



Gemeentelijk
Havenbedrijf
Antwerpen

Ministerie van de
Vlaamse Gemeenschap
Afdeling Maritieme
Toegang (AWZ)



**Onderzoek naar de effecten op het milieu bij het terugstorten van
baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde**



HOOFDRAPPORT

Mei 2004

I/RA/11239/04.020/CMA



International Marine & Dredging Consultants N.V.

Wirijkstraat 37-45 (bus 4) – Antwerpen
Tel : 03 270 92 95 - Fax : 03 235 67 11
Email : imdc@technum.be

**MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP
ADMINISTRATIE WATERWEGEN EN ZEEWEZEN
AFDELING MARITIEME TOEGANG**

GEMEENTELIJK HAVENBEDRIJF ANTWERPEN

**ONDERZOEK NAAR DE EFFECTEN OP HET MILIEU BIJ HET
TERUGSTORTEN VAN BAGGERSPECIE IN DE BENEDEN-
ZEESCHELDE**

HOOFDRAPPORT

MEI 2004

I/RA/11239/04.020/CMA

Documentcontroleblad

Document Identificatie

Titel:	Onderzoek ten behoeve van de milieuvergunningsaanvraag voor het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde
Project:	Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok
Opdrachtgever	Gemeentelijk havenbedrijf Antwerpen
Referentienummer:	I/RA/11239/04.020/CMA
Auteur	Chantal Martens, Marc Sas, Els Stoops, Jos Smits
Versie - datum	4.0 26/05/2004

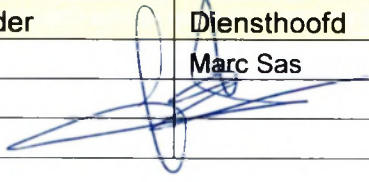
Revisies

Versie	Datum	Auteur	Omschrijving
1.0	1/04/2004	CMA,EST,MSA,JSS	Eerste ontwerpversie
2.0	26/04/2004	CMA, EST, MSA	Aanpassingen na bespreking stuurgroep 14/04/2004
3.0	13/05/2004	EST, MSA	Aanpassingen na bespreking stuurgroep 06/05/2004
4.0	26/05/2004	EST, MSA	Aanpassingen na bespreking stuurgroep 18/05/2004

Verdeellijst

Naam	Bedrijf/overheid	Functie m.b.t. het project
Stuurgroepleden optimalisatie baggerwerken Deurganckdok		
Aanvraagdossier Milieuvergunning Antwerpen		
Aanvraagdossier Milieuvergunning Oost-Vlaanderen		

Goedkeuring

Versie	Datum	Auteur	Projectleider	Diensthofd
4.0	26/05/2004	EST, MSA	Marc Sas	Marc Sas
				

Inhoudstafel

INHOUDSTAFEL	II
LIJST FIGUREN HOOFDRAPPORT	VI
LIJST FIGUREN BIJLAGERAPPORT	VIII
LIJST TABELLEN HOOFDRAPPORT	XIII
LIJST TABELLEN BIJLAGERAPPORT	XV
GEBRUIKTE AFKORTINGEN	XVI
1. INLEIDING	1
1.1. DOEL VAN DE STUDIE	1
1.2. UITVOEREN BAGGERWERKEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE IS NIET NIEUW	1
1.3. JURIDISCHE CONTEXT.....	2
1.3.1. <i>Europese context</i>	2
1.3.2. <i>Vergunningsplicht</i>	2
1.3.3. <i>De lopende milieuvergunning</i>	3
1.3.4. <i>De huidige milieuvergunningsaanvraag</i>	4
1.4. ACHTERGRONDINFORMATIE M.B.T. HET ONDERZOEK	4
1.4.1. <i>De opdracht</i>	4
1.4.2. <i>Overzicht van de studie</i>	5
1.4.3. <i>Overzicht van de rapporten</i>	5
1.5. STUURGROEP	5
1.6. OVERZICHT VAN DIT RAPPORT	6
2. BEGRIPSOMSCHRIJVINGEN	7
2.1. GEOTECHNISCHE BEGRIPPEN.....	7
2.2. BAGGERTECHNISCHE BEGRIPPEN	8
2.3. RIVIERKUNDIGE BEGRIPPEN	15
2.4. FYSISCH BEGRIPPEN	16
2.5. BIOLOGISCHE BEGRIPPEN.....	18
2.6. ECOTOXICOLOGISCHE BEGRIPPEN	18
2.7. ANDERE BEGRIPPEN.....	18
3. BESCHRIJVING VAN DE HUIDIGE TOESTAND : HYDRAULISCH SEDIMENTOLOGISCH REGIME IN DE BENEDEN ZEESCHELDE	21
3.1. INLEIDING	21
3.2. HET GETIJ.....	21
3.2.1. <i>Gemiddeld tij gedurende het decennium 1991-2000</i>	22
3.3. STROMINGEN	22
3.4. DEBIETEN.....	29
3.4.1. <i>Lokale debieten (eb en vloed), eb- en vloedvolumes</i>	29
3.4.2. <i>Bovendebieten</i>	29
3.5. ZOUTGEHALTE	31
3.5.1. <i>Saliniteitsamplitude</i>	34
3.5.2. <i>Variaties van saliniteit over een getij en kentering</i>	36
3.5.3. <i>Langsgradiënten</i>	42
3.6. SLIB IN SUSPENSIE	42

3.6.1.	<i>Slibconcentratie</i>	42
3.6.2.	<i>Turbiditeitsmaximum - langsgradiënten</i>	49
3.6.3.	<i>Slibtransporten</i>	51
3.6.4.	<i>Aanvoer van sediment uit de bovenrivieren</i>	51
3.7.	SLIBAFZETTINGEN	52
3.7.1.	<i>In de toegangseu</i>	52
3.7.2.	<i>In de vaargeul</i>	52
3.7.3.	<i>Op de slikken</i>	52
3.7.4.	<i>Inschatting van slibafzetting via numerieke modellering</i>	53
3.8.	CHEMISCHE KARAKTERISTIEKEN	58
3.8.1.	<i>Waterbodem</i>	58
3.8.2.	<i>Waterkolom</i>	63
3.9.	ECOLOGISCHE BESCHRIJVING	74
3.9.1.	<i>Algemene ecologische beschrijving van het Schelde-estuarium</i>	74
3.9.2.	<i>Ecologische bespreking van de Beneden-Zeeschelde</i>	78
4.	PROJECTOMSCHRIJVING	80
4.1.	BESCHRIJVING VAN DE BAGGERWERKEN IN DE BENEDEN ZEESCHELDE	80
4.1.1.	<i>Inleiding</i>	80
4.2.	HISTORIEK VAN DE BAGGERWERKEN	81
4.2.1.	<i>Algemene beschouwingen</i>	81
4.2.2.	<i>Globale historie</i>	83
4.2.3.	<i>Recente Historiek</i>	83
4.3.	BESCHRIJVING VAN DE STORTZONES	84
4.3.1.	<i>Vergunde stortzones</i>	84
4.3.2.	<i>Beschrijving van de vergunde stortzones</i>	84
4.3.3.	<i>Stortzones in de milieuverguningsaanvraag</i>	85
4.4.	TECHNISCHE KENMERKEN	88
4.4.1.	<i>De vaargeul in de Beneden Zeeschelde</i>	88
4.4.2.	<i>Het Deurganckdok en de toegangseu</i>	89
4.5.	KARAKTERISTIEKEN EN VOLUMES TE STORTEN MATERIAAL	92
4.5.1.	<i>Specie uit de vaargeul in de Beneden Zeeschelde</i>	92
4.5.2.	<i>Onderhoudsspecie uit het Deurganckdok en de toegangseu</i>	94
4.6.	DUURZAAM BEHEER VAN DE BENEDEN ZEESCHELDE	95
4.6.1.	<i>Randvoorwaarden</i>	95
4.6.2.	<i>Doelstellingen voor het Schelde-estuarium</i>	95
4.6.3.	<i>Planning van de baggerwerken</i>	96
4.6.4.	<i>BATNEEC</i>	98
5.	TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE MOGELIJKE BAGGERSCENARIO'S	100
5.1.	HUIDIGE ONDERHOUDSBAGGERWERKEN IN DE BENEDEN ZEESCHELDE	100
5.2.	WEERHOUDEN BAGGERSCENARIO UIT HET MER DEURGANCKDOK	100
5.3.	ONDERZOEK INZAKE DE REDUCTIE VAN DE SEDIMENTATIE IN HET DEURGANCKDOK	101
5.3.1.	<i>Preventie van aanslibbing</i>	101
5.3.2.	<i>Het aanslibbingsmechanisme</i>	101
5.3.3.	<i>Technieken om de aanslibbing te reduceren of te verwijderen</i>	102
5.4.	BAGGER- EN STORTSCENARIO VOOR BENEDEN-ZEESCHELDE EN DEURGANCKDOK	105
5.4.1.	<i>Omschrijving van de baggerwerkzaamheden</i>	105
5.4.2.	<i>Onderzoek stortscenario's</i>	105
6.	MOGELIJKE EFFECTEN VAN HET ONDERHOUDS-BAGGERWERK EN BEPALING MEEST MILIEUVRIENDELIJK ALTERNATIEF	107
6.1.	INLEIDING	107
6.2.	MOGELIJKE EFFECTEN OP HET FYSISCH SYSTEEM	107
6.2.1.	<i>Morfologie</i>	107

6.2.2.	<i>Turbiditeit - sedimentbewegingen</i>	119
6.2.3.	<i>Mogelijke ecologische effecten</i>	129
6.3.	MEEST MILIEUVRIENDELIJK ALTERNATIEF	137
6.3.1.	<i>Alternatieve baggerprocedures</i>	137
6.3.2.	<i>Alternatieve slibbergingstechnieken</i>	137
6.3.3.	<i>Infrastructurele alternatieven</i>	146
6.4.	BESLUITEN	146
7.	LEEMTEN IN DE KENNIS	148
7.1.	INLEIDING	148
7.2.	STORTGERELATEERDE ASPECTEN	148
7.3.	GLOBALE AANDACHTSPUNTEN	149
8.	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	150
8.1.	ONDERZOEKSKADER EN VERGUNNINGSPLICHT	150
8.2.	ACTUELE SYSTEEMBESCHRIJVING BENEDEN-ZEESCHELDE	151
8.3.	UITVOEREN BAGGERWERKEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE IS NIET NIEUW	152
8.4.	OP ZOEK NAAR EEN DUURZAME BAGGERSTRATEGIE	155
8.4.1.	<i>Doelstellingen</i>	155
8.4.2.	<i>Alternatieve baggerprocedures</i>	155
8.4.3.	<i>Alternatieve slibbergingstechnieken</i>	156
8.4.4.	<i>Infrastructurele alternatieven</i>	159
8.5.	BESLUITEN INZAKE HET MEEST MILIEUVRIENDELIJKE ALTERNATIEF	160
9.	LITERATUURLIJST	162
APPENDIX 0	INLEIDING	A-1
APP 0-1	DOEL VAN DE STUDIE	A-1
APP 0-2	OVERZICHT VAN DIT RAPPORT	A-1
APPENDIX 1	BESCHRIJVING VAN HET MODEL	A-3
APP 1-1	DE SOFTWARE	A-3
APP 1-2	OPBOUW VAN HET MODEL	A-3
APP 1-2.1	<i>Het modelrooster</i>	A-3
APP 1-2.2	<i>Het sigma rooster</i>	A-4
APP 1-2.3	<i>De modelranden</i>	A-5
APP 1-2.4	<i>Rekentijd van het model</i>	A-5
APP 1-3	GEbruikte GEGEVENS	A-6
APP 1-3.1	<i>Hydraulische Randvoorwaarden</i>	A-6
APP 1-3.2	<i>Saliniteit</i>	A-6
APP 1-3.3	<i>Sediment</i>	A-6
APP 1-3.4	<i>Bathymetrie</i>	A-7
APPENDIX 2	WEERGAVE VAN DE (INITIELE) SEDIMENTWOLK BIJ HET	
STORTEN	A-8	
APPENDIX 3	STORTEN OP DE PLAAT VAN BOOMKE EN PUNT VAN MELSELE	
	A-9	
APP 3-1	STORTSTRATEGIE EN UITGEREKENDE SCENARIO'S	A-9
APP 3-2	VERWERKING VAN DE RESULTATEN	A-11
APP 3-3	DE EFFICIËNTIE VAN DE STORTACTIVITEITEN	A-13
APP 3-4	DE TURBIDITEIT	A-15
APP 3-5	EFFECT VAN HET TERUGSTORTEN VAN BAGGERSPECIE OP DE	
SEDIMENTATIESNELHEID	A-22	
APP 3-6	MEERDERE STORTINGEN NA ELKAAR	A-41

