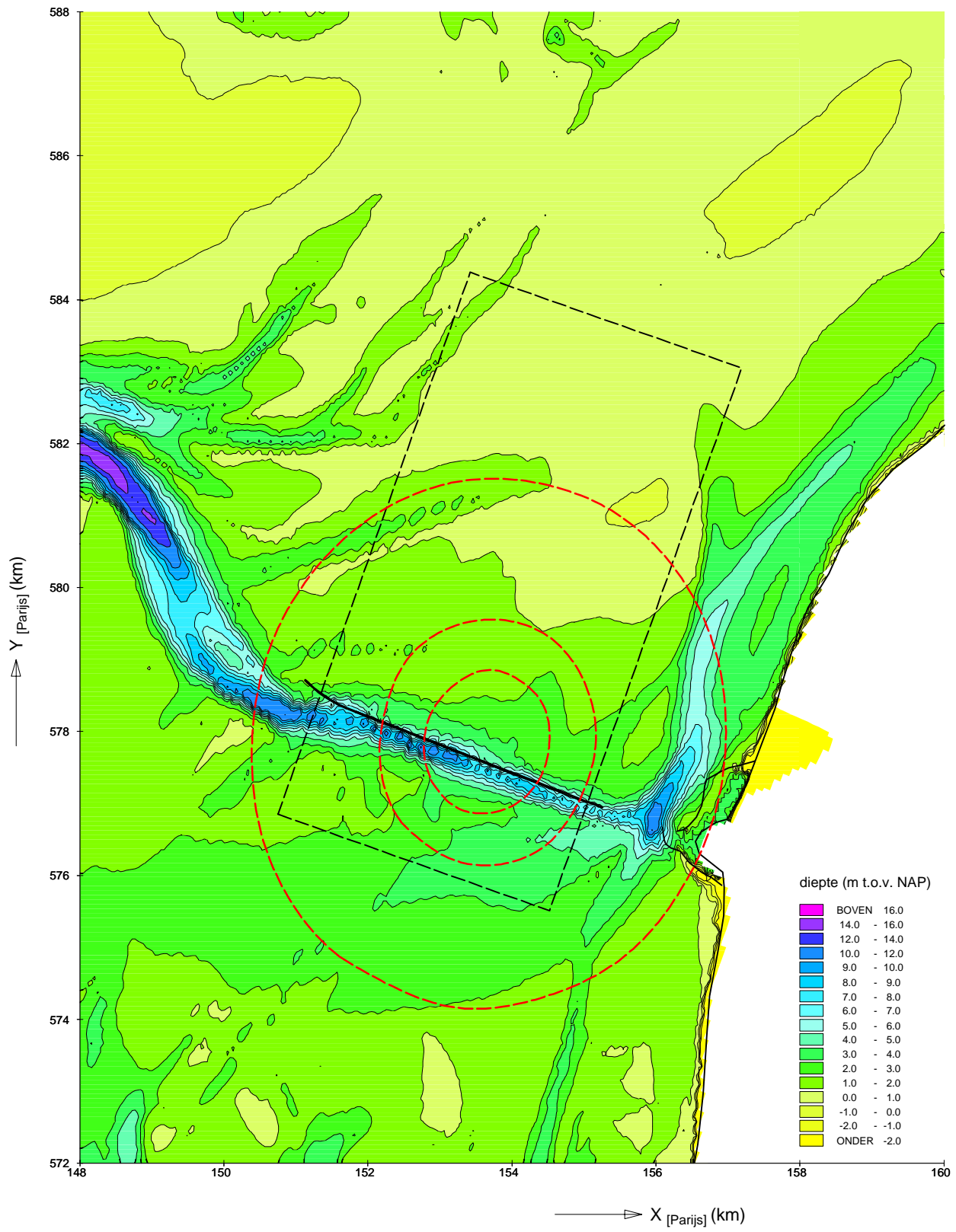
d37

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.4



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Diepte schematisatie van detailmodel

Detail bij Harlingen, put- zuid

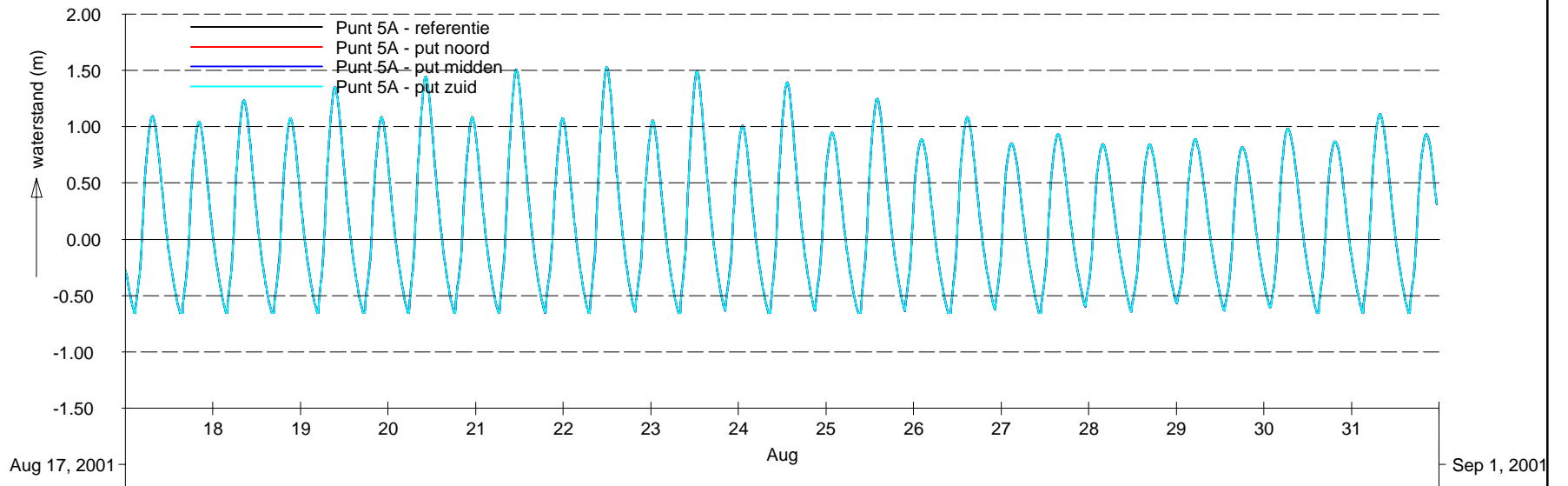
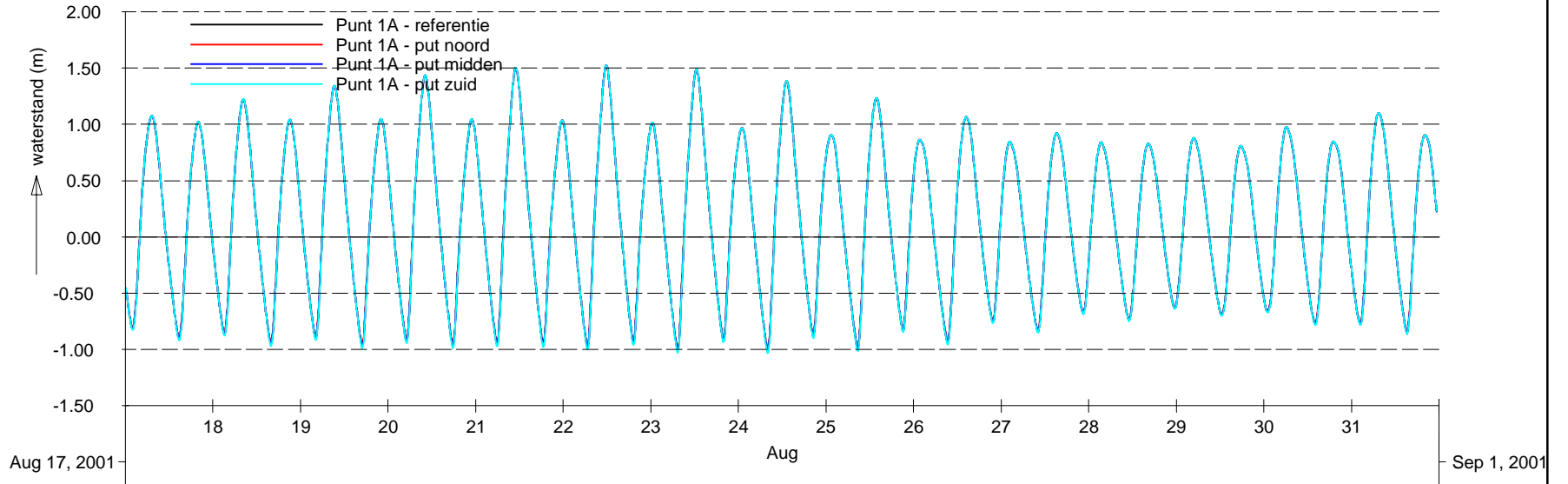
d38

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.5



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Waterstanden in Punt 1A en 5A

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

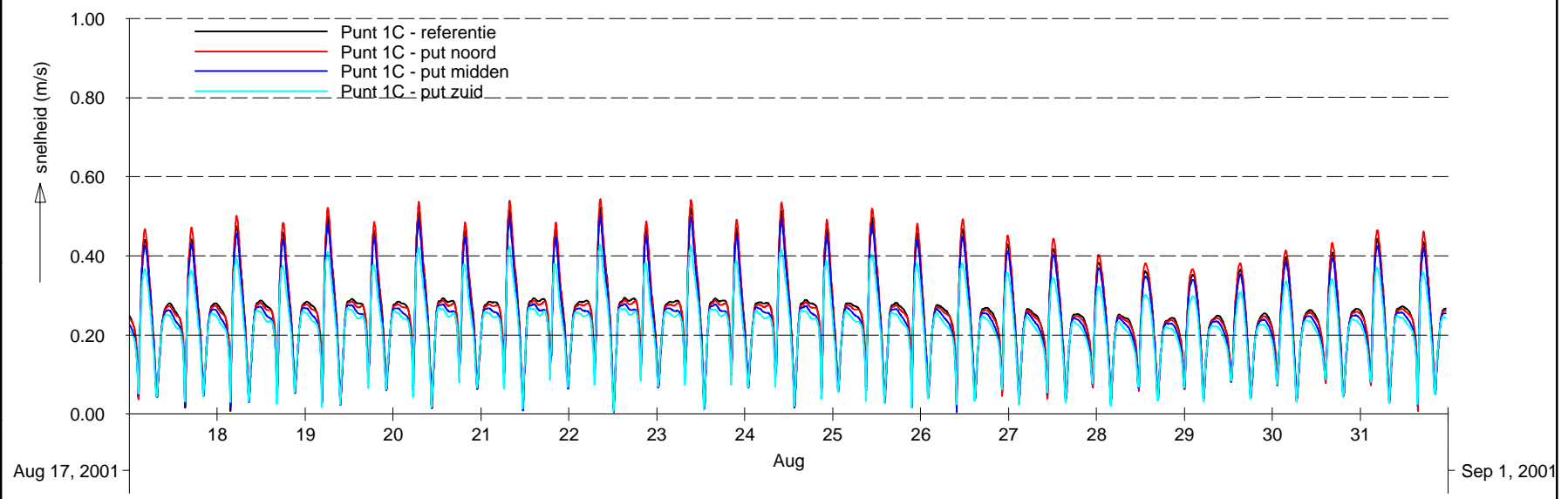
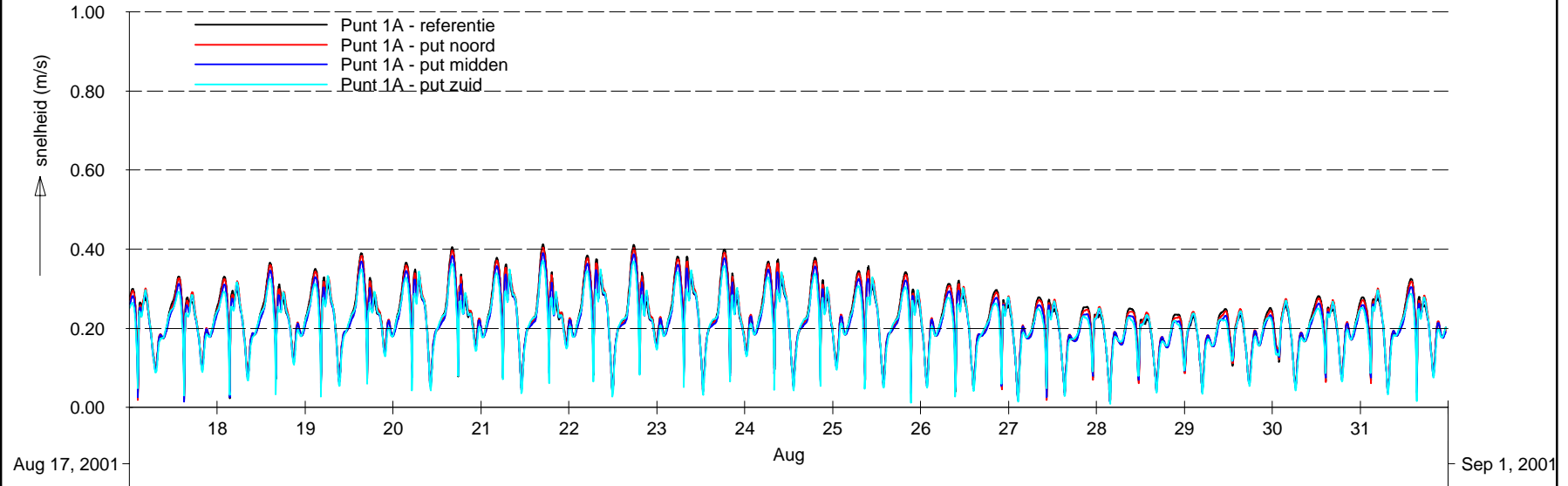
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6.6



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Stroomsnelheden in Punt 1A en 1C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

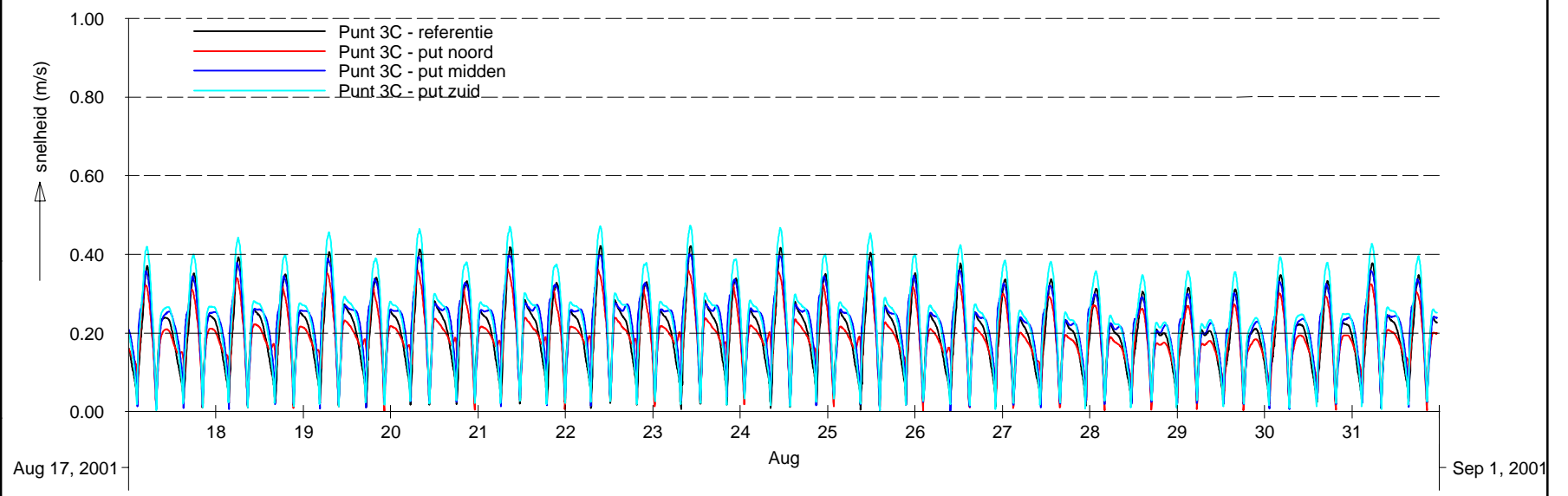
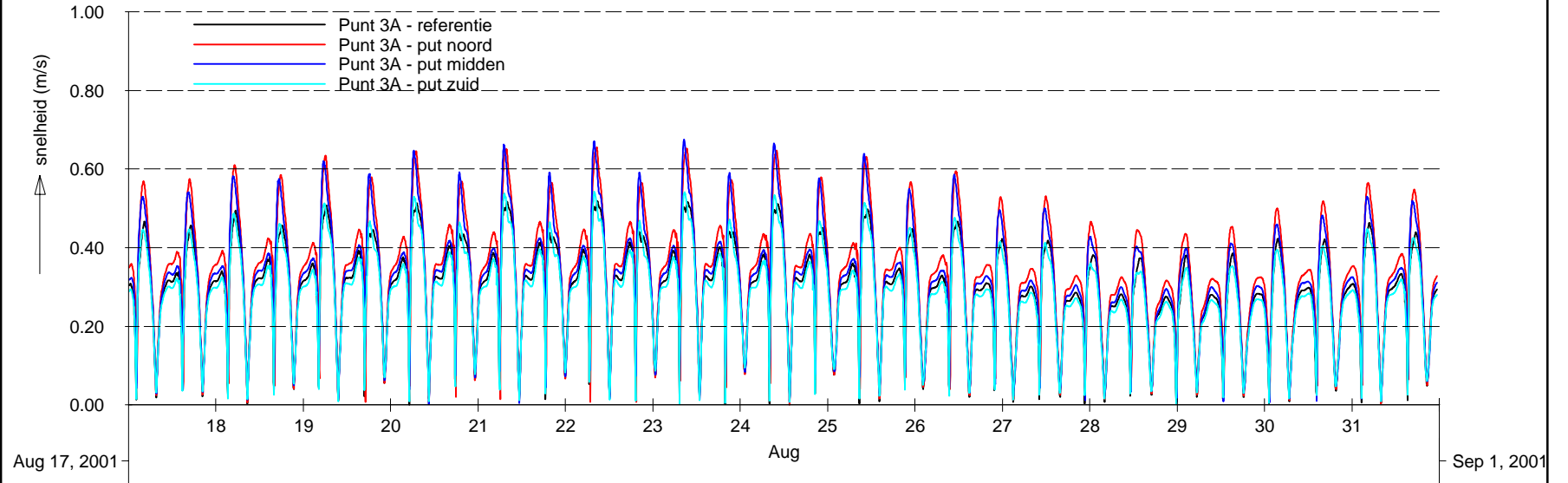
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6.7



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Stroomsnelheden in Punt 3A en 3C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

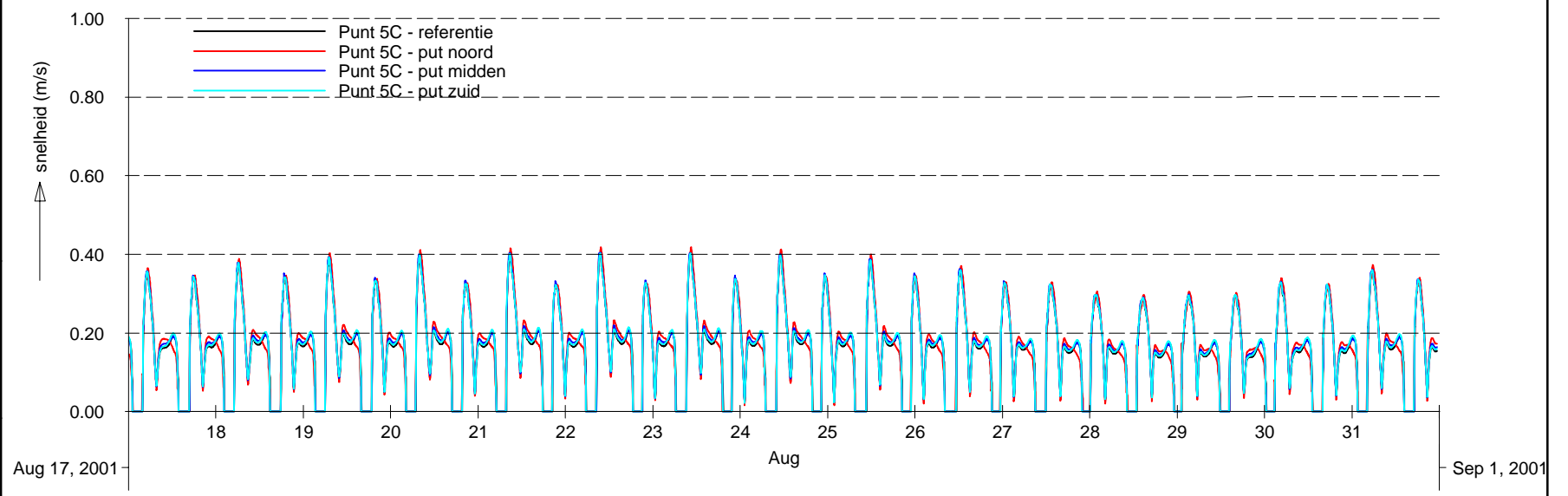
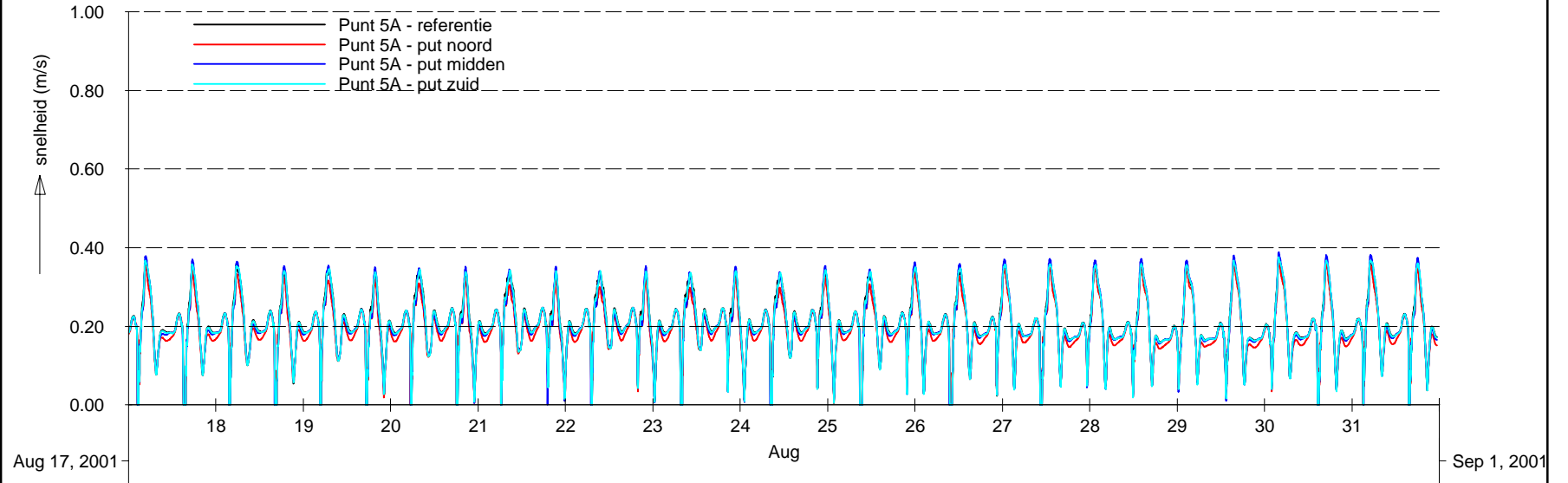
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6.8



