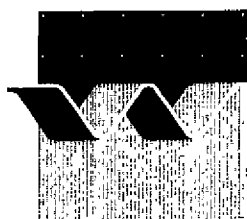


Sedimenttransport modellering Westerschelde

P.M.C. Thoolen
Z.B. Wang



wl | delft hydraulics



KLANT: Rijksinstituut voor Kust en Zee van het
Directoraat Generaal Rijkswaterstaat
Middelburg

TITEL: Sediment Transport Modelling Westerschelde

SAMENVATTING:

In opdracht van directie Zeeland werkt het RIKZ aan een onderzoeksprogramma rond de '48/'43 verdieping van de Westerschelde. De belangrijkste onderdelen van dit programma betreffen onderzoeken naar:

- de rol van morfodynamiek voor het estuarium,
- de gevolgen van de verdieping voor de veiligheid tegen overstromingen,
- de gevolgen van zeespiegelstijging voor de morfologische structuur.

In het kader van dit programma is er behoefte aan een sedimenttransportmodel op basis van suspensief- en bodemtransport.

De in dit rapport beschreven studie betreft een onderzoek naar het modelleren van suspensief sedimenttransport in de Westerschelde en de vergelijking van de rekenresultaten met metingen rond de Drempel van Hansweert. Het doel van de studie is te komen tot een sedimenttransportmodel op basis van suspensief- en bodemtransport met behulp van de advectie-diffusievergelijking. Dit moet uiteindelijk leiden tot de realisatie van een morfodynamisch model van de Westerschelde in de jaren 1999 en 2000. Een belangrijk aspect van het werk betreft de begripvorming van de invloed van driedimensionale (stromings)effecten op het sedimenttransport en de wijze waarop deze in een (quasi)-dieptegemiddeld sedimenttransportmodel verdisconteerd kunnen worden.

REFERENTIES:

REV.	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
1.0	P.M.C. Thoolen	18/1/1999		J.C. Winterwerp	T. Schilperoort
	Z.B. Wang	18/1/1999			
TREFWOORDEN			INHOUD		STATUS
Westerschelde, Drempel van Hansweert, 2D suspensief sedimenttransport, bodemhellingseffect, secundaire stroming, Methode van Galappatti, Delft2D-MOR			TEXT PAG'S:	56	☐ VOORLOPIG ☐ CONCEPT ☒ DEFINITIEF
			TABELLEN:		
			FIGUREN:	68	
			APPENDICES	2	
PROJECT NUMMER: Z2489					

Inhoud

Lijst van Figuren

1 Inleiding	1-1
1.1 Achtergrond van het project	1-1
1.2 Doel van de studie.....	1-2
1.3 Studieopbouw en indeling van het rapport	1-2
2 Opzet van de studie.....	2-1
2.1 Opzet model	2-1
2.1.1 Het modelgebied	2-1
2.1.2 Tijddomein.....	2-1
2.1.3 Sedimenttransport formulering.....	2-2
2.2 Simulatieprogramma.....	2-3
2.2.1 Delft3D simulaties	2-3
2.2.2 SIMONA berekeningen	2-4
2.3 Methodiek analyse berekeningen.....	2-4
2.3.1 Gevoeligheidsanalyse	2-4
2.3.2 Analyse secundaire stroming.....	2-4
2.3.3 Analyse simulatie september-oktober 1995	2-5
3 Bodemhellingseffect op sedimenttransport.....	3-1
3.1 Theoretische achtergrond.....	3-1
3.2 Opzet van de berekeningen	3-2
3.2.1 Rekenprocedure	3-2
3.2.2 Morfologisch getij	3-3
3.2.3 Stromingsmodule	3-4
3.2.4 Transportmodule	3-4
3.2.5 Bodemniveaumodule	3-5
3.3 Analyse van de resultaten	3-5
3.3.1 Consistentie controle op de waterbeweging	3-5
3.3.2 Evaluatie resultaten.....	3-5
3.4 Conclusies.....	3-6

4 Relaxatie-effect op zwevend sedimenttransport	4-1
4.1 Theoretische achtergrond.....	4-1
4.1.1 Inleiding.....	4-1
4.1.2 Methode van Galappatti.....	4-2
4.2 Opzet van de berekeningen.....	4-5
4.2.1 Numerieke experimenten zwevend sedimenttransport	4-5
4.2.2 Rekenprocedure	4-6
4.2.3 Analyse effect valsnelheid	4-6
4.3 Analyse van de resultaten	4-6
4.3.1 Overzicht van de simulaties	4-6
4.3.2 Evaluatie resultaten.....	4-7
4.4 Conclusies.....	4-10
4.5 Aanbevelingen	4-10
5 Secundaire stroming	5-1
5.1 Secundaire stroming in Delft2D-MOR.....	5-1
5.2 Analyse secundaire stroming uit 3D-resultaten	5-3
5.3 Analyse van de resultaten	5-5
5.3.1 Vergelijking 2D-spiraalstroming met 3D-spiraalstroming.....	5-5
5.3.2 Effect secundaire stroming op sedimenttransport.....	5-7
5.4 Conclusies.....	5-8
5.5 Aanbevelingen	5-8
6 Morfodynamische simulaties van een maand	6-1
6.1 Inleiding.....	6-1
6.2 Opzet van de berekeningen.....	6-1
6.3 Overzicht metingen Drempel van Hansweert	6-2
6.3.1 Zandtransportmetingen	6-2
6.3.2 Morfologie	6-3
6.4 Analyse van de rekenresultaten	6-4
6.4.1 Overzicht van de simulaties	6-4
6.4.2 analyse zandtransport berekeningen en metingen	6-4
6.4.3 Analyse volume concentratieverdeling R13 en R14.....	6-6
6.4.4 Analyse gemeten en berekende bodemveranderingen	6-7

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	7-1
7.1 Samenvatting.....	7-1
7.2 Conclusies.....	7-1
7.3 Aanbevelingen	7-3
8 Referenties	8-1

Bijlagen:

A Invoerbestanden R02 en R08

B Invoerbestanden R12 en R14

Lijst van Figuren

- 3.3a Vergelijking waterstanden stations Hansweert (boven) en Bath (onder).
- 3.3b Debiet berekeningen TRISCAL en Delft3D-MOR.
- 3.4 Data 1996 gecombineerd met oktober 1995 peilingen bij drempel van Hansweert.
- 3.5 Netto sediment transport + diepte schematisatie (m), run 1.
- 3.6 Bodemverandering in een maand ('+' is sedimentatie), run 1.
- 3.7 Netto sediment transport + diepte schematisatie (m), run2.
- 3.8 Bodemverandering in een maand ('+' is sedimentatie), run 2.
- 3.9a Residuele sedimenttransporten optredend bij morfologische getij.
- 3.9b Sedimentatie- en erosiepatroon na 1 jaar bodemontwikkeling en contouren van het baggervak.
- 3.10 Netto bodemverandering t.g.v. hellingseffect (meters) bodemverandering r01 - r02.
- 3.11 Vergelijking netto transport + isolijnen bodem (m) run1 zonder; run2 met bodemhellingseffect.
- 3.12 Vergelijking netto transport + isolijnen bodem (m) run1 zonder; run2 met bodemhellingseffect.
- 4.1 Vergelijking netto transport + isolijnen bodem (m) run8 suspensietransport; run 2 totaal transport.
- 4.2 Bodemniveauperandering in een maand totaal transport (r02, boven) en susp. Transp. (r08, onder).
- 4.3 Bodemniveauperandering in een maand R08, (boven) en R09 (onder).
- 4.4 Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R08.
- 4.5 Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R09.
- 4.6 Vergelijking netto transport R08 (gradient type rvw.) met netto transport R09 (concentratietype rvw.).
- 4.7 Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R10.
- 4.8 Vergelijking netto transport R09: $W_s = 2$ cm/s; R10: $W_s = 1$ cm/s.
- 4.9 Bodemniveau in een maand R09 (boven en R10 (onder).
- 5.1 Intensiteit spiraal stroming in dwarsrichting 3D TRISCAL, max. eb en max. vloedstroom (dieptegem).
- 5.2 Intensiteit spiraal stroming in dwarsrichting DELFT2D-MOR, max. eb en max. vloedstroom.
- 5.3a Locaties verticale snelheidsprofielen en baggervak.
- 5.3b 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.3c 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.3d 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.3e 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.3f 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.3g 3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen logaritmische snelheidsprofielen.
- 5.4 Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R11.
- 5.5 Vergelijking netto transport R08: zonder; R11: met spiraalstroming
- 5.6 Bodemniveauperandering in een maand R08, (boven) en R11 (onder).
- 6.1 Meetlocaties AZTM zandtransportmetingen 23 en 25 oktober 1995 raai C.
- 6.2 Meetlocaties AZTM zandtransportmetingen 23 en 25 oktober 1995 raaien F, G, H en J.
- 6.3a Drempel v Hansweert.
- 6.3b Drempel v Hansweert.
- 6.3c Drempel v Hansweert.
- 6.3d Drempel v Hansweert.
- 6.3d Drempel v Hansweert.
- 6.4a Grootte AZTM zandtransport metingen uitgezet tegen simulaties R12, R13 en R14.
- 6.4b Grootte AZTM zandtransport metingen uitgezet tegen simulaties R12, R13 en R14, raaien F en G.
- 6.4c Grootte gemeten dieptegemiddelde snelheden en berekende dieptegemiddelde snelheden voor raai C.
- 6.4d Grootte gemeten dieptegemiddelde snelheden en berekende dieptegemiddelde snelheden raai F en G.
- 6.5a Grootte zandtransport berekeningen van simulaties R12, R13 en R14, raaien H en J.
- 6.5b AZTM zandtransport metingen uit rapport van F. Tank (1997).
- 6.6a Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R13.

- 6.6b Vol. concentratie suspensief materiaal, Galapatti form, R14b.
- 6.7a Sedimentatie (+) van 29 sep. - 5 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R12.
- 6.7b Sedimentatie (+) van 5 okt - 12 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R12.
- 6.7c Sedimentatie (+) van 12 okt. - 19 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R12.
- 6.7d Sedimentatie (+) van 19 okt. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R12.
- 6.7e Sedimentatie (+) van 29 sep. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R12.
- 6.8a Sedimentatie (+) van 29 sep. - 5 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R13.
- 6.8b Sedimentatie (+) van 5 okt. - 12 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R13.
- 6.8c Sedimentatie (+) van 12 okt. - 19 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R13.
- 6.8d Sedimentatie (+) van 19 okt. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R13.
- 6.8e Sedimentatie (+) van 29 sep. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R13.
- 6.9a Sedimentatie (+) van 29 sep. - 5 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R14.
- 6.9b Sedimentatie (+) van 5 okt. - 12 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R14.
- 6.9c Sedimentatie (+) van 12 okt. - 19 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R14.
- 6.9d Sedimentatie (+) van 19 okt. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R14.
- 6.9e Sedimentatie (+) van 29 sep. - 26 okt. 1995 + baggervak en dieptelijnen R14.
- 6.10a Vakindeling morfologische zandbalans Drempel van Hansweert.
- 6.10b Morfologische zandbalans * 1000 m3 Drempel van Hansweert, 29/9 - 26/10 1995.
- 6.10c Waterlevel simulated at Hansweert.
- 6.11a Morfologische zandbalans * 1000 m3 Drempel van Hansweert, 29/9 - 05/10 1995.
- 6.11b Morfologische zandbalans * 1000 m3 Drempel van Hansweert, 5/10 - 12/10 1995.
- 6.11c Morfologische zandbalans * 1000 m3 Drempel van Hansweert, 12/10 - 19/10 1995.
- 6.11d Morfologische zandbalans * 1000 m3 Drempel van Hansweert, 19/10 - 26/10 1995.

I Inleiding

I.1 Achtergrond van het project

In opdracht van directie Zeeland werkt het RIKZ aan een onderzoeksprogramma rond de '48/'43 verdieping van de Westerschelde. De belangrijkste onderdelen van dit programma betreffen onderzoeken naar:

- de rol van morfodynamiek voor het estuarium;
- de gevolgen van de verdieping voor de veiligheid tegen overstromingen;
- de gevolgen van zeespiegelstijging voor de morfologische structuur.

Binnen het onderzoeksprogramma is een produkt Modelontwikkeling afgesproken. Dit dient ter coördinatie van generieke ontwikkelingen ten behoeve van bovengenoemde programma onderdelen. Werkzaamheden binnen het produkt Modelontwikkeling hebben tot nu toe geleid tot:

- de bouw en afregeling van het 2DH SCALWEST-model voor de Westerschelde,
- de bouw en afregeling van het 3D-TRISCAL-model voor het oostelijk deel van de Westerschelde, en
- een voorstudie voor een morfologisch model, waarbij gewerkt is met een off-line sedimenttransport routine (op basis van MATLAB).

Een beschrijving van deze werkzaamheden is te vinden in Jansen (1997a, 1997b, 1998). Zij hebben geleid tot een goede beschrijving van de 2DH- en 3D- waterbeweging in de Westerschelde en tot een eerste aanzet voor het bepalen van sedimenttransport op basis van deze 2DH en 3D-waterbeweging, gebruik makend van evenwichtstransport relaties. Ten einde tot een goede beschrijving van het sedimenttransport te komen, is er behoefte aan een sedimenttransportmodel op basis van suspensief- en bodemtransport. Hieraan worden de volgende eisen gesteld:

- het sedimenttransportmodel moet gebaseerd zijn op het 2DH SCALWEST waterbewegingsmodel (en eventueel op het 3D-TRISCAL waterbewegingsmodel),
- het sedimenttransportmodel moet gebaseerd zijn op het Delft2D-MOR systeem met toepassing van de opties voor secundaire stroming en bodemhelling,
- de simulaties van het sedimenttransport op basis van de advectie-diffusievergelijking moeten vergeleken worden met het sedimenttransport op basis van evenwichtsrelaties (zie Jansen, 1998 en Groenewoud, 1997), en
- de simulaties van het sedimenttransport moeten vergeleken worden met beschikbare sedimenttransportmetingen rond de Drempel van Hansweert in een periode zonder baggerwerk (september-oktober 1995), en eventueel met andere relevante metingen.

Verbeek e.a. (1998) geeft een overzicht van de mechanismen en processen die van belang zijn voor een goede beschrijving van de morfodynamische processen rondom Drempels in de Westerschelde. De drie belangrijkste mechanismen zijn:

1. de ruimtelijke scheiding van eb- en vloedstroombanen op de Drempel,
2. de verdeling van het getijvolume over de hoofd- en nevengeulen, en
3. de convergentie en divergentie in de stroombanen rond de Drempel.

In (Verbeek e.a., 1998) worden daarnaast een viertal fysische processen geïdentificeerd:

1. het residueel transport door onder- en oververzadiging van de stroming,
2. het residueel transport door secundaire stroming, zowel in langs- als in dwarsrichting,
3. het transport door getijasymmetrie; dit proces voltrekt zich op een wat grotere schaal dan de onder 1. en 2. genoemde, doch nog steeds binnen een geulsectie, met een tijdschaal van een getijperiode, en
4. transport door getij-residuele stroming op een ruimteschaal van een gehele geulsectie (eb- vloedscharen) en een tijdschaal van een springtij-doodtijcyclus.

Impliciet is dus reeds onderscheid gemaakt tussen de diverse van belang zijnde tijd- en ruimteschalen. Met name de processen 1. en 2. hebben betrekking op de driedimensionale structuur van de stroming en het sedimenttransport. Uit efficiëntie-overwegingen is het onmogelijk om in een morfodynamisch model zulke 3D-effecten expliciet te modelleren en het is daarom van belang om tijdens de studie aan te geven hoe deze 3D-effecten in een 2DH-, c.q. 2½D-model geparameteriseerd kunnen worden.

1.2 Doel van de studie

Het doel van de in dit rapport beschreven studie is te komen tot een sedimenttransportmodel op basis van suspensief- en bodemtransport met behulp van de advectie-diffusievergelijking. Dit moet uiteindelijk leiden tot de realisatie van een morfodynamisch model van de Westerschelde in de jaren 1999 en 2000. Een belangrijk aspect van het werk betreft de begripsvorming van de invloed van driedimensionale (stromings)effecten op het sedimenttransport en de wijze waarop deze in een (quasi)-dieptegemiddeld sedimenttransportmodel verdisconteerd kunnen worden.

1.3 Studieopbouw en indeling van het rapport

De studie is uitgevoerd in 4 fases. Fase 1 bestaat uit

- het verzamelen en bestuderen van achtergrondinformatie,
- rapportage daarvan als onderdeel van de eindrapportage,
- uitwerking van een voorstel voor de te gebruiken transportformule en
- domeindefinitie van het deelmodel en vaststellen van het simulatieprogramma.

In fase 2 van de studie wordt de invloed van de bodemhelling op het sedimenttransport onderzocht. Dit wordt gedaan door twee berekeningen uit te voeren en de resultaten ervan met elkaar te vergelijken. Het enige verschil tussen de twee berekeningen betreft het al dan niet meenemen van het bodemhellingseffect op het sedimenttransport.

In fase 3 van de studie worden twee aspecten beschouwd:

1. een onderzoek naar de gevoeligheid van de aanpassingstijd en -lengte van de sediment-concentratieverdeling aan de lokale stromingscondities,
2. een onderzoek naar de effecten van secundaire stroming in dwarsrichting op het sedimenttransport en de morfologische ontwikkeling.

Voor aspect 1 is de Galappatti-aanpak gebruikt, waarbij twee verschillende typen bodemrandvoorwaarden zijn onderzocht. Op basis van de resultaten van deze twee numerieke experimenten is in een derde experiment de waarde van de valsnelheid aangepast.

Voor aspect 2 is in een vierde experiment het effect van de secundaire stroming in de richting dwars op de hoofdstroomrichting bekeken. Daarbij is ook gekeken naar het verschil in de secundaire stroming zoals bepaald met het 2D-model, en (impliciet) bepaald met het 3D-TRISCAL-model.

In fase 4 van de studie zijn enkele morfodynamische runs uitgevoerd waarbij de berekende bodemontwikkelingen (na een maand) zijn vergeleken met geobserveerde bathymetrieën rondom de Drempel van Hansweert, in een periode dat er niet gebaggerd is.

- De studieresultaten zijn per onderwerp in dit rapport gepresenteerd. Hoofdstuk 2 beschrijft de modelopzet, het simulatieprogramma en de methodiek die gebruikt is bij de analyse van de resultaten. In hoofdstuk 3 wordt gekeken naar het effect van de bodemhelling op het sedimenttransport. In hoofdstuk 4 wordt het relaxatie-effect op sedimenttransport onderzocht en in hoofdstuk 5 wordt gekeken naar het effect van secundaire stroming. In alle hoofdstukken wordt eerst een theoretische achtergrond gegeven gevolgd door een beschrijving van de berekeningen, een analyse van de resultaten, conclusies en eventueel aanbevelingen. Hoofdstuk 6 bevat een beschrijving van enkele morfodynamische runs van een maand, waarin gebruik is gemaakt van conclusies uit voorgaande hoofdstukken. In hoofdstuk 7 worden conclusies en aanbevelingen gegeven en in hoofdstuk 8 is een referentielijst opgenomen.

2 Opzet van de studie

2.1 Opzet model

2.1.1 Het modelgebied

Het Delft3D-MOR sedimenttransportmodel is ontwikkeld op basis van de SCALWEST-schematisatie. Volgens Jansen (1998) zijn de volgende (SIMONA) 2Dh schematisaties beschikbaar:

model	$n_{\max} * m_{\max}$	rekenpunten	snelheid ¹	bijzonderheden
SCALWEST-fijn	565*506	82707	1:5	
SCALWEST-grof	189*170	9357	1:64	niet afgeregeld
2DH-uitsnede-fijn	265*236	31838	1:10	

Vanwege de rekestijd was het niet mogelijk het model te baseren op de complete SCALWEST-fijn schematisatie. De SCALWEST-grof schematisatie is niet in beschouwing genomen omdat het waterbewegingsmodel niet afgeregeld is. Bovendien is het de vraag of de schematisatie fijn genoeg is voor het bouwen van het sedimenttransport model.

Als alternatieven bleven dus over de bestaande 2DH-uitsnede, die eerder gebruikt is voor het bouwen van het 3D-TRISCAL-model, en een nieuw te maken uitsnede van het SCALWEST-fijn model. De bestaande uitsnede heeft het voordeel dat voor de bepaling van de benodigde randvoorwaarden al voldoende ervaring aanwezig is. Alhoewel het model nog relatief veel punten bevat, zijn de rekestijden voor de huidige studie acceptabel omdat gebruik gemaakt kan worden van een Silicon Graphics Werkstation dat een factor 10 sneller is dan de (in de voetnoot genoemde) HP9000. Daarnaast is het ook mogelijk gebleken met de nieuwste generatie PC's de simulatietijd op een vergelijkbaar niveau te krijgen als de simulatietijd op een Silicon Graphics.

2.1.2 Tijddomein

Tijdens de studie zijn twee soorten simulaties uitgevoerd. De eerste groep berekeningen (onderdeel van fase 2 en fase 3) betreft het morfologische getij. De tweede groep berekeningen (onderdeel van fase 4) betreft de periode september-oktober 1995 waarbij ongeveer een maand is doorgerekend. Voor het morfologische getij is de definitie van Groenewoud (1997) op basis van de methode van Latteux (1995) gebruikt. Opgemerkt wordt dat de definitie gebaseerd is op het evenwichtstransport. Er is aangenomen dat deze definitie niet zal veranderen bij het meenemen van de onder- en oververzadigingseffecten van suspensief sedimenttransport. Groenewoud (1997) geeft echter niet precies de exacte periode van het morfologische getij aan. Uit de door hem gebruikte invoerbestanden kan

¹ De snelheid is gedefinieerd als rekestijd op een HP9000-735 gedeeld door te simuleren periode. De gegevens zijn op basis van het WAQUA-model van RWS en gelden alleen voor de waterbeweging.

afgeleid worden dat het gaat om de periode van 17-04-96 14:40:00 tot 18-04-96 02:40:00. Dit betreft een periode van 12 uur.

Voor de simulaties van de periode september-oktober (1995) moet het werkelijke getij worden gebruikt.

2.1.3 Sedimenttransport formulering

Binnen het Delft3D-MOR systeem zijn verschillende transportformuleringen beschikbaar:

1. Engelund-Hansen
2. Meyer-Peter-Müller
3. Ackers & White
4. algemeen gebruiker gedefinieerd
5. Bijker
6. Bailard
7. Van Rijn (1984)
8. Van Rijn / Ribberink (1994)
9. Slib-optie

In overleg met RIKZ is besloten om de formulering van Van Rijn (1984) te gebruiken vanwege de volgende redenen:

- Deze formulering maakt expliciet onderscheid tussen bodemtransport en het zwevend transport,
- Het is een vrij recente formule die goed gevalideerd is,
- Er is al ervaring met de toepassing van deze formulering in de Westerschelde (Groenewoud, 1997; Jansen, 1998). Bij het definiëren van het morfologische getij is ook deze formulering gebruikt.

Aan de hand van de ervaringen van Groenewoud (1997) zijn de volgende sediment parameters gebruikt:

parameter	omschrijving	waarde
D_{50}	korrelgrootte (50% is kleiner)	240 μm
D_{90}	korrelgrootte (90% is kleiner)	350 μm
w_s	valsnelheid	2 cm/s

De korrelgroottes komen rechtstreeks van Groenewoud (1997). De valsnelheid w_s wordt bepaald uit de diameter D_s welke kan worden afgeleid van D_{50} . Hierbij maken we gebruik van de schatting $D_s/D_{50}=0.7$ (Van Rijn 1986). Met bovenstaande tabel volgt dan dat de korrelgrootte van sediment in suspensie $D_s=168 \mu\text{m}$. De berekende valsnelheid is een constante parameter in het model.

Het bodemtransport wordt rechtstreeks bepaald aan de hand van een transportformule (fase 2). Voor het zwevend transport (fase 3) berekent de transportformule alleen de evenwicht concentratie die gebruikt wordt voor het vaststellen van de bodemrandvoorwaarde bij de methode van Galappatti (Galappatti en Vreugdenhil, 1986).

2.2 Simulatieprogramma

2.2.1 Delft3D simulaties

Een overzicht van de uitgevoerde berekeningen is gegeven in de tabel 2.1.

Run	Fase	Beschrijving	Periode	Secundaire stroming	Transport	Hellings effect
R01	2	basis run,	morf. getij	geen	evenwicht	geen
R02	2	als run 1, maar dan wel het hellingseffect op sediment transport meegenomen.	morf. getij	geen	evenwicht	wel
R03 t/m R08	3	als run 2, maar Galappatti-aanpak voor zwevend transport. Additioneel testruns.	morf. getij	geen	Galappatti, concentratie type bodemrandvoorwaarde	wel
R09	3	als run 2, maar Galappatti-aanpak voor zwevend transport	morf. getij	geen	Galappatti, gradiënt type bodemrandvoorwaarde	wel
R10	3	als run 2, maar Galappatti-aanpak voor zwevend transport, met andere valsnelheid om de gevoeligheid van aanpassingstijd en -lengte te onderzoeken. Waarde van valsnelheid bepalen na analyse runs 3 en 4.	morf. getij	geen	Galappatti, gradiënt type bodemrandvoorwaarde	wel
R11	3	op basis van run 3, 4 of 5, uitbreiden met secundairestroming	morf. getij	wel	Galappatti	wel
R12	4	morfodynamische run sept-okt. 1995	sept-okt 95	wel/geen	evenwicht	wel
R13	4	als run 7, maar Galappatti-aanpak voor zwevend transport	sept-okt 95	wel/geen	Galappatti, concentratie type bodemrandvoorwaarde	wel
R14	4	als run 7, maar Galappatti-aanpak voor zwevend transport	sept-okt 95	wel/geen	Galappatti, gradiënt type bodemrandvoorwaarde	wel

Tabel 2.1: Overzicht simulaties

De twee berekeningen in fase 2 zijn bedoeld om de effecten van de bodemhelling op het sedimenttransport te onderzoeken. In de berekeningen wordt de evenwichttransport formulering gebruikt.

In fase 3 worden in totaal 4 berekeningen uitgevoerd. Drie berekeningen zijn bedoeld om de effecten van de aanpassing (relaxatie) van zwevend transport (na-ijlingseffecten) te onderzoeken. Aandachtspunt hierbij is de gevoeligheid van de aanpassingstijd en -lengte. In de eerste twee berekeningen (runs 3 en 4) worden twee verschillende typen bodemrandvoorwaarden gebruikt. Volgens de Galappatti-aanpak is de aanpassingstijd van de orde $0.333h/w_s$ bij toepassing van de concentratie type bodemrandvoorwaarde. Met de gradiënt-type bodemrandvoorwaarde is het van de orde $0.5h/w_s$. Opgemerkt wordt dat het gebruik van het evenwichtstransport overeen komt met een aanpassingstijd ter grootte van 0. De derde berekening binnen deze fase wordt uitgevoerd met een aangepaste valsnelheid. De vierde berekening in fase 3 is bedoeld om de effecten van secundaire stroming te onderzoeken.

De drie berekeningen in fase 4 betreffen morfologische simulaties van een maand voor de periode van september-oktober 1995 waarin een meetcampagne heeft plaatsgevonden. Eén van de berekeningen wordt uitgevoerd met het evenwichtstransport en de twee andere met de Galappatti-aanpak voor zwevend transport. De twee laatste onderscheiden zich weer in het toegepaste type bodemrandvoorwaarde.

2.2.2 SIMONA berekeningen

Naast de berekeningen met Delft3D-MOR, zoals hierboven zijn beschreven, zijn de volgende berekeningen met SIMONA nodig om de hydrodynamische randvoorwaarden te leveren, en om 3D-berekeningsresultaten te produceren ter vergelijking met de resultaten van het 2DH-model in combinatie met secundaire stroming.

Run	Doel	model	simulatieperiode
S1	genereren randvoorwaarden morfologisch getij	SCALWEST-fijn	16-04-96 13:20:00 - 18-04-96 02:40:00
S2	genereren randvoorwaarden maand run	SCALWEST-fijn	28 sept.- 27 okt. 1995
S3	produceren 3D-resultaten	TRISCAL	16-04-96 13:20:00 - 18-04-96 02:40:00

Tabel 1.2: Overzicht SIMONA berekeningen

Deze berekeningen zijn door RIKZ uitgevoerd en de relevante resultaten zijn aan WL geleverd. Behalve de randvoorwaarden zijn ook de gegevens van stations Hansweert en Bath en van minstens één dwarsdoorsnede binnen het TRISCAL modelgebied geleverd ter controle van de Delft3D-resultaten. Van simulatie 3 zijn de 3D-stromingsresultaten voor het hele gebied bij maximale eb- en vloed- stroomsnelheden opgeleverd. Hieruit is de grootte van de secundaire stroming bepaald.

2.3 Methodiek analyse berekeningen

2.3.1 Gevoeligheidsanalyse

De berekeningen in fase 2 en 3 hebben als doel het belang van verschillende processen en mechanismen op het residuele sedimenttransport en op de morfologische veranderingen te onderzoeken. De berekeningen verschillen van elkaar door achtereenvolgens een bepaald proces in of uit te schakelen, of door de waarde van een bepaalde parameter te veranderen. Daarom zijn de resultaten van deze berekeningen voornamelijk onderling met elkaar vergeleken. Hierbij is de nadruk op het residuele transport en op de verandering van bodemniveau gelegd.

2.3.2 Analyse secundaire stroming

Alvorens de gevoeligheid van de morfologische ontwikkelingen te bestuderen, is eerst de intensiteit van de met Delft2D-MOR berekende secundaire stroming vergeleken met de met

3D-TRISCAL berekende intensiteit. Er is geen vergelijking gemaakt met de ADCP-metingen gepresenteerd in (Jansen, 1998), omdat de simulatie periode (morfologisch getij) niet overeen komt met de meetperiode (16/17 april 1996). Bovendien bevat het rapport van Jansen al een analyse van de ADCP-metingen en 3D-berekeningen met TRISCAL.

2.3.3 Analyse simulatie september-oktober 1995

De drie berekeningen in fase 4 zijn bedoeld om de modelresultaten te vergelijken met de metingen uitgevoerd tijdens de meetcampagne 29 september - 26 oktober 1995. In deze periode is de bodem rondom de Drempel van Hansweert wekelijks gepeild (Tank, 1997b). Verder zijn er op 23 oktober en 25 oktober sedimenttransportmetingen uitgevoerd (Tank, 1997a).

3 Bodemhellingseffect op sedimenttransport

3.1 Theoretische achtergrond

Zowel de grootte als de richting van het sedimenttransport worden beïnvloed door de helling van de bodem. Bij de modellering van het bodemhellingseffect worden deze effecten apart beschouwd.

De grootte van het transport wordt beïnvloed als er een helling is in de langsrichting (de stroomrichting of de richting van de bodemschuifspanning). Deze invloed wordt als volgt gemodelleerd:

$$S = \left(1 - \alpha_s \frac{\partial z_b}{\partial s}\right) S' \quad (3.1)$$

Hierin is

- S = grootte van sediment transport onder invloed van bodemhelling
- S' = grootte van sediment transport volgens sediment transport formules, zonder invloed van bodemhelling.
- α_s = coëfficiënt,
- z_b = bodemniveau,
- s = coördinaat in de langsrichting.

Voor de coëfficiënt α_s geeft Olesen (1987) de volgende uitdrukking:

$$\alpha_s = \frac{m \theta_c}{2 \theta} \quad (3.2)$$

waarbij m de macht van snelheid in de sedimenttransport formule is, θ de Shields parameter en θ_c de kritische waarde van θ voor begin van beweging is. Merk op dat in werkelijkheid m afhankelijk is van θ . Uit een grafiek van Olesen (1987) blijkt dat α varieert tussen de 20 en 0.2.

Talmon (1992) volgt een advies van Struiksma en gebruikt:

$$\alpha_s = 0.05 \frac{C^2}{g} \quad (3.3)$$

Hierbij is C de Chezycoëfficiënt. Voor $C=50 \text{ m}^{0.5}/\text{s}$ is $\alpha_s=12.5$.

Aan de hand van deze informatie en rekening houdend met het feit dat α_s een constante is in Delft3D-MOR, is besloten $\alpha_s=10$ te gebruiken in geval dat het bodemhellingseffect wordt meegenomen.

In het geval dat het bodemhellingseffect niet wordt meegenomen, wordt de richting van het sedimenttransport gelijk aan de richting van de bodemschuifspanning gesteld. Dit kan afwijkend zijn t.o.v. de richting van de hoofdstroming t.g.v. secundaire stroming. Als het

bodemhellingseffect wel wordt meegenomen, wordt meestal verondersteld dat de afwijking van de richting van sedimenttransport t.o.v. de hoofdstroming alleen door de helling in de dwarsrichting wordt beïnvloed. Vaak wordt de volgende formulering gehanteerd (zie bijvoorbeeld Olesen, 1987):

$$\tan \alpha = \tan \delta - f(\theta) \frac{\partial z_b}{\partial n} \quad (3.4)$$

Hierin is

- α = hoek tussen transportrichting en stroomrichting,
- δ = hoek tussen stroomrichting en de richting van bodemschuifspanning,
- n = coördinaat loodrecht op de stroomrichting.

In Delft3D-MOR is de formulering van Koch en Flokstra (1980) geïmplementeerd

$$\tan \alpha = \frac{\sin \delta - \frac{1}{f(\theta)} \frac{\partial z_b}{\partial y}}{\cos \delta - \frac{1}{f(\theta)} \frac{\partial z_b}{\partial x}} \quad \text{met} \quad f(\theta) = a\theta^b \quad (3.5)$$

Deze formule wordt ook door Struiksma e.a. (1985) gebruikt. Zij bevelen aan om $f(\theta)=1$ à 2 maal θ te kiezen. Daarom wordt in de berekening mét bodemhellingseffect $a=1.5$ en $b=1$ gebruikt.

3.2 Opzet van de berekeningen

3.2.1 Rekenprocedure

Drie procesmodules van Delft3D-MOR worden ingeschakeld voor de berekening. Deze modules worden georganiseerd in een rekenprocedure via een besturingsmodule. We maken gebruik van dezelfde rekenprocedure als die door Groenewoud (1997) is gebruikt, behalve dat nu wordt voorgeschreven dat slechts één morfologische tijdstap wordt uitgevoerd (initiële simulatie). De bijbehorende boomstructuur is weergegeven in Fig.3.1.

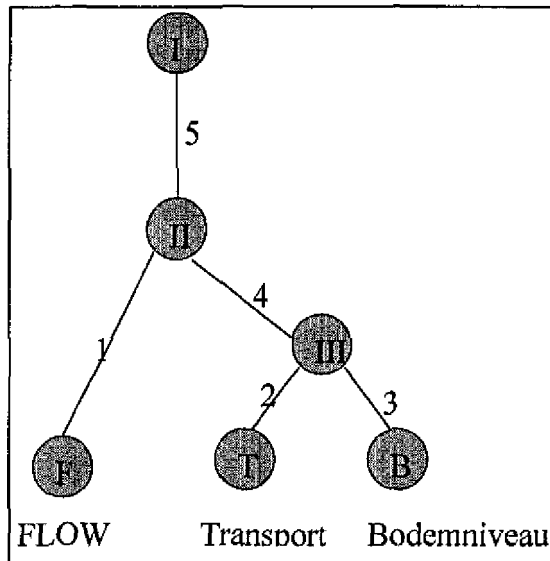


Fig.3.1: Boomstructuur Delft3D-MOR simulaties morfologisch getij

In de knopen I, II en III wordt de volgorde van de diverse processen gestuurd. Deze processen behelzen de stroming in FLOW, het sedimenttransport in TRANSPORT en de bodemveranderingen in BODEMNIVEAU. De controllers 1 t/m 5 sturen de diverse processen via tijdstap, simulatieperiode, enz.

De invoerfile van de besturingsmodule is bijgesloten in appendix A.

3.2.2 Morfologisch getij

De definitie van het morfologisch getij is al beschouwd in hoofdstuk 2. Uit de invoerfiles van Groenewoud blijkt dat hij een periode van 12 uur gebruikt. Dit is ongebruikelijk omdat een getij bij benadering een periode van 12 uur en 20 minuten beslaat. In de huidige situatie is daarom een getijanalyse gemaakt van de door RIKZ aangeleverde randvoorwaarden voor het TRISCAL model. De waterstand in het midden van de benedenstroomse rand en het debiet per cel aan de bovenstroomse rand zijn weergegeven in Fig.3.2.

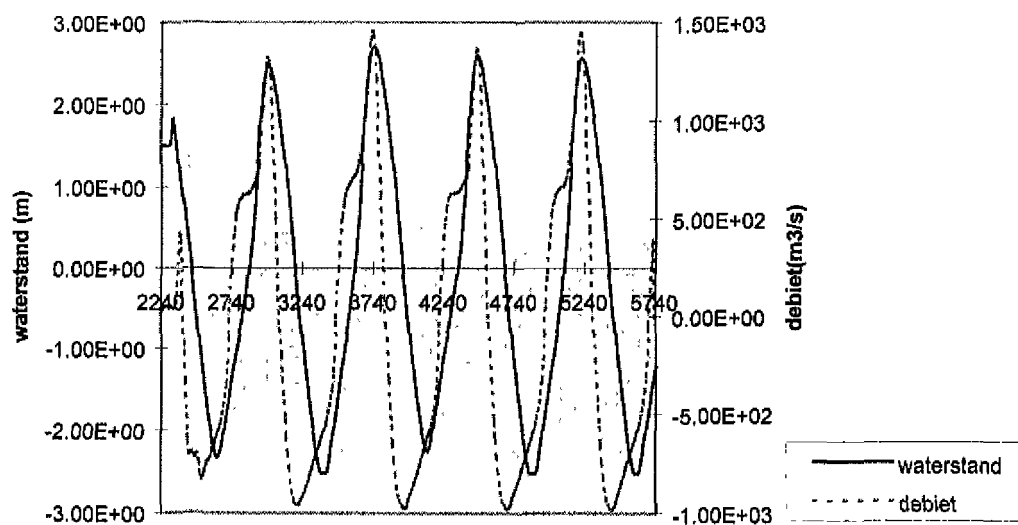


Fig.3.2 Waterstand benedenstroomse rand en debiet bovenstroomse rand van het 2Dh sedimenttransportmodel (tijd in minuten met nulpunt gelijk aan 15-04-96 00:00:00)

Om modeltechnische redenen is het handig om het begin en het eind van het morfologische getij rondom hoog water te kiezen. Ten eerste zijn dan alle mogelijke actieve rekenpunten nat. Ten tweede zal een kleine fout in de lengte van de periode minder erg zijn omdat de stroomsnelheden dan in het algemeen klein zijn. Daarom wordt gekeken naar de momenten van hoogwater bij de benedenstroomse rand en naar de momenten van kentering (nulpunt van debiet) voor de keuze van de periode van het morfologische getij. De twee relevante hoogwaters treden op 17-04-96, 14:10:00 en op 18-04-96, 02:30:00, en de twee kenteringen aan de bovenstroomse rand treden op 17-04-96, 15:40:00 en op 18-04-96, 04:00:00. Hieruit blijkt dat de lengte van de getijperiode ongeveer 12 uur en 20 minuten is. Voor het morfologische getij is daarom gekozen voor de periode van 17-04-96, 14:40:00 tot 18-04-96, 03:00:00. De begintijd komt overeen met de keuze van Groenewoud maar de eindtijd is 20 minuten later. Bij de keuze is er rekening mee gehouden dat hoogwater in het interessegebied iets later optreedt dan bij de benedenstroomse rand.

3.2.3 Stromingsmodule

De stromingsmodule is opgezet door het 3D-SIMONA-model TRISCAL om te zetten naar een Delft3D-FLOW model. Hierbij zijn de volgende veranderingen aangebracht:

- Ten opzichte van het TRISCAL-model is de invloed van zout niet meegenomen.
- Het aantal lagen is veranderd tot één zodat een 2DH-model ontstaat.
- De bodem is bij de Drempel van Hansweert lokaal aangepast. De oorspronkelijke bodem is gebaseerd op de gegevens van 1996. Lokaal zijn de data uit de detailpeiling aan het begin van september-oktober 1995 meetcampagne geïmplementeerd (zie figuur 3.4).

In de simulatieperiode is een inspeelperiode van ongeveer twee getijden opgenomen vóór het morfologische getij. Het relevante MD-FLOW bestand is bijgesloten in appendix A.

3.2.4 Transportmodule

In beide berekeningen wordt de totaaltransportmodule gebruikt. Dit betekent dat er geen onderscheid tussen bodemtransport en suspensietransport wordt gemaakt. Dit houdt ook in dat het bodemhellingseffect op zowel de grootte als de richting van het transport van toepassing is voor beide typen transport. Dit zal anders worden in latere berekeningen van de studie, wanneer de twee typen transport apart worden gesimuleerd. Dan geldt dat het effect op de grootte van het transport voor beide typen apart kan worden gespecificeerd en dat het effect op de richting van het transport alleen voor het bodemtransport geldt.

De invoerfile voor de transportmodules (MD-TRAN bestanden) voor run R02 is bijgesloten in appendix A.

Zoals vermeld in paragraaf 2.1.3. is de transportformule van Van Rijn (1984) gekozen. De waarden van de parameters m.b.t. het bodemhellingseffect zijn gegeven in paragraaf 3.1. De tijdstap toegepast voor de transportberekening is 10 minuten.

3.2.5 Bodemniveaumodule

De invoerfile voor de bodemmodule (het MD-BOTT bestand) is bijgesloten in appendix A. De porositeit is gezet op 0.4. Simulaties r01 en r02 gebruiken dezelfde invoerfile.

De morfologische tijdstap wordt gecorrigeerd met de verhouding tussen het berekende transport met het morfologische getij en met een spring-doodtij cyclus. Uit de berekeningen van Groenewoud (1997) blijkt dat het eerste transport een factor 1.46 groter is dan het tweede transport. Een morfologische tijdstap van een maand (30 dagen) wordt daarom gesimuleerd met 29600 minuten (=30 dagen / 1.46). Deze waarde wordt in de MORF-file (besturingsmodule) gespecificeerd.

3.3 Analyse van de resultaten

3.3.1 Consistentie controle op de waterbeweging

Om te controleren of het omzetten van het TRISCAL-model naar Delft3D-flow model goed afgehandeld is, zijn de berekende waterstanden bij Hansweert en Bath vergeleken met de resultaten van de SCALWEST berekening in Fig.3.3A. Alleen bij Bath is een klein verschil te zien. In Fig.3.3B is het debiet door raai 3 bij Valkenisse onderling vergeleken. Ook hier is een klein verschil te zien. Vooral bij maximale vloedsnellheid geeft het Delft3D-model een hoger debiet. Het verschil is echter klein en verklaarbaar door de verschillen in de opzet van de twee modellen (wel en niet meenemen van zout, een iets andere bodem, enz.). Er is dus geen aanleiding om aan de juistheid van het omzetten te twijfelen.

3.3.2 Evaluatie resultaten

In Fig.3.5 t/m Fig.3.8 zijn de berekende netto transporten en bodemniveau-veranderingen uit R01 en R02 weergegeven. In R01 is het bodemhellingseffect niet meegenomen en in R02 wel. Op het eerste gezicht lijken de resultaten van de twee berekeningen erg veel op elkaar. Voordat een detailvergelijking tussen de twee berekeningen wordt gemaakt, worden de resultaten eerst globaal vergeleken met die uit het model van Groenewoud (1997). Het gaat immers om soortgelijk model. Groenewoud simuleert totaal (evenwichts-) transport inclusief secundaire stroming. Zijn model heeft een grover rooster dan het hier gebruikte Delft3D-model. Daarnaast zijn in de twee Delft3D-berekeningen R01 en R02 de effecten van secundaire stroming nog niet meegenomen. De transportresultaten van het model van Groenewoud zijn weergegeven in figuur 3.9a, en het door Groenewoud berekende sedimentatiepatroon na 1 jaar in figuur 3.9b. De contouren van het baggervak dat de grenzen aangeeft waarbinnen in de periode 1991-1994 (al dan niet frequent) gebaggerd is zijn weergegeven in figuren 3.5 t/m 3.8.

De globale patronen van het netto transport rondom de Drempel van Hansweert, berekend met de twee modellen, vertonen veel overeenkomst. Duidelijke verschillen zijn echter wel te zien rondom het diepe gat bij Hansweert. In het gat zelf berekent het huidige model een netto transport in de ebrichting terwijl het model van Groenewoud daar bijna geen transport geeft. Het verschil tussen de twee modellen in de berekende veranderingen van het

bodemniveau is veel duidelijker. Het lijkt erop dat met het huidige model het berekende sedimentatiegebied beter overeenkomt met het baggergebied. Dit is vooral te zien bij het noordelijke deel van het baggergebied. Het sedimentatiegebied op de noordelijke rand van de plaat van Ossenisse wordt ook berekend door het huidige model, hoewel er wel verschil is in het patroon.

Om het bodemhellingseffect op het sediment transport te identificeren, wordt een gedetailleerde vergelijking tussen de twee berekeningen gemaakt. Dit is gedaan door verschillen tussen de resultaten van de twee berekeningen weer te geven. In Fig.3.10 is het verschil tussen de berekende bodemniveaus na 1 maand door de twee runs weergegeven. Dit kan geïnterpreteerd worden als de bodemniveau-verandering geïnduceerd door het bodemhellingseffect. Het verschil is duidelijk niet te verwaarlozen. Vooral rondom de diepe gaten is het effect significant. Het warrige patroon in deze figuur geeft ook aan dat het bodemhellingseffect de neiging heeft de oneffenheden in de initiële bodem te dempen. Het verschil in de netto transporten uit de twee berekeningen is weergegeven door beide op eenzelfde figuur te tekenen (Fig.3.11 en Fig.3.12 (= detail van Fig. 3.11)). Het blijkt dat lokaal het verschil erg groot kan worden (zie Fig.3.12). Verder zijn de resultaten in goede overeenstemming met de verwachtingen: bodemhellingseffect veroorzaakt een transportcomponent "bergafwaarts".

3.4 Conclusies

1. In fase 2 van het project is het totaal sedimenttransportmodel opgezet en daarmee is het bodemhellingseffect op het sedimenttransport onderzocht.
2. De stromingsmodule van het model is gecontroleerd op consistentie met het SCALWEST model op basis van SIMONA. Er is geen aanleiding om aan de juistheid van de stromingsmodule te twijfelen.
3. Vergeleken met het model van Groenewoud (1997) geeft het huidige model globaal dezelfde patronen van netto transport en van bodemniveau-veranderingen. Maar er zijn ook duidelijke verschillen tussen de resultaten van de twee modellen. Het sedimentatiegebied, berekend door het huidige model, komt beter overeen met het baggergebied bij de Drempel van Hansweert.
4. Het bodemhellingseffect op het sedimenttransport blijkt significant te zijn. In sommige gebieden is dit een belangrijk mechanisme voor het netto sedimenttransport. De resultaten laten zien dat het bodemhellingseffect storingen in het bodemniveau dempt. Dit effect is belangrijk voor het waarborgen van de stabiliteit van morfologische processen en van het morfologisch model. Daarom wordt aanbevolen dit effect mee te nemen in de vervolgberekeningen in de studie.

4 Relaxatie-effect op zwevend sedimenttransport

4.1 Theoretische achtergrond

4.1.1 Inleiding

De eenvoudigste manier om zwevend sedimenttransport te modelleren is met behulp van een empirische transportformule. Hierbij wordt lokaal evenwicht verondersteld tussen de sedimentconcentraties en de stromingscondities. Dit betekent dat de aanpassingstijd en/of -lengte van de zwevend sediment concentratie aan de lokale stromingscondities gelijk is aan 0 (instantaan evenwicht). De transportsnelheid en de dieptegemiddelde sedimentconcentratie worden dan berekend door gebruik te maken van lokale, momentane stromingscondities.

Indien de aanpassingstijd en -lengte een rol gaan spelen kan de concentratie verdeling c van het zwevend sediment als functie van x , y , z en t bepaald worden door de 3D-advectie-diffusie vergelijking voor c op te lossen:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) = w_s \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) \quad (4.1)$$

met als randvoorwaarde aan het wateroppervlak z_s

$$w_s c + \epsilon_z \frac{\partial c}{\partial z} = 0 \quad (4.2)$$

en aan de bodem op hoogte $z = z_a + z_b$ bijvoorbeeld

$$c = c_a \quad (\text{concentratietype bodemrandvoorwaarde}) \quad (4.3)$$

De hoogte $z_a + z_b$ is gedefinieerd als de hoogte waarboven zwevend transport plaatsvindt; z_b is de hoogte van de bodem t.o.v. een referentieniveau, en z_a is gedefinieerd als de dikte van de laag boven de bodem waarbinnen alleen bodemtransport plaatsvindt; de bodemrandvoorwaarde is op referentieniveau $z_a + z_b$ gedefinieerd.



t	=	tijd
x, y, z	=	horizontale en verticale coördinaten
u, v, w	=	snelheidscomponenten in x, y en z richting
w_s	=	valsnelheid van sediment deeltjes
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	=	turbulente diffusie coëfficiënt voor sediment in x, y en z-richting

Het oplossen van bovenstaande vergelijking is zeer rekenintensief, met name als morfologische berekeningen over een periode van een paar jaar nodig zijn. Een methode om vergelijking (4.1) quasi 3D op te lossen (zie Galappatti en Vreugdenhil, 1986), en die in paragraaf 4.1.2 wordt uitgelegd, heeft als voordeel dat

- het minder rekenintensief is dan het direct oplossen van 3D-vergelijking (4.1)
- er t.o.v. de totaaltransport formules een belangrijk deel van het relaxatie-effect van het suspensief transport wordt meegenomen.

4.1.2 Methode van Galappatti

Galappatti ontwikkelde een dieptegemiddeld model dat gebaseerd is op de asymptotische oplossing van vergelijking (4.1). De methode kan als volgt samengevat worden:

- a) Met een asymptotische oplossing van vergelijking (4.1) wordt de concentratieverdeling $c(x, y, z, t)$ uitgedrukt in de onbekende dieptegemiddelde concentratie:

$$\bar{c}(x, y, t) = h^{-1} \int c(x, y, z, t) dz$$

Hierin is h de waterdiepte.

- b) Toepassing van de bodemrandvoorwaarde in deze asymptotische oplossing geeft een vergelijking voor de dieptegemiddelde concentratie
- c) Zodra de vergelijking voor de dieptegemiddelde concentratie is opgelost, kan met a) de totale concentratieverdeling verkregen worden.

Ad a)

De belangrijkste aanname die onder a) wordt gemaakt is dat in vergelijking (4.1) de termen in het linkerlid een orde kleiner zijn dan de termen in het rechterlid. Deze aanname impliceert dat de concentratieverdeling niet teveel mag afwijken van de evenwichtstoestand $c_e(z)$. Deze laatste kan worden verkregen met een empirische transportformule. Met gebruikmaking van dimensieanalyse kan worden aangetoond dat de termen in het linkerlid van (4.1) afhankelijk zijn van de verhoudingen $H/\omega_s T$ en $UH/L\omega_s$, waarbij

H	=	verticale lengteschaal (diepte)
T	=	tijdschaal
L	=	horizontale lengteschaal
U	=	horizontale snelheidsschaal

De aanname dat de concentratieverdeling niet teveel mag afwijken van de evenwichtstoestand $c_e(z)$ impliceert dat $H/\omega_s T = \delta \ll 1$ en $UH/L\omega_s = \delta \ll 1$. Hierdoor kunnen we de oplossing van (4.1) schrijven in een asymptotische vorm:

$$c = \sum_{i=0}^n \delta^i \psi_i + O(\delta^{n+1}) = \sum_{i=0}^n c_i + O(\delta^{n+1}) \quad (4.4)$$

De diverse termen in reeks (4.4) kunnen als de momenten van de verticale concentratieverdeling beschouwd worden. Er geldt:

$$c_{i+1} < c_i, \\ c_0 = \bar{c} \phi_0(\zeta) \quad (4.5)$$

$$c_1 = a_{21}(\zeta) \left(\frac{h}{w_s} \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \varepsilon_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \dots \right) + a_{22}(\zeta) \left(\frac{uh}{w_s} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \frac{vh}{w_s} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) \quad (4.6)$$

$$a_{21}(\zeta) = D^{-1}(\phi_0(\zeta)) \quad (4.7)$$

$$a_{22}(\zeta) = D^{-1}(p\phi_0(\zeta)) \quad (4.8)$$

en

$$\zeta = (z - (z_a + z_b))/h$$

p = logaritmische verticale verdeling van de horizontale stroomsnelheid: $u = p(\zeta) \bar{u}$

$$D^{-1}(g) = f \text{ als } D(f) = \frac{\partial}{\partial \zeta} \left(f + \frac{\varepsilon_z}{w_s h} \frac{\partial f}{\partial \zeta} \right) = g, \quad \bar{f} = 0, \text{ en } \left(f + \frac{\varepsilon_z}{w_s h} \frac{\partial f}{\partial \zeta} \right)_{\zeta=1} = 0$$

De functie $\phi_0(\zeta)$ in (4.5) kan bepaald worden door substitutie van (4.5) in vergelijking (4.2) voor de randvoorwaarde aan het wateroppervlak. Hieruit volgt dat $\phi_0(\zeta)$ gelijk is aan de evenwichtconcentratieprofiel-functie. Is eenmaal $\phi_0(\zeta)$ bekend dan zijn ook de coëfficiënten $a_{21}(\zeta)$ en $a_{22}(\zeta)$ bekend via (4.7) en (4.8).

Dit betekent dat nu de hele tweede orde asymptotische oplossing voor $c(x,y,z,t)$ kan worden uitgedrukt in de dieptegemiddelde concentratie $\bar{c}(x,y,t)$.

Ad b)

Om $\bar{c}(x,y,t)$ te bepalen is een bodemrandvoorwaarde nodig, (bijv. een concentratietype bodemrandvoorwaarde als gegeven in (4.3)), die wordt toegepast op de asymptotische oplossing:

$$c_a = \bar{c}_e \gamma_{11} = \Sigma c_i(x,y,z_a,t), \quad i = 0 \dots n \quad (4.9)$$

waarbij $\gamma_{11} = \phi_0(0)$.

Substitutie van (4.5) en (4.6) in het rechterlid van (4.9) geeft:

$$\frac{1}{T_s} (\bar{c}_e - \bar{c}) = \left(\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \alpha \left(\frac{\bar{u} \partial \bar{c}}{\partial x} + \frac{\bar{v} \partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \varepsilon_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \dots \right) \quad (4.10)$$

met

$$\alpha = \frac{\gamma_{22}}{\gamma_{21}} \quad (4.11)$$

$$T_s = \frac{h\gamma_{21}}{w_s\gamma_{11}} \quad (4.12)$$

$$\gamma_{21} = a_{21}(0), \quad (4.13)$$

$$\gamma_{22} = a_{22}(0). \quad (4.14)$$

Vergelijking (4.10) en coëfficiënten (4.11) en (4.12) zijn afgeleid gebruikmakend van de concentratietype (Dirichlet) bodemrandvoorwaarde (4.9). Het is ook mogelijk een gradiënttype (Neumann) bodemrandvoorwaarde toe te passen, d.w.z. dat niet de evenwichtsconcentratie wordt voorgeschreven aan de bodem, maar de verticale evenwichtsconcentratie gradiënt. Beide worden berekend met een empirische transportformule. In dit geval veranderen de coëfficiënten (4.11) en (4.12) als volgt:

$$\alpha = \frac{\gamma_{22} + \alpha_{11}}{\gamma_{21} + 1} \quad (4.15)$$

$$T_s = \frac{h(\gamma_{21} + 1)}{w_s\gamma_{11}} \quad (4.16)$$

met

$$\alpha_{11} = \int_0^1 p\phi_0 d\zeta$$

$$p(\zeta) = \frac{u(\zeta)}{u}, \text{ genormaliseerd snelheidsprofiel}$$

Welk type bodemrandvoorwaarde 'beter' is hangt af van het toepassingsgebied, en zal i.h.a. door calibratie van de sedimentconcentratie bepaald moeten worden.

De coëfficiënten γ_{ij} worden in Delft2D-MOR bepaald voor ieder tijdstip en ieder roosterpunt door vergelijkingen (4.13) en (4.14), gegeven (4.7) en (4.8), numeriek op te lossen. Het is echter ook mogelijk algebraïsche benaderingen voor de coëfficiënten α , γ_{11} , γ_{12} , γ_{21} , en α_{11} te gebruiken. Deze coëfficiënten zijn functies van de parameters z_n/h , w_s/u_* , en U/u_* . Zij worden uitgerekend m.b.v. lokale stromingscondities en vast gedefinieerde numerieke coëfficiënten. De coëfficiënten zijn voor beide type randvoorwaarden verschillend.

De algebraïsche methode is voldoende betrouwbaar en wordt regelmatig in diverse projecten gebruikt. Daarnaast is het minder rekenintensief dan het oplossen van vergelijkingen (4.13) en (4.14) en vertoont geen numerieke instabiliteit (zie paragraaf 4.2.1 (e)).

Aangezien (4.12) en (4.16) de relaxatietijd weergeven, is het duidelijk dat het toepassen van een ander type bodemrandvoorwaarde van invloed is op de aanpassingssnelheid van het sedimenttransport aan de lokale stromingscondities. Het effect van beide types op het sedimenttransport en de bodemverandering wordt daarom in deze studie onderzocht. Uit vergelijkingen 4.12 en 4.16 volgt dat de verhouding tussen de relaxatietijd van de concentratietype randvoorwaarde en van de gradiënttype randvoorwaarde gelijk is aan $\gamma_{21}/(\gamma_{21}+1)$. Deze verhouding hangt af van de lokale stroomcondities. Voor de huidige studie geldt dat de verhouding ongeveer gelijk aan 2/3. De schatting is gebaseerd op een valsnelheid $w_s = 0.02$ m/s, een Chezycoëfficiënt $C = 60$ m^{1/2}/s, en een dieptegemiddelde snelheid van ca 1 m/s. Voor deze stroomcondities geldt dat $u^* = 0.05$ m/s waardoor de verhouding tussen w_s en u^* gelijk is aan 0.4.

Het evenwichts sedimenttransport en dus de evenwichtconcentratie en de evenwichtsgradiënt wordt in deze studie bepaald met de formule van Van Rijn (1984).

4.2 Opzet van de berekeningen

4.2.1 Numerieke experimenten zwevend sedimenttransport

Met Delft2D-MOR zijn enkele numerieke experimenten uitgevoerd om te onderzoeken hoe het model zich gedraagt bij het gebruik van de transportformule van Van Rijn in combinatie met de optie zwevend sedimenttransport volgens de Galappatti-formulering. In deze testfase zijn nog enige aanpassingen aan de programmatuur verricht om onacceptabele numerieke instabiliteiten te verhelpen. Vervolgens bleek dat het model nu negatieve sedimentconcentraties produceerde bij droogvallen op de platen. In enkele gevoeligheidsonderzoeken zijn daarom diverse parameters gevarieerd waaronder:

1. een grotere dispersie-coëfficiënt voor het sedimenttransport
2. ruwheidshoogte voor het sedimenttransport verlaagd
3. halvering van de tijdstap voor het sedimenttransport
4. initiële waterstand op hoog water gezet
5. twee verschillende methoden om de coëfficiënten γ_{ij} in de advection-diffusie vergelijking op te lossen (zie einde paragraaf 4.1.2)

Bij alle vijf testruns bleken nog steeds negatieve (volume) concentraties gegenereerd te worden op sommige droogvallende platen, zoals ook nog te zien is in o.a. figuren 4.5 en 4.7. De orde-grootte van de negatieve volumeconcentraties is echter steeds heel klein en bedraagt ca $1.0 \cdot 10^{-10}$ ($\phi = c/\rho_s$, met c = massa concentratie, ρ_s = dichtheid en ϕ = volume concentratie). Zodra de platen bij stijgend tij weer onderlopen verdwijnen ook de negatieve concentraties. In principe fungeren dergelijke negatieve concentraties als put in de sedimentbalans: er verdwijnt dus sediment uit het systeem. De grootte van deze putterm is echter verwaarloosbaar klein t.o.v. de water-bodem uitwisseling door natuurlijke processen, waarbij het systeem naar een evenwicht tendeert tussen sedimenttransport en waterbeweging. Dit evenwicht wordt slechts tijdelijk (d.w.z. gedurende droogvallen) verstoord door de numeriek putterm. De beschikbare hoeveelheid zand om dit evenwicht te bereiken is oneindig groot, met als gevolg dat het zanddeficit door de negatieve concentraties niet accumuleert door de tijd. Het verdient echter aanbeveling om uit te zoeken waardoor deze negatieve concentraties ontstaan.

Enkele suggesties zijn:

- een onderzoek naar de toepasbaarheid van de formule van Van Rijn voor bepaalde parameter instellingen in het model (verhouding diepte/ruwheidshoogte),
- een onderzoek naar de numerieke afhandeling van de evenwichtconcentratie,
- een onderzoek naar de afhandeling van droogvallen in combinatie met zwevend sedimenttransport,
- om programmeerfouten uit te sluiten dient de code, die bovengenoemde processen beschrijft geanalyseerd te worden.

Een tweede onvolkomenheid van Delft2D-MOR die naar voren kwam, was dat de test onder (e), één van de methoden om de coëfficiënten van de advection-diffusie vergelijking te

bepalen, numerieke instabiliteiten genereerde. De oplossing van dit probleem valt buiten het huidige doel van de studie. De alternatieve (algebraïsche) methode voldoet goed en is daarom tijdens de rest van de studie toegepast.

4.2.2 Rekenprocedure

Er zijn twee simulaties uitgevoerd waarbij het morfologisch getij, de Delft2D-MOR stromingsmodule en de Delft2D-MOR bodemmodule, als gedefinieerd in hoofdstuk 2, zijn gebruikt. Alleen bedraagt nu de tijdstap voor de transport module 2 min. i.p.v. 10 min., en wordt er voor de transportberekening een inspeelduur van 3 uur toegepast. De twee simulaties verschillen onderling in toegepaste bodemrandvoorwaarde:

R08 gebruikt de Neumann (gradiënt-type) randvoorwaarde, en

R09 gebruikt de Dirichlet (concentratietype) randvoorwaarde

In beide runs is ook het effect van de lokale bodemhelling (zie hoofdstuk 2) meegenomen.

De invoerbestanden van de besturingsmodule, de md-flow file, de md-tran file en de md-bott file van R08 zijn bijgesloten in Appendix A

4.2.3 Analyse effect valsnelheid

In simulatie R10 is de valsnelheid van het sediment gehalveerd. Er wordt gekeken naar het effect hiervan op verandering in het bodemniveau en het netto transport, t.o.v. R08 en R09. R10 gebruikt de concentratietype bodemrandvoorwaarde.

4.3 Analyse van de resultaten

4.3.1 Overzicht van de simulaties

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de uitgevoerde simulaties zoals beschreven in dit hoofdstuk. Voor de volledigheid zijn simulaties R01 en R02 aan deze tabel toegevoegd.

R01: Totaal transport zonder bodemhellingseffect
R02: Totaal transport met bodemhellingseffect
R03: Test t.b.v. numerieke instabiliteiten.
R04: Test als R03 met verbeterde versie van Delft2D-MOR
R05: Dispersiecoëfficiënt verhoogd van 1 naar 100
R06: Ruwheidshoogte verlaagd van 20 cm naar 10 cm
R07: Tijdstap verlaagd van 2.5 min naar 1.25 min
R08: Suspensief transport, initiële waterstand op hoog water en gradiënt-type bodemrandvoorwaarde, verder als R04
R09: Als R08 met concentratietype randvoorwaarde
Run R10: als R09 met halvering van de valsnelheid (1 cm/s i.p.v. 2 cm/s)
Run R11: als R08 met spiraalstroming 'aan'

De resultaten van de simulaties R01 en R02 ten opzichte van elkaar zijn reeds beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport. De resultaten van de testen R03 t/m R07 zijn samengevat in paragraaf 4.2.1. De resultaten van simulatie R08 zullen vergeleken worden met die van R02 om het effect van suspensietransport t.o.v. totaaltransport te onderzoeken, met die van R09

om het effect van de toegepaste bodemrandvoorwaarde te bekijken, en met die van R11 om het effect van de spiraalstroming te onderzoeken.

De resultaten van simulatie R10 zullen worden vergeleken met de resultaten van R09 om de effecten van een gehalveerde valsnelheid te bekijken. Opgemerkt wordt dat in alle simulaties waar met suspensief transport wordt gerekend, en met name R09 en R10, de valsnelheid op 2 plaatsen gebruikt wordt:

1. bij de Galappatti formulering
2. bij de formulering van Van Rijn om de bodemrandvoorwaarde te bepalen

In deze studie willen we het effect van de valsnelheid op de aanpassingslengte en aanpassingstijd van het suspensieve transport onderzoeken. Dat betekent dat we bij simulaties R09 en R10 dezelfde bodemrandvoorwaarde moeten gebruiken om het effect te kunnen bestuderen van een gewijzigde valsnelheid op de tijd- en lengteschaal van het suspensief transport. Als we in R10 de valsnelheid in de formule van Van Rijn halveren t.o.v. run R09 dan leggen we in R10 aan de bodem een hogere sedimentconcentratie op dan in R09. Daarom is besloten om in R10 bij de formule van Van Rijn een valsnelheid van 2 cm/s te handhaven, en alleen een valsnelheid van 1 cm/s op te geven in de Galappatti formulering.

4.3.2 Evaluatie resultaten

Invloed relaxatie effecten suspensietransport-totaaltransport

Netto sedimenttransport

Figuur 4.1 toont het netto (totaal) transport berekend met simulatie R02 t.o.v. het netto (suspensie) transport berekend met simulatie R08. Opgemerkt wordt dat het bodemtransport in simulatie R08 verwaarloosbaar klein is t.o.v. het suspensietransport. De grootste verschillen tussen beide resultaten treden op aan de noordzijde van de Drempel van Hansweert. De netto transporten berekend bij R02 zijn op de Drempel van Hansweert veel groter dan die van R08, terwijl ten zuidoosten van de Drempel de transporten van R08 juist weer groter zijn dan die van R02. In de diepe put bij Hansweert zijn de transporten berekend door R08 eveneens groter dan die van R02.

Het lijkt er dus op dat het sediment dat tijdens maximale vloedstroming geresuspendeerd wordt, door het relaxatie effect wordt uitgesmeerd over een lengte van enkele honderden meters in zuidoostelijke richting. Hetzelfde geldt voor het sediment dat tijdens maximale ebstroming erodeert. Dit wordt in noordwestelijke richting getransporteerd. De afstand is bij de ebstroming iets kleiner omdat de ebsnelheden wat kleiner zijn dan de vloedstroom snelheden. Dit verklaart dus dat de netto transporten van R08 ten zuidoosten en ten noordwesten van de Drempel groter zijn dan de netto transporten van R02, terwijl de netto transporten van R08 op de Drempel van Hansweert kleiner zijn dan de netto transporten van R02. We kunnen de relaxatielengte L_a voor R08 schatten als volgt:

$$T_a = 0.5h / w_s \cong 7.5 / 0.02 = 375 \text{ sec. (relaxatie tijd)}$$

$$U \cong 1.0 \text{ m/s (gemiddelde eb/vloed snelheid)}$$

$$L_a = T_a * U \cong 375 \text{ m}$$

Deze lengte komt globaal overeen met de afstand tussen het geobserveerde minimale netto transport op de Drempel van Hansweert en de geobserveerde maximale netto transporten in

ebrichting in het Gat van Ossensisse, en in vloedrichting richting de Schaar van Waarde. Nemen we voor U resp. de maximale ebstroomsnelheid en de maximale vloedstroomsnelheid dan vinden we een wat kleinere relaxatielengte in ebrichting dan in vloedrichting.