APPENDIX 4	STORTEN OP ANDERE LOCATIES..... A-49
APP 4-1	INLEIDING A-49
APP 4-1.1	Verwerking van de resultaten..... A-49
APP 4-2	STORTEN OP NOORD BALLAST..... A-50
APP 4-2.1	Inleiding A-50
APP 4-2.2	Stortlocatie A-50
APP 4-2.3	Bespreking..... A-50
APP 4-2.4	Besluit..... A-53
APP 4-3	STORTEN OP DE PLAAT VAN DE PAREL..... A-54
APP 4-3.1	Inleiding A-54
APP 4-3.2	Stortlocatie A-54
APP 4-3.3	Bespreking..... A-54
APP 4-3.4	Besluit..... A-59
APP 4-4	STORTEN AAN BOEI 84 A-60
APP 4-4.1	Inleiding A-60
APP 4-4.2	Stortlocatie A-60
APP 4-4.3	Bespreking..... A-60
APP 4-4.4	Besluit..... A-63
APPENDIX 5	STORTEN OP DE VLAKTE VAN HOBOKEN..... A-64
APP 5-1	AANVULLENDE ANALYSE EFFECT VAN BAGGERSTORTEN OP SEDIMENT IN
SUSPENSIE	A-64
APP 5-2	AANVULLENDE ANALYSE: EFFECT VAN HET TERUGSTORTEN VAN BAGGERSPECIE
OP SEDIMENTATIESNELHEID	A-65
APPENDIX 6	TECHNIEKEN OM DE AANSLIBBING TE REDUCEREN A-74
APP 6-1	TECHNIEKEN OM DE AANSLIBBINGEN TE REDUCEREN A-74
APP 6-1.1	Afsluiten van het dok door een sluis A-74
APP 6-1.2	Reduceren van de doorsnede van ingang van het dok ofwel door vermindering
van de breedte of van de diepte	A-75
APP 6-1.3	Aanbrengen van een krib die de stroming afleidt naar het midden van de
Schelde	A-75
APP 6-1.4	Aanbrengen van een drempel (onder water) om de waterlagen met de hoge
slibconcentratie af te leiden naar het midden van de Schelde	A-76
APP 6-1.5	Bouwen van een Current Deflecting Wall..... A-76
APP 6-1.6	Uitbaggeren van een sedimentvang in de ingang van het dok A-77
APP 6-1.7	Uitbaggeren van een verdieping in de Schelde ter hoogte van het dok..... A-77
APP 6-1.8	Injecteren van zout water in het dok A-77
APP 6-1.9	Verhogen van het bovendebiet in de Schelde A-79
APP 6-1.10	Verlagen van het bovendebiet in de Schelde A-79
APP 6-1.11	Aanbrengen van een luchtbellenscherm A-79
APP 6-1.12	Aanbrengen van een overvaarbaar slibscherm A-80
APP 6-1.13	Aanbrengen van een waterscherm A-81
APP 6-1.14	Injecteren van warm water uit een elektriciteitscentrale A-81
APP 6-2	INNOVATIEVE VERWIJDERINGSTECHNIEKEN A-81
APP 6-2.1	Een slibgemaal..... A-82
APP 6-2.2	Spuien van het dok door inschakeling van de haven op linkeroever..... A-83
APP 6-2.3	Het terugpompen van het slibhoudend Scheldewater..... A-83
APPENDIX 7	SLIKKEN EN SCHORREN A-90
APPENDIX 8	CHEMISCHE KARAKTERISTIEKEN: BAGGERPLAATSEN ... A-103
APPENDIX 9	: SITUERING VAN DE VOGELRICHTLIJN-, HABITATRICHTLIJN- EN RAMSARGEBIEDEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE..... A-106

Lijst figuren hoofdrapport

FIGUUR 2-1 : SLEEPHOPPERZUIGER.....	10
FIGUUR 2-2 : PLOEG OF SWEEPBEAM.....	11
FIGUUR 2-3 : OVERZICHT FYSISCHE ENTITEITEN BENEDEN-ZEESCHELDE STROOMAFWAARTS ANTWERPEN	19
FIGUUR 2-4 : OVERZICHT FYSISCHE ENTITEITEN BENEDEN-ZEESCHELDE STROOMOPWAARTS KALLOSLUIS	20
FIGUUR 3-1 : SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, VIER UUR VOOR HW	24
FIGUUR 3-2 : SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR VOOR HW	25
FIGUUR 3-3 : SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, HW	26
FIGUUR 3-4 : SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR NA HW	27
FIGUUR 3-5 : SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 4 UUR NA HW	28
FIGUUR 3-6 : JAARGEMIDDELDE BOVENDEBIETEN TE SCHELLE (1950-2003)(DATA AMT)	30
FIGUUR 3-7 : VERGELIJKING TUSSEN DE DECADEGEMIDDELDE BOVENDEBIETEN TE SCHELLE VOOR DE JAREN 2000 TOT 2002 (DATA AMT).....	30
FIGUUR 3-8 : VERLOOP VAN DE SALINITEIT LANGS DE SCHELDE	31
FIGUUR 3-9 : OOSTERWEEL (VALEPORT 208, -1 M TAW, VAST), (A) MAXIMALE EN MINIMALE SALINITEIT PER GETIJ EN DAGGEMIDDELD BOVENDEBIET TE SCHELLE, (B) SALINITEITS- EN TIJVERSCHIL TE OOSTERWEEL. OKTOBER '97 – DECEMBER '98.....	32
FIGUUR 3-10 : PROSPERPOLDER (VALEPORT 602, -1 M TAW, VAST), (A) MAXIMALE EN MINIMALE SALINITEIT PER GETIJ EN DAGGEMIDDELD BOVENDEBIET TE SCHELLE, (B) SALINITEITS- EN TIJVERSCHIL TE PROSPERPOLDER. OKTOBER '97 – DECEMBER '98.	33
FIGUUR 3-11 : HYSTERESIS VAN DECADEGEMIDDELDE SALINITEIT T.O.V. HET BOVENDEBIET. (A) TE OOSTERWEEL (VALEPORT 208, -1 M TAW, VAST) EN (B) TE PROSPERPOLDER (VALEPORT 603, -1 M TAW, VAST).	35
FIGUUR 3-12 : LILLO : RELATIEVE SALINITEITSCURVE BIJ DOODTIJ (MEETPERIODE 97-98).....	37
FIGUUR 3-13 : LILLO : RELATIEVE SALINITEITSCURVE BIJ DOODTIJ (MEETPERIODE 2002).....	37
FIGUUR 3-14 : LILLO : RELATIEVE SALINITEITSCURVE BIJ SPRINGTIJ (MEETPERIODE 97-98).....	38
FIGUUR 3-15 : LILLO : RELATIEVE SALINITEITSCURVE BIJ SPRINGTIJ (MEETPERIODE 2002).....	38
FIGUUR 3-16 : BOEI 84 (-5.8M OPP) RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ DOODTIJ (MEETPERIODE 97-98).....	39
FIGUUR 3-17 : BOEI 84 (-7.8 M OPP) RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ DOODTIJ (MEETPERIODE 97-98).....	39
FIGUUR 3-18 : BOEI 84 RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ DOODTIJ (MEETPERIODE 2002)	40
FIGUUR 3-19 : BOEI 84 (-5.8M) RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ SPRINGTIJ (MEETPERIODE 97-98)	40
FIGUUR 3-20 : BOEI 84 (-7.8 M) RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ SPRINGTIJ (MEETPERIODE 97-98).....	41
FIGUUR 3-21 : BOEI 84 RELATIEVE SALINITEITSKURVE BIJ SPRINGTIJ (MEETPERIODE 2002)	41
FIGUUR 3-22 : VERGELIJKING TUSSEN DE GEMETEN TURBIDITEITEN	49
FIGUUR 3-23 : VARIATIE VAN DE HOEVEELHEID ZWEVENDE STOF IN TIJD EN RUIMTE (VAN DAMME ET AL.)	50
FIGUUR 3-24 : GEMODELLEERDE SLIBAFZETTING IN KG/M ² PER SPRINGTIJ, SIMULATIE HUIDIGE TOESTAND.	54
FIGUUR 3-25 : SCHEMATISCHE VOORSTELLING FYSISCHE ENTITEITEN IN EEN DWARSPROFIEL	55
FIGUUR 3-26 : AFBAKENING GEBIEDEN VOOR ANALYSE SEDIMENTATIE EN EROSIE GEDRAG	57
FIGUUR 3-27 : SITUERING MEETPLAATSEN (VMM,2003).....	59
FIGUUR 3-28 : LIGGING WATERKWALITEITSMETINGEN VMM	64
FIGUUR 3-29 : INDELING VAN HET SCHELDE ESTUARIUM IN 20 COMPARTIMENTEN, GEBASEERD OP HET MOSES EN OMES MODEL, EN IN ZEVEN VERSCHILLENDE ZONES. (VAN DAMME ET AL. 1999).	74
FIGUUR 4-1 : PROCENTUELE BIJDRAGE VAN DE INDIVIDUELE BAGGERLOCATIES TOT HET TOTAAL AAN GEBAGGERD MATERIAAL VOOR DE PERIODE 1998-2003	84
FIGUUR 4-2 : LOCALISATIE VAN DE VERGUNDE STORTZONES	86
FIGUUR 4-3 : LOCALISATIE VAN DE AANGEVRAAGDE STORTZONE VLAKTE VAN HOBOKEN.....	87
FIGUUR 4-4 : EVOLUTIE DIEPGANG CONTAINERSCHEPEN	90
FIGUUR 4-5 : SCHETS BEPALING AANLEGDIEPTE DEURGANCKDOK.....	91
FIGUUR 4-6 : TOTALE GESTORTE HOEVEELHEID IN DE PERIODE 1961-2003, OPGESPLITST NAAR SLIB EN ZAND	93
FIGUUR 4-7 : GESTORTE HOEVEELHEDEN PER STORTLOKATIE, EN HOEVEELHEDEN OPGESPOTEN SPECIE.....	94
FIGUUR 6-1 : EVOLUTIE VAN DE NUL-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1980 EN 2002 OP DE SCHAAR VAN OUDEN DOEL.....	109
FIGUUR 6-2 : EVOLUTIE VAN DE NUL-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1997 EN 2003 OP PUNT VAN MELSELE.....	110
FIGUUR 6-3 : EVOLUTIE VAN DE NUL-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1981 EN 2001 OP DE PLAAT VAN BOOMKE. ...	110