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Stroomsnelheden in Punt 5A en 5C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

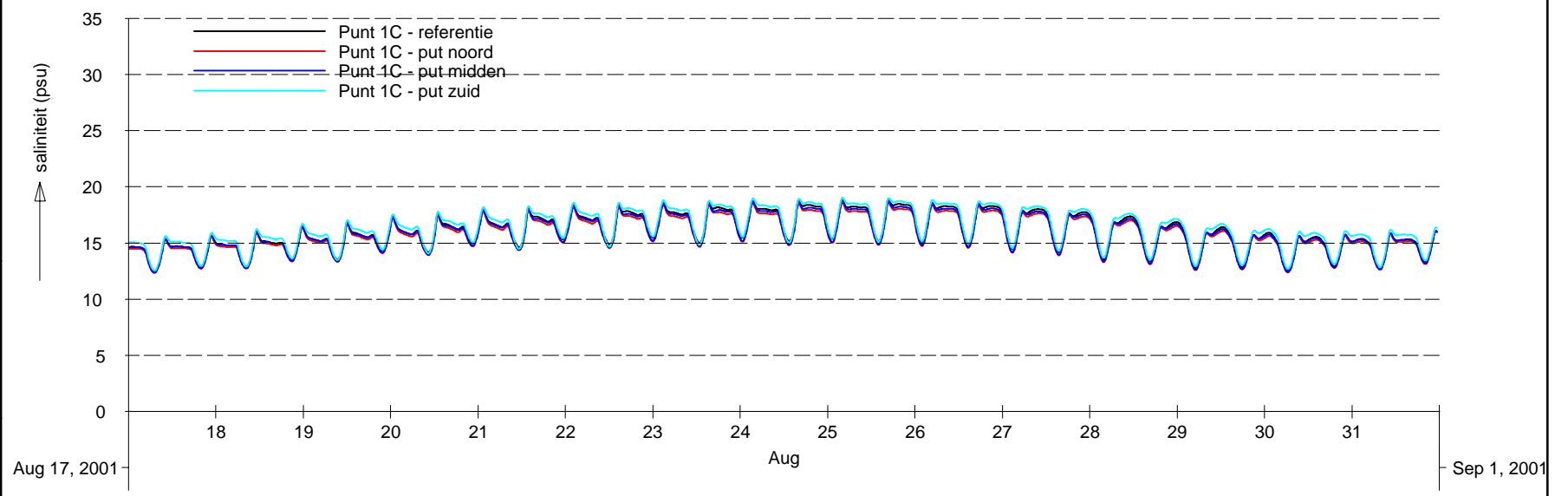
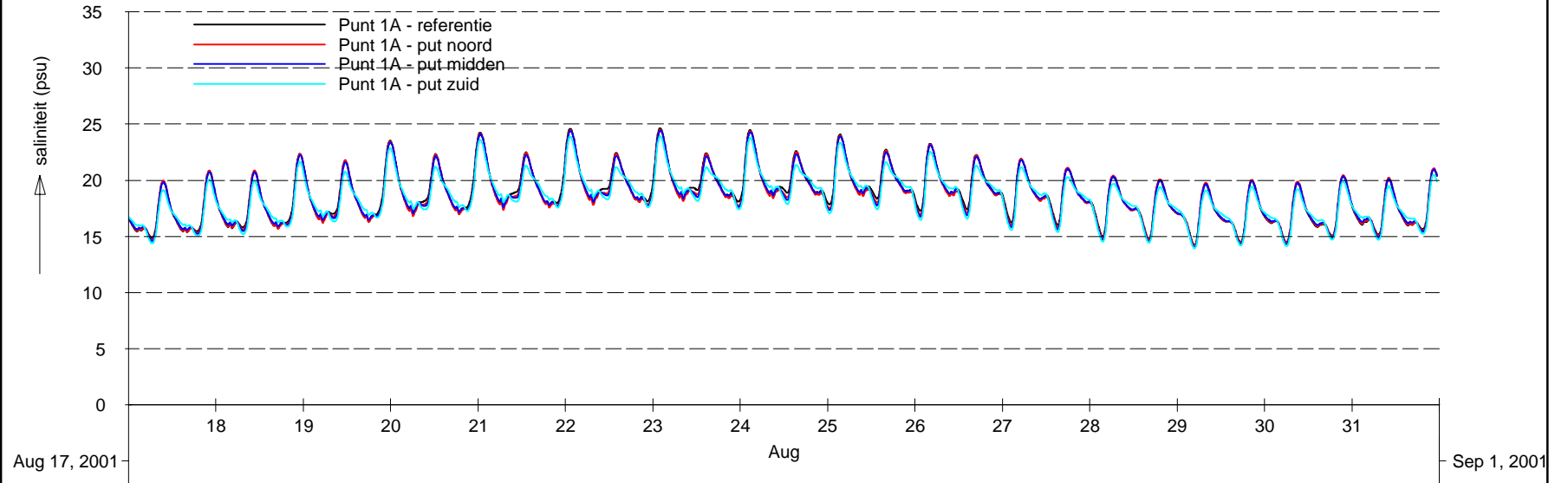
A2062

Alkyon

Fig. 6.9

d35...d38

augustus 2001



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteiten in Punt 1A en 1C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOJTWINNING WADDENZEE

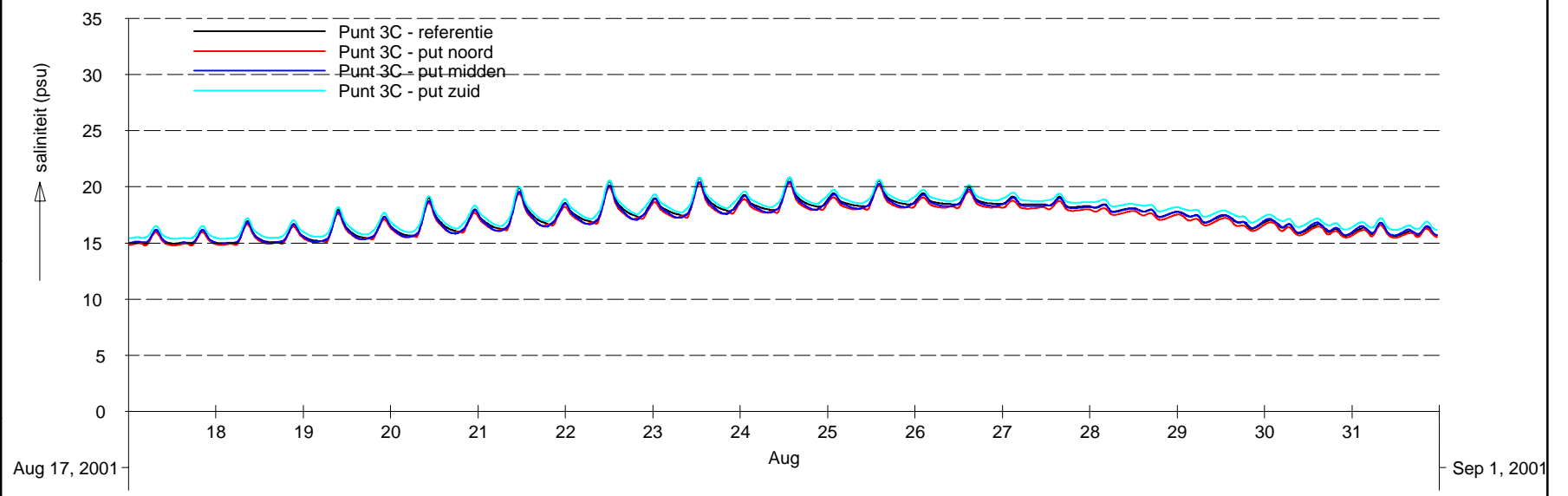
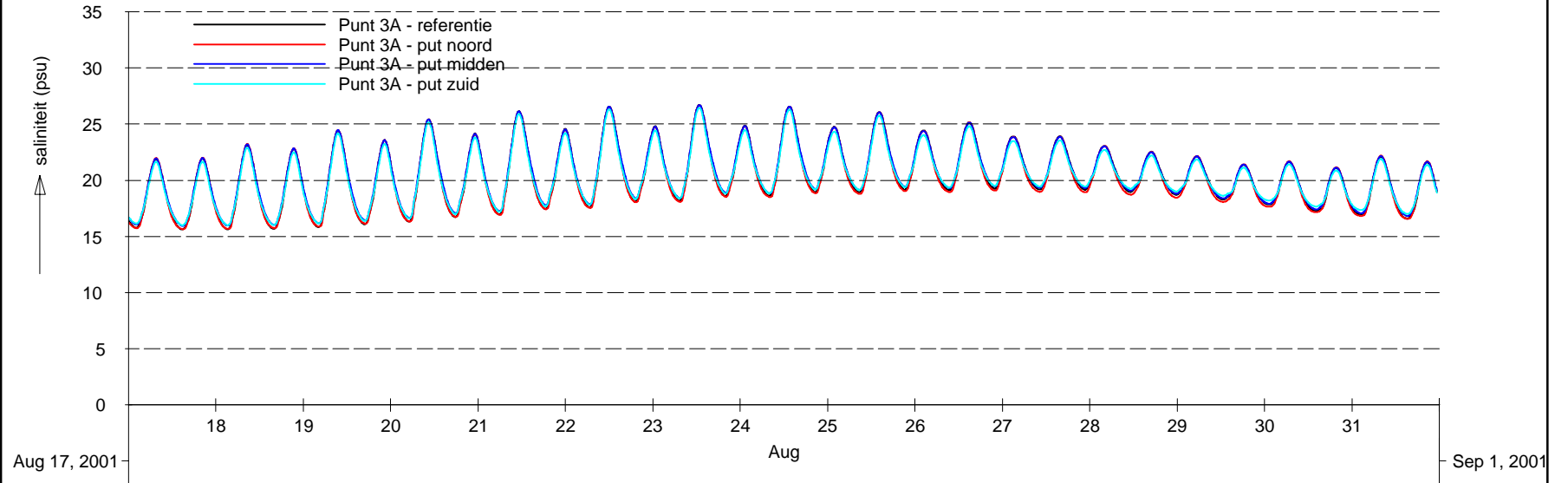
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6:10



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteiten in Punt 3A en 3C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOJTWINNING WADDENZEE

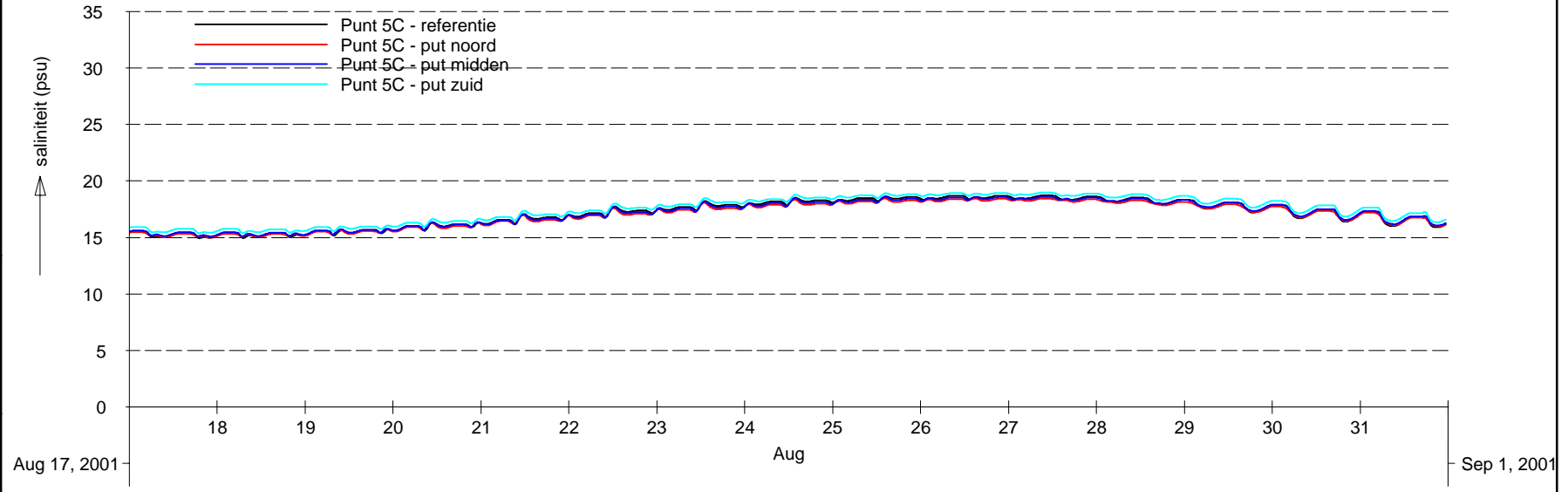
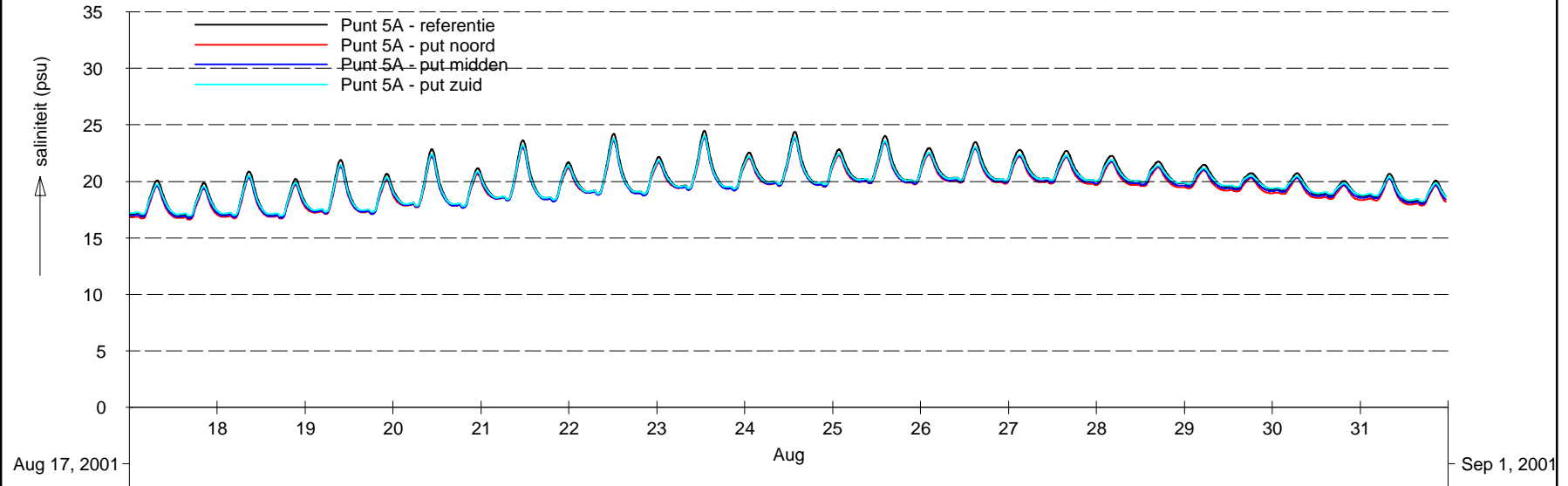
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6.11



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteiten in Punt 5A en 5C

Resultaten voor referentie en putten

MER STUDIE ZOJTWINNING WADDENZEE

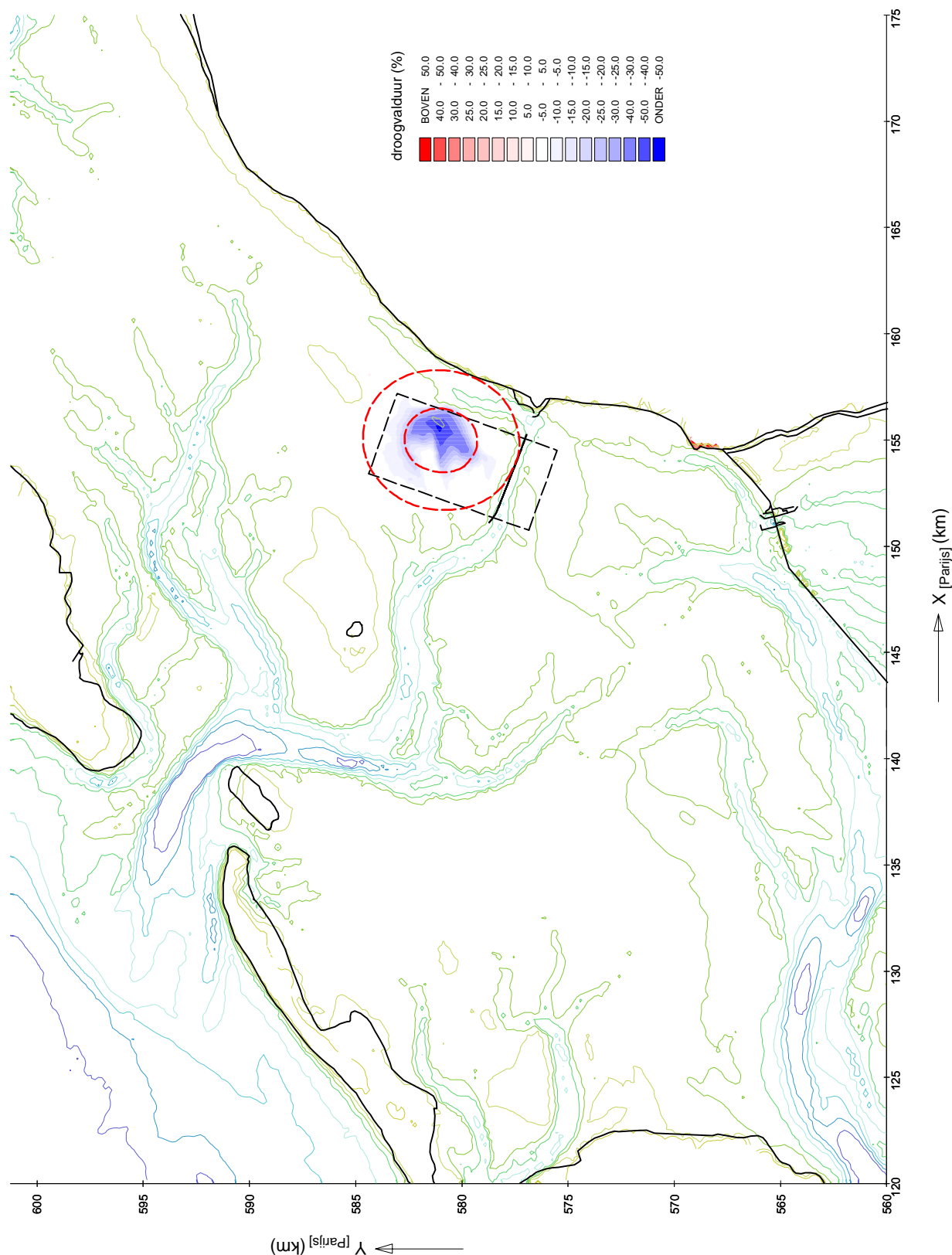
d35...d38

augustus 2001

A2062

Alkyon

Fig. 6.12



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

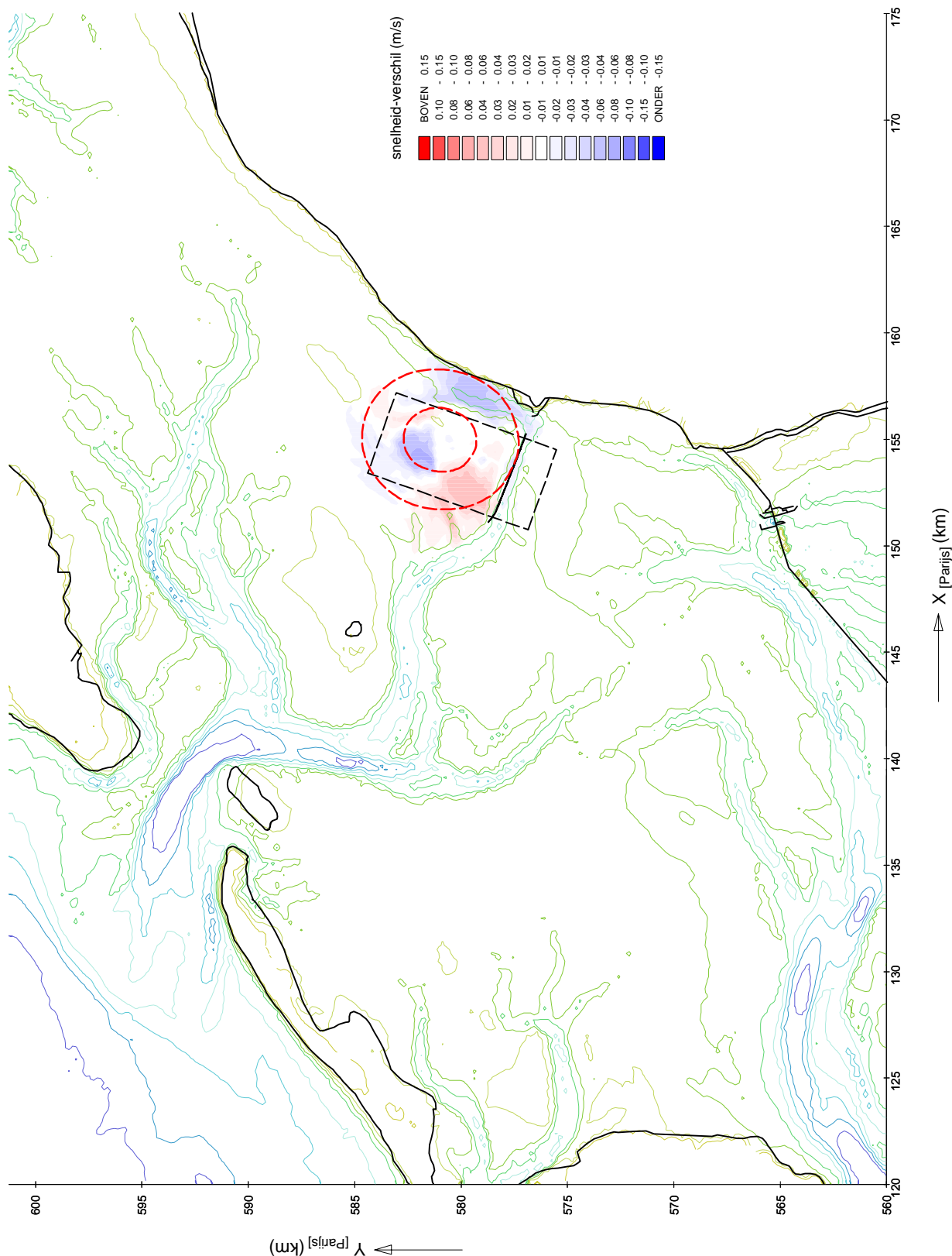
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