Bodemontwikkeling na een maand

In Fig. 4.2 zijn de netto bodemniveau veranderingen na een maand weergegeven voor respectievelijk R02 en R08. Positieve bodemveranderingen betekenen netto sedimentatie, negatieve netto erosie. Het grootste verschil tussen R02 en R08 is dat het grillige patroon in R02 is vervangen door een veel gladder patroon. Dit is ook te verwachten omdat in R08 een relaxatietijd en relaxatielengte in het gedrag van het zwevend sediment zit. Aan de noordkant van de Plaat van Ossensisse zien we in R08 nog steeds een sedimentatiegebied, dat echter ten opzichte van R02 met zo'n 500 m in zuidoostelijke richting is uitgebreid. Hetzelfde geldt voor het eraan grenzende erosiegebied dat in R08 op een groot stuk van de Drempel van Hansweert ligt in het noordelijk deel van het baggervak. De locatie van dit baggervak is overgenomen uit het onderzoeksrapport van Tank (1997a). Het gebied geeft de grenzen aan waarbinnen in periode 1991-1994 (al dan niet frequent) gebaggerd is. In figuur 3.6 zien we dat voor R01 dit erosiedeel nog net buiten het baggervak ligt, maar in R02 is het al een paar 100 m in zuidoostelijke richting verschoven. Ook in de simulaties van Groenewoud (die een ander model, een ander rooster en een andere transportformulering gebruikte) zien we erosie in het noordelijk deel van het baggervak.

Het sedimentatiegebied ten oosten van het bovengenoemde erosie gebied is in de resultaten van R08 ook ongeveer 500 m in zuidoostelijke richting opgeschoven t.o.v. de resultaten van R02. Ten westen van de Plaat van Ossensisse zijn de sedimentatiepatronen van R02 en R08 globaal hetzelfde, al verlopen de lokale bodemveranderingen in R08 gladder en zijn de minima en maxima wat afgezwakt.

gradiënt bodemrandvoorwaarde t.o.v. concentratie bodemrandvoorwaarde

Volumeconcentratie bij maximale ebstroming en maximale vloedstroming

Figuren 4.4 en 4.5 tonen de volumeconcentratieverdeling tijdens maximale ebstroming en tijdens maximale vloedstroming voor simulaties R08 en R09. De verschillen tijdens maximale ebstroming tussen de resultaten van R08 en R09 zijn klein. Ze kenmerken zich met name door iets hogere maximale concentraties bij R09 ten noordoosten en ten zuidwesten van de Plaat van Ossensisse. Voor maximale vloedstroming geldt hetzelfde. Ook hier zijn de concentraties bij R09 ten noordoosten en ten zuidwesten van de plaat van Ossensisse groter dan bij R08. Deze verschillen kunnen verklaard worden door het feit dat de relaxatietijd en relaxatielengte van R09 een factor 3/2 kleiner is dan die van R08 (zie paragraaf 4.1). Dat betekent dat bij R09 in kortere tijd en over kortere afstand meer sediment erodeert (en in suspensie komt) dan bij R08.

Netto sedimenttransport

Figuur 4.6 toont het netto (suspensie) transport, berekend met R08, uitgezet tegen het netto (suspensie) transport berekend met R09. De verschillen tussen R08 en R09 wat betreft het netto transport zijn ook erg klein. De netto transporten ten zuidoosten en ten noordwesten

van de Drempel van Hansweert zijn bij R09 iets groter dan bij R08, wat wordt veroorzaakt door het verschil in het concentratiepatroon dat hierboven is beschreven.

Netto bodemniveau verandering

In figuur 4.3 worden de bodemontwikkelingen na een maand weergegeven voor R08 en R09. De verschillen in bodemniveauperandering tussen R08 en R09 worden gekarakteriseerd door minder erosie in het noordwestelijke deel van het baggervak en iets minder sedimentatie ten noordoosten van de Plaat van Ossensisse bij R08 dan bij R09.

Door de grotere relaxatietijd van R08 erodeert er dus minder sediment waardoor er ook minder sedimenteert. Dit kunnen we ook zien in de figuren 4.4 en 4.5: de sedimentconcentraties zijn in R08 lager dan in R09.

Er is uit deze resultaten geen conclusie te trekken welke bodemrandvoorwaarde de beste resultaten geeft, omdat de resultaten van R08 en R09 kwalitatief vergelijkbaar zijn. Alleen metingen kunnen hier uitsluitsel over geven.

Halvering van de valsnelheid

Volumeconcentratie bij maximale ebstroming en maximale vloedstroming

Figuren 4.5 en 4.7 tonen de sedimentconcentraties bij maximale ebstroming en maximale vloedstroming voor respectievelijk simulatie R09 en R10. We zien dat een halvering van de valsnelheid voor lagere sedimentconcentraties zorgt tijdens maximale ebstroming en maximale vloedstroming. Door de lagere valsnelheid worden de horizontale concentratiegradiënten kleiner omdat de verhouding horizontaal/verticaal transport toeneemt. Dit wordt verklaard door het feit dat de relaxatie-lengte en -tijd door de halvering van de valsnelheid in R10 verdubbeld is t.o.v. R09. We hebben dit verschijnsel, zij het in mindere mate, ook al gezien in de vorige paragraaf bij het vergelijken van de resultaten van R08 en R09. Dat de absolute maximale concentraties van R10 lager zijn dan R09 is een logisch gevolg van de toegenomen aanpassingstijd en -lengte.

Netto sedimenttransport

Figuur 4.8 laat het netto transport van R09 zien, uitgezet tegen het netto transport van R10. Ten zuidoosten van de Drempel van Hansweert zijn de netto sedimenttransporten van R09 in vloedrichting eerst groter dan van R10 en verderop kleiner. Ten noordwesten van de Drempel van Hansweert zijn de netto sedimenttransporten van R09 in vloedrichting groter dan van R10 en in eb-richting eerst weer groter, en verderop kleiner dan van R10. Dit verschijnsel is te verklaren door de grotere relaxatietijd van R10. In R10 worden de geërodeerde sedimentconcentraties over een grotere afstand getransporteerd, waarbij het maximale transport door de grotere relaxatietijd ook later wordt bereikt.

Netto bodemniveau-verandering

Het verschil in bodemverandering tussen R09 en R10 (zie figuur 4.9) laat zien dat door de lagere valsnelheid er minder sediment erodeert terwijl het sedimentatiegebied bij R10 zich in zuidoostelijke richting uitbreidt t.o.v. R09. Tegelijkertijd is de maximale hoeveelheid materiaal die sedimenteert in R10 kleiner dan in R09. De hoeveelheid geërodeerd materiaal wordt in R10 als het ware verdeeld over een groter gebied dan in R09. Hetzelfde geldt voor het sedimentatiegebied ten noorden van de Plaat van Ossensisse. Zoals eerder opgemerkt, is de aanpassingstijd in R10 door de lagere valsnelheid twee keer zo lang als bij run R09. Deze factor is moeilijk terug te vinden in de figuren, maar het feit dat de bodemverandering zich bij R10 uitstrekt over een groter oppervlak duidt op een grotere relaxatielengte.

4.4 Conclusies

De volgende conclusies kunnen uit de studieresultaten worden getrokken:

1. het gebruik van de Galappatti-formulering voor zwevend sedimenttransport zorgt voor een gladder verloop van de bodemontwikkeling. Door de aanpassingstijd en -lengte worden de sedimentatie- en erosiepatronen over tijd en ruimte uitgesmeerd.
2. Uit de literatuur volgt dat bij een gradiënt-type bodemrandvoorwaarde de relaxatielengte en relaxatietijd groter is dan bij een concentratietype bodemrandvoorwaarde. De verschillen tussen beide typen tonen zich met name in de horizontale concentratieverdeling, doordat bij toepassing van de gradiënt-type bodemrandvoorwaarde de maximale sedimentconcentraties lager zijn dan bij de concentratietype randvoorwaarde. Bovendien zijn ook de horizontale concentratiegradiënten kleiner. De effecten op de bodemverandering en het netto sedimenttransport zijn nauwelijks zichtbaar.
3. Halvering van de valsnelheid leidt tot een verdubbeling van de relaxatietijd en -lengte. Hierdoor worden de horizontale concentratiegradiënten kleiner en nemen de maximale concentraties af. Het effect op de bodemverandering wordt gekenmerkt door minder erosie en minder sedimentatie na halvering van de valsnelheid.
4. Het effect van de grootte van de valsnelheid op zowel de concentratieverdeling als de bodemverandering is fors groter dan bij toepassing de twee typen gebruikte bodemrandvoorwaarden. Dit betekent dat de keuze van het type bodemrandvoorwaarden onbelangrijk is ten opzichte van een correcte keuze van de valsnelheid w_s .

4.5 Aanbevelingen

Voor het oplossen van negatieve concentraties, die optreden bij het gebruik van de Galappatti-formulering in combinatie met de transportformule van Van Rijn, worden de volgende suggesties gedaan:

- een onderzoek naar de toepasbaarheid van de formule van Van Rijn voor bepaalde parameter instellingen in het model (verhouding diepte/ruwheidshoogte)
- een onderzoek naar de manier waarop de evenwichtsconcentratie wordt uitgerekend
- een onderzoek naar de afhandeling van droogvallen in combinatie met zwevend sedimenttransport
- om programmeerfouten uit te sluiten dient de code die bovengenoemde processen beschrijft geanalyseerd te worden.

5 Secundaire stroming

5.1 Secundaire stroming in Delft2D-MOR

Bij secundaire stroming kan onderscheid worden gemaakt in

- secundaire stroming in dwarsrichting, en
- secundaire stroming in langsrichting

In deze studie onderzoeken we alleen de secundaire stroming in dwarsrichting. Secundaire stroming in langsrichting is (nog) niet in Delft2D-MOR geïmplementeerd (Delft Hydraulics, 1996).

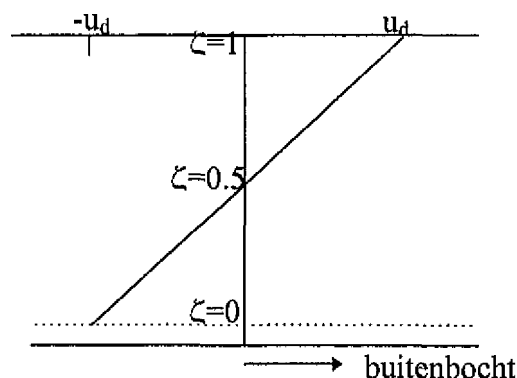
Secundaire stroming in dwarsrichting ontstaat met name door 2 oorzaken (zie ook Wouters, 1998):

1. Coriolis versnelling
2. Bochtverhang

Ad 1. Op het noordelijk halfrond ondervindt een deeltje dat beweegt met snelheid u een versnelling naar rechts die rechtevenredig is met u . In een geul is de stroming aan het oppervlak sterker dan aan de bodem waardoor een spiraalstroming op gang wordt gebracht. De sterkte van de spiraalstroming wordt bepaald door het snelheidsverschil over de verticaal.

Ad 2. Door het ontstaan van dwarsverhang in bochtstroming ontstaat aan het oppervlak een grotere snelheidscomponent naar buiten dan aan de bodem, wat resulteert in een effectieve spiraalstroming

De volgende figuur illustreert spiraalstroming in dwarsrichting, waarbij u_d de snelheid in dwarsrichting, loodrecht op de richting van de dieptegemiddelde stroming, aangeeft: op de verticale as staat de relatieve diepte (ζ) uitgezet.



De intensiteit van de spiraalstroming veroorzaakt door Coriolis wordt in Delft2D-MOR beschreven met:

$$I_{ce} = \frac{fh}{2} \quad [m/s] \quad (5.1)$$

en de intensiteit van de spiraalstroming veroorzaakt door bochtverhang wordt in Delft2D-MOR beschreven met:

$$I_{be} = \frac{h|U|}{R_s} \quad [m/s] \quad (5.2)$$

Hierbij is

R_s = kromtestraal van de stroomlijn

$$|U| = \sqrt{u^2 + v^2} \quad [m/s]$$

f = Coriolis versnelling $[1/s]$

h = tijdafhankelijke waterdiepte $[m]$

De variatie in plaats en tijd van de intensiteit van de spiraalstroming I veroorzaakt door zowel Coriolis als door bochtverhang kan worden beschreven met een dieptegemiddelde advection-diffusie vergelijking (zie (Delft Hydraulics, 1996)):

$$\frac{\partial I}{\partial t} + \left(\frac{\partial hUI}{\partial x} + \frac{\partial hVI}{\partial y} \right) = h \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[D_h \frac{\partial I}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_h \frac{\partial I}{\partial y} \right] \right\} + hS \quad (5.3)$$

met

$$S = \frac{-(I - I_e)}{T_a}$$

$$I_e = I_{be} + I_{ce}$$

$$T_a = \frac{L_a}{|U|} \quad (\text{tijdschaal})$$

$$L_a = \frac{(1 - 2\alpha)h}{2\kappa^2 \alpha} \quad (\text{lengteschaal})$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{g}}{\kappa C}$$

$$C = \text{Chezy coëfficiënt} \quad [m^{1/2}/s]$$

$$\kappa = 0.4, \text{ von Karman constante} \quad [-]$$

$$g = \text{gravitatie versnelling} \quad [m/s^2]$$

Als $T_a = 0$, d.w.z. dat er na het ontstaan van de spiraalstroming onmiddellijk evenwicht wordt bereikt met de dieptegemiddelde stroming, dan geldt dat

$$I_e = I_{be} + I_{ce}. \quad (5.4)$$

Indien $T_a \neq 0$, dan wordt I bepaald door het oplossen van advection-diffusie vergelijking (5.3) waarbij aan de open randen vergelijking (5.4) als randconditie wordt gebruikt.

5.2 Analyse secundaire stroming uit 3D-resultaten

Alvorens de gevoeligheid van de morfologische ontwikkelingen te bestuderen wordt eerst de intensiteit van de met Delft2D-MOR berekende secundaire stroming vergeleken met de resultaten van het 3D-TRISCAL model. In (Jansen, 1998) wordt een vergelijking gemaakt tussen 3D TRISCAL berekeningen en ADCP metingen. Hieruit blijkt dat berekende stroomsnelheden een gladder verloop in de ruimte hebben dan de gemeten snelheden. Dit wordt veroorzaakt door het beperkte aantal lagen dat gebruikt is (7). Verder blijkt dat de maximale stroomsnelheden van de metingen i.h.a. groter zijn dan de berekeningen.

De vergelijking tussen de 3D TRISCAL berekeningen en Delft2D-MOR wordt als volgt gedaan:

Met het 3D-model en met het 2D-model zijn de maximale eb- en vloed-snelheden bepaald. Daarnaast is met het Delft2D-MOR de intensiteit van de secundaire stroming berekend, zoals beschreven in paragraaf 5.1.

De intensiteit van de secundaire stroming zit impliciet in de 3D-model resultaten en moet dus gescheiden worden van het 3D-snelheidsveld. Het 3D-model bevat zeven equidistante lagen. Eerst wordt per roosterpunt de dieptegemiddelde stroming bepaald door middeling over de lagen, en vervolgens wordt de richting van de dieptegemiddelde stroming berekend:

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\sum_{i=1,7} v_i}{\sum_{i=1,7} u_i} \right)$$

Dan worden de dwarscomponenten uit het 3D-stromingsveld afgeleid door de stromingsvectoren in iedere laag te ontbinden dwars op de richting van de dieptegemiddelde stroming. Deze dwarscomponenten $u_{d,i}$ representeren in iedere laag i de grootte van de secundaire stroming.

$$u_{d,i} = u_{s,i} \sin(\phi_i - \alpha). \quad (5.5)$$

met

ϕ_i de stroomrichting, en
 $u_{s,i}$ de stroomsnelheid in laag i .

ϕ_i en $u_{s,i}$ zijn berekend m.b.v. de 3D-TRISCAL simulatie.

De dwarscomponenten $u_{d,i}$ geïntegreerd over de diepte zijn per definitie nul.

Om de uit de 3D berekening afgeleide snelheidscomponenten in dwarsstroomrichting te vergelijken met de intensiteit van de spiraalstroming, zoals gedefinieerd voor het 2D-model, moeten we de 3D resultaten 'vertalen' naar een spiraalstromingsintensiteit I . Hierbij maken we gebruik van de algemeen geldende definitie van secundaire stroming (zie de Vriend, 1977 en Wang, 1989):

$$u_d(z) = I f\left(\frac{z}{h}\right) = I f(\zeta) \quad (5.6)$$

Hierin is I de nog te bepalen intensiteit van de secundaire stroming, de functie f een (dwars)profielvorm en $u_d(z)$ de snelheid in dwarsrichting. De definitie van I is dus afhankelijk van de definitie van f . In de literatuur wordt I ook vaak gedefinieerd als de waarde van de gemiddelde snelheid in de dwarsrichting in de bovenste helft van de waterkolom. In de huidige studie hanteren wij een lineair (dwars)profiel welke uit definitie (5.6) van I en uit onderstaande figuur is af te leiden:

$$f(\zeta) = 4\zeta - 2 \quad (5.7)$$

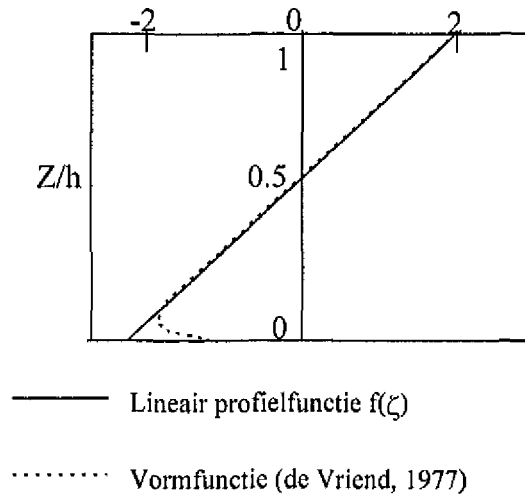


fig.5.7 lineaire profielfunctie $f(\zeta)$ en vormfunctie van (de Vriend, 1977)

Nadat nu uit het 3D-stromingsveld de dwarscomponenten $u_{d,i}$ zijn bepaald met behulp van vergelijking (5.5) kunnen we de intensiteit van de secundaire stroming berekenen met

$$I_{3D} = \int_0^1 |u_d(\zeta)| d\zeta \quad (5.8)$$

Deze vergelijking volgt uit (5.6) en (5.7), omdat $\int_0^1 |f(\zeta)| d\zeta = 1$.

Er blijkt dat in Delft2D-MOR een andere definitie gebruikt wordt dan we zojuist hebben toegepast om de 3D resultaten te analyseren. Het verschil is een constante vermenigvuldigingsfactor die we als volgt bepalen: gebruikmakend van profielfunctie (5.7) geldt bij volledig ontwikkelde secundaire stroming t.g.v. stroomlijnkromming (zie Kalkwijk en Booij, 1986)

$$I_{KB,be} = \frac{3}{\kappa^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{g}}{\kappa C} \right) \frac{|U|h}{R_s} \quad (5.9)$$

In de uitvoer van Delft2D-Mor wordt de volgende definitie voor de intensiteit van de volledige ontwikkelde secundaire stroming gebruikt (zie vergelijking 5.2):

$$I_{be} = \frac{h|U|}{R_s}$$

De relatie tussen de twee definities is dus

$$I_{KB,be} = \frac{3}{\kappa^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{g}}{\kappa C} \right) I_{be} \quad (5.10)$$

Eenzelfde relatie kan worden gevonden voor volledig ontwikkelde secundaire stroming t.g.v. Coriolis:

$$I_{KB,ce} = \frac{3}{\kappa^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{g}}{\kappa C} \right) I_{ce} \quad (5.11)$$

Door nu I bepaald met (5.8) te delen door de factor

$$\frac{3}{\kappa^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{g}}{\kappa C} \right)$$

gegeven in vergelijkingen (5.10) en (5.11), krijgen we een secundaire stromingsintensiteit die vergelijkbaar is met die berekend door Delft2D-MOR.

5.3 Analyse van de resultaten

De resultaten van simulatie R08 zullen vergeleken worden met die van R11 om het effect van de spiraalstroming te onderzoeken.

Eerst zal de spiraalstroming, zoals berekend met het diepte-gemiddeld model, vergeleken worden met de spiraalstroming afgeleid uit de 3D-stromingsresultaten zoals beschreven in de vorige paragraaf.

5.3.1 Vergelijking 2D-spiraalstroming met 3D-spiraalstroming

Figuren 5.1 - 5.2 tonen de intensiteit van de spiraalstroming zoals berekend door het 2D-model en zoals afgeleid uit de 3D-TRISCAL stromingsberekeningen, voor maximale eb- en maximale vloedstroming. Het blijkt dat er significante verschillen zijn tussen de 2D- en 3D resultaten.

Maximale ebsnelheid

In het 2D-model (fig. 5.2) wordt, tijdens maximale ebsnelheid, met name een spiraalstroming gegenereerd in de geul ten noorden van de Plaat van Ossenissee en in het Middelgat ten westen van de Rug van Baarland. Ten noorden van de Plaat van Ossenissee zien we twee spiraalstromen naast elkaar ontstaan. De buitenste (oranje gekleurd) ontstaat door de bocht in de kustlijn bij Hansweert, en de richting is aan het wateroppervlak naar de Plaat van Ossenissee gericht. De binnenste (blauw gekleurd) ontstaat door de kromming in de Plaat van Ossenissee en is aan het oppervlak naar Hansweert gericht. Het ontstaan van de buitenste (oranje) secundaire stromingen in het Middelgat lijkt te wijten aan de lokale kustlijnkrommingen of aan de traplijn schematisaties in het rooster, terwijl de binnenste (blauwe) secundaire stroming in het Middelgat wordt veroorzaakt door de kromming van de geul.

Vergelijken we de 2D-resultaten tijdens maximale ebstroming met de 3D-resultaten tijdens maximale ebstroming (figuur (5.1)) dan zien we significante kwantitatieve verschillen. In het 3D-model worden twee linksdraaiende spiralen gegenereerd in de Schaar van Waarde en de Schaar van Ossenissee door effecten van de plaatranden op het stromingspatroon. In de 2D-resultaten zijn deze niet aanwezig, omdat spiraalstroming t.g.v. plaatranden niet in Delft2D-MOR worden gesimuleerd. Ten noorden en oosten van de Plaat van Ossenissee is de spiraalstroming in het 3D-model minimaal een faktor 2 kleiner dan in het 2D-model. De

intensiteit van de rechtsdraaiende spiraal in de buitenbocht ten westen van Hansweert is in het 3D-model juist weer sterker dan in het 2D-model. De linksdraaiende spiraal in het Middelgat die in het 2D-model ontstaat t.g.v. lokale kustlijnkromming, ontbreekt ook in de 3D-modelresultaten.

In de geul in de binnenbocht ten westen van Ossensisse ontstaat bij beide een rechtsdraaiende spiraal. De intensiteit hiervan is in het 3D-model weer kleiner dan in het 2D-model.

Maximale vloedsnelheid

In het 2D-model wordt tijdens maximale vloedstroming de secundaire stroming met name opgewekt ten noorden van de Plaat van Ossensisse, in de Overloop van Hansweert en het Middelgat. In de geul ten westen van de Plaat van Ossensisse en in het Middelgat is in de 2D-resultaten een sterke linksdraaiende spiraal aanwezig. In de 3D-resultaten is deze nauwelijks aanwezig.

Vergelijking stromingspatroon

Er is geen significant verschil tussen de dieptegemiddelde maximale ebstromen en vloedstromen in de hoofdrichting zoals bepaald met het 2D-model en met het 3D-model (zie de snelheidsvelden weergegeven in figuren 5.1 en 5.2). Wel zijn op een aantal locaties significante verschillen aanwezig tussen het 3D-stromingsprofiel en het logaritmisch stromingsprofiel. Dit is te zien in figuren 5.3a-g waar op diverse locaties in een raai de berekende 3D-profielen zijn uitgezet tegen de logaritmische snelheidsprofielen. Oorzaak hiervan is waarschijnlijk het optreden van een horizontale zoutgradiënt. Deze induceert een over de diepte variërende drukgradiënt. Dit volgt uit:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(\rho g(h-z)) = \rho g \frac{\partial h}{\partial x} + g(h-z) \frac{\partial \rho}{\partial x}$$

De eerste term in het rechterlid representeert de barotrope drukgradiënt. De tweede term representeert de barocline drukverdeling. Deze tweede term is ongelijk 0 als er sprake is van een horizontaal dichtheidsverschil. Hierdoor ontstaat een afwijking van het logaritmisch snelheidsprofiel.

Naast verschillen tussen het 3D-snelheidsprofiel en het logaritmisch snelheidsprofiel observeren we in sommige locaties ook vormverschillen tussen 3D-profielen onderling tijdens maximale ebstroming en tijdens maximale vloedstroming.

Discussie

Globaal kunnen we concluderen dat de spiraalstromingsintensiteit in het 2D-model groter is dan in het 3D-model. Dit kan worden veroorzaakt door de geobserveerde verschillen in de vorm van de 3D-langsprofielen t.o.v. de (2D) logaritmisch profielen.

Uit een studie van Jansen (1997b, 1998) waarin 3D-TRISCAL resultaten worden vergeleken met ADCP-metingen blijkt dat de stroomsnelheid in dwarsrichting berekend met TRISCAL i.h.a. kleiner is dan die gemeten met een ADCP. Ook valt op dat de stroomsnelheid in de berekende TRISCAL profielen aan het wateroppervlak soms te groot is en aan de bodem soms te klein is t.o.v. de ADCP-metingen. De TRISCAL profielen zouden dus enigszins vervormd kunnen zijn t.o.v. de werkelijkheid. In hoeverre deze afwijkingen van de TRISCAL stromingsprofielen t.o.v. de ADCP metingen in de huidige

studie een significante rol spelen zal nader moeten worden bekeken. Daarnaast kan de afwijking van de snelheidsprofielen worden veroorzaakt door het optreden van een horizontale dichtheidsgradiënt. Omdat dit niet in het 2D-model zit is het aan te bevelen dit effect in een correctieterm in het 2D-model te modelleren.

De te grote spiraalstromingsintensiteit van het 2D-model kan echter ook mede worden veroorzaakt door een overdrijving van de spiraalstroming geïnduceerd door Coriolis, omdat de effecten van Coriolis versnelling in estuarine omstandigheden nooit goed getest is. Dit zal in een vervolgstudie nader onderzocht moeten worden.

In de huidige studie is al wel gevalideerd dat de berekening van de kromtestraal in Delft3D op een correcte manier wordt uitgevoerd. De overdrijving van de spiraalstromingsintensiteit is dus niet hieraan te wijten.

De geobserveerde verschillen tussen 2D-en 3D-berekende spiraalstromingsintensiteit kunnen van grote invloed zijn op het sedimenttransport. Het sedimenttransport wordt beïnvloed door de dwarsstroming aan de bodem. Als deze dwarsstroming voor beide modellen op diverse plaatsen verschillend van grootte, of zelfs verschillend van richting is, dan komt het sedimentatiepatroon er voor beide modellen anders uit te zien. Een uitgebreidere studie m.b.t. representatie van spiraalstroming door een 2D-en 3D-model is dus aan te bevelen.

5.3.2 Effect secundaire stroming op sedimenttransport

Volumeconcentratie bij maximale ebstroming en maximale vloedstroming

Fig. 5.4 en 4.4 laten de concentratieverdelingen bij maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid zien voor simulaties R11 en R08 respectievelijk. De verschillen zijn nauwelijks zichtbaar en niet significant aanwezig. Dit komt omdat de hoofdstroomrichtingen onderling niet significant verschillen.

Netto sedimenttransport

Figuur 5.5 toont de netto transporten berekend door R08 en R11. Ten noorden van de Plaat van Ossensisse zien we dat de transporten van R11 in ebrichting meer naar binnen gericht zijn dan die van R08. Dit is ook te verwachten aangezien bij maximale ebsnelheid ten noorden van de Plaat van Ossensisse een rechtsdraaiende spiraal (in stroomrichting) wordt gegenereerd. De transporten in vloedrichting zijn ten noorden van Ossensisse bij R11 groter dan bij R08 en verder iets meer naar binnen gericht. Dit laatste wordt veroorzaakt door de linksdraaiende spiraal (in stroomrichting) bij maximale vloedsnelheid. Op de Drempel van Hansweert zijn de transporten bij R11 in de buitenbocht iets groter en in de binnenbocht iets kleiner dan bij R08 hetgeen weer wordt veroorzaakt door de linksdraaiende spiraalstroming.

Netto bodemniveau verandering

In figuur 5.6 zijn de netto bodemveranderingen na een maand weergegeven voor simulaties R08 en R11. Het is duidelijk te zien dat door de spiraalstroming de sedimentatie aan de

binnenbocht ten noorden van de Plaat van Ossensisse aanzienlijk is toegenomen bij R11 t.o.v. R08. Door de spiraalstroming vindt een herverdeling van het sediment in dwarsrichting plaats. Dit komt ook overeen met de richting van de netto transporten beschreven in de voorgaande sectie. Ook het sedimentatie patroon aan de oever bij Hansweert ten gevolge van de parallelle spiraal in de buitenbocht is in figuur 5.6 duidelijk herkenbaar. Op de Drempel van Hansweert wordt in R11 een extra laagje sediment met een dikte van ca 10 cm neergelegd. In de grote geulen zie je een herverdeling van sediment in dwarsrichting van buitenbocht naar binnenbocht. De laagdikte van deze 'herverdeling' is in de orde van 10-20 cm.

5.4 Conclusies

De volgende conclusies kunnen uit de studieresultaten worden getrokken:

1. Vergelijking van de secundaire stroming berekend met het 3D-TRISCAL model en met Delft2D-MOR toont dat:
 - het 2D-model gevoelig is voor lokale kustlijnkrommingen en wellicht 'trapjes' in het rooster,
 - er grote verschillen aanwezig zijn tussen beide modellen in de berekende intensiteit van de secundaire stroming. Nadere studie moet aantonen wat hier de exacte oorzaak van is.
2. Het effect van secundaire stroming op de morfologische ontwikkelingen is duidelijk merkbaar doordat een herverdeling van het sediment in dwarsrichting plaatsvindt. Dit betekent dat een onderschatting of overschatting van de spiraalstroming door het 2D-model een significante invloed kan hebben op het sedimentatiepatroon en de drempelvorming.

5.5 Aanbevelingen

2D-berekeningen van secundaire stroming tonen aan dat nadere studie nodig is. De volgende suggesties worden gedaan:

- verbetering van de (gesloten)randafhandeling van het 2D-model bij het berekenen van de kromtestraal
- validatie van de 2D-berekening van secundaire stroming door Coriolis
- onderzoek naar de invloed van de afwijking van het 3D-snelheidsprofiel t.o.v. het logaritmisch profiel
- onderzoek naar de invloed van het verschil in vorm van het snelheidsprofiel tijdens eb en tijdens vloed
- onderzoek naar het effect van plaatranden op het ontstaan van secundaire stroming
- meenemen van het effect van de horizontale zoutgradiënt op de vorm van het snelheidsprofiel bij het bepalen van de secundaire stromingsintensiteit in het 2D-model.
- Aanpassen stromingsintensiteit in de uitvoerfile van Delft2D-MOR aan de gangbare definities (zie hoofdstuk 5).

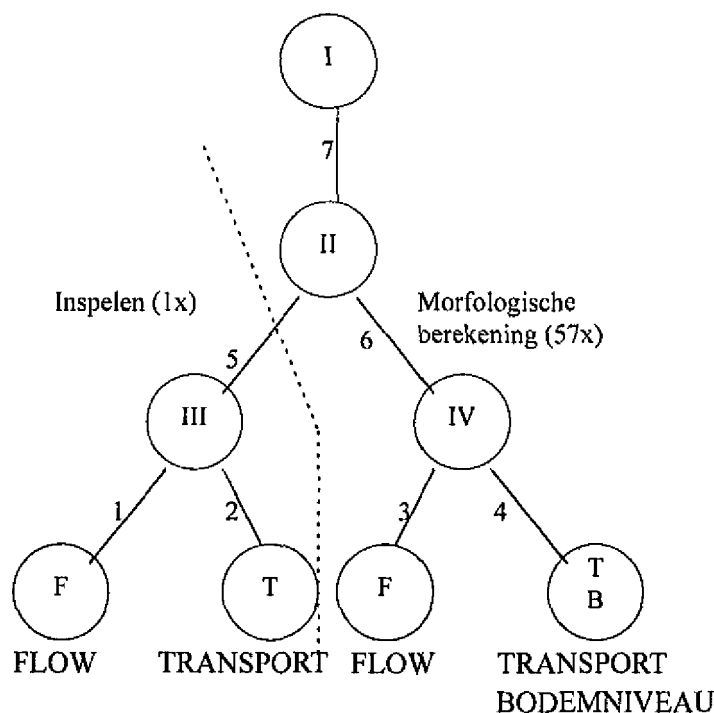
6 Morfodynamische simulaties van een maand

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de activiteiten uitgevoerd als onderdeel van fase 4. Deze hebben betrekking op morfodynamische simulaties van een maand in de periode september/oktober, 1995. Gedurende deze periode zijn er geen baggeractiviteiten uitgevoerd.

6.2 Opzet van de berekeningen

Zoals beschreven in paragraaf 3.2.1 worden ook in fase 4 drie procesmodulen van Delft2D-MOR ingeschakeld voor de berekeningen: FLOW-, TRANSPORT- en de BODEM-module. De boomstructuur van de berekening ziet er echter anders uit, omdat we nu een morfodynamische simulatie van 1 maand uitvoeren. Dat betekent dat na iedere getijperiode een morfologische berekening wordt gedaan en dat met de nieuwe bodem vervolgens de volgende getijperiode wordt doorgerekend. In onderstaande figuur wordt de boomstructuur van de berekening met suspensief transport gegeven:



In de knopen I, II, III, en IV wordt de volgorde van de diverse processen gestuurd. Het inspelen van de waterbeweging en het sedimenttransport wordt via knoop III door Controller 5 gestuurd. Dit wordt maar één maal uitgevoerd, gedurende het eerste getij van de maandrun. Controller 6 stuurt de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologische berekeningen aan. Dit wordt 57 keer uitgevoerd: per keer wordt de

waterbeweging van een getijperiode van 12 uur en 20 minuten gesimuleerd, en daarna volgt een sedimentberekening en een morfologische berekening. Met de nieuwe bodem wordt dan de volgende waterbeweging uitgerekend, etc. De invoerfiles van de besturingsmodule van runs R12 en R14 (zie paragraaf 6.4.1), evenals de md-flow file, de md-tran file en de md-bott file zijn bijgevoegd in appendix B.

6.3 Overzicht metingen Drempel van Hansweert

6.3.1 Zandtransportmetingen

In (Tank, 1997a) wordt een analyse gegeven van zandtransportmetingen op en rondom de Drempel van Hansweert. Met betrekking tot zandtransport door getij-geïnduceerde residuele stroming (GRS = residuele waterbeweging over een doottij/springtij cyclus) concludeert Tank op basis van de metingen het volgende:

- uit berekeningen met de formule van Englund-Hanssen, die gebaseerd zijn op stroommetingen gedurende 4 weken, blijkt dat op de noordelijke zijde van de Drempel van Hansweert over een groot deel van de geulbreedte zandtransport door GRS ter grootte van 0.07 - 0.21 kg/ms optreedt. Dit zandtransport wordt in het uiterste westen van de geul, op het plateau van de Plaat van Ossensisse, gecompenseerd door een residueel zandtransport in ebrichting ter grootte van 0.09 kg/ms.

Met betrekking tot relaxatie-effecten op het zandtransport t.g.v. over- en onderverzadiging zegt hij:

- zandtransport naar de (te ruime) Drempel door relaxatie-effecten is zeer moeilijk aan te tonen. De zandconcentratietingen zijn niet erg nauwkeurig en bovendien worden de zandconcentraties beïnvloed door de secundaire stroming in de binnenbocht. Het patroon in over- en onderverzadiging lijkt tijdens de ebfase en tijdens maximale vloedsnelheid de theorie over zandtransport naar een verdiepte Drempel niet tegen te spreken.

In een aantal locaties zijn zandtransportmetingen beschikbaar gedurende enkele uren op 23/10/1995 en 25/10/1995. Voor de stations weergegeven in tabel 6.1 zijn de data digitaal beschikbaar. De locaties zijn weergegeven in figuren 6.1 en 6.2. De metingen worden vergeleken met de resultaten van de maandsimulaties. In de raaien H en J (zie figuur 6.2) zijn zandtransportmetingen gedaan tijdens maximale ebstroming. Hiervan zijn de data niet digitaal beschikbaar, maar de metingen en berekeningen zijn weergegeven in figuren 6.5a en 6.5b en zullen globaal met elkaar worden vergeleken.

Station	Meetperiode
MP25, raai C	25 oktober
MP26, raai C	25 oktober
MP27, raai C	25 oktober
MP28, raai C	geen metingen
MP29, raai C	25 oktober
MP30, raai C	25 oktober
MP15, raai F	23 oktober
MP21, raai F	23 oktober
MP22, raai F	23 oktober
MP18, raai G	23 oktober
MP23, raai G	23 oktober
MP24, raai G	23 oktober

Tabel 6.1: Meetlocaties AZTM metingen

6.3.2 Morfologie

In (Tank, 1997b) is het gedrag van de Drempel van Hansweert geanalyseerd en beschreven op basis van 5 peilingen in de periode 29 september 1995 - 26 oktober 1995, en op basis van maandelijks en 3 maandelijks detailleringen in de periode 1990-1997. Zijn belangrijkste conclusies m.b.t. deze metingen zijn hieronder weergegeven:

1. Het natuurlijke sedimentatiegedrag op de Drempel van Hansweert bestaat uit aanzanding. De meeste aanzanding vindt plaats in de binnenbocht en op de noordelijke zijde van de Drempel van Hansweert (bij de haven van Kruiningen). Op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossensisse vindt eveneens aanzanding plaats. In de diepe bocht bovenstrooms van de Drempel vindt erosie plaats. In de diepe bocht benedenstrooms van de Drempel vindt geringe sedimentatie plaats. Verder geven verplaatsende beddingvormen in de bochten grote diepteverschillen tussen de metingen te zien, en erodeert de aanloop van de Schaar van Waarde.
2. De netto aanzanding op de Drempel bedraagt in oktober 1995: $700 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossensisse bedraagt de netto aanzanding $350 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In de aanloop naar de Schaar van Waarde bedraagt de netto erosie ruim $150 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. In de diepe bocht bij Hansweert bedraagt de netto erosie ruim $400 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.
3. De netto aanzanding van de Drempel in oktober 1995 is $300 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ groter dan de baggerinspanning in september.
4. De natuurlijke aanzanding van het Drempelgebied is in 1 jaar net zo groot als de jaarlijkse baggerinspanning van gemiddeld $2.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Figuren 6.3a-e geven het gemeten sedimentatieverloop op de Drempel van 29 sept - 26 okt 1995 weer. Voor een gedetailleerde analyse van de nauwkeurigheid van de metingen wordt verwezen naar het rapport van (Tank, 1997b). In dit rapport wordt uitgegaan van een nauwkeurigheidsmarge van 20 cm.

6.4 Analyse van de rekenresultaten

6.4.1 Overzicht van de simulaties

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de numerieke experimenten:

R12: Morfologische maandrun, totaaltransport met bodemhellingseffect en secundaire stroming
R13: Als R12 met suspensief transport en gradiënt bodemrandvoorwaarde
R14: Als R13 met suspensief transport en concentratie bodemrandvoorwaarde

6.4.2 analyse zandtransport berekeningen en metingen

Dirichlet randvoorwaarde t.o.v. Neumann randvoorwaarde

Uit figuren 6.4a en 6.4b blijkt dat de verschillen tussen de berekende zandtransporten bepaald met simulaties R13 en R14 klein zijn. Alleen in MP21 van raai F zijn de verschillen tijdens maximale vloedstroming (rond 13:00 uur) aanzienlijk. Hier zijn de transporten berekend met R14 groter dan die berekend met R13.

Suspensief transport t.o.v. totaal transport

Uit figuren 6.4a en 6.4b blijkt dat in een aantal gevallen de verschillen tussen de resultaten bepaald met R12 (totaal transport) en die met R13 en R14 wel significant zijn. Dit is met name bij maximale vloedstroming het geval, dat optreedt op 23/10/95 ca 13.00 uur en op 25/10/95 ca 14:00. Daarom concentreren we ons op deze periode.

In raai C zijn de transporten van R12 iets groter dan die van R13 en R14 in de meetpunten MP25 en MP26. In meetpunten MP27, MP28 en MP29 zijn R13 en R14 groter en in MP30 zijn de berekende transporten bij maximale vloedstroming veel kleiner dan bij maximale ebstroming.

In raai F zijn de transporten berekend met R12 kleiner dan berekend door R13 en R14 in meet punten MP15 en MP22. In MP21 zijn de transporten van R12 twee maal groter dan die van R13 en R14.

In raai G zijn de transporten van R12 veel kleiner dan die van R13 en R14 in MP18, en slechts iets kleiner in MP23 en MP24.

Berekeningen t.o.v. metingen

Figuren 6.4a en 6.4b geven tevens de verschillen aan tussen de gemeten en berekende transporten. De verschillen tussen de metingen en de berekeningen zijn i.h.a. veel groter dan die tussen de berekeningen onderling. In tabel 6.2 zijn de geobserveerde verschillen samengevat:

Station	(Model) diepte	Analyse metingen t.o.v. berekeningen	Analyse berekeningen onderling
MP25, raai C	11.7	metingen en berekeningen zelfde orde grootte	transporten R12 iets groter dan R13 en R14
MP26, raai C	13.8	Berekeningen tot anderhalf maal groter	transporten R12 iets groter dan R13 en R14
MP27, raai C	14.6	Berekeningen tot twee maal groter	transporten R12 iets kleiner dan R13 en R14
MP29, raai C	8.0	Berekeningen anderhalf tot twee maal kleiner	transporten R12 tot 50% kleiner dan R13 en R14
MP30, raai C	7.8	Berekeningen twee tot vier maal kleiner	berekeningen van vergelijkbare grootte
MP15, raai F	15.6	Berekeningen tot anderhalf maal groter	transporten R12 tot 25% kleiner dan R13 en R14
MP21, raai F	25.3	Berekeningen tot twee maal groter	transporten R12 tot twee maal groter dan R13 en R14
MP22, raai F	14.6	Berekeningen tot twee maal groter	berekeningen van vergelijkbare grootte
MP18, raai G	14.0	berekeningen tot twee maal kleiner	transporten R12 tot 50% kleiner dan R13 en R14
MP23, raai G	25.3	berekeningen vier tot acht maal groter	berekeningen van vergelijkbare grootte
MP24, raai G	14.9	berekeningen vier tot acht maal groter	berekeningen van vergelijkbare grootte

Tabel 6.2 analyse zandtransport metingen en berekeningen

De tabel laat zien dat in alle meetpunten, behalve MP29, MP30 en MP18 de berekeningen i.h.a. minimaal twee maal groter zijn dan de metingen. In de drie laatst genoemde stations zijn de berekeningen juist tot een factor 2 kleiner dan de metingen. Opvallend is dat MP29 en MP30 de stations zijn met de kleinste diepte (ca 7-8 m). Hier speelt wellicht de bodemhelling of de stroombaankromming een rol.

In het rapport van (Tank, 1997a) worden de AZTM metingen in o.a. raai C vergeleken met zandtransportberekeningen die bepaald zijn met behulp van de sedimenttransportformule van Englund-Hansen en de gemeten dieptegemiddelde stroomsnelheden. Tank vindt ook dat de berekende transporten in het algemeen groter zijn, maar per station zijn de resultaten wel anders dan de hier verkregen resultaten van (met name) simulatie R12. Het verschil tussen de resultaten van Tank en de rekenresultaten van de huidige studie wordt verklaard door de berekende dieptegemiddelde stroomsnelheden. Figuren 6.4c en 6.4d laten de berekende dieptegemiddelde stroomsnelheden zien, uitgezet tegen de gemeten dieptegemiddelde stroomsnelheden. In MP25 zien we een faseverschil van ca 0.5 uur, in MP26 is de berekende vloedsnelheid ca 15% groter dan de gemeten snelheid. In MP27 bedraagt de factor zelfs ca 20%. In MP29 is de berekende vloedsnelheid ca 20% kleiner dan de gemeten vloedsnelheid en in MP30 bedraagt de factor zelfs 50%.

In de transportformule van Englund-Hansen is het totaal transport evenredig met de vijfde macht van de snelheid. Als de gemeten snelheid nu bijv. 10% groter is dan de berekende snelheid dan betekent dat het Englund-Hansen transport ca 60% groter is dan het berekende transport. Opgemerkt wordt dat de berekende dieptegemiddelde stroomsnelheden zijn verkregen zonder de effecten van de veranderde bodem in run R12 mee te nemen in de hydrodynamische berekening. Er is dus gebruik gemaakt van de bodemschematisatie zoals beschikbaar op 27/9/95. Deze bodem zou immers ook uitgangspunt zijn bij een eventuele hydrodynamische validatie van het model.

Opvallend is dat de resultaten samengevat in tabel 6.2 ook grotendeels te verklaren zijn met de verschillen tussen de berekende en gemeten dieptegemiddelde snelheden. In figuren 6.4c en 6.4d zien we dat in alle beschikbare station de berekende dieptegemiddelde vloodsnelheid groter is dan de gemeten dieptegemiddelde vloodsnelheid, behalve in station MP29-C, MP30-C en MP18-G. Dit zijn juist ook de stations waar de berekende transporten kleiner zijn dan de gemeten transporten.

Figuur 6.5a toont de met Delft2D-MOR berekende zandtransporten in raaien H en J. Figuren 6.5b toont de gemeten zandtransporten in dezelfde punten. De figuren tonen aan dat de representatie van de berekende sedimenttransporten tijdens maximale ebstroming beter is dan tijdens maximale vloedstroming. De ordegrrootte van berekeningen en metingen zijn hetzelfde, alleen de fasering komt niet overeen.

conclusies analyse zandtransportberekeningen en metingen

De fasering van de berekende sedimenttransporten komt goed overeen met de fasering van de gemeten sedimenttransporten. De berekende sedimenttransporten zijn i.h.a. tot twee maal groter dan de gemeten sedimenttransporten. Dit lijkt te worden veroorzaakt door de verschillen tussen de gemeten en berekende dieptegemiddelde snelheden. Bij de metingen gaat het om puntmetingen, terwijl in het model de snelheden zijn gemiddeld over een roosterpunt ter grootte van ca 50-100 m. De lokale bodemschematisatie speelt een grote rol bij de puntmetingen en dus ook bij de sedimenttransporten. Het is dus duidelijk dat de afwijkingen van de berekende sedimenttransporten t.o.v. de metingen groter zijn dan tussen de berekeningen onderling. Er is op basis van de metingen en de rekenresultaten niet te concluderen welke simulatie de beste resultaten geeft.

6.4.3 Analyse volume concentratieverdeling R13 en R14

Figuren 6.6a en 6.6b tonen de berekende volume concentratieverdeling van simulaties R13 en R14 respectievelijk voor de tijdstippen op 23/10/95 en 25/10/95 waarop maximale vloodsnelheid optreedt. We zien dat de maximale concentraties die door R14 worden berekend iets groter zijn dan berekend door R13. We zien hier dus hetzelfde verschijnsel als bij de simulaties R08 en R09. Simulatie R14 heeft een kortere relaxatie-lengte en relaxatie-tijd door de hier toegepaste concentratietype (Dirichlet) bodemrandvoorwaarde.

6.4.4 Analyse gemeten en berekende bodemveranderingen

De gemeten en berekende bodemveranderingen worden op twee manieren met elkaar vergeleken. Allereerst wordt gekeken naar de sedimentatieverschillen in [m] tussen de berekeningen en de metingen en tussen de berekeningen onderling (zie figuren 6.3a-e en figuren 6.7a-e, 6.8a-e en 6.9a-e). Daarnaast wordt gekeken naar de morfologische zandbalans voor de 5 periodes 29/9-5/10, 5/10-12/10, 12/10-19/10, 19/10-26/10 en 29/9-26/10. Hiervoor is het Drempel gebied van Hansweert verdeeld in 8 vakken, analoog aan de vakverdeling gegeven in (Tank, 1997b). De vakverdeling is gepresenteerd in figuur 6.10a, en de getijkromme voor de gesimuleerde periode is weergegeven in figuur 6.10b. Voor ieder vak en voor elke periode worden voor alle simulaties de zandvolumes berekend. De geobserveerde zandvolumes zijn overgenomen uit (Tank, 1997b).

Totaal transport, simulatie R12

29 sep - 5 okt, zie figuren 6.3a en 6.7a

De berekende erosie in het noordwestelijk deel van het baggervak is niet waargenomen. De berekende sedimentatie ten westen van het noordelijk deel van het baggervak is ook niet waargenomen. Er is wel enige sedimentatie gemeten ca 500 m ten westen van de berekende sedimentatie locatie.

5 - 12 oktober, zie figuren 6.3b en 6.7b

De berekende erosie in het noordwestelijk deel van het baggervak is waargenomen met eenzelfde ordegrrootte op een iets zuidelijker gelegen plaats. De berekende sedimentatie in het baggervak is ca twee maal groter dan waargenomen. Erosie en sedimentatie berekend ten westen van het noordelijk deel van het baggervak wordt op een iets zuidelijker locatie waargenomen. De berekende hoeveelheid gesedimenteerd materiaal is wel ca twee maal groter, en de berekende hoeveelheid geërodeerd materiaal is ca twee maal kleiner.

12-19 oktober, zie figuren 6.3c en 6.7c

De waargenomen geringe hoeveelheid gesedimenteerd en geërodeerd materiaal in het baggervak vinden we niet terug in de resultaten van R12. Hetzelfde geldt voor de waargenomen hoeveelheid geërodeerd materiaal ten westen van het baggervak. Het model simuleert wel sedimentatie ten westen van het baggervak maar de hoeveelheid is veel kleiner dan de waargenomen hoeveelheid gesedimenteerd materiaal.

19/20-26 oktober, zie figuren 6.3d en 6.7d

De berekende sedimentatie in het noordelijk deel van het baggervak wordt niet waargenomen. Het berekende sedimentatie/erosie patroon ten westen van het noordelijk deel van het baggervak komt globaal overeen met het geobserveerde patroon. De berekende hoeveelheid is echter ca een factor 4 kleiner dan de geobserveerde hoeveelheid.

29/9-26/10, zie figuren 6.3e en 6.7e

Over de gehele periode van 29/9-26/10 kunnen we concluderen dat

- Het berekende sedimentatie/erosie patroon globaal overeenkomt met het geobserveerde sedimentatie/erosie patroon in het zuidelijk deel en ten zuiden van het baggervak

- Het geobserveerde sedimentatiepatroon in het centrale deel van het baggervak wordt niet berekend. De berekening toont een sedimentatiegebied in het noordelijk deel van het baggervak, maar de sedimentatie is een factor 2-5 te groot.
- Het berekende erosiegebied in het noordelijk deel van het baggervak en ten noordwesten ervan wordt wel geobserveerd. Alleen ligt het geobserveerde erosiegebied iets westelijker dan het berekende erosiegebied.
- Het berekende sedimentatiegebied ten noordwesten van het baggervak is iets groter dan geobserveerd. De ordegrrootte van de hoeveelheid gesedimenteerd materiaal komt redelijk overeen met de geobserveerde waarde.

Suspensief transport, simulaties R13 en R14

De resultaten van simulaties R13 en R14 ten aanzien van de berekende bodemveranderingen tonen onderling nauwelijks significante verschillen. De analyse t.o.v. de metingen zal voor beide simulaties dan ook tegelijkertijd worden gedaan.

29/9 - 5/10, zie figuren 6.3a, 6.8a en 6.9a

De berekende erosie in het noorden van het baggervak wordt niet waargenomen. De geobserveerde hoeveelheid gesedimenteerd materiaal in het noorden van het baggervak wordt niet berekend. De berekende sedimentatie ten westen van het noordelijk deel van het baggervak wordt iets westelijker waargenomen. Ook is de berekende hoeveelheid een factor 2 kleiner.

5-12 oktober, zie figuren 6.3b, 6.8b en 6.9b

Het berekende erosiegebied in het noorden van het baggervak wordt iets zuidwestelijker waargenomen. De geobserveerde erosie ten westen van het baggervak ontbreekt in de berekening. De berekende sedimentatie ten westen van het noordelijk deel van het baggervak wordt iets zuidelijker waargenomen. De geobserveerde hoeveelheid gesedimenteerd materiaal is een factor 2 kleiner dan de berekende hoeveelheid gesedimenteerd materiaal. De sedimentatie ten noorden van het baggervak is bij simulatie R14 van dezelfde ordegrrootte als geobserveerd.

12-19 oktober, zie figuren 6.3c, 6.8c en 6.9c

De berekende erosie in het noordelijk deel van het baggervak wordt iets zuidelijker waargenomen en de berekende hoeveelheid is een faktor 2 tot 4 groter dan de waargenomen hoeveelheid. De berekende sedimentatie ten westen van het noordelijk deel van het baggervak wordt iets oostelijker waargenomen en de waargenomen hoeveelheid is ook een faktor 2 tot 4 groter dan berekend. Overige geobserveerde sedimentatie/erosie patronen ontbreken in de berekeningen.

19-26 oktober, zie figuren 6.3d, 6.8d en 6.9d

De berekende erosie wordt iets zuidelijker waargenomen en de berekende hoeveelheid is een faktor 2 tot 4 kleiner dan de gemeten hoeveelheid. De berekende sedimentatie ten westen van het baggervak wordt iets oostelijker waargenomen en de gemeten hoeveelheid is een faktor 2 tot 4 groter dan berekend. De berekende sedimentatie ten noorden van het baggervak is van dezelfde ordegrrootte als geobserveerd.

29/9 - 26/10, zie figuren 6.3e, 6.8e en 6.9e

Over de gehele periode van 29/9-26/10 kunnen we concluderen dat

- Het berekende sedimentatie/erosie patroon globaal overeenkomt met het geobserveerde sedimentatie/erosie patroon ten zuiden van het baggervak. De berekende hoeveelheden zijn kleiner.
- Het geobserveerde sedimentatiepatroon in het centrale deel van het baggervak vinden we terug in de rekenresultaten op een iets oostelijker gelegen lokatie. De ordegrootte van de hoeveelheid gesedimenteerd materiaal is voor de berekeningen en de metingen hetzelfde.
- De berekende erosie in het noordelijk deel van het baggervak is groter dan geobserveerd. De berekende locatie van het erosiegebied is noordelijker dan geobserveerd. Het model lijkt niet goed in staat te zijn de effecten van de diepte overgang te simuleren.
- Het geobserveerde erosiegebied ten noordwesten van het baggervak ontbreekt in de berekeningen.
- Het berekende sedimentatiegebied ten noordwesten van het baggervak is groter dan geobserveerd en ligt wat noordelijker.

Morfologische zandbalans in oktober 1995 voor de periode van 1 maand

In de vakverdeling gepresenteerd in figuur 6.10a geven vaknummers 2, 3, 5 en 6 het drempelgebied bij Hansweert aan. Vaknummers 4 en 7 representeren het plateau ten oosten van de Plaat van Ossensisse en vaknummers 8 en 1 geven de diepe geulen respectievelijk boven- en benedenstrooms van de Drempel van Hansweert. Uit de metingen in figuur 6.10b (de grafiek linksboven) blijkt dat de Drempel van Hansweert aanzandt met $500 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, over een periode van een maand. Voor het plateau geven de metingen een aanzanding van $370 \cdot 10^3 \text{ m}^3$, voor de diepe geul bij Hansweert (benedenstrooms van Hansweert) laten de metingen een maandelijkse netto erosie van ca $400 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ zien, en voor de diepe geul bij Walsoorden (benedenstrooms van Hansweert) een netto aanzanding van ca $30 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

De resultaten van de simulaties R12, R13 en R14 laten een heel ander beeld zien. In Tabellen 6.3a en 6.3b wordt een overzicht gegeven van de netto sedimentatie voor de metingen en de berekeningen. In Tabel 6.3a zijn de vakken met vergelijkbare bathymetry bij elkaar gevoegd. In Tabel 6.3b zijn de vakken ten noorden en de vakken ten zuiden van de drempel bij elkaar gevoegd.

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Drempelgebied (vakken 2+3+5+6)	plateau ten oosten van de Plaat van Ossensisse (vakken 4+7)	Diepe geul van Hansweert (vak 1)	Diepe geul van Walsoorden (vak 8)
Metingen	500	370	-410	25
Simulatie R12	190	-5	-70	45
Simulatie R13	-340	35	230	85
Simulatie R14	-340	35	240	75

Tabel 6.3a

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Noordzijde (vakken 1+2+3+4)	Zuidzijde (vakken 5+6+7+8)
Metingen	256	233
Simulatie R12	-53	218
Simulatie R13	-469	475
Simulatie R14	-433	450

Tabel 6.3b

Tabel 6.3a laat zien dat het sedimentatie/erosie patroon van berekening R12 overeenkomt met het gemeten sedimentatie/erosie patroon, behalve op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse. De berekende hoeveelheden zijn echter een faktor 2-6 kleiner dan de gemeten hoeveelheden. Bij simulaties R13 en R14 is het netto sedimentatie/erosie patroon berekend op de drempel en in de geul bij Hansweert omgekeerd aan dat wat wordt gemeten. Op het plateau en in de geul bij Walsoorden in de trend wel goed maar verschillen de volumes aanzienlijk. De verschillen tussen de resultaten van R12 en R13/R14 worden veroorzaakt door de manier waarop de sedimenttransporten worden gesimuleerd. In figuur 4.1 zagen we al eerder dat de netto eb-transporten van run R08 (waarin net als in R13 en R14 ook gerekend wordt met suspensief transport en de methode van Galappatti) veel groter zijn dan die van R02 (waarin wordt gerekend met totaal transport, net als in R12). De netto vloed-transporten van R02 in het noordelijk deel van het baggervak zijn daarentegen weer groter dan die van R08. Hetzelfde geldt voor simulatie R12 t.o.v. R13 en R14. De hoeveelheid geërodeerd materiaal in het noordelijk deel van het baggervak bij simulaties R13 en R14 wordt door het netto eb-transport naar met name vaknummer 1 getransporteerd, terwijl de hoeveelheid geërodeerd materiaal in het noordelijk deel en ten noordwesten van het baggervak bij simulatie R12 met de netto vloedstroming naar met name vaknummer 3 wordt getransporteerd.

Tabel 6.3b laat zien dat alle berekeningen aan de zuidzijde worden gekenmerkt door sedimentatie, in overeenstemming met de metingen. Aan de noordzijde laten de berekeningen echter erosie zien, terwijl in de metingen hier duidelijk sedimentatie plaatsvindt.

In de volgende 4 paragrafen worden de gemeten en berekende zandbalansen per periode van één week met elkaar vergeleken. Opgemerkt wordt dat, met name in de perioden tijdens doodtij wanneer er weinig sedimentatie en erosie plaatsvindt, de gemeten sedimentatie en erosie patronen een ordegrrootte kunnen hebben die hetzelfde is als de nauwkeurigheidsmarge van de metingen. Hierdoor zijn de metingen, met name in deze perioden, minder goed te vergelijken met de resultaten van de berekeningen.

Morfologische zandbalans in de 1^e week van oktober 1995

Figuur 6.11a toont de netto zandvolumes in de vakken zoals gemeten en berekend voor de periode van 29/9/95 - 5/10/95. Dit is de periode van springtij naar doodtij. In Tabel 6.4 worden de getallen nog eens in tabel-vorm samengevat:

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Drempelgebied	plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse	Diepe geul van Hansweert	Diepe geul van Walsoorden
Metingen	5	0	-250	135
Simulatie R12	5	-10	10	10
Simulatie R13	-80	0	60	10
Simulatie R14	-85	0	70	10

Tabel 6.4

Het patroon op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse wordt door alle simulaties goed voorspeld. De berekende netto sedimentatie in het noordelijk deel en de berekende erosie in het zuidelijk deel is echter steeds een faktor 2-4 kleiner dan geobserveerd. De waargenomen erosie in de diepe geul bij Hansweert blijft in alle berekeningen achterwege. Simulatie R12 geeft een vergelijkbare hoeveelheid netto sedimentatie op de Drempel van Hansweert als gemeten, terwijl R13 en R14 hier netto erosie geven. Opmerkelijk is dat in de diepe geul bij Walsoorden grote netto sedimentatie is te zien in de metingen, in tegenstelling tot de berekende netto sedimentatie.

Morfologische zandbalans in de 2^e week van oktober 1995

Figuur 6.11b toont de netto zandvolumes in de vakken zoals gemeten en berekend voor de periode van 5/10/95 - 12/10/95. Dit is de periode van doortij naar springtij. In Tabel 6.5 worden de getallen nog eens in tabel-vorm samengevat:

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Drempelgebied	plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse	Diepe geul van Hansweert	Diepe geul van Walsoorden
Metingen	-80	80	-110	-90
Simulatie R12	80	5	-40	15
Simulatie R13	-135	15	95	30
Simulatie R14	-135	15	95	30

Tabel 6.5

Op het plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse geven alle simulaties netto sedimentatie te zien, zoals ook wordt waargenomen. De berekende waarden zijn wel veel te klein. Het berekende sedimentatie/erosie patroon in het drempelgebied is voor runs R13 en R14 hetzelfde als het gemeten patroon. De berekeningen zijn morfologisch alleen veel dynamischer: de netto volumes erosie en sedimentatie zijn 2-10 maal groter dan geobserveerd.

In de diepe geulen bij Hansweert en Walsoorden wordt netto erosie gemeten terwijl de berekeningen R13 en R14 hier netto sedimentatie laten zien. Simulatie R12 geeft alleen netto sedimentatie in de geul van Walsoorden.

Morfologische zandbalans in de 3^e week van oktober 1995

Figuur 6.11c toont de netto zandvolumes in de vakken zoals gemeten en berekend voor de periode van 12/10/95 - 19/10/95. Dit is de periode van springtij naar doodtij. In Tabel 6.6 worden de getallen nog eens in tabel-vorm samengevat:

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Drempelgebied	plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse	Diepe geul van Hansweert	Diepe geul van Walsoorden
Metingen	236	-25	85	120
Simulatie R12	10	-10	15	5
Simulatie R13	-50	0	35	10
Simulatie R14	-50	0	35	10

Tabel 6.6

Opvallend is dat de resultaten van de simulaties voor deze periode zoals verwacht vergelijkbaar zijn met de resultaten voor de 1^e week van oktober. De metingen vertonen echter een heel ander patroon. Dit is merkwaardig omdat de getijomstandigheden gedurende beide periodes vergelijkbaar zijn (springtij→doodtij, zie figuur 6.10c).

Morfologische zandbalans in de 4^e week van oktober 1995

Figuur 6.11d toont de netto zandvolumes in de vakken zoals gemeten en berekend voor de periode van 19/10/95 - 26/10/95. Dit is de periode van doodtij naar springtij. In Tabel 6.7 worden de getallen nog eens in tabel-vorm samengevat:

Zandvolumes *1000 m ³ (aanzanding is positief)	Drempelgebied	plateau ten oosten van de Plaat van Ossenisse	Diepe geul van Hansweert	Diepe geul van Walsoorden
Metingen	345	310	-130	-135
Simulatie R12	95	10	-50	15
Simulatie R13	-80	20	45	30
Simulatie R14	-75	20	45	25

Tabel 6.7

De resultaten van de simulaties voor deze periode zijn opnieuw vergelijkbaar met de resultaten voor de 2^e week van oktober. De metingen vertonen weer een heel ander patroon. Dit is merkwaardig omdat de getijomstandigheden gedurende beide periodes weer vergelijkbaar zijn (doodtij→springtij, zie figuur 6.10c)

Conclusies berekende bodemveranderingen t.o.v. metingen

- Er is geen significant verschil tussen de resultaten van runs R13 en R14. De toegepaste bodemrandvoorwaarde is dus niet van significant belang.
- De verschillen tussen de resultaten van R12 enerzijds en R13 en R14 anderzijds worden veroorzaakt door de verschillen in de berekende netto transporten. Uit de resultaten van eerdere hoofdstukken is al gebleken dat deze aanzienlijk kunnen zijn. Dit heeft direct effect op de morfologische ontwikkeling van een gebied.
- Sedimentatie in het centrale deel van het baggervak wordt door R13 en R14 beter gesimuleerd dan door R12. Dit wordt veroorzaakt door het relaxatie-effect waardoor de netto transporten in vloedrichting in het centrale deel van het baggervak groter zijn dan bij de totaal transportberekening van R12.
- De sedimentatie in het noordelijk deel van het baggervak wordt door R12 beter berekend dan door R13 en R14.
- De verschillen tussen de berekende en gemeten zandbalansen zijn groot. Kijken we naar de totale periode van een maand in oktober 1995, dan kunnen we op basis van de zandbalansen concluderen dat simulatie R12 het beste overeenkomt met de metingen. Bekijken we de resultaten en de metingen per periode van 1 week dan zijn de verschillen tussen de rekenresultaten van R12 en de metingen ook nog aanzienlijk. De resultaten van R12 zijn zeker niet altijd beter dan die van R13 en R14 maar vaak ook minder goed.
- Het is opmerkelijk dat de netto zandvolumes gemeten tijdens de 1e week en gemeten tijdens de 3e week van oktober onderling zoveel verschillen. Beide periodes betreffen de overgang van springtij naar doottij en de hydrodynamische condities zijn dus hetzelfde. Dit zou een vergelijkbaar sedimentatie/erosie patroon moeten opleveren in de metingen. Hetzelfde geldt voor de periodes van de 2e week en de 4e week van oktober die een overgang van doottij naar springtij betreffen. Blijkbaar speelt de nauwkeurigheid van de metingen een grote rol als we met een tijdstap van een week de resultaten van de zandbalans analyseren.
- Samenvattend kunnen we zeggen dat in sommige gebieden R12 betere resultaten geeft en in andere gebieden runs R13 en R14. De ene simulatie geeft niet duidelijk betere resultaten dan de andere. Globaal komen de patronen overeen met de metingen maar de locaties zijn vaak niet correct. Opgemerkt wordt dat in het geval van suspensief transport (runs R13 en R14) de waarde van de toegepaste valsnelheid een rol kan spelen in de resultaten. Zie ook hoofdstuk 5.