FIGUUR 6-4 : EVOLUTIE VAN DE TWEE-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1980 EN 2002 OP DE SCHAAR VAN OUDEN DOEL.	113
FIGUUR 6-5 : EVOLUTIE VAN DE TWEE-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1980 EN 2001 OP DE PLAAT VAN BOOMKE. .	114
FIGUUR 6-6 : EVOLUTIE VAN DE TWEE-METER-DIEPTELIJN TUSSEN 1997 EN 2003 OP PUNT VAN MELSELE.	115
FIGUUR 6-7 : NUL-METER-DIEPTELIJN EN TWEE-METER-DIEPTELIJN OP VLAKTE VAN HOBOKEN (2003).	118
FIGUUR 6-8 : WEG VAN EEN SLIBDEELTJE TIJDENS EEN TIJCYCLUS BIJ LOZING IN DE SCHAAR VAN OUDEN DOEL	120
FIGUUR 6-9 : WEG VAN EEN SLIBDEELTJE TIJDENS EEN TIJCYCLUS BIJ STORTING AAN HET WATEROPPERVLAK THV DE PLAAT VAN BOOMKE TIJDENS EB.	121
FIGUUR 6-10 : WEG VAN EEN SLIBDEELTJE TIJDENS EEN TIJCYCLUS BIJ STORTING AAN HET WATEROPPERVLAK THV DE PLAAT VAN BOOMKE TIJDENS VLOED.	122
FIGUUR 6-11 : WEG VAN EEN SLIBDEELTJE TIJDENS EEN TIJCYCLUS BIJ LOZING AAN HET WATEROPPERVLAK THV DE PUNT VAN MELSELE TIJDENS VLOED.	123
FIGUUR 6-12 : WEG VAN EEN SLIBDEELTJE TIJDENS EEN TIJCYCLUS BIJ LOZING AAN HET WATEROPPERVLAK THV DE VLAKTE VAN HOBOKEN GEDURENDE EB EN VLOED.	124
FIGUUR 6-13 : VARIATIE VAN DE HOEVEELHEID ZWEVENDE STOF IN TIJD EN RUIMTE (VAN DAMME ET AL)	125
FIGUUR 6-14 : TURBIDITEITEN TE BOEI 84 : VERGELIJKING JUNI AUGUSTUS 1998 VS 2000	127
FIGUUR 6-15 : TURBIDITEITEN TE OOSTERWEEL : VERGELIJKING JUNI –AUGUSTUS 1998 VS 2002	128
FIGUUR 6-16 : EFFECTEN VAN STORTEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ).....	134
FIGUUR 6-17 : EFFECTEN VAN STORTEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ)	134
FIGUUR 6-18 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN- ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ)	135
FIGUUR 6-19 : INVLOED VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S OP DE TURBIDITEIT	140
FIGUUR 6-20 : INVLOED VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S OP DE SEDIMENTATIESNELHEID	141
FIGUUR 6-21 : INVLOED VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S OP DE GRENDOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN	142
FIGUUR 6-22 : INVLOED VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S OP DE EFFECTIVITEIT VAN DE BAGGERWERKEN ..	143
FIGUUR 6-23 : ALGEMEEN BEELD VAN DE ONDERZOCHE SCENARIO'S.....	144
FIGUUR 8-1 : TOTALE GESTORTE HOEVEELHEID IN DE PERIODE 1961-2003, OPGESPLITST NAAR SLIB EN ZAND...	153

Lijst figuren bijlagerapport

FIGUUR A- 1 : HET GEBRUIKTE REKENROOSTER DAT ZICH UITSTREKT VAN SCHELLE TOT WAARDE	A-4
FIGUUR A- 2 : STORTLOCATIE PLAAT VAN BOOMKE.....	A-9
FIGUUR A- 3 : STORTLOCATIE PUNT VAN MELSELE.....	A-10
FIGUUR A- 4 : AFBAKENING VAN DE GEBIEDEN, GEBRUIKT VOOR DE SEDIMENTATIE IN DE NAUTISCH BELANGRIJKE GEBIEDEN	A-12
FIGUUR A- 5 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN PUNT VAN MELSELE EN PLAAT VAN BOOMKE.....	A-13
FIGUUR A- 6 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN PUNT VAN MELSELE EN PLAAT VAN BOOMKE.....	A-14
FIGUUR A- 7 : LOCATIES ANALYSE SEDIMENT IN SUSPENSIE: STORTLOCATIES PLAAT VAN BOOMKE EN PUNT VAN MELSELE.....	A-16
FIGUUR A- 8 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMAFWAARTS TE KALLO (-5/-3 km).....	A-17
FIGUUR A- 9 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMOPWAARTS TE ROYERSSLUIS (4/6 km).....	A-17
FIGUUR A- 10 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE LILLO (-10/-8 km)	A-18
FIGUUR A- 11 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE HEMIKSEM (14/16 km)A-18	
FIGUUR A- 12 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE AAN DE EUROPATERMINAL (-15/-10 km).....	A-19
FIGUUR A- 13 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE BATH (-24/-22 km)...	A-19
FIGUUR A- 14 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR DE SIMULATIE MET ENKEL PLAAT VAN BOOMKE. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD. LANGDURIGE METINGEN VAN 1997-1998:(MAXIMUM GEMETEN) MAXIMALE MAXIMUMCONCENTRATIE; (MEAN GEMETEN) MAXIMALE GEMIDDELDE VLOEDCONCENTRATIE.	A-20
FIGUUR A- 15 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR DE SIMULATIE MET PLAAT VAN BOOMKE EN PUNT VAN MELSELE. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD. LANGDURIGE METINGEN VAN 1997-1998:(MAXIMUM GEMETEN) MAXIMALE MAXIMUMCONCENTRATIE; (MEAN GEMETEN) MAXIMALE GEMIDDELDE VLOEDCONCENTRATIE.	A-21
FIGUUR A- 16 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) SCHORRENGEBIED, LINKEROEVER	A-25
FIGUUR A- 17 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) SCHORRENGEBIED, LINKEROEVER.....	A-25
FIGUUR A- 18 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SCHORRENGEBIED LINKEROEVER...	A-26
FIGUUR A- 19 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) SLIKKEN, LINKEROEVER	A-26
FIGUUR A- 20 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) SLIKKEN, LINKEROEVER.....	A-27
FIGUUR A- 21 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SLIKKEN, LINKEROEVER.....	A-27
FIGUUR A- 22 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED LINKEROEVER.....	A-28
FIGUUR A- 23 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED LINKEROEVER	A-28
FIGUUR A- 24 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED LINKEROEVERA-29	
FIGUUR A- 25 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERZONE EN DE VAARGEUL, LINKEROEVER.....	A-29

FIGUUR A- 26 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERZONE EN DE VAARGEUL, LINKEROEVER	A-30
FIGUUR A- 27 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERZONE EN DE VAARGEUL, LINKEROEVER	A-30
FIGUUR A- 28 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) KALLOSLUIS EN DEURGANCKDOK	A-31
FIGUUR A- 29 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ)) KALLOSLUIS EN DEURGANCKDOK	A-31
FIGUUR A- 30 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ)) KALLOSLUIS EN DEURGANCKDOK	A-32
FIGUUR A- 31 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) VAARGEUL	A-32
FIGUUR A- 32 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) VAARGEUL	A-33
FIGUUR A- 33 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) VAARGEUL	A-33
FIGUUR A- 34 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) TOEGANGSGEULEN RECHTEROEVER	A-34
FIGUUR A- 35 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) TOEGANGSGEULEN RECHTEROEVER	A-34
FIGUUR A- 36 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR NAUTISCHEGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) TOEGANGSGEULEN RECHTEROEVER	A-35
FIGUUR A- 37 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERZONE EN DE VAARGEUL, RECHTEROEVER	A-35
FIGUUR A- 38 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED RECHTEROEVER	A-36
FIGUUR A- 39 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED RECHTEROEVER	A-36
FIGUUR A- 40 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED RECHTEROEVER	A-37
FIGUUR A- 41 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ) SLIKKEN RECHTEROEVER	A-37
FIGUUR A- 42 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ)) SLIKKEN RECHTEROEVER	A-38
FIGUUR A- 43 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ)) SLIKKEN RECHTEROEVER	A-38
FIGUUR A- 44 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ)) SCHORREGEBIED RECHTEROEVER	A-39
FIGUUR A- 45 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) SCHORREGEBIED RECHTEROEVER	A-39
FIGUUR A- 46 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SCHORREGEBIED RECHTEROEVER ..	A-40
FIGUUR A- 47 : BEREIKTE RANGE (MINIMUM, MAXIMUM) VOOR CONTINU STORTEN GEDURENDE VIJF GETIEN.	A-42
FIGUUR A- 48 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE HEMIKSEM MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (14/16 KM)	A-43
FIGUUR A- 49 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE HEMIKSEM MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 6-7 (14/16 KM)	A-43
FIGUUR A- 50 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMAFWAARTS TE KALLO MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (-5/-3 KM)	A-44
FIGUUR A- 51 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMAFWAARTS TE KALLO MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 6-7 (-5/-3 KM)	A-44
FIGUUR A- 52 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMOPWAARTS TE ROYERSLSLUI MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (4/6 KM)	A-45

FIGUUR A- 53 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE: STROOMOPWAARTS TE ROYERSSLUIS MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 5-7 (4/6 KM)	A-45
FIGUUR A- 54 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE LILLO MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (-10/-8 KM)	A-46
FIGUUR A- 55 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE LILLO MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 6-7 (-10/-8 KM)	A-46
FIGUUR A- 56 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE BATH MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (-10/-8 KM)	A-47
FIGUUR A- 57 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE TE BATH MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 6-7 (-10/-8 KM)	A-47
FIGUUR A- 58 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE AAN DE EUROPATERMINAL MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 1-5 (-15/-10 KM)	A-48
FIGUUR A- 59 : NETTO VERHOOGING VAN HET GEHALTE AAN SEDIMENT IN SUSPENSIE AAN DE EUROPATERMINAL MEERVOUDIG STORTEN GETIJ 6-7 (-15/-10 KM)	A-48
FIGUUR A- 60 : STORTLOCATIE NOORD BALLAST	A-50
FIGUUR A- 61 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR EEN SIMULATIE MET STORTEN OP NOORD BALLAST. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD.....	A-51
FIGUUR A- 62 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN OP NOORD BALLAST OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-52
FIGUUR A- 63 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN OP NOORD BALLAST OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-52
FIGUUR A- 64 : VERANDERING SEDIMENTATIESNELHEID (CM/TIJ) GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN OP NOORD BALLAST OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-53
FIGUUR A- 65 : STORTLOCATIE TIJDENS EB VOOR PLAAT VAN DE PAREL	A-54
FIGUUR A- 66 : STORTLOCATIE TIJDENS VLOED VOOR PLAAT VAN DE PAREL	A-54
FIGUUR A- 67 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN OP PLAAT VAN DE PAREL OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-55
FIGUUR A- 68 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN PLAAT VAN DE PAREL EN PLAAT VAN BOOMKE	A-56
FIGUUR A- 69 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR EEN SIMULATIE MET STORTEN OP DE PLAAT VAN DE PAREL TIJDENS VLOED. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD.....	A-57
FIGUUR A- 70 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR EEN SIMULATIE MET STORTEN OP DE PLAAT VAN DE PAREL TIJDENS EB. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD....	A-58
FIGUUR A- 71 : VERANDERING SEDIMENTATIESNELHEID (CM/TIJ) GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN PLAAT VAN DE PAREL EN PLAAT VAN BOOMKE	A-59
FIGUUR A- 72 : STORTLOCATIE BOEI 84	A-60
FIGUUR A- 73 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN AAN BOEI 84 OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-61
FIGUUR A- 74 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN KLEPPEN AAN BOEI 84 OF OP PLAAT VAN BOOMKE	A-61
FIGUUR A- 75 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR EEN SIMULATIE MET STORTEN AAN BOEI 84 TIJDENS EB. DE KRUISJES GEVEN DE PUNTEN LANGSHEEN DE SCHELDE AAN WAARIN DATA OPGENOMEN WERD.....	A-62
FIGUUR A- 76 : VERANDERING SEDIMENTATIESNELHEID (CM/TIJ) GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN TUSSEN STORTLOCATIE BOEI 84 EN PLAAT VAN BOOMKE	A-63
FIGUUR A- 77 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR DE SIMULATIE MET STORTLOCATIE VLAKE VAN HOBOKEN. ..	A-64
FIGUUR A- 78 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE-RUPEL VOOR DE SIMULATIE MET STORTLOCATIE VLAKE VAN HOBOKEN.	A-65
FIGUUR A- 79 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) VOOR HET TOTALE GEBIEDA-67	