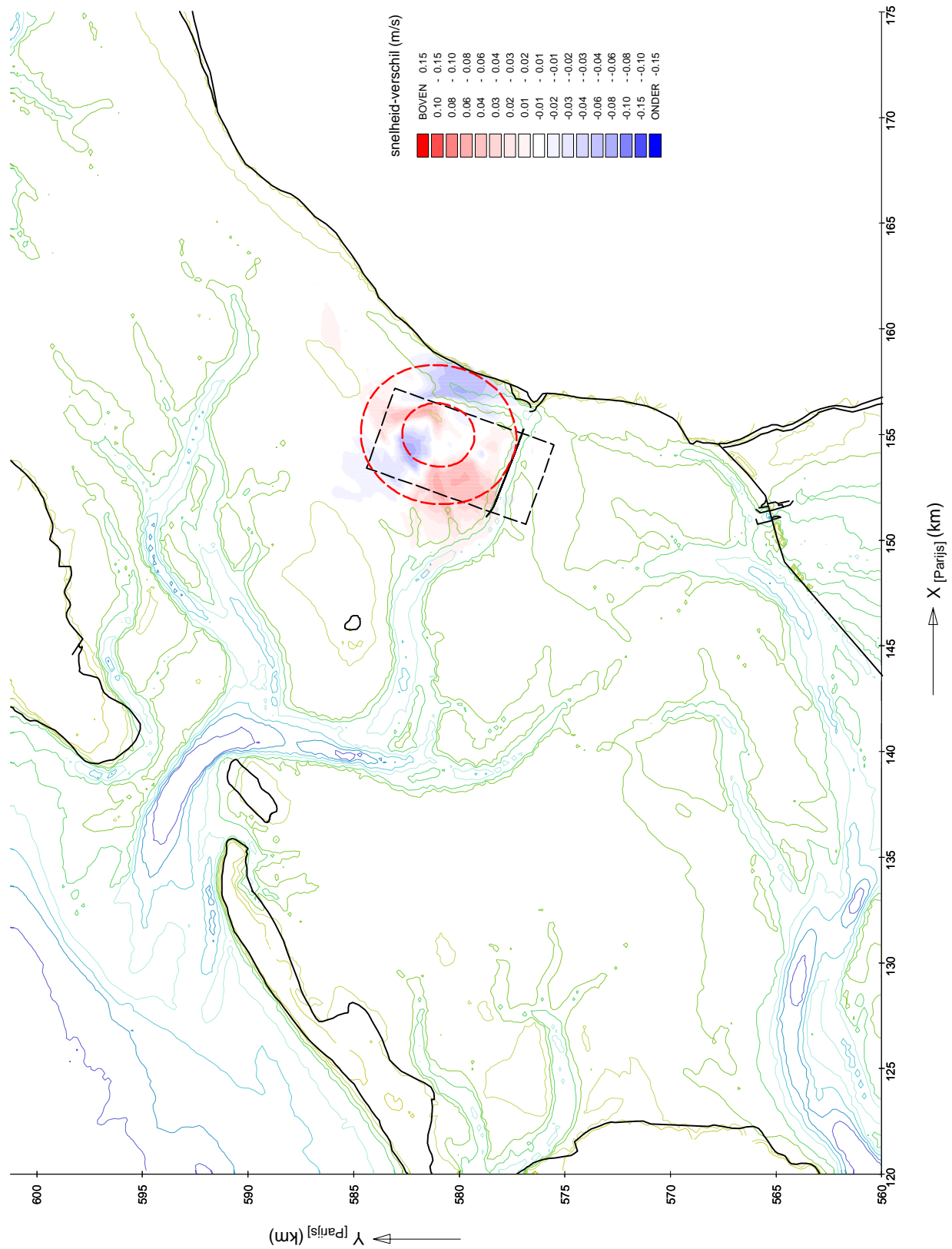
Alkyon

Fig. 6.13



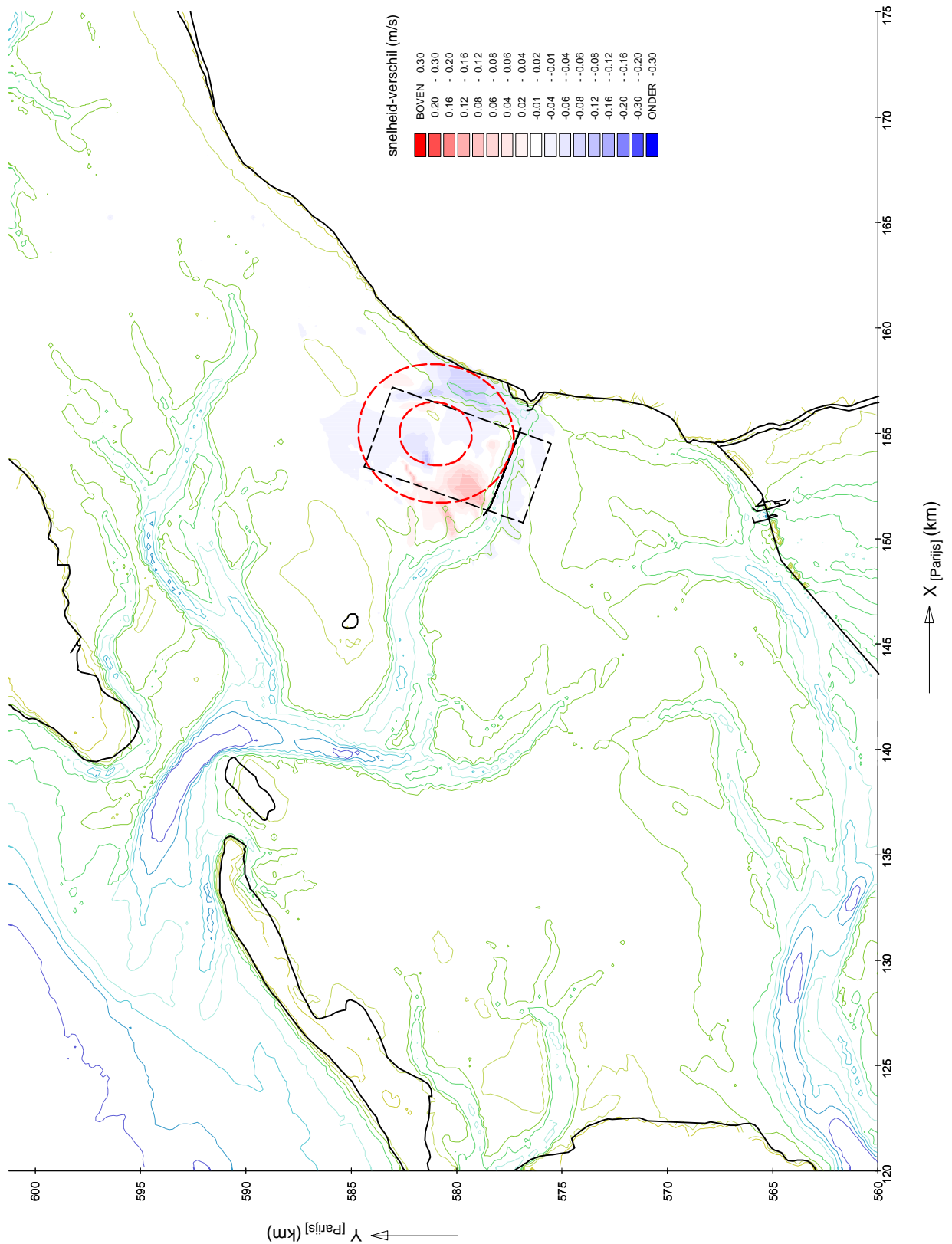
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



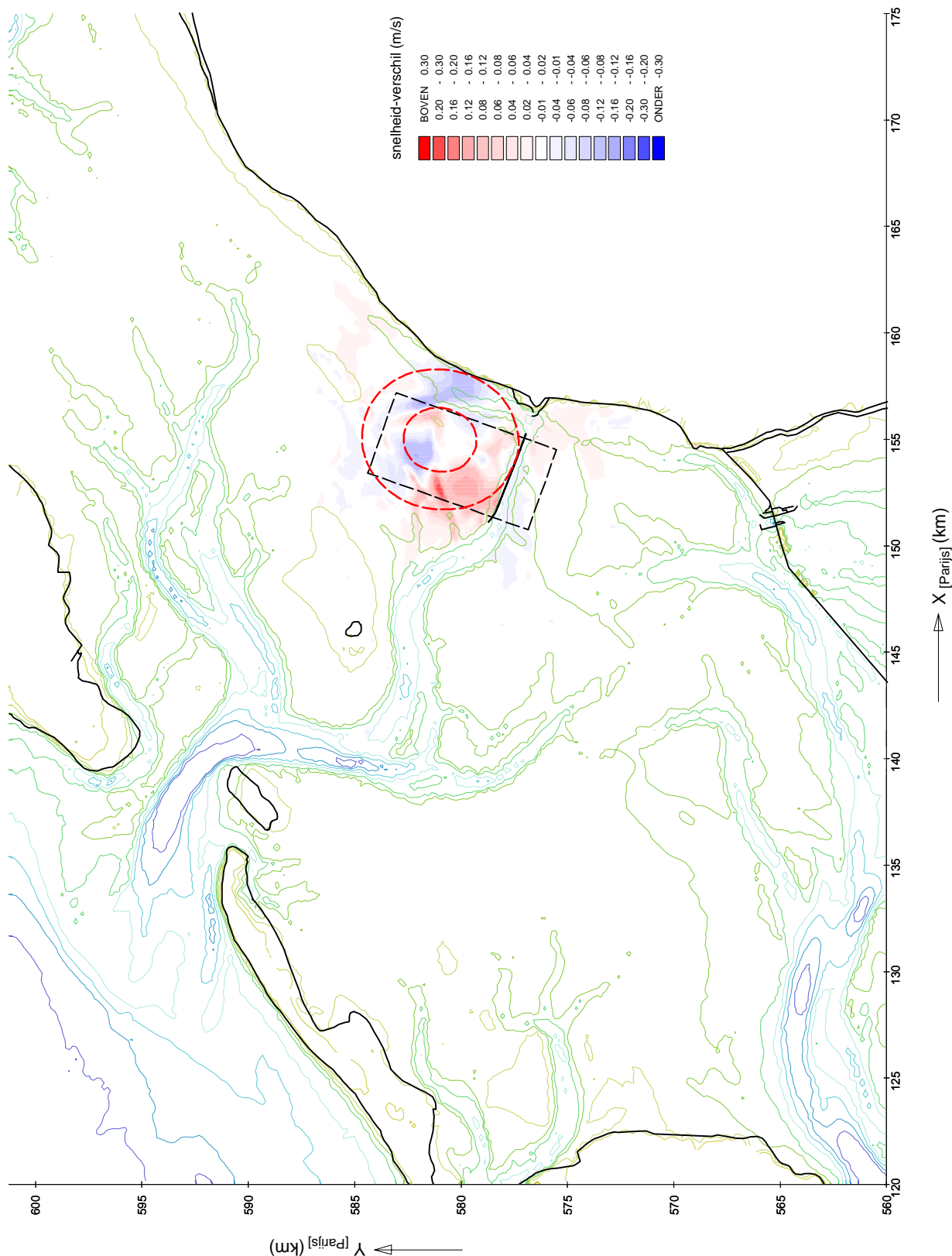
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



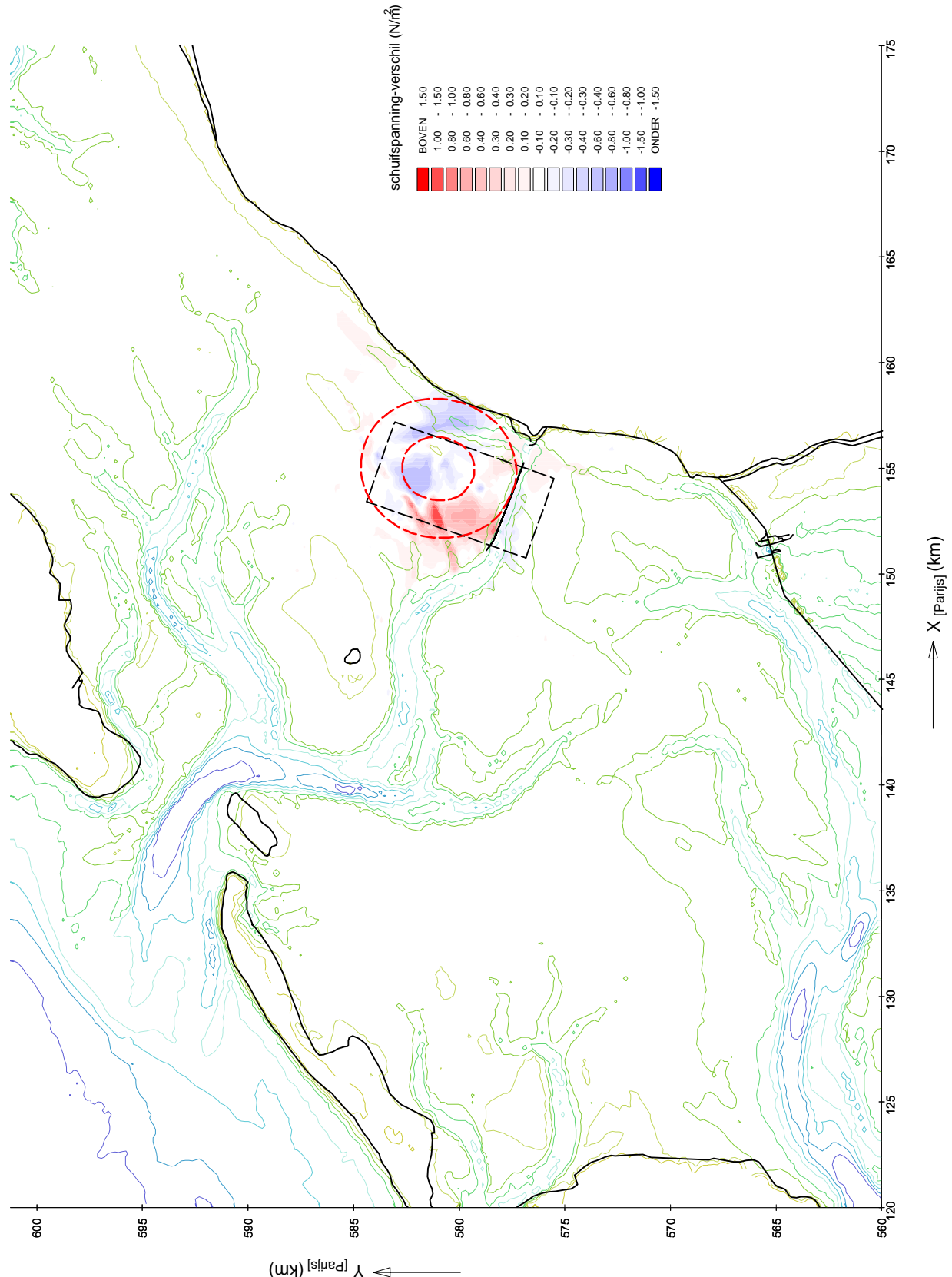
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



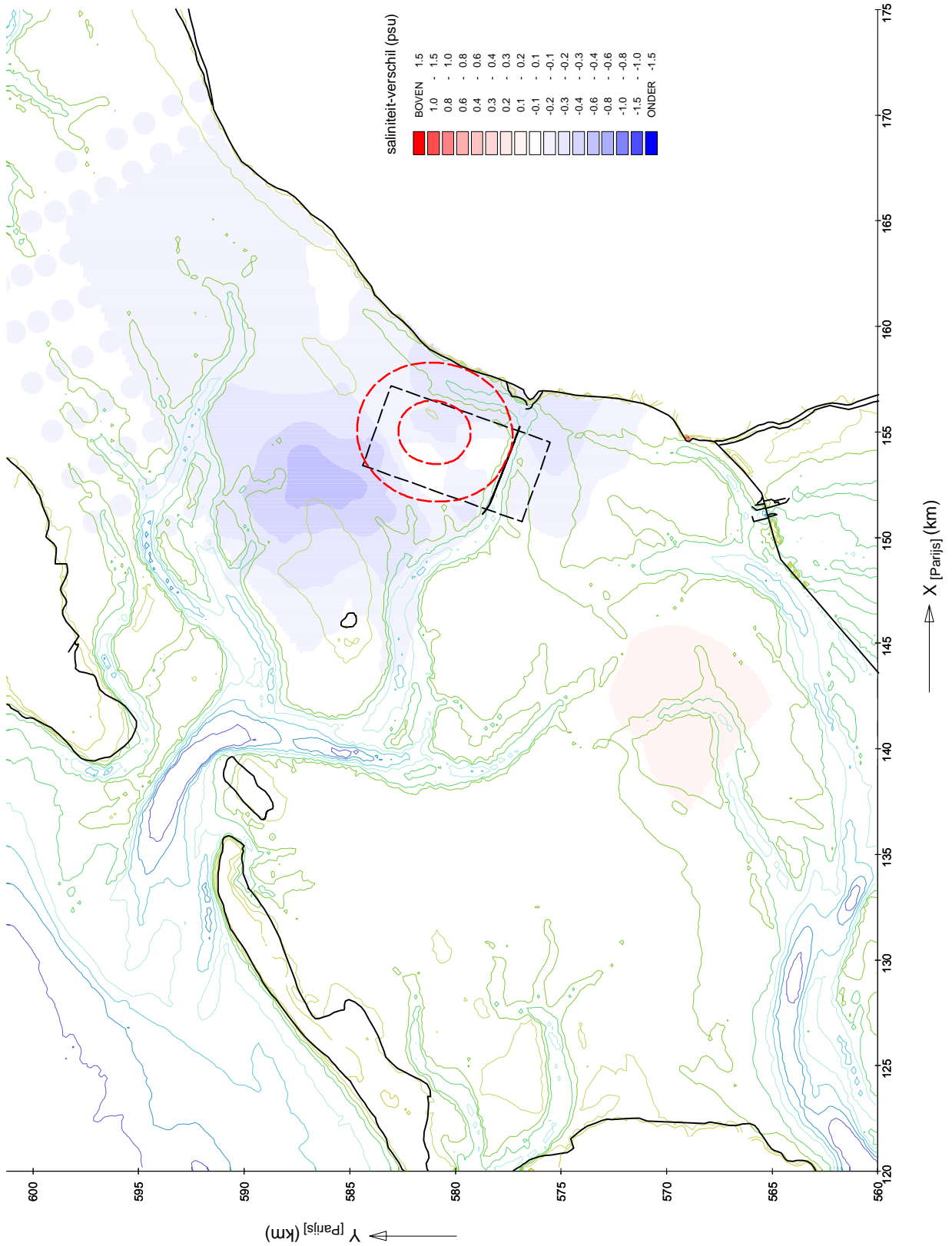
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



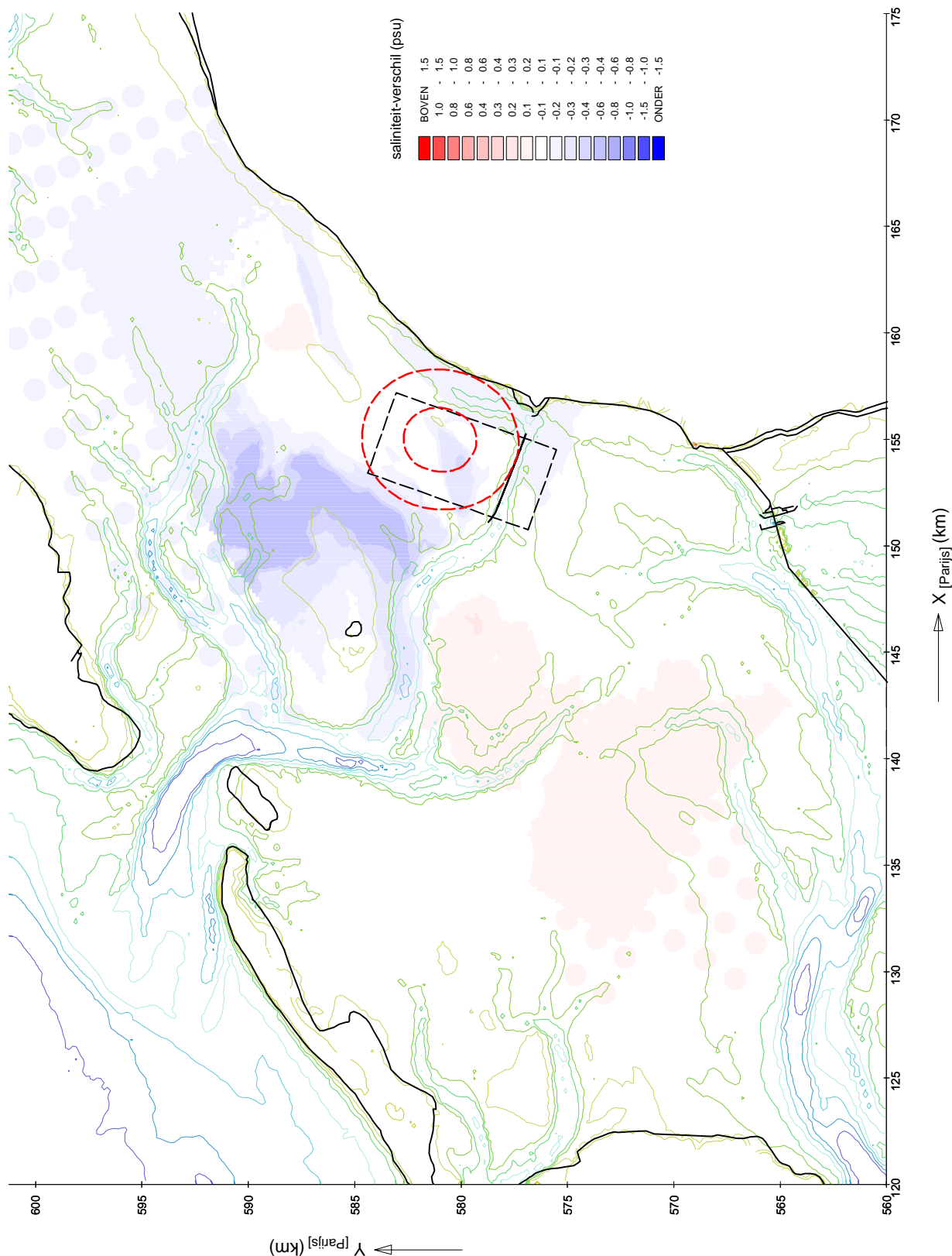
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-noord en referentie

d36-d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

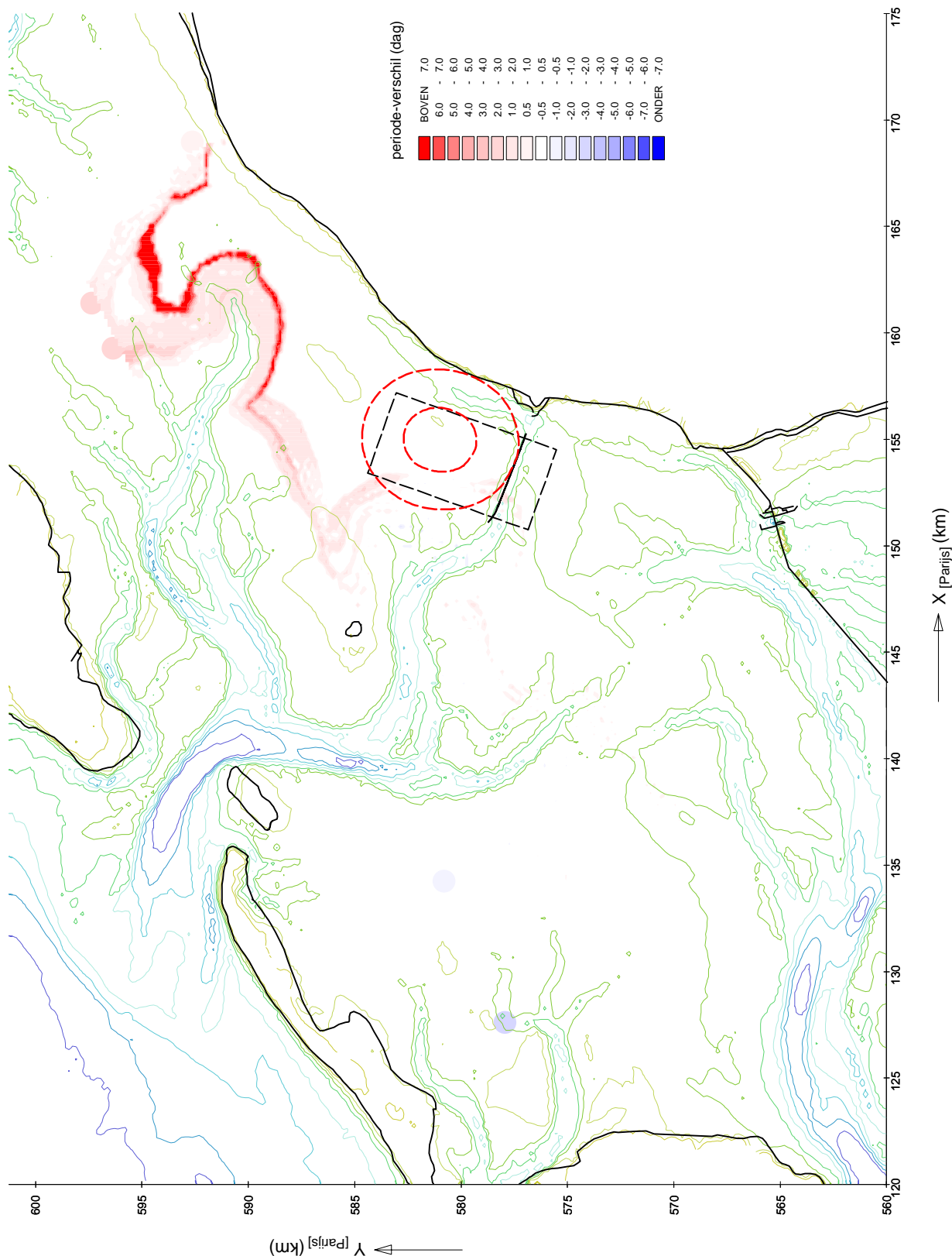
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.20