7 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

7.1 Samenvatting

In deze studie is onderzoek gedaan naar het modelleren van suspensief sedimenttransport in de Westerschelde met gebruikmaking van Delft2D-MOR en door rekenresultaten te vergelijken met metingen in de omgeving van de Drempel van Hansweert. In eerste instantie is gekeken naar de invloed van driedimensionale effecten op het sedimenttransport en de manier waarop deze in het (quasi)-dieptegemiddeld sedimenttransportmodel verdisconteerd worden. Dit is gedaan door simulatie met een morfologisch getij, en het bij toerbeurt meenemen in de simulaties van de volgende fysische processen:

- sedimenttransporten modellering met behulp van de totaaltransportformule van Van Rijn,
- effecten van bodemhelling op het sedimenttransport,
- effecten van secundaire stroming in dwarsrichting op het sedimenttransport,
- sedimenttransportmodellering met behulp van de methode van Galapatti .

Alvorens de effecten van secundaire stroming op sedimenttransport te onderzoeken is eerst gekeken naar het verschil tussen de secundaire stromingsintensiteit berekend met het 2D model, en de secundaire stromingsintensiteit impliciet bepaald met het 3D model TRISCAL van Rijkswaterstaat.

In tweede instantie is op basis van de resultaten met het morfologisch getij een keuze gemaakt voor de te gebruiken processen en procesformuleringen in enkele morfodynamische simulaties, waarbij één maand is gesimuleerd en waarbij de effecten van de veranderende hydrodynamica op de morfologische ontwikkelingen in het gebied zijn meegenomen.

7.2 Conclusies

Twee algemene conclusies die uit de studie getrokken kunnen worden luiden:

1. De waterbeweging is de primaire drijvende kracht achter de morfologische ontwikkelingen. Hoewel de grootschalige waterbeweging in het onderzoeksgebied goed wordt gesimuleerd, blijken lokale details, zoals bijvoorbeeld de secundaire stroming, niet voldoende nauwkeurig gesimuleerd te (kunnen) worden.
2. De nauwkeurigheid van de gemeten morfologische ontwikkeling over een maand is onvoldoende om harde conclusies ten aanzien van deze ontwikkelingen te trekken.

Op basis van de **simulaties met het morfologisch getij** kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het bodemhellingseffect op het sedimenttransport blijkt significant te zijn. In sommige gebieden is dit een belangrijk mechanisme voor het netto sedimenttransport. De resultaten laten zien dat het bodemhellingseffect storingen in het bodemniveau dempt.

Dit effect is belangrijk voor het waarborgen van de stabiliteit van morfologische processen en van het morfologisch model.

2. Vergeleken met het model van Groenewoud (1997) geeft het huidige model globaal dezelfde patronen van netto transport en van bodemniveau-veranderingen. Maar er zijn ook duidelijke verschillen tussen de resultaten van de twee modellen. Het sedimentatiegebied, berekend door het huidige model, komt bijvoorbeeld beter overeen met het baggergebied bij de Drempel van Hansweert.
3. Het gebruik van de Galappatti-formulering voor zwevend sedimenttransport zorgt voor een gladder verloop van de bodemontwikkeling. Door de aanpassingstijd en -lengte worden de sedimentatie- en erosiepatronen over tijd en ruimte uitgesmeerd.
4. Uit de literatuur volgt dat bij een gradiënt-type bodemrandvoorwaarde de relaxatielengte en relaxatietijd groter is dan bij een concentratietype bodemrandvoorwaarde. De verschillen tussen beide typen tonen zich met name in de horizontale concentratieverdeling, doordat bij toepassing van de gradiënt-type bodemrandvoorwaarde de maximale sedimentconcentraties lager zijn dan bij de concentratietype randvoorwaarde. Bovendien zijn ook de horizontale concentratiegradiënten kleiner. De effecten op de bodemverandering en het netto sedimenttransport zijn nauwelijks zichtbaar.
5. Halvering van de valsnelheid leidt tot een verdubbeling van de relaxatietijd en -lengte. Hierdoor worden de horizontale concentratiegradiënten kleiner en nemen de maximale concentraties af. Het effect op de bodemverandering wordt gekenmerkt door minder erosie en minder sedimentatie na halvering van de valsnelheid.
6. Het effect van de grootte van de valsnelheid op zowel de concentratieverdeling als de bodemverandering is fors groter dan bij toepassing de twee typen gebruikte bodemrandvoorwaarden. Dit betekent dat de keuze van het type bodemrandvoorwaarden onbelangrijk is ten opzichte van een correcte keuze van de valsnelheid w_s .
7. Vergelijking van de secundaire stroming berekend met het 3D-TRISCAL model en met Delft2D-MOR toont dat:
 - het 2D-model gevoelig is voor lokale kustlijnkrommingen en wellicht 'trapjes' in het rooster,
 - er grote verschillen aanwezig zijn tussen beide modellen in de berekende intensiteit van de secundaire stroming.
8. Het effect van secundaire stroming op de morfologische ontwikkelingen is duidelijk merkbaar doordat een herverdeling van het sediment in dwarsrichting plaatsvindt. Dit betekent dat een onderschatting of overschatting van de spiraalstroming door het 2D-model een significante invloed kan hebben op het sedimentatiepatroon en de drempelvorming.
9. Lokaal ontstaan op droogvallende platen kleine negatieve concentraties. Voor de in dit rapport gepresenteerde simulaties heeft dit geen invloed op de resultaten. Er zijn echter aanwijzingen dat bij een ander gebruik van het Delft2D-MOR systeem (i.e. als de zgn. continuïteitscorrectie wordt toegepast) deze negatieve waarden kunnen groeien. Momenteel is niet bekend waardoor deze negatieve concentraties worden veroorzaakt.

Op basis van de **morfodynamische simulaties** kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De verschillen tussen de berekende en gemeten sedimenttransporten komen met name tot uiting in de grootte van de sedimenttransporten. De berekende fasering komt i.h.a. goed overeen met de metingen. De verschillen tussen metingen en berekeningen worden direct veroorzaakt door de verschillen tussen de gemeten en berekende dieptegemiddelde snelheden.
2. Er is geen duidelijk verschil tussen de morfologische resultaten bij toepassing van twee verschillende bodemrandvoorwaarden in de methode van Galappatti, hoewel de relaxatielengte en -tijd een factor drie verschillen. Dit wordt veroorzaakt doordat de relaxatielengte en -tijd bij de twee typen bodemrandvoorwaarden niet veel van elkaar verschillen bij de huidige omstandigheden. Het verschil tussen deze twee hangt af van de grootte van w_s/u_* : hoe groter w_s/u_* , hoe kleiner het verschil tussen de twee randvoorwaarden wordt. Voor de huidige situatie blijkt bijvoorbeeld dat de verhouding tussen de twee relaxatietijden bij de twee typen randvoorwaarden 1.5 bedraagt.
3. Door de relaxatietijd en relaxatielengte in de methode van Galappatti zijn er lokaal behoorlijke verschillen tussen de resultaten wanneer de methode van Galappatti wordt toegepast (suspensief transport) en wanneer een totaaltransport formulering wordt gebruikt. De verschillen in netto transport over een doortij-springtij cyclus hebben direct gevolgen voor de berekende morfologische veranderingen.
4. De simulatietijd is waarschijnlijk kort geweest ten opzicht van de morfologische inspeelperiode: de initiële bathymetrie heeft zich onvoldoende aangepast aan de opgelegde hydrodynamische condities.
5. Uit de huidige studieresultaten kan niet geconcludeerd worden of de methode van Galappatti betere resultaten geeft dan het gebruik van een totaaltransportformule.

7.3 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de studieresultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan, welke in vier categorieën ingedeeld kunnen worden:

I Toepasbaarheid

De huidige studie toont niet aan dat quasi-3D simulaties van het sedimenttransport rondom het drempelgebied bij Hansweert betere resultaten geven dan 2Dh simulaties met een totaaltransportformule. Wij bevelen daarom momenteel de laatste methode aan voor praktische studies.

Aangezien de quasi-3D aanpak veel grotere potenties heeft dan deze 2Dh-aanpak met een totaal-transportformule, bevelen wij echter wel aan het gedrag van dit quasi-3D model nader te bestuderen.

Aanvullend inzicht in de processen van belang voor de drempelopbouw kan verkregen worden uit een combinatie van de transportbaan metingen met de methode van McLaren in combinatie met toepassing van het Invers Sediment Transport Model.

II Verder onderzoek met het Hansweert quasi-3D model

Wij bevelen aan om met het in deze studie ontwikkelde morfodynamisch model van het drempelgebied nabij Hansweert nog enige aanvullende simulaties uit te voeren met als doel het gedrag van dit model onder complexe condities nader te onderzoeken. Met name wordt gedacht aan de volgende simulaties:

1. Een langere simulatieperiode; de indruk bestaat nu dat de morfodynamische simulatieperiode van één maand kort is ten opzichte van de morfologische inspeelperiode.
2. Onderzoek naar de invloed van de morfologische tijdstap en de toepassing van de continuïteitscorrectie op de berekende morfologische ontwikkeling. Dergelijke simulaties zijn nog nooit uitgevoerd voor een complex gebied en zijn zeker noodzakelijk indien een dergelijk model toegepast zou moeten worden om lange termijn voorspelling te maken.
3. De onder 1. genoemde langdurige morfologische simulatie ook uitvoeren met een cyclisch morfologisch getij om de betrouwbaarheid van deze laatste aanpak te onderzoeken.
4. Wij bevelen aan om bij uitvoering van nieuwe simulaties, naast de nu gepresenteerde analyses van de resultaten, ook de ontwikkeling van dwars- en langsdoorsneden te presenteren, waarmee bijvoorbeeld de migratie van geulen beter gevisualiseerd kan worden, en van resttransportvelden met een frequentie van enige weken.
5. Een gedetailleerde analyse van de horizontale getijcomponenten zoals berekend en een vergelijking daarvan met gemeten waarden zal inzicht geven in hoeverre het model in staat is deze voor de morfodynamica belangrijke componenten correct weer te geven.

III Parameteronderzoek met schematisch drempelmodel

De huidige studie heeft ook een groot aantal meer fundamentele vragen over de morfologische ontwikkeling van een drempelgebied en de fysische beschrijving daarvan opgeworpen. Wij bevelen aan eventueel onderzoek om deze vragen te beantwoorden uit te voeren met een geschematiseerd model van zo'n drempelgebied. In concreto zijn de volgende vragen gerezen:

1. Is de invloed van longitudinale secundaire stroming van belang, en zo ja, hoe dient deze gemodelleerd te worden en hoe wordt drempelvorming hierdoor beïnvloed?
2. Worden de geconstateerde afwijkingen in het verticale snelheidsprofiel van een logaritmische verdeling afdoende verklaard door de invloed van de longitudinale zoutgradiënt, en zo ja hoe dient dit te worden gemodelleerd en wat is de invloed op de secundaire stroming in dwarsrichting?
3. Hoe wordt de secundaire stroming in dwarsrichting in een geul beïnvloed door een groot, aan de geul grenzend en meestromend ondiep gebied, en hoe kan zulks gemodelleerd worden; er zijn aanwijzingen dat de grootschalige spiraalstroming sterk onderdrukt wordt, en dat zich twee nieuwe circulatiecellen ontwikkelen langs de plaatranden.

4. De momenteel gebruikte beschrijving van de door Coriolis gegenereerde secundaire stroming is nooit getest; er zijn echter aanwijzingen dat er, met name rondom kentering, een singulariteit in de secundaire stroming ontstaat.
5. Wat is de invloed van golven? Het is te verwachten dat deze onregelmatigheden in de bodem, met name in ondiepe gebieden, zullen egaliseren, en minder steile taluds in de geulen zullen veroorzaken.
6. De bodemruwheid wordt over het algemeen indirect bepaald tijdens de calibratie van de (grootschalige) waterbeweging. De bodemschuifspanning is echter een cruciale parameter in het sedimenttransport en onderzoek naar de gevoeligheid van de morfologische ontwikkelingen in variaties van die bodemruwheid is zeer gewenst.
7. Er is momenteel überhaupt erg weinig inzicht in de gevoeligheid van drempelontwikkeling als functie van de diverse modelparameters. Met name van de invloed van een vergroting, c.q. verkleining van de effecten van secundaire stroming, zowel in dwars- als in langsrichting, de effecten van golven en de effecten van een longitudinale zoutgradiënt zouden systematisch onderzocht dienen te worden.
8. Wat is de invloed van fouten, c.q. variaties in de initiële bodemligging op drempelvorming in het model en hoe beïnvloeden deze bijvoorbeeld de relevante tijdschalen?

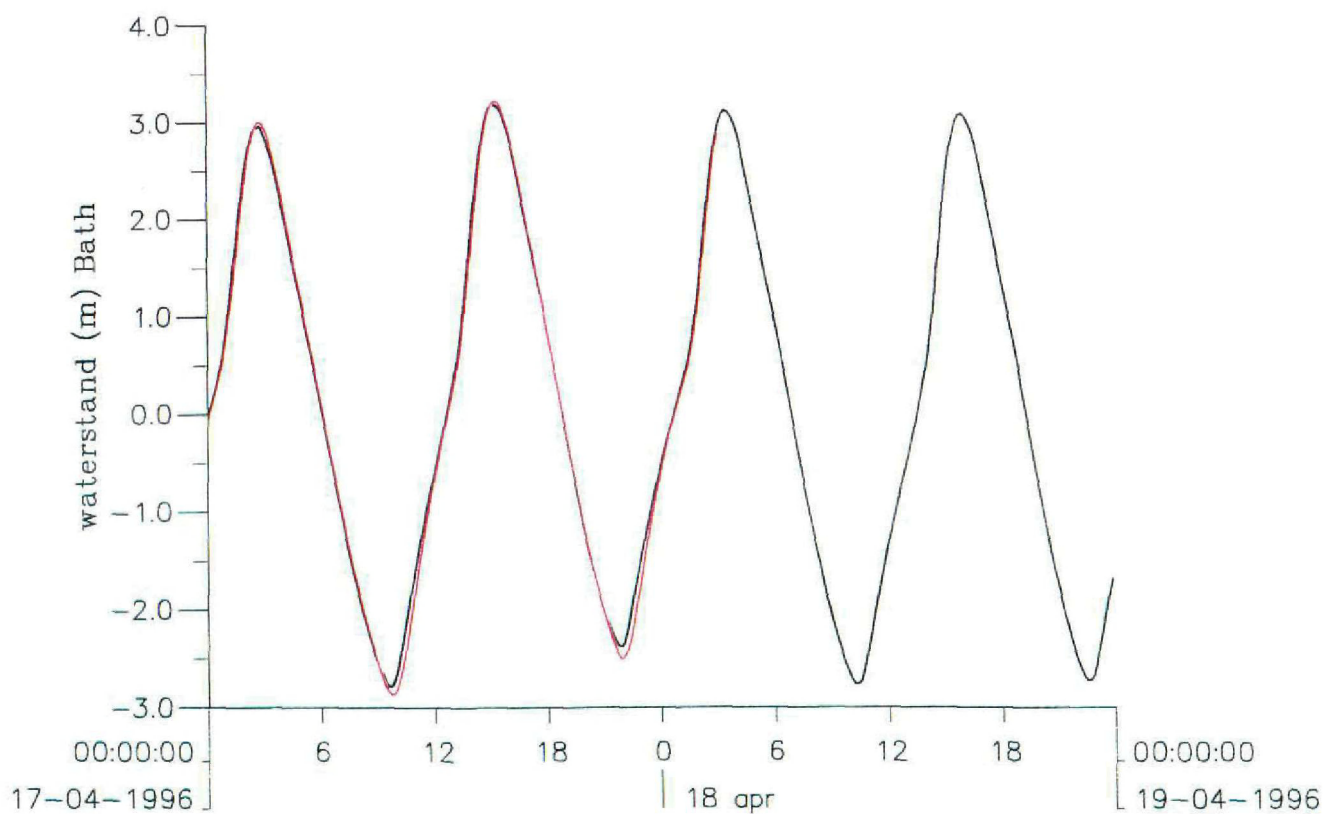
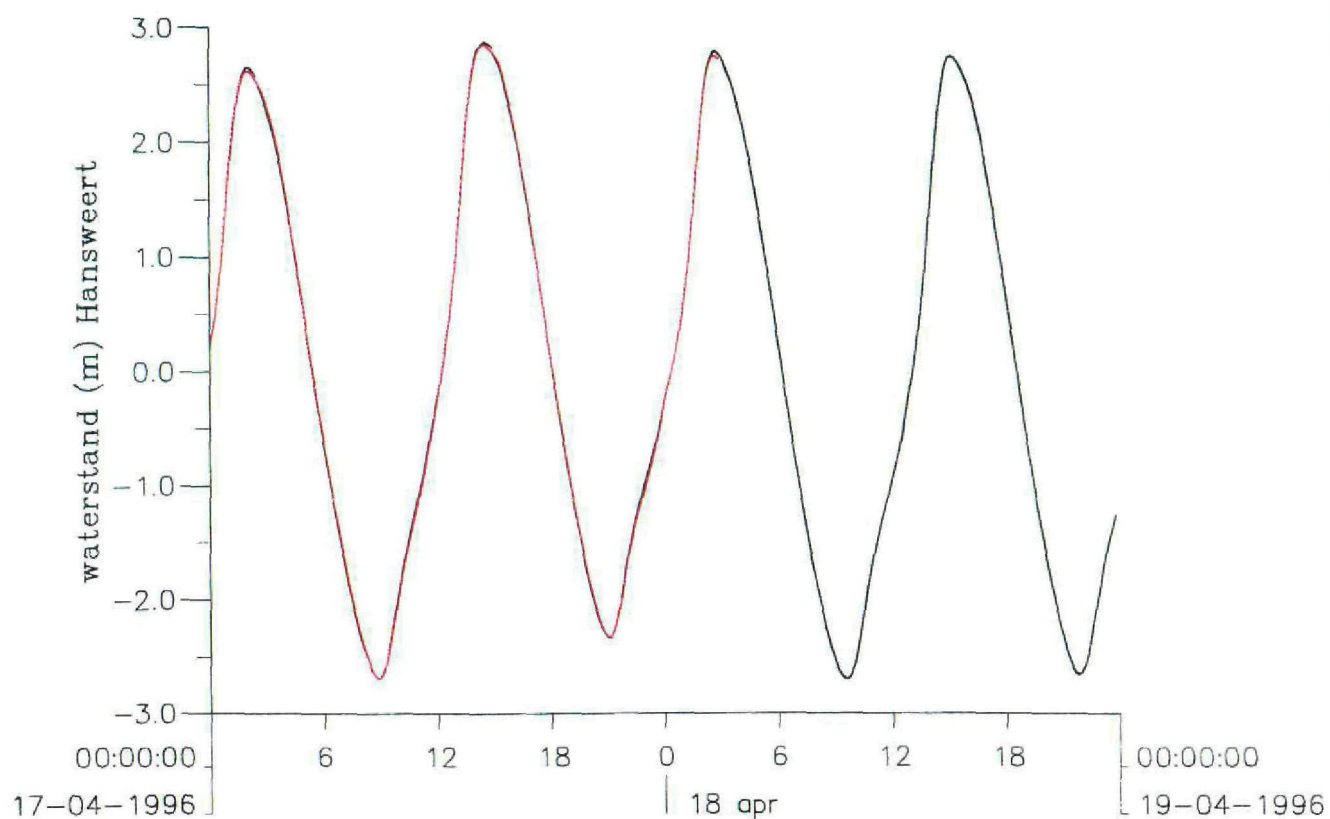
IV Aanpassingen Delft2D-MOR

Tijdens de studie zijn een aantal onregelmatigheden in de Delft2D-MOR software boven water gekomen die aanpassing behoeven:

1. In Delft2D-MOR worden bij droogvallen van de getijplaten bij gebruik van de methode van Galappatti negatieve volumeconcentraties gegenereerd. De oorzaak is op dit moment onbekend maar de volgende suggesties worden gedaan:
 - een onderzoek naar de toepasbaarheid van de formule van Van Rijn voor bepaalde parameter instellingen in het model (verhouding diepte/ruwheidshoogte)
 - een onderzoek naar de manier waarop de evenwichtsconcentratie wordt uitgerekend
 - een onderzoek naar de afhandeling van droogvallen in combinatie met zwevend sedimenttransport
 - om programmeerfouten uit te sluiten dient de code die bovengenoemde processen beschrijft geanalyseerd te worden.
2. Verbeter de afhandeling van de gesloten en open randen van het 2D-model bij de bepaling van de kromtestraal voor secundaire stroming.
3. Aanpassen van de intensiteit van de secundaire stroming in de uitvoerfile van Delft2D-MOR aan de gangbare definities (zie hoofdstuk 5).
4. Het secundaire stromingsmodel blijkt nu een horizontale diffusiecoëfficiënt te bevatten, hetgeen niet in overeenstemming is met de theoretische afleiding. Nagegaan dient te worden of zo'n coëfficiënt nodig is vanuit numeriek oogpunt. Is zulks het geval, dan dient nagegaan te worden hoe klein deze waarde mag zijn. In het andere geval dient de code aangepast te worden.

8 Referenties

- Delft Hydraulics, 1996, An introduction to Delft2D-MOR, Manual Q1416, Release 2.06.
- Galappatti, G. en Vreugdenhil, C.B., (1986). A depth integrated model for suspended sedimenttransport. J. Hydr. Res., Vol 23, 1985, no.4.
- Groenewoud, 1997, "Modellering morfodynamisch gedrag van de Drempel van Hansweert; Fase 1: Modelbouw en simulatie huidige situatie", Onderzoekrapport TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek.
- Jansen, 1997a, "Bouw, calibratie en verificatie SCALWEST t.b.v. project VERDIEPING - Rapportage Activiteit A", Ingenieursbureau Svasek bv, Projectnr. 1011.
- Jansen, 1997b, "Bouw en validatie TRISCAL; 3D-model van de Westerschelde - Rapportage Activiteit B", Ingenieursbureau Svasek bv, Projectnr. 1011.
- Jansen, 1998, "Validatie TRISCAL en aanzet sedimenttransport t.b.v. project VERDIEPING - Rapportage Activiteit C", Ingenieursbureau Svasek bv, Projectnr. 1011.
- Kalkwijk, J.P.Th. & R. Booij, 1986, Adaptation of secondary flow in nearly horizontal flow, J. of Hydr. Res., Vol. 24, No. 1.
- Koch, F.G. and C. Flokstra, 1980, Bed level computations for axi-symmetric curved channels, Proc. Of the XIXth Congress of the Int Ass. for Hydr. Res., New Delhi, India, Vo.2, P.357.
- Latteux, B., 1995, Techniques for long-term morphological simulation under tidal action. Marine Geology, Vol. 126, pp. 129-141.
- Olesen, K.W., 1987, Bed topography in shallow river bends, doctoral thesis, Delft University of Technology.
- Van Rijn, L. C., 1984a, Sediment Transport, Part I: Bed Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering, Vol 110 no. 10.
- Van Rijn, L. C., 1984b, Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering, Vol 110 no. 11.
- Van Rijn, L. C., 1986, Mathematical modelling of suspended sediment in non-uniform flows. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 112, no. 6.
- Talmon, A.M., 1992, Bed topography of river bends with suspended sediment transport, doctoral thesis, Delft University of Technology.
- Tank, F.T.G., 1997a, Het gedrag van Drempels in de Westerschelde, beschrijving en analyse van zandtransport-metingen op en rondom de Drempel van Hansweert, IMAU rapport R97-08.
- Tank, F.T.G., 1997b, Het gedrag van Drempels in de Westerschelde, beschrijving en analyse van metingen van de morfologie op en rondom de Drempel van Hansweert, IMAU rapport R 97-09.
- Struiksma, N., Olesen, K.W., Flokstra, C. and H.J. de Vriend, 1985, Bed deformation in alluvial channel bends, J. of Hydr. Res., Vol.23, No.1, pp.57-79.
- Verbeek, F.T.G. Tank & M.D. Groenewoud, april 1998, "Drempels in de Westerschelde, natuur en mens samen aan het werk", RIKZ rapport 98.011.
- Vriend, H.J. de, 1977, A mathematical model of steady flow in curved shallow channels, J. of Hydr. Res., Vol. 15, No. 1.
- Wang, Z.B., Ribberink, J.S. (1986). The validity of a depth integrated model for suspended sedimenttransport. J. of Hydr. Res., 1986, Vol 24, no.1
- Wang, Z.B. (1989). Mathematical Modelling of Morphological Processes in Estuaries. PhD Thesis, Delft University of Technology.
- Wouters, C.A.H., 1998, Drempel van Valkenisse, Afstudeeronderzoek naar mechanismen die bijdragen aan de vorming van de Drempel van Valkenisse, RIKZ werkdocument OS.98.805x.



vergelijking waterstanden stations Hansweert (boven)
en Bath (onder)
Berekeningen Triscal (rood) en Delft2D-MOR (zwart)

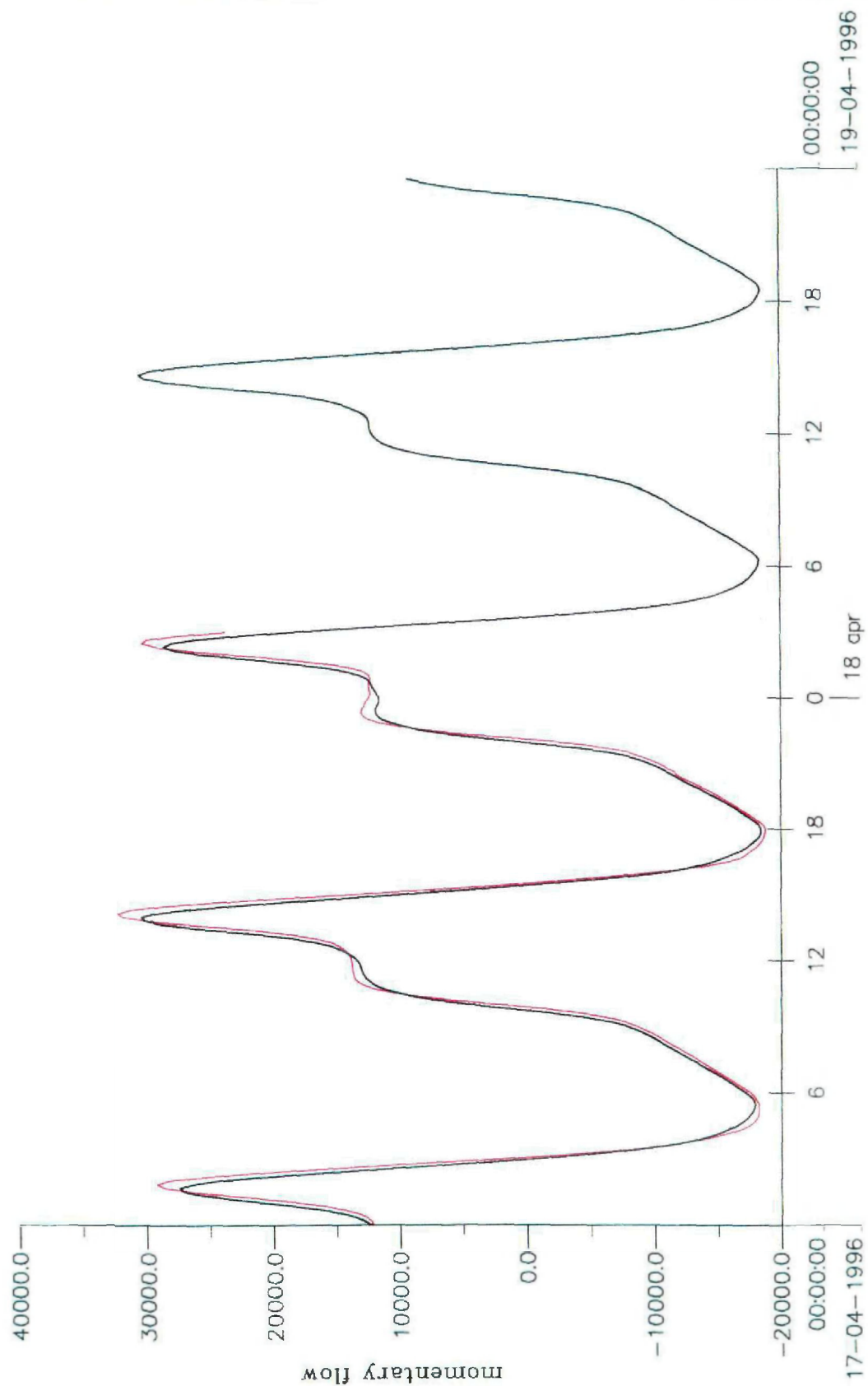
7/12/98

Westerschelde

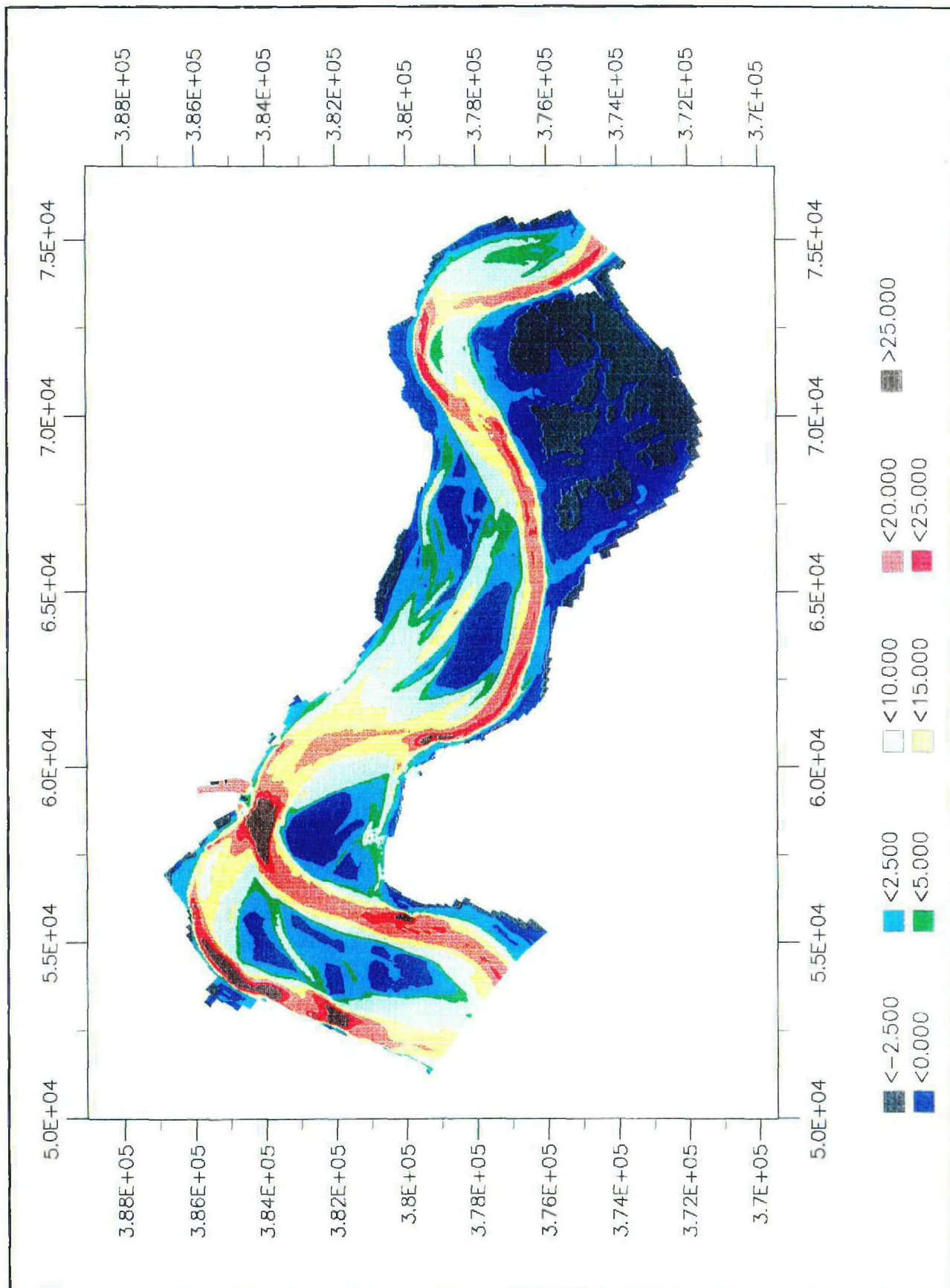
WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

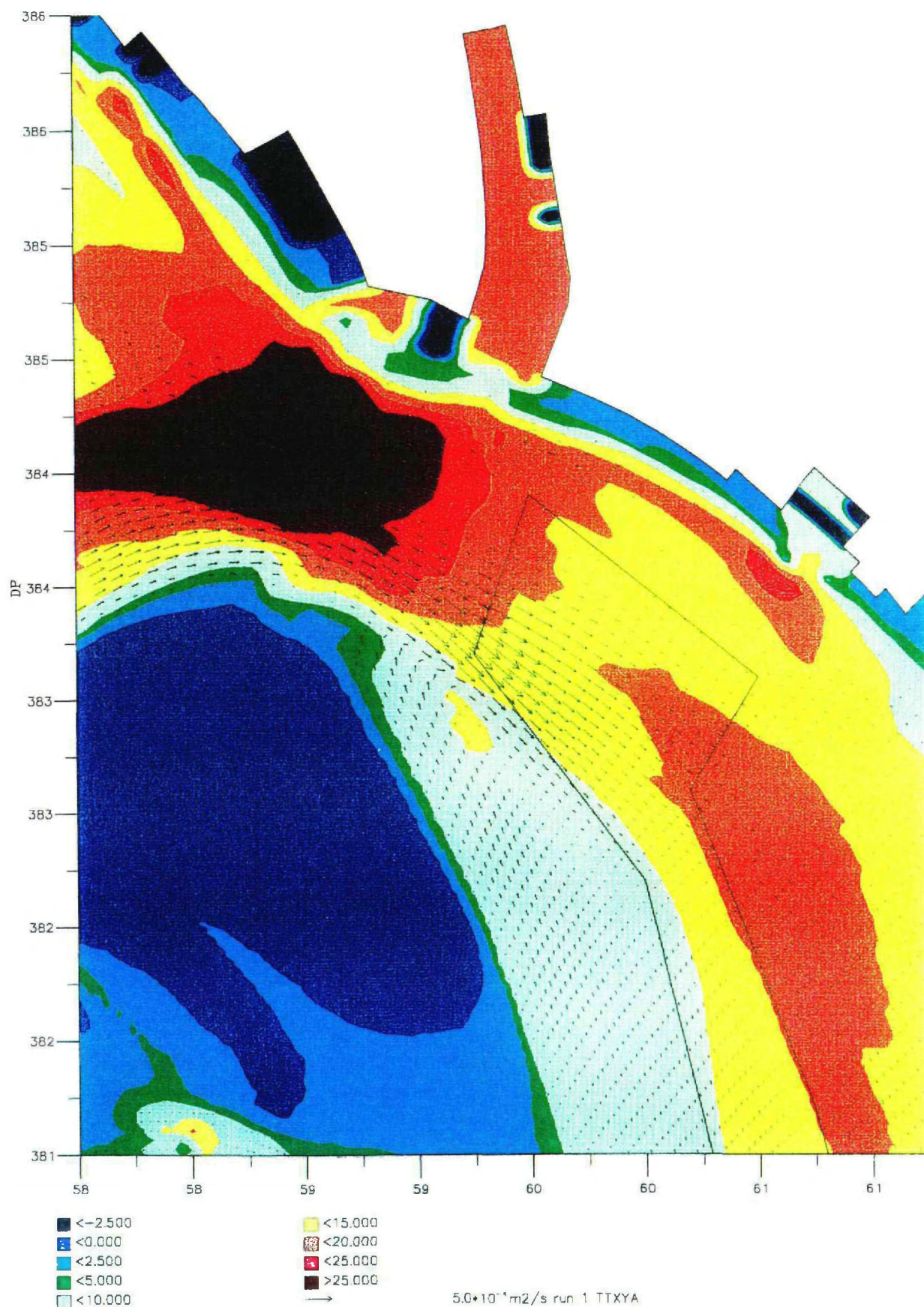
fig 3.3A



Debiet berekeningen TRISCAL en Delft3D-MOR	7/12/98	
	Westerschelde	
WL Delft Hydraulics	Z2489	Fig. 338



bodemniveau Data 1996 gecombineerd met oktober 1995 peilingen bij drempel van hansweert		
WL Delft Hydraulics	Z2489	Fig. 3.4



netto sediment transport + diepte schematisatie (m)
 run 1: zonder bodemhellingseffect
 morfologisch getij, totaal transport

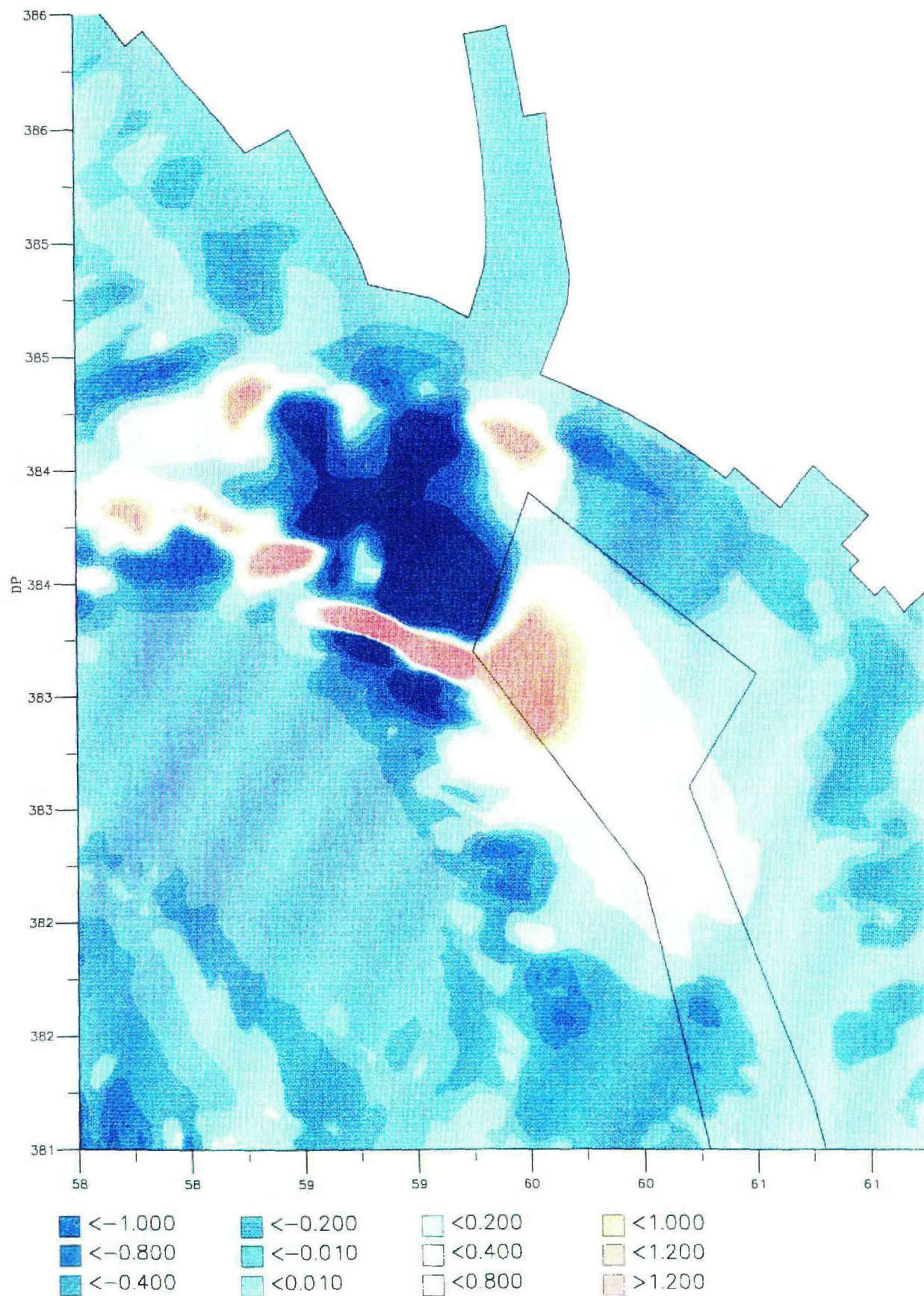
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.5



bodemverandering in een maand ('+' is sedimentatie)
 run 1: zonder bodemhellingseffect
 morfologisch getij, totaal transport

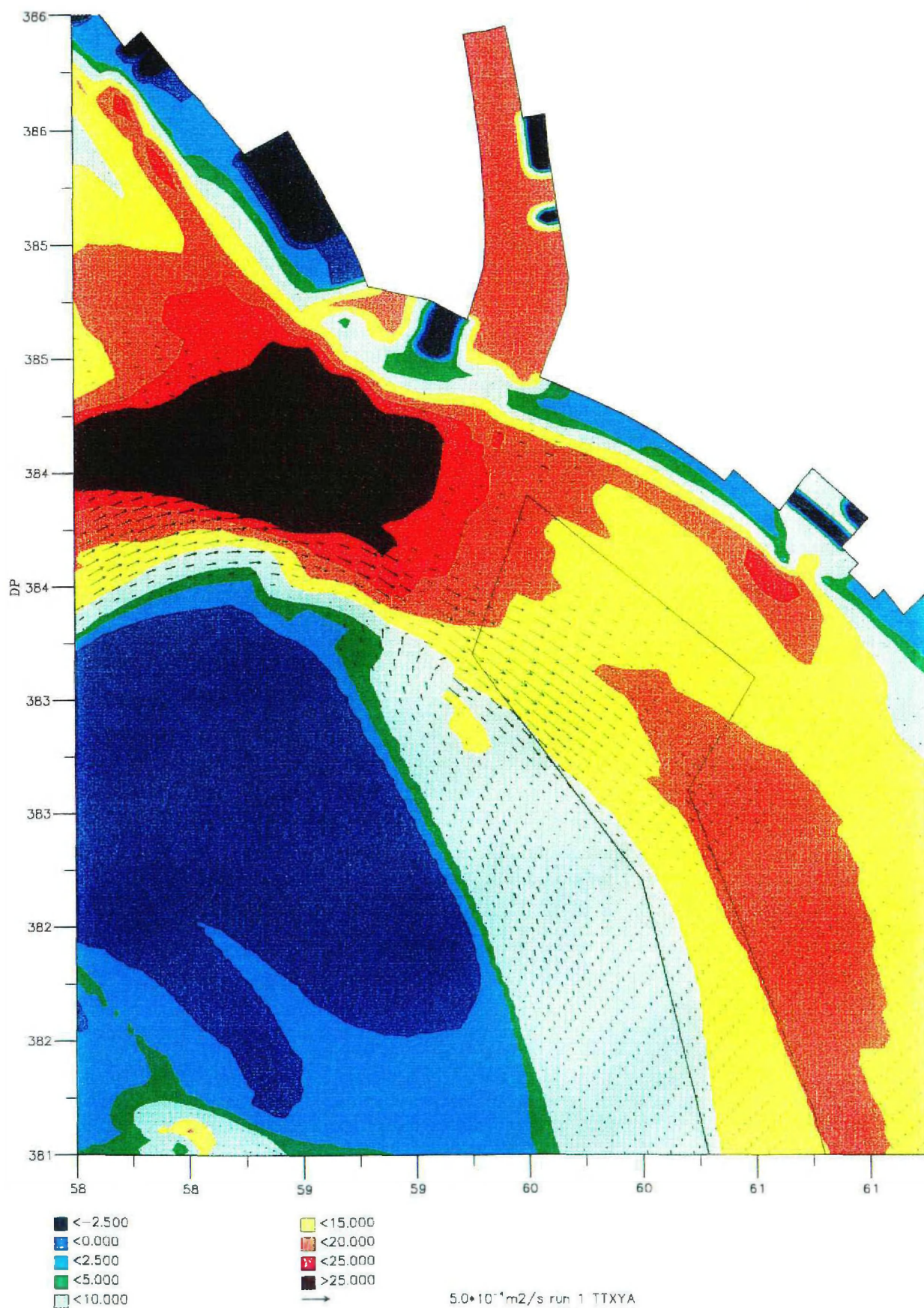
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.6



netto sediment transport + diepte schematisatie (m)
 run 2: met bodemhellingseffect
 morfologisch getij, totaal transport

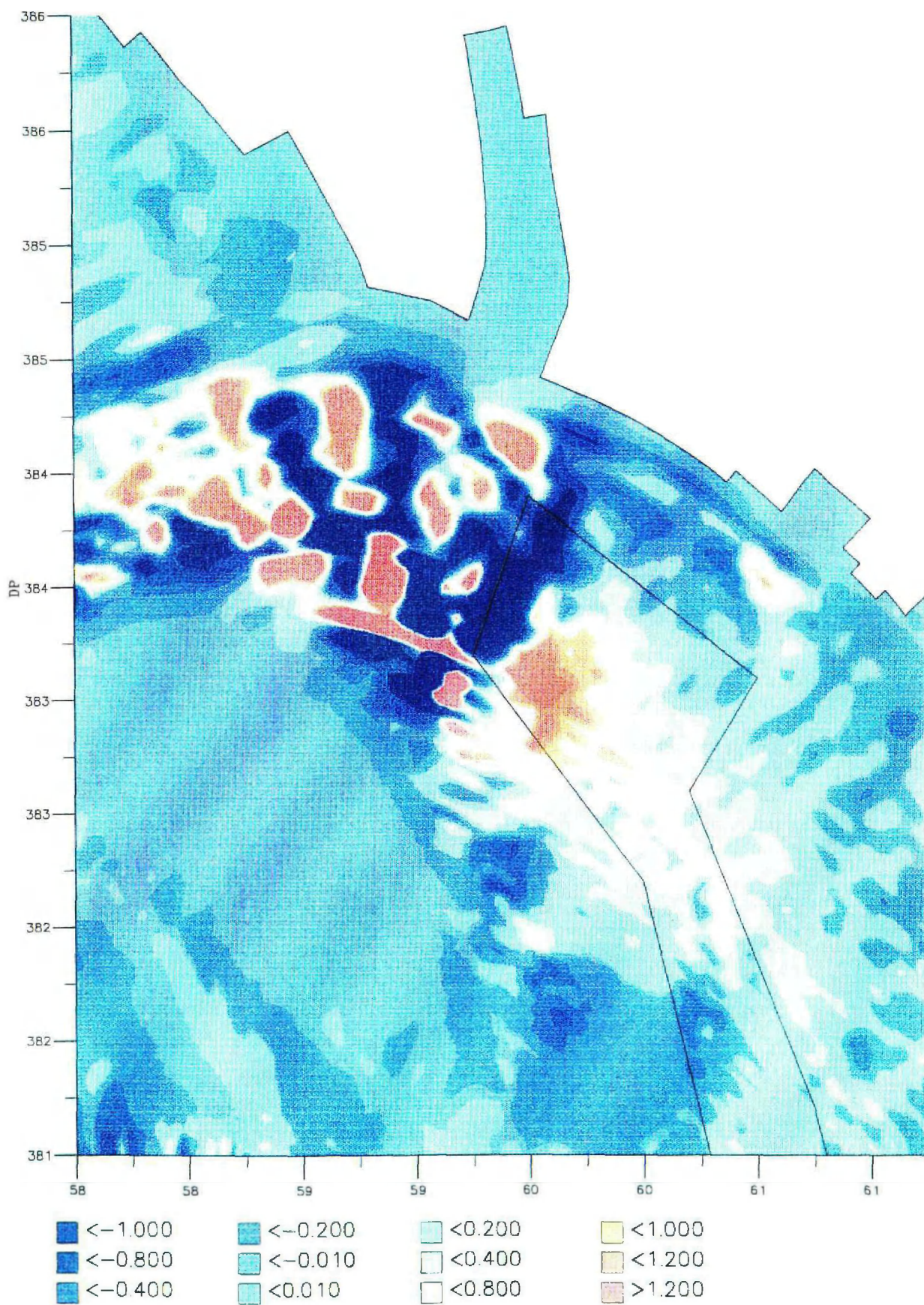
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.7



bodemverandering in een maand ('+' is sedimentatie)
 run 2: met bodemhellingseffect
 morfologisch getij, totaal transport

7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.8



→ 5.0000*10⁴m³/m/s

Residuele sedimenttransporten optredend bij morfologisch getij bij de berekeningen van M. Groenewoud

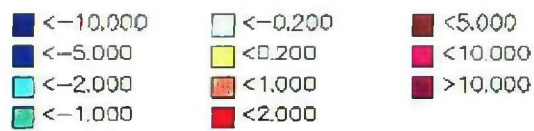
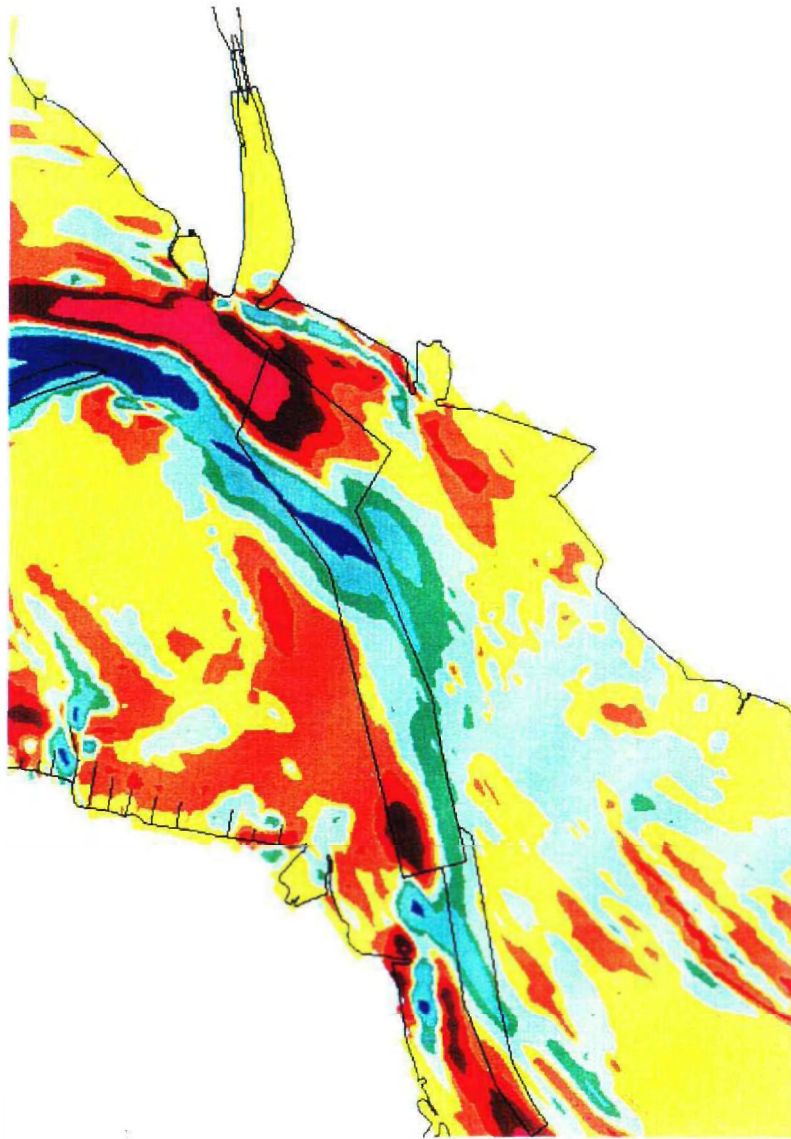
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

3.9A



Erosie (m) positief Sedimentatie (m) negatief

Sedimentatie- en erosiepatroon na 1 jaar bodemontwikkeling en
countouren van het baggervak
berekeningen van M. Groenewoud

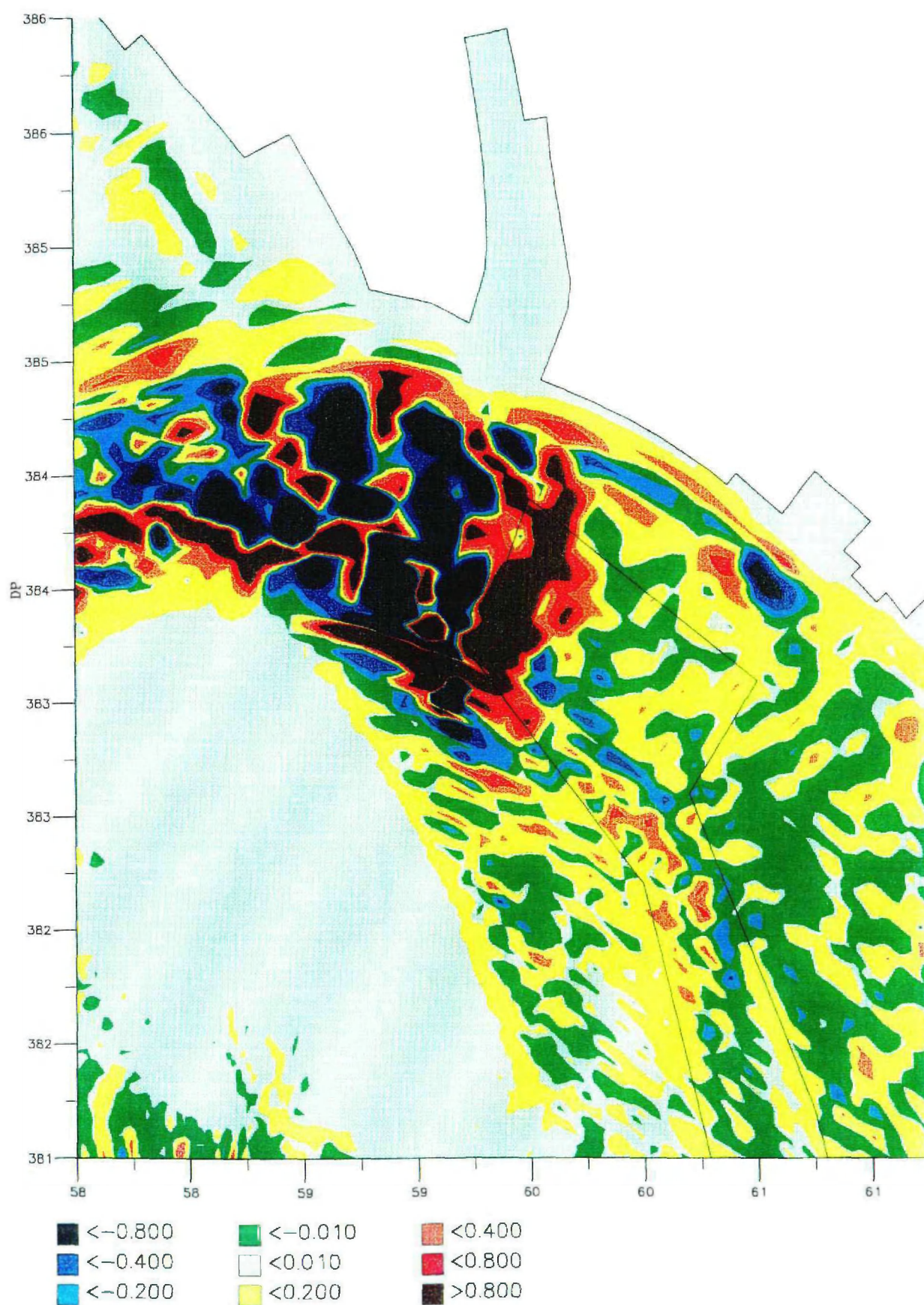
Westerschelde

18/1/99

Z2489

DELFT HYDRAULICS

3.9b



netto bodemverandering t.g.v. hellingseffect (meters)
 bodemverandering r01 – bodemverandering r02
 morfologisch getij, totaal transport

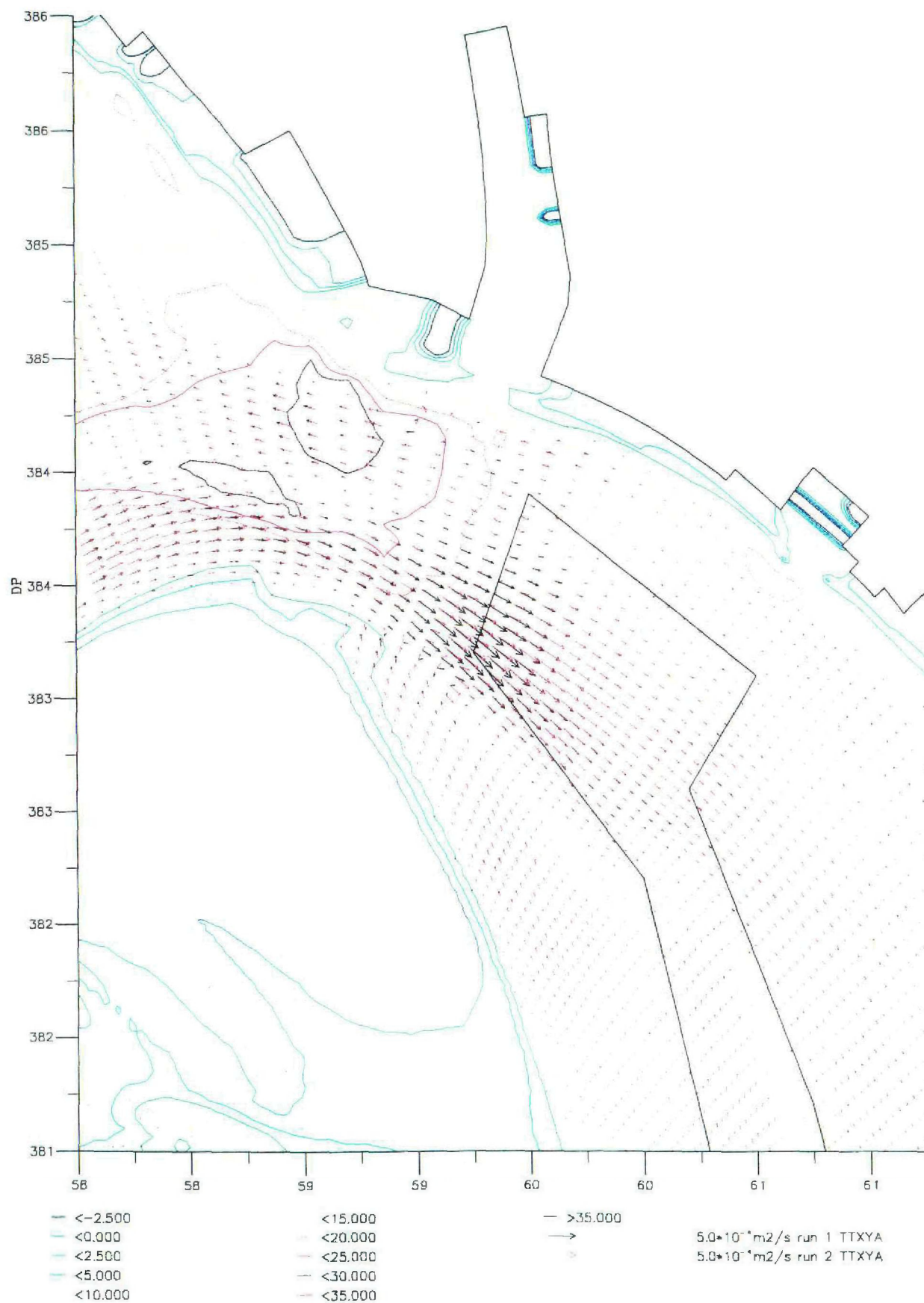
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.10



vergelijking netto transport + isolijnen bodem (m)
 run 1: zonder; run 2: met bodemhellingseffect
 morfologisch getij, totaal transport

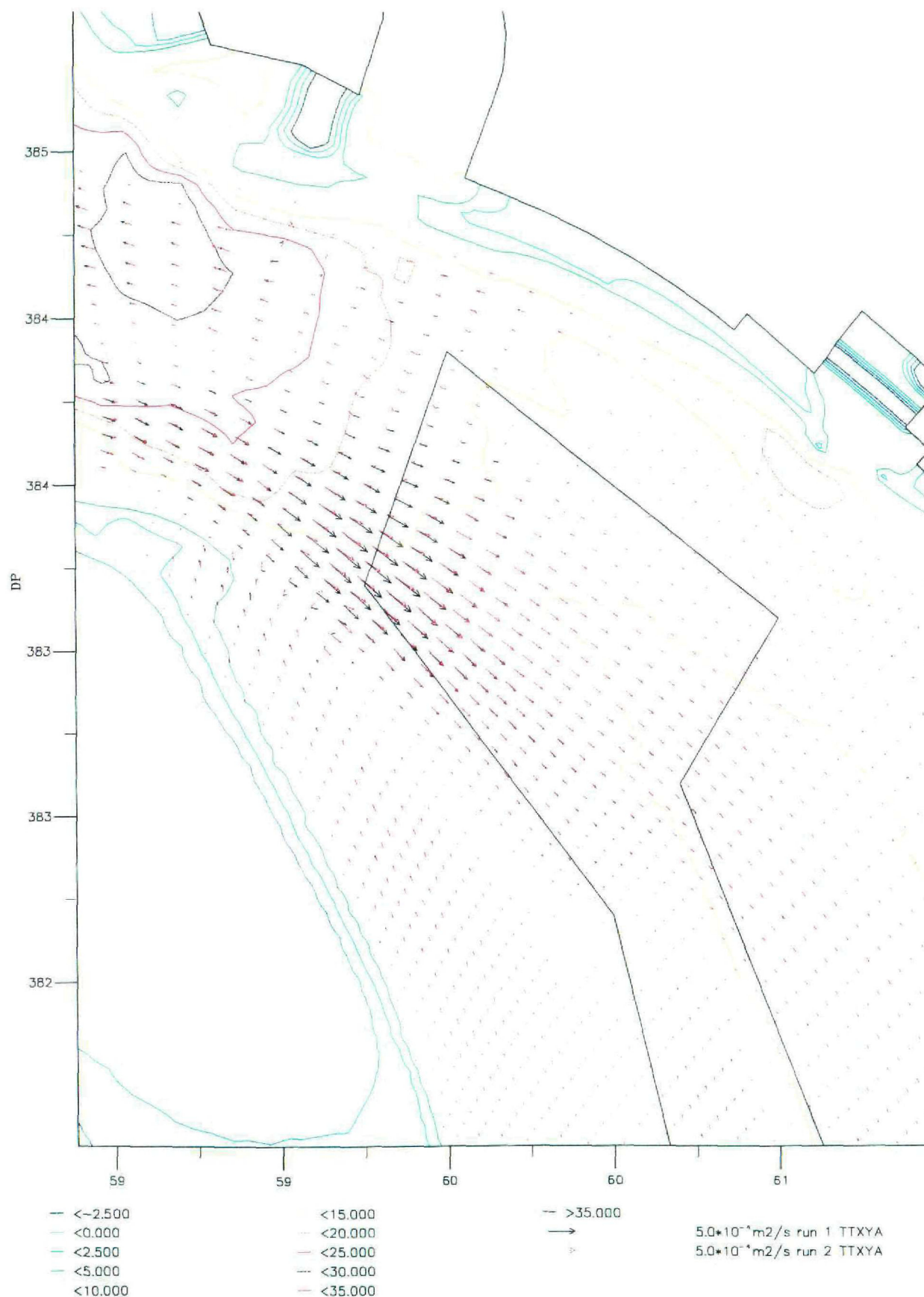
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.11



vergelijking netto transport + isolijnen bodem (m)
run 1: zonder; run 2: met bodemhellingseffect
morfologisch getij, totaal transport

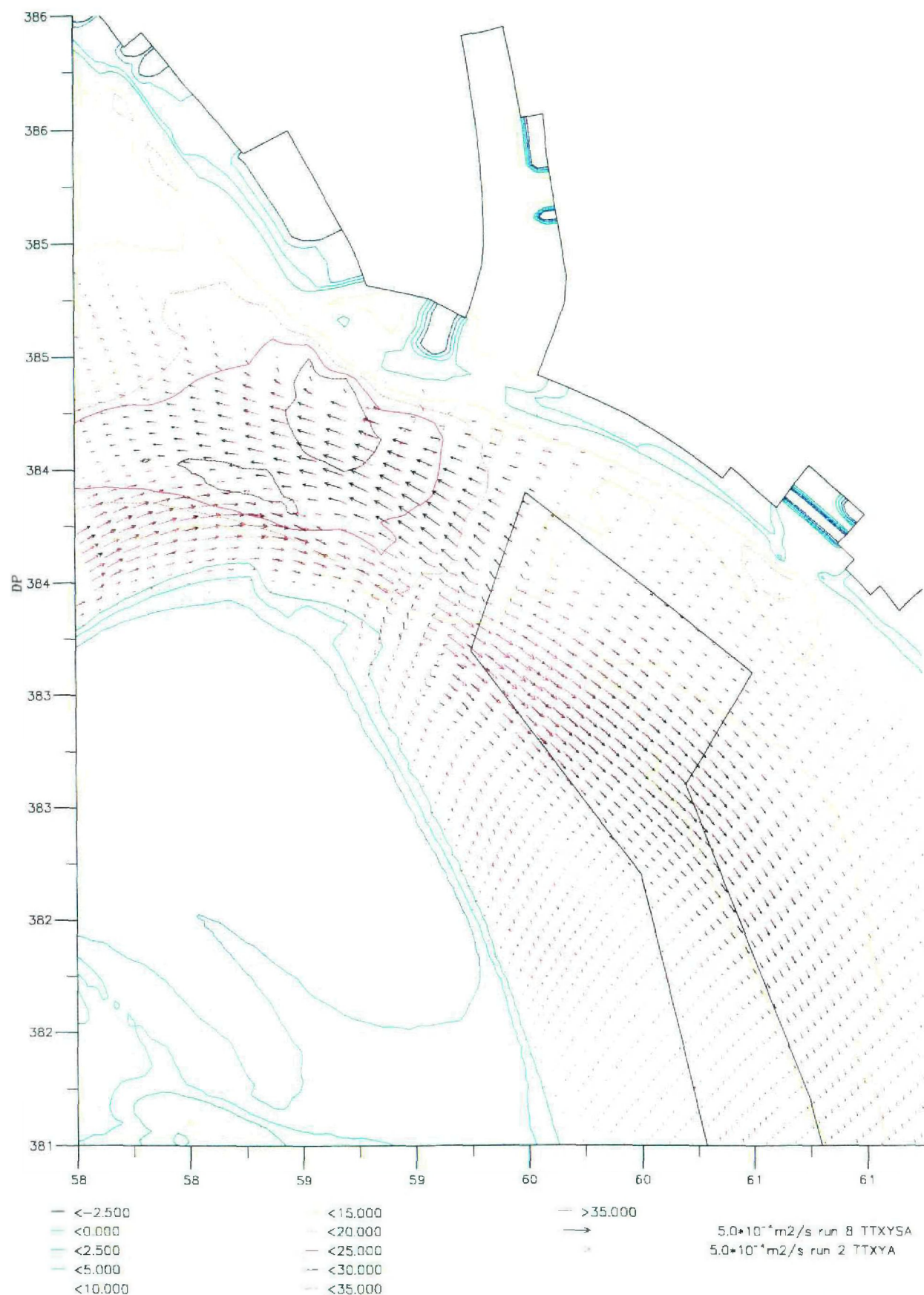
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 3.12



vergelijking netto transport + isolijnen bodem
 run 8: Suspensietransport; run 2: Totaal transport
 morfologisch getij, totaal transport