FIGUUR A- 80 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SCHORRENGEBIED LINKEROEVER.....	A-68
FIGUUR A- 81 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SLIKKEN, LINKEROEVER.....	A-68
FIGUUR A- 82 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED LINKEROEVER.....	A-69
FIGUUR A- 83 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR HABITATGEBIEDEN VAN DE BENEDEN- ZEESCHELDE SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERZONE EN DE VAARGEUL, LINKEROEVER	A-69
FIGUUR A- 84 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ)) KALLOSLUIS EN DEURGANCKDOK.....	A-70
FIGUUR A- 85 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) VAARGEUL	A-70
FIGUUR A- 86 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) TOEGANGSGEULEN RECHTEROEVER.....	A-71
FIGUUR A- 87 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ZONE TUSSEN ONDIEPWATERGEBIED EN DE VAARGEUL RECHTEROEVER	A-71
FIGUUR A- 88 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) ONDIEPWATERGEBIED RECHTEROEVER	A-72
FIGUUR A- 89 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ)) SLIKKEN RECHTEROEVER.....	A-72
FIGUUR A- 90 : EFFECTEN VAN ONDERHOUDSBAGGERWERKEN VOOR DE BENEDEN-ZEESCHELDE MET STORTLOCATIE VLAKTE VAN HOBOKEN: SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (DELTA CM/TIJ) SCHORRENGEBIED RECHTEROEVER.....	A-73
FIGUUR A- 91 : STROOMSNELHEID IN DE SCHELDE MET EN ZONDER KRIJBEN	A-75
FIGUUR A- 92 : SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET DEURGANCKDOK MET DE LOCATIES WAAR HET ZOUTE WATER IN HET DEURGANCKDOK INGEBRACHT WERD.	A-78
FIGUUR A- 93 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN HET TERUGPOMPEN OPWAARTS VAN HET DEURGANCKDOK OF STORTEN OP DE PLAAT VAN BOOMKEA- 86	
FIGUUR A- 94 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN HET TERUGPOMPEN OPWAARTS VAN HET DEURGANCKDOK OF STORTEN OP DE PLAAT VAN BOOMKEA- 86	
FIGUUR A- 95 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN HET TERUGPOMPEN TER HOOGTE VAN BOEI 84 OF STORTEN TER HOOGTE VAN PLAAT VAN BOOMKEA- 87	
FIGUUR A- 96 : EXTRA TON SEDIMENTATIE/GETIJ GEDURENDE HET EERSTE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN HET TERUGPOMPEN TER HOOGTE VAN BOEI 84 EN STORTEN TER HOOGTE VAN PLAAT VAN BOOMKEA- 87	
FIGUUR A- 97 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR DE SIMULATIE MET SLIBGEMAAL EN LOZINGSLOCATIE OPWAARTS HET DEURGANCKDOK.....	A-88
FIGUUR A- 98 : BEREIKTE MAXIMUM EN MINIMUMWAARDEN VOOR DE SEDIMENTCONCENTRATIE IN EEN LANGSPROFIEL LANGS DE SCHELDE VOOR DE SIMULATIE MET SLIBGEMAAL EN LOZINGSLOCATIE AAN DE 0 METER LIJN TER HOOGTE VAN BOEI 84.....	A-88
FIGUUR A- 99 : VERANDERING SEDIMENTATIESNELHEID (CM/TIJ) GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN TUSSEN STORTLOCATIE PLAAT VAN BOOMKE EN SLIBGEMAAL OPWAARTS VAN HET DEURGANCKDOK.....	A-89
FIGUUR A- 100 : VERANDERING SEDIMENTATIESNELHEID (CM/TIJ) GEDURENDE HET TWEEDE GETIJ NA HET KLEPPEN, VERGELIJKING TUSSEN TUSSEN STORTLOCATIE PLAAT VAN BOOMKE EN SLIBGEMAAL THV BOEI 84	A-89

FIGUUR A- 101 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET SCHORRENGEBIED VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (LINKEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-91
FIGUUR A- 102 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET INTERGETIJDENGEBIED (SLIKKEN) VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (LINKEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-92
FIGUUR A- 103 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET ONDIEPWATERGEBIED VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (LINKEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-93
FIGUUR A- 104 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) ZONE TUSSEN HET ONDIEPWATERGEBIED EN DE VAARGEUL VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (LINKEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-94
FIGUUR A- 105 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN DE TOEGANGSGEUL VAN DE KALLOSLUIS TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-95
FIGUUR A- 106 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN DE VAARGEUL VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-96
FIGUUR A- 107 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN DE TOEGANGSGEULEN VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (RECHTEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-97
FIGUUR A- 108 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN DE ZONE TUSSEN ONDIEPWATERGEBIED EN DE VAARGEUL VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (RECHTEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-98
FIGUUR A- 109 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET ONDIEPWATERGEBIED VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (RECHTEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ..	A-99
FIGUUR A- 110 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET INTERGETIJDENGEBIED (SLIKKEN) VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (RECHTEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-100
FIGUUR A- 111 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) IN HET SCHORRENGEBIED VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (RECHTEROEVER) TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-101
FIGUUR A- 112 : SEDIMENTATIE EN EROSIE (TON/TIJ), SEDIMENTATIE- EN EROSIESNELHEDEN (CM/TIJ) TUSSEN LINKER EN RECHTEROEVER VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TIJDENS SPRING- EN DOODTIJ.....	A-102
FIGUUR A- 113 : OVERZICHTSKAART SITUERING ECOLOGISCHE GEBIEDEN	A-107
FIGUUR A- 114 : SITUERING ECOLOGISCHE GEBIEDEN AFWAARTS BENEDEN-ZEESCHELDE.....	A-108
FIGUUR A- 115 : SITUERING ECOLOGISCHE GEBIEDEN OPWAARTS DEEL BENEDEN-ZEESCHELDE.....	A-109

Lijst tabellen hoofdrapport

TABEL 1-1 : TOETSINGSWAARDEN VOOR DE BAGGERSPECIE	3
TABEL 2-1 : GEMIDDELDE INDICATIEVE WAARDEN VOOR (SITU)DICHTHEID EN UITLEVERING VAN DIVERSE GRONDSOORTEN (*ONTWATERD = NIET VERZADIGD)	13
TABEL 2-2 : ONDERVERDELING VAN DE HOMOIOHALIENE WATEREN (DAHL, 1956)	17
TABEL 3-1 : GEMIDDELD HW, LW (M TAW) EN TIJVERSCHIL (M) BIJ EEN GEMIDDELD DOODTIJ, GEMIDDELD TIJ EN GEMIDDELD SPRINGTIJ TE ANTWERPEN, KALLO, LIEFKENSHOEK EN PROSPERPOLDER VOOR DE PERIODE 1991- 2000 (AMT, ONGEPUBLICEERD)	22
TABEL 3-2 : DUUR STIJGING EN DALING (H.MIN) BIJ EEN GEMIDDELD DOODTIJ, GEMIDDELD TIJ EN GEMIDDELD SPRINGTIJ TE ANTWERPEN, KALLO, LIEFKENSHOEK EN PROSPERPOLDER VOOR DE PERIODE 1991-2000 (AMT, ONGEPUBLICEERD)).	22
TABEL 3-3 : DWARSGEMIDDELDE SNELHEDEN, GEMIDDELDE DEBIETEN, TIJVOLUME EN NETTO VERPLAATST VOLUME WATER IN 4 DWARSSCTIES VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VOOR EEN GEMIDDELD TIJ.....	29
TABEL 3-4 : MAXIMALE SLIBCONCENTRATIES (MG/L) BIJ EB, PER MAAND EN PER MEETPOST.....	45
TABEL 3-5 : MAXIMALE SLIBCONCENTRATIE (MG/L) BIJ VLOED, PER MAAND EN PER MEETPOST.....	46
TABEL 3-6 : GEMIDDELDE SLIBCONCENTRATIE (MG/L) PER EB, PER MAAND EN PER MEETPOST.....	47
TABEL 3-7: GEMIDDELDE SLIBCONCENTRATIE (MG/L) PER VLOED, PER MAAND EN PER MEETPOST.	48
TABEL 3-8 : SLIBTRANSPORT PER GETIJ	51
TABEL 3-9 : NORM OVERSCHRIJDINGEN ORGANISCHE PARAMETERS IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (1992, 2001, 2002 EN 2003).....	60
TABEL 3-10 : OVERZICHT GEMETEN CONCENTRATIES (MG/KG) THV LOSPLAATSEN (VMM, 2003B).....	62
TABEL 3-11 : GEMIDDELDE KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER DE SCHELDE THV DE MEETPUNTEN 1600 EN 1590 (VMM, 2004).....	65
TABEL 3-12 : GEMIDDELDE KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER DE SCHELDE THV DE MEETPUNTEN 1580 EN 1570 (VMM, 2004).....	67
TABEL 3-13 : GEMIDDELDE KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER DE SCHELDE THV DE MEETPUNTEN 1541 EN 1540 (VMM, 2004).....	69
TABEL 3-14 : GEMIDDELDE KWALITEIT VAN HET OPPERVLAKTEWATER DE SCHELDE THV HET MEETPUNT 1540 (VMM, 2004).....	71
TABEL 3-15 : PRATI-INDEX VOOR OPGELOSTE ZUURSTOF OP DE VMM- MEETPUNTEN (VMM, 2004).....	72
TABEL 3-16 : BELGISCHE BIOTISCHE INDEX OP MEETPUNT 1600 (ST ANNASTRAND) (VMM, 2004)	73
TABEL 3-17 : OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE ECOLOGISCHE FUNCTIES VAN DE VERSCHILLENDE MORFOLOGISCHE STRUCTUREN IN HET SCHELDE-ESTUARIUM (NAAR MOL ET AL., 1997 IN VAN DAMME ET AL. 1999).....	75
TABEL 3-18 : OPPERVLAKTEN VAN SLIKKEN EN SCHORREN LANGS HET SCHELDE-ESTUARIUM, ABSOLUTE WAARDEN IN HA (OPP(HA)), IN % VAN HET TOTAAL AREAAL VAN HET ECOTOOP LANGS DE ZEESCHELDE (%), EN PER KM ASLENGTE VAN HET BETREFFENDE COMPARTIMENT (HA/KM ASL); BRONNEN: WESTERSCHELDE (MOL ET AL.,1997); ZEESCHELDE (VAN DEN BERGH ET AL., 1999 IN VAN DAMME ET AL. 1999).	76
TABEL 3-19 : MAXIMALE NORMOVERSCHRIJDING PER JAAR VOOR DE SEIZOENEN 1991/92 – 1996/97. TUSSEN HAAKJES STAAT HET AANTAL MAANDEN DAT DE 1%-NORM OVERSCHREDEN WERD. BEREKENINGEN ZIJN GEBASEERD OP HET VOLLEDIGE SCHELDE-ESTUARIUM. DE DEELGEBIEDEN WAAR DE HOOGSTE AANTALLEN VAN EEN SOORT WERDEN WAARGENOMEN WORDEN EVENEENS GEGEVEN. (VAN DAMME ET AL., 1999).....	77
TABEL 4-1 : OVERZICHT VAN DE BAGGERHOEVEELHEDEN IN DE BENEDEN ZEESCHELDE (1895-2003).....	82
TABEL 4-2 : OVERZICHT VAN DE BAGGERHOEVEELHEDEN IN DE BENEDEN ZEESCHELDE (1998-2003).....	82
TABEL 4-3 : MINIMALE DIEPTE VAN DE VAARROUTE VOOR CONTAINERSCHEPEN VAN 6000 EN 8000 TEU.....	90
TABEL 4-4 : OVERZICHT VAN DE GESTORTE HOEVEELHEDEN (MILJOEN M ³) VOOR DE VERSCHILLENDE STORTLOCATIES (1895-2003).	92
TABEL 4-5 : OVERZICHT VAN DE GESTORTE HOEVEELHEDEN (MILJOEN M ³) VOOR DE VERSCHILLENDE STORTLOCATIES (1998-2003).	93
TABEL 5-1 : MAATREGELEN OM SLIBAANVOER TE BEPERKEN OF SLIB TE VERWIJDEREN	103
TABEL 5-2 : OVERZICHT VAN DE TE STORTEN VOLUMES	105
TABEL 6-1 : LAMBERTCOÖRDINATEN VAN HET BEGIN- EN EINDPUNT VAN DE VASTE REFERENTIELIJN PER BESCHOUWD GEBIED:	108
TABEL 6-2 : EVOLUTIE INTERGETIJDE-DEELGEBIED TUSSEN DE BELGISCH/NEDERLANDSE GRENS EN DE HOOGSPANNINGSLUCHTLIJN	111