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

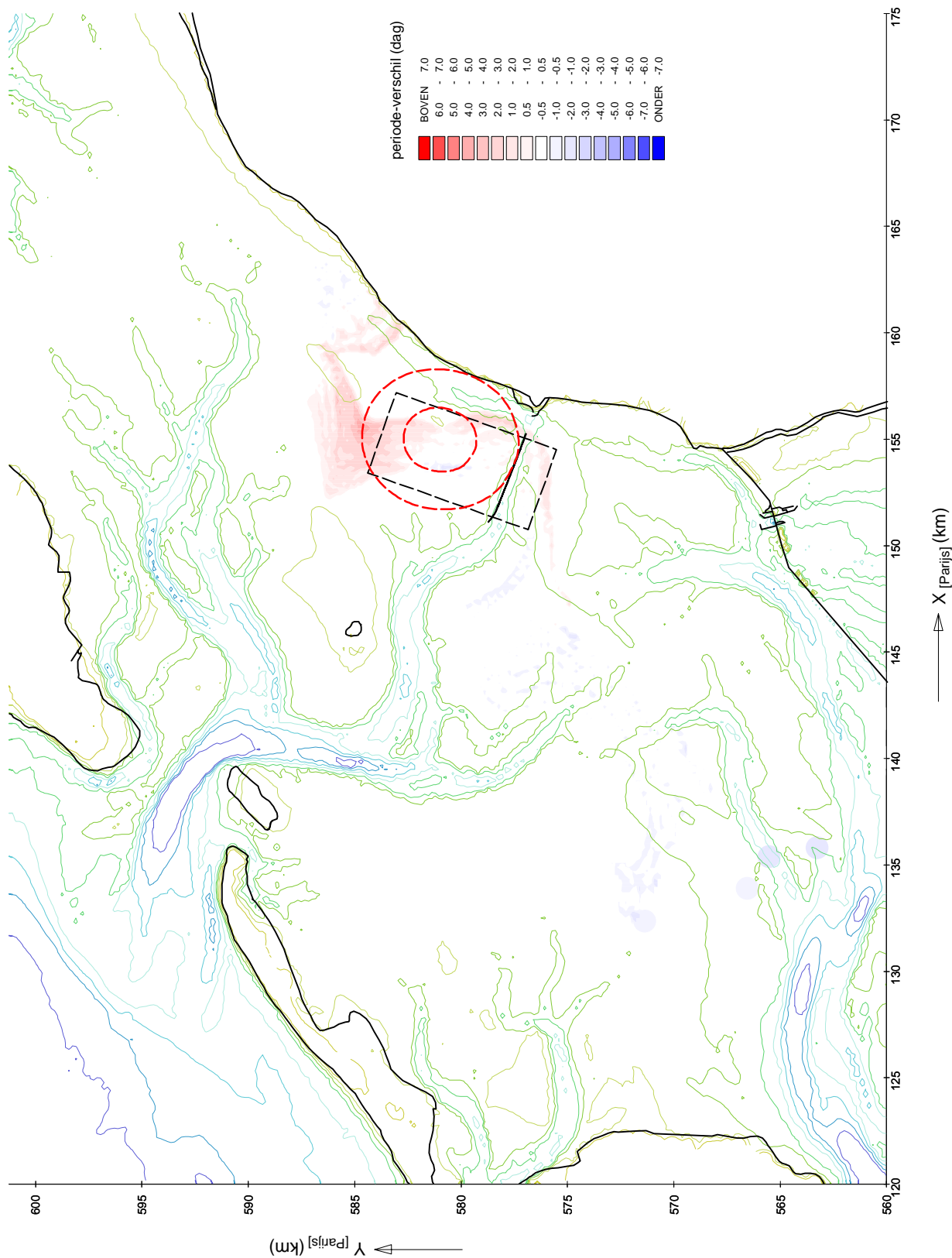
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.21



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

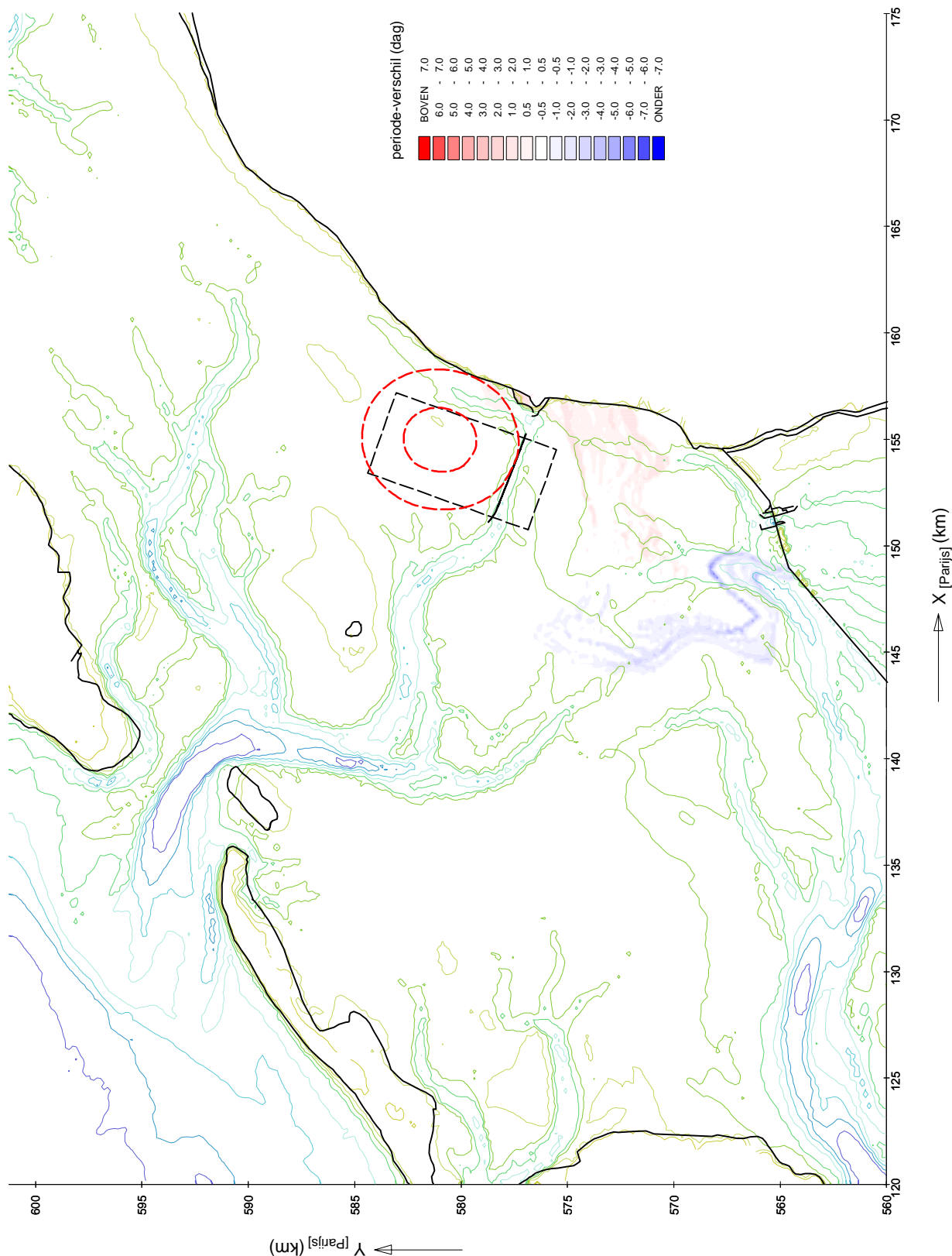
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.22



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

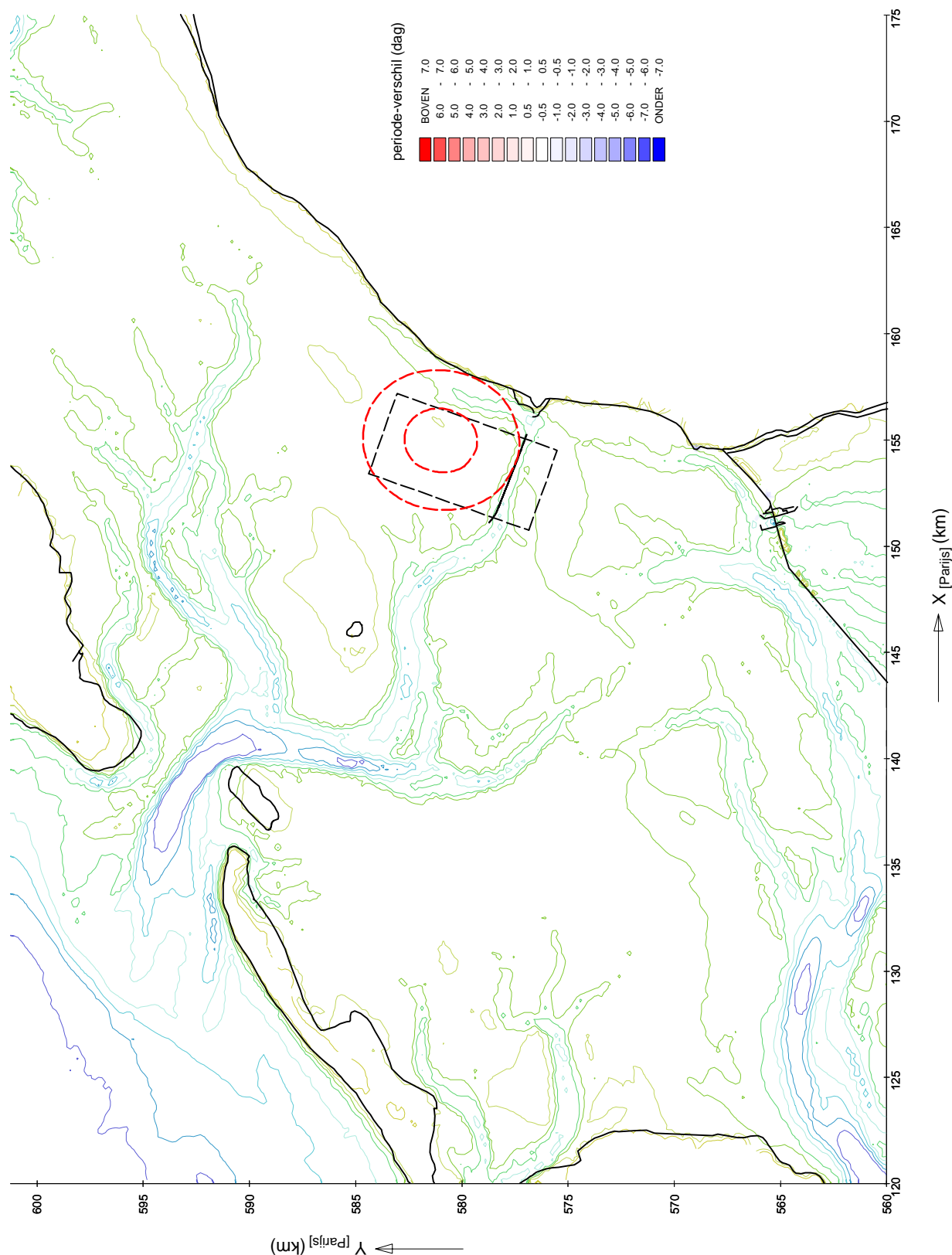
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.23



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

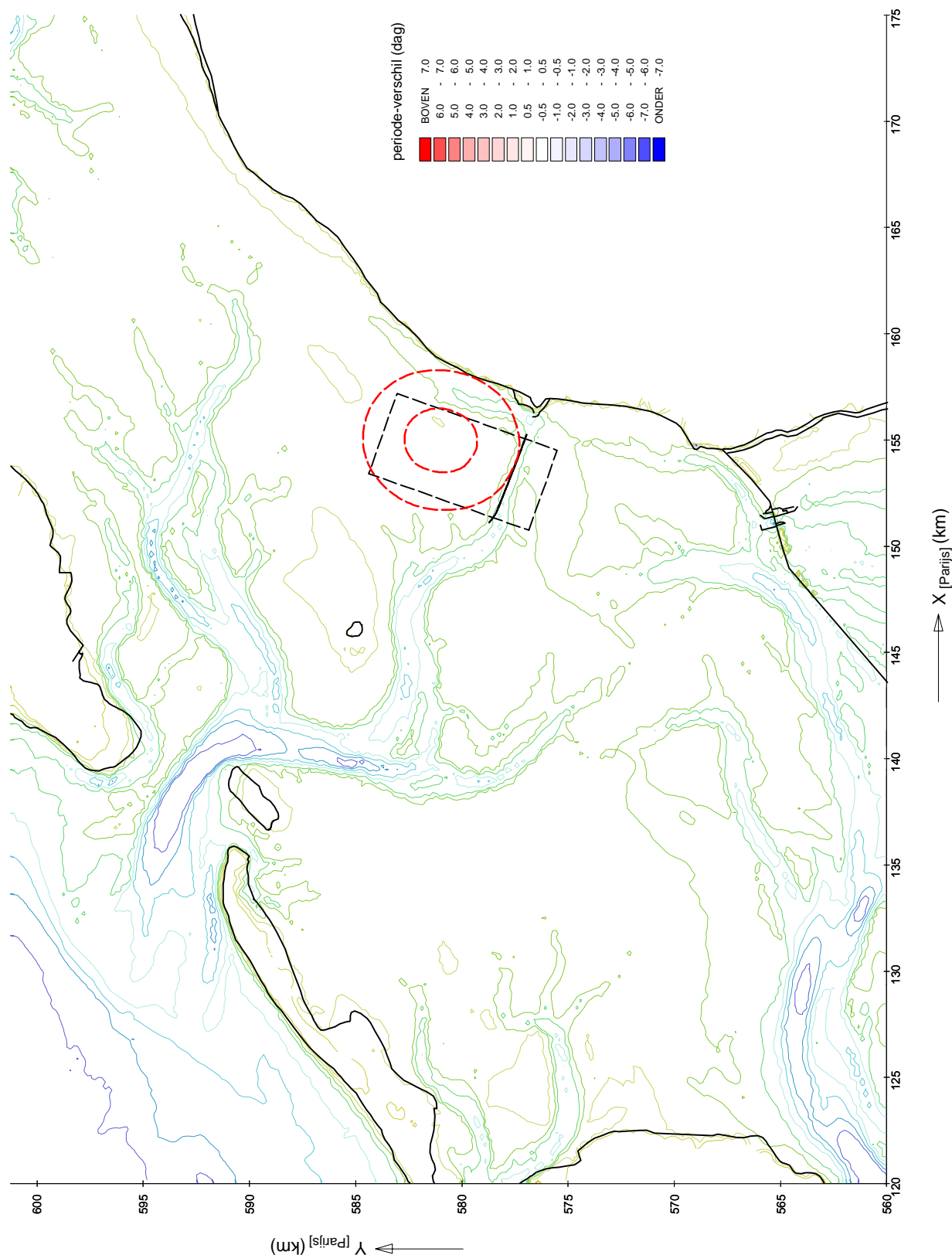
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.24



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-noord en referentie

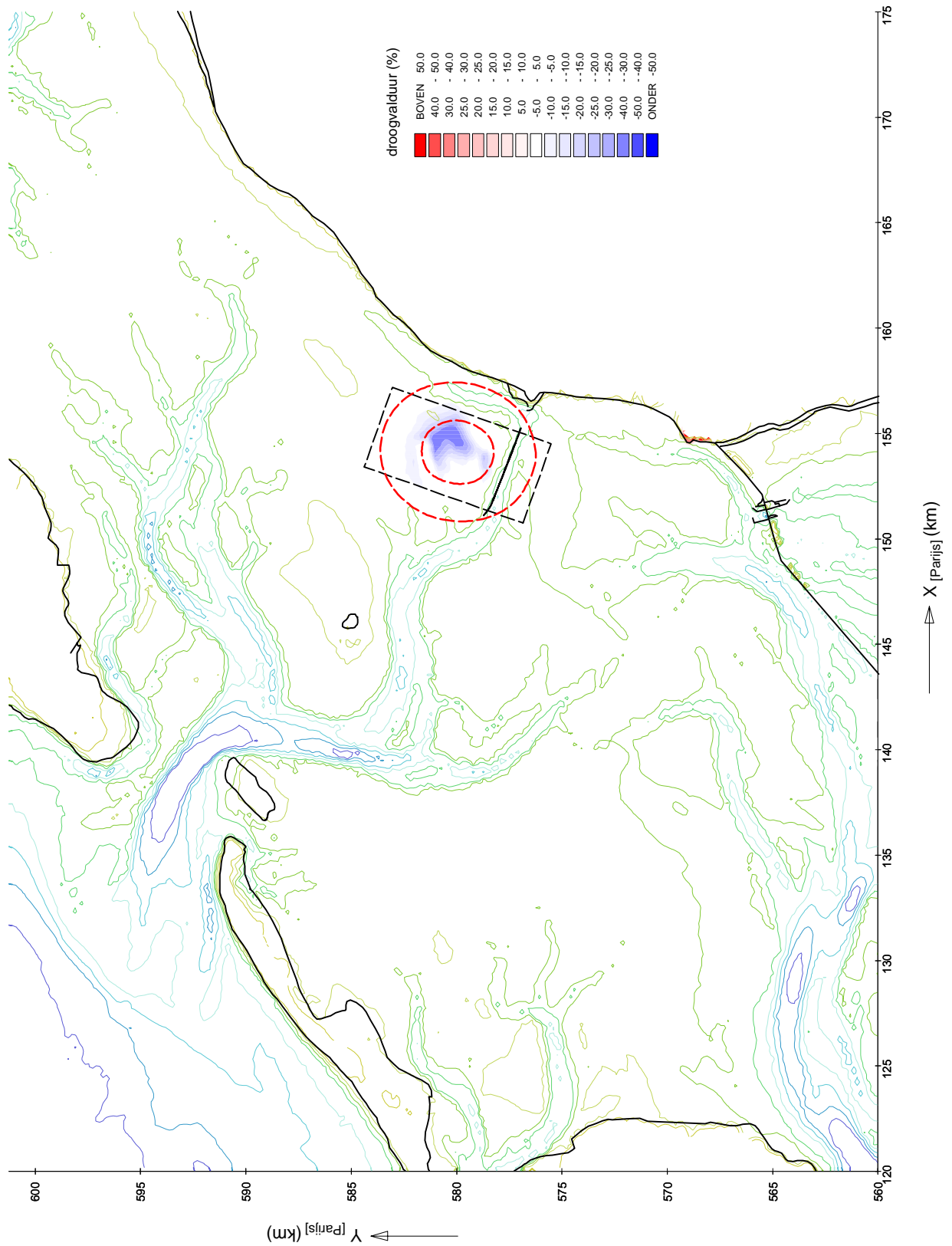
d36-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.25