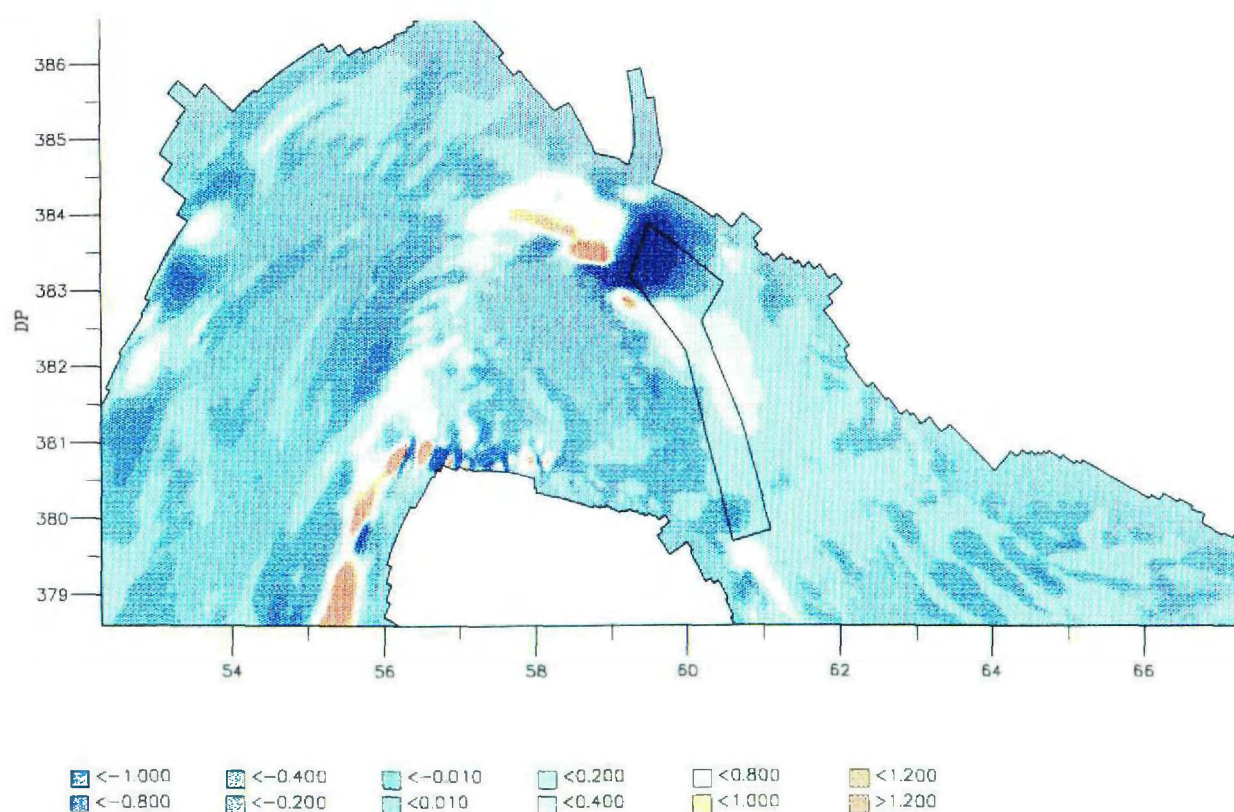
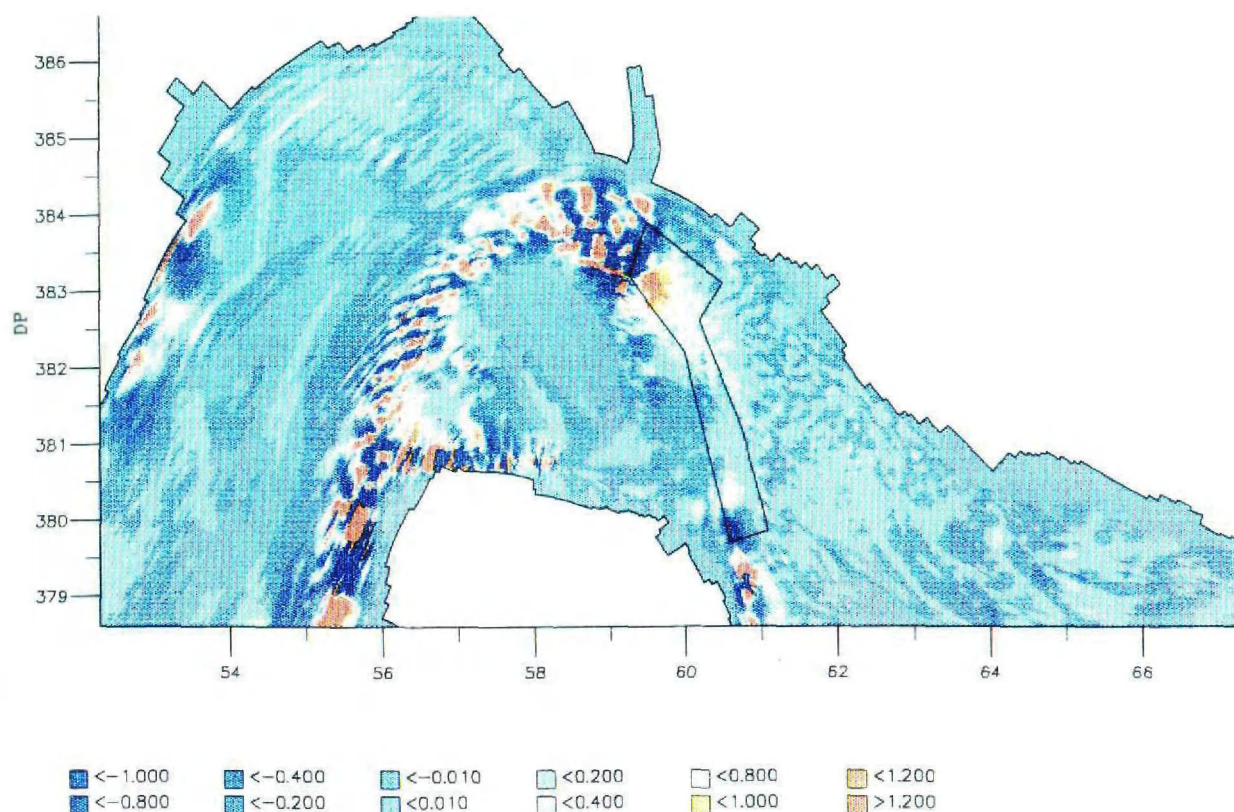
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.1



bodemniveauverandering in een maand
 totaal transport (r02, boven) en
 susp. transport (r08, onder). '+' is sedimentatie

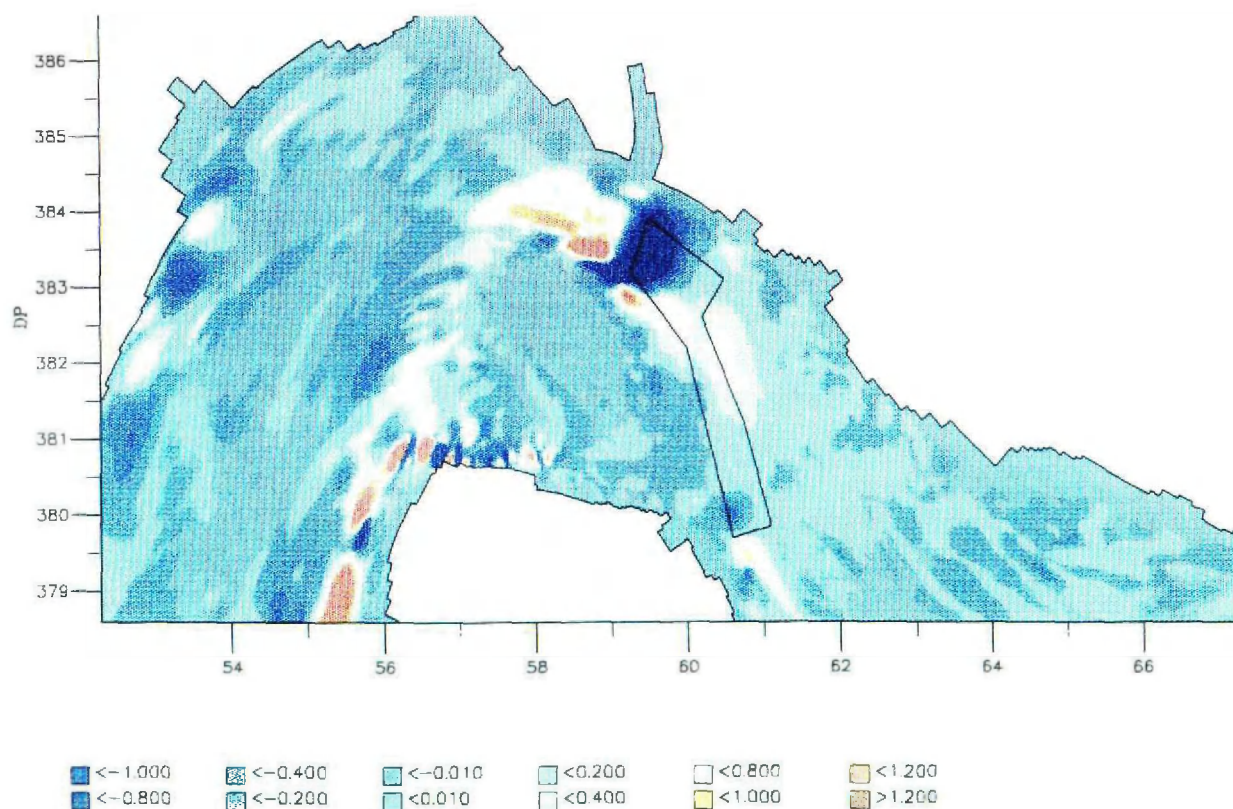
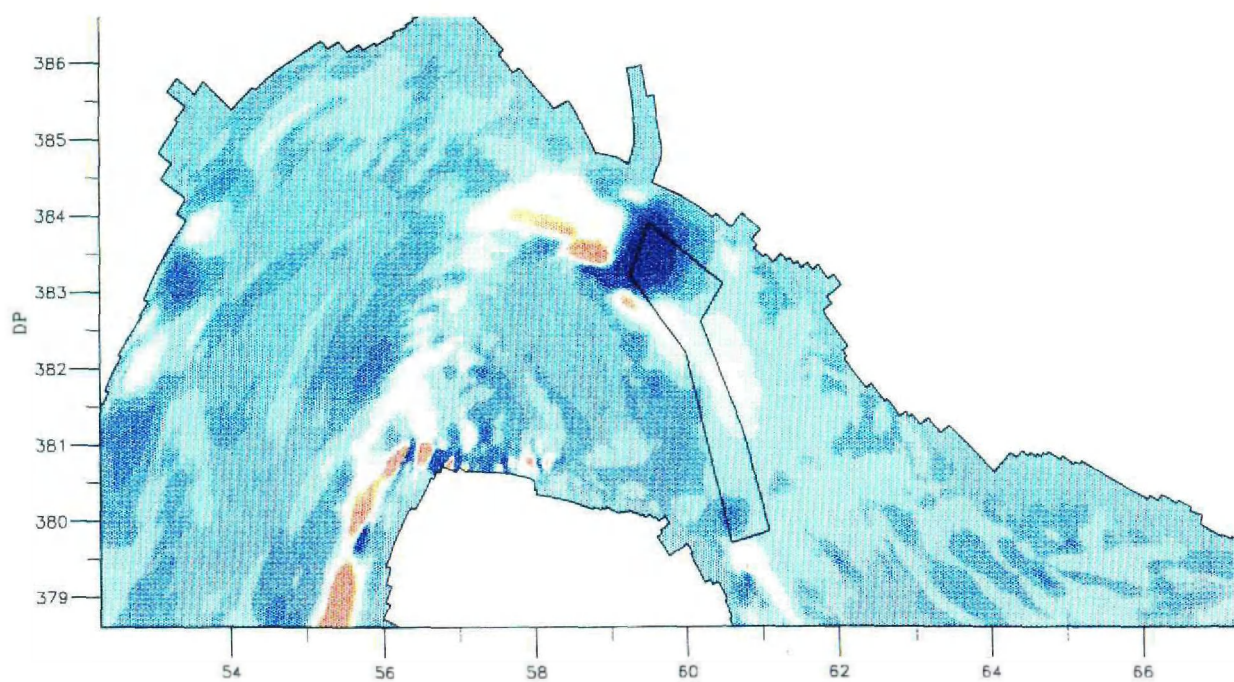
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.2



bodemniveauverandering in een maand
R08 (boven) en R09 (onder)
morfologisch getij

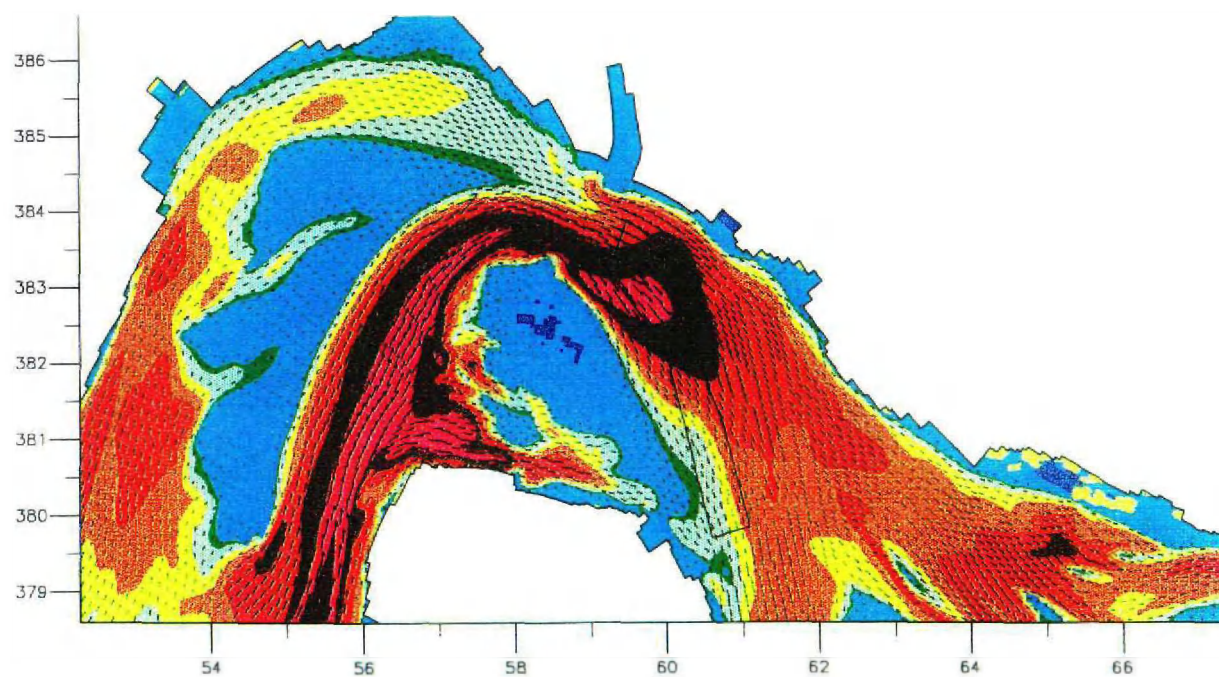
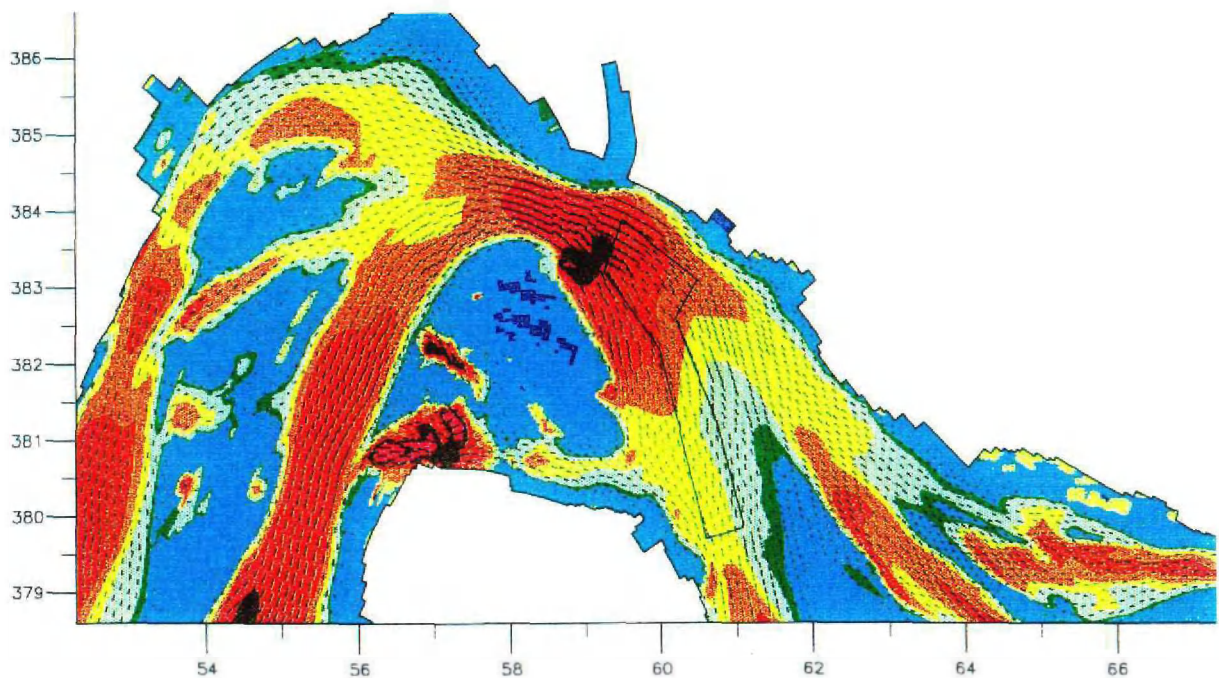
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.3



vol. concentratie suspensief materiaal, Galappatti form.
 R08: valsnelheid 2 cm/s en gradienttype rvw
 17/4 17:30 (max eb) en 18/4 02:00 (max vloed)

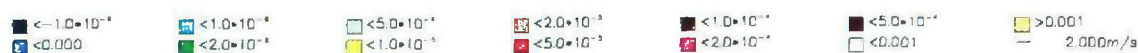
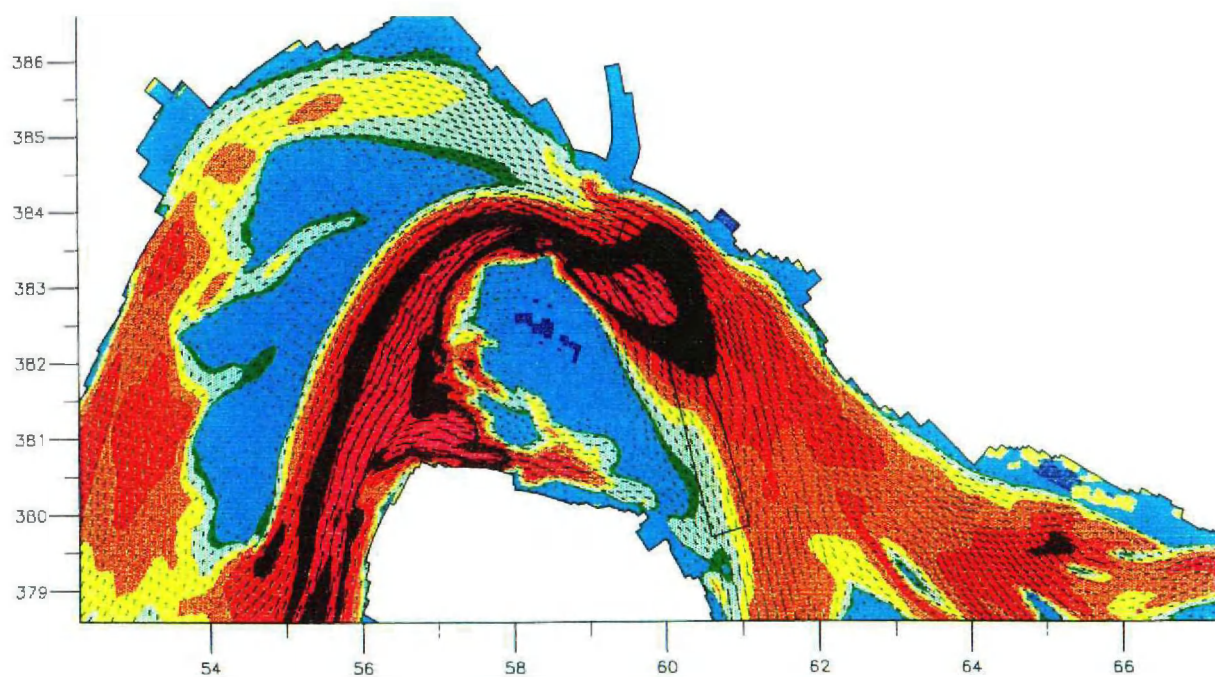
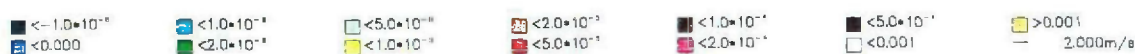
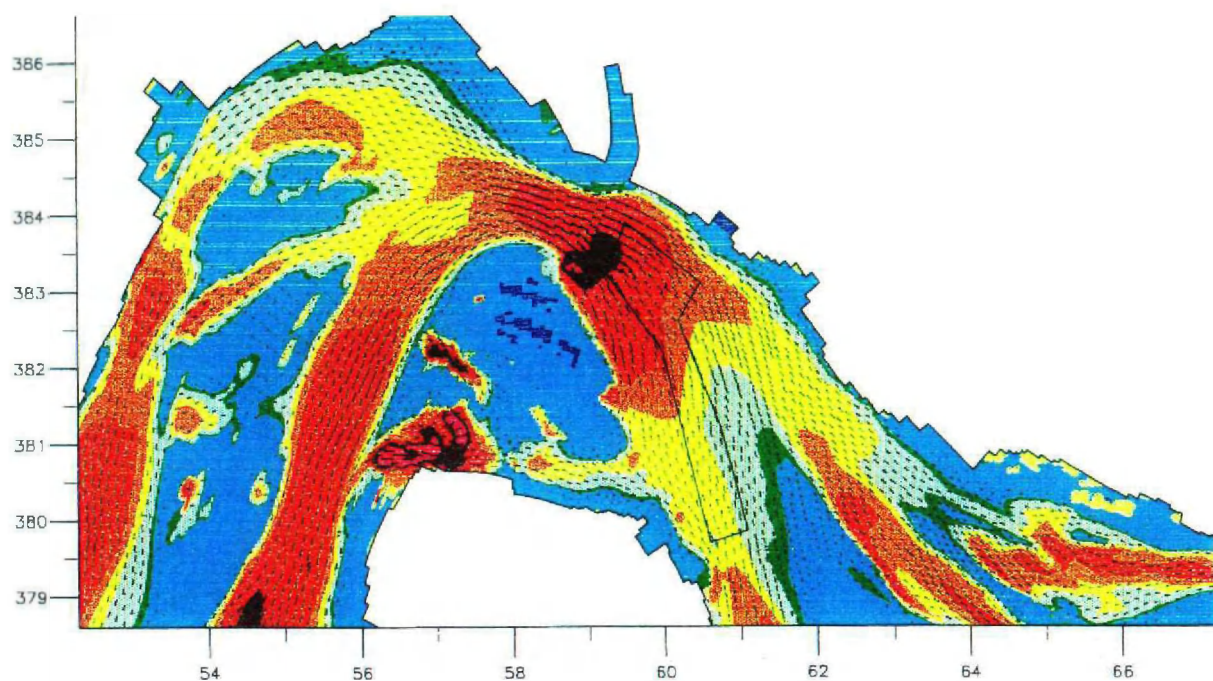
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.4



vol. concentratie suspensief materiaal, Galappatti form.
 R09: valsnelheid 2 cm/s en concentratietype rvw
 17/4 17:30 (max eb) en 18/4 02:00 (max vloed)

8/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.5



vergelijking netto transport R08 (gradient type
rvw.) met netto transport R09 (concentratietype rvw.)
morfologisch getij, Galappatti formulering susp. transp.

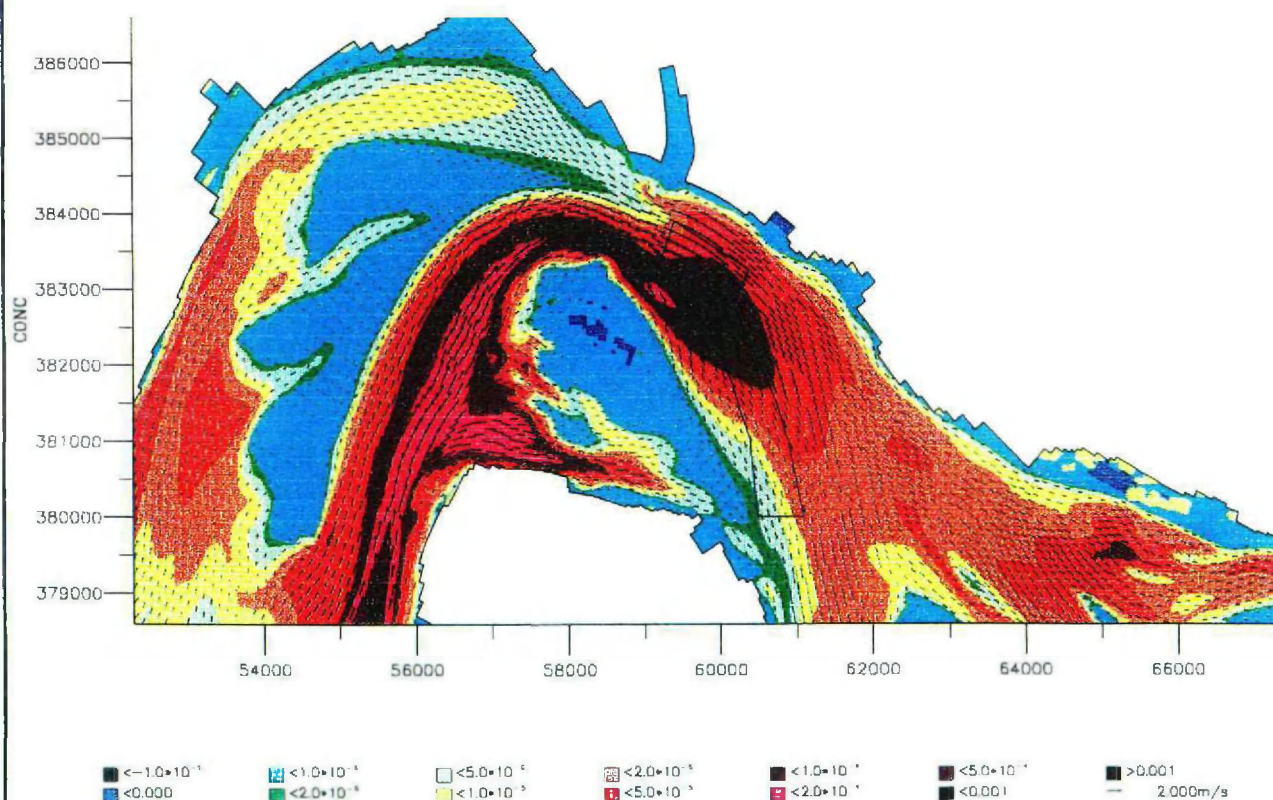
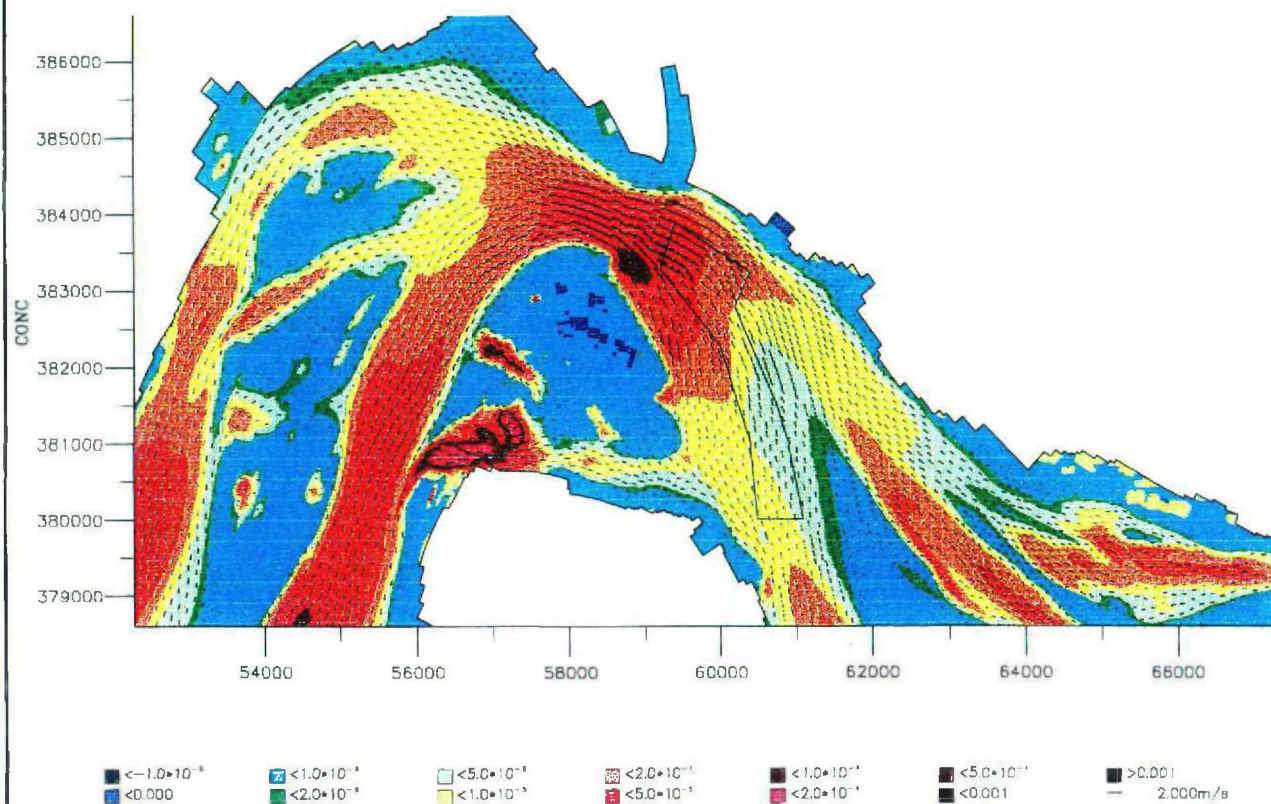
8/10/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.6



vol. concentratie suspensief materiaal, Galappatti form.
 run 10: valsnelheid 1 cm/s en conc. type rvw
 17/4 17:30 (max eb) en 18/4 02:00 (max vloed)

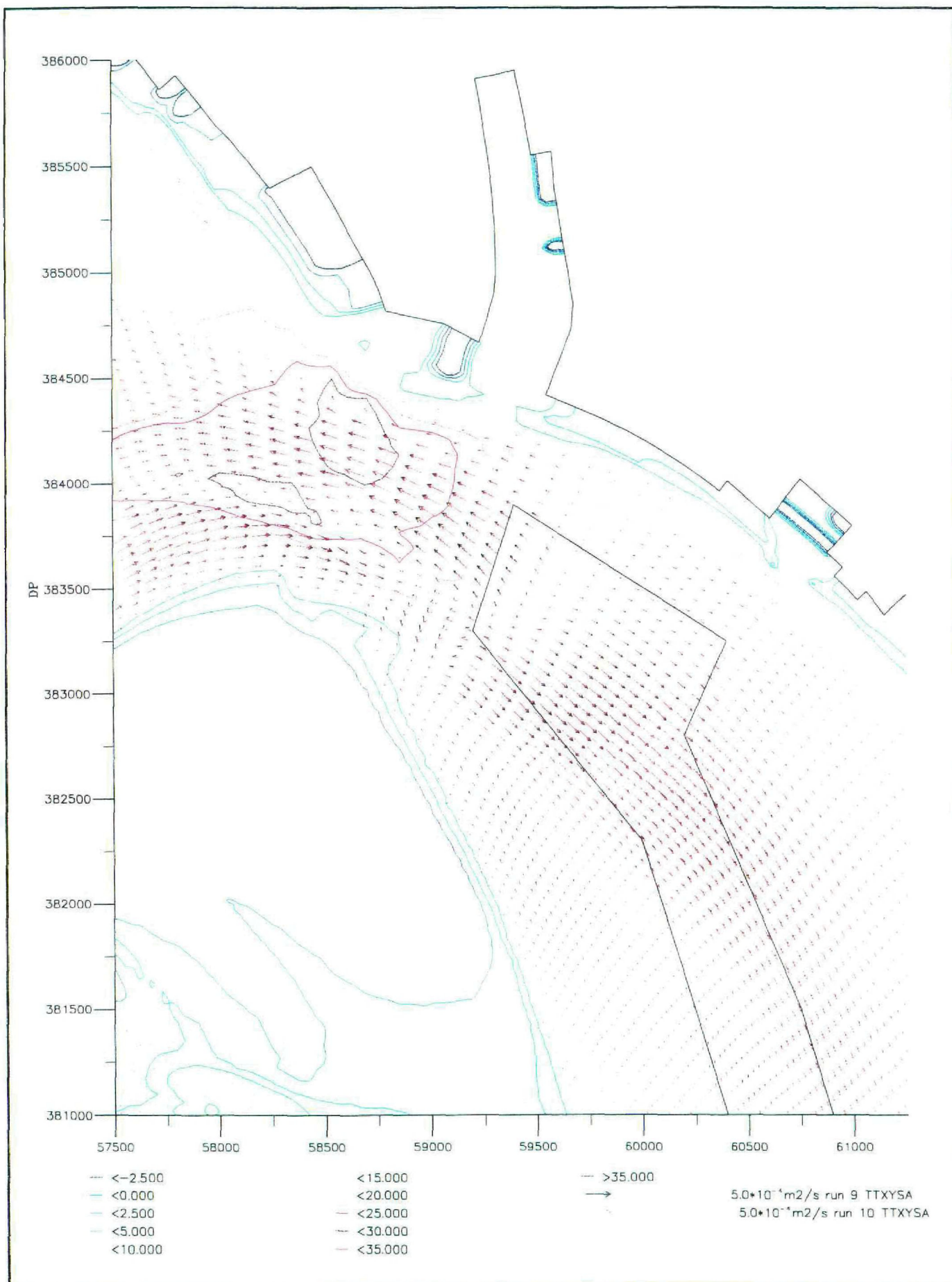
28/9/98 run 10

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.7



vergelijking netto transport
 R09: $W_s = 2 \text{ cm/s}$; R10: $W_s = 1 \text{ cm/s}$
 morfologisch getij, Galappatti

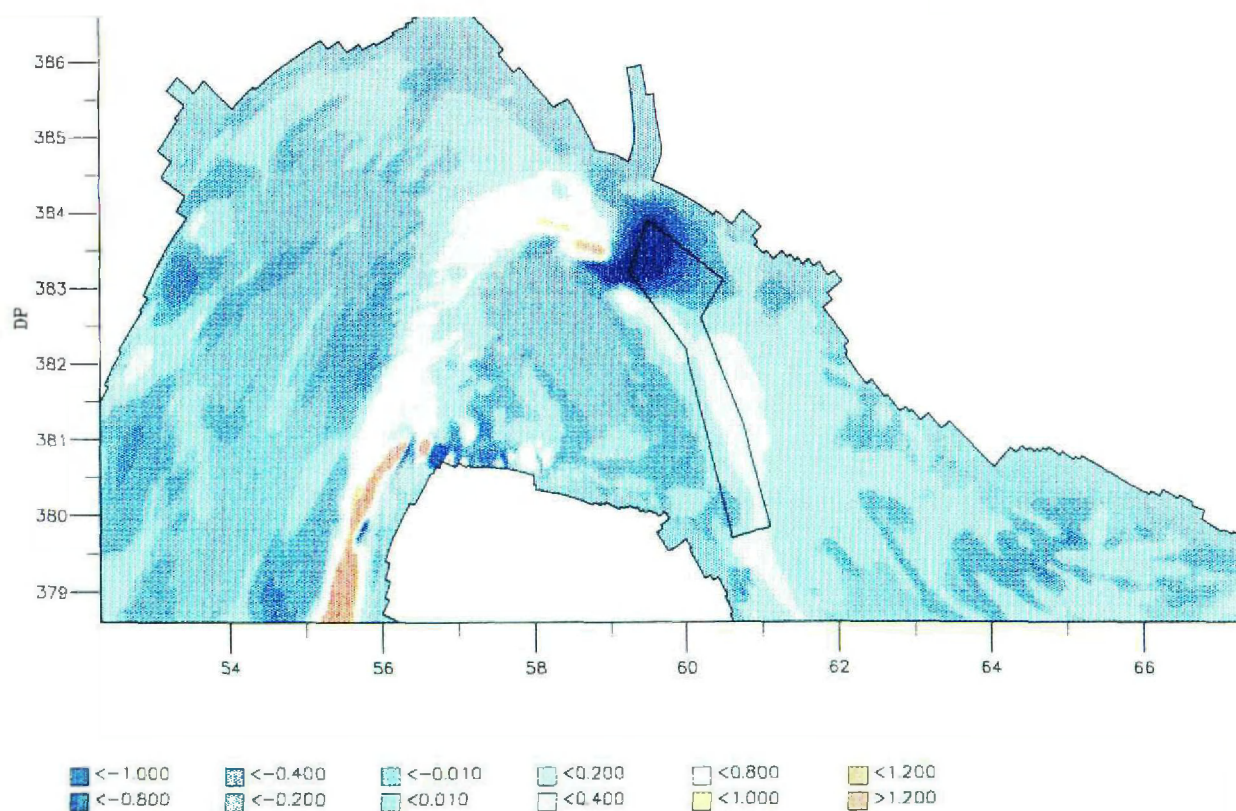
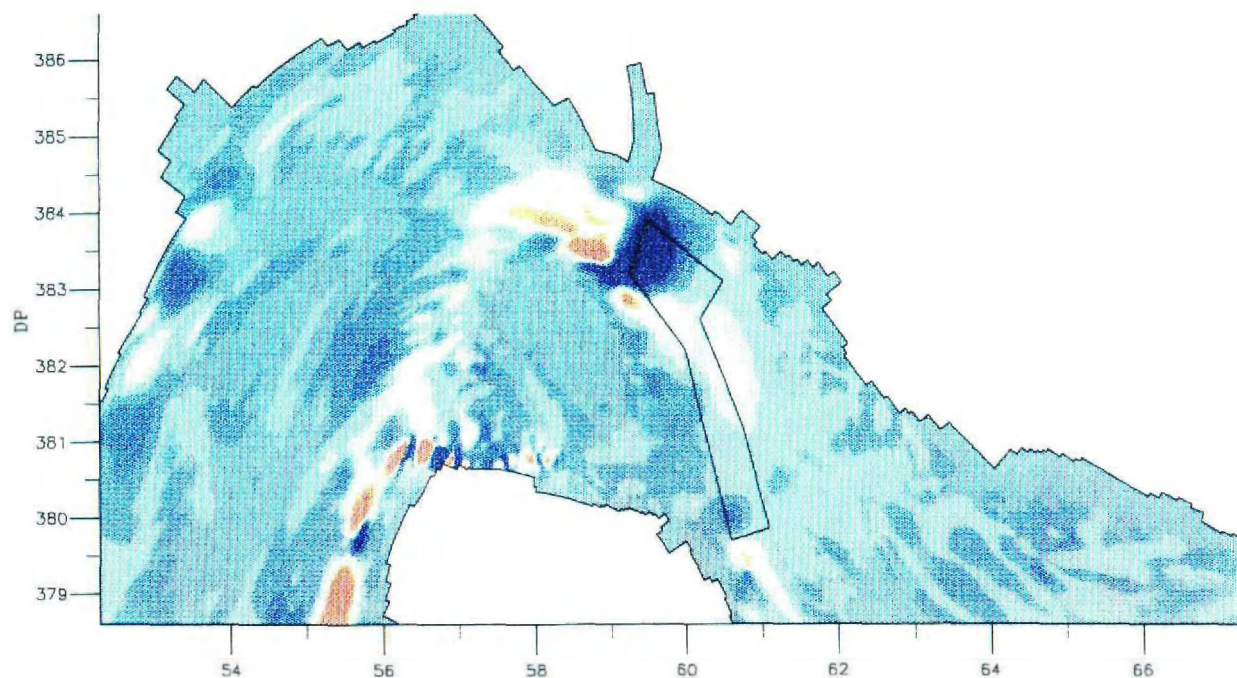
8/10/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.8



bodemniveauverandering in een maand
R09 (boven) en R10 (onder)
morfologisch getij

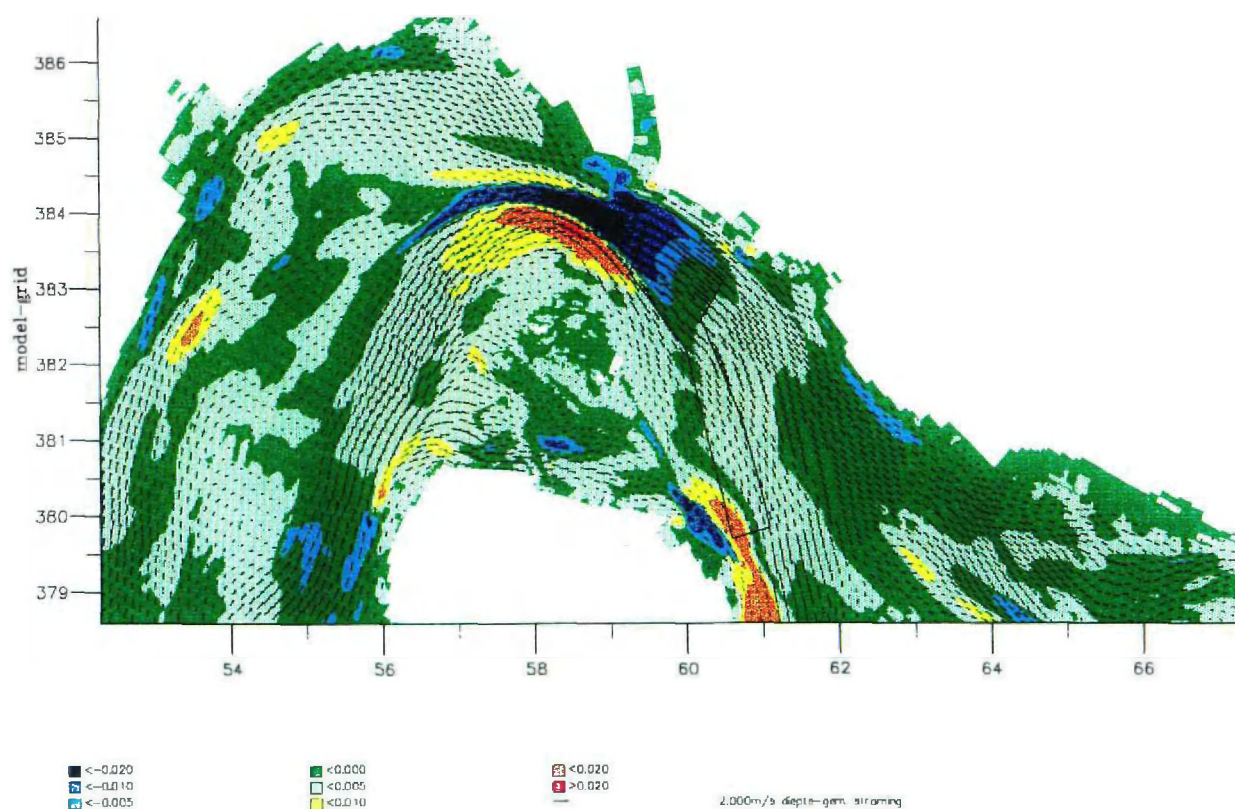
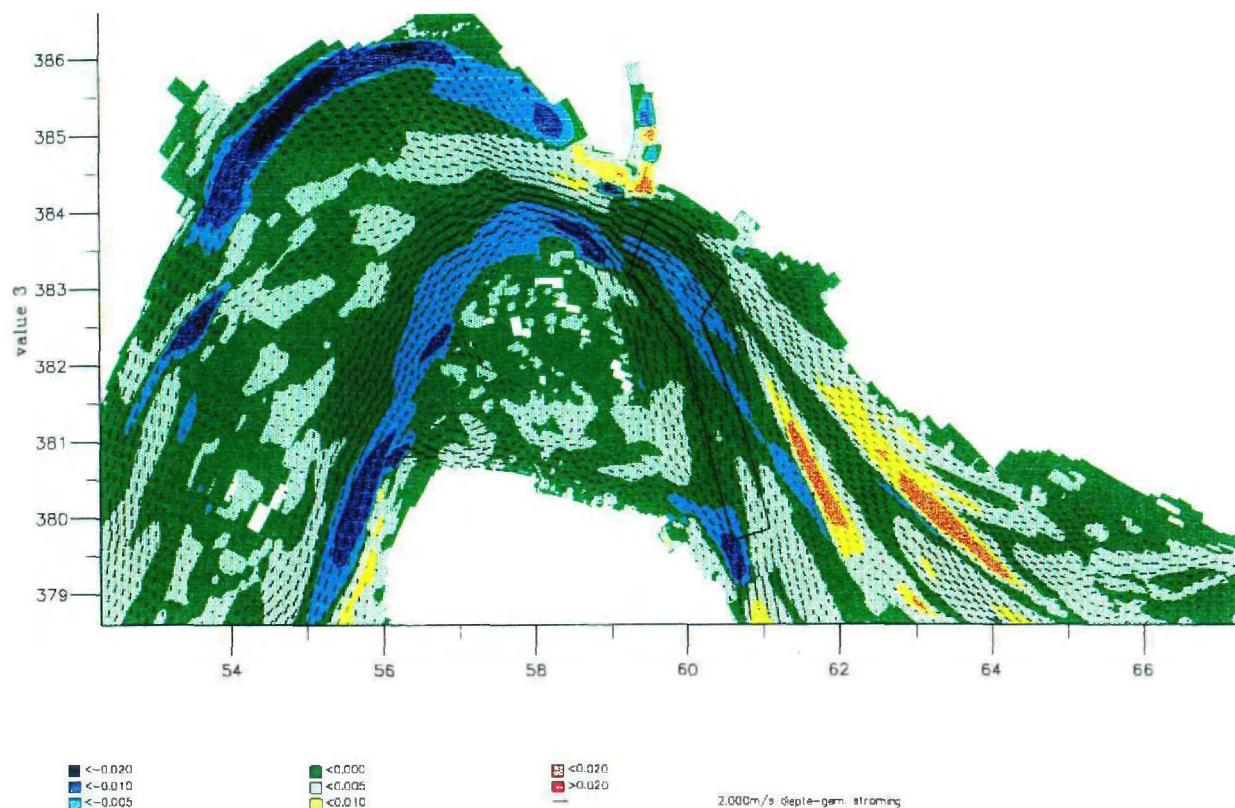
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 4.9



Intensiteit spiraal stroming in dwarsrichting
 3D TRISCAL, max. eb en max. vloedstroom (dieptegem)
 blauw=met de stroom mee rechtsdraaiende spiraal

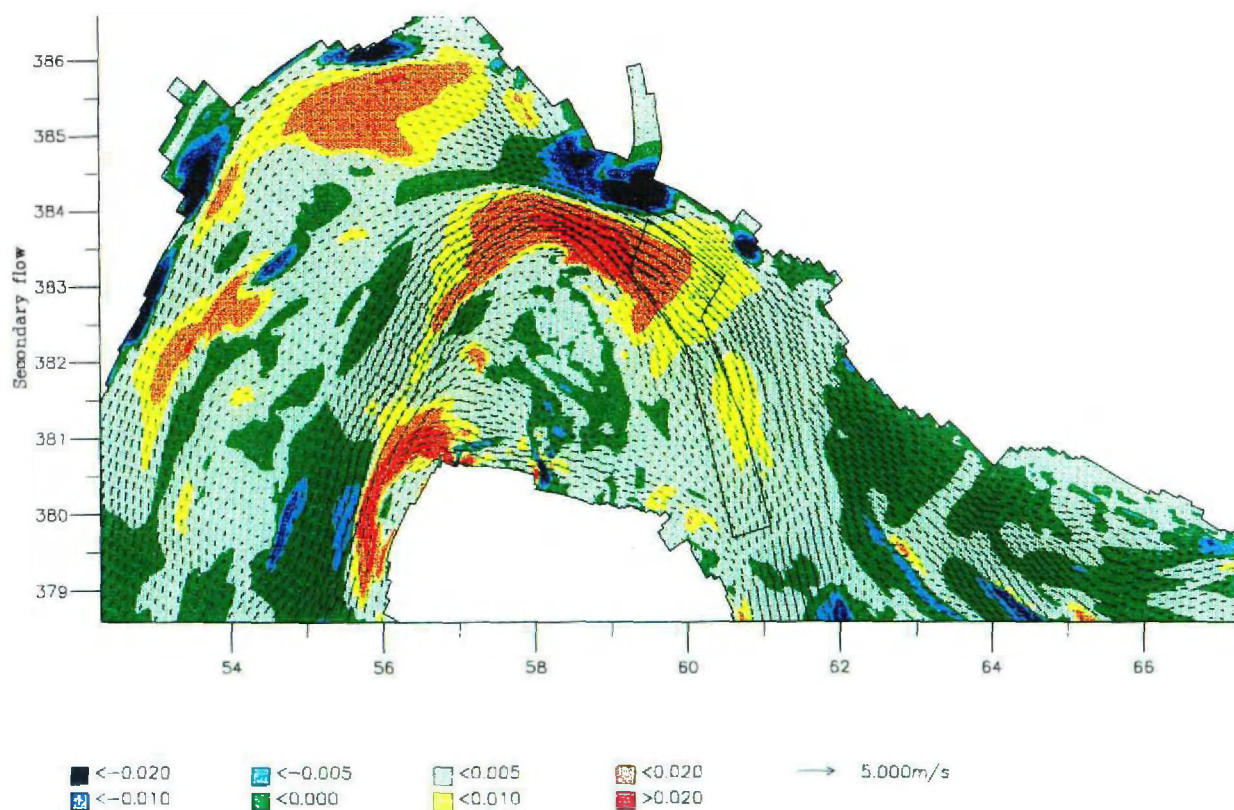
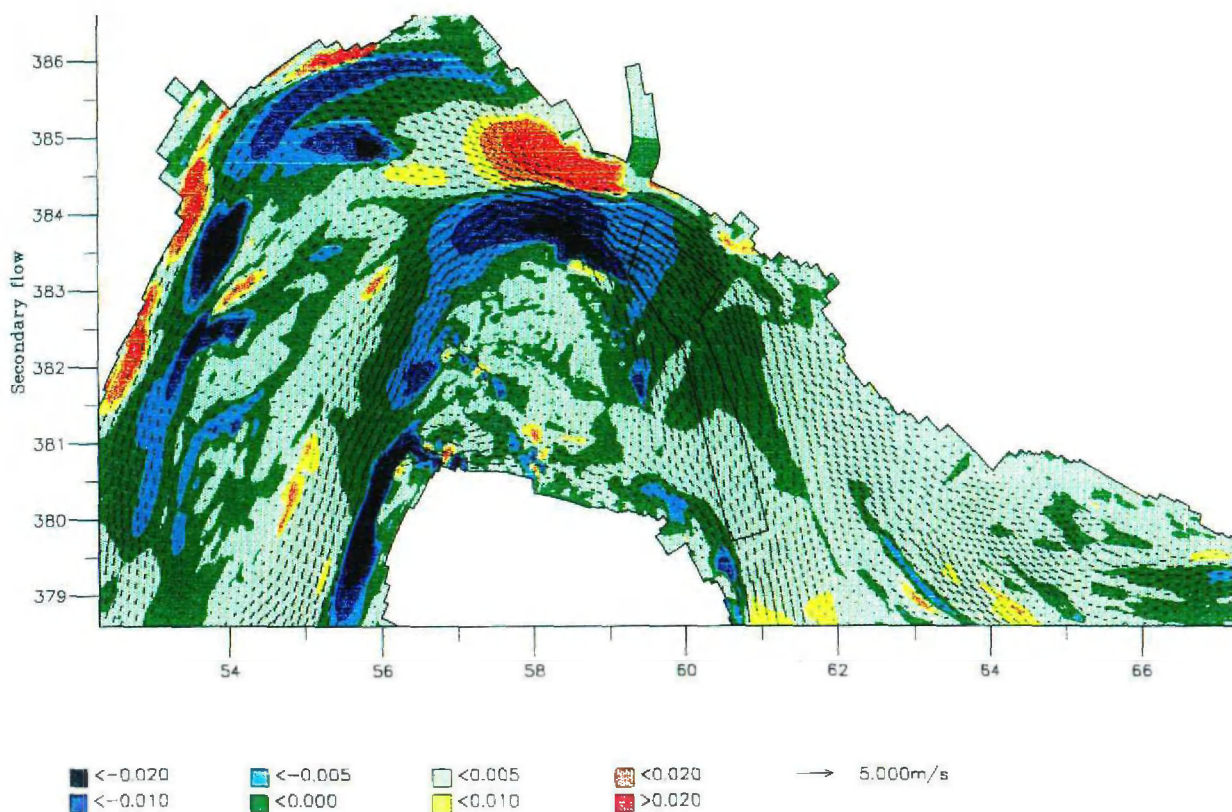
12/11/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

fig 5.1



Intensiteit spiraal stroming in dwarsrichting
 DELFT2D-MOR, max eb en max vloedstroom (dieptegem)
 blauw=met de stroom mee, rechtsomdraaiende spiraal

12/11/98

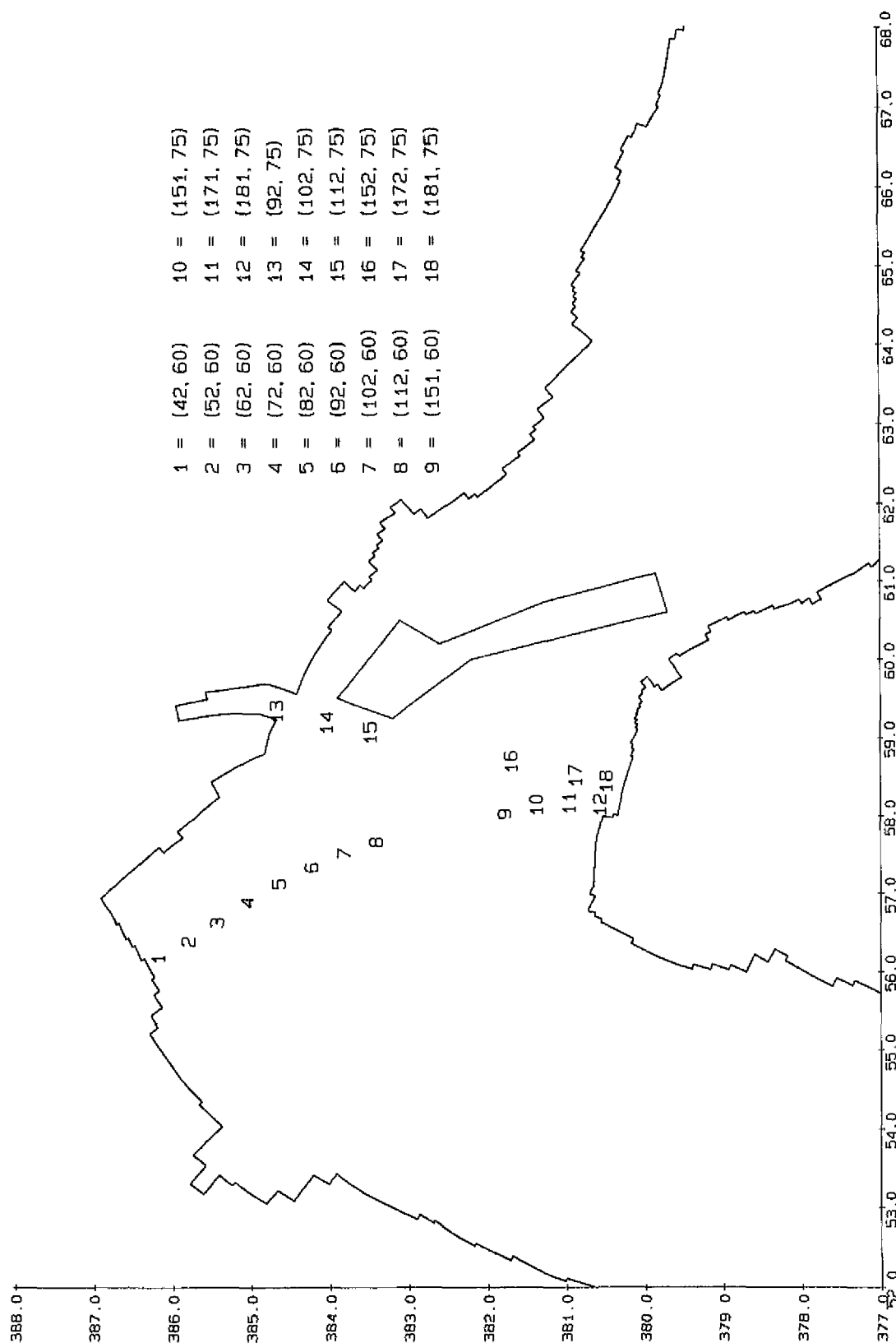
R11

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

fig: 5.2



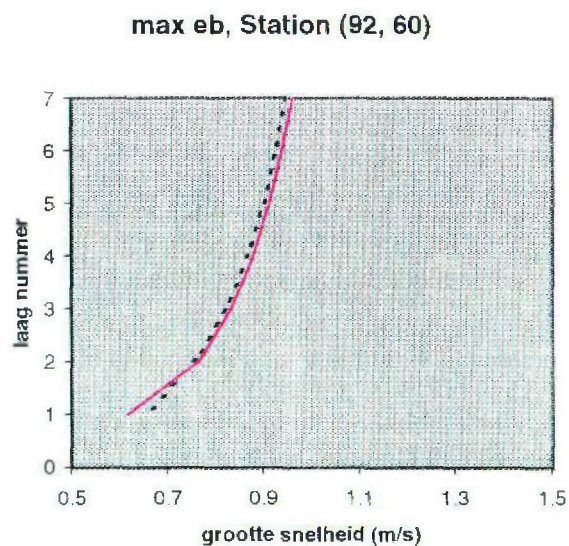
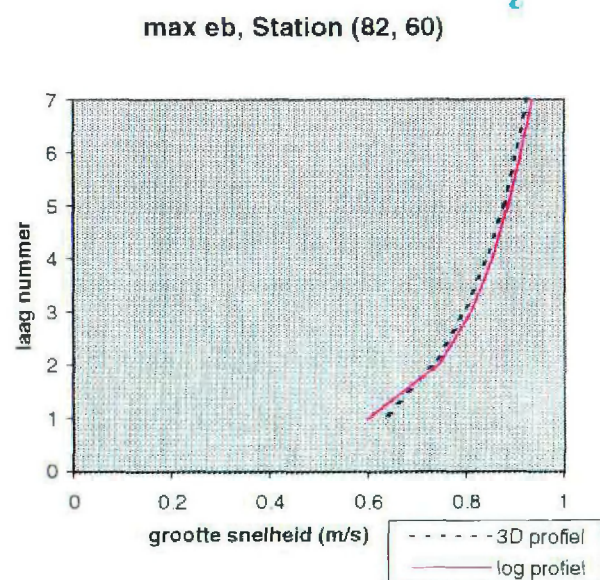
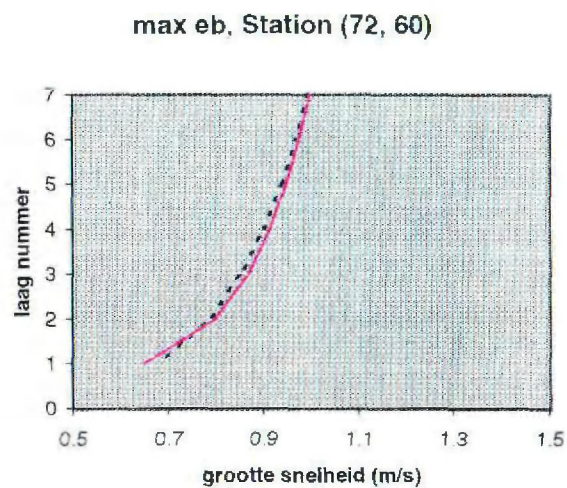
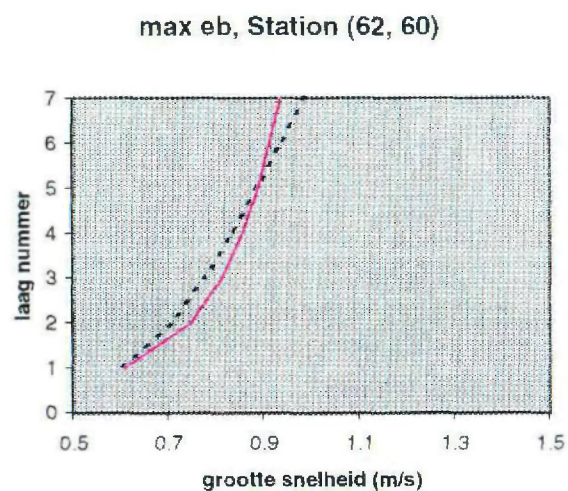
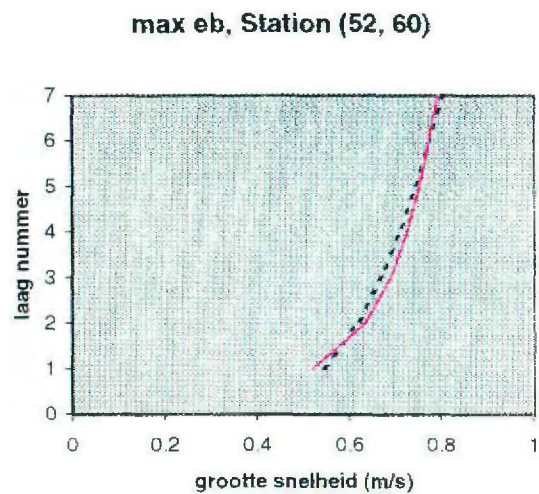
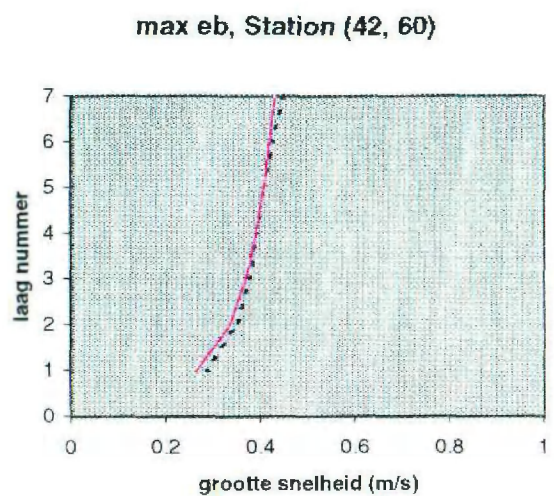
Locaties verticale snelheidsprofielen
en baggervak

17/11/98 z 2489

Westerschelde

WLI DELFT HYDRAULICS

Fig 5.3a



3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale ebsnelheid

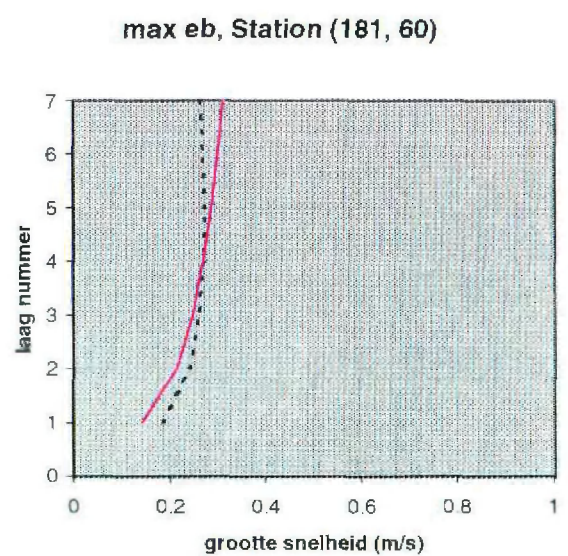
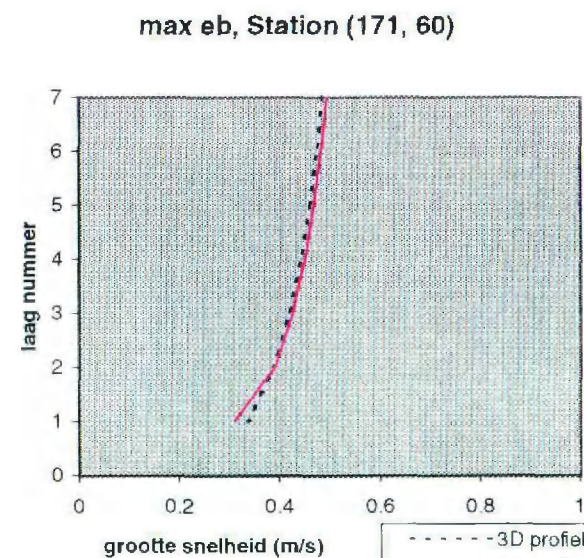
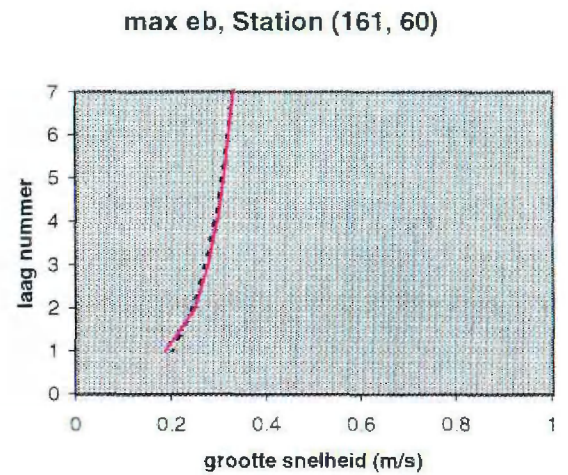
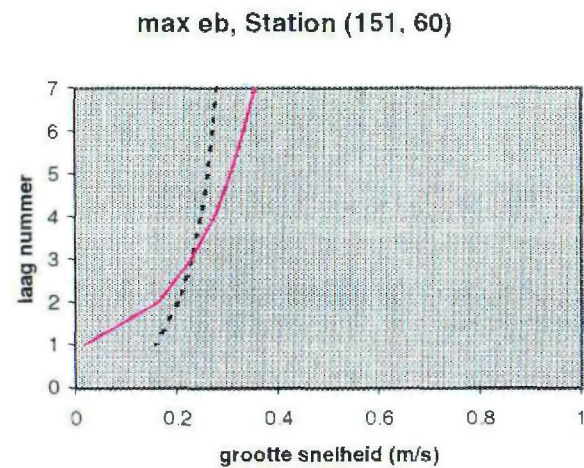
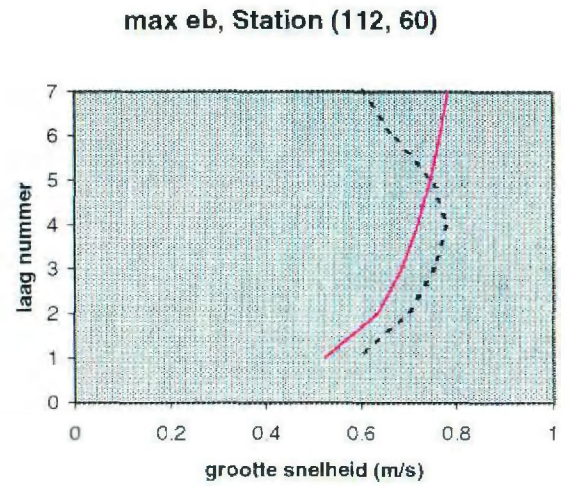
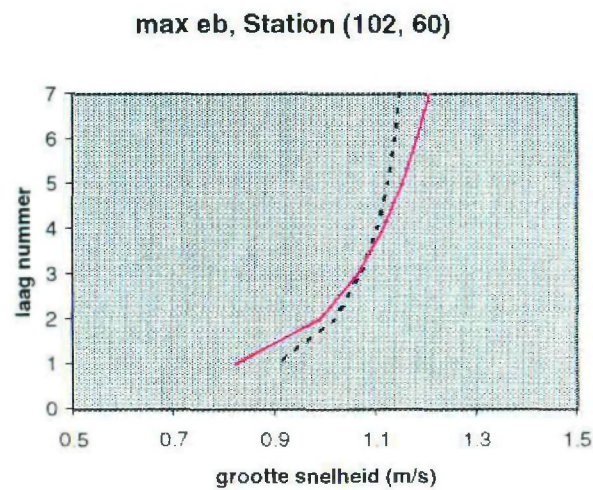
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3b