TABEL 6-3 : EVOLUTIE INTERGETIJDE-DEELGEBIED TUSSEN HET BAKEN VAN BOERENSCHANS EN DE VROEGERE
STEIGER VAN DISTRIGAS 112

TABEL 6-4 : EVOLUTIE INTERTIJDE-DEELGEBIED PUNT VAN MELSELE 112

TABEL 6-5 : EVOLUTIE BATHYMETRISCH GEBIED TUSSEN DE SCHORRRAND EN DE MIN-TWEE-METER-DIEPTELIJN,
TUSSEN BELGISCH/NEDERLANDSE GRENS EN DE HOOGSPANNINGSLUCHTLIJN 116

TABEL 6-6 : EVOLUTIE VAN HET ONDIEPWATERGEBIED (SCHAAR VAN OUDEN DOEL) 116

TABEL 6-7 : EVOLUTIE BATHYMETRISCH GEBIED TUSSEN HET BAKEN VAN BOERENSCHANS EN DE VROEGERE STEIGER
VAN DISTRIGAS 117

TABEL 6-8 : EVOLUTIE VAN HET ONDIEPWATERGEBIED (PLAAT VAN BOOMKE)..... 117

TABEL 6-9 : EVOLUTIE BATHYMETRISCH GEBIED PUNT VAN MELSELE 117

TABEL 6-10 : EVOLUTIE VAN HET ONDIEPWATERGEBIED (PUNT VAN MELSELE) 117

TABEL 6-11 : OVERZICHT VAN DE MOGELIJK ONDERZOChte STORTSTRATEGIEËN 144

TABEL 8-1: OVERZICHT VAN DE MOGELIJK ONDERZOChte STORTSTRATEGIEËN 157

TABEL 8-2 : MAATREGELEN OM SLIBAANVOER TE BEPERKEN OF SLIB TE VERWIJDEREN 159

Lijst tabellen bijlagerapport

TABEL A- 1 : VERDELING VAN DE LAGEN OVER HET 3D MODEL	A-5
TABEL A- 2 : MN- COÖRDINATEN RANDVOORWAARDEN	A-5
TABEL A- 3 : SITUERING LOCATIES TOV STORTZONE PLAAT VAN BOOMKE EN PUNT VAN MELSELE.....	A-15
TABEL A- 4 : INVLOEDZONE VERHOOGING SEDIMENTATIESNELHEID PER FYSISCHE ENTITEIT, LOCATIES MAXIMALE VERHOOGING SEDIMENTATIESNELHEDEN MET BIJHORENDE MAXIMALE SEDIMENTATIESNELHEID PER FYSISCHE ENTITEIT: VERGELIJKING REFERENTIETOESTAND MET STORTSCENARIO PLAAT VAN BOOMKE EN STORTEN OP DE PLAAT VAN BOOMKE (70%) EN PUNT VAN MELSELE (30%)	A-23
TABEL A- 5 : OPPERVLAKTE (%) VAN SLIKKEN EN SCHORRE WAAR EFFECTIEF SEDIMENTATIE PLAATS HEEFT: VERGELIJKING REFERENTIETOESTAND MET STORTSCENARIO PLAAT VAN BOOMKE EN STORTEN OP DE PLAAT VAN BOOMKE (70%) EN PUNT VAN MELSELE (30%)	A-24
TABEL A- 6 : INVLOEDZONE VERHOOGING SEDIMENTATESNELHEID PER FYSISCHE ENTITEIT, LOCATIES MAXIMALE VERHOOGING SEDIMENTATIESNELHEDEN MET BIJHORENDE MAXIMALE SEDIMENTATIESNELHEID PER FYSISCHE ENTITEIT VOOR DE VLAKTE VAN HOBOKEN	A-66
TABEL A- 7 : OPPERVLAKTE (%) VAN SLIKKEN EN SCHORREN WAAR EFFECTIEF SEDIMENTATIE PLAATS HEEFT: VERGELIJKING REFERENTIETOESTAND MET STORTSCENARIO VLAKTE VAN HOBOKEN	A-67
TABEL A- 8 : GEMIDDELDE CONCENTRATIES VAN PARAMETERS GEANALYSEERD IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE: 1989- 1995	A-104
TABEL A- 9 : GEMIDDELDE CONCENTRATIES VAN PARAMETERS GEANALYSEERD IN DE BENEDEN- ZEESCHELDE: 1995-2003.....	A-105

GEBRUIKTE AFKORTINGEN

3D	driedimensionaal
AMT	Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
As	Arseen
AWZ	Administratie Waterwegen en Zeewezen
BATNEEC	Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs
BZV	Biologisch zuurstof verbruik
Cd	Cadmium
CDW	current deflecting wall
CEDA en PIANC	Internationale organisaties
Cr	Chroom
Cu	Koper
CZV	Chemisch zuurstof verbruik
Dgd	Deurganckdok
Ds	droge stof
EOX	Organochloorverbindingen
FNU	Formazine Nephelometric Units
FTU	Formazine Turbidity Units
GB	Groot Buitenschoor
GLLWS	Gemiddeld laag laagwaterspring = laagwaterstand bij gemiddeld springtij
GS	Galgenschoor
Hg	Kwik
HW	Hoogwater
LW	Laagwater
MER	Milieu effecten rapport
MGI	zie NGI
MKO	Minimalisering Kosten Onderhoudsbaggerwerk
NGI	Nationaal geografisch instituut
Ni	Nikkel
NTU	Nephelometric Turbidity Units
OMES-studie	Onderzoek Milieueffecten Sigmaplan
PAK	Poly aromaten
Pb	Lood
PCB	Polychloorbifenylen
PS	Paardenschor
SC	Slibconcentratie
TAW	Tweede Algemene Waterpassing
TDS	ton droge stof
TEU	Twenty-foot equivalent unit (laadvermogen containerschepen)
TOC	Total Organic Carbon
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
WLB	zie WLH
WLH	Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (AWZ)
Zn	Zink

1. INLEIDING

1.1. Doel van de studie

Het voorliggend rapport is een aanvullend, verklarend document dat als bijlage fungeert bij de milieuvergunningsaanvraag m.b.t. het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde (het aan het getij onderhevige riviergedeelte van het Scheldebekken tussen de Belgisch-Nederlandse grens en de Rupelmonding) inclusief de onderhoudsbaggerwerken voor het Deurganckdok, waarvoor de eerste onderhoudsbaggerwerken worden verwacht in 2005. Aandacht gaat bijgevolg vooral naar de milieueffecten van het terugstorten ten gevolge van de baggerwerken. De bovenvermelde milieuvergunningsaanvraag wordt ingediend door de Afdeling Maritieme Toegang (AMT) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) en behelst het terugstorten van onderhoudsbaggerspecie uit de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok.

In deze studie wordt nagegaan welke de effecten zijn van de terugstortingen van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde op het milieu, waaronder de habitat-gebieden en vogelrichtlijn-gebieden in de omgeving. Hoewel de grenzen van de stortplaatsen voor baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde buiten deze habitat- en vogelrichtlijn-gebieden vallen, dient nagegaan te worden welke de effecten zijn van de terugstortingen die gebeuren in de omgeving van deze gebieden. Het betreft hierbij de habitat-gebieden en vogelrichtlijn-gebieden nabij de rivierzones *Schaar Ouden Doel*, *Plaats van Boomke* en *Punt van Melsele* en de *Vlakte van Hoboken*, die gebruikt (zullen) worden als stortplaatsen voor baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Er wordt opgemerkt dat in de periode van de tot stand koming van dit rapport binnen het Vlaams Gewest beslist is om het geheel van de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde aan te wijzen als habitatgebied.

1.2. Uitvoeren baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde is niet nieuw

De baggerspecie - waarvan sprake - komt vrij bij de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde en wordt voor het overgrote deel teruggestort in de genoemde rivierzones (stortlocaties), gelegen buiten of op de rand van de vaargeul. De (nautische) noodzaak tot het uitvoeren van deze onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde t.b.v. het transport te water is niet nieuw, doch is reeds in het verleden ontstaan ingevolge de (toename in) scheepvaart en scheepvaartverkeer en de uitbouw van de aangrenzende Vlaamse havens. Sedert meer dan 100 jaar worden in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd teneinde de maritieme toegang naar de havens van Antwerpen en Brussel ten allen tijde op voldoende diepte te houden en de economische concurrentiepositie van deze havens te handhaven. Hiertoe dient aldus frequent gebaggerd te worden op een aantal kritische ondieptes in de vaargeul in de rivier (drempels), alsook in de toegangsheuvels tot de zeesluizen in de Beneden-Zeeschelde. In de toekomst zullen de onderhoudsbaggerwerken in het Deurganckdok hieraan worden toegevoegd.

Opgemerkt wordt dat de rechtstreekse opdrachtgever van de betreffende baggerwerken, in casu de Afdeling Maritieme Toegang, geen rechtstreekse impact heeft op de aanvoer van sedimenten naar de Beneden-Zeeschelde. De hoeveelheid sedimenten en de kwaliteit van de waterbodem in de Beneden-Zeeschelde, en dus ook het gehalte aan microverontreinigingen in de baggerspecie, wordt immers bepaald door andere aspecten zoals *ondermeer* de fluviatiele aanvoer van slib van het opwaartse Scheldebekken naar de Beneden-Zeeschelde, door industriële en huishoudelijke lozingen in het Scheldebekken, door erosie van bodemmateriaal, en andere slibbronnen of verontreinigingsbronnen. De baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde dienen in deze context aldus als "end-of-pipe" te worden gesitueerd.