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

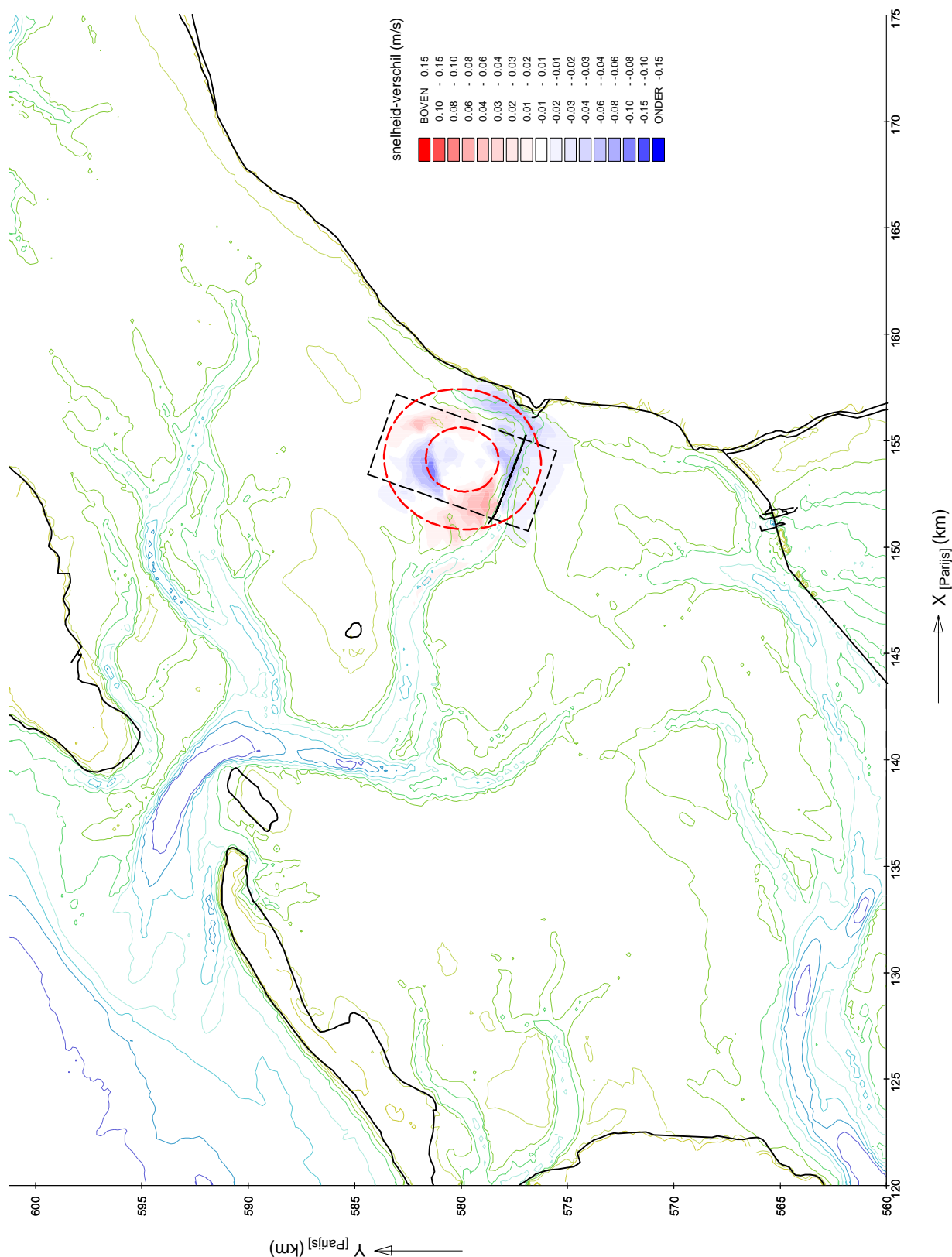
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

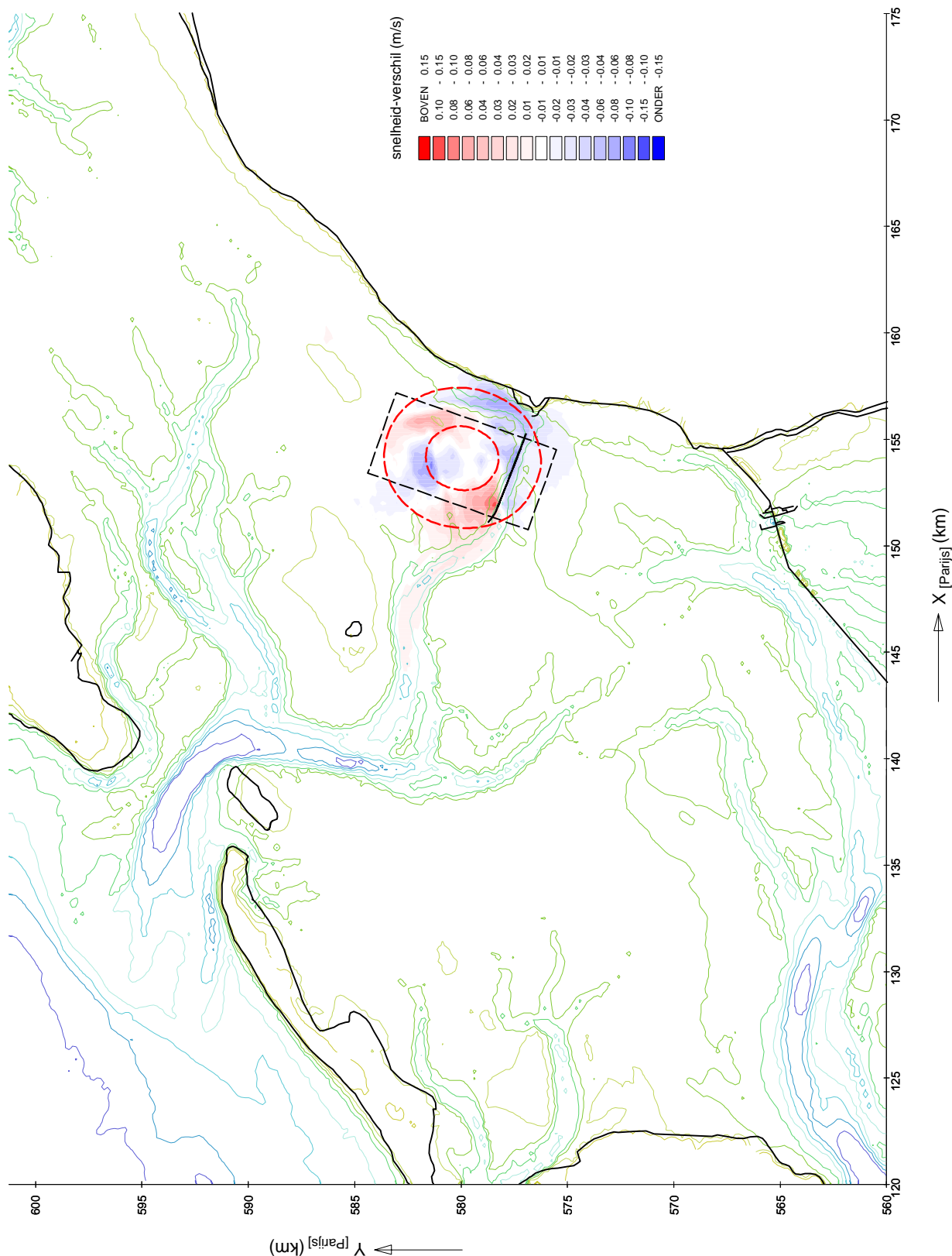


Fig. 6.26



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d37-d35



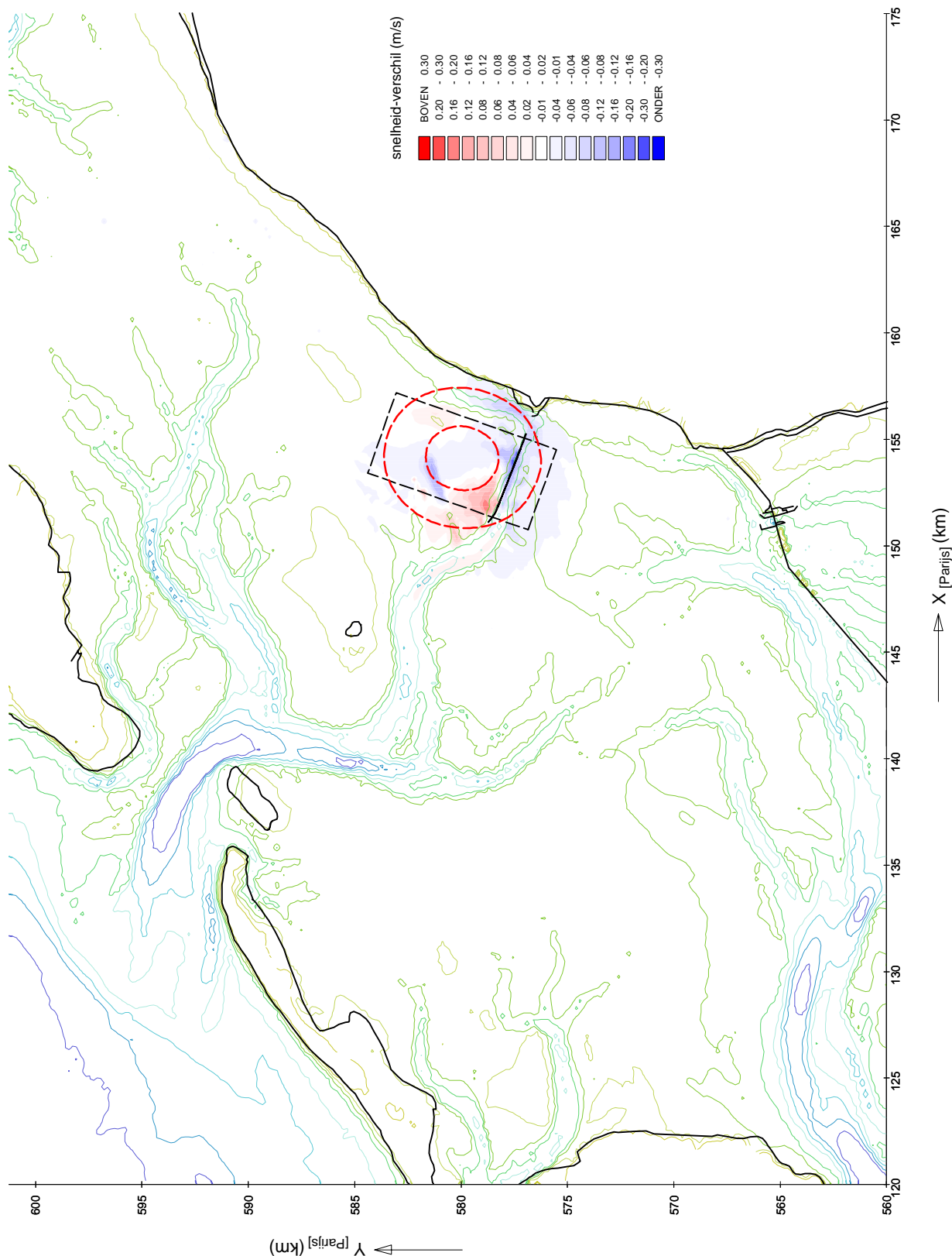
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

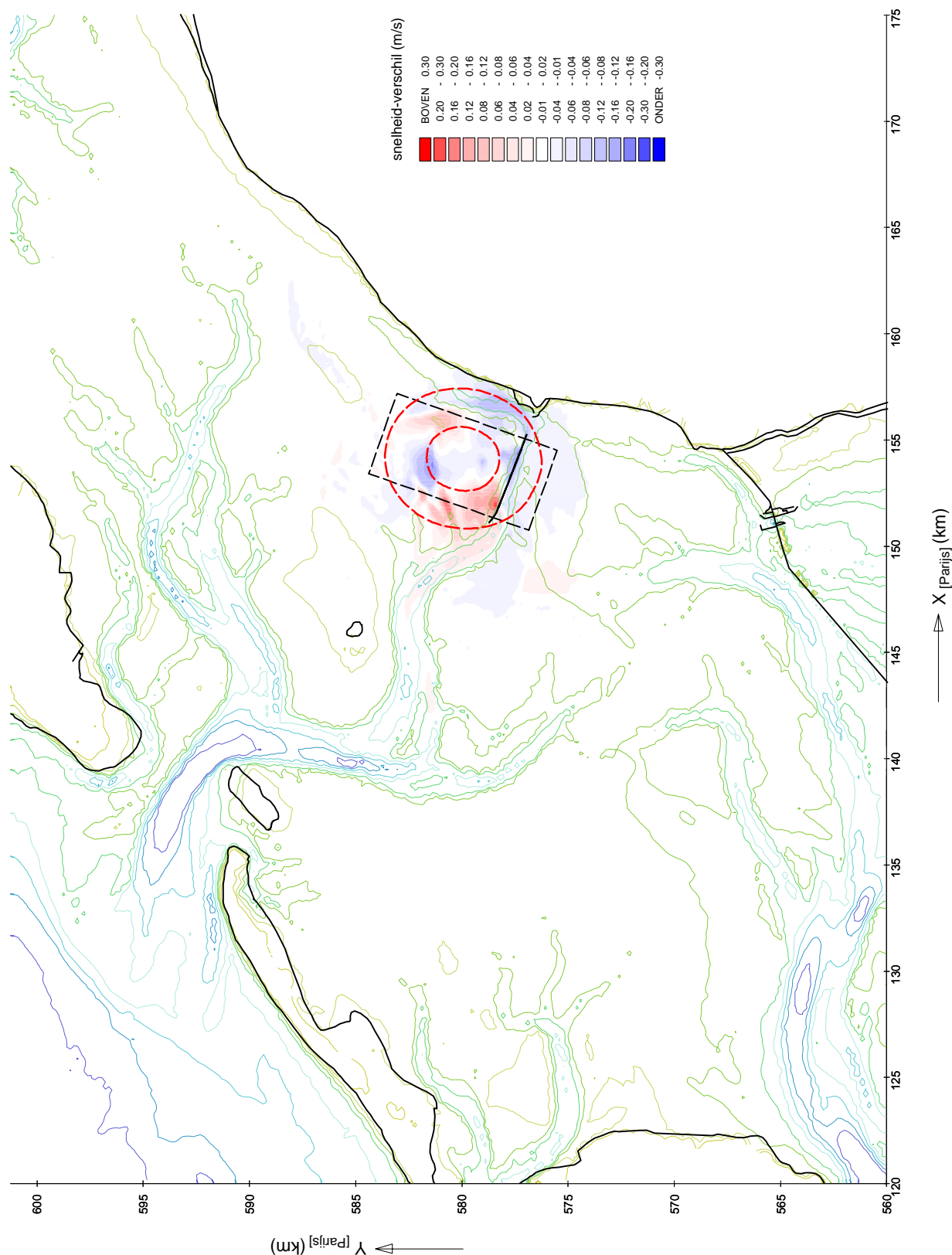
A2062  Alkyon

Fig. 6.28



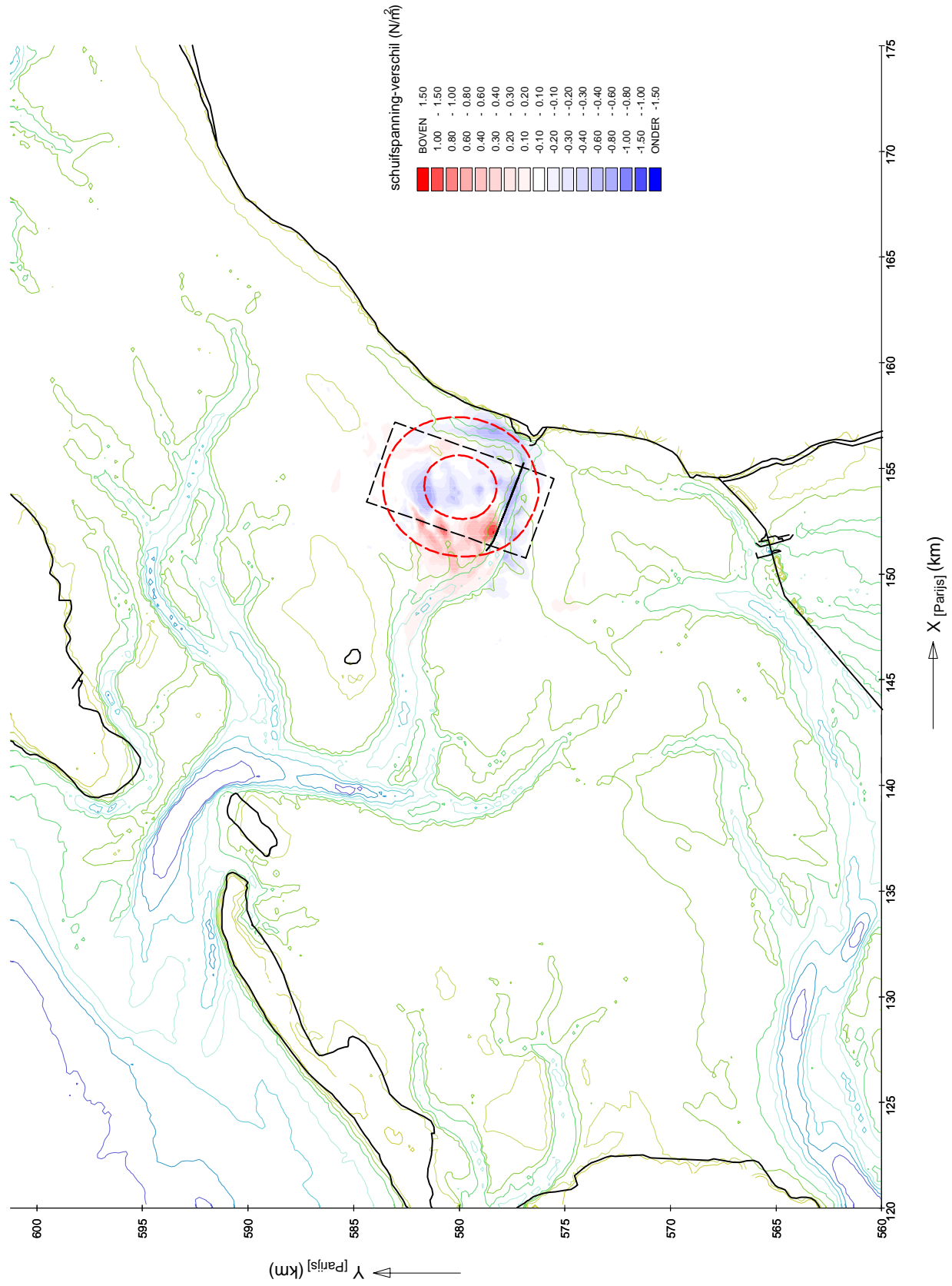
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d37-d35



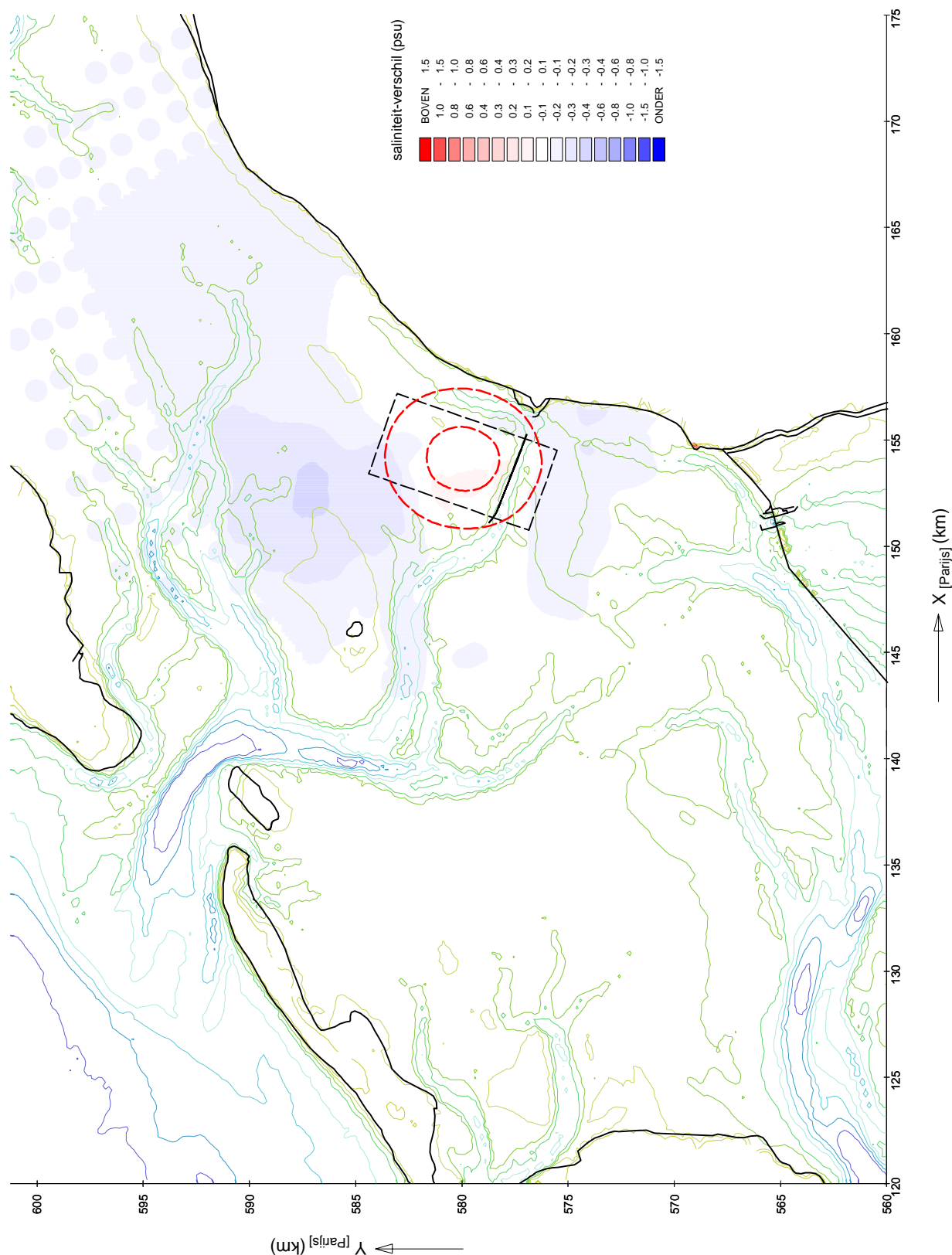
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d37-d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

d37-d35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

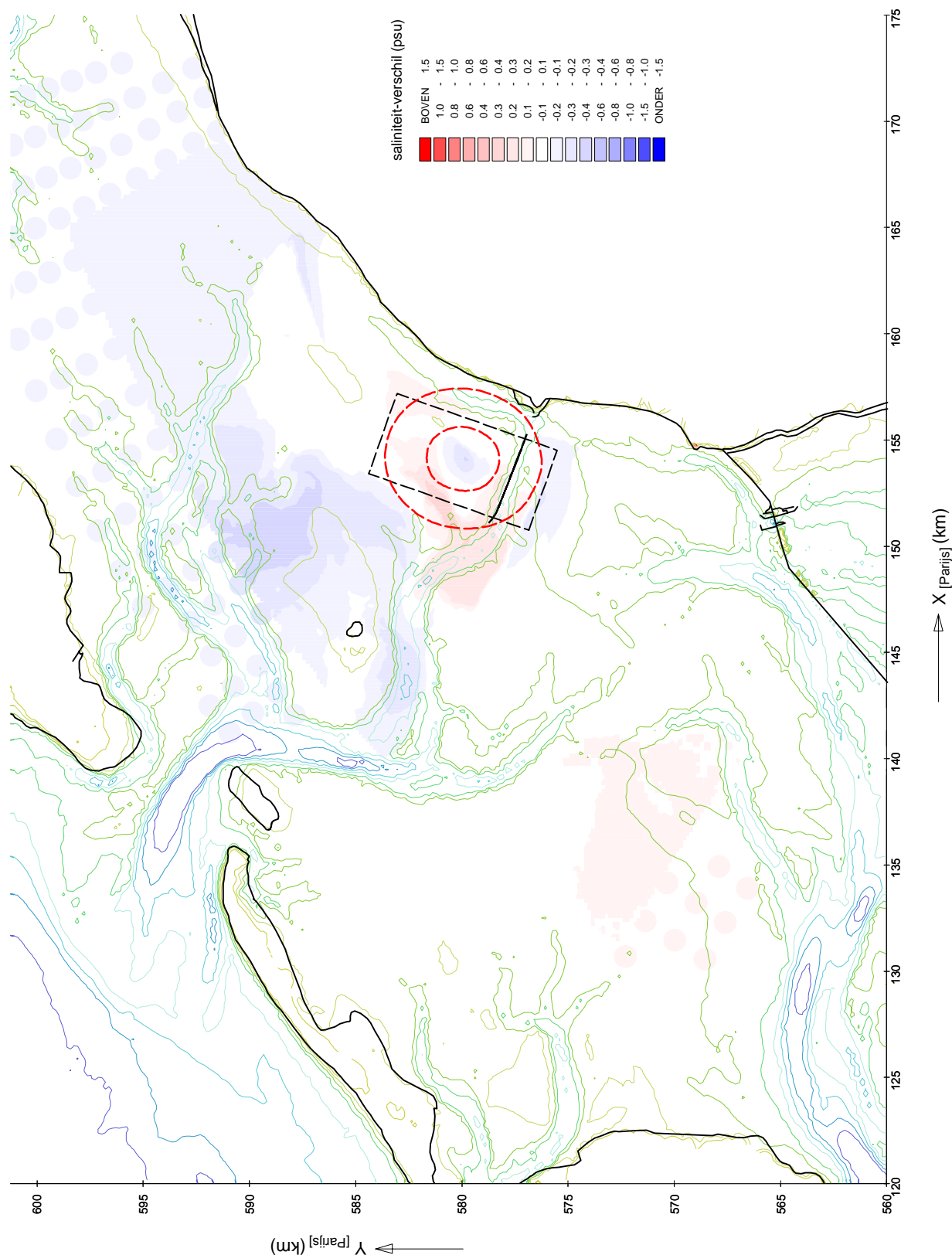
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.32