----- 3D profiel
— log profiel

3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale ebsnelheid

Westerschelde

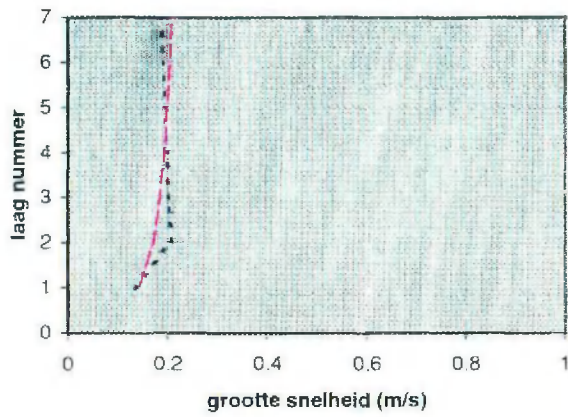
17/1198

Z2489

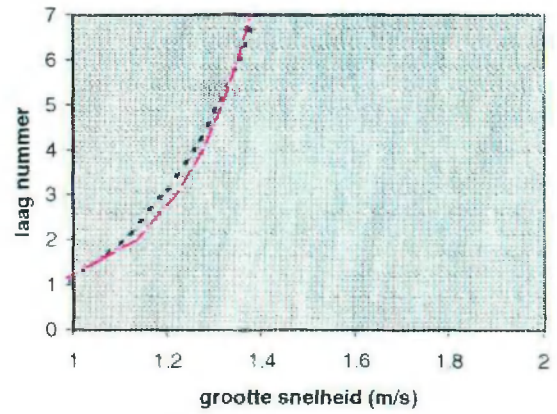
DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3c

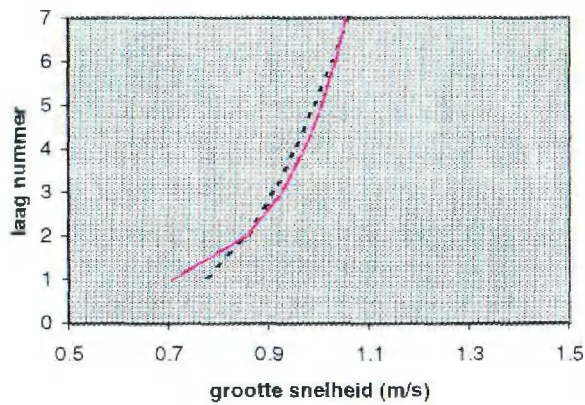
max eb, Station (92, 75)



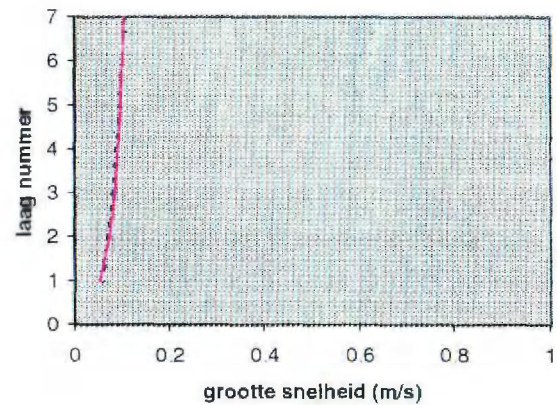
max eb, Station (102, 75)



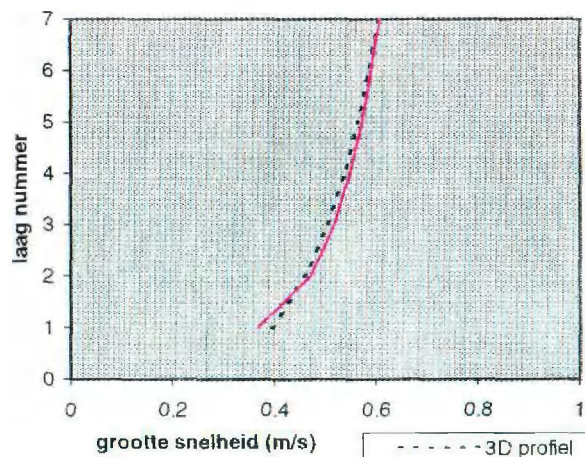
max eb, Station (112, 75)



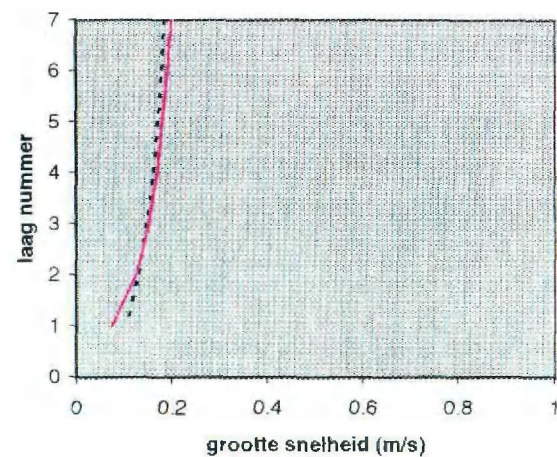
max eb, Station (152, 75)



max eb, Station (172, 75)



max eb, Station (181, 75)



----- 3D profiel
— log profiel

3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale ebsnelheid

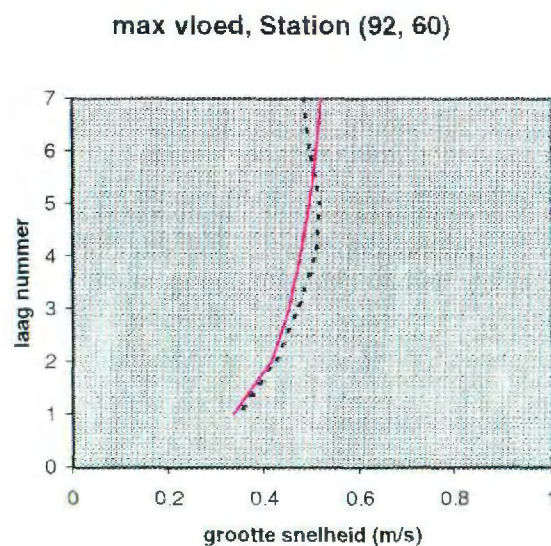
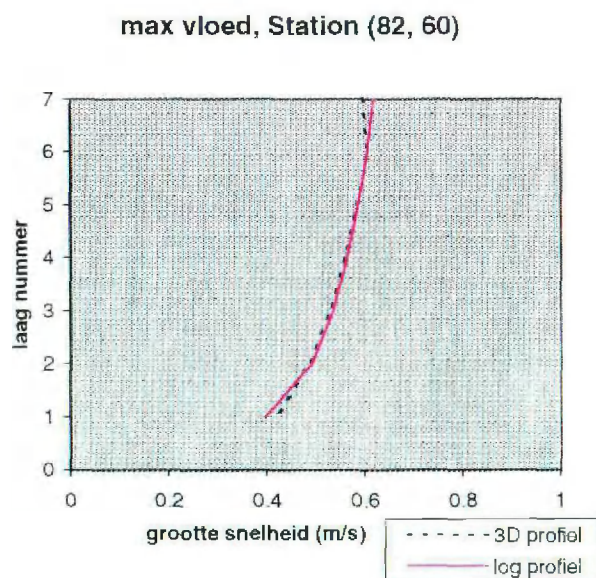
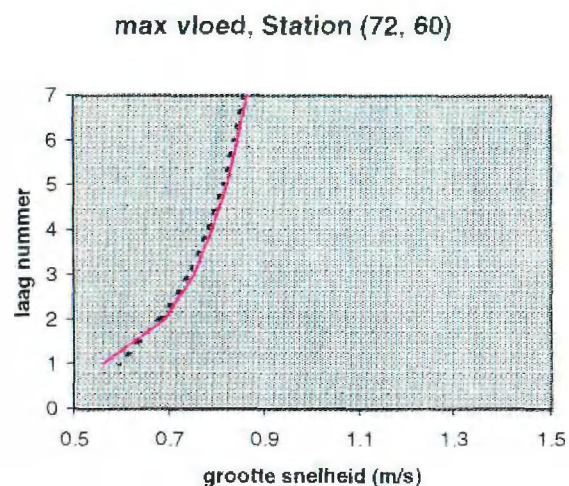
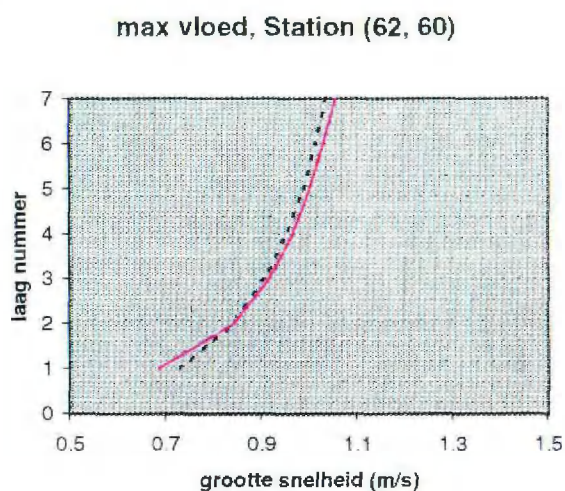
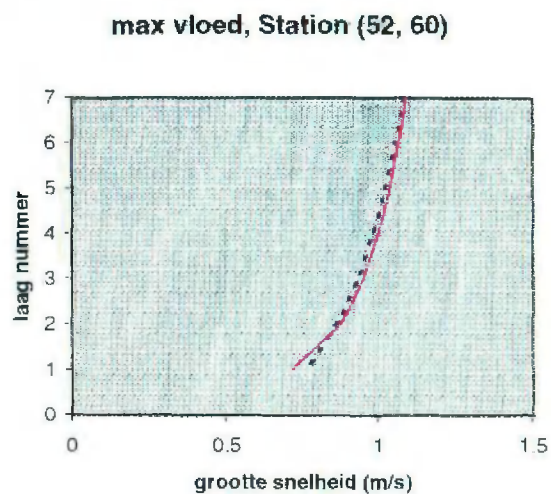
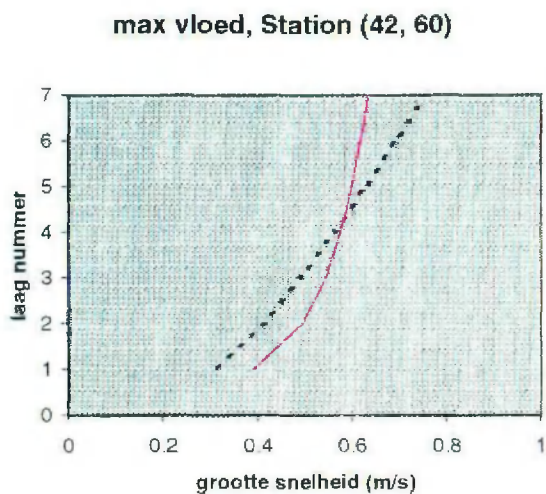
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3d



3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale vloed snelheid

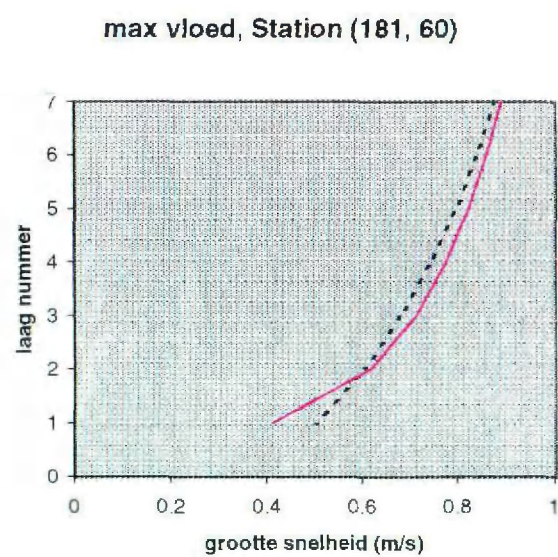
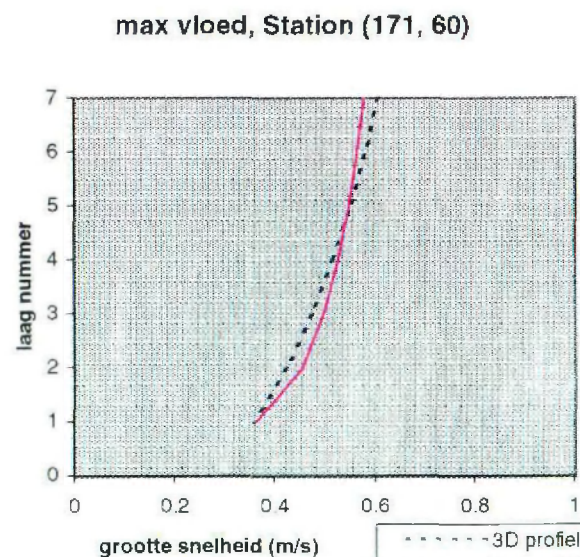
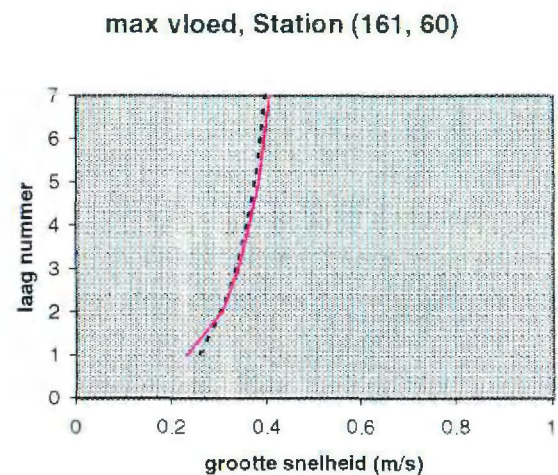
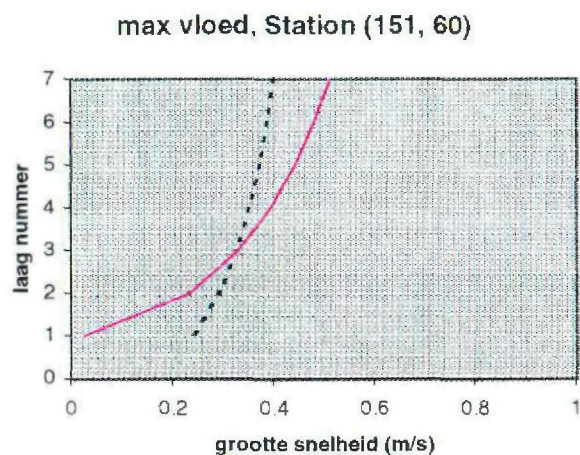
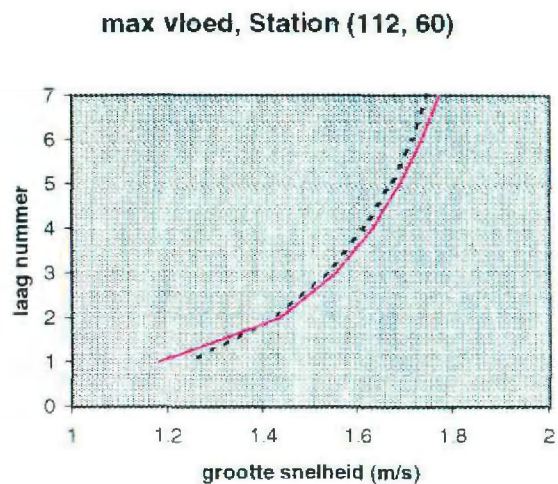
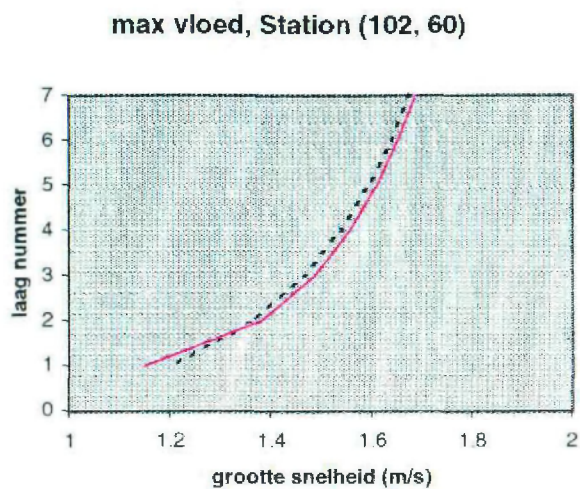
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3e



----- 3D profiel
— log profiel

3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale vloodsnelheid

Westerschelde

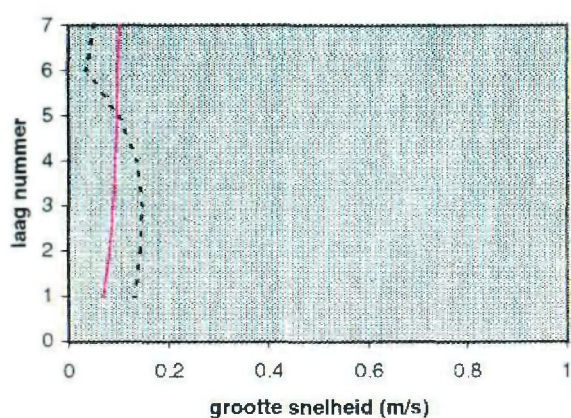
17/1198

Z2489

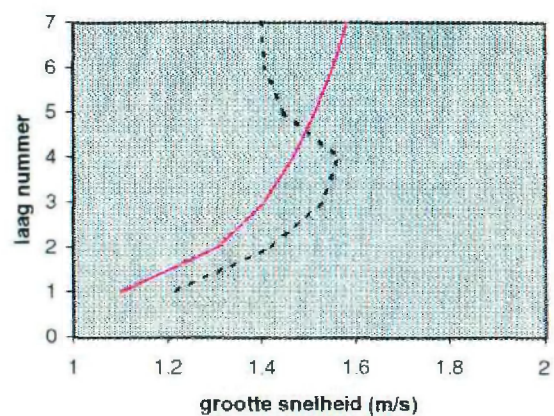
DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3f

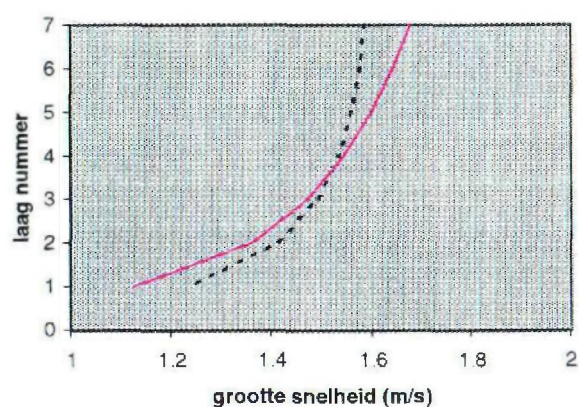
max vloed, Station (92, 75)



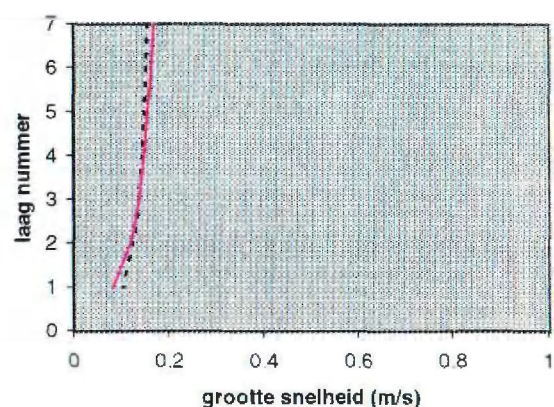
max vloed, Station (102, 75)



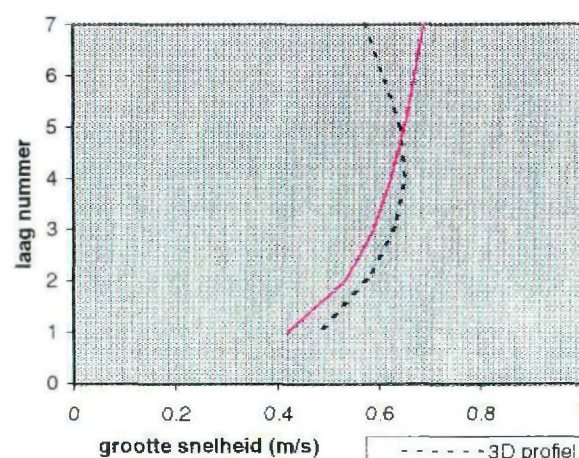
max vloed, Station (112, 75)



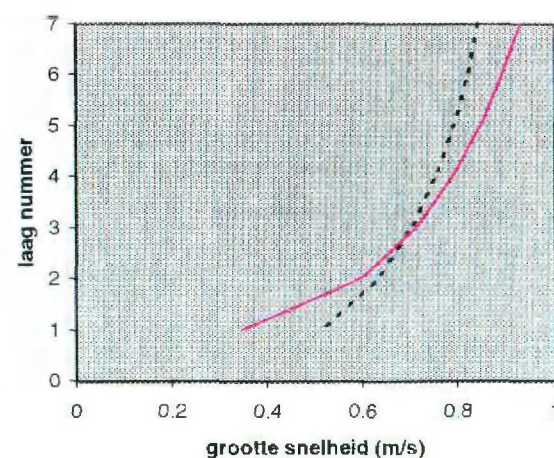
max vloed, Station (152, 75)



max vloed, Station (172, 75)



max vloed, Station (181, 75)



----- 3D profiel
— log profiel

3D snelheidsprofielen berekend met TRISCAL uitgezet tegen
logaritmische snelheidsprofielen zoals 'gebruikt' in Delft2D-MOR.
maximale vloodsnelheid

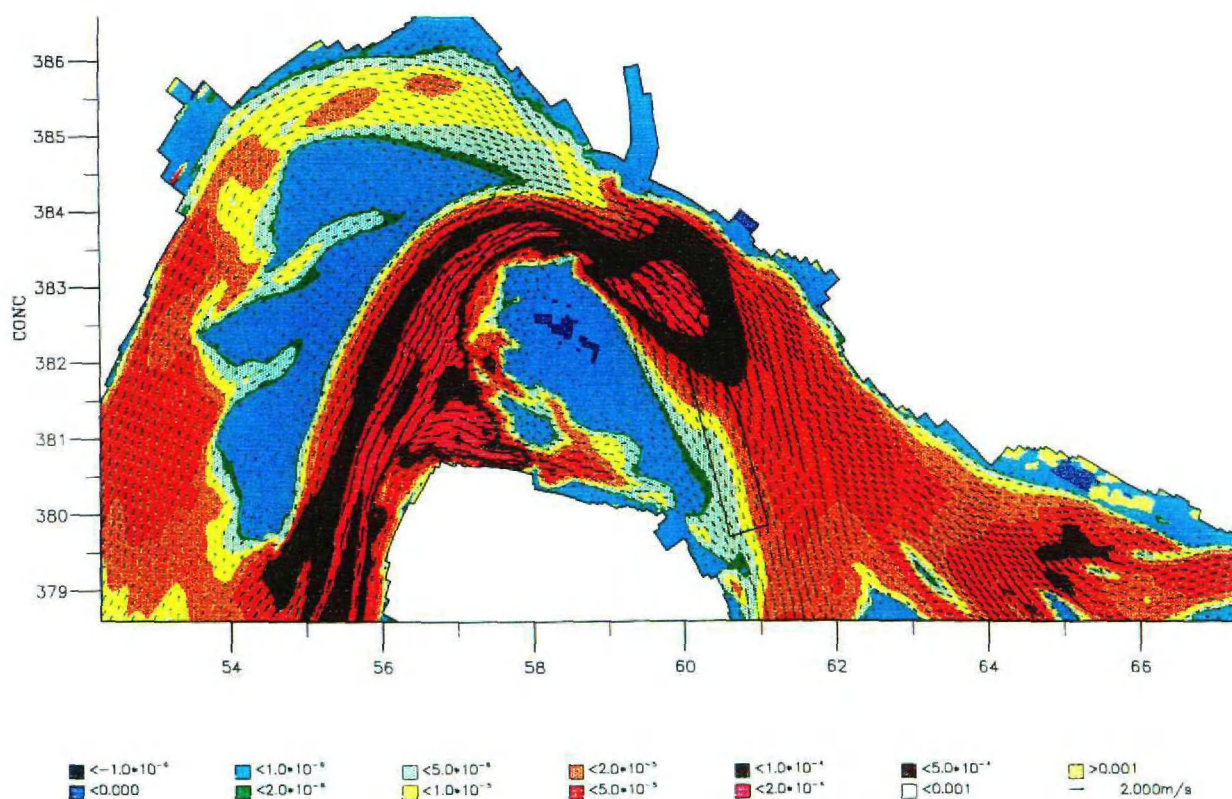
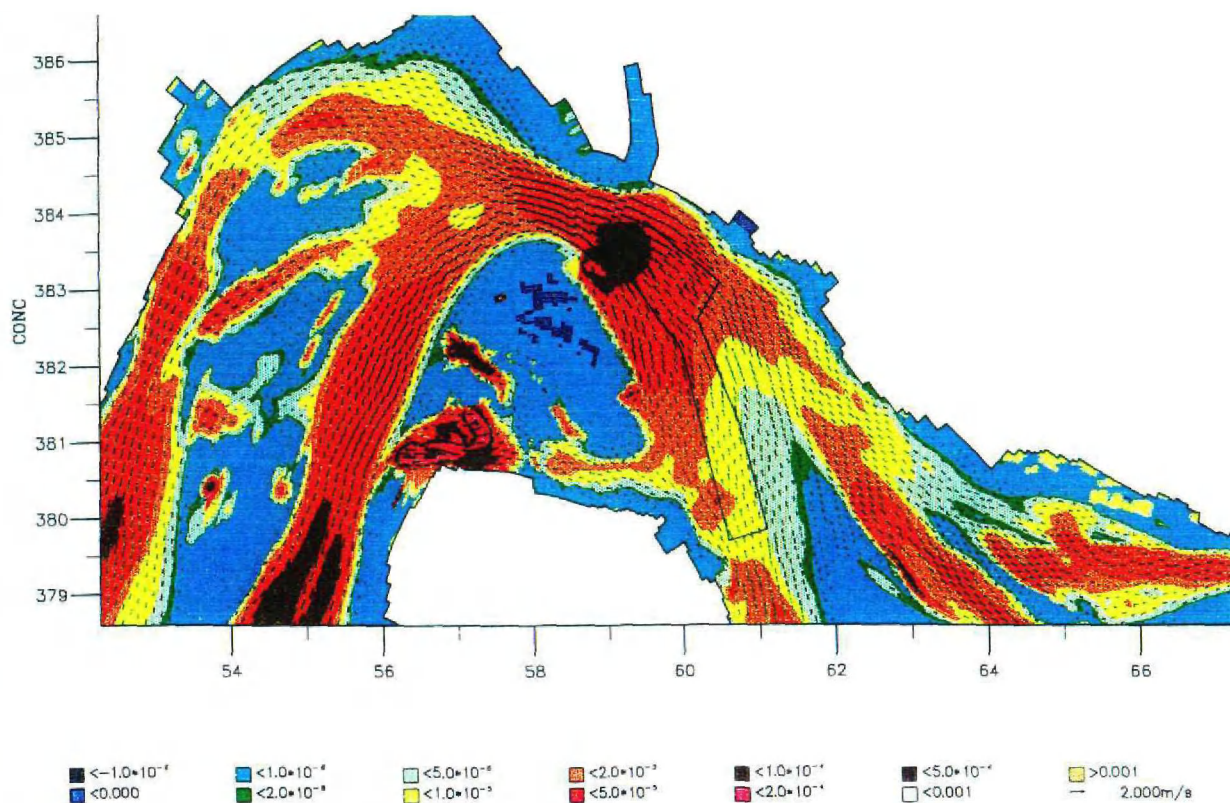
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 5.3g



vol. concentratie suspensief materiaal, Galappatti form.
 R11: spiraal stroming en gradienttype bodemrvw
 17/4 17:30 (max eb) en 18/4 02:00 (max vloed)

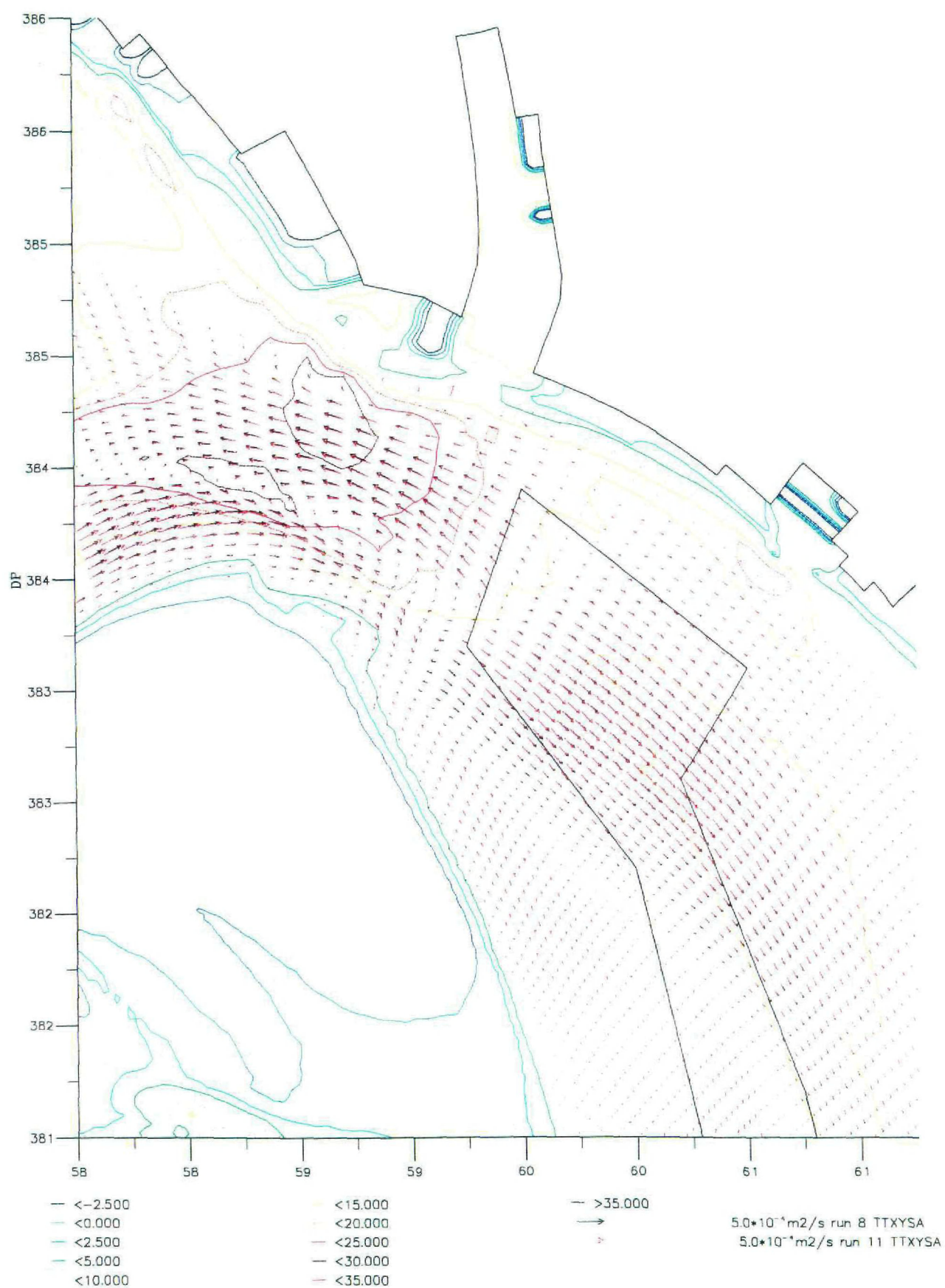
8/10/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 5.4



vergelijking netto transport
R08: zonder; R11: met spiraalstroming
morfologisch getij, Galappatti formulering

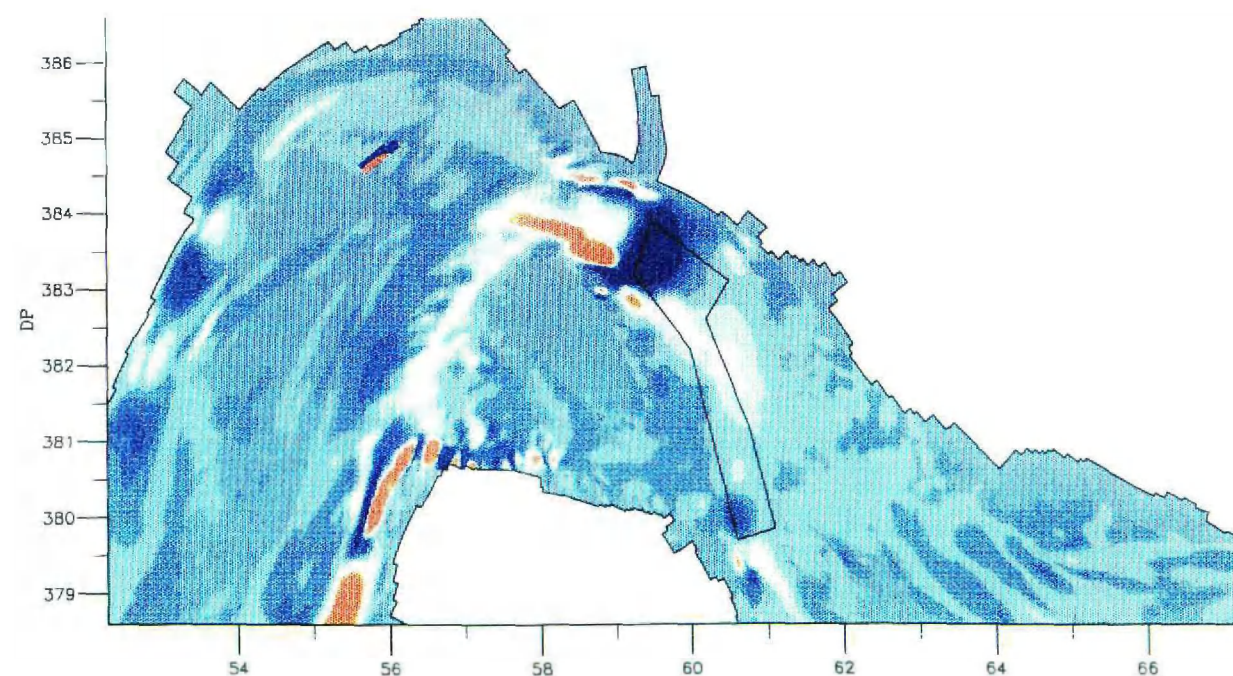
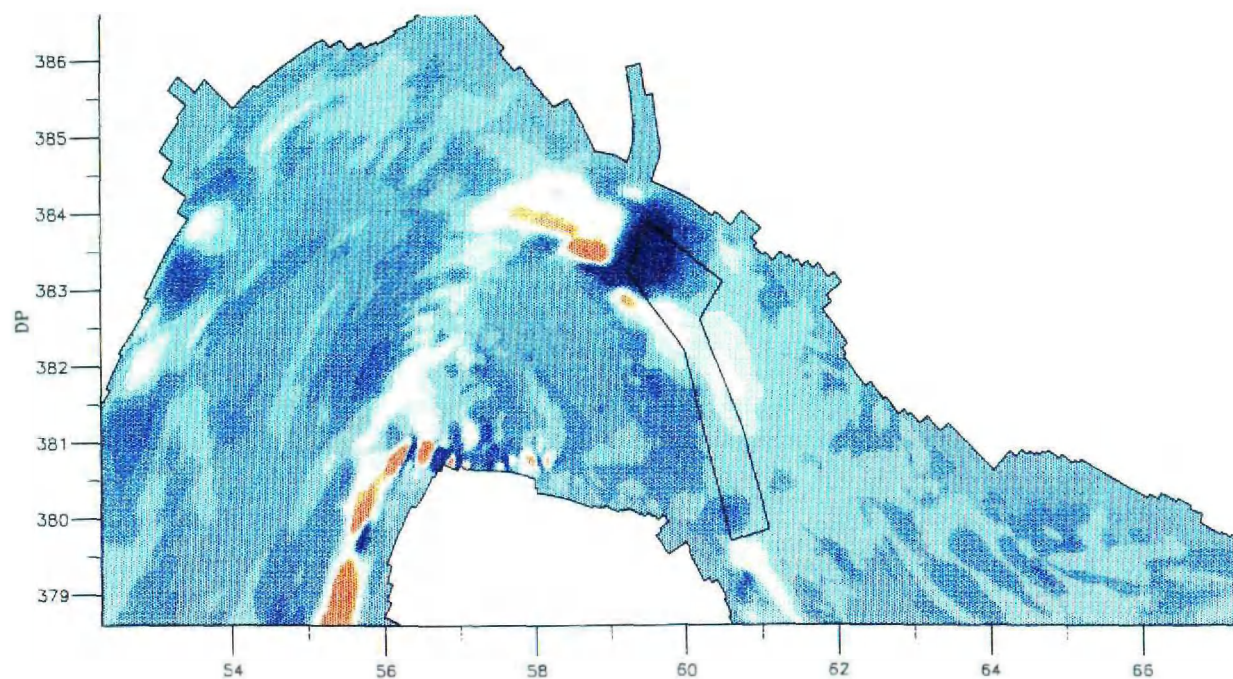
29/10/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 5.5



bodemniveauverandering in een maand
R08 (boven) en R11 (onder)
morfologisch getij

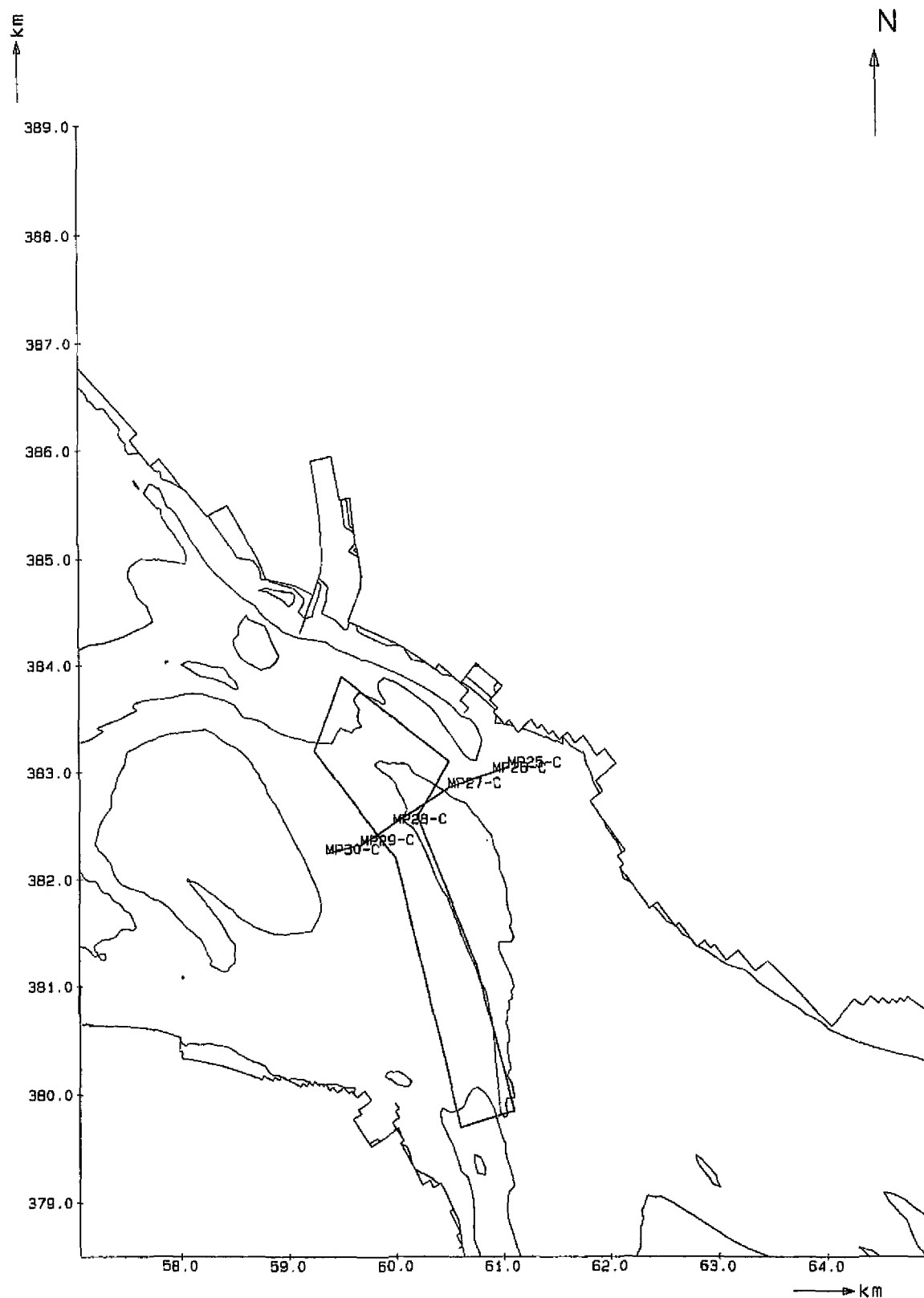
7/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 5.6



Meetlocaties AZTM zandtransportmetingen
23 en 25 oktober 1995
raai C

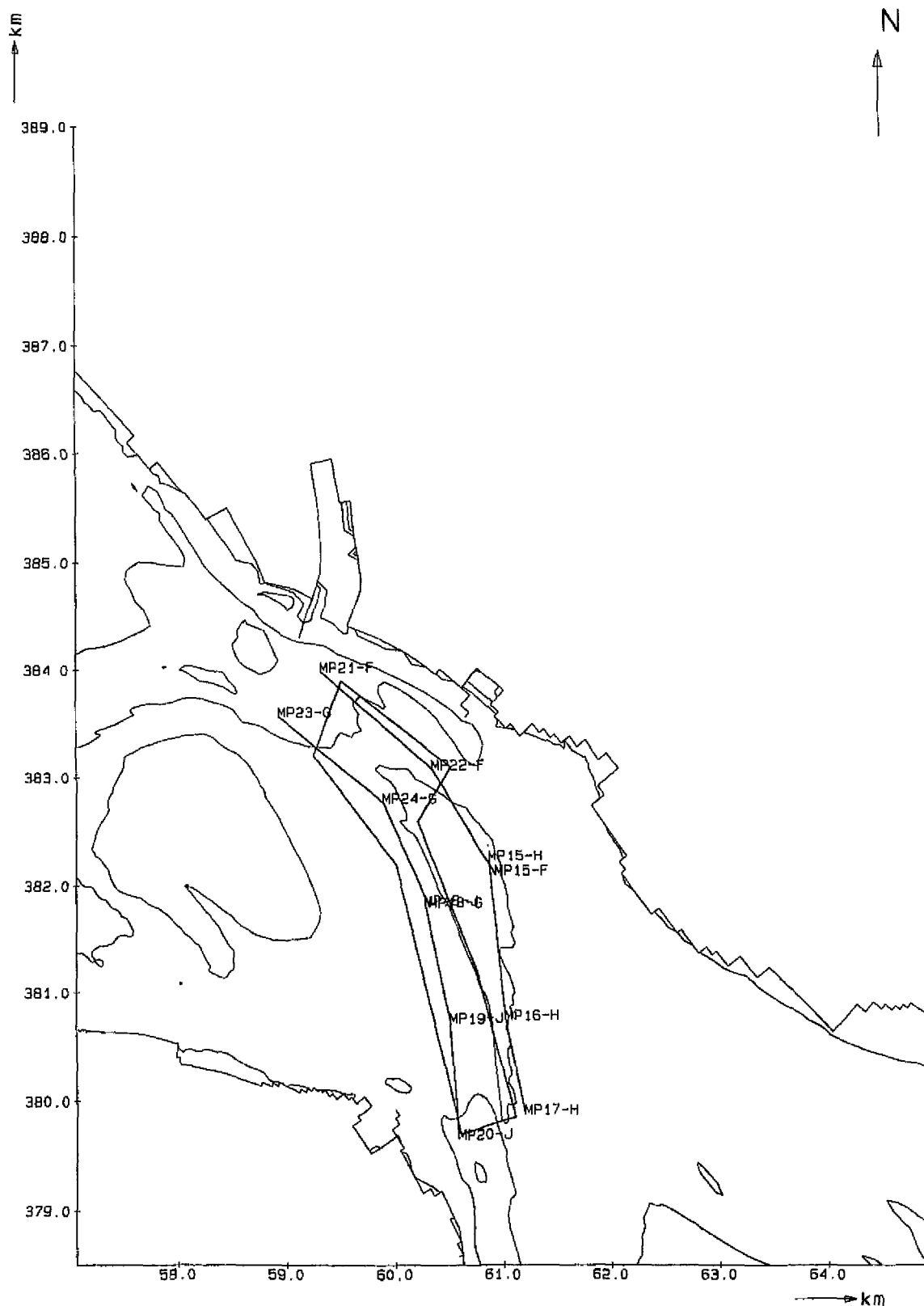
Z 2489

1998-12-01
15:23:21

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

fig 6.1



Meetlocaties AZTM zandtransportmetingen
23 en 25 oktober 1995
raaien F, G, H en J

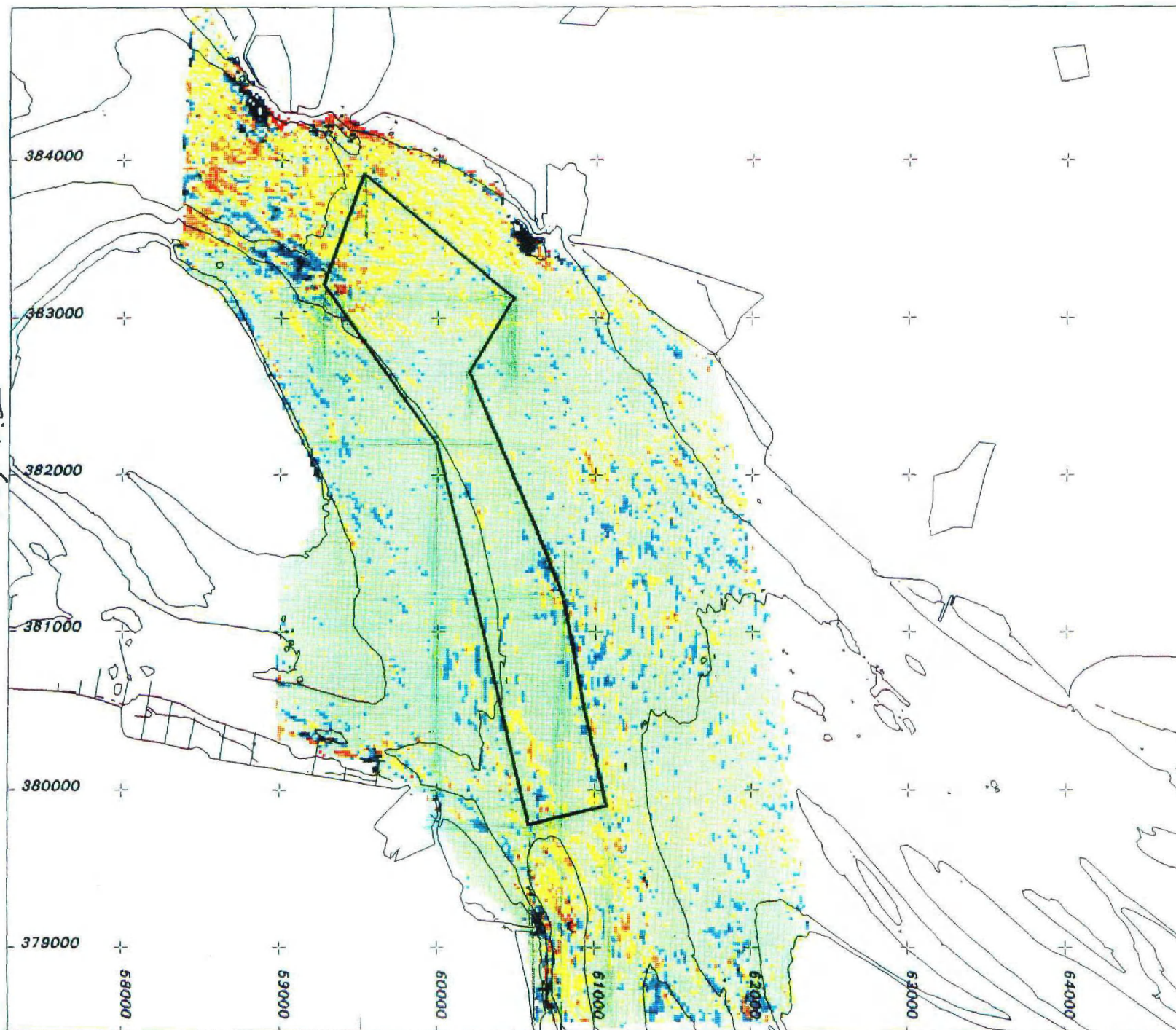
Z 2489

1998-12-01
15: 23: 21

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

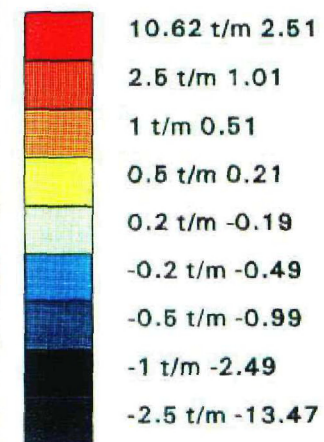
fig 6.2



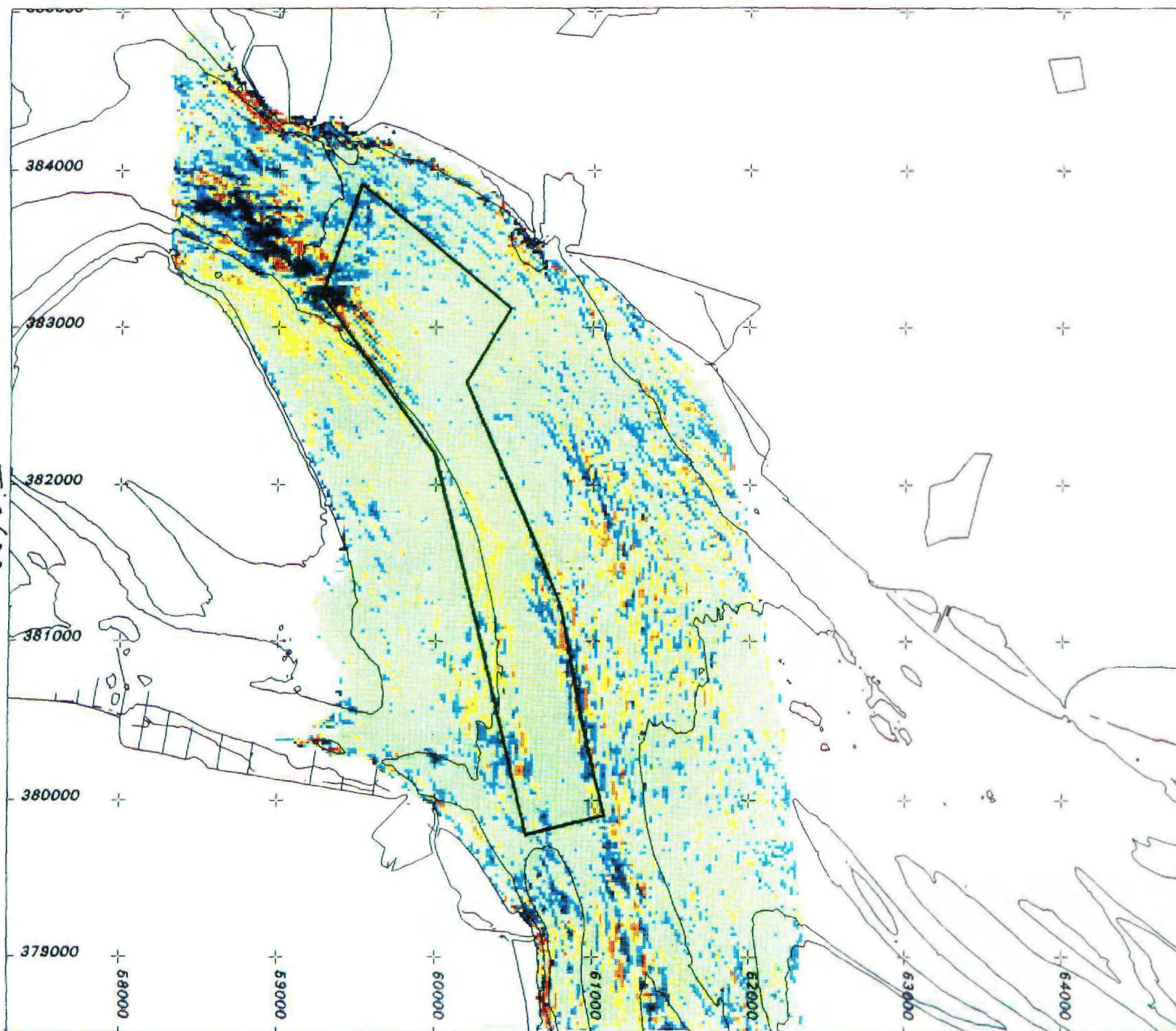
Drempel v Hansweert

Sedimentatie
29 sep - 5 okt 1995
+ baggervak

Legenda meters



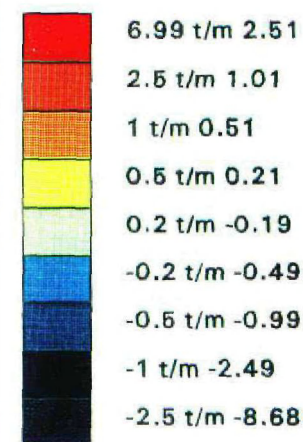
Schaal: 1:35.000



Drempel v Hansweert

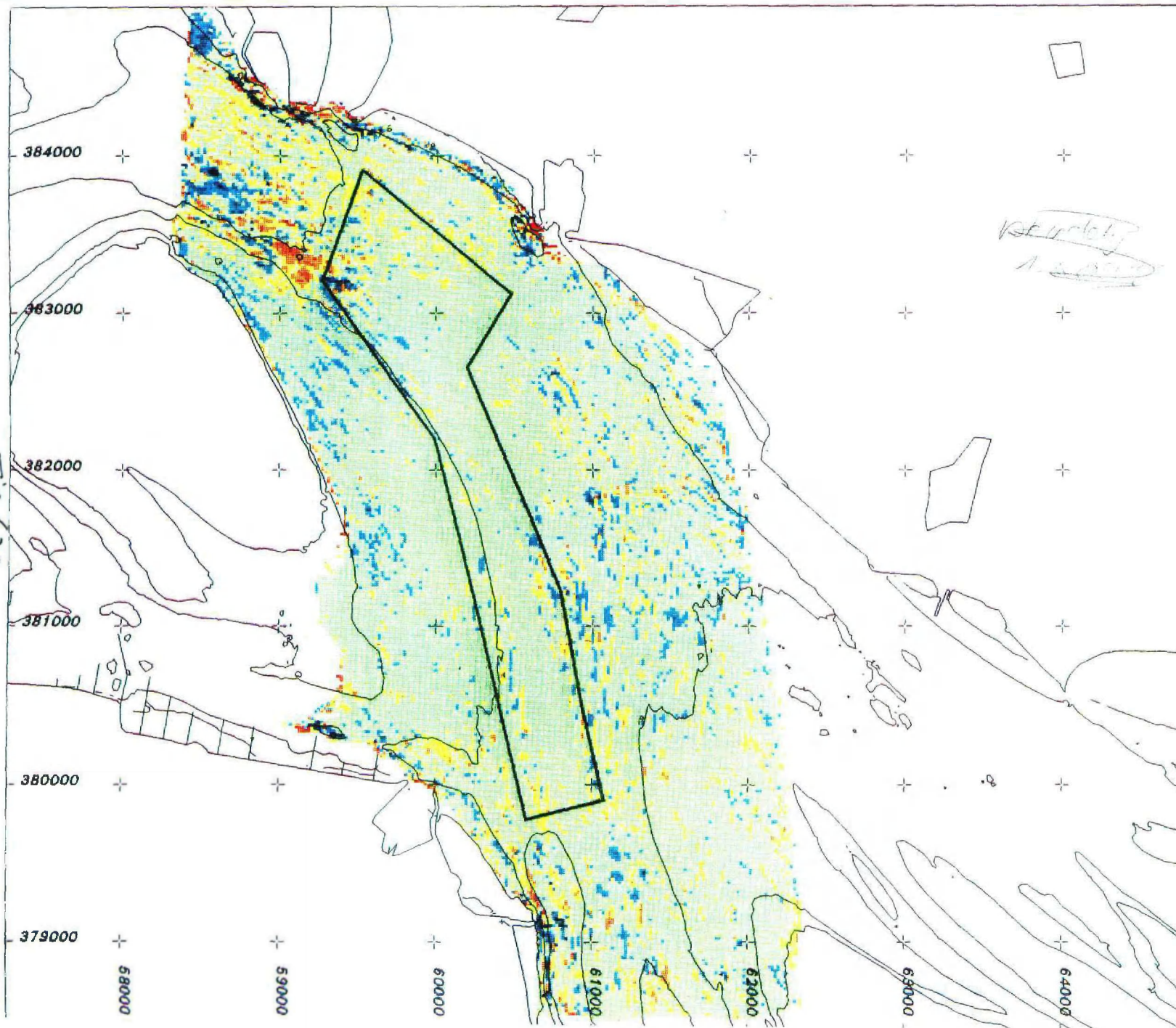
Sedimentatie
5 - 12 okt 1995
+ baggervak

Legenda meters



Schaal: 1:35.000

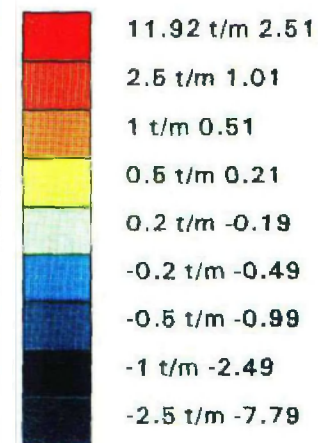
Fig. 6.3c



Drempel v Hansweert

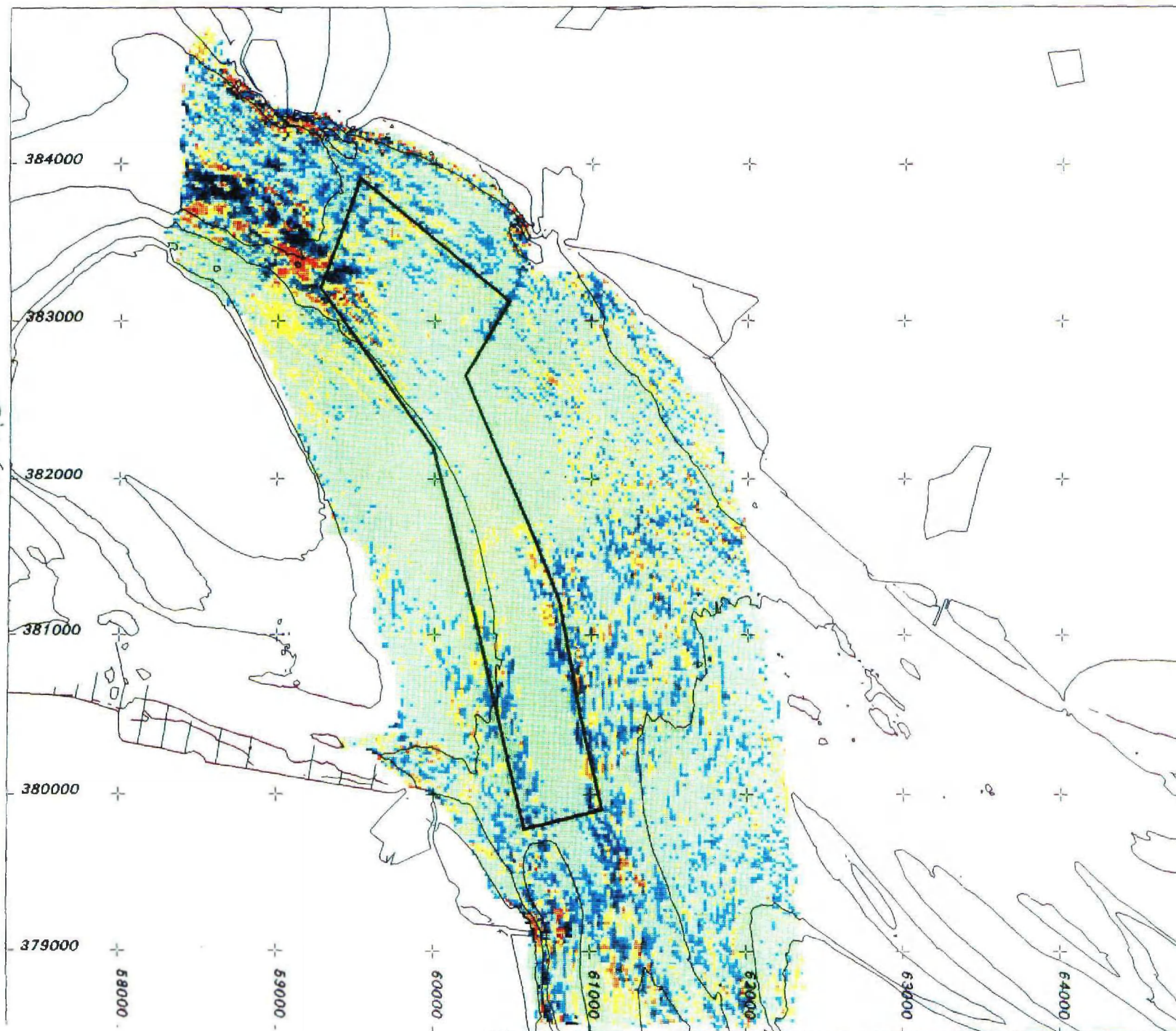
Sedimentatie
12 - 19/20 okt 1995
+ baggervak

Legenda meters



Schaal: 1:35.000

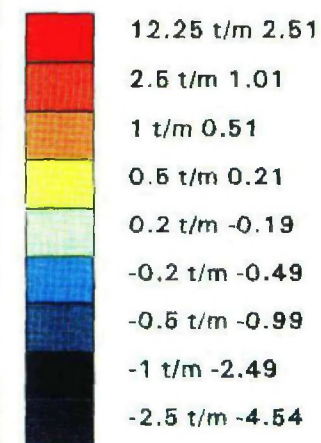
FIG. 6.3D



Drempel v Hansweert

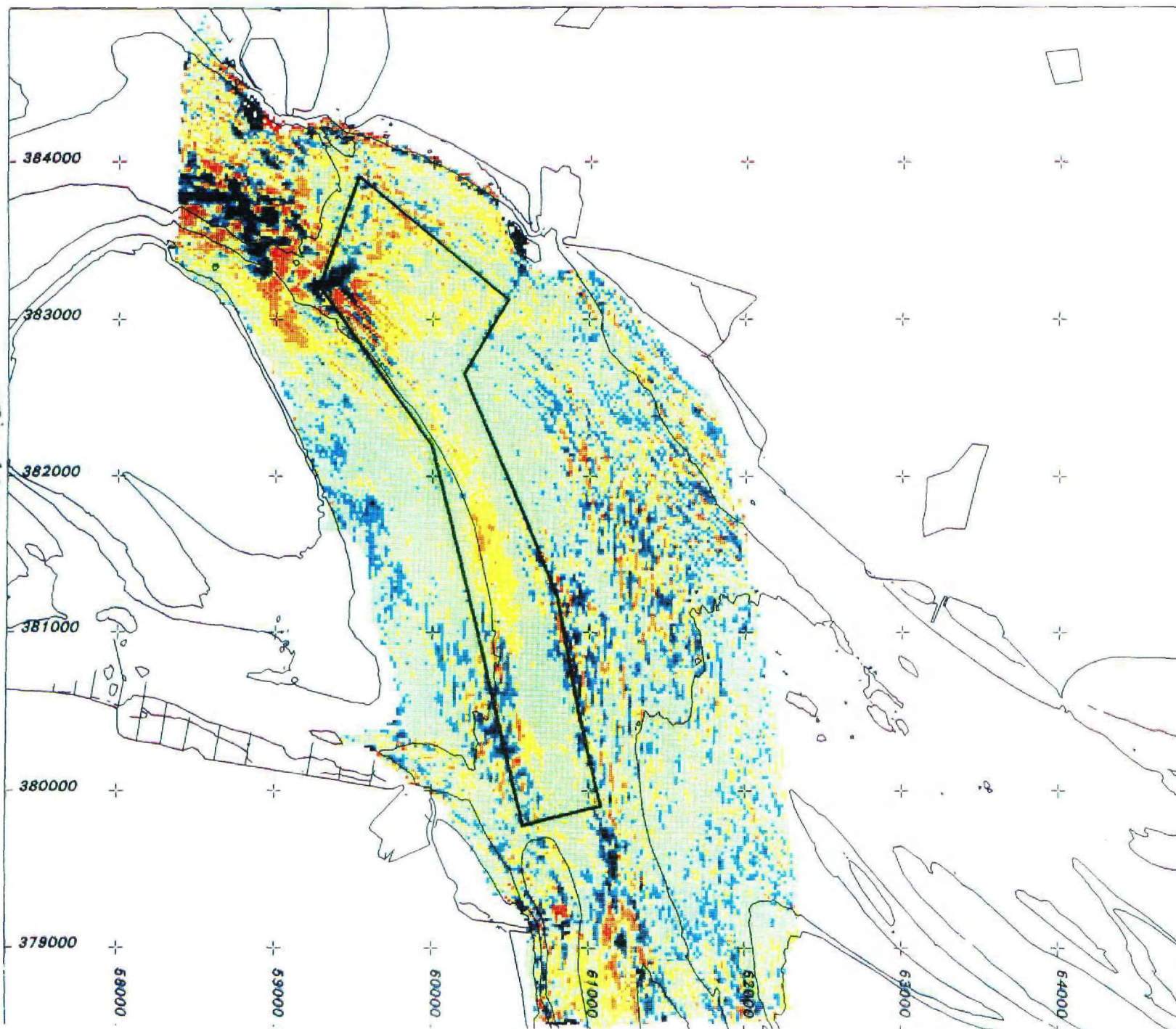
Sedimentatie
19/20 - 26 okt 1995
+ baggervak