1.3. Juridische context

1.3.1. Europese context

Met betrekking tot de studie is de volgende Europese wetgeving van toepassing :

- de Europese richtlijn inzake het behoud van de vogelstand (Vogelrichtlijn) - *Richtlijn 79/409/EEG van de Raad van 2 april 1979 inzake het behoud van de vogelstand* - Publicatieblad nr. L 103 van 25/04/1979 - blz. 1-18 ;
- en de Europese richtlijn inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna (Habitat-Richtlijn) - *Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna* - Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen nr. L 206 van 22/07/1992 - blz. 7 e.v.

1.3.2. Vergunningsplicht

Het overgrote deel van de bij de baggerwerken vrijkomende baggerspecie wordt - zoals gezegd - teruggestort op daartoe geschikte locaties in de rivier buiten de vaargeul. Deze laatste activiteit, het terugstorten van de baggerspecie in de rivier waaruit ze afkomstig is, is vrij recent in Vlaanderen vergunningsplichtig geworden.

- dit mede ingevolge de aanpassing van het internationale OSPAR-verdrag. Aan de basis van het OSPAR-verdrag liggen twee eerdere verdragen, met name :
 1. het Verdrag van Oslo of het "Verdrag ter voorkoming van verontreiniging van de zee ten gevolge van het storten vanaf schepen en luchtvaartuigen", dat in werking trad dd. 06/04/1974 en werd gewijzigd dd. 02/03/1983 en dd. 05/12/1989 ;
 2. het Verdrag van Parijs of het "Verdrag ter voorkoming van verontreiniging van de zee vanaf het land", dat in werking trad dd. 06/05/1978 en gewijzigd werd dd. 26/03/1986. Het OSPAR-verdrag of het "Verdrag van Parijs inzake de bescherming van het marien milieu van de Noordoostelijke Atlantische Oceaan", zoals ondertekend dd. 22/09/1992, vervangt de bovengenoemde Verdragen van Oslo en Parijs. De OSPAR-conventie omvat alle contracterende partijen van de Conventie van Oslo en de Conventie van Parijs. Gezien België hier deel van uitmaakt, diende het OSPAR-verdrag aldus ook geratificeerd te worden door de Belgische autoriteiten : Ratificatie van OSPAR-verdrag in Vlaanderen : decreet 19/04/1995 (BS 04/10/1995) ; Wallonië : decreet 06/04/1995 (BS 10/06/1995) ; Brussel : ordonnantie 18/07/1996 (BS 09/08/1996). Ratificatie van OSPAR-verdrag door Belgische regering : wet van 11/05/1995 (BS 31/01/1998).en
- de aansluitende wijziging van de Vlarew-wetgeving. Het betreft hierbij 2 wijzigingen van de Vlarew-wetgeving, ingevolge 2 besluiten van de Vlaamse regering terzake.
 1. Een eerste aanpassing van de Vlarew-wetgeving terzake werd doorgevoerd bij Besluit Vlaamse Regering dd. 12/01/1999 (B.S. 11/03/1999). Ingevolge dit besluit werd het terugstorten van baggerspecie in de rivier waaruit ze afkomstig is, ingedeeld als inrichting van "klasse 3" in de Vlarew-indelingslijst onder rubriek 2.3.7 b), hetgeen betekende dat voor deze activiteit een meldingsplicht bij de betrokken gemeenten goldde.
 2. Een tweede aanpassing van de Vlarew-wetgeving terzake omvatte de wijziging van het Besluit v/d Vlaamse Regering dd. 12/01/1999 (B.S. 11/03/1999) door het Besluit v/d Vlaamse Regering dd. 15/06/1999 (B.S. 04/09/1999). Ingevolge dit laatste besluit werd het terugstorten van baggerspecie ingedeeld in de Vlarew-indelingslijst als inrichting van "klasse 2" i.p.v. "klasse 3", hetgeen betekende dat deze activiteit thans "vergunningplichtig" geworden is i.p.v. "meldingsplichtig".

1.3.3. De lopende milieuvergunning

Voor het terugstorten van baggerspecie in de Beneden Zeeschelde werden vergunningen aangevraagd onder de rubriek 2.3.7.b van Vlarem I. Op 1 december 2000 en 11 januari 2001 werd door de bestendige deputatie van respectievelijk de provincie Antwerpen en de provincie Oost-Vlaanderen een vergunning afgeleverd voor het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. De vergunning MV/MLAV1/0000000296/mv, afgeleverd door de Bestendige Deputatie van de provincie Antwerpen, handelt over het kleppen te Zwijldrecht. De vergunning 46003/331/A/1, afgeleverd door de Bestendige Deputatie van de provincie Oost-Vlaanderen, handelt over het kleppen van specie op de Schaar Ouden Doel. Na beroep werd in 2001 de vergunning tot storten verleend in de vergunningen AMV/00063262/1001 en AMV/95622/1000. Als bijlage aan de milieuvergunningsaanvraag werd een studie uitgewerkt naar de effecten van de terugstortingen van deze onderhoudsbaggerspecie op de habitat-gebieden en vogelrichtijn-gebieden in de Beneden-Zeeschelde (IMDC, 2001).

De vergunningsvoorwaarden voor beide vergunningen zijn analoog:

- de vergunning wordt verleend voor een termijn van 5 jaar
- de specie die teruggestort wordt moet voldoen aan een bepaalde chemische samenstelling
- er dient een monitoringsprogramma opgesteld te worden, jaarlijks dient er een opvolgingsrapport opgemaakt te worden.
- er mag enkel onderhoudsspecie uit de vaargeul terug gestort worden, geen verdiepingsspecie of specie afkomstig vanuit het Deurganckdok.
- de jaarlijks terug te storten hoeveelheid wordt beperkt tot 5 miljoen m³ per vergunning.

In de loop van 2003 werd een wijziging van deze vergunning verkregen, zodat ook verdiepingsspecie, afkomstig van de drempels van Zandvliet en Frederik en van de zwaaicirkel van het Deurganckdok kon teruggestort worden (MLAV1/02-435/MV/AG en 46003/331/A/2). De vergunning verleend door de provincie Antwerpen verloopt op 16 november 2005 en de vergunning van de provincie Oost-Vlaanderen verloopt op 10 januari 2006.

De toetsingswaarden voor de baggerspecie, omgerekend naar een standaard baggerspecie van 5% organische materiaal en 25% lutum, zijn :

Tabel 1-1 : toetsingswaarden voor de baggerspecie

	mg / kg DS	
Cd	12,5	(1): naftaleen, fenantreen, fluorantheen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(ka)fluroantheen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, indeno(1,2,3-cd)pyreen (2) PBC nrs. 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180
Cr	750	
Cu	200	
Hg	5	
Ni	250	
Pb	500	
Zn	1 750	
As	150	
Minerale olie	1 000	
som PAK (1)	5	
EOX	3,5	
som PCB (2)	0,10	

Bij overschrijding van de toetsingswaarden dient de vergunningverlenende overheid en de Afdeling Milieu-inspectie van AMINAL op de hoogte gebracht te worden. Indien maximaal 2 parameters de toetsingswaarde met niet meer dan 50% overschrijden mag de baggerspecie teruggestort worden.

Het huidige monitoringsprogramma werd opgesteld na het verkrijgen van de bovenvermelde vergunningen. Dit programma werd opgesplitst naar het compartiment dat onderzocht wordt: water, bodem, bedding, baggerspecie, fauna en flora, schorre en toxicologie.

De meetgegevens van deze monitoring worden jaarlijks verzameld en overgemaakt aan de bevoegde instanties. De evaluatie van het monitoring programma 2002-2003 wordt in opdracht van de Afdeling Maritieme Toegang uitgevoerd door AquaSense (AquaSense, 2004). Het rapport met de conclusies zal bij de huidige aanvraag als bijlage meegeleverd worden.

1.3.4. De huidige milieuvergunningaanvraag

Het voorwerp van deze milieuvergunning betreft een klasse 2 vergunning voor het terugstorten van baggerspecie afkomstig uit de Schelde en het getijdedok (het Deurganckdok) in de Schelde conform bijlage 1 van Vlare I.

Deze aanvraag betreft de hernieuwing van de huidige milieuvergunningen MLAV1/0200000435/MV/AG (afgeleverd door de provincie Antwerpen) en de 082/460003/331/1/A/2 (afgeleverd door de provincie Oost-Vlaanderen). De aanvraag betreft het terugstorten in de Beneden-Zeeschelde van

- onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde
- onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit het Deurganckdok
- infrastructuurspecie (éénmalig) uit de afsluitdijk tussen de Schelde en het Deurganckdok

De aanvraag bij de provincie **Oost-Vlaanderen** betreft het **terugstorten van onderhouds- en infrastuctuurbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok in de Beneden-Zeeschelde.**

De aanvraag bij de provincie **Antwerpen** betreft het **terugstorten van onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok in de Beneden-Zeeschelde.**

De specie zal teruggestort worden in de Schelde ter hoogte van (zie Figuur 4-2 en Figuur 4-3 in 4.3.3):

- Schaar Ouden Doel (Oost-Vlaanderen)
- Plaat van Boomke (Antwerpen)
- Punt van Melsele (Antwerpen)
- De Vlakte van Hoboken (Antwerpen)

Ten opzichte van de vorige vergunning houdt deze aanvraag enkele veranderingen in:

- het terugstorten van onderhoudsspecie uit het Deurganckdok;
- het éénmalig terugstorten in 2005 van een hoeveelheid infrastructuurspecie afkomstig van het onderste deel van de afsluitdijk tussen het Deurganckdok en de Schelde;
- het ingebruik nemen van een nieuwe stortzone: de Vlakte van Hoboken.

Een zelfde aanvraag zal gelijktijdig worden ingediend bij de Bestendige Deputatie van de Provincie Antwerpen en de Bestendige Deputatie van de provincie Oost-Vlaanderen.

1.4. Achtergrondinformatie m.b.t. het onderzoek

1.4.1. De opdracht

In juni 2003 gaf de Technische Dienst van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen aan International Marine & Dredging Consultants NV (IMDC NV) de opdracht voor het leveren van diensten in het kader van de voorbereiding van de onderhoudsbaggerwerken in het nieuw aan te

leggen Deurganckdok die gepland zijn vanaf begin 2005. De opdracht werd gegund door middel van een onderhandelingsprocedure met referentie OC 2179.

1.4.2. Overzicht van de studie

De globale aanpak van het onderzoek, zoals beschreven in de taakstelling van de bovenvermelde opdracht, omvatte de volgende elementen:

- Een voorbereidende studie om de effecten op hydraulisch, morfologisch en milieutechnisch gebied van de onderhoudsbaggerwerken uit het Deurganckdok en het bergen van de specie op het estuarium zo goed mogelijk in te schatten.
- Het opmaken van een beheerscenario voor het uitvoeren van de onderhoudswerken (met kostenraming) in het Deurganckdok.
- Het verlenen van advies bij het opmaken van een dossier voor de milieuvergunningaanvraag en de begeleiding ervan langsheen de adviserende overheidsinstanties.
- Het verlenen van advies voor het bijsturen en, mogelijkerwijs, uitbreiden (gevolgen van de bagger- en stortwerkzaamheden voor het Deurganckdok) van het bestaande monitoring programma in de Beneden Zeeschelde om de hydraulische, morfologische en milieueffecten op het estuarium op te volgen en eventuele wijzigingen tijdig op te sporen. De resultaten van deze monitoring zullen zowel gebruikt worden voor het vastleggen van de referentiesituatie, als bij het interpreteren van de impact van de bagger- en stortwerkzaamheden.
- Een begeleiding van de bagger- en stortwerkzaamheden tijdens de eerste jaren van uitvoering om de nodige gegevens te verzamelen en eventueel het baggerprogramma bij te sturen.
- Het leveren van bijstand op aanvraag van de opdrachtgever en dit op het vlak van baggertechnieken, hydraulica, morfologie en/of milieuaspecten.