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

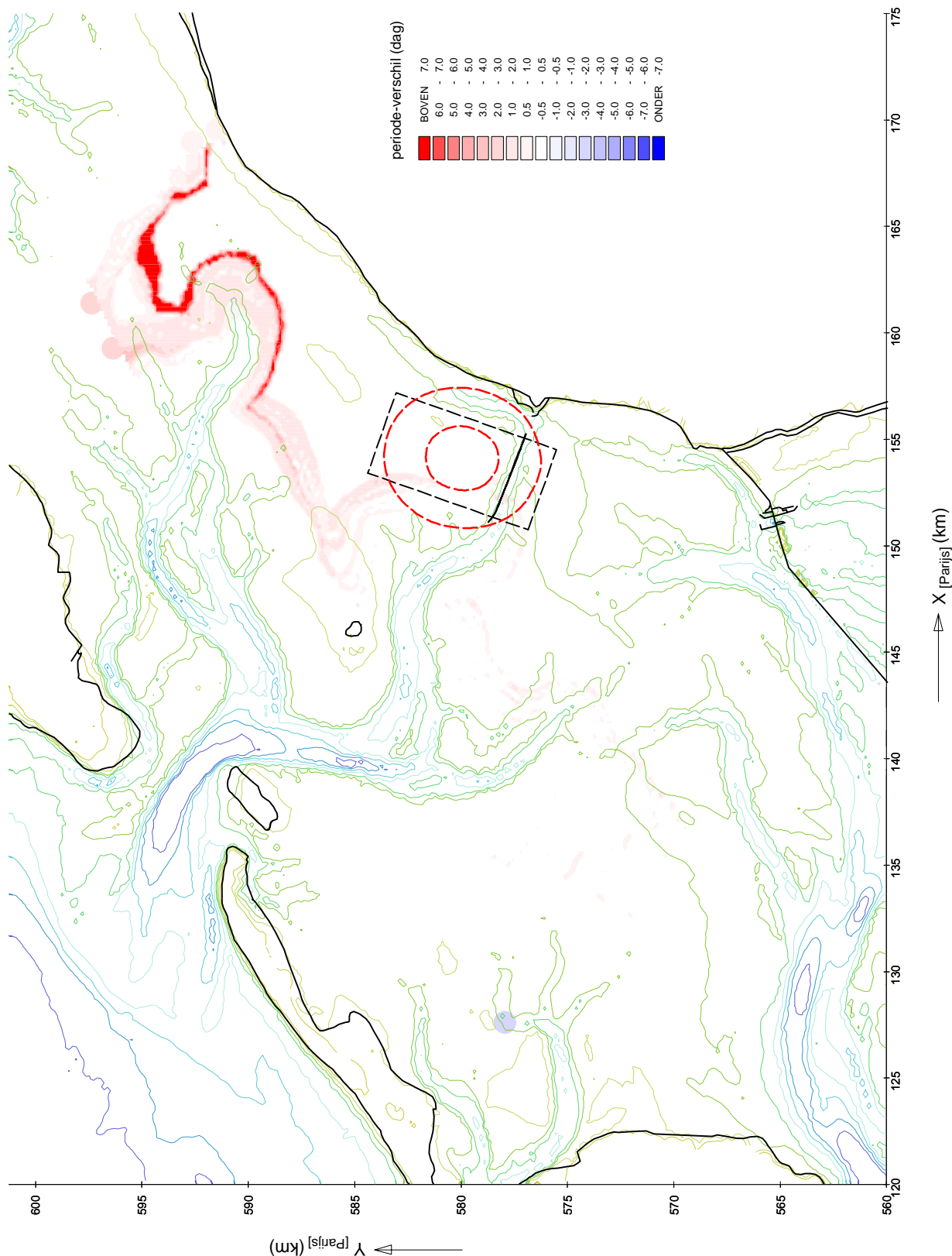
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.33



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

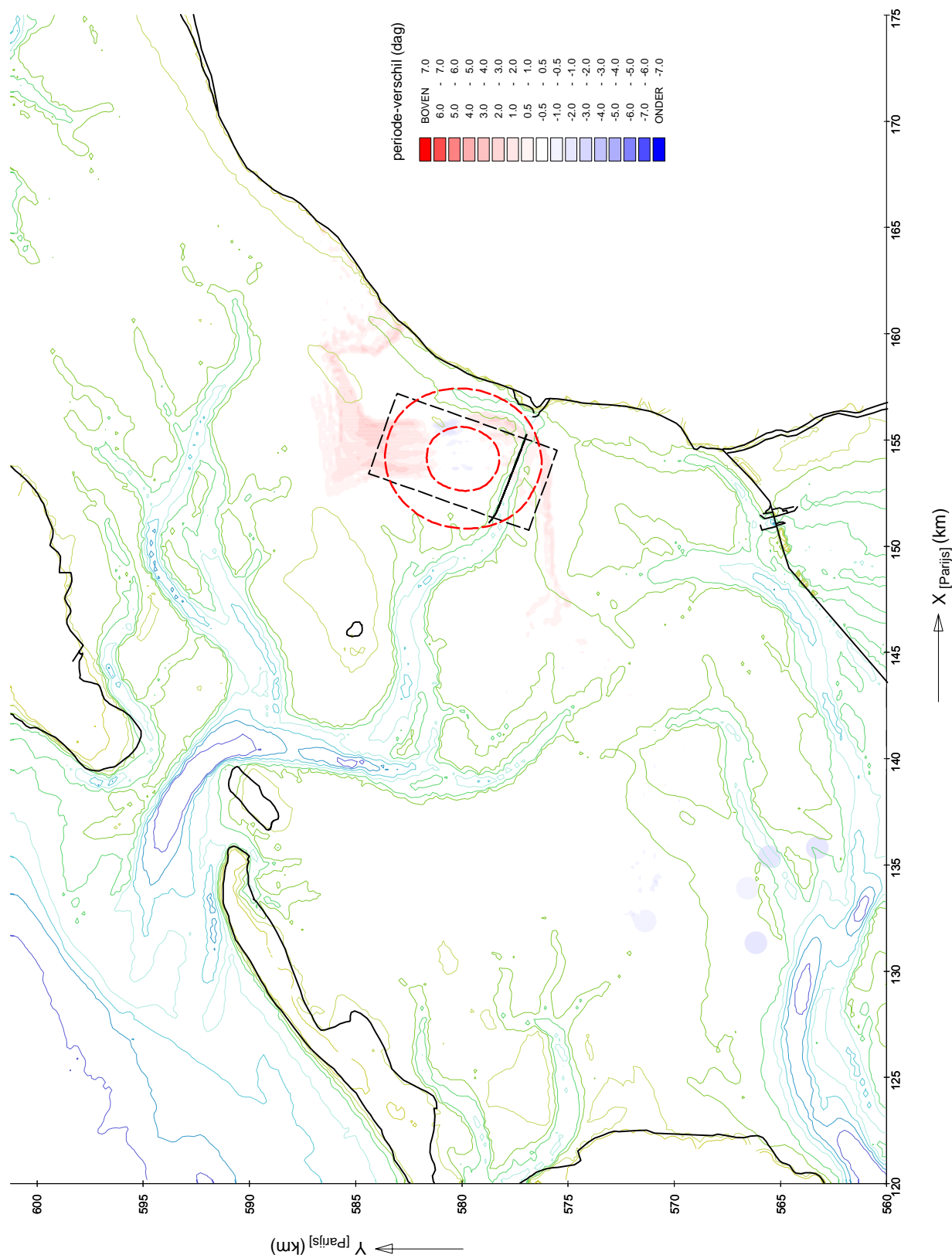
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.34



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

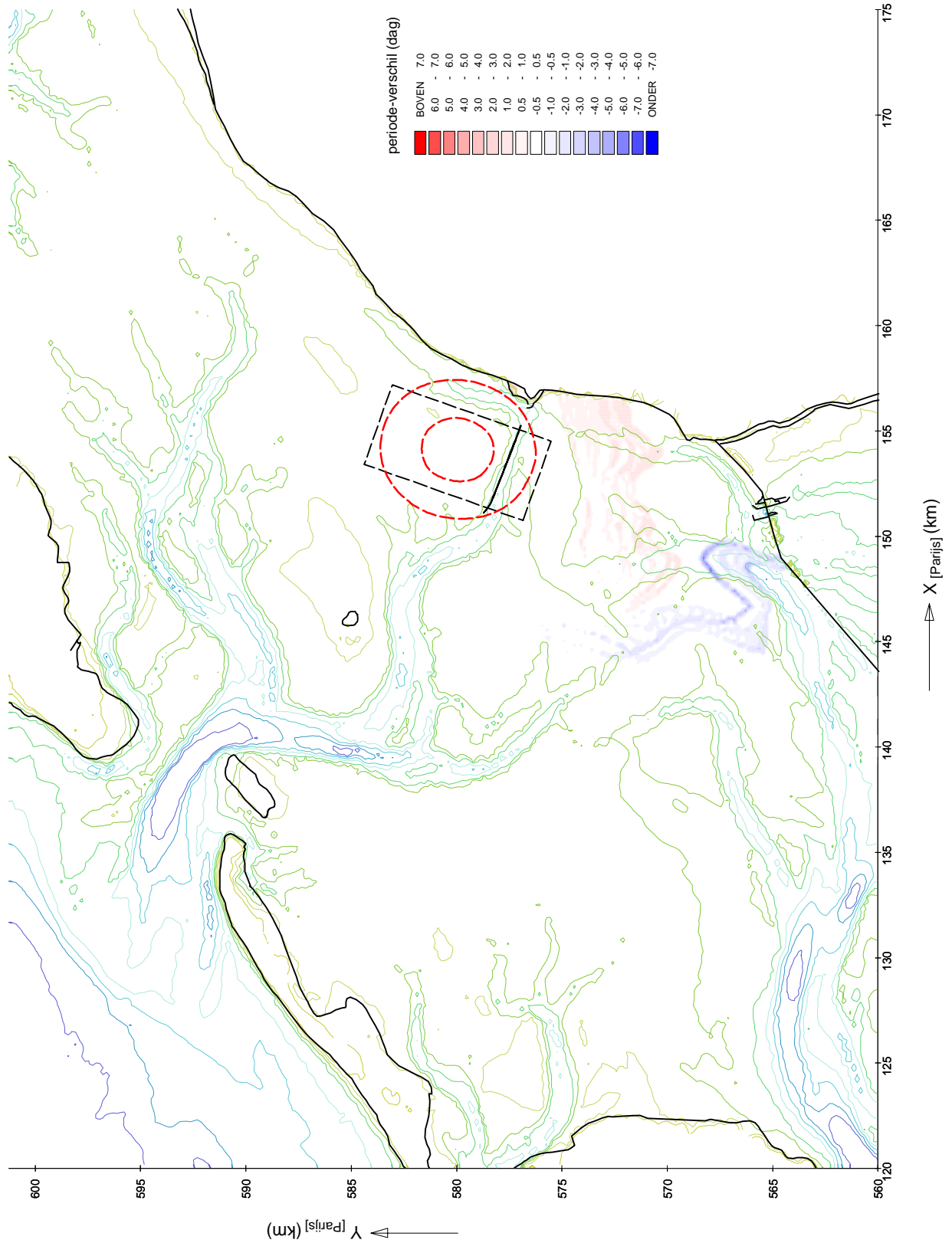
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.35



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-midden en referentie

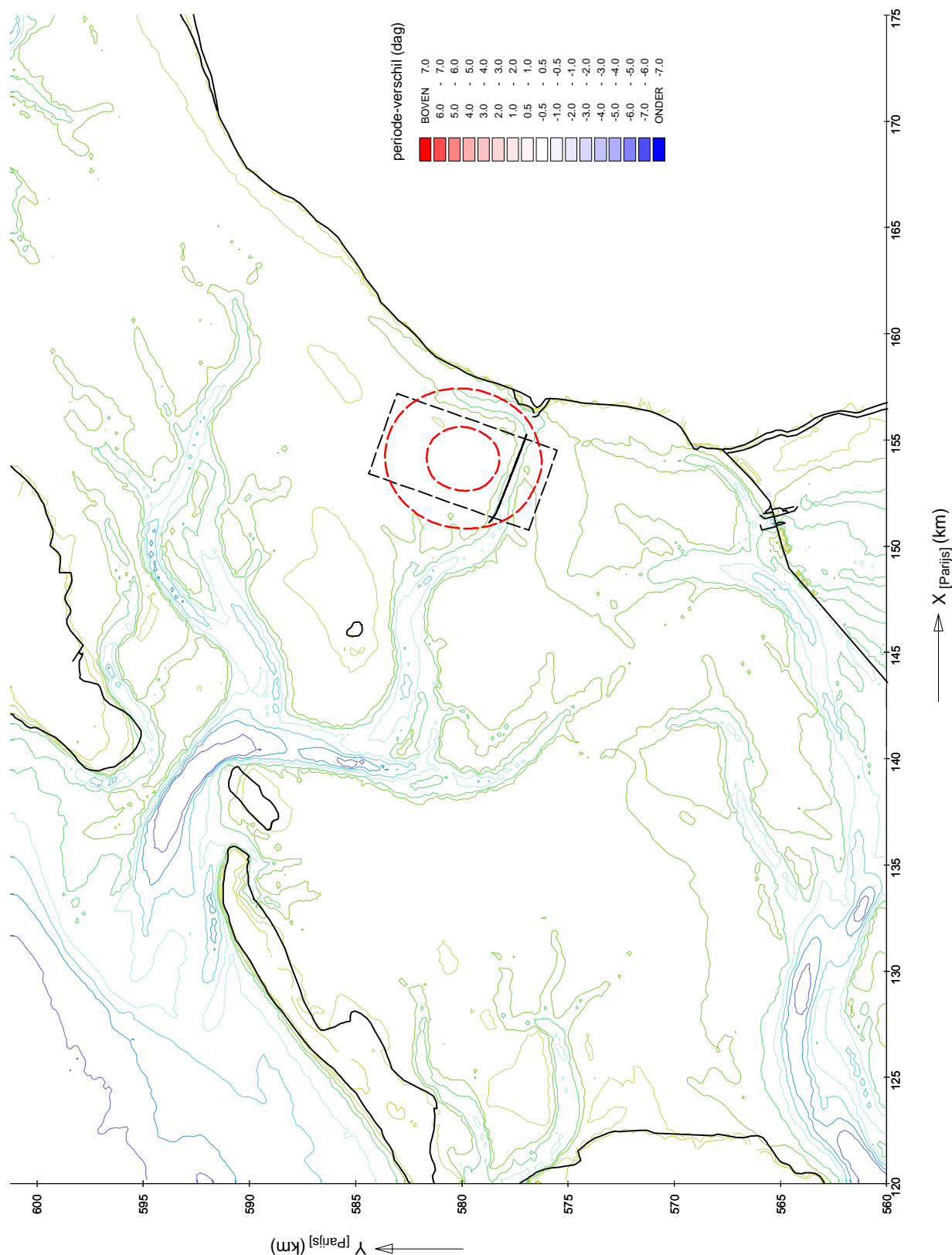
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.36



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

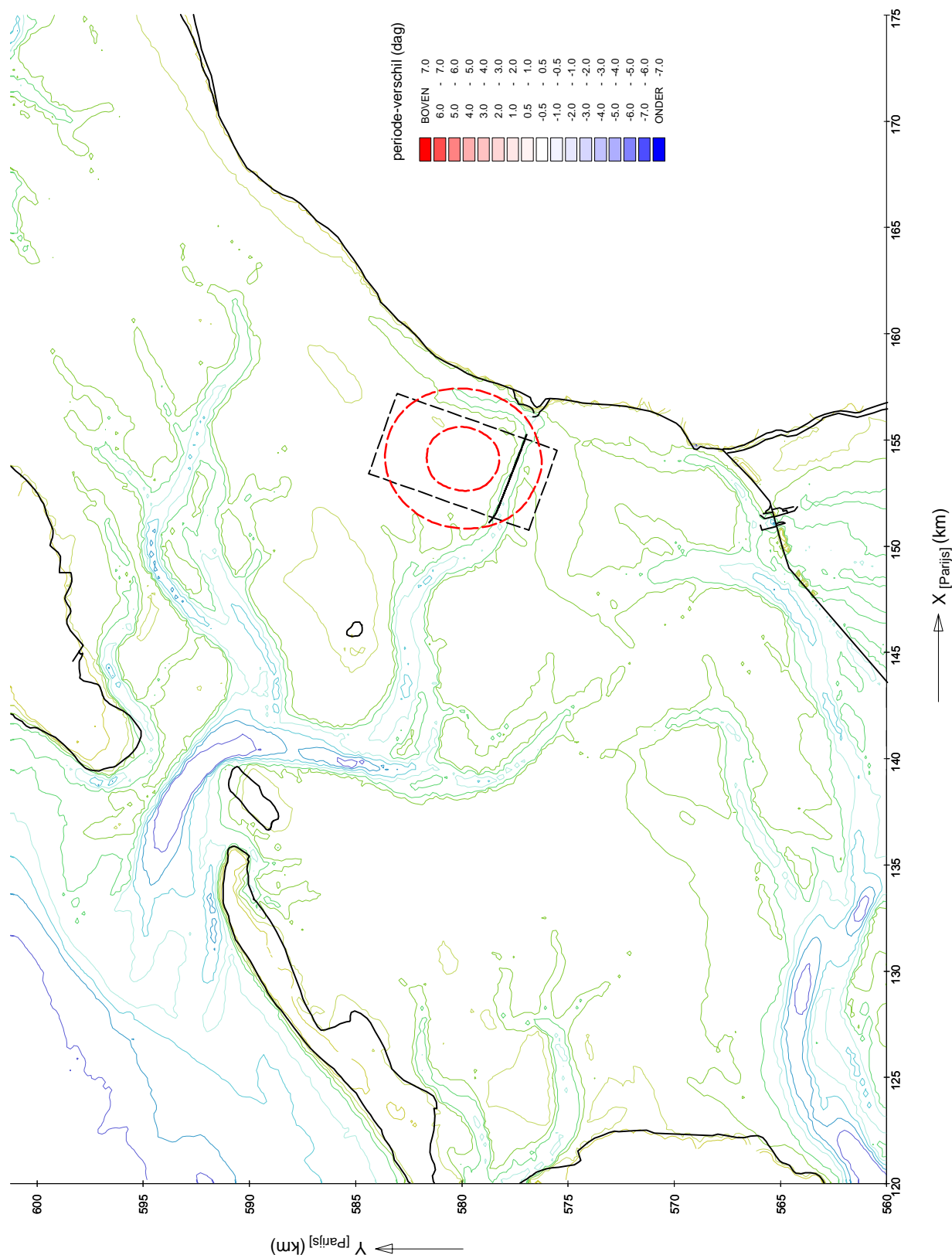
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.37



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-midden en referentie

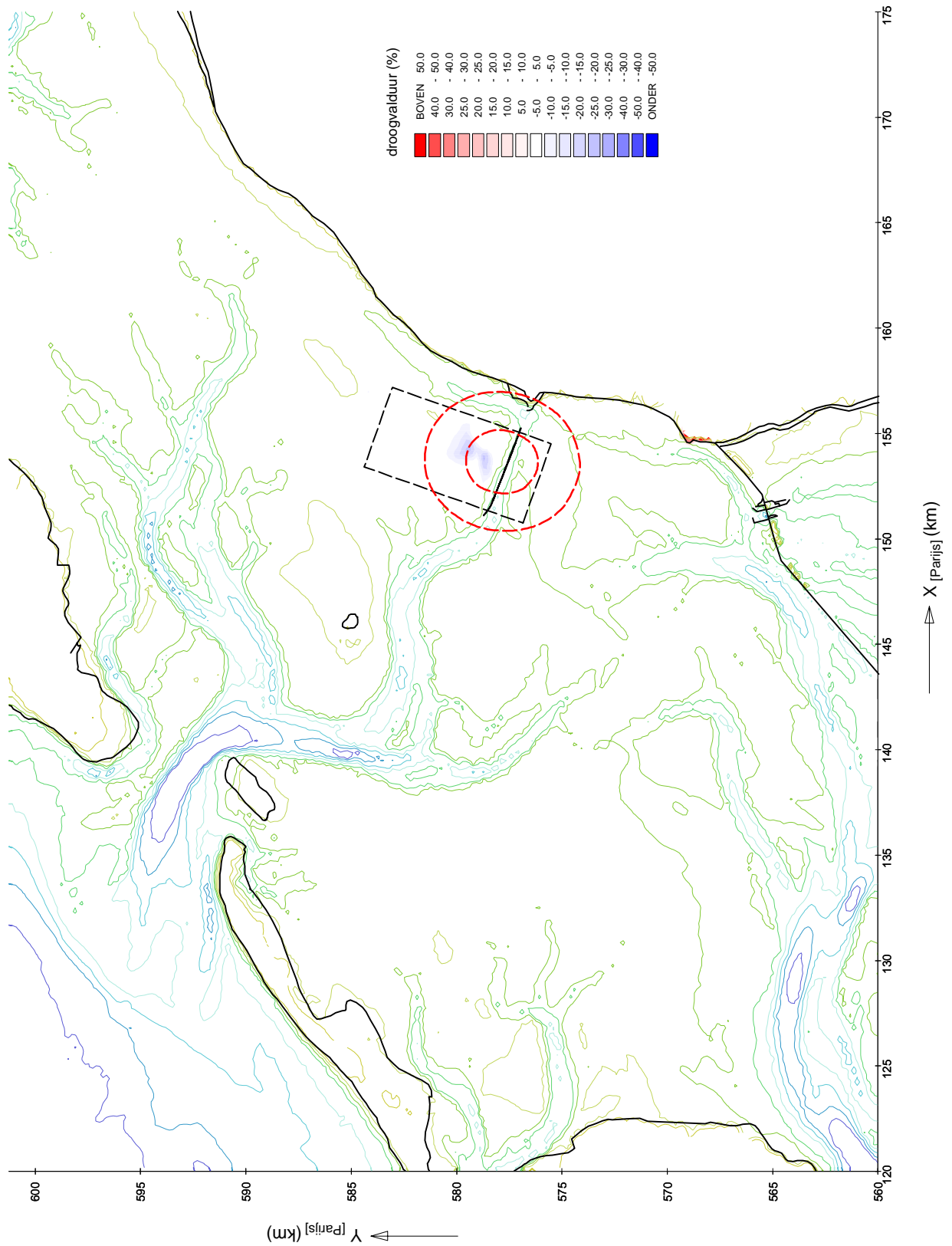
d37-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.38