Legenda meters



Schaal: 1:36.000

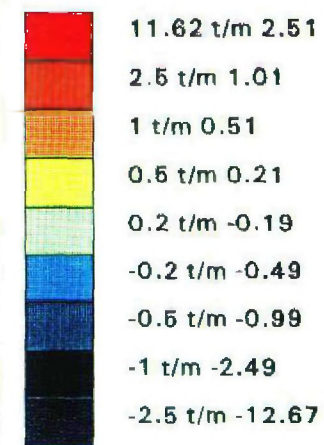
FIG. 6.3E



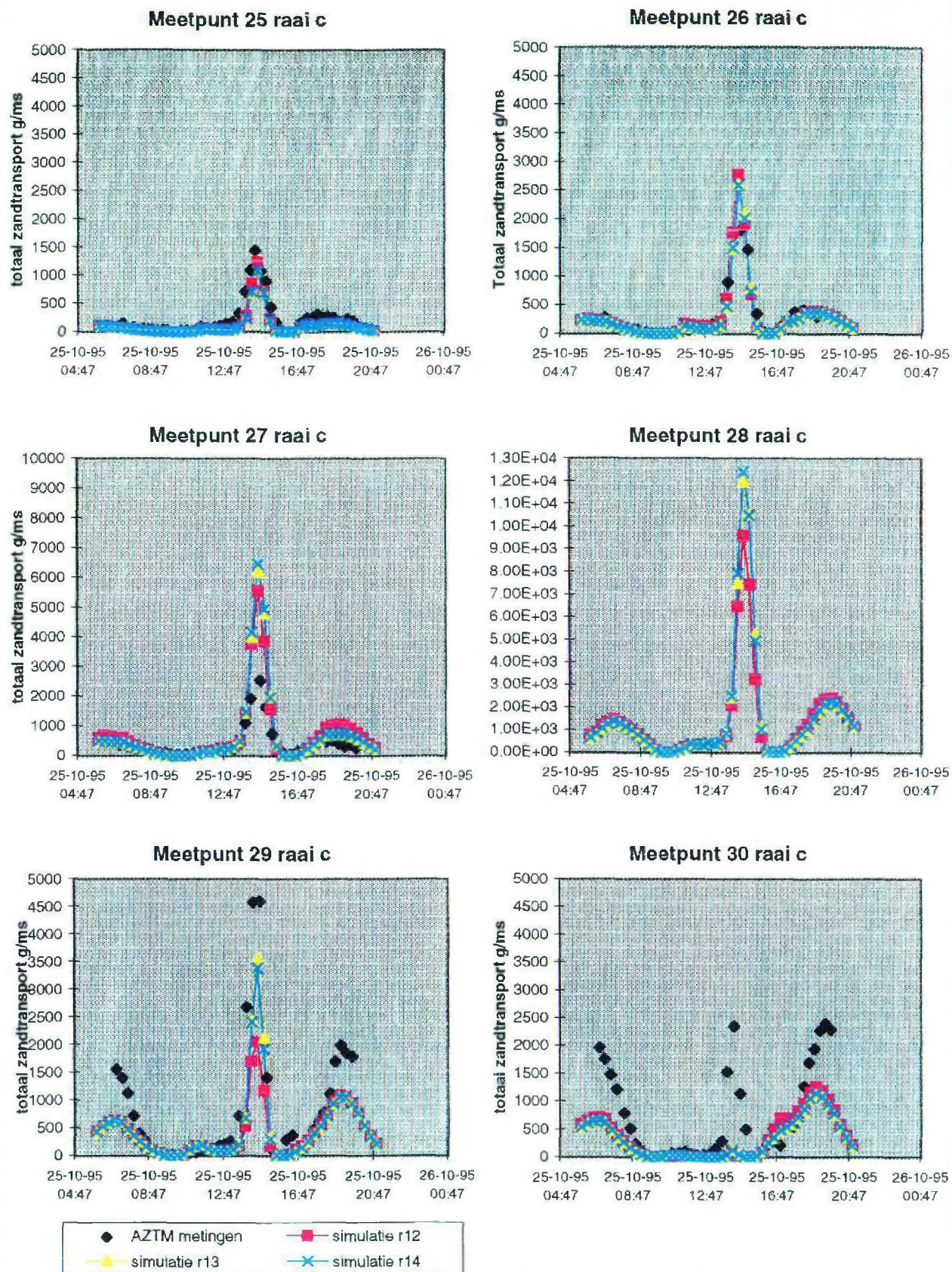
Drempel v Hansweert

Sedimentatie
29 sep - 26 okt 1995
+ baggervak

Legenda meters



Schaal: 1:35.000



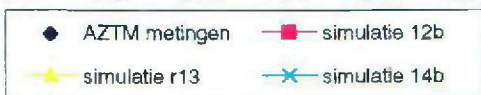
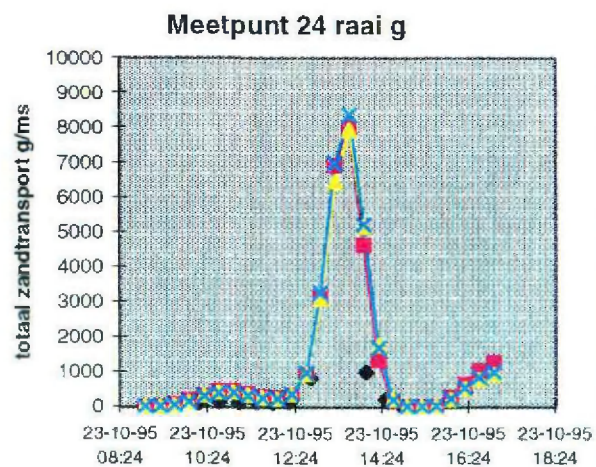
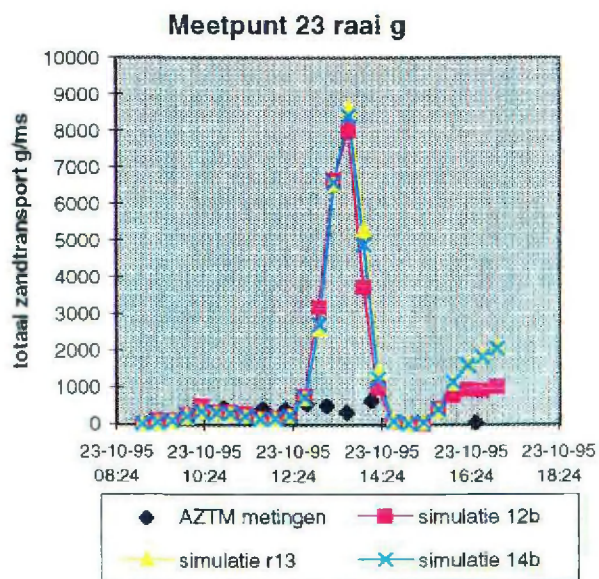
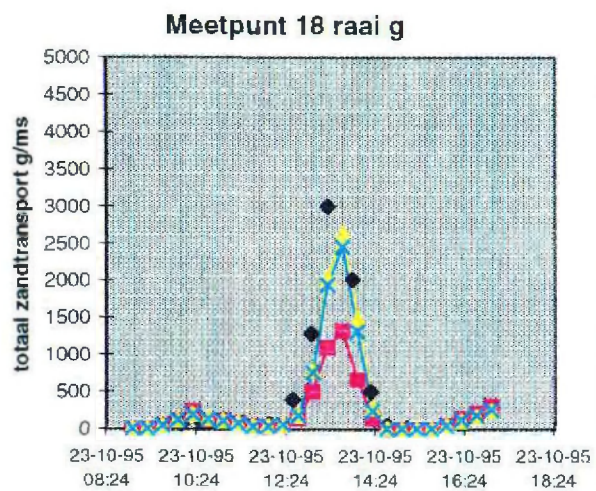
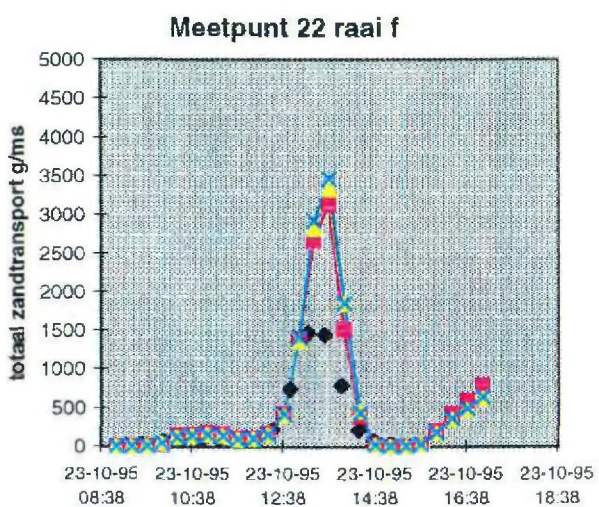
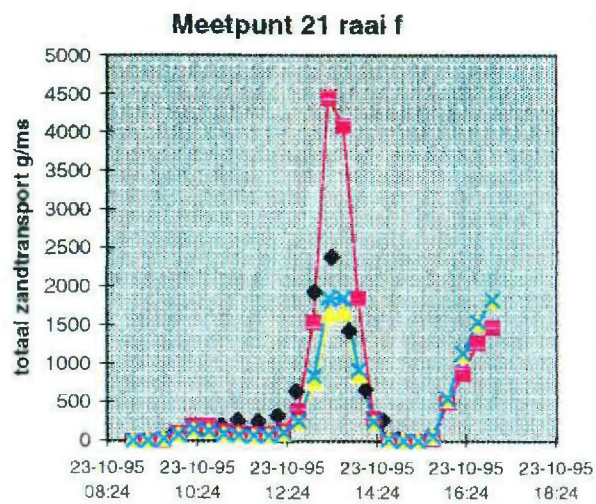
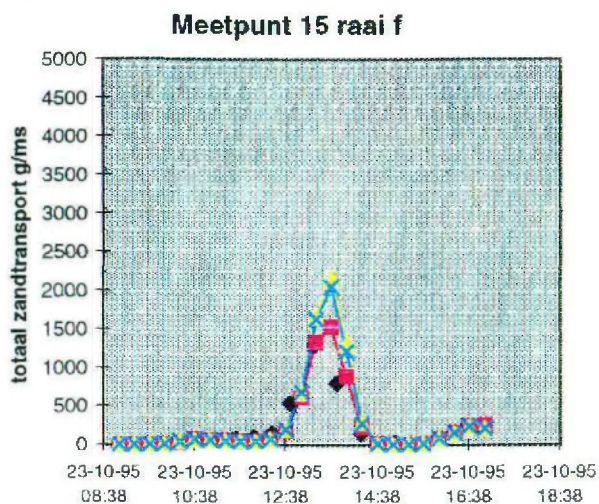
grootte AZTM zandtransport metingen uitgezet tegen simulaties
 R12, R13 en R14
 Delft2D-MOR Morfodynamische runs

Westerschelde

17/1198 Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.4a



grootte AZTM zandtransport metingen en berekeningen van simulaties
 RI2, RI3 en RI4, raaien F en G
 Delft2D-MOR Morfodynamische runs

Westerschelde

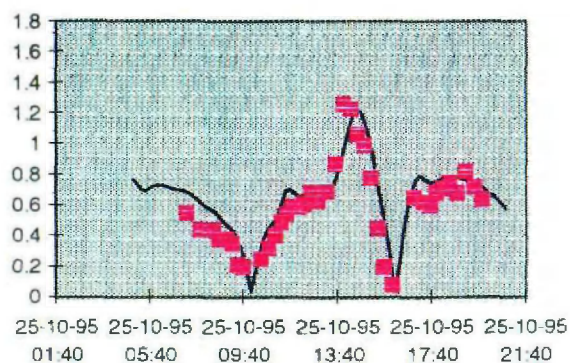
17/1198

Z2489

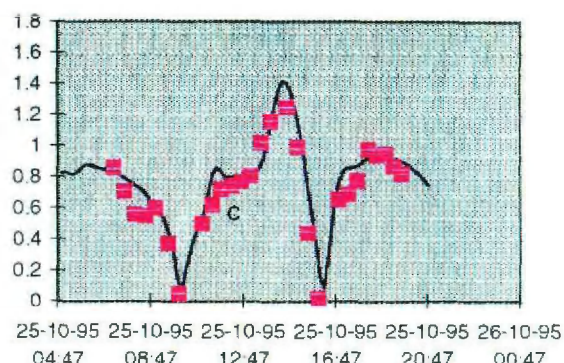
DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.4b

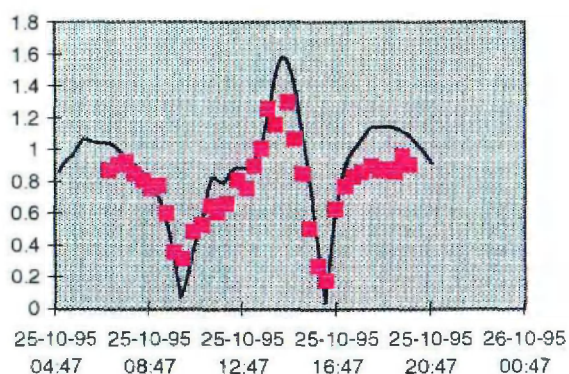
MP25-C, diepte gem. snelheden



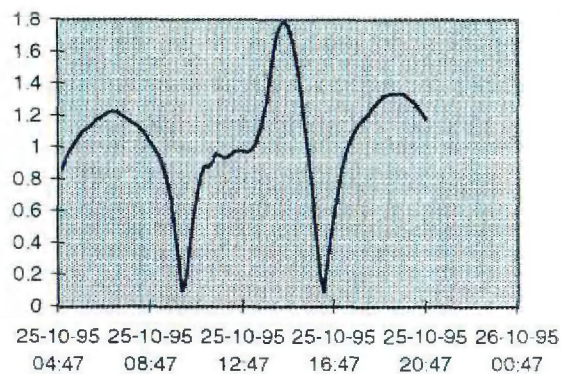
MP26-C, diepte gem. snelheden



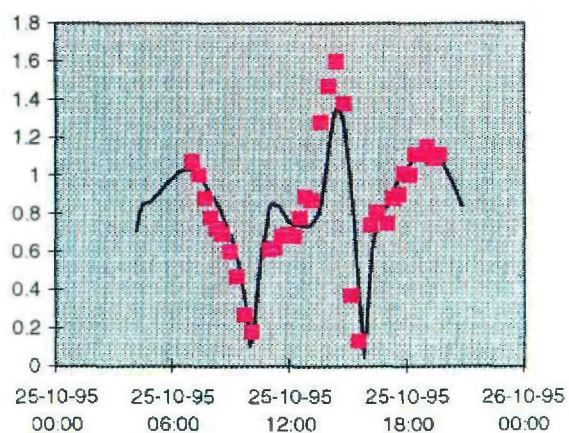
MP27-C, diepte gem. snelheden



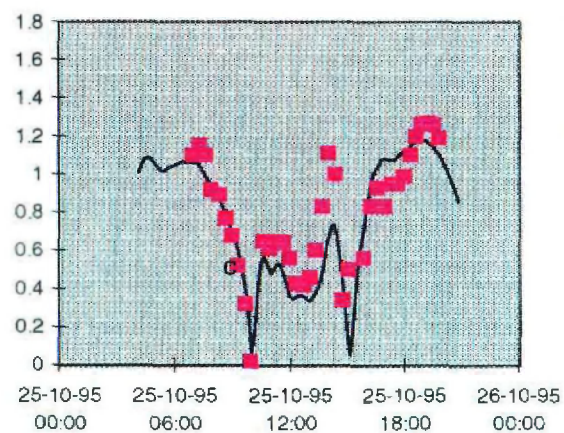
MP28-C, diepte gem. snelheden



MP29-C, diepte gem. snelheden



MP30-C, diepte gem. snelheden



— berekening ■ meting

grootte gemeten dieptegemiddelde snelheden en berekende
dieptegemiddelde snelheden voor raai C
Delft2D-MOR

Westerschelde

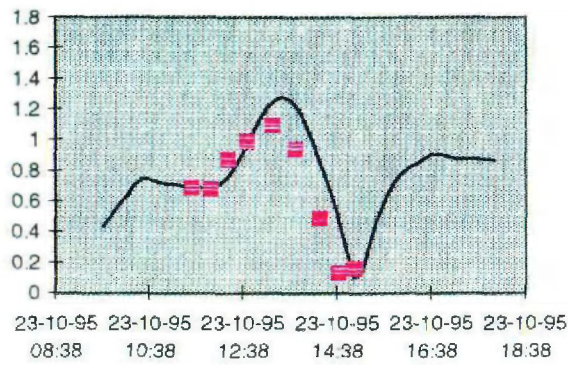
17/1198

Z2489

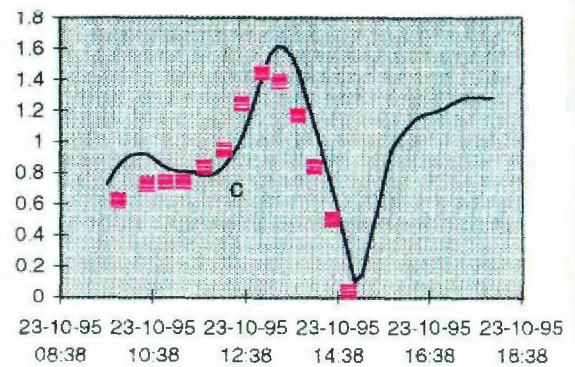
DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.4c

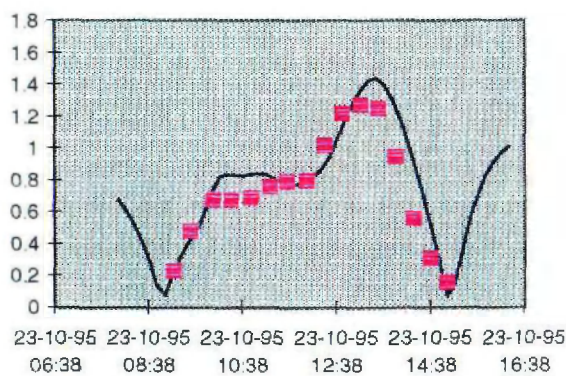
MP15-F, diepte gem. snelheden



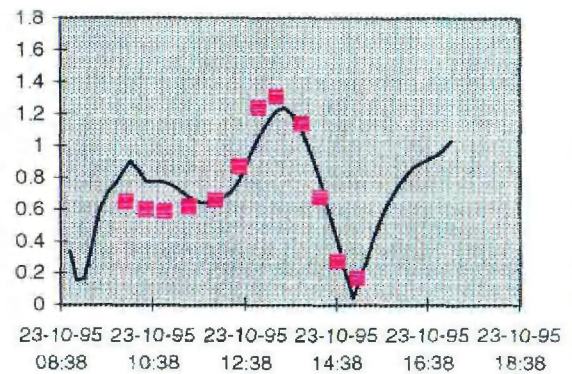
MP21-F, diepte gem. snelheden



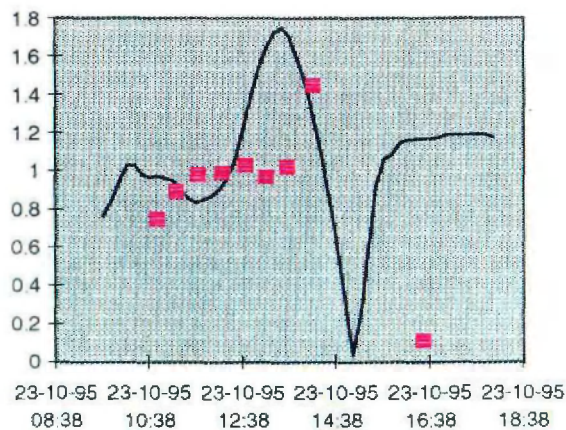
MP22-F, diepte gem. snelheden



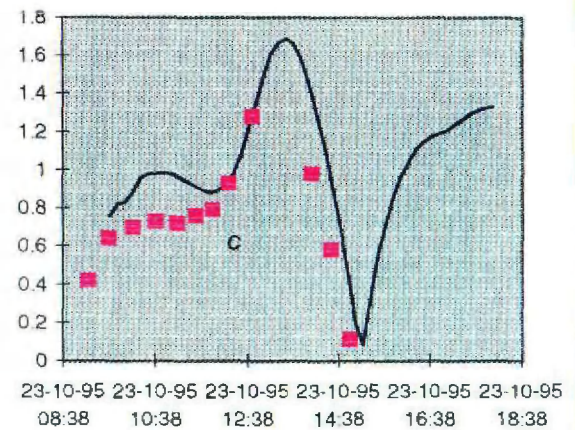
MP18-G, diepte gem. snelheden



MP23-G, diepte gem. snelheden



MP24-G, diepte gem. snelheden



— berekening ■ meting

grootte gemeten dieptegemiddelde snelheden en berekende
dieptegemiddelde snelheden voor raaien F en G
Delft2D-MOR

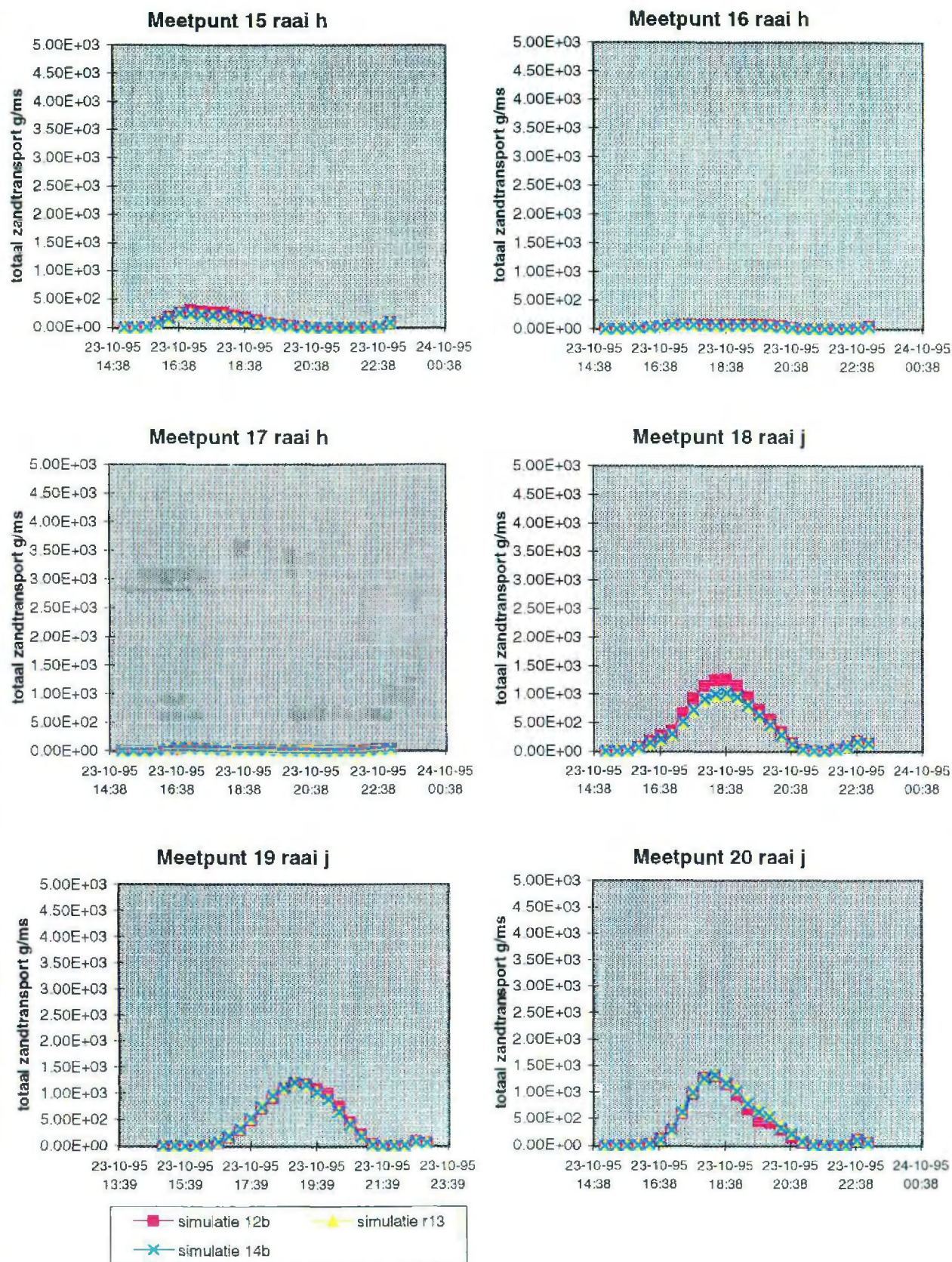
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.4d



grootte zandtransport berekeningen van simulaties
 RI2, RI3 en RI4, raaien H en J
 Delft2D-MOR Morfodynamische runs

Westerschelde

17/1198

Z2489

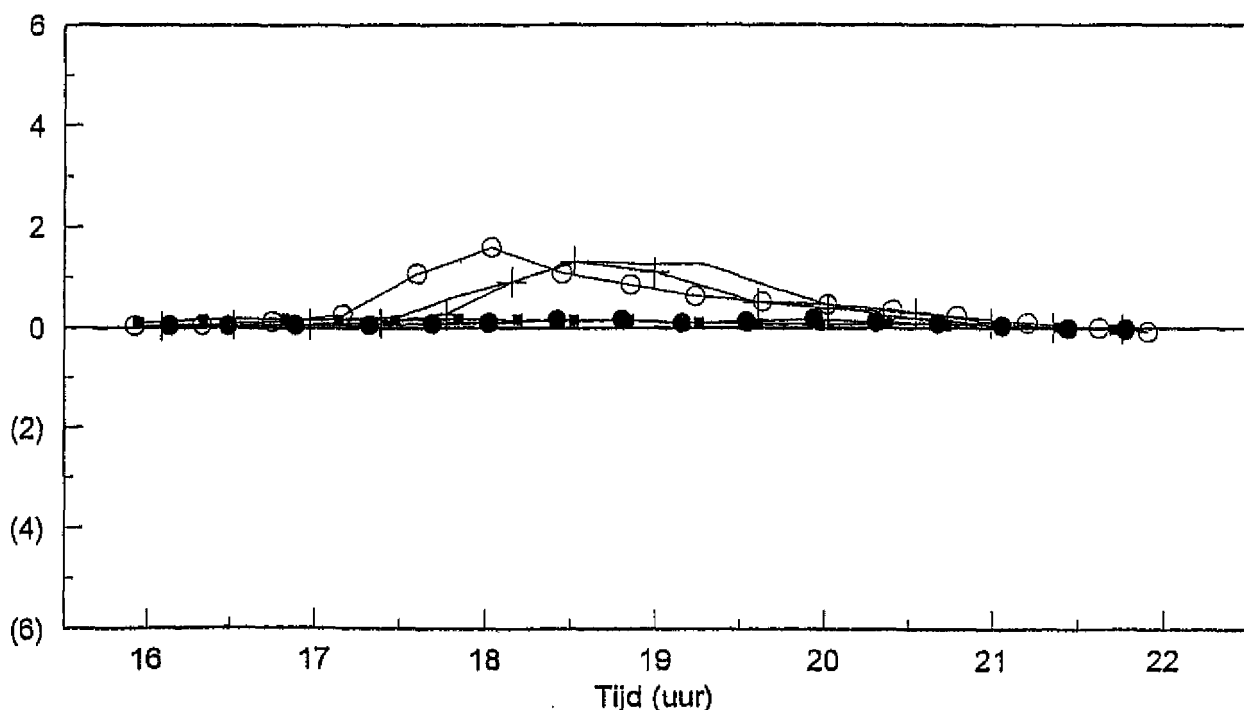
DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.5a

Raai H en J Diepte geïntegreerd zandtransport (T)

AZTM 231095 GC = 1.07

T (kg/m.s)



AZTM zandtransport metingen
uit rapport van F. Tank (1997)

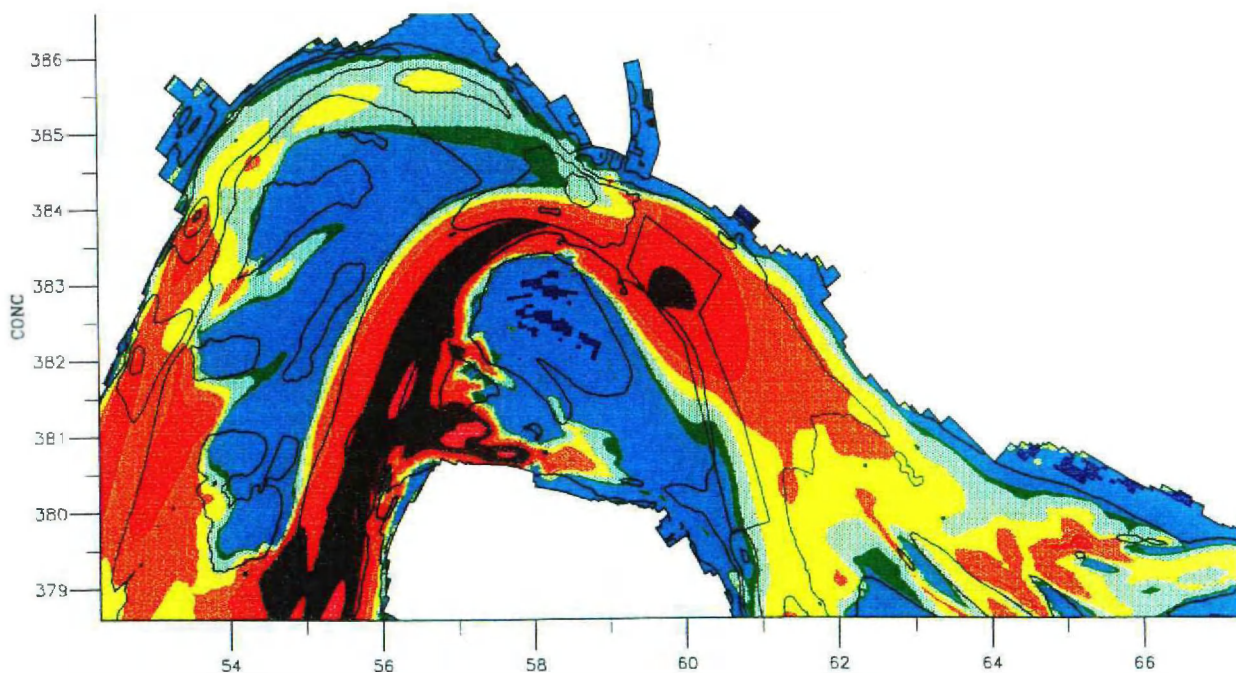
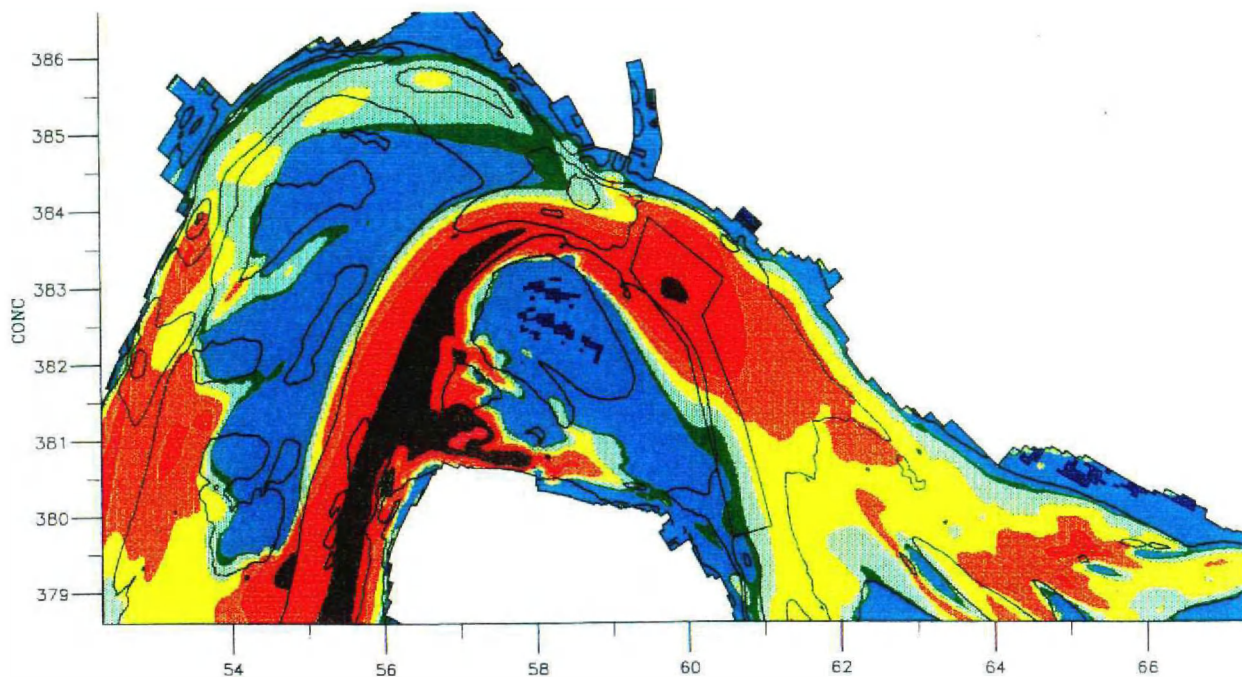
Westerschelde

17/1198

Z2489

DELFT HYDRAULICS

Fig. 6.5b



vol. concentratie suspensief materiaal R13
 Maximale vloedstroming op 23/10/95 13:00 (boven) en
 op 25/10/95 14:00 (onder). Incl. isolijnen diepte.

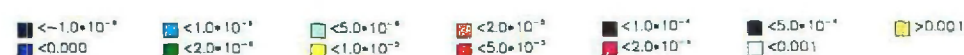
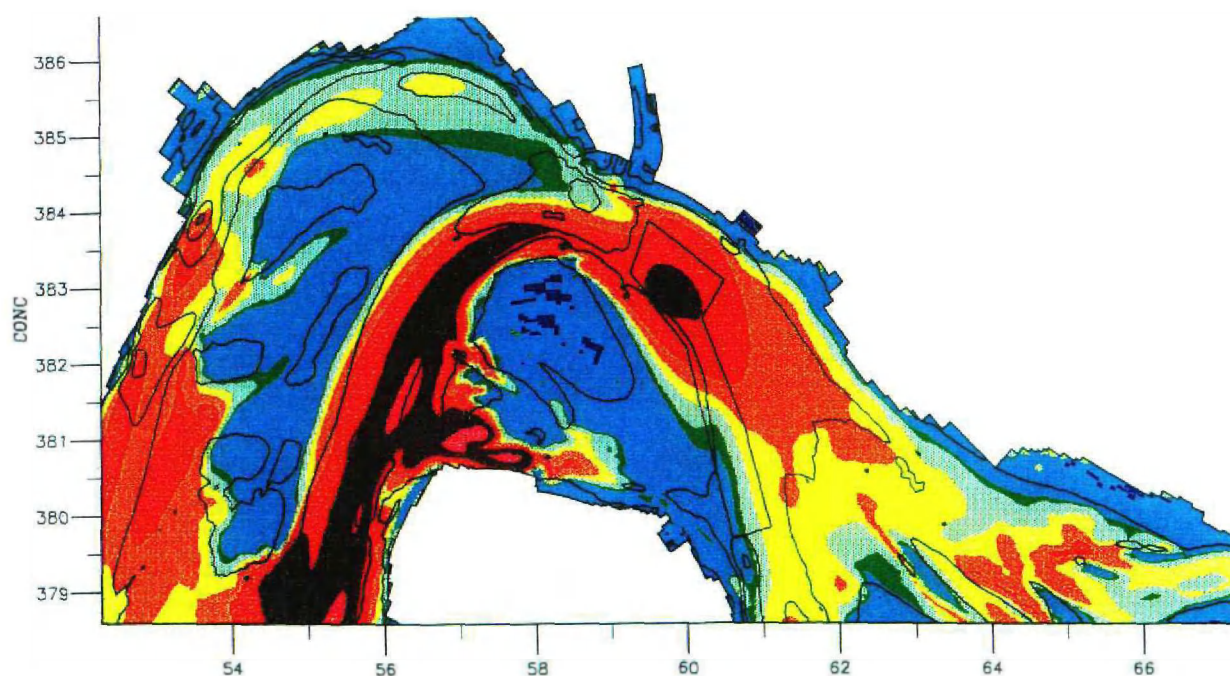
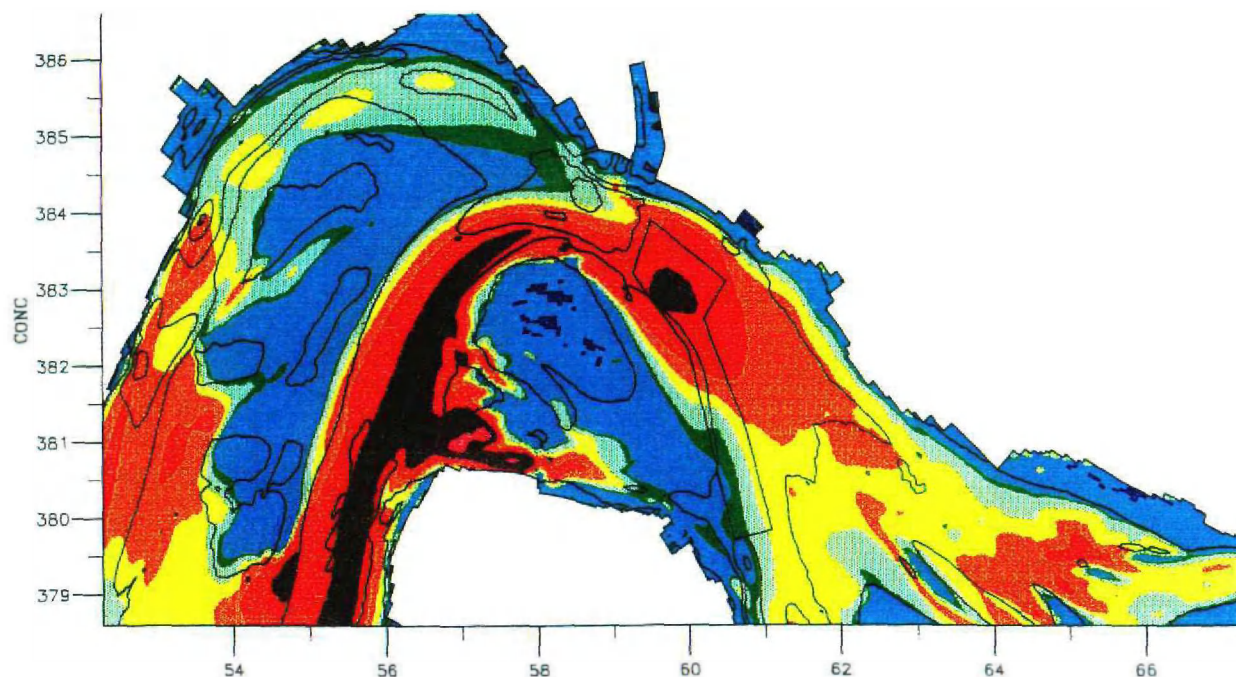
4/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.6a



vol. concentratie suspensief materiaal 14b
 Maximale vloedstroming op 23/10/95 13:00 (boven) en
 op 25/10/95 14:00 (onder). Incl. isolijnen diepte.

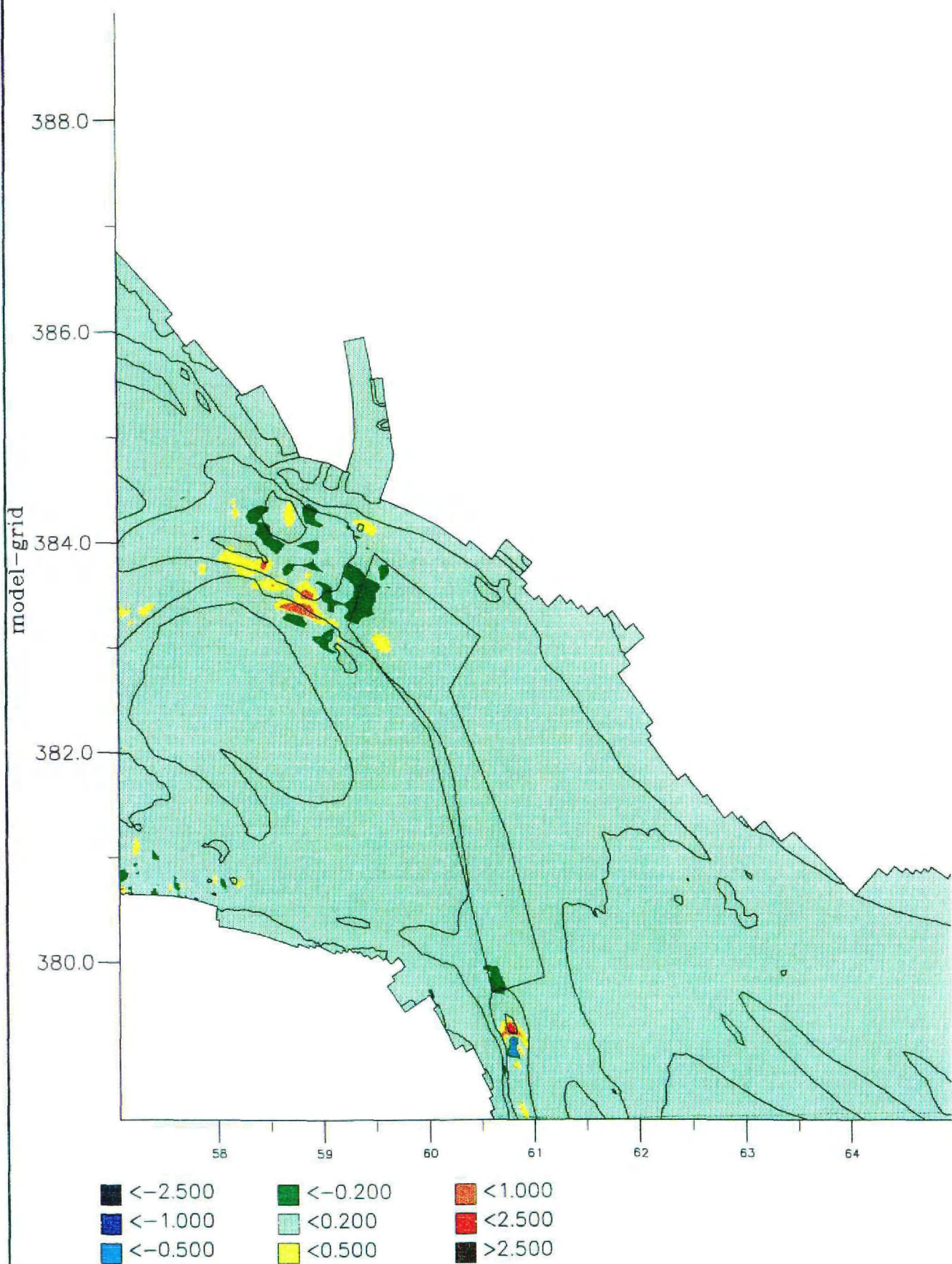
4/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.6b



sedimentatie (+) van 29 sep – 5 oktober 1995
 +baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 totaal transport optie, run r12

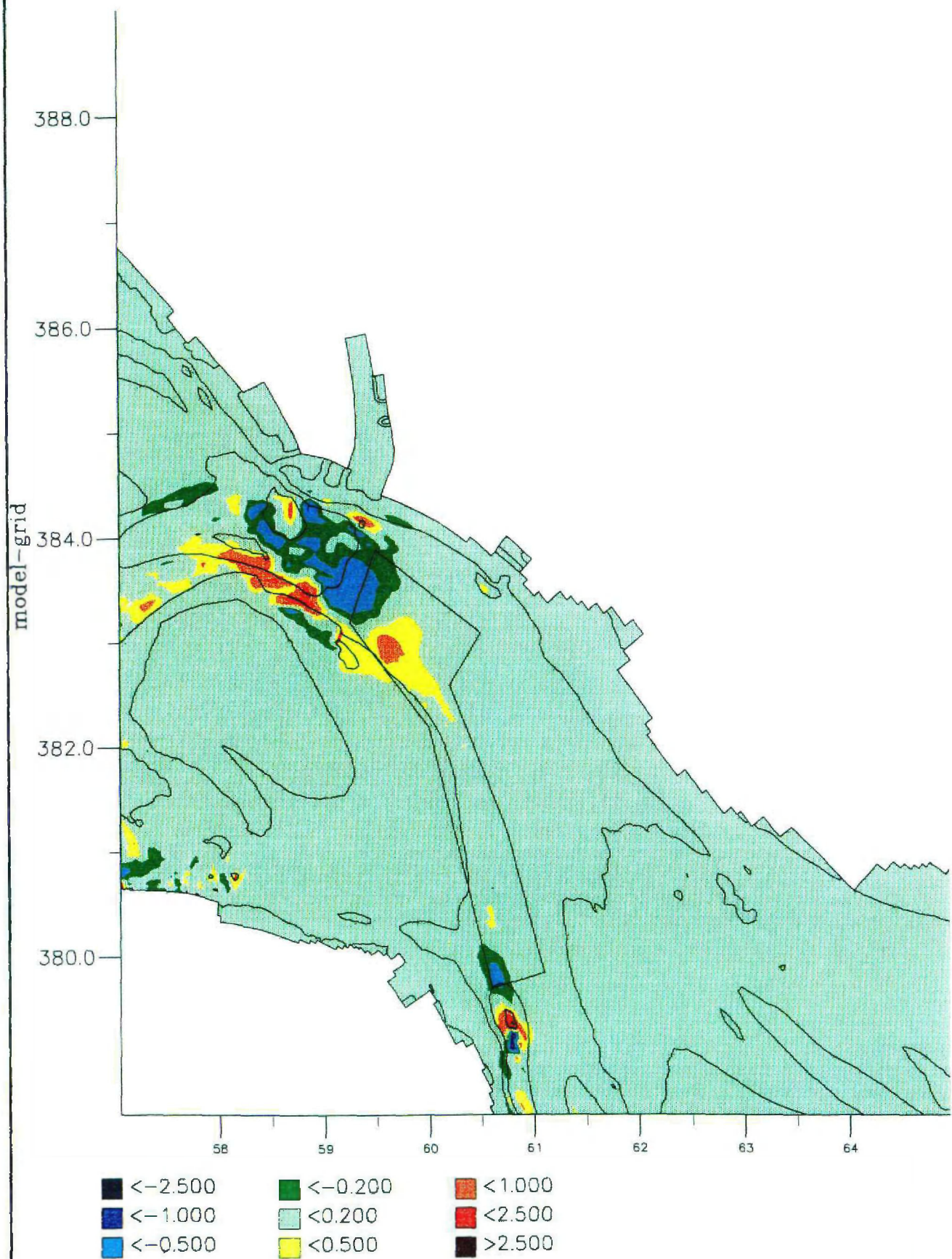
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.7a



sedimentatie (+) van 5 – 12 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 totaal transport optie, run r12

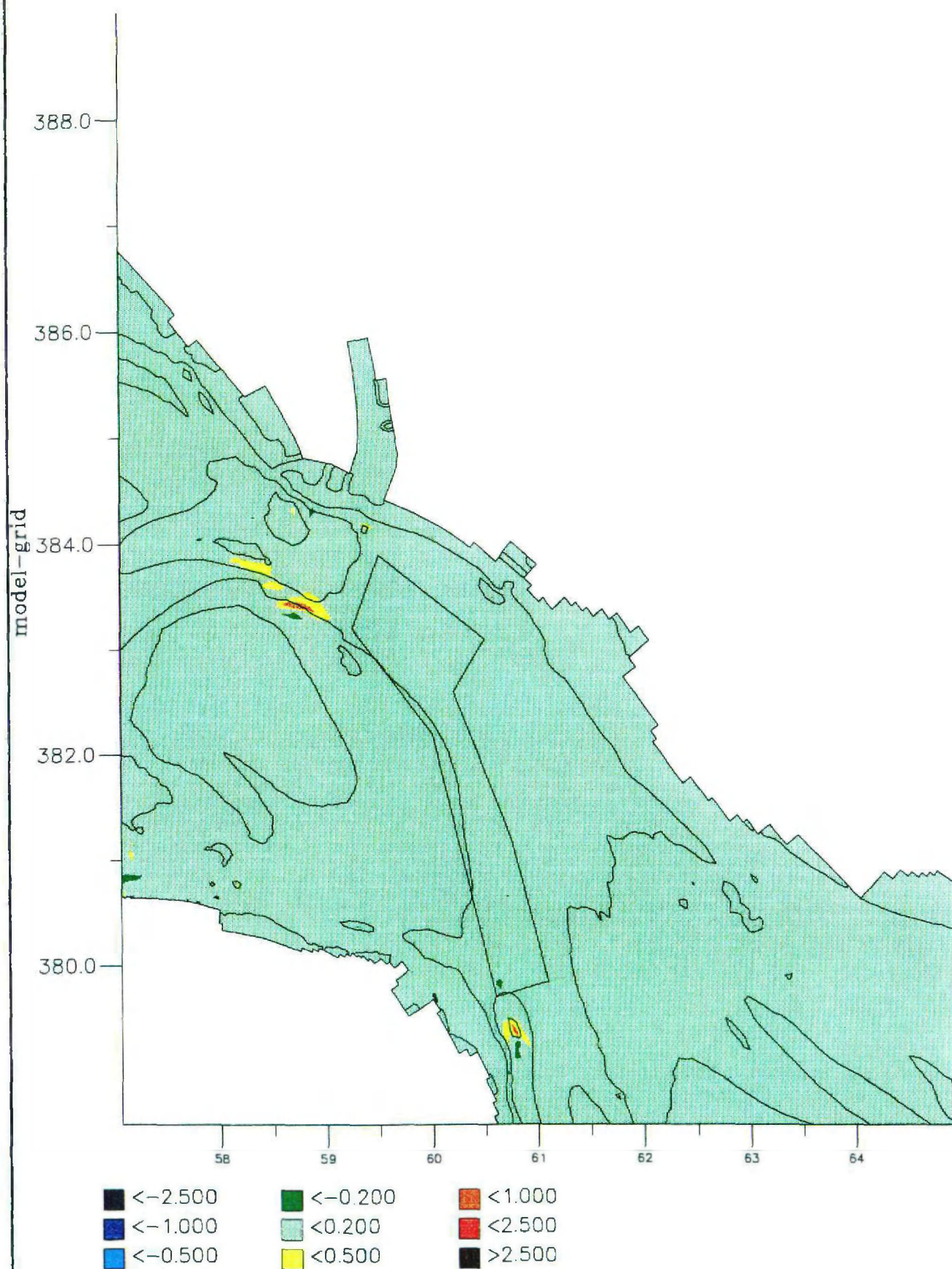
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.7b



sedimentatie (+) van 12 ~ 19 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 totaal transport optie, run r12

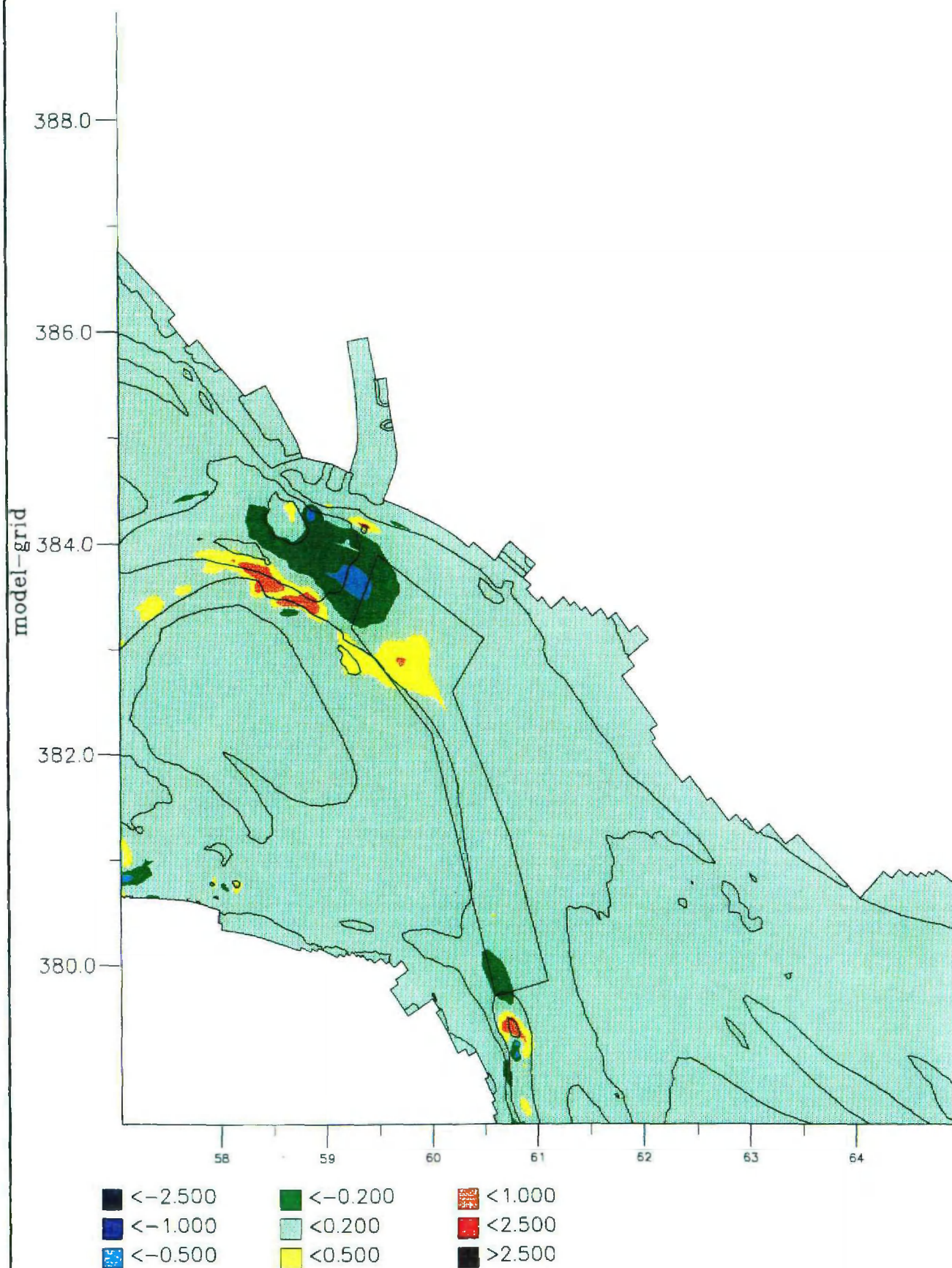
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.7c



sedimentatie (+) van 19 – 26 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 totaal transport optie, run r12

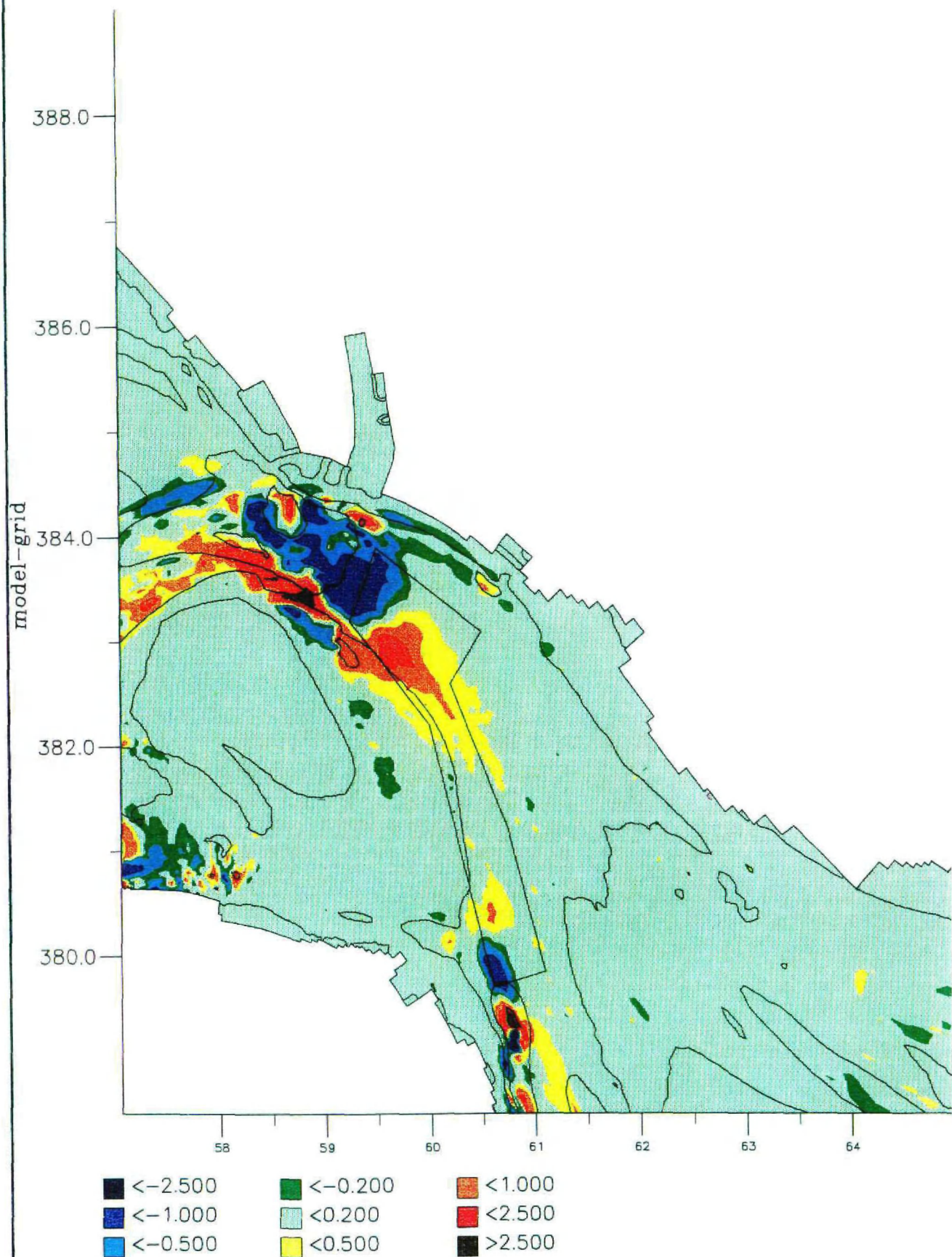
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.7d



sedimentatie (+) van 29/9/95 – 26/10/95
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 totaal transport optie, run r12

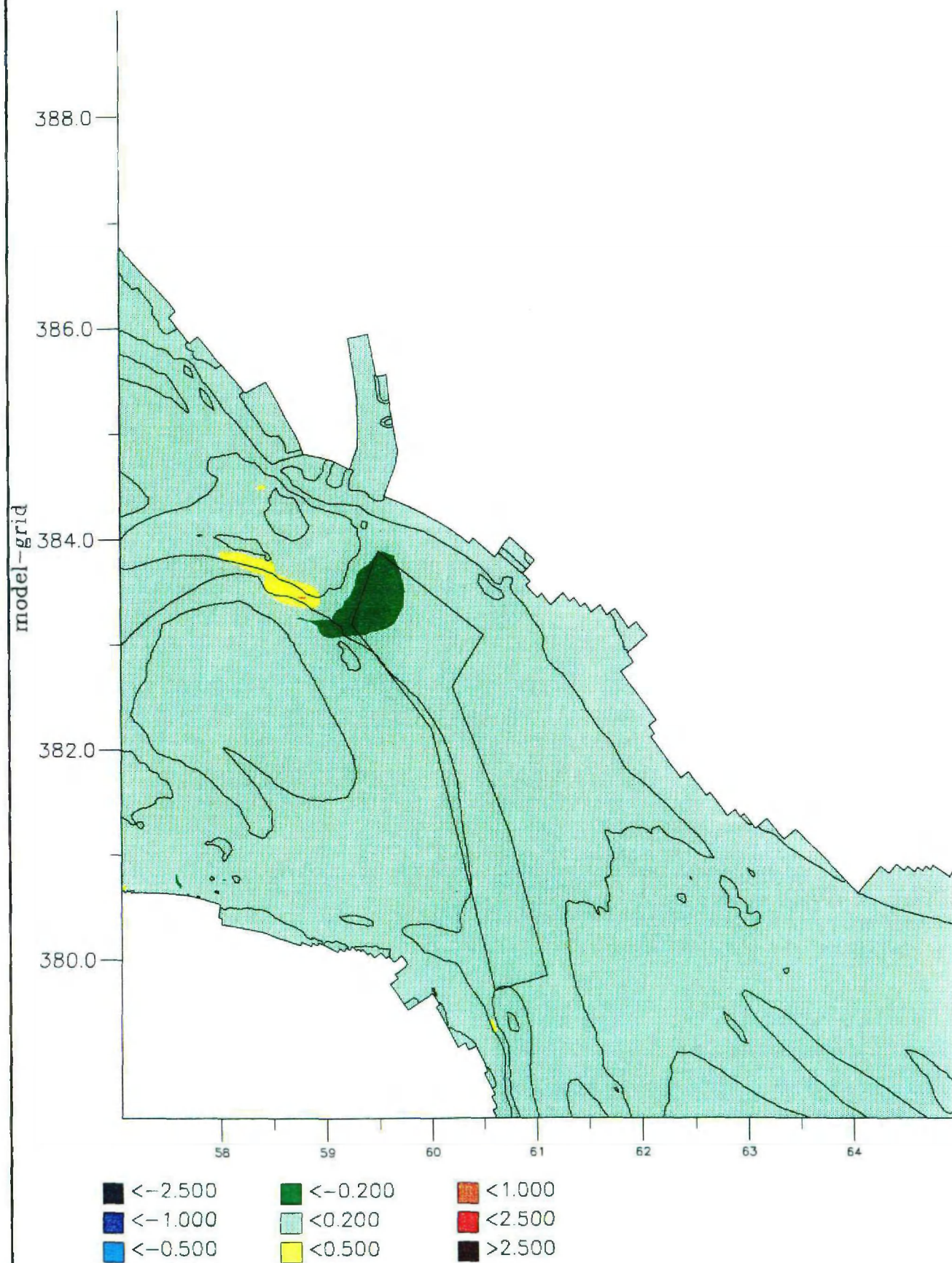
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.7e



sedimentatie (+) van 29 sep – 5 oktober 1995
 +baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r13

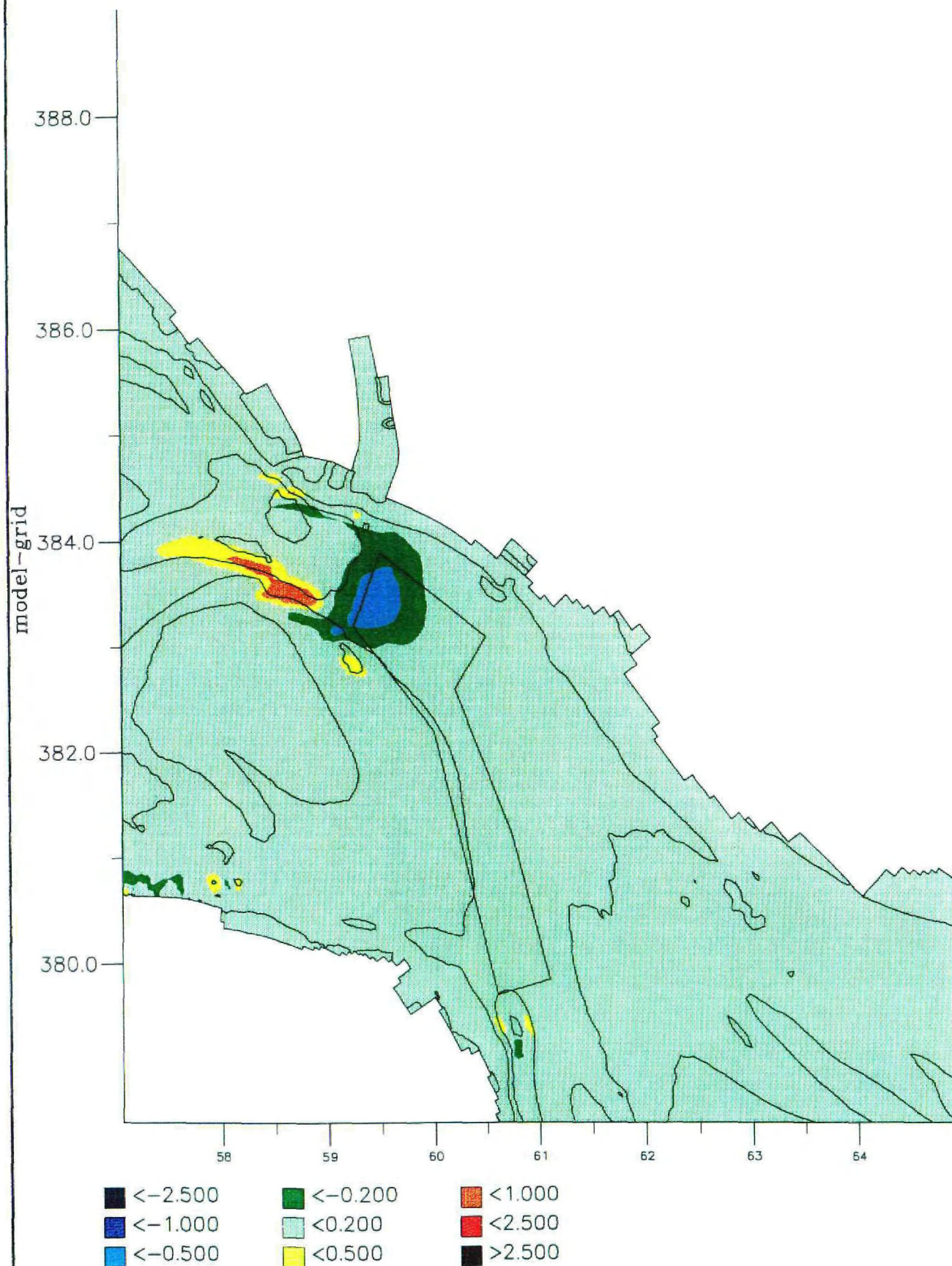
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.8a



sedimentatie (+) van 5 – 12 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r13