In de loop van de studie werd de taakstelling uitgebreid/gewijzigd met het oog op het opmaken van een globale milieuvergunningaanvraag voor het storten van onderhoudsbaggerspecie uit zowel het Deurganckdok als het geheel van de Beneden-Zeeschelde.

1.4.3. Overzicht van de rapporten

Met betrekking tot de studie werden de volgende rapporten opgemaakt :

I/RA/11239/03.049/EST : Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok, Deelrapport 1a: het hydraulisch model (IMDC, 2003)

I/RA/11239/03.067/CMA : Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok, deelrapport 1b: Sedimentologisch en morfologisch modelonderzoek rapport (IMDC, 2004)

I/NO/11239/04.008/MSA: Nota inzake aanslibbing Deurganckdok (voorlopige fase) na baggeren Scheldedijk

1.5. Stuurgroep

De studie werd opgevolgd door een stuurgroep waarvan de volgende leden deel uitmaakten :

- Ir. F. Aerts, afdelingshoofd, Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
- Ir. K. Mergaert, Celhoofd kennisverwerving en -beheer, Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
- Ir. D. De Brauwer, Celhoofd Maritieme werken, Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
- Ir. Y. Shan, (maritieme werken), Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
- Ir. L. Vanden Abeele, (kennisverwerving en -beheer), Afdeling Maritieme Toegang (AWZ)
- Ir. I. Koeklenberg, hoofdingenieur-directeur, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
- Ir. G. Bernaers, directeur infrastructuur, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
- Ir. E. De Broe, bedrijfshoofd baggerbedrijf, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en leidend ambtenaar voor de studie
- Ir. W. Thibaut, hoofdingenieur, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
- Ir. P. De Rache, milieucoördinator, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen

- Ing. A. Heylen, bedrijfsleider milieu, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
- Ir. Y. Plancke (afdeling strategie & ontwikkeling), Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
- Ir. Y. Meersschaut, projectmedewerker hydraulisch onderzoek, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (AWZ)
- Ir. K. Verelst, projectmedewerker hydraulisch onderzoek, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (AWZ)
- Ir. J. Smits, algemeen directeur, IMDC
- Ir. M. Sas, directeur, IMDC en projectleider voor de studie
- Geoloog. Ch. Martens, projectmedewerker, IMDC
- Ing. E. Stoops, projectmedewerker, IMDC

1.6. Overzicht van dit rapport

Het onderzoeksrapport bestaat uit een hoofdrapport en een bijlagerapport.

Het hoofdrapport bevat de volgende hoofdstukken :

- Hoofdstuk 1 geeft de inleiding en de juridisch en organisatorische achtergrond van het rapport.
- In hoofdstuk 2 worden een aantal technische en wetenschappelijke termen die in het rapport gebruikt worden omschreven.
- Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de huidige toestand in het fysisch, chemisch en ecologisch systeem van de Beneden Zeeschelde.
- In hoofdstuk 4 wordt de projectomschrijving gegeven : de baggerwerken worden beschreven en er is aandacht voor de historiek van de baggerwerken. De karakteristieken en volumes te baggeren materiaal worden besproken. Tevens wordt dieper ingegaan op het duurzaam beheer van de Beneden Zeeschelde.
- Hoofdstuk 5 geeft de technische beschrijving van de mogelijke baggerscenario's en beschrijft de weerhouden en alternatieve baggerscenario's.
- De mogelijke effecten van de stortwerkzaamheden worden besproken in hoofdstuk 6. Er wordt gekeken naar de effecten van het storten op de morfologie, de turbiditeit en sedimentbewegingen en de mogelijk ecologische effecten. Het meest milieuvriendelijke alternatief wordt gedefinieerd, waarbij alternatieve baggerprocedures, alternatieve stortlocaties en infrastructurele alternatieven bestudeerd werden.
- In hoofdstuk 7 worden de leemten in de kennis aangegeven.
- Hoofdstuk **Error! Reference source not found.** bevat de samenvatting van het rapport en de conclusies.

Het bijlagerapport bestaat uit de volgende appendices :

- Beschrijving van het hydrodynamisch morfologisch model
- Weergave van de sedimentwolk bij het storten
- Storten op de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele
- Storten op andere locaties
- Storten op de Vlake van Hoboken
- Technieken om de aanslibbing te reduceren
- Slikken en schorren
- Chemische karakteristieken van de baggerplaatsen
- Situering van de vogelrichtlijn-, Habitatrichtlijn- en Ramsargebieden in de Beneden-Zeeschelde

2. BEGRIPSOMSCHRIJVINGEN

2.1. Geotechnische begrippen

Zand

De benaming "zand" is essentieel een granulometrisch concept. Zand is een grond waarvan de deeltjes afmetingen hebben welke hoofdzakelijk tussen 2 mm en 0.063 mm (= 63 µm) zijn gelegen. In principe houdt deze bepaling geen enkele voorwaarde in betreffende de scheikundige en mineralogische samenstelling. Zand kan dus samengesteld zijn uit korrels van veldspaat, graniet, mica, kalksteen enz... Het overwegend materiaal is echter meestal kwarts, daar dit mineraal zeer hard is en het beste weerstand biedt tegen de achtereenvolgende uitschuringen en afslijtingen.

Klei

De benaming "klei" is essentieel een physico-chemisch concept en géén granulometrisch begrip zoals dit voor zand het geval is. Opdat een grond klei zou zijn, dient hij een voldoende groot percentage kleimineralen of gehydrateerde aluminiumsilikaten te bevatten. Wegens hun lamellaire vorm en hun geringe mechanische weerstand komen deze mineralen over het algemeen voor onder de vorm van zeer kleine deeltjes, waarvan de afmetingen kleiner zijn dan 2 µm. Naast deze basismineralen kunnen de kleien nog fijne deeltjes kwarts, veldspaat, mica, talk enz... bevatten.

Leem

Men noemt "leem" de gronden waarvan het gehalte aan gehydrateerde aluminiumsilikaten gering is, doch welke voor het overige bestaan uit kwartskorrels welke zo fijn zijn dat de grond bepaalde kenmerken van een klei vertoont. Leem bestaat hoofdzakelijk uit kwartsdeeltjes begrepen tussen 63 µm en 2 µm. De benaming "leem" dekt dus tegelijk een granulometrisch en een physico-chemisch concept. In granulometrisch opzicht wordt een uitgesproken overwicht van de deeltjes begrepen tussen 63 µm en 2 µm vereist. In physico-chemisch opzicht wordt een uitgesproken overwicht van het kwarts, met nochtans een zeer klein percentage van gehydrateerde aluminiumsilikaten vereist. Een poeder welke uitsluitend uit zeer fijne kwartskorrels zou zijn samengesteld, kan dus geen leem zijn.

Silt

Daar de benaming "leem" een tweeslachtig begrip dekt, heeft men getracht het probleem te vereenvoudigen door het woord "silt" in te voeren dat uit de Noorse taal is ontleend.

De benaming "silt" dekt een zuiver granulometrisch begrip. Het zijn gronden waarvan de grootte der korrels begrepen is tussen 63 µm en 2 µm, onafhankelijk van hun physico-chemische eigenschappen. Uit de bepalingen van leem en silt volgt dat alle leemgronden silt zijn, doch alle silten geen leem.

Slib

Slibgronden zijn lagen welke door recente sedimentatie van zeer kleine deeltjes zijn gevormd. Deze lagen, welke nog niet de tijd hebben gehad om te consolideren (d.i. hun overmaat water te verliezen), vertonen watergehaltes welke hoger liggen dan de vloeigrens.

Ten behoeve van het opsplitsen van de gebaggerde specie wordt de slibfractie gedefinieerd als het geheel van de klei en de siltfractie : dit wil zeggen alle deeltjes kleiner dan 63 µm. Dit is slechts een benadering aangezien er in de Beneden-Zeeschelde een aanzienlijk deel van de fijne korrels (<63 µm) bestaat uit kwarts die in het algemeen snel consolideren en dus geen echt slib is.

Veen

Veen is hoofdzakelijk samengesteld uit min of meer verkoolde plantenresten. Men zal aan een grond de naam veen geven, wanneer het humusgehalte in gewichtsprocenten (d.i. de verhouding van het gewicht humus tot het totaal gewicht van de vaste stoffen) groter is dan 30%. Dit gewichtspercentage komt overeen met een volumepercentage (volume van de humus tot het volume van alle vaste deeltjes) van circa 50%.

In het Nederlands is "turf" het handelsproduct gewonnen uit veen.

Glauconiet : $(K,Na)(Fe,Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$

Waterhoudend ijzersilicaat. Kleimineraal dat bij verwerking ijzer vrijgeeft. Lid van de glimmers-familie. Komt gewoonlijk voor als kleine, groene, ronde korrels in mariene sedimenten. Heeft een matte glans en een zeer goede basale splijting. Indien aanwezig in zand : benaming "groenzand". Dit materiaal wordt regelmatig aangetroffen in de zandlagen onder de Antwerpse Haven.

Watergehalte

Het watergehalte is een maat voor de aanwezigheid van de vloeibare fase in een grondsoort. Het is bij bepaling de verhouding van het gewicht vloeistof (gewoonlijk water) tot het gewicht der vaste deeltjes die in een bepaald volume grond tezamen voorkomen ; deze verhouding wordt in procenten uitgedrukt.

Uitrolgrens

De uitrolgrens w_p is bij bepaling het watergehalte waarbij een grond van de plastische in de vaste toestand overgaat. De bepaling ervan geschiedt door het meten van het watergehalte waarbij, na herhaald samenballen en uitrollen, een draad van 3 mm begint te brokkelen.

Vloeigrens

De vloeigrens w_l is bij bepaling het watergehalte waarbij een grond van de vloeibare in de plastische toestand overgaat. De bepaling ervan geschiedt op een gestandaardiseerde wijze door middel van het vloeigrensapparaat van Casagrande (of de Valkonusproef).

Plasticiteitsindex

Het verschil tussen de vloeigrens en de uitrolgrens, noemt men de plasticiteitsindex I_p . Hij is een maat voor de uitgestrektheid van het plasticiteitsgebied van een grondsoort : $I_p = w_l - w_p$

2.2. Bagbertechnische begrippen

Hydraulisch baggeren

Bij hydraulisch baggeren wordt de grond met de baggerkop weliswaar mechanisch gesneden, maar ontstaat als gevolg van de werking van de baggerkop een grond-watermengsel dat met een pomp wordt opgezogen en via een persleiding of in een langszij liggende bak wordt getransporteerd naar zijn definitieve bestemming. Als gevolg van het baggerproces wordt de structuur van de grond vernietigd en treedt uitlevering op. De mate van uitlevering is afhankelijk van de grondsoort en de structuur van de grond. In het geval van storten is het benodigde stortvolume afhankelijk van de mate van uitlevering en van het sedimentatiegedrag van de gronddeeltjes.