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Droogvalduur gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

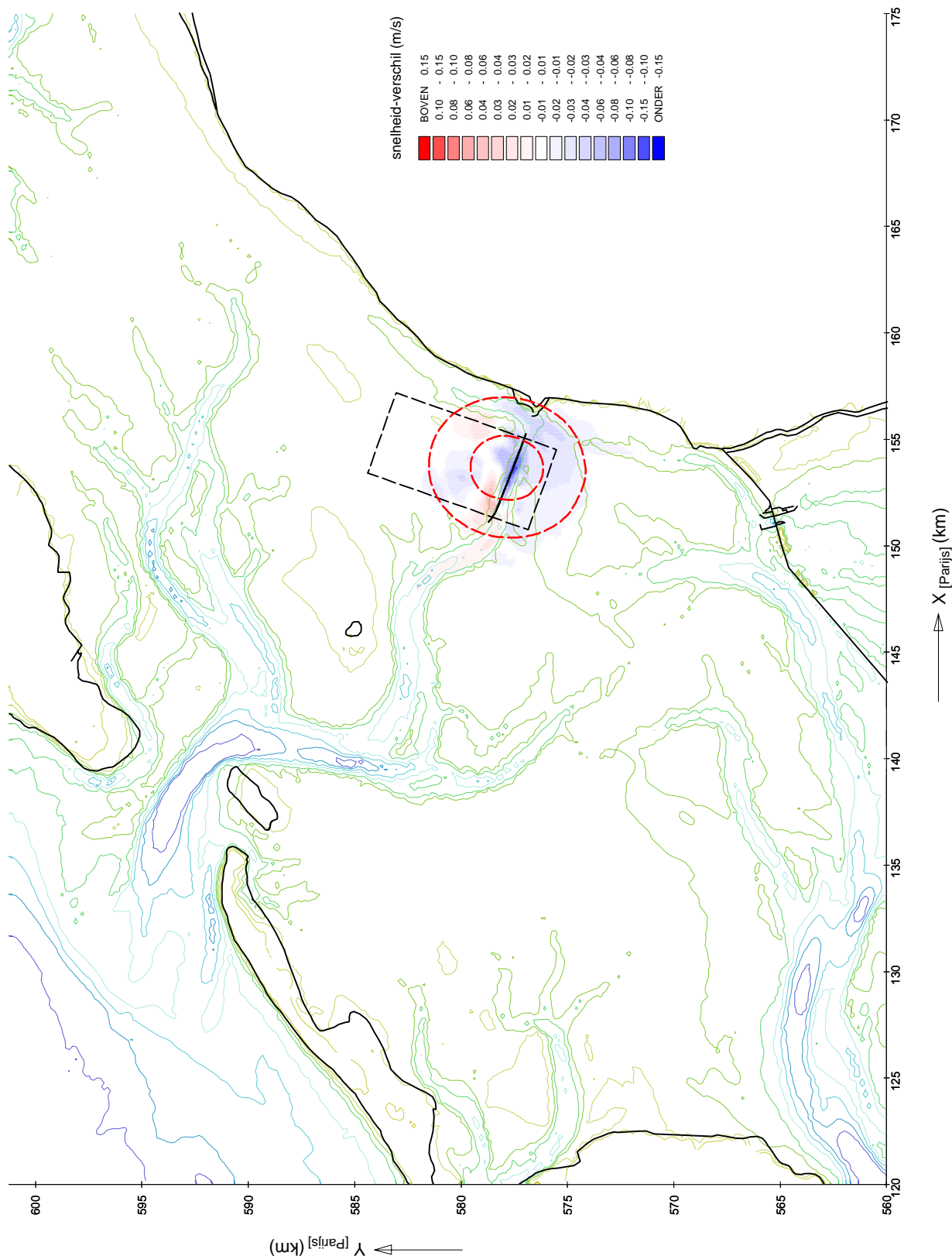
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

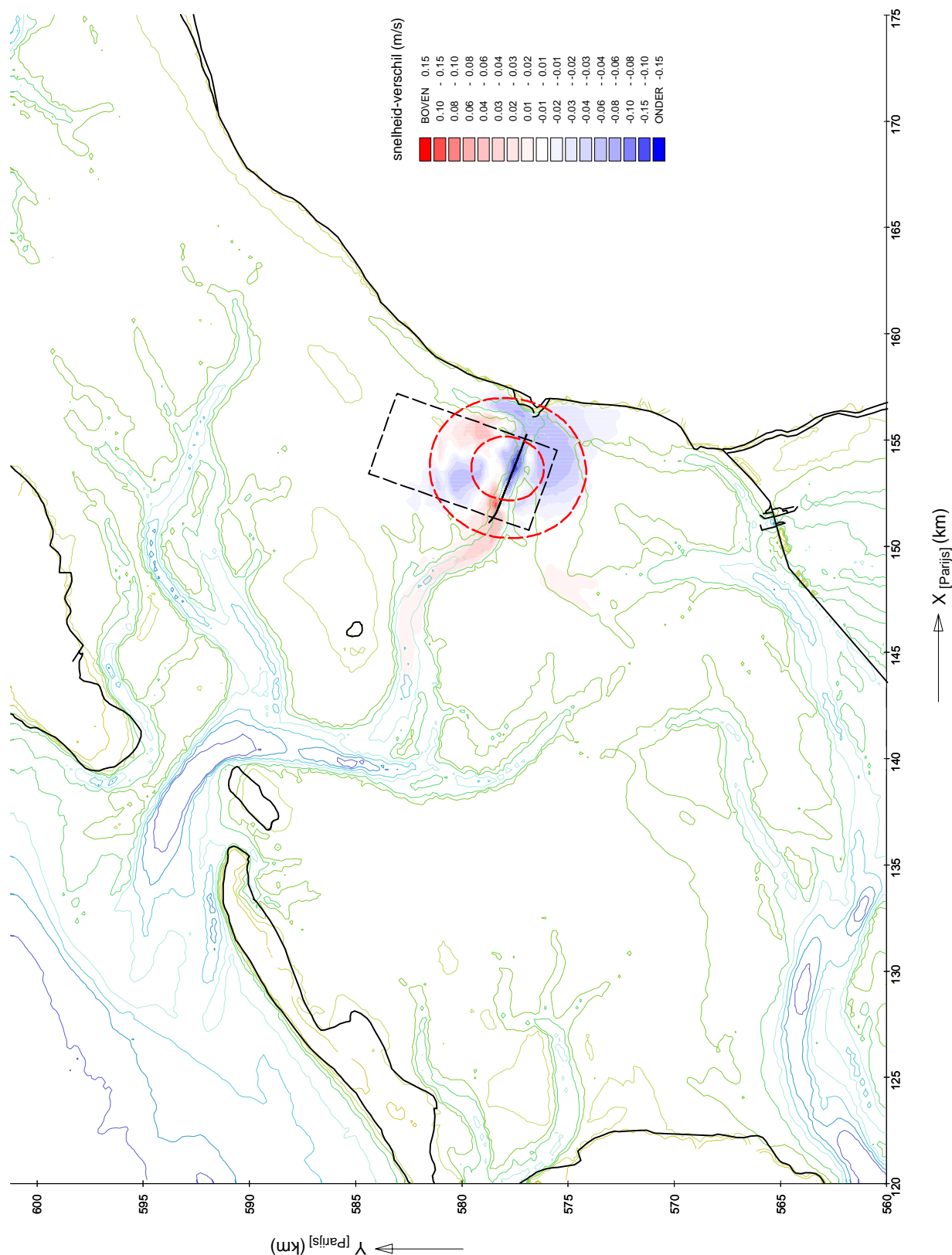
Alkyon

Fig. 6.39



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35



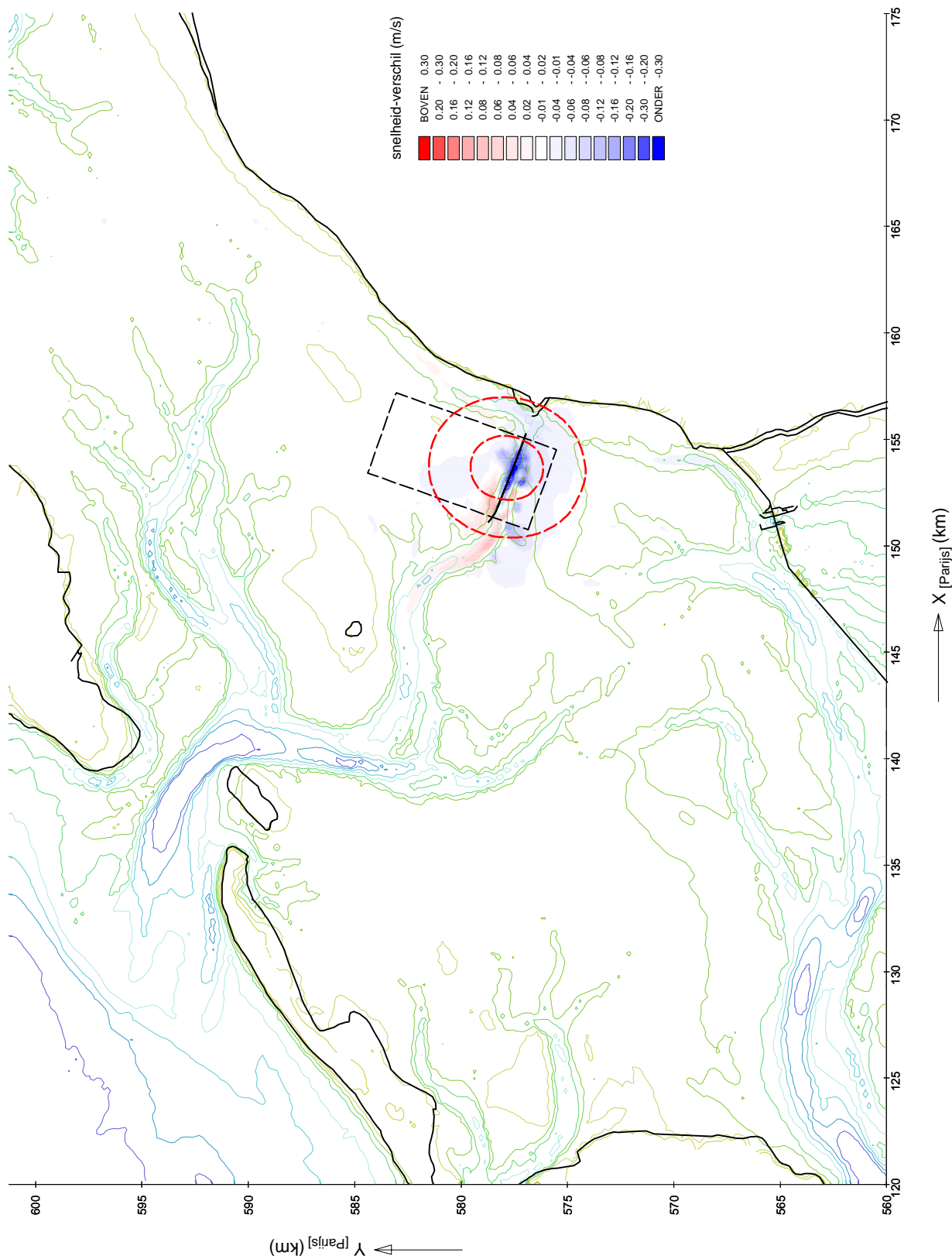
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde vloed-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

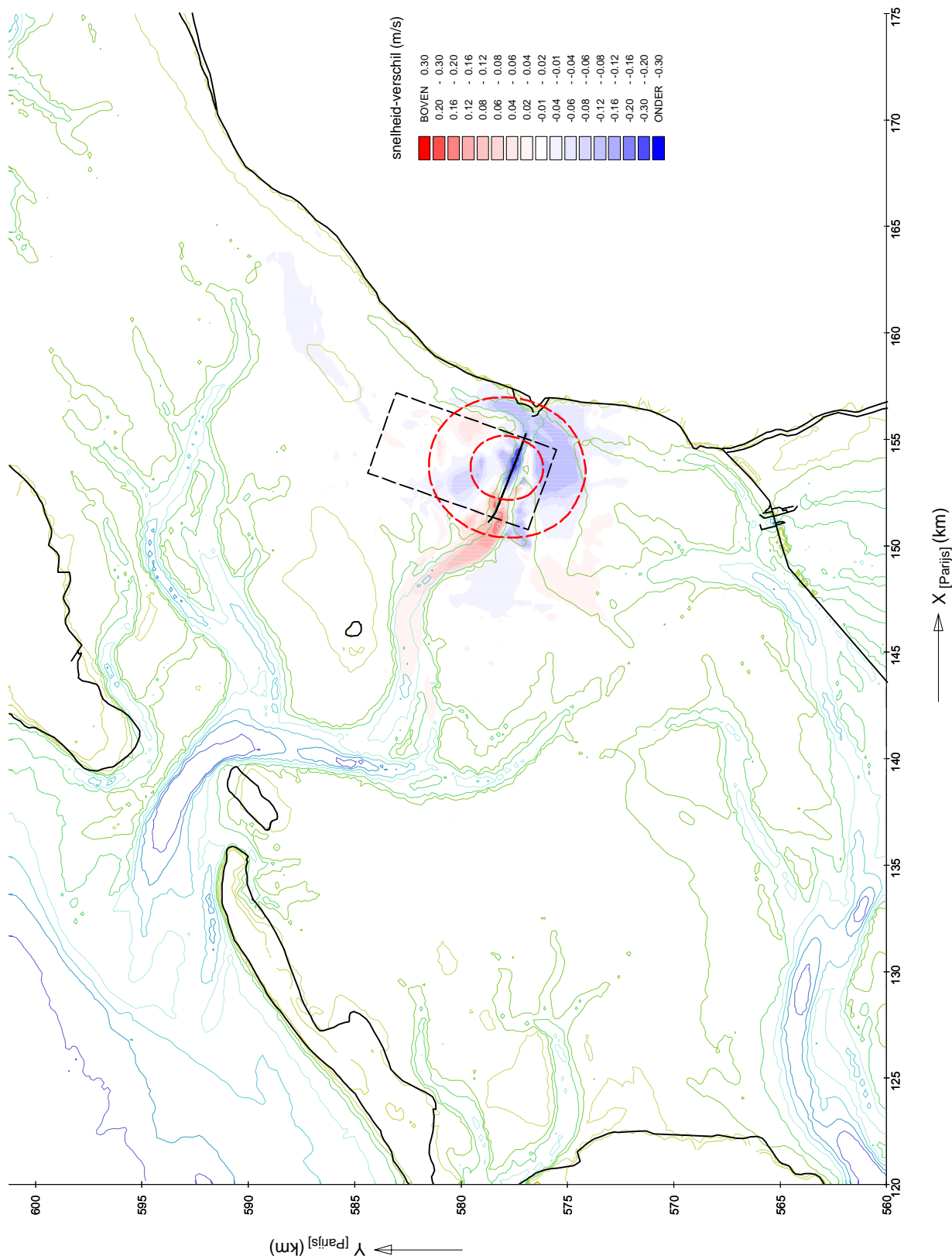
A2062 Alkyon

Fig. 6.41



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum eb-snelheid gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35



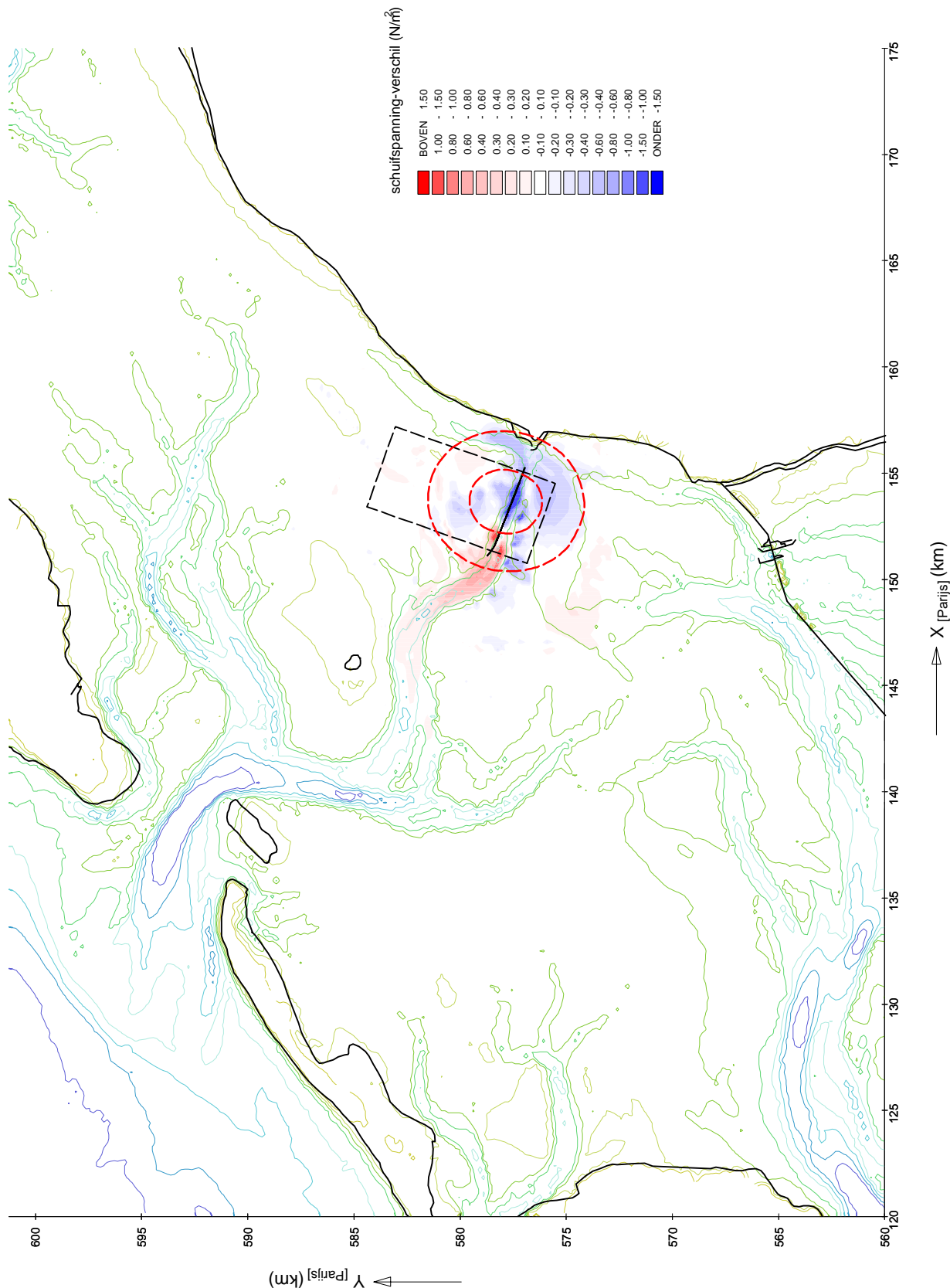
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum vloed-snelheid gedurende springtij-doottij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

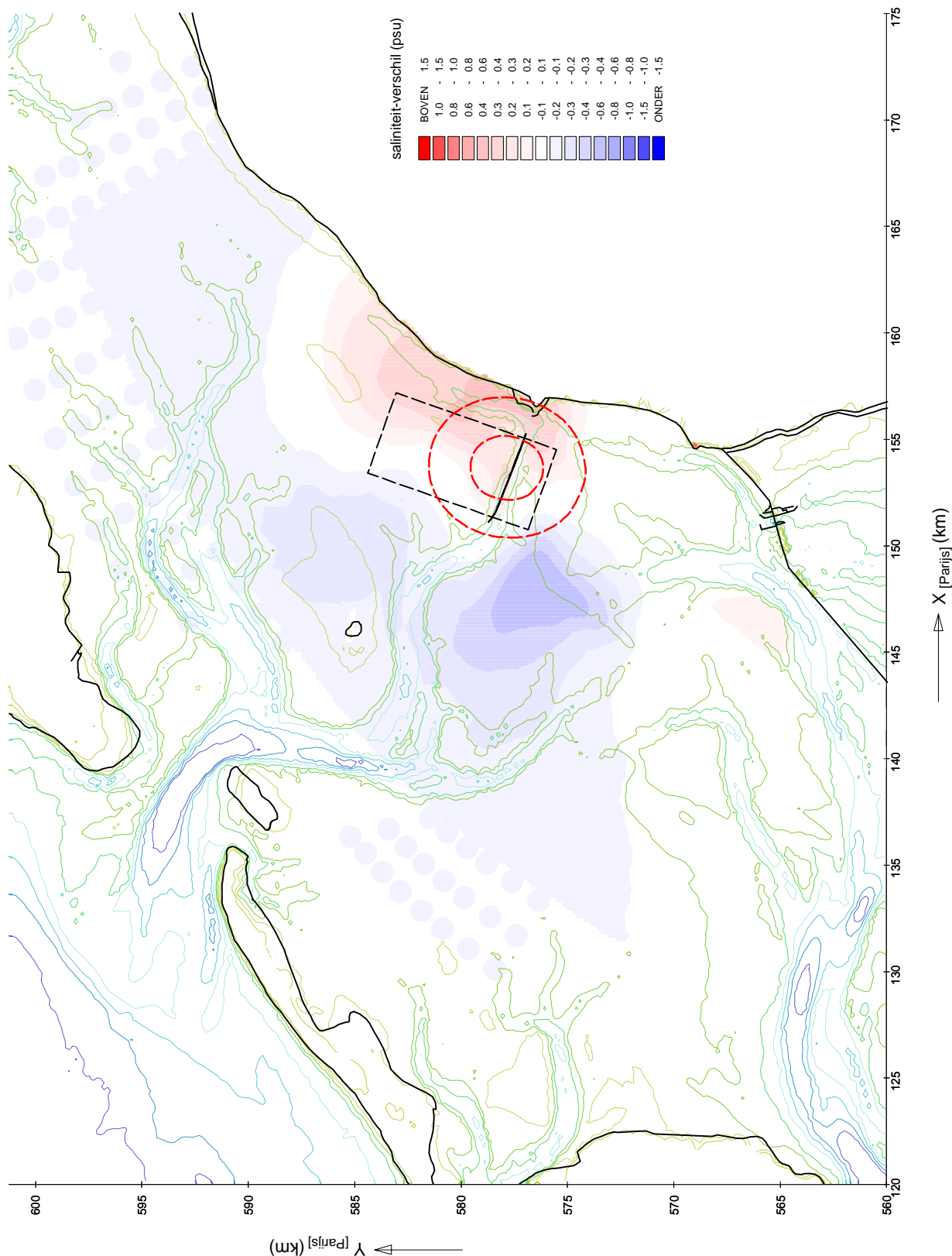
A2062  Alkyon

Fig. 6.43



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Maximum bodemschuifspanning gedurende springtij doortij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35