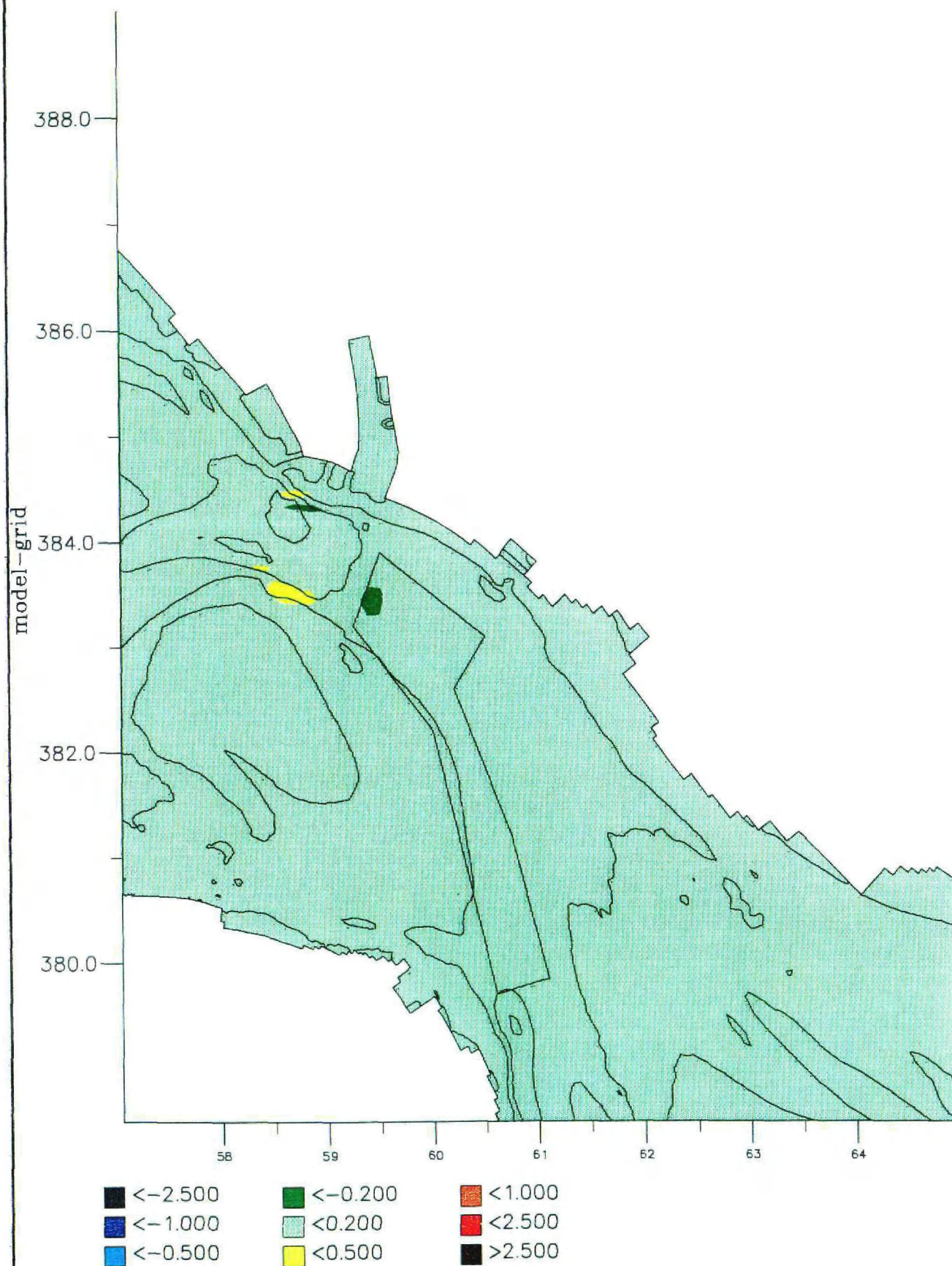
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.8b



sedimentatie (+) van 12 – 19 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r13

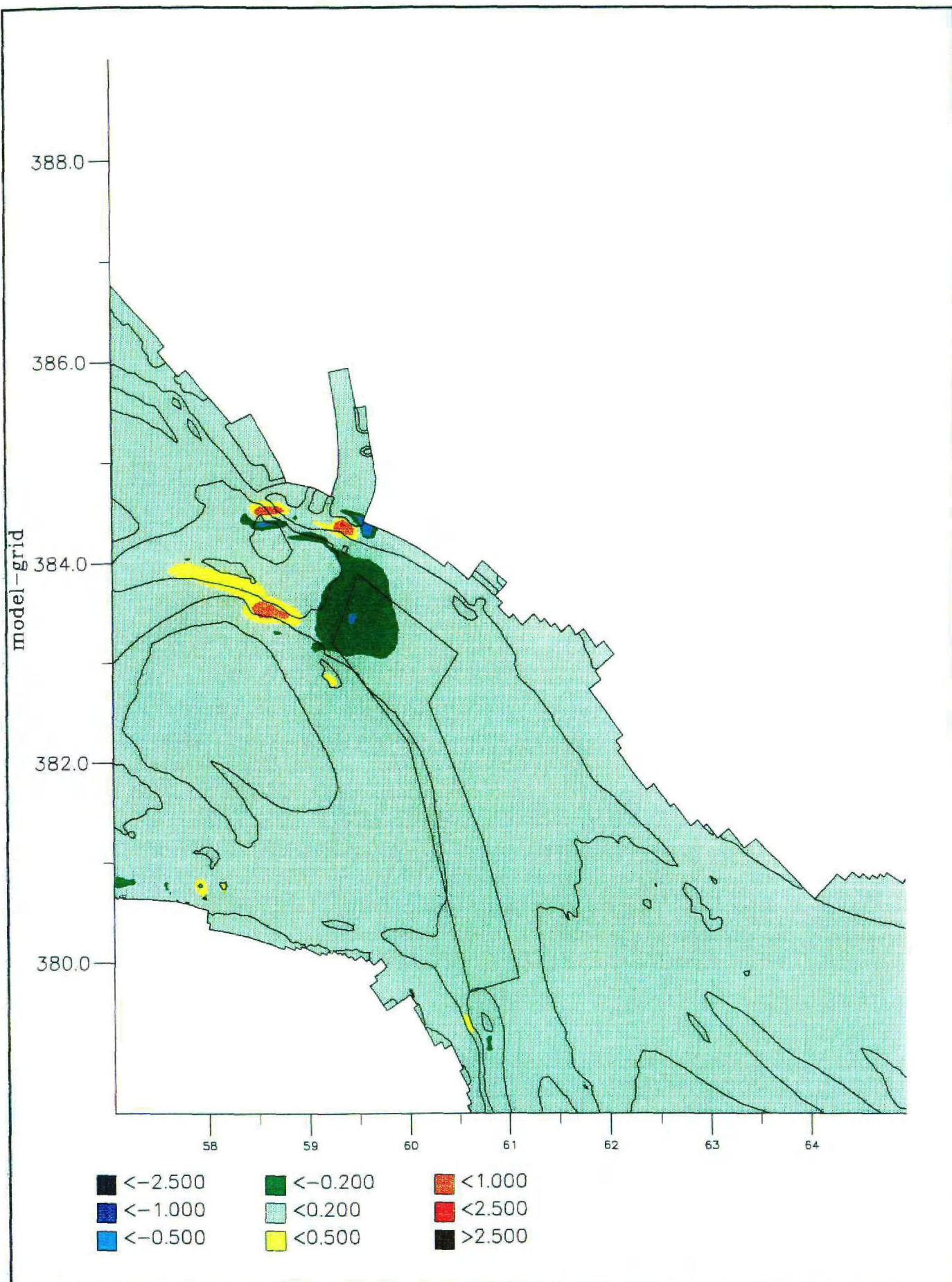
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.8c



sedimentatie (+) van 19 – 26 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r13

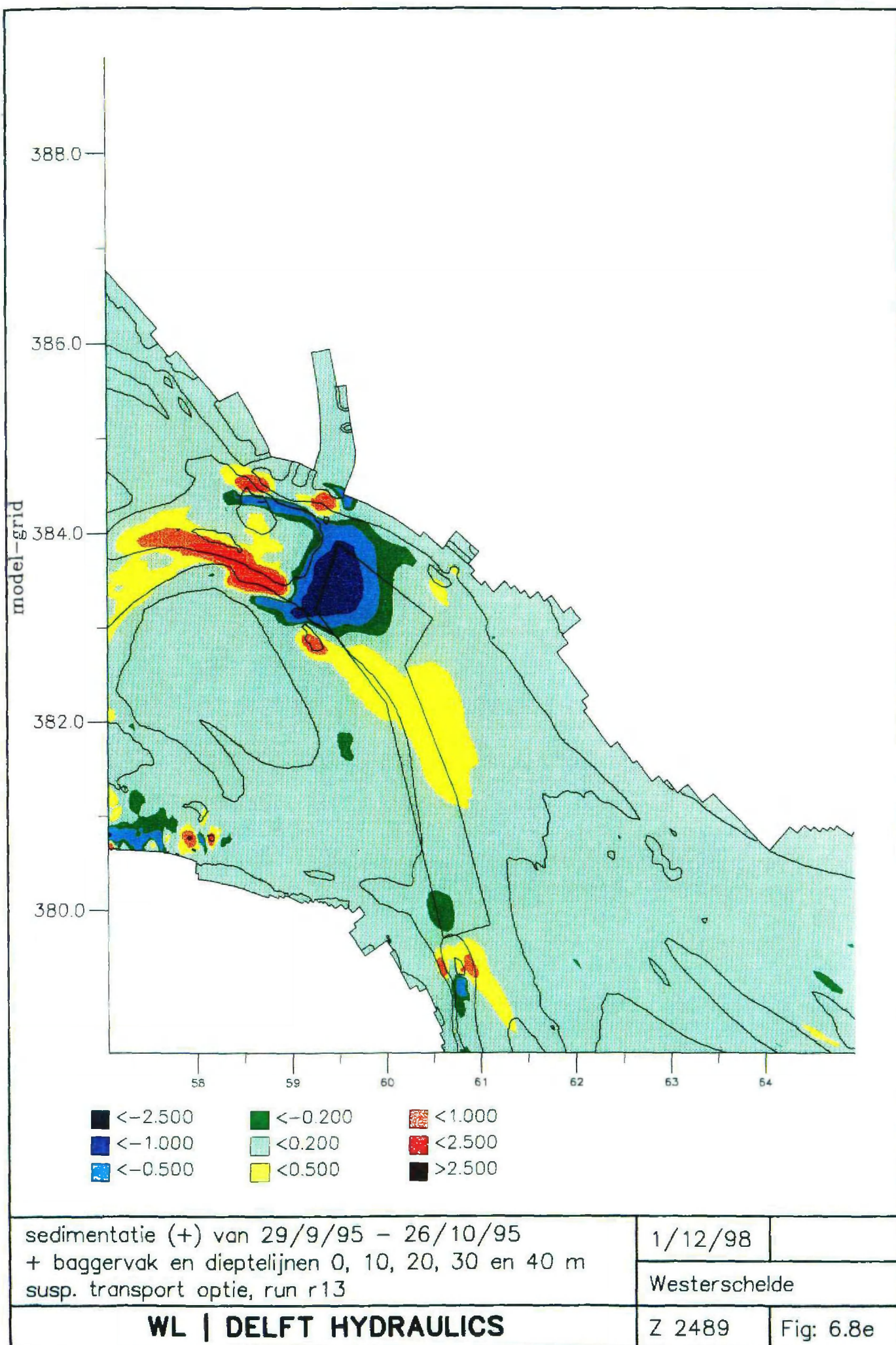
1/12/98

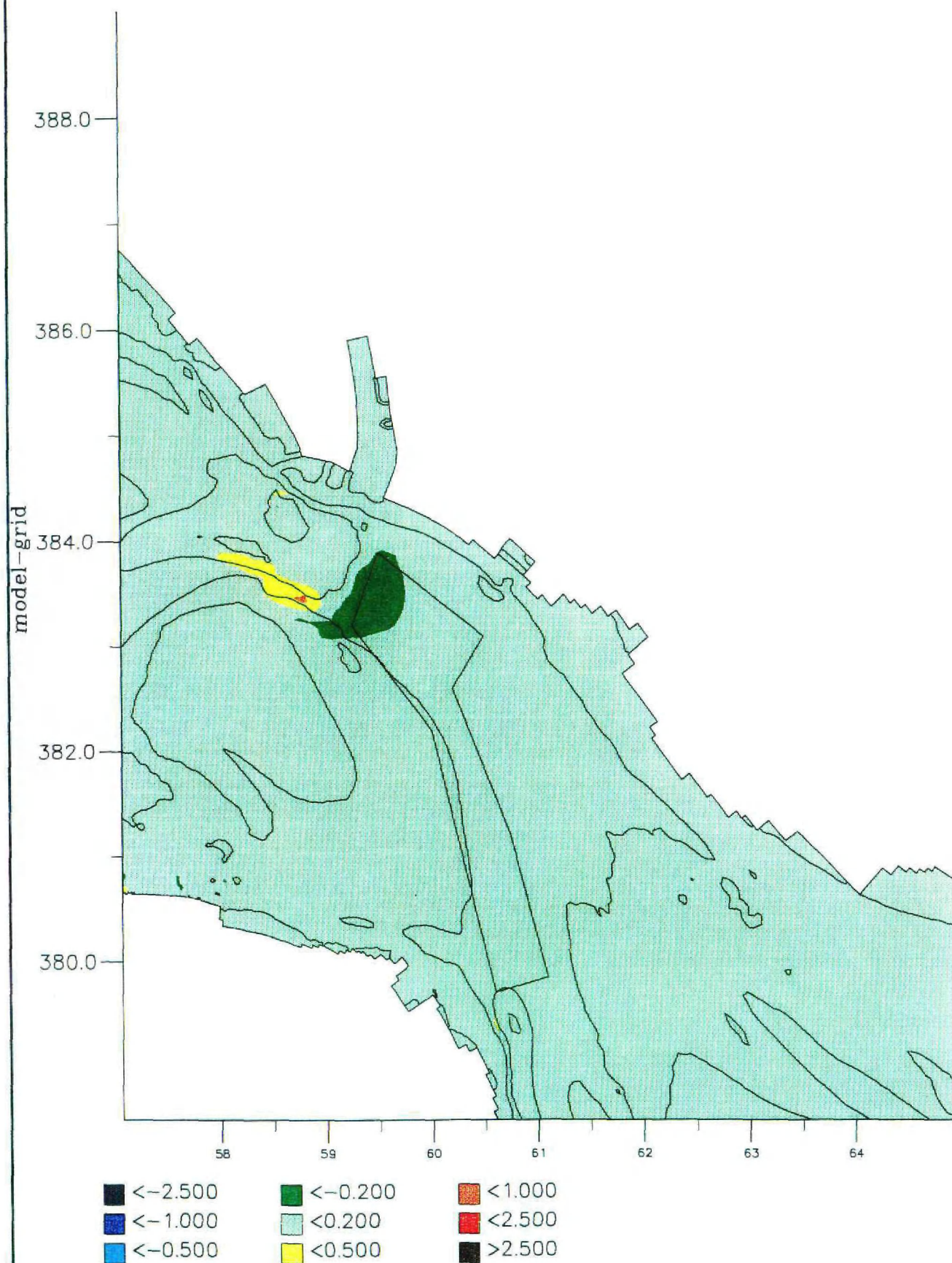
Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.8d





sedimentatie (+) van 29 sep – 5 oktober 1995
 +baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r14

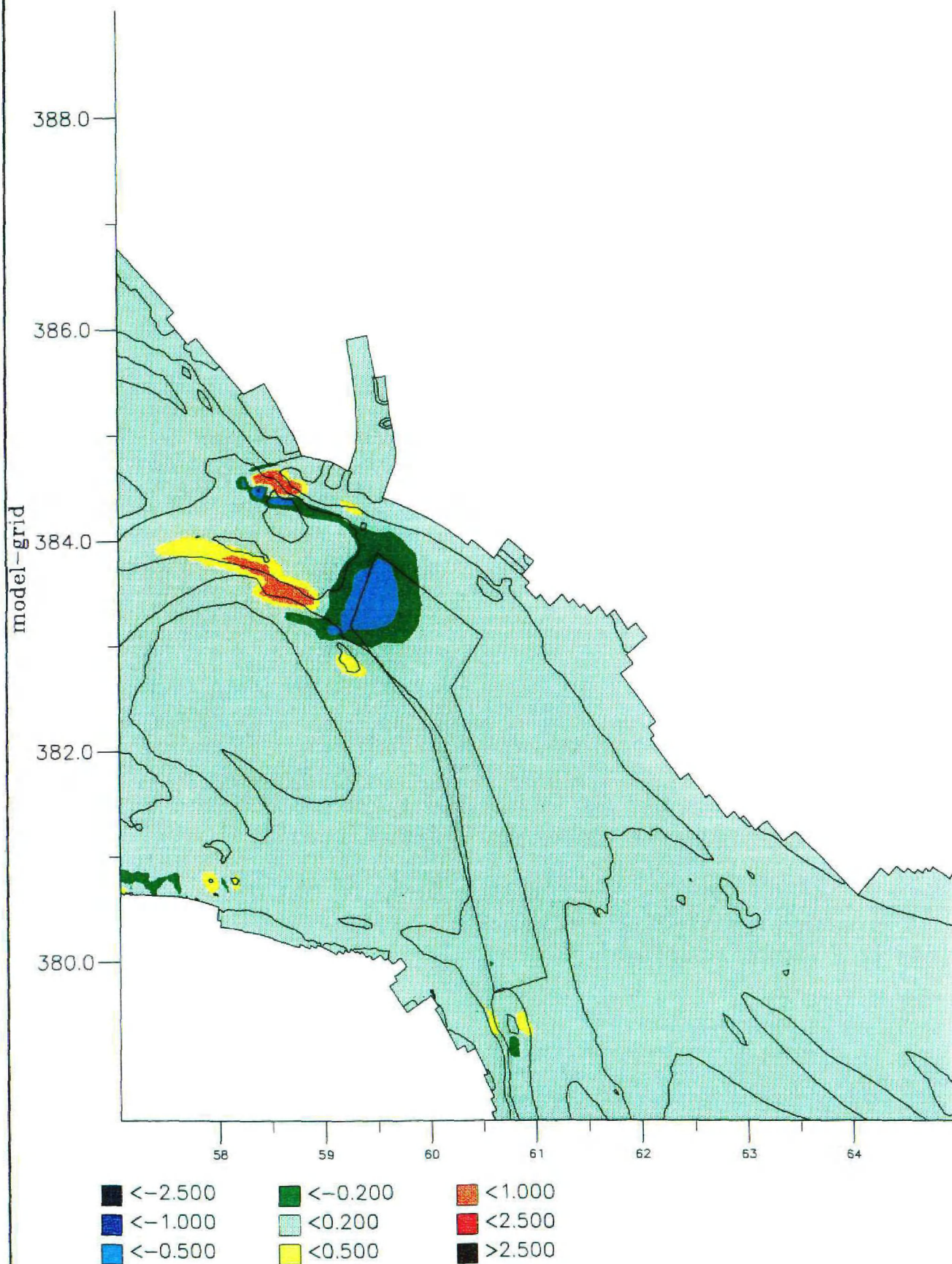
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.9a



sedimentatie (+) van 5 – 12 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r14

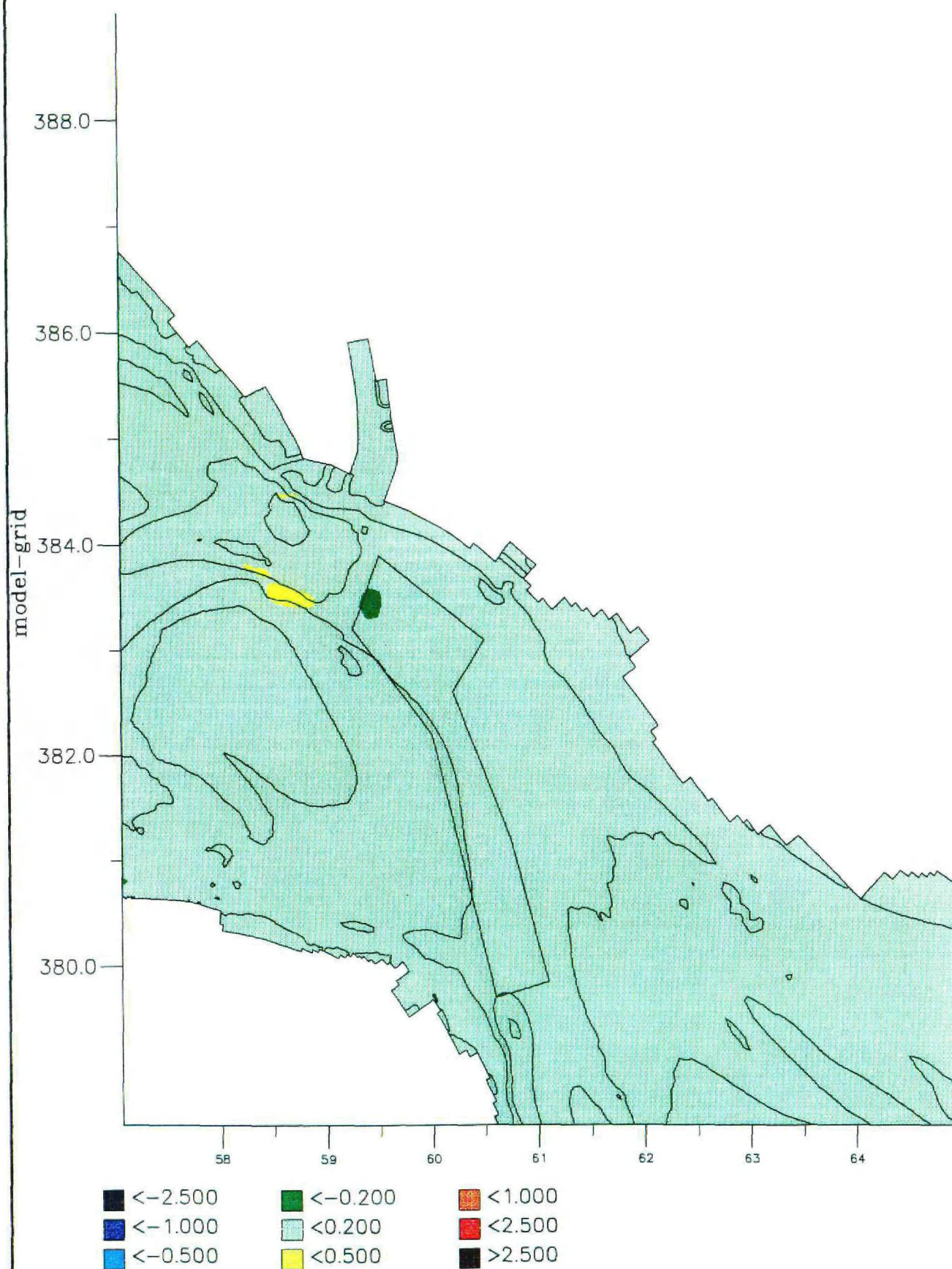
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.9b



sedimentatie (+) van 12 – 19 oktober 1995
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r14

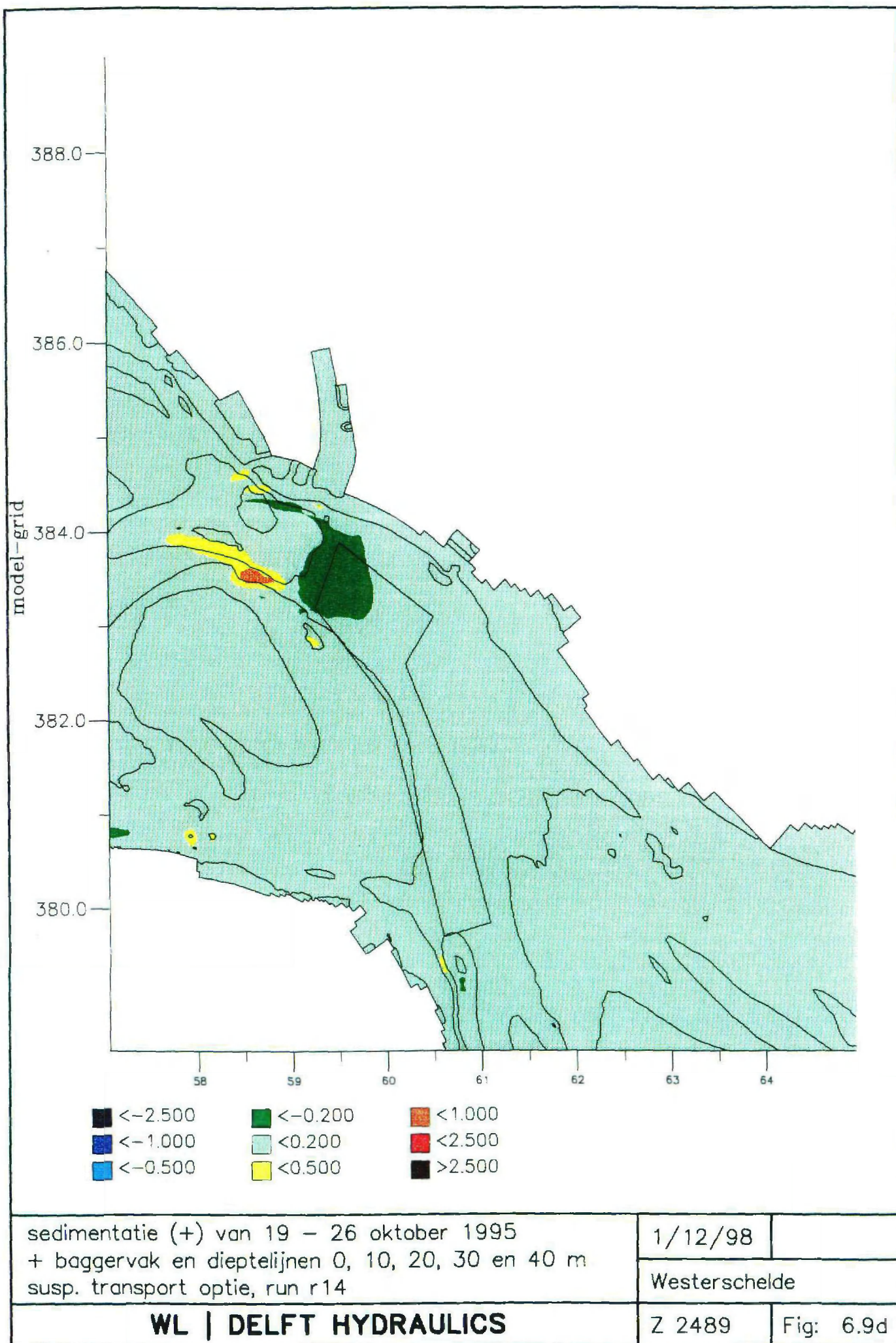
1/12/98

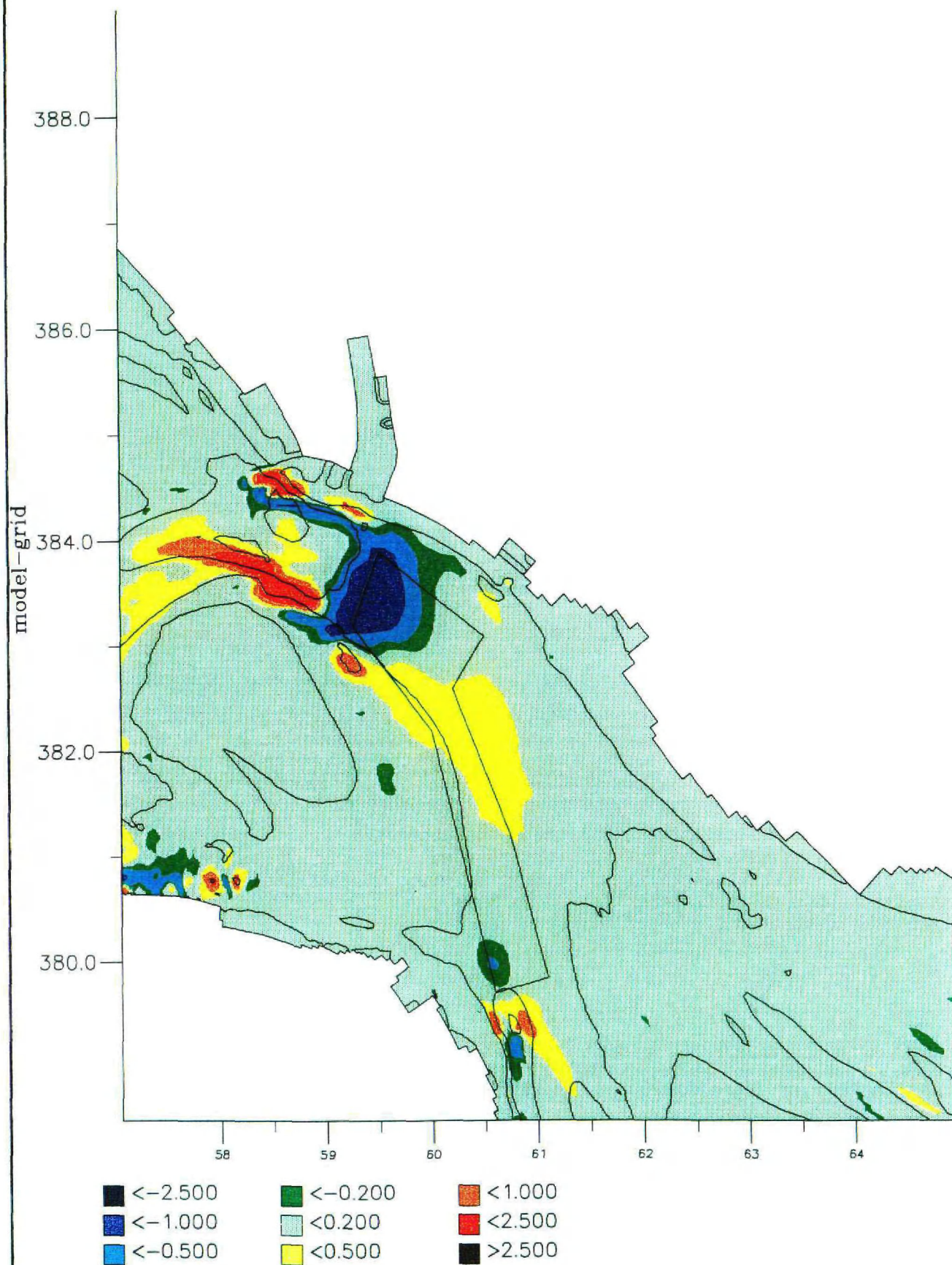
Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.9c





sedimentatie (+) van 29/9/95 – 26/10/95
 + baggervak en dieptelijnen 0, 10, 20, 30 en 40 m
 susp. transport optie, run r14

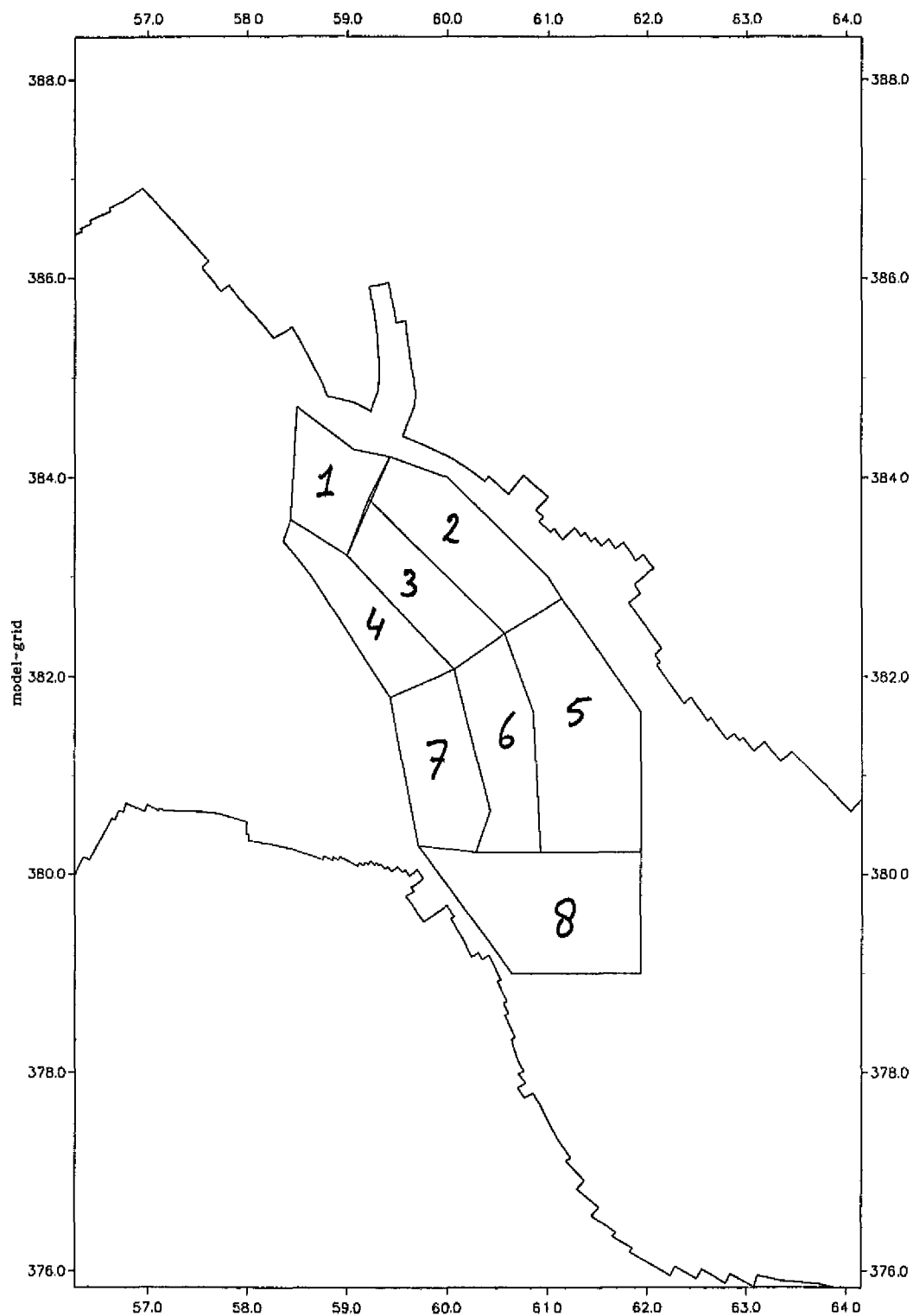
1/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig: 6.9e



Vakindeling morfologische zandbalans
Drempel van Hansweert

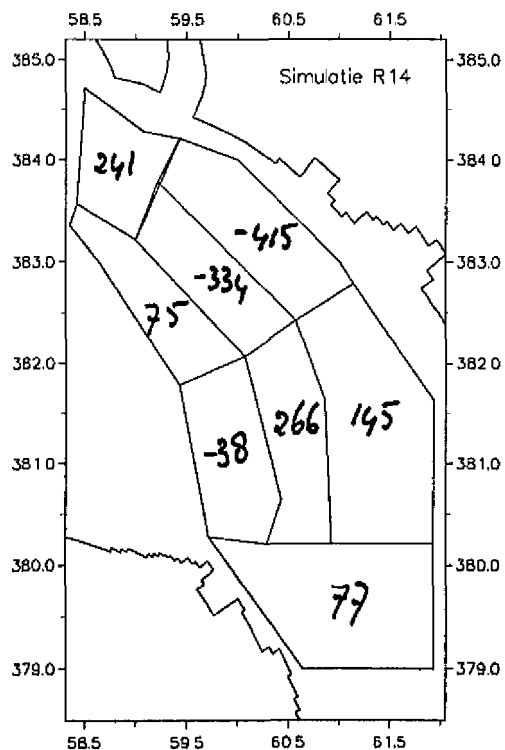
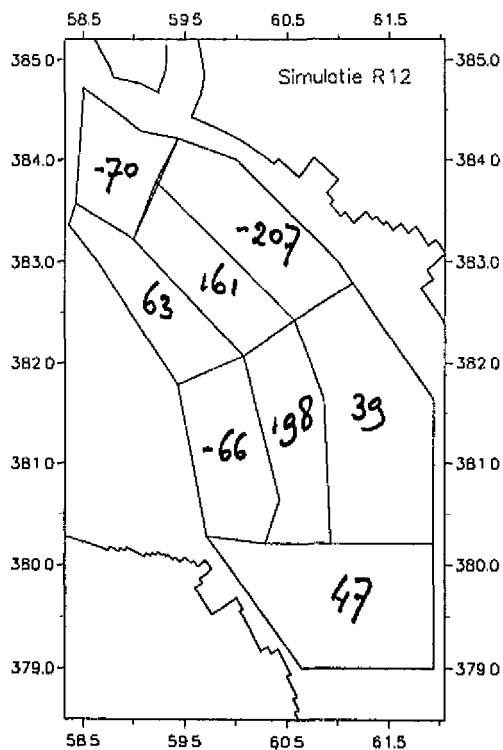
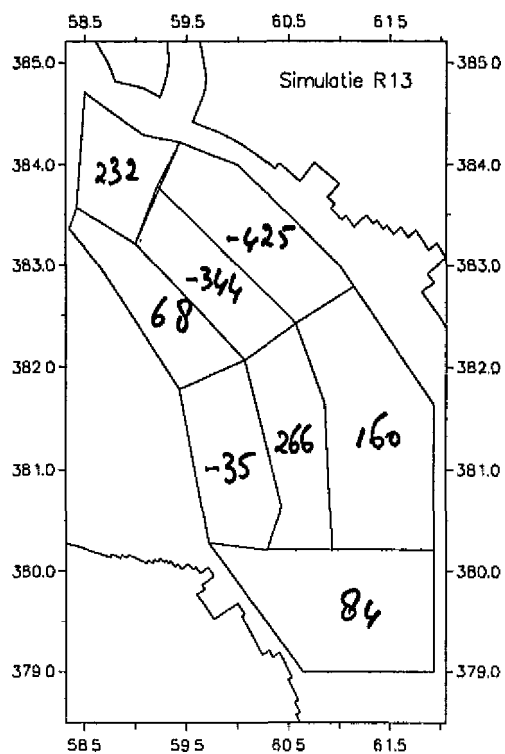
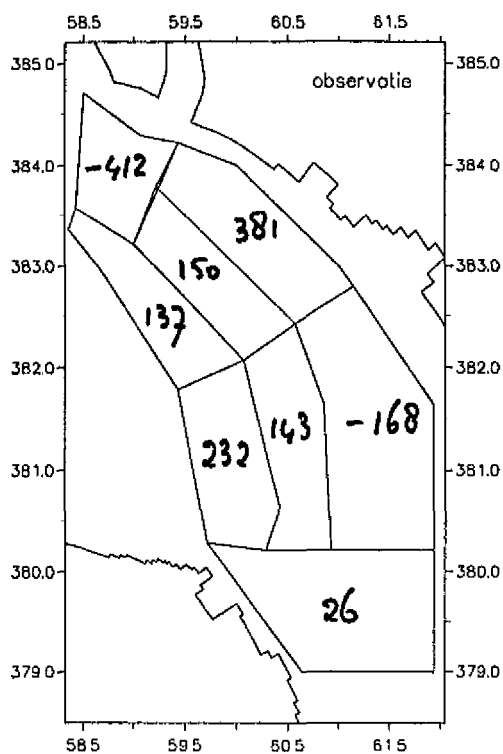
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.10a



Morfologische zandbalans * 1000 m³

Drempel van Hansweert

29/9 – 26/10 1995

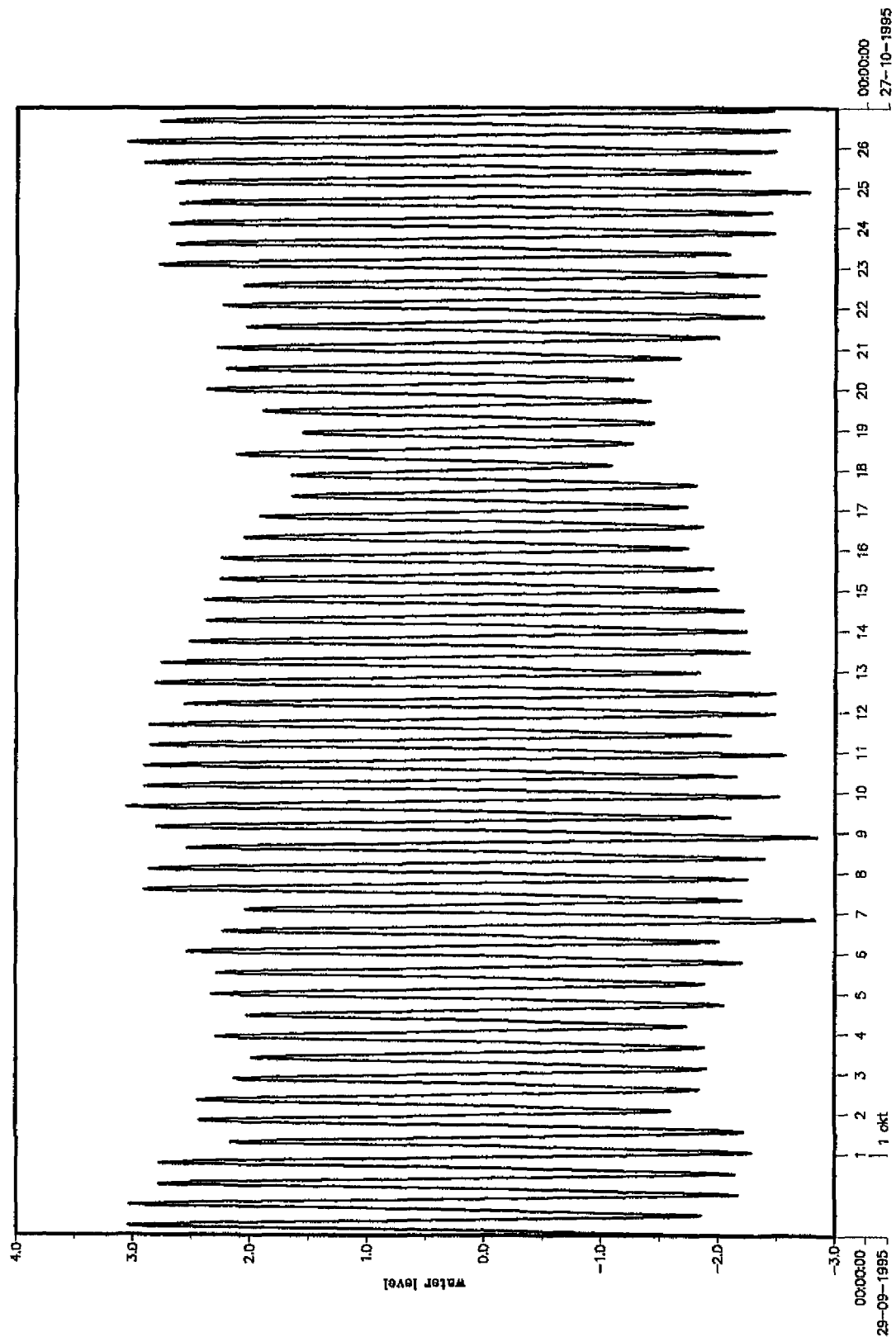
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.10b



Waterlevel simulated at Hansweert

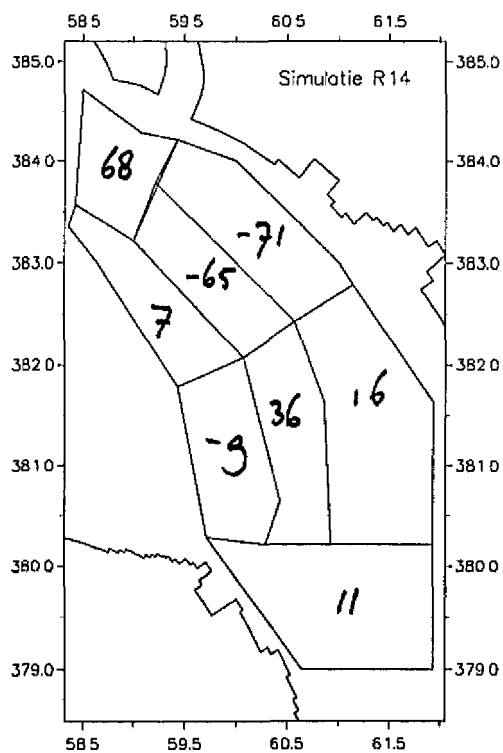
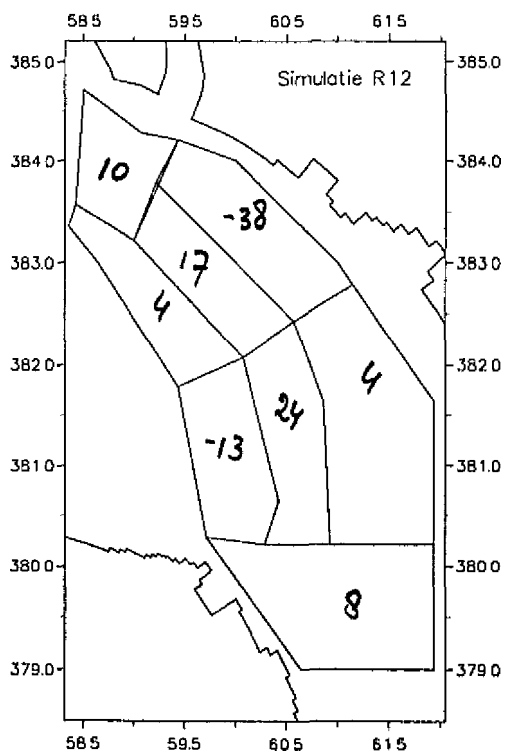
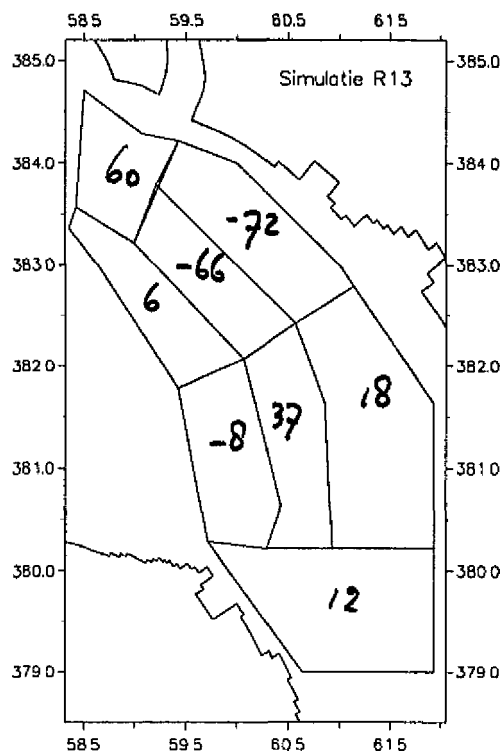
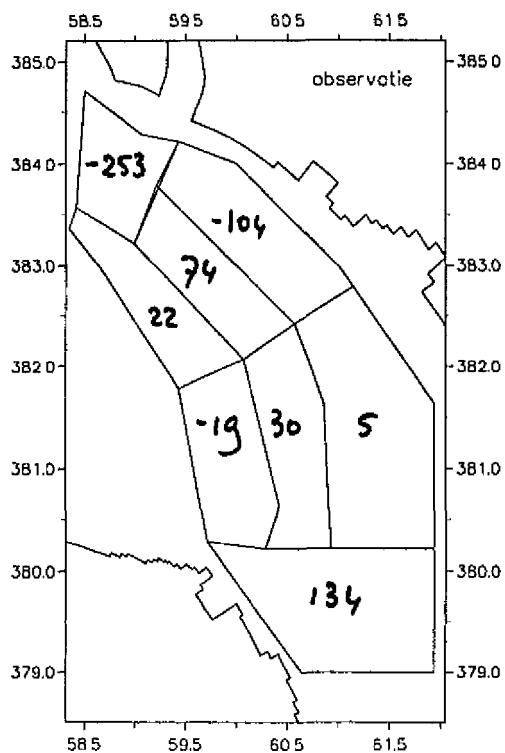
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.10c



Morfologische zandbalans * 1000 m³

Drempel van Hansweert

29/9 – 5/10 1995

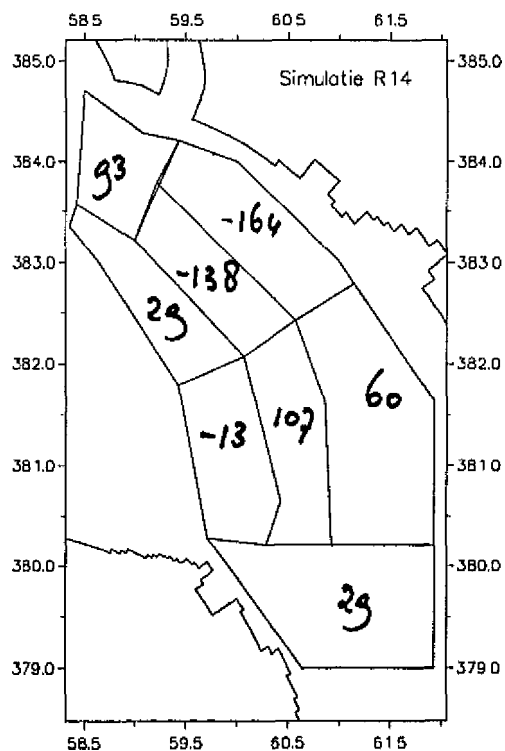
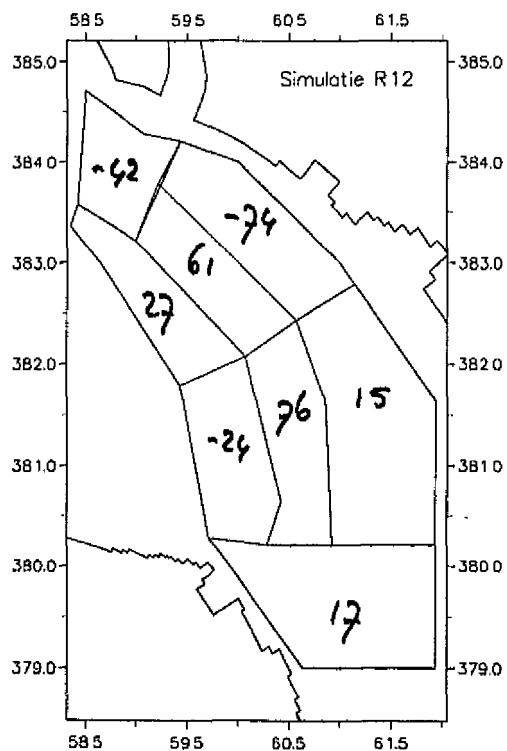
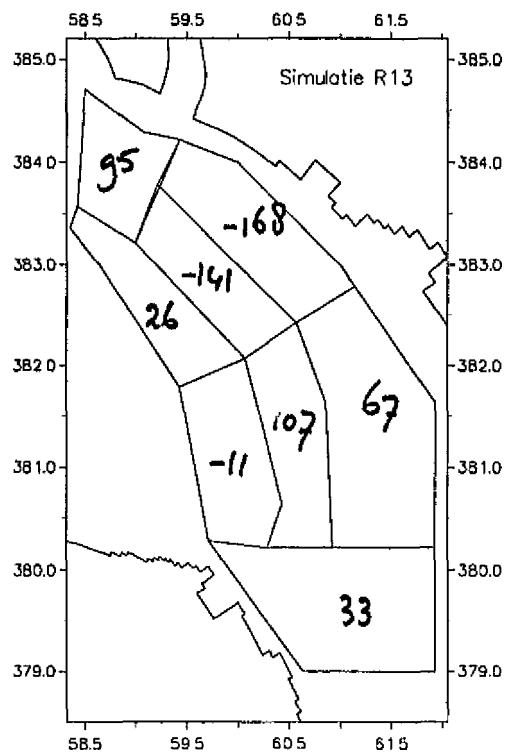
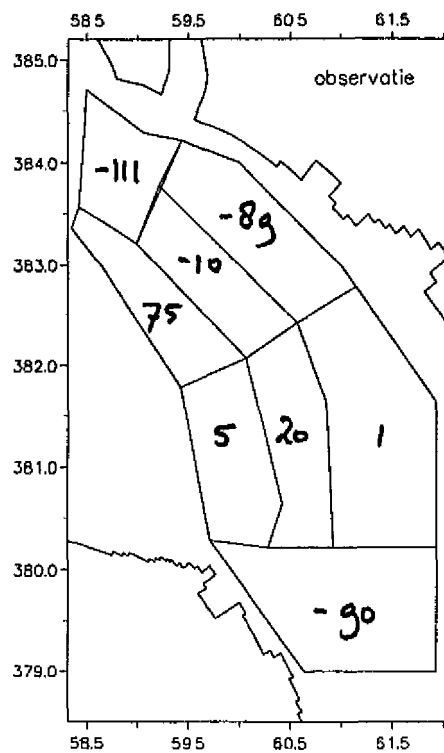
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.11a



Morfologische zandbanken * 1000 m³
 Drempel van Hansweert
 5/10 – 12/10 1995

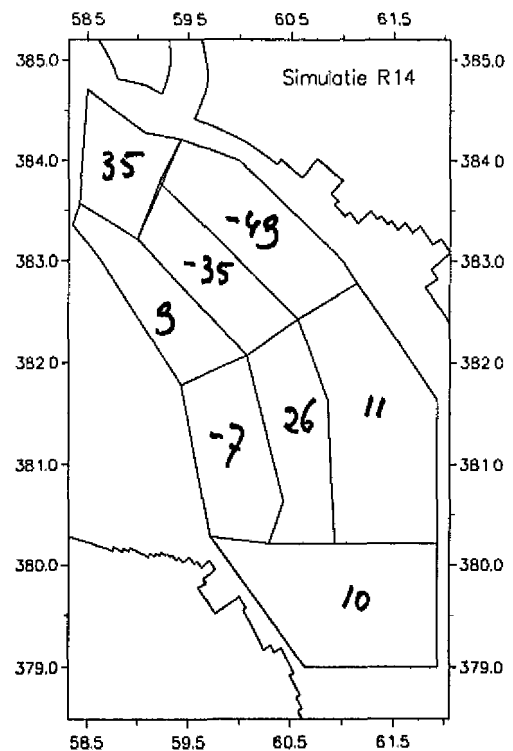
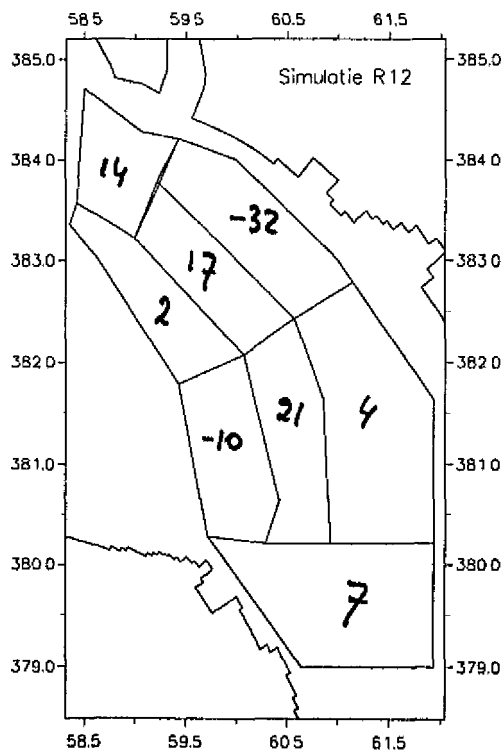
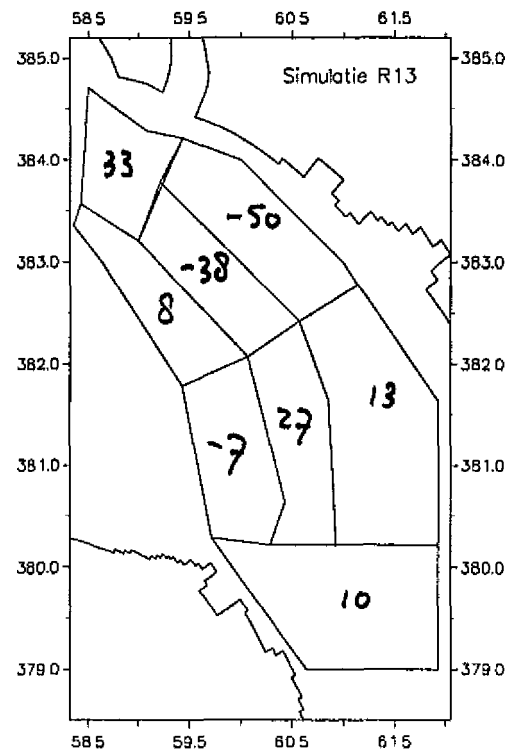
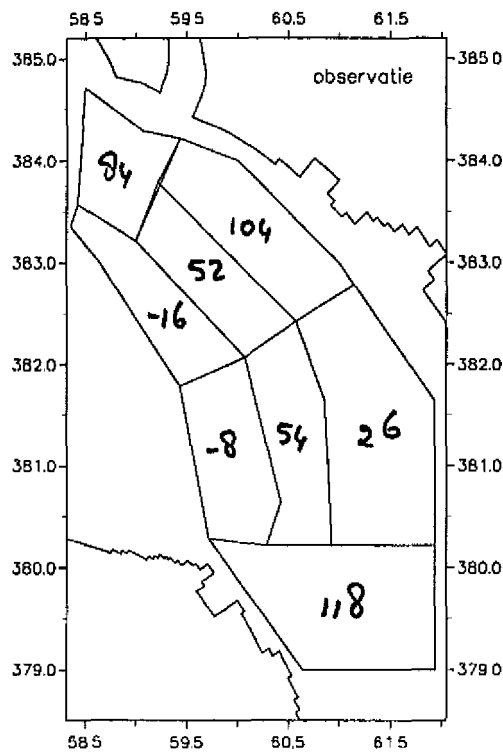
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.11b



Morfologische zandbalans * 1000 m³
 Drempel van Hansweert
 12/10 – 19/10 1995

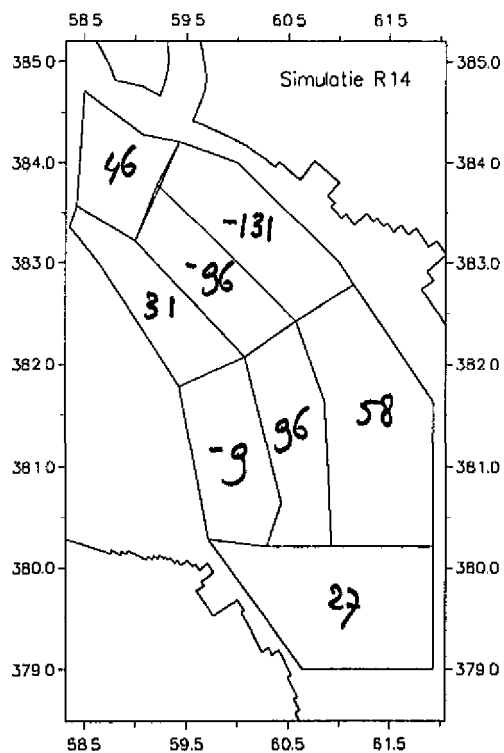
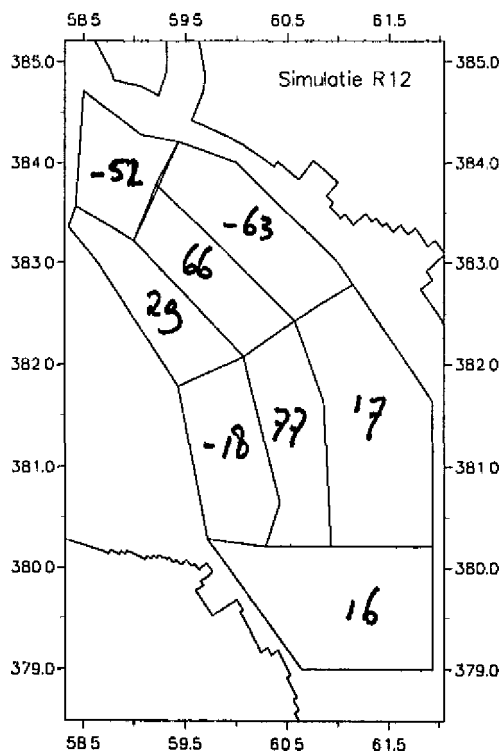
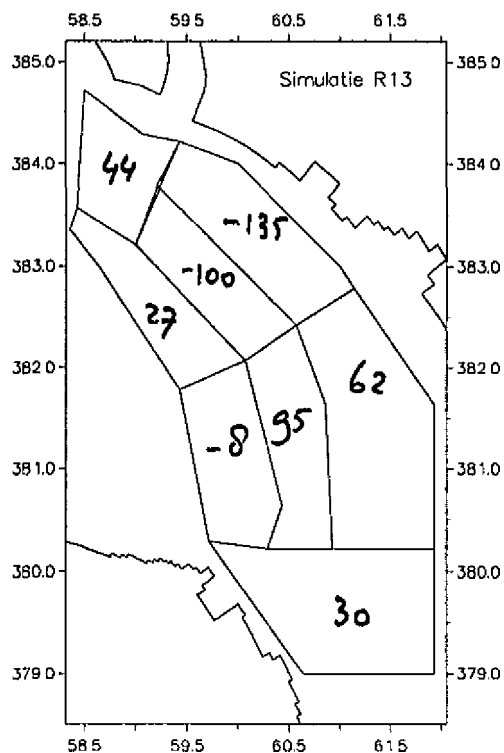
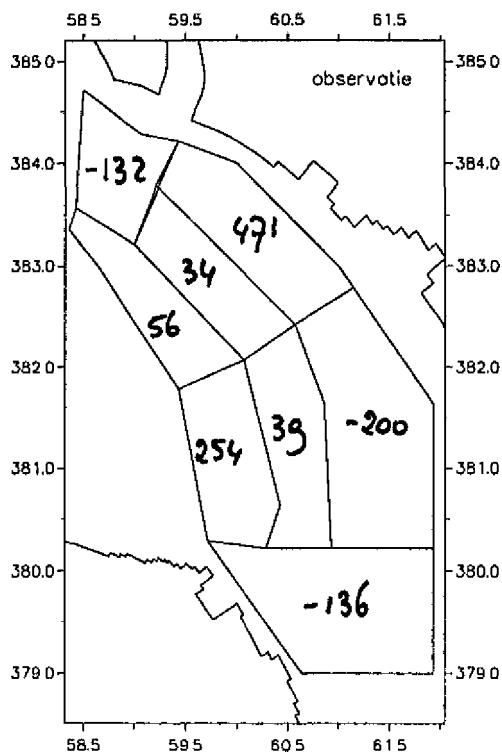
24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.11c



Morfologische zandbalans * 1000 m³
 Drempel van Hansweert
 19/10 – 26/10 1995

24/12/98

Westerschelde

WL | DELFT HYDRAULICS

Z 2489

Fig 6.11d

A Invoerbestanden R02 en R08

Besturingsmodule R02

```

* General data
*
*   Case   Label Dummy1 Dummy2
*   'r02'  ' ' 'dum1' 'dum2'
*   Restart option: 0 = new run, 1 = restart
*   0
*   Reference date and time
*   yyyymmdd   hhmmss
*   19960415   000000
*   Starting time, time unit
*   0         30.000000
*   Backup option (always 0)
*   0
*   Number of modules called
*   3
*   Module      Version   Input file
*   2           1         'md-flow.r02'
*   3           1         'md-tran.r02'
*   4           1         'md-bott.r02'
*   Cycle length of data on communication file
*   40000
*
* Specification of process tree
*
*   Number of branches   Number of subprocesses
*   5                     3
*   Child-parent relations
*   Child node Parent node
*   1           5
*   2           4
*   3           4
*   4           5
*   5           6
*
***** Specification of controls *****
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
1           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
1           0           4           3
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
2           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
1           0           4           3
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
3           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           4           1           4
* node and subprocess from which time step is taken
3           4
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
4           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           5           3           0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
5           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
3           4           3           0
* Definition of elementary subprocesses (end nodes)
**** End node no.1 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
1           0           1           0           0
*   Time intervals
*   Module      Start time End time
2           4480   9000
**** End node no.2 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
2           0           0           1           0

```



```

*   Time intervals
*   Module      Start time   End time
3           7520           9000
**** End node no.3   Wave   Flow   Tran   Bott   (0 = off, 1 = on)
3           0           0           0           1
*   Time intervals
*   Module      Start time   End time
4           0           59200
*   End of input

```

Invoerbestand FLOW R02

IDENT			Ident = #DELFT3D.UI	.02.48.960904#
RUNID			Runid = #r02#	
PROCESS	MAIN		Sub1 = #	#
			Sub2 = #	#
	NAMCONS		Namc1 = #	#
			Namc2 = #	#
			Namc3 = #	#
			Namc4 = #	#
			Namc5 = #	#
DOMAIN	GRID	DIMENSI	MNKmax=	236 265 1
		THICK	Thick =	100.000
		DISTANC CURVI	Filcco=	#triscal.grd #
			Fmtcco=	#FR#
		SPHERE	Sphere=	#N#
		UNIFORM	DxDy =	[.] [.]
		ORIENT	Anglat=	51.5000
			Grdang=	.0000
	COMGRDF		Filgrd=	#triscal.enc #
			Fmtgrd=	#FR#
	COMGRDI		MNgrd =	[] []
	SPECIAL DISCH		Namdis=	#
			Disint=	#Y#
			MNKdis=	[] [] []
		DRYF	Fildry=	#
			Fmtdry=	#FR#
		DRYI	MNdry =	[] [] [] []
		THNDAMF	Filttd =	#triscal.thd #
			Fmttd =	#FR#
		THNDAMI	MNtd =	[] [] [] [] #U#
		BARRIER	Nambar=	#
			MNbar =	[] [] # #
		WEIRLOS	MNwlos=	[] []
DEPTH		SPACEVA	Fildep=	#b969510d.dep#
			Fmtdep=	#FR#
		UNIFORM	Depuni=	[.]
	DEFBNDF		Filbnd=	#triscal.opn #
			Fmtbnd=	#FR#
	DEFBNDI		Nambnd=	#
			Typbnd=	# #
			Datbnd=	# #
			MNbnd =	[] [] [] []
			Alpha =	[.]
			ProfU =	#Uniform
			Label =	# #
INPPAR	ADDPROC	HEATMOD	Ktemp =	0
			Fclou =	[.]
			Sarea =	[.]
		TURBMOD	Tkemod=	#
		RGDWALL	Irov =	0
			Z0v =	[.]
		TIDFORCE	Tidfor=	# # #
			#	#
		USERDEF	Nprcus=	[]
			Prcusr=	#
			Nprinp=	[] [] [] []
	NUM-PAR		Eps =	[.]
			Iter =	2
			Dryflp=	#MAX #
			Dryflc=	.150000
	RUNTIME		Itdate=	#1996-04-15#
			Tunit =	#M#
			Dt =	.5000
			Tstart=	2240.0
			Tstop =	4500.0