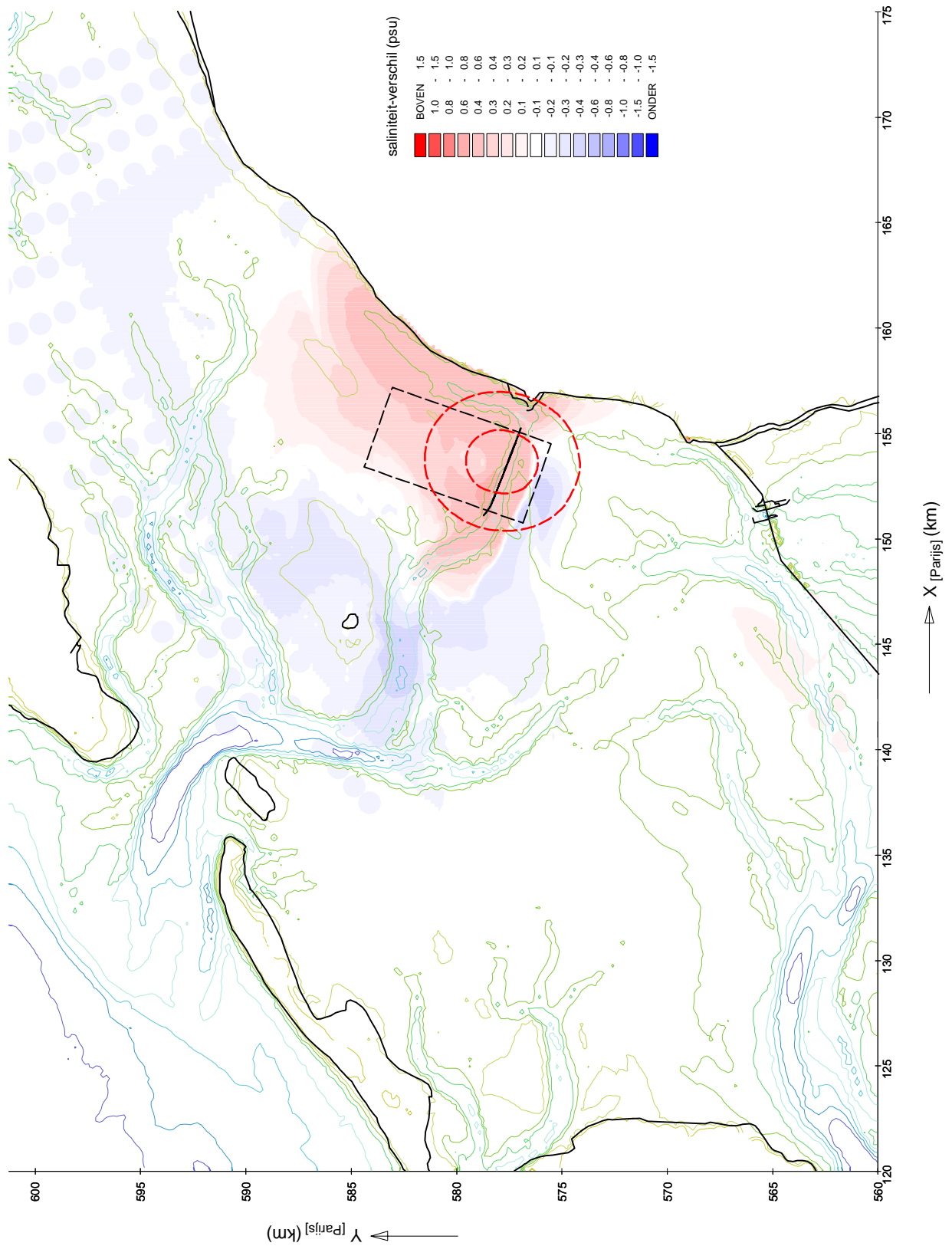
HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Gemiddelde saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062 Alkyon

Fig. 6.45



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Minimum saliniteit gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

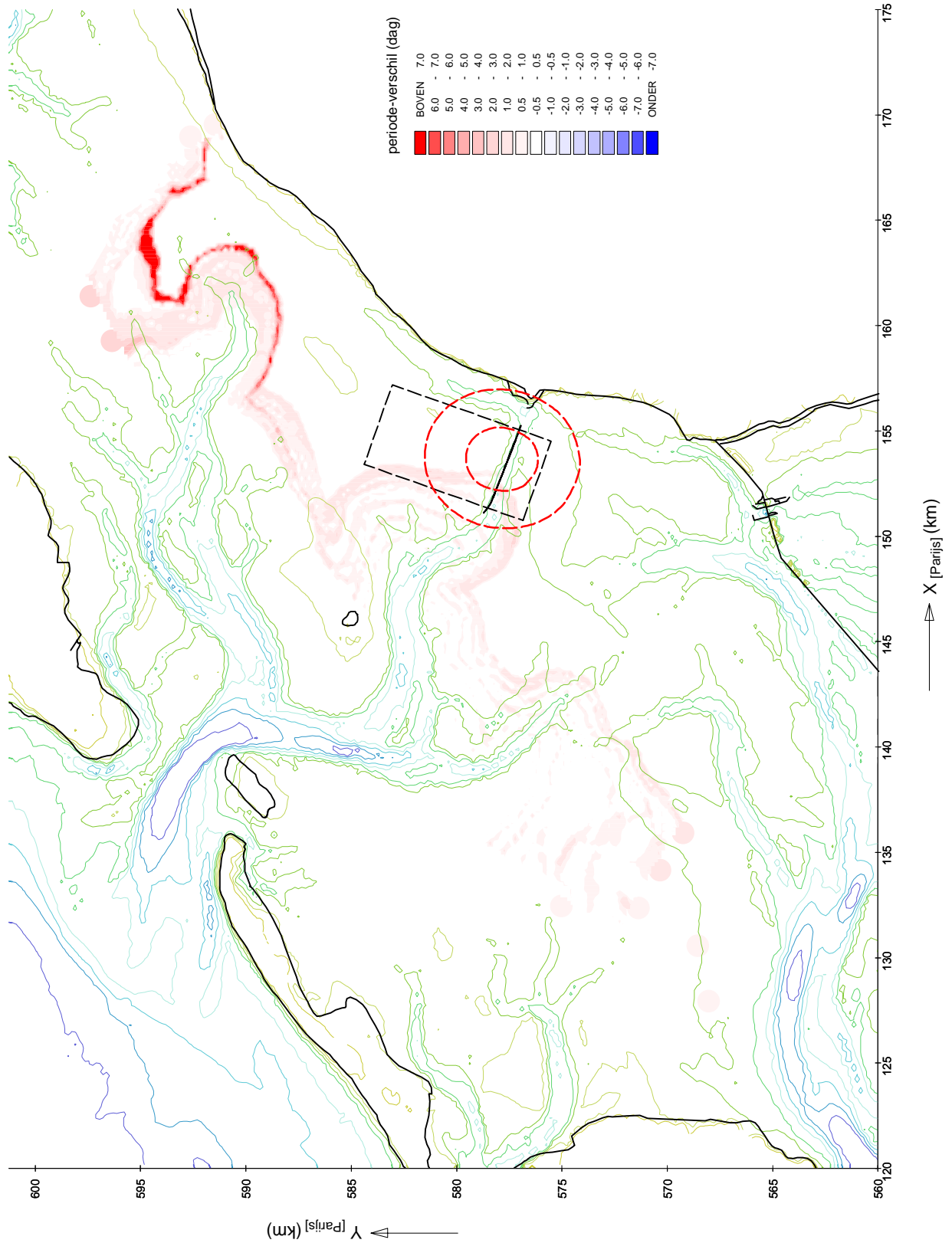
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.46



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING
 Saliniteit < 25 psu gedurende springtij-doodtij cyclus
 Verschillen tussen put-zuid en referentie

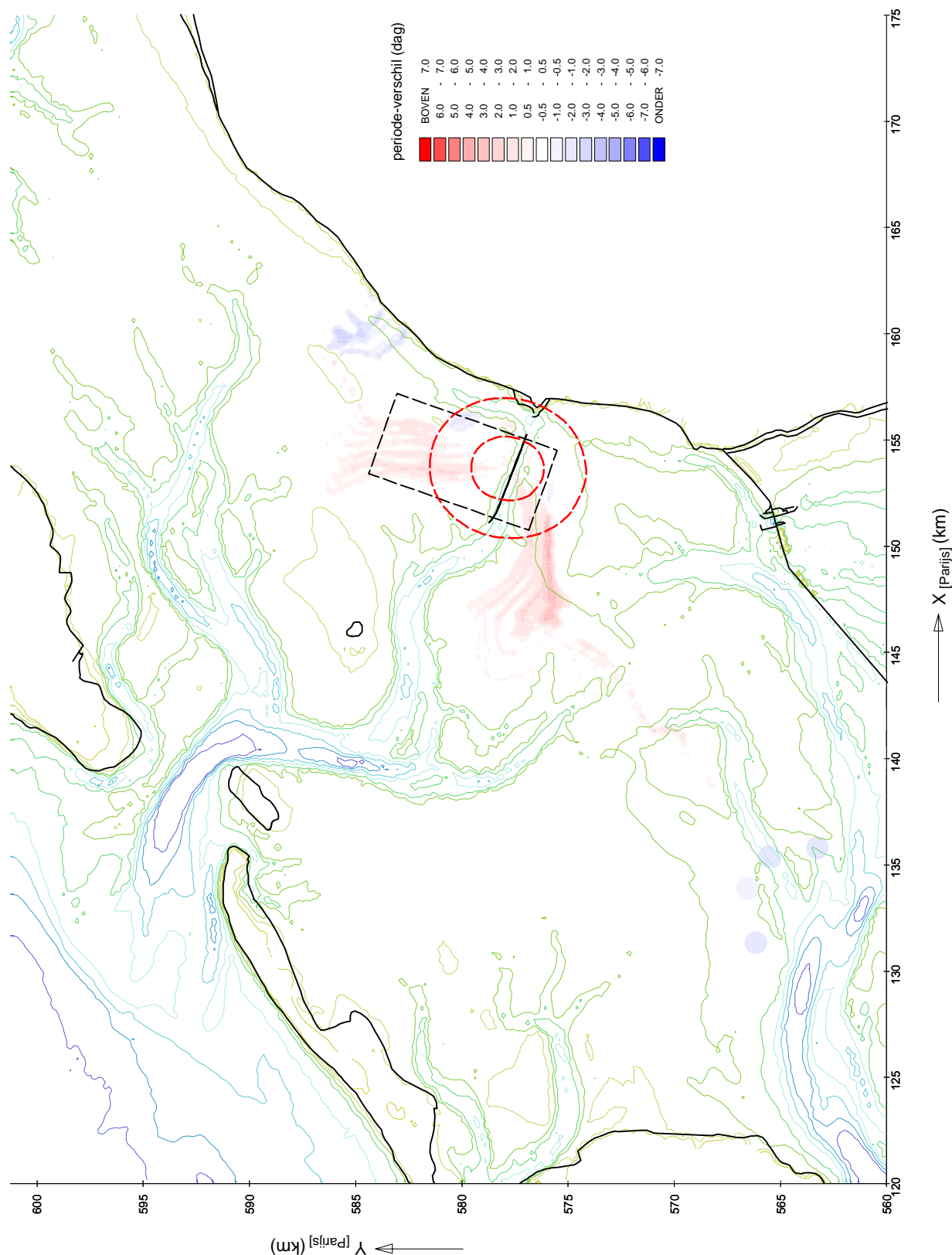
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.47



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 20 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

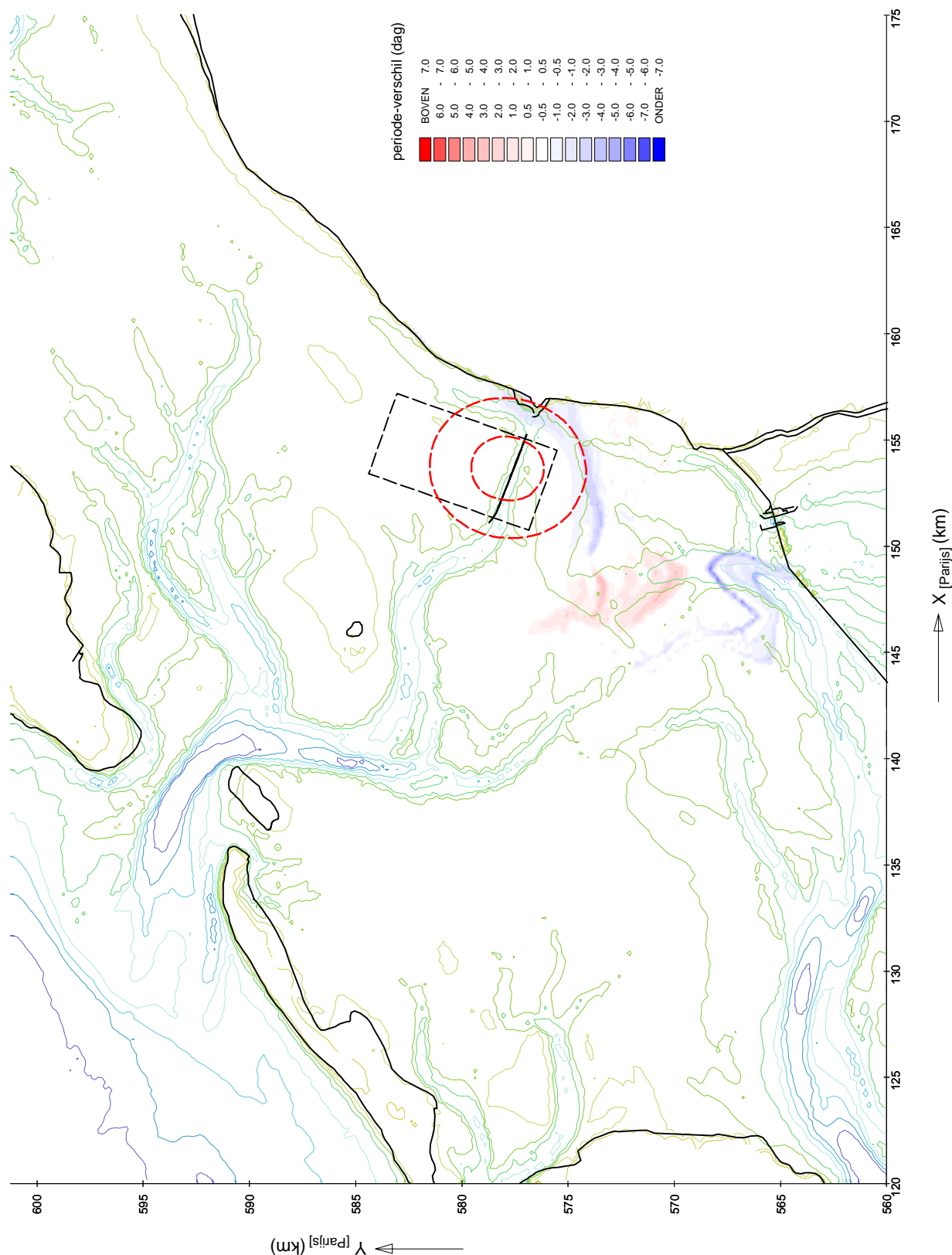
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.48



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 15 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

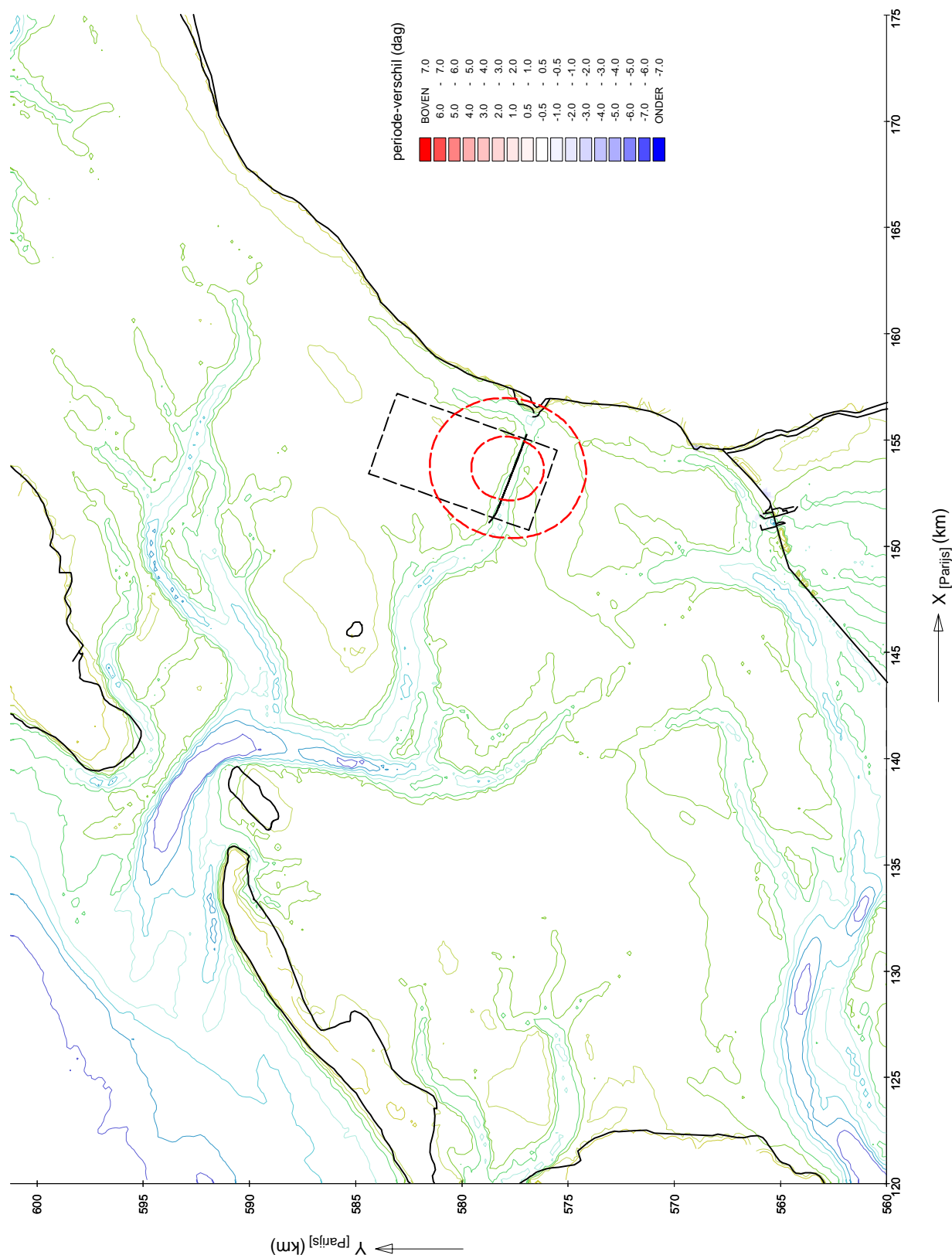
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062



Fig. 6.49



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 10 psu gedurende springtij-doodtij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

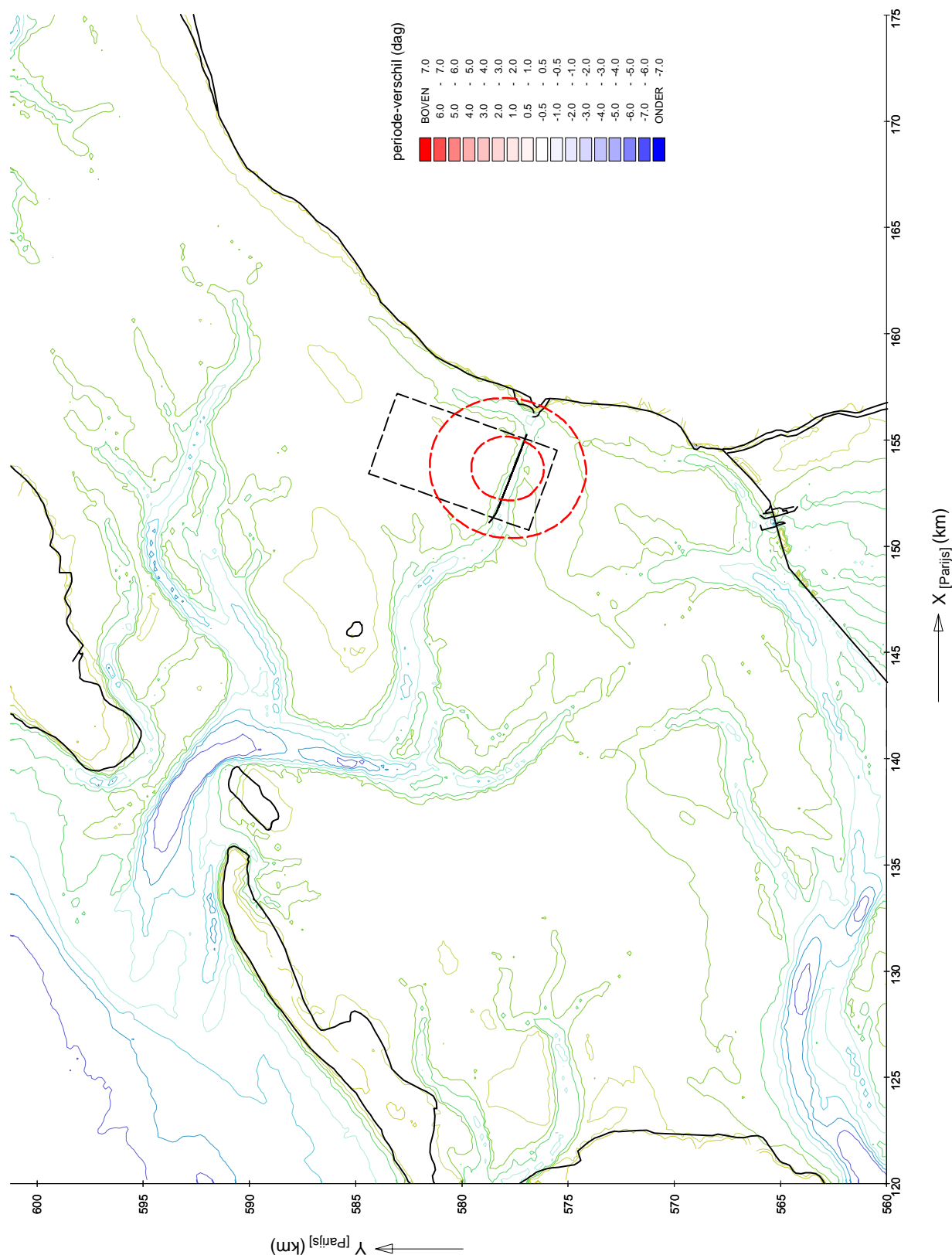
d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.50



HYDRODYNAMISCHE EFFECTEN - VERFIJNING

Saliniteit < 5 psu gedurende springtij-doottij cyclus

Verschillen tussen put-zuid en referentie

d38-d35

MER STUDIE ZOUTWINNING WADDENZEE

A2062

Alkyon

Fig. 6.51