INIR			Tzone =	.0000	
INIF			Restid=	#	#
			Filic =	#	#
INII	LEVEL		Fmtic =	#FR#	
	OTHERS		Zeta0 =	.5000	
			U0 =	[.]	
			V0 =	[.]	
			S0 =	[.]	
			T0 =	[.]	
			C01 =	[.]	
			C02 =	[.]	
			C03 =	[.]	
			C04 =	[.]	
			C05 =	[.]	
			I0 =	[.]	
BNDCOND	GENERAL	SMOOTH	Tlfsmo=	30.00	
	HYDROAT		Filana=	#	#
			Filcor=	#	#
	HYDROHF		FilbcH=	#	#
			FmtbcH=	#FR#	
	HYDROHI	FREQ	Omega =	[.]	
		CMPNENT	Ampab =	[.] [.]	
			Phsab =	[.] [.]	
	HYDROTF		FilbcT=	#mor-tide.rvw#	
			FmtbcT=	#FR#	
	HYDROTI		TsbcT =	[.]	
			Ampab =	[.] [.]	
	PROCESF		FilbcC=	#	#
			FmtbcC=	#FR#	
	PROCESI		TsbcC =	[.]	
			Sab =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Tab =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab1 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab2 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab3 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab4 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab5 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
		THRLMAN	Rettis=	[.]	
			Rettib=	[.]	
PHYSCOF	HYDRO	GENERAL	Ag =	9.8130	
			Rhow =	1023.00	
	BEDSTR	XYGEN	Roumet=	#M#	
		XYVAR	Filrgh=	#triscal.man	#
			Fmtrgh=	#FR#	
		UNIFORM	Ccofu =	[.]	
			Ccofv =	[.]	
	VIDIF	2D-SPV	FiledY=	#	#
			Fmtedy=	#FR#	
		2D-UNIF	Vicouv=	1.0000	
			Dicouv=	[.]	
		3D-UNIF	Vicoww=	[.]	
			Dicoww=	[.]	
		WIND	Wstres=	[.] [.] [.] [.]	
			Rhoa =	[.]	
	PROCESS	DENSITY	Alph0 =	[.]	
			Tempw =	.0000	
			Salw =	.0000	

		SECFLOW	Betac = [.]	
			Equili= #N#	
		ROUWAVE	Rouwav= #	#
	SPECIAL	BARRIER GENERAL	Ergcl = [.]	
			Cofbar= [.] [.] [.] [.] [.] [.]	
		SERIESF	Filbar= #	#
			Fmtbar= #UN#	
		SERIESI	Tsbar = [.] [.] [.] [.]	
		WEIRLOS GENERAL	Ticrou= [.]	
			Thetac= [.]	
			Rfelag= [.]	
			Rfelng= [.]	
			Lwdry = #MEAN#	
		COEFF	Hkruv = [.] [.]	
			Crouv1= [.] [.]	
			Crouv2= [.] [.]	
			Lwtype= #	#
DISCHF			Fildis= #	#
			Fmtdis= #FR#	
DISCHI			Tsdis = [.] [.]	
			Cqs = [.]	
			Cqt = [.]	
			CqcN = [.] [.] [.] [.] [.]	
METEO	HEAT	SERIESF	Filtmp= #	#
			Fmttmp= #FR#	
		TEMINT	Temint= #Y#	
		SERIESI	Tstmp = [.] [.]	
	WIND	SPACEVA	Wnsvwp= #N#	
		SERIESF	Filwnd= #	#
			Fmtwnd= #FR#	
		WINDINT	Wndint= #Y#	
		SERIESI	Tswnd = [.] [.] [.]	
USERDEF	FILES		Filusr= #	#
	REALCONS		Rcoustr= [.]	
	INT.CON		lcoustr= [.]	
	CHARCONS		Ccoustr= #	#
OUTPUT	SITE	STATION GROUFP	Filsta= #triscal.obs #	
			Fmtsta= #FR#	
		GROUPI	Namst = #	#
			MNst = [] []	
	CROSS	GROUFP	Filcrs= #triscal.crs #	
			Fmtcrs= #FR#	
		GROUPI	Namcrs= #	#
			MNcrs = [] [] [] []	
	PARTICL	GROUFP	Filpar= #	#
			Fmtpar= #FR#	
		GROUPI	Nampar= #	#
			Tpar = [.] [.]	
			YXpar = [.] [.]	
			Iparg = []	
			Npari = []	
QNTTY	PRINT	MAP	PMhydr= #YYYYYN#	
			PMproc= #NNNNNNNNNN#	
			PMderv= #NNN#	
	PRINT	HIS	PHhydr= #YYYYYN#	
			PHproc= #NNNNNNNNNN#	
			PHderv= #NNN#	
			PHflux= #YYNN#	
	STORE	MAP	SMhydr= #YYNN#	
			SMproc= #NNNNNNNNNN#	
			SMderv= #YYNN#	
	STORE	HIS	SHhydr= #YYNN#	
			SHproc= #NNNNNNNNNN#	
			SHderv= #YYNN#	

			SHflux=	#YYNN#		
			Filfou=	#	#	
FILES	PRINT	MAP	Prmap =	[.]		
		HISTORY	Prhis =	.0000	.0000	.00
	STORE	MAP	Flmap =	3750.0	30.0000	4500
		HISTORY	Flhis =	.0000	10.0000	.00
		COMM	Flpp =	3760.0	10.0000	4500
		RESTART	Restrt=	#Y#		

Invoerbestand TRAN R02

```

*-----
* Composition of the input file of the transport module
*-----
* project : Westerschelde, drempel van Hansweert
* test1   : Trstot
* datum   : 12-3-1997
*** Module options -----
1      -1- Transport option (1=total, 2=suspended, 3=bed+suspended)  MODS
* 2      0      -2- Bed cond. (1 = gradient-type, 2= concentration),
*          integral/algebraic expression (0/1)
.true.   -3- Instationary/stationary flow                (.true./.false.)  INST
* .true.   -4- Instationary/stationary boundary cond.    (.true./.false.)  INS
.false.  -5- Wave effects included/not included          (.true./.false.)  NWA
* If NWA Then
* .true.   -6- Instationary/stationary wave field        (.true./.false.)  INST
*** Memory use -----
10000    -9- Maximum number of flow fields                MAXF
* If NWA Then -11-
* 10      -11- Maximum number of wave fields              MAXW
*** Time parameters -----
20      0      -13- Time step, number of initial timesteps      IDTS,NTS
10000    -15- Cycle length flow                               ITPE
* If NWA Then
* 740     -16- Cycle length waves                           ITPE
*** Specification spiral motion effects -----
0        -17- Spiral flow effect on bed load yes/no included (1/0)  LSEC
* If LSECBO Then
* 1        -18- Correction coefficient spiral motion effect on direction
* 1        -19- Spiral flow effect on susp. tr. yes/no included (1/0)  LSE
1.00     -20- Correction coefficient for the shields number        FYTA
1.5      1      -21- Coefficients slope effect                    ASHLD,BSHL
*** Bed characteristics -----
.false.   -22- Fixed layers present/not present              (.true./.false.)  NVA
* -1      -23- non uniform distribution read from file
* md-depth.fx4
* 0.1     -26-
* .00001  -27- Initial concentration
* 4 2     -30-
*** Boundary conditions---MODSDA = 1 or 3 -----
* If MODSDA = 1 or 3 Then -31-(NTO-times)
1 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
2 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
3 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
4 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
5 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
6 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
7 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
8 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
9 0      -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
10 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
11 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
12 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
13 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
14 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
15 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
16 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
17 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
18 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
19 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
20 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
21 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
22 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
23 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND
24 0     -31.1- Boundary number and type                    (number,0/1)  IBNDNR,IBND

```

```

25 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
26 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
27 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
28 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
29 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
30 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
31 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
32 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
33 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
34 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
35 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
36 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
37 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
38 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
39 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
40 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
41 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
42 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
43 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
44 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
45 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
46 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
47 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
48 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
49 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
50 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
51 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
52 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
53 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
54 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
55 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
*****
*1         -34- Option dispersion coefficient (1 = specified, 2= computed)
*1.0       -35- Dispersion coefficient
*.02       -39- Fall velocity suspended sediment
*** General sediment parameters-----
2650       -40- Density of sediment                      RHOS
1.0E-6     -41- Kinematic viscosity of water            RNU
.000240    -42- Grain size for transp. rel. D50
*.02 0.01  -45a- ZA, ZB
* If NWAVE Then
* 2.0      -45b-
*** Sediment transport relation-----
7          -46- Number of transport formula              IFOR
*-----
#7         Van Rijn (1984)
*-----
1.0        -47.7.1-                                      ALF1
.000350    -47.7.2-                                      D90
.20        -47.7.3-                                      RKSC
.02        -47.7.4-                                      WS
# End of specification of transport relation
*-----
*
* If MODSDA = 1 or 3 Then -48-
10.0       -48- Coefficient bed slope effect, bottom    ALFA
*0.0       -49- Coefficient bed slope effect, susp.     ALF
1          -50- Option numerical scheme                 NSTA
8.0 0.4    -50a Power of transport relation, porosity   BBTRS,PORS
* If NSTAB = 1 or 3 or 4 or 6 Then -51-
0.0        -51- Stability coefficient                   ALFS
0 .900     -53- Automatic timestep (1/0), maximum Courant number NTYDA,CRNM
* If NSTAB > 4 or NTYDA = 1 Then -54-
*3         -54- Time averaging option                   INT

```



```

*** Output definition-----
OUTPUT DATA -55- Prescribed string preceeding the output records
1          -56- Output option                      (0/1)          MODD
*** Time histories-----
1          -57- Extend/overwrite history file      (0/1)          NOUT
    10 34540 30 -58- Start,end,increment for history file  ITHISA,ITHISB,IDTH
    6          -59- Number of locations for output sx,sy,sr,stx,sty,str etc. NOSED
* If NOSED > 0 Then -60- NOSED-times
1    143 33      -60-                                I,MC(I),NC(I)
2    88 72      -60-                                I,MC(I),NC(I)
3   162 121     -60-                                I,MC(I),NC(I)
4   160 165     -60-                                I,MC(I),NC(I)
5   149 196     -60-                                I,MC(I),NC(I)
6   122 239     -60-                                I,MC(I),NC(I)
0          -61- Number of cross-sections of type ksi=constant          NTRA
* If NTRAU > 0 Then -62- NTRAU-times
* 1   128 19 53                                I,MITX(I),NIT1(I),NI2T
* 2   138 11 22                                I,MITX(I),NIT1(I),NI2T
9          -63- Number of cross-sections of type eta=constant          NTRA
* If NTRAV > 0 Then -64- NTRAV-times
1   182 62 167
2   182 62 125
3   182 126 167
4   137 79 169
5   137 79 128
6   137 129 169
7   122 88 169
8   122 88 132
9   122 133 169
*****
*0          -65-
*0          -66b-
*** Initial maps-----
0          -67- Output of grain size distribution D50      (0/1)          NQUAL
0          -68- Output of grain size distribution D90      (0/1)          NQUAL
*** Time dependent maps of non-time averaged functions-----
1          -69- Extend time dependent map file          (0/1)          NOUT
30 34540 30 -70- Start,end,increment for ng map file  ITMPIA,ITMPIB,IDTMPI
0          -71- Output of CZU                          (0/1)          NQUAL
0          -72- Output of CZV                          (0/1)          NQUAL
0          -73- Output of RSP                          (0/1)          NQUAL
1          -74- Output of SX (bed load)                 (0/1)          NQUAL
1          -75- Output of SY (bed load)                 (0/1)          NQUAL
*1         -76- Output of SXS (suspended)               (0/1)          NQUA
*1         -77- Output of SXY (suspended)               (0/1)          NQUA
*1         -78- Output of r (susp. sed. concentration)  (0/1)          NQUA
*0         -78b- Output of erosion or deposition rate    (0/1)          NQUA
*** Maps of integral and averaged sediment transports-----
1          -79- Extend averaged map file                (0/1)          NOUT
10 34540 30 -80- Start,end,increment avg map file      ITMPAA,ITMPAB,IDTMPA
0          -81- Output of TTXI (time integr ini bedload S) (0/1)          NQUALT3
0          -82- Output of TTYI (time integr ini bedload S) (0/1)          NQUALT3
1          -83- Output of TTXA (time integr interv bedload S) (0/1)          NQUALT3
1          -84- Output of TTYA (time integr interv bedload S) (0/1)          NQUALT3
*0         -85- (sus ini)                               (0/1)          NQUALT
*0         -86- (sus ini)                               (0/1)          NQUALT
*1         -87- (sus interval)                           (0/1)          NQUALT
*1         -88- (sus interval)                           (0/1)          NQUALT
*0         -88a-
* End of input of the transport module TRSTOT/TRSSUS-----

```

Invoerbestand MORF R02

```

*****
* (INORES(I),I=1,3),KWITS integers
* INORES(1) = 1/0 : The data module of TRISULA is_not/is memory resident
* INORES(2) = 1/0 : Idem for transport module
* INORES(3) = 1/0 : Idem for bottom module
* KWITS = 1/0 : Yes/no auxilliary output
*****
0 0 0 0
*****
* POROSI IINTRA real integer
* POROSI = Porosity
* IINTRA = 1/0 : Initial transport is/is_not taken into account
*****
.4 0
*****
* (ITIMFR(I),I=1,6),INTCOM integers
* ITIMFR(1:3) First Last Increment times for writing History file
* ITIMFR(4:6) Idem for Map file
* INTCOM 0 : Bottom on COM file overwritten (also starting bottom)
* 1 : As 0 but starting bottom will be kept
* 2 : All new Bottoms stored
*****
0 200000 5000 0 200000 5000 2
*****
* ILUST ILUEN ILUDP IAPPND integers
* ILUST 1/0 Over 1 bottom time step integrated transports are/not
* written
* ILUEN 1/0 The entrainment is/not written
* ILUDP 1/0 Differences in depths in one time step are/not written
* IAPPND 1/0 Map and History files extended/updated
*****
1 0 1 0
*****
* NOSTAB integer Number of stations/locations for History
*****
1
*****
* NOSTAB records Station name (char*40), M, N (integers)
*****
'mp27' 27,138
*'50, 2' 50,2
*'51, 2' 51,2
*****
* For non specified open boundary segments :
* IBNDNR = Open boundary number (TRISULA number)
* IBNDTP = 3 The bottom depth will be specified
* (in this case extra records must follow)
*
* 4 Bottom depth unchanged
*****
1 4
2 4
3 4
4 4
5 4
6 4
7 4
8 4
9 4
10 4
11 4
12 4
13 4
14 4

```


15	4
16	4
17	4
18	4
19	4
20	4
21	4
22	4
23	4
24	4
25	4
26	4
27	4
28	4
29	4
30	4
31	4
32	4
33	4
34	4
35	4
36	4
37	4
38	4
39	4
40	4
41	4
42	4
43	4
44	4
45	4
46	4
47	4
48	4
49	4
50	4
51	4
52	4
53	4
54	4
55	4

Besturingsmodule R08

```

* General data
*
* Case Label Dummy1 Dummy2
* 'r08' ' ' 'dum1' 'dum2'
* Restart option: 0 = new run, 1 = restart
* 0
* Reference date and time
* yyyymmdd hhhmmss
* 19960415 000000
* Starting time, time unit
* 0 30.000000
* Backup option (always 0)
* 0
* Number of modules called
* 3
* Module Version Input file
* 2 1 'md-flow.r08'
* 3 3 'md-tran.r08'
* 4 1 'md-bott.r08'
* Cycle length of data on communication file
* 40000
*
* Specification of process tree
*
* Number of branches Number of subprocesses
* 5 3
* Child-parent relations
* Child node Parent node
* 1 5
* 2 4
* 3 4
* 4 5
* 5 6
***** Specification of controls *****
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
* 1 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
* 1 0 4 3
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
* 2 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
* 1 0 4 3
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
* 3 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
* 2 4 1 4
* node and subprocess from which time step is taken
* 3 4
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
* 4 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
* 2 5 3 0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
* 5 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
* 3 4 3 0
* Definition of elementary subprocesses (end nodes)
**** End node no.1 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
* 1 0 1 0 0
* Time intervals
* Module Start time End time
* 2 4480 9000
**** End node no.2 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
* 2 0 0 3 0

```



```

*   Time intervals
*   Module      Start time   End time
*   3           7160         9000
**** End node no.3   Wave   Flow   Tran   Bott   (0 = off, 1 = on)
*   3           0           0         0         1
*   Time intervals
*   Module      Start time   End time
*   4           0           59200
*   End of input

```

Invoerbestand FLOW R08

IDENT			Ident = #DELEFT3D.UI	.02.48.960904#
RUNID			Runid = #r08#	
PROCESS MAIN			Sub1 = #	#
			Sub2 = #	#
	NAMCONS		Namc1 = #	#
			Namc2 = #	#
			Namc3 = #	#
			Namc4 = #	#
			Namc5 = #	#
DOMAIN	GRID	DIMENSI	MNKmax=	236 265 1
		THICK	Thick =	100.000
		DISTANC CURVI	Filcco=	#triscal.grd #
			Fmtcco=	#FR#
		SPHERE	Sphere=	#N#
		UNIFORM	DxDy =	[.] [.]
		ORIENT	Anglat=	51.5000
			Grdang=	.0000
	COMGRDF		Filgrd=	#triscal.enc #
			Fmtgrd=	#FR#
	COMGRDI		MNgrd =	[] []
	SPECIAL DISCH		Namdis=	#
			Disint=	#Y#
			MNKdis=	[] [] []
		DRYF	Fildry=	#
			Fmtdry=	#FR#
		DRYI	MNdry =	[] [] [] []
		THNDAMF	Filttd =	#triscal.thd #
			Fmttd =	#FR#
		THNDAMI	MNtd =	[] [] [] [] #U#
		BARRIER	Nambar=	#
			MNbar =	[] [] # #
		WEIRLOS	MNwlos=	[] []
DEPTH		SPACEVA	Fildep=	#b969510d.dep#
			Fmtdep=	#FR#
		UNIFORM	Depuni=	[.]
	DEFBNDF		Filbnd=	#triscal.opn #
			Fmtbnd=	#FR#
	DEFBNDI		Nambnd=	#
			Typbnd=	# #
			Datbnd=	# #
			MNbnd =	[] [] [] []
			Alpha =	[.]
			ProfU =	#Uniform
			Label =	# # #
INPPAR	ADDPROC	HEATMOD	Ktemp =	0
			Fclou =	[.]
			Sarea =	[.]
		TURBMOD	Tkemod=	#
		RGDWALL	Irov =	0
			Z0v =	[.]
		TIDFORCE	Tidfor=	# # #
			#	#
		USERDEF	Nprcus=	[]
			Prcusr=	#
			Nprinp=	[] [] [] []
	NUM-PAR		Eps =	[.]
			Iter =	2
			Dryflp=	#MAX #
			Dryflc=	.150000
	RUNTIME		Itdate=	#1996-04-15#
			Tunit =	#M#
			Dt =	.5000
			Tstart=	2240.0
			Tstop =	4500.0

INIR			Tzone =	.0000	
INIF			Restid=	# #	
			Filic =	#	#
INII	LEVEL		Fmtic =	#FR#	
	OTHERS		Zeta0 =	3.0000	
			U0 =	[.]	
			V0 =	[.]	
			S0 =	[.]	
			T0 =	[.]	
			C01 =	[.]	
			C02 =	[.]	
			C03 =	[.]	
			C04 =	[.]	
			C05 =	[.]	
			I0 =	[.]	
BNDCOND	GENERAL	SMOOTH	Tlfsmo=	30.00	
	HYDROAT		Filana=	#	#
			Filcor=	#	#
	HYDROHF		Filbch=	#	#
			Fmtbch=	#FR#	
	HYDROHI	FREQ	Omega =	[.]	
		CMPNENT	Ampab =	[.] [.]	
			Phsab =	[.] [.]	
	HYDROTF		FilbcT=	#mor-tide.rvw#	
			FmtbcT=	#FR#	
	HYDROTI		TsbcT =	[.]	
			Ampab =	[.] [.]	
	PROCESF		FilbcC=	#	#
			FmtbcC=	#FR#	
	PROCESI		TsbcC =	[.]	
			Sab =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Tab =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab1 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab2 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab3 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab4 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
			Cab5 =	[.] [.] [.] [.]	
			ProfC =	[.] #Uniform	#
		THRLMAN	Rettis=	[.]	
			Rettib=	[.]	
PHYSCOF	HYDRO	GENERAL	Ag =	9.8130	
			Rhow =	1023.00	
	BEDSTR	XYGEN	Roumet=	#M#	
		XYVAR	Filrgh=	#triscal.man	#
			Fmtrgh=	#FR#	
		UNIFORM	Ccofu =	[.]	
			Ccofv =	[.]	
	VIDIF	2D-SPV	FiledY=	#	#
			Fmtedy=	#FR#	
		2D-UNIF	Vicouv=	1.0000	
			Dicouv=	[.]	
		3D-UNIF	Vicoww=	[.]	
			Dicoww=	[.]	
		WIND	Wstres=	[.] [.] [.] [.]	
			Rhoa =	[.]	
	PROCESS	DENSITY	Alph0 =	[.]	
			Tempw =	.0000	
			Salw =	.0000	

		SECFLOW	Betac = [.]	
			Equili= #N#	
		ROUWAVE	Rouwav= #	#
	SPECIAL	BARRIER GENERAL	Ergc1 = [.]	
			Cofbar= [.] [.] [.] [.] [.] [.]	
		SERIESF	Filbar= #	#
			Fmtbar= #UN#	
		SERIESI	Tsbar = [.] [.] [.] [.]	
		WEIRLOS GENERAL	Ticrou= [.]	
			Thetac= [.]	
			Rfelag= [.]	
			Rfelng= [.]	
			Lwdry = #MEAN#	
		COEFF	Hkruv = [.] [.]	
			Crouv1= [.] [.]	
			Crouv2= [.] [.]	
			Lwtype= #	#
DISCHF			Fildis= #	#
DISCHI			Fmtdis= #FR#	
			Tsdis = [.] [.]	
			Cqs = [.]	
			Cqt = [.]	
			CqcN = [.] [.] [.] [.] [.]	
METEO	HEAT	SERIESF	Filtmp= #	#
			Fmttmp= #FR#	
		TEMINT	Temint= #Y#	
		SERIESI	Tstmp = [.] [.]	
	WIND	SPACEVA	Wnsvwp= #N#	
		SERIESF	Filwnd= #	#
			Fmtwnd= #FR#	
		WINDINT	Wndint= #Y#	
		SERIESI	Tswnd = [.] [.] [.]	
USERDEF	FILES		Filusr= #	#
	REALCONS		Rcousr= [.]	
	INT.CON		Icousr= [.]	
	CHARCONS		Ccousr= #	#
OUTPUT	SITE	STATION GROUPF	Filsta= #triscal.obs #	
			Fmtsta= #FR#	
		GROUPI	Namst = #	#
			MNst = [] []	
	CROSS	GROUPF	Filcrs= #triscal.crs #	
			Fmtcrs= #FR#	
		GROUPI	Namcrs= #	#
			MNcrs = [] [] [] []	
	PARTICL	GROUPF	Filpar= #	#
			Fmtpar= #FR#	
		GROUPI	Nampar= #	#
			Tpar = [.] [.]	
			YXpar = [.] [.]	
			Iparg = []	
			Npari = []	
QNTTY	PRINT	MAP	PMhydr= #YYYYYN#	
			PMproc= #NNNNNNNNNN#	
			PMderv= #NNN#	
	PRINT	HIS	PHhydr= #YYYYYN#	
			PHproc= #NNNNNNNNNN#	
			PHderv= #NNN#	
			PHflux= #YYNN#	
	STORE	MAP	SMhydr= #YYNN#	
			SMproc= #NNNNNNNNNN#	
			SMderv= #YYNN#	
	STORE	HIS	SHhydr= #YYYN#	
			SHproc= #NNNNNNNNNN#	
			SHderv= #YYNN#	

	FOURIER		SHflux=	#YYNN#			
FILES	PRINT	MAP	Filfou=	#	#		
		HISTORY	Prmap =	[.]			
	STORE	MAP	Prhis =	.0000	.0000	.00	
		HISTORY	Flmap =	3750.0	30.0000	4500	
		COMM	Flhis =	.0000	10.0000	.00	
		RESTART	Flpp =	3580.0	10.0000	4500	
			Restrt=	#Y#			

Invoerbestand TRAN R08

```

*-----
* Composition of the input file of the transport module
*-----
* project : Westerschelde, drempel van Hansweert
* test1   : Trstot
* datum   : 12-3-1997
*** Module options -----
3      -1- Transport option (1=total, 2=suspended, 3=bed+suspended)  MODS
1      1   -2- Bed cond. (1 = gradient-type, 2= concentration),
*          integral/algebraic expression (0/1)
.true.   -3- Instationary/stationary flow (.true./.false.) INST
.true.   -4- Instationary/stationary boundary cond. (.true./.false.) INST
.false.  -5- Wave effects included/not included (.true./.false.) NWAV
* If NWAVE Then
.true.   -6- Instationary/stationary wave field (.true./.false.) INST
*** Memory use -----
10000    -9- Maximum number of flow fields MAXF
* If NWAVE Then -11-
*10      -11- Maximum number of wave fields MAXW
*** Time parameters -----
5      72 -13- Time step, number of initial timesteps IDTS,NTSI
10000    -15- Cycle length flow ITPE
* If NWAVE Then
*740     -16- Cycle length waves ITPE
*** Specification spiral motion effects -----
0      -17- Spiral flow effect on bed load yes/no included (1/0) LSEC
* If LSECBO Then
*0       -18- Correction coefficient spiral motion effect on direction
0        -19- Spiral flow effect on susp. tr. yes/no included (1/0) LSECS
1.00     -20- Correction coefficient for the shields number FYTA
1.5      1 -21- Coefficients slope effect ASHLD,BSHL
*** Bed characteristics -----
.false.  -22- Fixed layers present/not present (.true./.false.) NVASt
* -1     -23- non uniform distribution read from file
* md-depth.fx4
*0.1     -26-
.00001   -27- Initial concentration
3 2      -30-
*** Boundary conditions---MODSDA = 1 or 3 -----
* If MODSDA = 1 or 3 Then -31- (NTO-times)
1 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
2 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
3 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
4 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
5 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
6 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
7 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
8 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
9 0      -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
10 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
11 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
12 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
13 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
14 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
15 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
16 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
17 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
18 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
19 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
20 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
21 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
22 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
23 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
24 0     -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND

```

```

25 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
26 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
27 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
28 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
29 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
30 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
31 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
32 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
33 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
34 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
35 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
36 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
37 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
38 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
39 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
40 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
41 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
42 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
43 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
44 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
45 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
46 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
47 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
48 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
49 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
50 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
51 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
52 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
53 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
54 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
55 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
*****
1         -34- Option dispersion coefficient (1 = specified, 2= computed)
1.0'      -35- Dispersion coefficient
.02       -39- Fall velocity suspended sediment
*** General sediment parameters-----
2650      -40- Density of sediment                      RHOS
1.0E-6    -41- Kinematic viscosity of water             RNU
.000240   -42- Grain size for transp. rel. D50
.00 0.01  -45a- ZA, ZB
* If NWAVE Then
* 2.0      -45b-
*** Sediment transport relation-----
7         -46- Number of transport formula              IFOR
*-----
#7         Van Rijn (1984)
*-----
1.0       -47.7.1-                                       ALF1
.000350   -47.7.2-                                       D90
.20       -47.7.3-                                       RKSC
.02       -47.7.4-                                       WS
# End of specification of transport relation
*-----
*
* If MODSDA = 1 or 3 Then -48-
10.       -48- Coefficient bed slope effect, bottom     ALFA
10.0      -49- Coefficient bed slope effect, susp.      ALFA
1         -50- Option numerical scheme                  NSTA
8.0 0.4   -50a Power of transport relation, porosity    BBTRS,PORS
* If NSTAB = 1 or 3 or 4 or 6 Then -51-
0.0       -51- Stability coefficient                     ALFS
0 .900    -53- Automatic timestep (1/0), maximum Courant number NTYDA,CRNM
* If NSTAB > 4 or NTYDA = 1 Then -54-
*3        -54- Time averaging option                    INT

```



```

*** Output definition-----
OUTPUT DATA -55- Prescribed string preceeding the output records
1          -56- Output option                      (0/1)          MODD
*** Time histories-----
1          -57- Extend/overwrite history file      (0/1)          NOUT
    10 34540 30 -58- Start,end,increment for history file ITHISA,ITHISB,IDTH
    6          -59- Number of locations for output sx,sy,sr,stx,sty,str etc. NOSED
* If NOSED > 0 Then -60- NOSED-times
1    143 33    -60-                                I,MC(I),NC(I)
2    88 72    -60-                                I,MC(I),NC(I)
3   162 121   -60-                                I,MC(I),NC(I)
4   160 165   -60-                                I,MC(I),NC(I)
5   149 196   -60-                                I,MC(I),NC(I)
6   122 239   -60-                                I,MC(I),NC(I)
0          -61- Number of cross-sections of type ksi=constant NTRA
* If NTRAU > 0 Then -62- NTRAU-times
* 1   128 19 53                                I,MITX(I),NIT1(I),NI2T
* 2   138 11 22                                I,MITX(I),NIT1(I),NI2T
0          -63- Number of cross-sections of type eta=constant NTRA
* If NTRAV > 0 Then -64- NTRAV-times
*****
6          -65-
1   143 33    -66-                                I,MC(I),NC(I)
2   88 72    -66-                                I,MC(I),NC(I)
3   162 121   -66-                                I,MC(I),NC(I)
4   160 165   -66-                                I,MC(I),NC(I)
5   149 196   -66-                                I,MC(I),NC(I)
6   122 239   -66-                                I,MC(I),NC(I)
0          -66b-hh
*** Initial maps-----
0          -67- Output of grain size distribution D50      (0/1)          NQUAL
0          -68- Output of grain size distribution D90      (0/1)          NQUAL
*** Time dependent maps of non-time averaged functions-----
1          -69- Extend time dependent map file          (0/1)          NOUT
30 34540 30 -70- Start,end,increment for ng map file ITMPIA,ITMPIB,IDTMPI
0          -71- Output of CZU                          (0/1)          NQUAL
0          -72- Output of CZV                          (0/1)          NQUAL
1          -73- Output of RSP                          (0/1)          NQUAL
1          -74- Output of SX (bed load)                 (0/1)          NQUAL
1          -75- Output of SY (bed load)                 (0/1)          NQUAL
1          -76- Output of SXS (suspended)              (0/1)          NQUAL
1          -77- Output of SXY (suspended)              (0/1)          NQUAL
1          -78- Output of r (susp. sed. concentration) (0/1)          NQUAL
0          -78b- Output of erosion or deposition rate    (0/1)          NQUAL
*** Maps of integral and averaged sediment transports-----
1          -79- Extend averaged map file                (0/1)          NOUT
10 34540 30 -80- Start,end,increment avg map file ITMPAA,ITMPAB,IDTMPA
0          -81- Output of TTXI (time integr ini bedload S) (0/1) NQUALT3
0          -82- Output of TTYI (time integr ini bedload S) (0/1) NQUALT3
1          -83- Output of TTXA (time integr interv bedload S) (0/1) NQUALT3
1          -84- Output of TTYA (time integr interv bedload S) (0/1) NQUALT3
0          -85- (sus ini)                              (0/1)          NQUALT3
0          -86- (sus ini)                              (0/1)          NQUALT3
1          -87- (sus interval)                        (0/1)          NQUALT3
1          -88- (sus interval)                        (0/1)          NQUALT3
0          -88a-
* End of input of the transport module TRSTOT/TRSSUS-----

```

B Invoerbestanden RI2 en RI4

Besturingsmodule R12

```

* General data
*
*   Case   Label Dummy1 Dummy2
*   '12b'   ' ' 'dum1' 'dum2'
*   Restart option: 0 = new run, 1 = restart
*   0
*   Reference date and time
*   yyyymmdd   hhmmss
*   19950928   000000
*   Starting time, time unit
*   360.   30.000000
*   Backup option (always 0)
*   0
*   Number of modules called
*   3
*   Module      Version   Input file
*   2            1      'md-flow.12b'
*   3            1      'md-tran.12b'
*   4            1      'md-bott.12b'
*   Cycle length of data on communication file
*   100000
*
* Specification of process tree
*
*   Number of branches   Number of subprocesses
*   5                     3
*   Child-parent relations
*   Child node Parent node
*   1           5
*   2           4
*   3           4
*   4           5
*   5           6
*
***** Specification of controls *****
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
1           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           5           3           0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
2           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           4           3           0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
3           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           4           3           0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
4           2           57          0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           4           1           1
1480
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
5           1           0           0.
*   Start type Start input Update type Update input
2           5           3           0
* Definition of elementary subprocesses (end nodes)
**** End node no.1 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
1           0           1           0           0
*   Time intervals
*   Module      Start time End time
2           0       1480
**** End node no.3 Wave Flow Tran Bott (0 = off, 1 = on)
2           0           1           0           0
*   Time intervals

```


*	Module	Start time	End time		
	2	1480	2960		
****	End node no.4	Wave	Flow	Tran	Bott (0 = off, 1 = on)
	3	0	0	1	1
*	Time intervals				
*	Module	Start time	End time		
	3	1480	2960		
	4	0	1480		
*	End of input				

Invoerbestand FLOW R12

IDENT
RUNID
RUNTXT

PROCESS MAIN

NAMCONS

DOMAIN GRID DIMENSI
THICK
DISTANC CURVI
SPHERE
UNIFORM
ORIENT

COMGRDF

COMGRDI
SPECIAL DISCH

DRYF

DRYI
THNDAMF

THNDAMI
BARRIER

DEPTH WEIRLOS
SPACEVA

UNIFORM

DEFBNDF

DEFBNDI

INPPAR ADDPROC HEATMOD

TURBMOD
RGDWALL

TIDFORCE

USERDEF

NUM-PAR

RUNTIME

Ident = #DELFT3D.UI .02.48.960904#
Runid = #12b#
Runtxt= #run R12 project Z 2489
#dynamische run, totaal
#transport incl spiraalstr.
#inc;. bodemhellingeffect
Sub1 = # I#
Sub2 = # #
Namc1 = # #
Namc2 = # #
Namc3 = # #
Namc4 = # #
Namc5 = # #
MNKmax= 236 265 1
Thick = 100.000
Filcco= #triscal.grd #
Fmtcco= #FR#
Sphere= #N#
DxDy = [.] [.]
Anglat= 51.5000
Grdang= .0000
Filgrd= #triscal.enc #
Fmtgrd= #FR#
MNgrd = [] []
Namdis= # #
Disint= #Y#
MNKdis= [] [] []
Fildry= # #
Fmtdry= #FR#
MNdry = [] [] [] []
Filttd = #triscal.thd #
Fmttd = #FR#
MNtd = [] [] [] [] #U#
Nambar= # #
MNbar = [] [] # #
MNwlos= [] []
Fildep= #b969510d.dep#
Fmtdep= #FR#
Depuni= [.]
Filbnd= #triscal.opn #
Fmtbnd= #FR#
Nambnd= # #
Typbnd= # #
Datbnd= # #
MNBnd = [] [] [] []
Alpha = [.]
ProfU = #Uniform #
Label = # # # #
Ktemp = 0
Fclou = [.]
Sarea = [.]
Tkemod= # #
Irov = 0
Z0v = [.]
Tidfor= # # # #

Nprcus= []
Prcusr= # #
Nprinp= [] [] [] []
Eps = [.]
Iter = 2
Dryflp= #MAX #
Dryflc= .150000
Itdate= #1995-09-28#

			Tunit = #M#
			Dt = .5000
			Tstart= 180.00)
			Tstop = 1660.00)
			Tzone = .0000
INIR			Restid= # #
INIF			Filic = # #
			Fmtic = #FR#
INII	LEVEL		Zeta0 = 3.0000
	OTHERS		U0 = [.]
			V0 = [.]
			S0 = [.]
			T0 = [.]
			C01 = [.]
			C02 = [.]
			C03 = [.]
			C04 = [.]
			C05 = [.]
			I0 = 0.0
BNDCOND	GENERAL	SMOOTH	Tlfsmo= 30.0000
	HYDROAT		Filana= # #
			Filcor= # #
	HYDROHF		FilbcH= # #
			FmtbcH= #FR#
	HYDROHI	FREQ	Omega = [.]
		CMPNENT	Ampab = [.] [.]
			Phsab = [.] [.]
	HYDROTF		FilbcT= #dynamisc.rvw#
			FmtbcT= #FR#
	HYDROTI		TsbcT = [.]
			Ampab = [.] [.]
	PROCESF		FilbcC= # #
			FmtbcC= #FR#
	PROCESI		TsbcC = [.]
			Sab = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Tab = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Cab1 = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Cab2 = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Cab3 = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Cab4 = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
			Cab5 = [.] [.] [.] [.]
			ProfC = [.] #Uniform #
		THRLMAN	Rettis= [.]
			Rettib= [.]
PHYSCOF	HYDRO	GENERAL	Ag = 9.8130
			Rhow = 1023.00
	BEDSTR	XYGEN	Roumet= #M#
		XYVAR	Filrgh= #triscal.man #
			Fmtrgh= #FR#
		UNIFORM	Ccofu = [.]
			Ccofv = [.]
	VIDIF	2D-SPV	FiledY= # #
			Fmtedy= #FR#
		2D-UNIF	Vicouv= 1.0000
			Dicouv= [.]
		3D-UNIF	Vicoww= [.]
			Dicoww= [.]
	WIND		Wstres= [.] [.] [.] [.]

			Rhoa = [.]	
			Alph0 = [.]	
			Tempw = .0000	
			Salw = .0000	
		SECFLOW	Betac = 1.0	
			Equili= #N#	
		ROUWAVE	Rouwav= #	
		SPECIAL BARRIER GENERAL	Ergcl = [.]	
			Cofbar= [.] [.] [.] [.] [.] [.]	
		SERIESF	Filbar= #	#
			Fmtbar= #UN#	
		SERIESI	Tsbar = [.] [.] [.] [.]	
		WEIRLOS GENERAL	Ticrou= [.]	
			Thetac= [.]	
			Rfelag= [.]	
			Rfelng= [.]	
			Lwdry = #MEAN#	
		COEFF	Hkruv = [.] [.]	
			Crouv1= [.] [.]	
			Crouv2= [.] [.]	
			Lwtype= #	#
DISCHF			Fildis= #	#
			Fmtdis= #FR#	
DISCHI			Tsdis = [.] [.]	
			Cqs = [.]	
			Cqt = [.]	
			CqcN = [.] [.] [.] [.] [.]	
METEO	HEAT	SERIESF	Filtmp= #	#
			Fmttmp= #FR#	
		TEMINT	Temint= #Y#	
		SERIESI	Tstmp = [.] [.]	
	WIND	SPACEVA	Wnsvwp= #N#	
		SERIESF	Filwnd= #	#
			Fmtwnd= #FR#	
		WINDINT	Wdint= #Y#	
		SERIESI	Tswnd = [.] [.] [.]	
USERDEF	FILES		Filusr= #	#
	REALCONS		Rcousr= [.]	
	INT.CON		Icousr= [.]	
	CHARCONS		Ccousr= #	#
OUTPUT	SITE	STATION GROUFP	Filsta= #triscal.obs	#
			Fmtsta= #FR#	
		GROUPI	Namst = #	#
			MNst = [] []	
	CROSS	GROUFP	Filcrs= #triscal.crs	#
			Fmtcrs= #FR#	
		GROUPI	Namcrs= #	#
			MNcrs = [] [] [] []	
	PARTICL	GROUFP	Filpar= #	#
			Fmtpar= #FR#	
		GROUPI	Nampar= #	#
			Tpar = [.] [.]	
			YXpar = [.] [.]	
			Iparg = []	
			Npari = []	
QNTTY	PRINT	MAP	PMhydr= #YYYYYN#	
			PMproc= #YYYYYYYNN#	
			PMderv= #NNN#	
	PRINT	HIS	PHhydr= #YYYYYN#	
			PHproc= #YYYYYYYNN#	
			PHderv= #NNN#	
			PHflux= #YYYY#	
	STORE	MAP	SMhydr= #YYYNN#	
			SMproc= #YYYYYYYNN#	

	STORE	HIS	SMderv=	#YYNNN#			
			SHhydr=	#YYYN#			
			SHproc=	#YYYYYYYNN#			
			SHderv=	#YYNNN#			
			SHflux=	#YYYY#			
			Filfou=	#		#	
FILES	FOURIER		Prmap =	[.]			
	PRINT	MAP	Prhis =		.0000	.0000	.00
		HISTORY	Flmap =		.0000	0.0000	.00
	STORE	MAP	Flhis =		.0000	60.0000	.00
		HISTORY	Flpp =	920.0000		10.0000	1660.0
		COMM	Restrt=	#N#			
		RESTART					

Invoerbestand TRAN R12

```

*-----
* Composition of the input file of the transport module
*-----
* project : Westerschelde, drempel van Hansweert
* test1   : Trstot
* datum   : 12-3-1997
*** Module options -----
1          -1- Transport option (1=total, 2=suspended, 3=bed+suspended)  MODS
* 2        0    -2- Bed cond. (1 = gradient-type, 2= concentration),
*              integral/algebraic expression (0/1)
.true.     -3- Instationary/stationary flow (.true./false.) INST
*.true.    -4- Instationary/stationary boundary cond. (.true./false.) INS
.false.    -5- Wave effects included/not included (.true./false.) NWAFF
* If NWAFF Then
*.true.    -6- Instationary/stationary wave field (.true./false.) INST
*** Memory use -----
10000      -9- Maximum number of flow fields MAXF
* If NWAFF Then -11-
*10        -11- Maximum number of wave fields MAXW
*** Time parameters -----
20         0    -13- Time step, number of initial timesteps IDTS,NTS
10000      -15- Cycle length flow ITPE
* If NWAFF Then
*740       -16- Cycle length waves ITPE
*** Specification spiral motion effects -----
1          -17- Spiral flow effect on bed load yes/no included (1/0) LSEC
* If LSECBO Then
1          -18- Correction coefficient spiral motion effect on direction
*1         -19- Spiral flow effect on susp. tr. yes/no included (1/0) LSE
1.00       -20- Correction coefficient for the shields number FYTA
1.5        1    -21- Coefficients slope effect ASHLD,BSHL
*** Bed characteristics -----
.false.    -22- Fixed layers present/not present (.true./false.) NVAFF
* -1       -23- non uniform distribution read from file
* md-depth.fx4
*0.1       -26-
*.00001    -27- Initial concentration
*4 2       -30-
*** Boundary conditions---MODSDA = 1 or 3 -----
* If MODSDA = 1 or 3 Then -31- (NTO-times)
1 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
2 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
3 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
4 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
5 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
6 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
7 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
8 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
9 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
10 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
11 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
12 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
13 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
14 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
15 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
16 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
17 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
18 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
19 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
20 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
21 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
22 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
23 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
24 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND

```



```

25 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
26 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
27 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
28 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
29 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
30 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
31 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
32 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
33 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
34 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
35 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
36 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
37 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
38 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
39 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
40 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
41 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
42 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
43 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
44 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
45 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
46 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
47 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
48 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
49 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
50 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
51 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
52 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
53 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
54 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
55 0      -31.1- Boundary number and type          (number,0/1) IBNDNR,IBND
*****
*1         -34- Option dispersion coefficient (1 = specified, 2= computed)
*1.0       -35- Dispersion coefficient
*.02       -39- Fall velocity suspended sediment
*** General sediment parameters-----
2650       -40- Density of sediment                      RHOS
1.0E-6     -41- Kinematic viscosity of water            RNU
.000240    -42- Grain size for transp. rel. D50
*.02 0.01  -45a- ZA, ZB
* If NWAVER Then
* 2.0      -45b-
*** Sediment transport relation-----
7          -46- Number of transport formula              IFOR
*-----
#7         Van Rijn (1984)
*-----
1.0        -47.7.1-                                      ALF1
.000350    -47.7.2-                                      D90
.20        -47.7.3-                                      RKSC
.02        -47.7.4-                                      WS
# End of specification of transport relation
*-----
*
* If MODSDA = 1 or 3 Then -48-
10.0       -48- Coefficient bed slope effect, bottom    ALFA
*0.0       -49- Coefficient bed slope effect, susp.     ALF
1          -50- Option numerical scheme                 NSTA
8.0 0.4    -50a Power of transport relation, porosity   BBTRS,PORS
* If NSTAB = 1 or 3 or 4 or 6 Then -51-
0.0        -51- Stability coefficient                   ALFS
0.900      -53- Automatic timestep (1/0), maximum Courant number NTYDA,CRNM
* If NSTAB > 4 or NTYDA = 1 Then -54-
*3         -54- Time averaging option                   INT

```

```

*** Output definition-----
OUTPUT DATA -55- Prescribed string preceeding the output records
1          -56- Output option                      (0/1)          MODD
*** Time histories-----
0          -57- Extend/overwrite history file      (0/1)          NOUT
    0 86200 40 -58- Start,end,increment for history file  ITHISA,ITHISB,IDTH
    26      -59- Number of locations for output sx,sy,sr,stx,sty,str etc. NOSE
* If NOSED > 0 Then -60- NOSED-times
1 143 33      -60-                                I,MC(I),NC(I)
2 88 72      -60-                                I,MC(I),NC(I)
3 162 121    -60-                                I,MC(I),NC(I)
4 160 165    -60-                                I,MC(I),NC(I)
5 149 196    -60-                                I,MC(I),NC(I)
6 122 239    -60-                                I,MC(I),NC(I)
7 96 99
8 98 98
9 105 95
10 117 93
11 125 91
12 131 87
13 86 100
14 133 88
15 109 103
16 129 117
17 138 126
18 125 101
19 140 113
20 156 124
21 109 105
22 101 78
23 104 92
24 124 102
25 110 76
26 114 90
0          -61- Number of cross-sections of type ksi=constant          NTRA
* If NTRAU > 0 Then -62- NTRAU-times
*
0          -63- Number of cross-sections of type eta=constant          NTRA
* If NTRAV > 0 Then -64- NTRAV-times
*1 182 62 167
*****
*0          -65-
*0          -66b-
*** Initial maps-----
0          -67- Output of grain size distribution D50      (0/1)          NQUAL
0          -68- Output of grain size distribution D90      (0/1)          NQUAL
*** Time dependent maps of non-time averaged functions-----
0          -69- Extend time dependent map file            (0/1)          NOUT
81400 81400 120 -70- Start,end,increment for ng map file  ITMPIA,ITMPIB,IDTMPI
0          -71- Output of CZU                                (0/1)          NQUAL
0          -72- Output of CZV                                (0/1)          NQUAL
1          -73- Output of RSP                                (0/1)          NQUAL
1          -74- Output of SX (bed load)                      (0/1)          NQUAL
1          -75- Output of SY (bed load)                      (0/1)          NQUAL
*1          -76- Output of SXS (suspended)                  (0/1)          NQUA
*1          -77- Output of SKY (suspended)                  (0/1)          NQUA
*1          -78- Output of r (susp. sed. concentration)     (0/1)          NQUA
*0          -78b- Output of erosion or deposition rate      (0/1)          NQUA
*** Maps of integral and averaged sediment transports-----
0          -79- Extend averaged map file                    (0/1)          NOUT
1840 86200 84360 -70- Start,end,increment for ng map file  ITMPIA,ITMPIB,IDTM
0          -81- Output of TTXI (time integr ini bedload S)  (0/1)          NQUALT3
0          -82- Output of TTYI (time integr ini bedload S)  (0/1)          NQUALT3
1          -83- Output of TTXA (time integr interv bedload S) (0/1)          NQUALT3

```

```
1      -84- Output of TTYA (time integr interv bedload S)      (0/1) NQUALT3
*0      -85- (sus ini)                                           (0/1) NQUALT
*0      -86- (sus ini)                                           (0/1) NQUALT
*1      -87- (sus interval)                                       (0/1) NQUALT
*1      -88- (sus interval)                                       (0/1) NQUALT
*0      -88a-
* End of input of the transport module TRSTOT/TRSSUS-----
```

Besturingsmodule R14


```

* General data
*
* Case Label Dummy1 Dummy2
* '14b' ' ' 'dum1' 'dum2'
* Restart option: 0 = new run, 1 = restart
0
* Reference date and time
* yyyymmdd hhmmss
19950928 000000
* Starting time, time unit
360. 30.000000
* Backup option (always 0)
0
* Number of modules called
3
* Module Version Input file
2 1 'md-flow.14b'
3 3 'md-tran.14b'
4 1 'md-bott.14b'
* Cycle length of data on communication file
100000
*
* Specification of process tree
*
* Number of branches Number of subprocesses
7 4
* Child-parent relations
* Child node Parent node
1 5
2 5
5 7
3 6
4 6
6 7
7 8
***** Specification of controls *****
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
1 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 5 3 0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
2 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 5 3 0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
3 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 6 3 0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
4 1 0 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 6 3 0
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
5 2 1 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 5 1 1
1480
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
6 2 57 0.
* Start type Start input Update type Update input
2 6 1 1
1480
**** Control no. Stop crit. Second par. Third par.
7 1 0 0.

```

```

*      Start type  Start input  Update type  Update input
      2          7          3          0
* Definition of elementary subprocesses (end nodes)
**** End node no.1  Wave  Flow  Tran  Bott  (0 = off, 1 = on)
      1          0          1          0          0
*      Time intervals
*      Module      Start time  End time
      2          0          1480
**** End node no.2  Wave  Flow  Tran  Bott  (0 = off, 1 = on)
      2          0          0          3          0
*      Time intervals
*      Module      Start time  End time
      3          0          1480
**** End node no.3  Wave  Flow  Tran  Bott  (0 = off, 1 = on)
      3          0          1          0          0
*      Time intervals
*      Module      Start time  End time
      2          1480          2960
**** End node no.4  Wave  Flow  Tran  Bott  (0 = off, 1 = on)
      4          0          0          3          1
*      Time intervals
*      Module      Start time  End time
      3          1480          2960
      4          0          1480
*      End of input

```

Invoerbestand FLOW R14

IDENT
RUNID
RUNTXT

PROCESS MAIN

NAMCONS

DOMAIN GRID DIMENSI
THICK
DISTANC CURVI
SPHERE
UNIFORM
ORIENT

COMGRDF

COMGRDI
SPECIAL DISCH

DRYF

DRYI
THNDAMF

THNDAMI
BARRIER

DEPTH WEIRLOS
SPACEVA

UNIFORM

DEFBNDF

DEFBNDI

INPPAR ADDPROC HEATMOD

TURBMOD
RGDWALL

TIDFORCE

USERDEF

NUM-PAR

Ident = #DELFT3D.UI .02.48.960904#
Runid = #14b#
Runtxt= #run R14 project Z 2489
#dynamische run, susp.
#transport conc rvw incl
#spiraalstr.
#inc;. bodemhellingeffect
Sub1 = # I#
Sub2 = # #
Namc1 = # #
Namc2 = # #
Namc3 = # #
Namc4 = # #
Namc5 = # #
MNKmax= 236 265 1
Thick = 100.000
Filcco= #triscal.grd #
Fmtcco= #FR#
Sphere= #N#
DxDy = [.] [.]
Anglat= 51.5000
Grdang= .0000
Filgrd= #triscal.enc #
Fmtgrd= #FR#
MNgrd = [] []
Namdis= # #
Disint= #Y#
MNKdis= [] [] []
Fildry= # #
Fmtdry= #FR#
MNdry = [] [] [] []
Filttd = #triscal.thd #
Fmttd = #FR#
MNTd = [] [] [] [] #U#
Nambar= # #
MNbar = [] [] # #
MNwlos= [] []
Fildep= #b969510d.dep#
Fmtdep= #FR#
Depuni= [.]
Filbnd= #triscal.opn #
Fmtbnd= #FR#
Nambnd= # #
Typbnd= # #
Datbnd= # #
MNbnd = [] [] [] []
Alpha = [.]
ProfU = #Uniform #
Label = # # #
Ktemp = 0
Fclou = [.]
Sarea = [.]
Tkemod= # #
Irov = 0
Z0v = [.]
Tidfor= # # #

Nprcus= []
Prcusr= # #
Nprinp= [] [] [] []
Eps = [.]
Iter = 2
Dryflp= #MAX #
Dryflc= .150000

RUNTIME				Itdate= #1995-09-28#
				Tunit = #M#
				Dt = .5000
				Tstart= 180.00
				Tstop = 1660.00
				Tzone = .0000
INIR				Restid= # #
INIF				Filic = # #
				Fmtic = #FR#
INII	LEVEL			Zeta0 = 3.0000
	OTHERS			U0 = [.]
				V0 = [.]
				S0 = [.]
				T0 = [.]
				C01 = [.]
				C02 = [.]
				C03 = [.]
				C04 = [.]
				C05 = [.]
				IO = 0.0
BNDCOND	GENERAL	SMOOTH		Tlfsmo= 30.0000
	HYDROAT			Filana= # #
				Filcor= # #
	HYDROHF			FilbcH= # #
				FmtbcH= #FR#
	HYDROHI	FREQ		Omega = [.]
		CMPNENT		Ampab = [.] [.]
				Phsab = [.] [.]
	HYDROTF			FilbcT= #dynamisc.rvw#
				FmtbcT= #FR#
	HYDROTI			TsbcT = [.]
				Ampab = [.] [.]
	PROCESF			FilbcC= # #
				FmtbcC= #FR#
	PROCESI			TsbcC = [.]
				Sab = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Tab = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Cab1 = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Cab2 = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Cab3 = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Cab4 = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
				Cab5 = [.] [.] [.] [.]
				ProfC = [.] #Uniform #
		THRLMAN		Rettis= [.]
				Rettib= [.]
PHYSCOF	HYDRO	GENERAL		Ag = 9.8130
				Rhow = 1023.00
	BEDSTR	XYGEN		Roumet= #M#
		XYVAR		Filrgh= #triscal.man #
				Fmtrgh= #FR#
		UNIFORM		Ccofu = [.]
				Ccofv = [.]
	VIDIF	2D-SPV		FiledY= # #
				Fmtedy= #FR#
		2D-UNIF		Vicouv= 1.0000
				Dicouv= 1
		3D-UNIF		Vicoww= [.]
				Dicoww= [.]

		WIND		Wstres=	[.]	[.]	[.]	[.]
				Rhoa	=	[.]		
		PROCESS DENSITY		Alph0	=	[.]		
				Tempw	=		.0000	
				Salw	=		.0000	
		SECFLOW		Betac	=	1.0		
				Equili	=	#N#		
		ROUWAVE		Rouwav	=	#	#	
		SPECIAL BARRIER	GENERAL	Ergc1	=	[.]		
				Cofbar	=	[.]	[.]	[.]
			SERIESF	Filbar	=	#		#
				Fmtbar	=	#UN#		
			SERIESI	Tsbar	=	[.]	[.]	[.]
		WEIRLOS	GENERAL	Ticrou	=	[.]		
				Thetac	=	[.]		
				Rfelag	=	[.]		
				Rfelng	=	[.]		
				Lwdry	=	#MEAN#		
			COEFF	Hkruv	=	[.]	[.]	
				Crouv1	=	[.]	[.]	
				Crouv2	=	[.]	[.]	
				Lwtype	=	#	#	
		DISCHF		Fildis	=	#		#
				Fmtdis	=	#FR#		
		DISCHI		Tsdis	=	[.]	[.]	
				Cqs	=	[.]		
				Cqt	=	[.]		
				CqcN	=	[.]	[.]	[.]
		METEO	HEAT	SERIESF	Filtmp	=	#	#
				Fmttmp	=	#FR#		
			TEMINT	Temint	=	#Y#		
			SERIESI	Tstmp	=	[.]	[.]	
			WIND	SPACEVA	Wnsvwp	=	#N#	
				SERIESF	Filwnd	=	#	#
				Fmtwnd	=	#FR#		
				Wndint	=	#Y#		
			WINDINT	Tswnd	=	[.]	[.]	[.]
			SERIESI	Filusr	=	#		#
		USERDEF	FILES	Rcousr	=	[.]		
			REALCONS	Icousr	=	[.]		
			INT.CONCS	Ccousr	=	#		#
			CHARCONS	Filsta	=	#stations.trsr		
		OUTPUT	SITE	Fmtsta	=	#FR#		
			STATION	Namst	=	#		#
			GROUPF	MNst	=	[]	[]	
			GROUPI	Filcrs	=	#cross.trsr		#
			CROSS	Fmtcrs	=	#FR#		
			GROUPF	Namcrs	=	#		#
			GROUPI	MNcrs	=	[]	[]	[]
			PARTICL	Filpar	=	#		#
			GROUPF	Fmtpar	=	#FR#		
			GROUPI	Nampar	=	#		#
				Tpar	=	[.]	[.]	
				YXpar	=	[.]	[.]	
				Iparg	=	[]		
				Npari	=	[]		
		QNTTY	PRINT	MAP	PMhydr	=	#YYYYYN#	
					PMproc	=	#YYYYYYYYYNN#	
					PMderv	=	#NNN#	
			PRINT	HIS	PHhydr	=	#YYYYYN#	
					PHproc	=	#YYYYYYYYYNN#	
					PHderv	=	#NNN#	
					PHflux	=	#YYYYY#	
			STORE	MAP	SMhydr	=	#YYYN#	

			SMproc= #YYYYYYYNN#			
			SMderv= #YYNNN#			
	STORE	HIS	SHhydr= #YYYN#			
			SHproc= #YYYYYYYNN#			
			SHderv= #YYNNN#			
			SHflux= #YYYY#			
			Filfou= #		#	
FILES	FOURIER		Prmap = [.]			
	PRINT	MAP	Prhis =	.0000	.0000	.00
		HISTORY	Flmap =	.0000	0.0000	.00
	STORE	MAP	Flhis =	.0000	30.0000	.00
		HISTORY	Flpp =	180.0000	10.0000	1660.0
		COMM	Restrt= #N#			
		RESTART				

Invoerbestand TRAN R14


```

*-----
* Composition of the input file of the transport module
*-----
* project : Westerschelde, drempel van Hansweert
* test1   : Trstot
* datum   : 12-3-1997
*** Module options -----
3         -1- Transport option (1=total, 2=suspended, 3=bed+suspended) MODS
2         1   -2- Bed cond. (1 = gradient-type, 2= concentration),
*             integral/algebraic expression (0/1)
.true.     -3- Instationary/stationary flow (.true./.false.) INST
.true.     -4- Instationary/stationary boundary cond. (.true./.false.) INST
.false.    -5- Wave effects included/not included (.true./.false.) NWA
* If NWAVE Then
.true.     -6- Instationary/stationary wave field (.true./.false.) INST
*** Memory use -----
10000      -9- Maximum number of flow fields MAXF
* If NWAVE Then -11-
*10        -11- Maximum number of wave fields MAXW
*** Time parameters -----
5          0   -13- Time step, number of initial timesteps IDTS,NTSI
10000      -15- Cycle length flow ITPE
* If NWAVE Then
*740       -16- Cycle length waves ITPE
*** Specification spiral motion effects -----
1          -17- Spiral flow effect on bed load yes/no included (1/0) LSEC
* If LSECBO Then
1          -18- Correction coefficient spiral motion effect on direction
1          -19- Spiral flow effect on susp. tr. yes/no included (1/0) LSEC
1.00       -20- Correction coefficient for the shields number FYTA
1.5        1   -21- Coefficients slope effect ASHLD,BSHL
*** Bed characteristics -----
.false.    -22- Fixed layers present/not present (.true./.false.) NVA
* -1       -23- non uniform distribution read from file
* md-depth.fx4
*0.1       -26-
.00001     -27- Initial concentration
3 2        -30-
*** Boundary conditions---MODSDA = 1 or 3 -----
* If MODSDA = 1 or 3 Then -31- (NTO-times)
1 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
2 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
3 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
4 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
5 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
6 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
7 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
8 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
9 0        -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
10 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
11 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
12 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
13 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
14 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
15 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
16 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
17 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
18 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
19 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
20 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
21 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
22 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
23 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND
24 0       -31.1- Boundary number and type (number,0/1) IBNDNR,IBND

```

```

25 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
26 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
27 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
28 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
29 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
30 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
31 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
32 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
33 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
34 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
35 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
36 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
37 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
38 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
39 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
40 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
41 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
42 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
43 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
44 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
45 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
46 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
47 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
48 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
49 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
50 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
51 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
52 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
53 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
54 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
55 0      -31.1- Boundary number and type      (number,0/1) IBNDNR,IBND
*****
1          -34- Option dispersion coefficient (1 = specified, 2= computed)
1.0        -35- Dispersion coefficient
.02        -39- Fall velocity suspended sediment
*** General sediment parameters-----
2650       -40- Density of sediment                      RHOS
1.0E-6     -41- Kinematic viscosity of water             RNU
.000240    -42- Grain size for transp. rel. D50
.0 0.01    -45a- ZA, ZB
* If NWAVE Then
* 2.0      -45b-
*** Sediment transport relation-----
7          -46- Number of transport formula              IFOR
*-----
#7         Van Rijn (1984)
*-----
1.0        -47.7.1-                                       ALF1
.000350    -47.7.2-                                       D90
.20        -47.7.3-                                       RKSC
.02        -47.7.4-                                       WS
# End of specification of transport relation
*-----
*
* If MODSDA = 1 or 3 Then -48-
10.0       -48- Coefficient bed slope effect, bottom     ALFA
10.        -49- Coefficient bed slope effect, susp.      ALFA
1          -50- Option numerical scheme                  NSTA
8.0 0.4    -50a Power of transport relation, porosity    BBTRS,PORS
* If NSTAB = 1 or 3 or 4 or 6 Then -51-
0.0        -51- Stability coefficient                     ALFS
0 .900     -53- Automatic timestep (1/0), maximum Courant number NTYDA,CRNM
* If NSTAB > 4 or NTYDA = 1 Then -54-
*3         -54- Time averaging option                     INT

```

```

*** Output definition-----
OUTPUT DATA -55- Prescribed string preceeding the output records
1           -56- Output option                      (0/1)          MODD
*** Time histories-----
0           -57- Extend/overwrite history file      (0/1)          NOUT
    0 86200 40   -58- Start,end,increment for history file  ITHISA,ITHISB,IDTH
    26          -59- Number of locations for output sx,sy,sr,stx,sty,str etc. NOSE
* If NOSED >0 Then -60- NOSED-times
1  143 33      -60-                                I,MC(I),NC(I)
2   88 72      -60-                                I,MC(I),NC(I)
3  162 121     -60-                                I,MC(I),NC(I)
4  160 165     -60-                                I,MC(I),NC(I)
5  149 196     -60-                                I,MC(I),NC(I)
6  122 239     -60-                                I,MC(I),NC(I)
7   96 99
8   98 98
9  105 95
10 117 93
11 125 91
12 131 87
13  86 100
14 133 88
15 109 103
16 129 117
17 138 126
18 125 101
19 140 113
20 156 124
21 109 105
22 101 78
23 104 92
24 124 102
25 110 76
26 114 90
0           -61- Number of cross-sections of type ksi=constant      NTRA
* If NTRAU > 0 Then -62- NTRAU-times
*
0           -63- Number of cross-sections of type eta=constant      NTRA
* If NTRAV > 0 Then -64- NTRAV-times
*1  182 62 167
*****
26          -65-
1  143 33      -66-                                I,MC(I),NC(I)
2   88 72      -66-                                I,MC(I),NC(I)
3  162 121     -66-                                I,MC(I),NC(I)
4  160 165     -66-                                I,MC(I),NC(I)
5  149 196     -66-                                I,MC(I),NC(I)
6  122 239     -66-                                I,MC(I),NC(I)
7   96 99
8   98 98
9  105 95
10 117 93
11 125 91
12 131 87
13  86 100
14 133 88
15 109 103
16 129 117
17 138 126
18 125 101
19 140 113
20 156 124
21 109 105
22 101 78

```

```

23 104 92
24 124 102
25 110 76
26 114 90
0      -66b-
*** Initial maps-----
0      -67- Output of grain size distribution D50      (0/1)      NQUAL
0      -68- Output of grain size distribution D90      (0/1)      NQUAL
*** Time dependent maps of non-time averaged functions-----
0      -69- Extend time dependent map file              (0/1)      NOUT
71040 81400 120 -70- Start,end,increment for ng map file ITMPIA,ITMPIB,IDTMPI
0      -71- Output of CZU                                (0/1)      NQUALT
0      -72- Output of CZV                                (0/1)      NQUALT
1      -73- Output of RSP                                (0/1)      NQUALT
1      -74- Output of SX (bed load)                      (0/1)      NQUALT
1      -75- Output of SY (bed load)                      (0/1)      NQUALT
1      -76- Output of SXS (suspended)                   (0/1)      NQUALT1
1      -77- Output of SXY (suspended)                   (0/1)      NQUALT1
1      -78- Output of r (susp. sed. concentration)      (0/1)      NQUALT1
0      -78b- Output of erosion or deposition rate        (0/1)      NQUALT1
*** Maps of integral and averaged sediment transports-----
0      -79- Extend averaged map file                      (0/1)      NOUT
71040 81400 1480 -70- Start,end,increment for ng map file ITMPIA,ITMPIB,IDTM
0      -81- Output of TTXI (time integr ini bedload S)  (0/1)      NQUALT3
0      -82- Output of TTYI (time integr ini bedload S)  (0/1)      NQUALT3
1      -83- Output of TTXA (time integr interv bedload S) (0/1)      NQUALT3
1      -84- Output of TTYA (time integr interv bedload S) (0/1)      NQUALT3
0      -85- (sus ini)                                    (0/1)      NQUALT3
0      -86- (sus ini)                                    (0/1)      NQUALT3
1      -87- (sus interval)                               (0/1)      NQUALT3
1      -88- (sus interval)                               (0/1)      NQUALT3
0      -88a-
* End of input of the transport module TRSTOT/TRSSUS-----

```