Mechanisch baggeren

Bij mechanisch baggeren wordt gebruik gemaakt van de mechanische actie van een emmermolen of van een hydraulische kraan op ponton voor het ontgraven van de grond. Tijdens dit proces wordt nagenoeg geen water toegevoegd zodat de in situ-dichtheid zoveel mogelijk in stand blijft. Het ontgraven materiaal wordt in een beunbak of beunschip geladen, waarna het naar de plaats van verwerking of bestemming wordt getransporteerd. Indien het

materiaal wordt gestort, dan komt het benodigde bergingsvolume, behoudens een geringe uitlevering (zie *bulking* of *uitlevering*) en de berging van ingesloten water, min of meer overeen met het te ontgraven in situ volume.

Indien de vrijkomende specie op land moet geborgen worden dan vaart het transportschip naar een afmeersteiger dicht bij de bestemmingssite waar het beun (= ruim) met een bakkenzuiger leeggepompt wordt en een mengsel van water en specie op de bestemmingssite terechtkomt. Hierdoor gaat het voordeel van het mechanisch ontgraven (hoge densiteit) teniet.

Verder zijn de mechanische tuigen stationaire tuigen die veelal op ankers werken. Hierdoor vormen zij een belangrijke hinder voor de scheepvaart in de omgeving van de baggerzone en een bijkomend risico voor aanvaringen. Rekening houdend met het feit dat dergelijke tuigen niet worden gebruikt voor de baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde wordt een gedetailleerde beschrijving van deze tuigen niet opgenomen in dit rapport.

Sleephopperzuiger (ook : sleepkopzuiger of trailing suction hopper dredger)

De sleephopperzuiger is een zelfvarend schip dat uitgerust is met één of twee sleeppijpen (zuigbuizen) die scharnierend bevestigd zijn aan de zijkant van het schip. Aan het uiteinde van elke sleeppijp is de zuigbuis uitgerust met een sleepkop die eveneens scharnierend is bevestigd. Tijdens het baggeren worden de zuigbuizen neergelaten tot de sleepkop de bodem bereikt waarbij de sleepkop horizontaal over de bodem gesleept wordt terwijl er aan lage snelheid gevaren wordt. In het schip is de zuigbuis aangesloten op een grote centrifugale pomp. Baggeren met een sleephopperzuiger is derhalve een vorm van hydraulisch baggeren.

In de zuigkop wordt een zand-water mengsel gevormd dat door de pomp wordt opgezogen en in het beun (het ruim) wordt geladen. Nadat het beun vol is zal het zuigproces nog enige tijd doorgaan waarbij de vaste deeltjes bezinken in het beun en het proceswater via een hiervoor ontworpen constructie (de overloop) terug overboord gespoeld worden. Dit proces wordt doorgezet tot het schip zijn optimaal laadvermogen heeft bereikt.

Echter met het proceswater zal eveneens een deel van de fijnere deeltjes mee overboord spoelen en naarmate het beun meer gevuld raakt zal door toename van de stroomsnelheid in beun de deeltjesgrootte en het aantal van de meegesleepte korrels vergroten.

In geval er fijn materiaal (slib) moet gebaggerd worden zal er niet of slechts kort doorgegaan worden met laden nadat het beun vol is. Dit omdat de slechte bezinkingskarakteristieken van dit type specie ertoe zullen leiden dat het mengsel als geheel overboord stroomt zonder dat er een voldoende stijging is van de beladingsgraad. Nadat het baggerproces beëindigd is wordt de sleeppijp opnieuw aan boord gehaald en wordt er naar de bergingszone (klepzone of landbergingszone) gevaren waar het schip gelost wordt. Daarna wordt er terug naar de baggerzone gevaren om een nieuwe baggercyclus aan te vatten. Het lossen gebeurt :

- Ofwel door het openen van kleppen, schuiven of deuren in de bodem van het schip zodat de lading naar de rivierbodem valt;
- Ofwel via een persleiding waarbij de specie uit het beun opnieuw met water wordt gemengd en naar een bergingszone op land wordt gepompt.

De hopperzuiger kan een zeer breed gamma van verschillende bodems baggeren (zand, leem, klei, grind,...) en heeft bij het onderhouden van vaargeulen het grote voordeel dat het een varend schip is dat geen ankers nodig heeft tijdens het baggerproces. Hierdoor is de hinder voor de scheepvaart en het risico op botsingen relatief gering. Bovendien is een zeer flexibele inzet mogelijk waarbij hetzelfde tuig ingezet kan worden op verschillende plaatsen en waarbij de bergingszone in eenzelfde baggerproject kan gedifferentieerd worden in functie van de baggerzone en de karakteristieken van de gebaggerde specie.

Het zuigproces is een relatief langzaam verlopend proces zonder bewegende delen zodat de vertroebeling tijdens het ontgravingsproces veeleer gering is. Indien er gewerkt wordt met overloop zal de vertroebeling van het omringende water wel aanzienlijk kunnen zijn en dit vooral als er (zeer) fijne bodems moeten gebaggerd worden.



Figuur 2-1 : Sleephopperzuiger

Verder is de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling van het tuig vooral in horizontale zin beperkt. Dit is voor normale onderhoudsbaggerwerken geen probleem maar kan dit wel zijn indien er in een bepaalde zone onder strikte horizontale toleranties moet gebaggerd worden (bijvoorbeeld voor het verwijderen van verontreinigde specie).

In de Beneden-Zeeschelde wordt de sleephopperzuiger gebruikt voor quasi alle baggerwerken in de vaargeulen zeker als het zandige bodems betreft en ook voor een belangrijk deel in de slibrijke gebieden waar er vrij kan gevaren worden.

Ploeg (ook : Sweepbeam)

De sweepbeam is een stalen constructie met een bulldozerblad en drijfelementen die met water geballast kunnen worden. Via ophang- en trekkabels wordt de Sweepbeam op een vooraf bepaalde diepte opgehangen onder een vaartuig en over/in de bodem voortgetrokken. Op die manier wordt het slib tijdens het varen verschoven vanuit de baggerzone naar een zone waar er een overdiepte is of waar het slib door de natuurlijke stroming opnieuw in suspensie wordt gebracht. (zie Claessens et al, 1988). De sleepafstanden zijn meestal relatief kort (max. ca. 500 m).



Figuur 2-2 : Ploeg of Sweepbeam

In de Beneden-Zeeschelde wordt dit tuig vooral ingezet voor het vrijmaken van de toegangseulen naar de verschillende zeesluizen waarbij het slib dat bezinkt in deze toegangseulen en dat afkomstig is uit de Schelde opnieuw naar de rivier wordt gesleept.

Een voordeel van dit tuig is de grote manoeuvreerbaarheid zodat er ook op moeilijk bereikbare plaatsen en dicht tegen de vaste constructies (kademuur) kan gewerkt worden zonder verlies aan efficiëntie. Bovendien veroorzaakt de Sweepbeam nauwelijks hinder voor de scheepvaart, aangezien er geen leidingen aanwezig zijn. Bovendien is de kost voor het inzetten van een sweepbeam relatief laag.

Gezien het slib slechts over geringe afstanden en over de bodem wordt verplaatst en het opnieuw in het natuurlijk systeem wordt gebracht is de impact op het morfologisch systeem gering. Wel moet gezegd worden dat er slechts een beperkte controle van het baggerproces kan gerealiseerd worden o.a. wat betreft het verdere natuurlijke transport in de rivier.

Baggeren met een ploeg of sweep beam is duidelijk geen vorm van hydraulisch baggeren.

Bulking of uitlevering

Bij het verwerken van de grond moet men rekening houden met een toename (of afname) van het in situ volume als gevolg van uitlevering. Deze is afhankelijk van de grondsoort en de wijze van ontgraven :

- Bij mechanische ontgraving zal de uitlevering gering zijn, ordegrootte 5 à 10% onmiddellijk na ontgraving.
- Bij hydraulische ontgraving van samenhangende grond (klei, leem, silt) zal door het baggeren de structuur van de grond worden verbroken en door toevoeging van water een grond-watermengsel ontstaan. In de bergingszone zal aanvankelijk als gevolg van het trage bezinkings- en consolidatieproces, uitlevering optreden die kan oplopen tot meer dan 200%. Door bezinking en consolidatie zal de dichtheid in de bergingszone in de loop van de tijd weer toenemen en daarmee het ingenomen volume in de bergingszone afnemen ten opzichte van het aanvankelijke ingenomen volume. Bij het vaststellen van de benodigde bergingsruimte moet hiermee rekening worden gehouden.
- Bij hydraulisch ontgraven van niet samenhangende grond (zand) ontstaat een geringere pakkingsdichtheid op het stort of in het middel van vervoer met bijbehorende uitlevering van 5 à 20% onmiddellijk na ontgraving.

De bulking/uitlevering wordt berekend als :
$$B = \frac{1 - n_1}{1 - n_2}$$

Hierin is :

n_1 poriëngehalte in situ in de baggerzone [-]

n_2 poriëngehalte in de bergingszone [-]

Of in geval van volledig verzadigde grond uit :
$$B = \frac{\rho_1 - \rho_w}{\rho_2 - \rho_w}$$

en in geval van droge grond uit :
$$B = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

In deze formules is :

ρ_1	dichtheid vóór ontgraving [kg/m ³]
ρ_2	dichtheid na ontgraving/berging [kg/m ³]
ρ_w	dichtheid van water [kg/m ³]

In Tabel 2-1 zijn gemiddelde indicatieve waarden gegeven voor de dichtheid van enkele grondsoorten en bijbehorende uitleveringen bij mechanische en hydraulische ontgraving. Deze waarden werden overgenomen uit de Nederlandse richtlijnen inzake (sanerings)baggerwerken.

Tabel 2-1 : Gemiddelde indicatieve waarden voor (situ)dichtheid en uitlevering van diverse grondsoorten (*ontwaterd = niet verzadigd)

Grondsoort	In Situ Dichtheid (verzadigd) [kg/m ³]	Mechanische ontgraving		Hydraulische ontgraving	
		Dichtheid in het depot voor consolidatie [kg/m ³]	Uitleverings- factor	Dichtheid in het depot voor consolidatie [kg/m ³]	Uitleverings- factor
Veen	1700	1600	1.20	1300	2.3
Slib	1300	1250	1.20	1200	1.5
Slappe klei	1500	1450	1.10	1350	1.4
Vaste klei	2000	1900	1.10	1350	2.9
Zand	2000	1700*	1.05	1850	1.2

Opgemerkt moet worden dat de dichtheid in het depot na verloop van tijd zal stijgen.

- Voor zandige specie en voor slib zal de uitleveringscoëfficiënt vrij snel dalen tot ca. 5% ; op langere termijn daalt het volume verder soms zelfs tot onder het volume in uitgraving.
- Voor klei (vaste en slappe) is het consolidatieproces sterk afhankelijk van de laagdikte. Bij grote laagdiktes zal het proces vele jaren duren en moet er met een quasi-finale uitleveringscoëfficiënt van 150 à 200 % gerekend worden. Bij beperkte laagdiktes (tot ca. 1 à 1,5 m) zal het consolidatieproces versneld kunnen gerealiseerd worden (= lagunering) in een periode van ca. 1 jaar en is de 'finale' uitleveringscoëfficiënt voor slappe klei eveneens ca. 5 % en voor vaste klei 20 à 40 %.
- Bij een gemengde specie ligt de uitlevering meestal tussen beide waarden in.

Tenslotte moet opgemerkt worden dat er soms ook moet gerekend worden met verlies aan specie door het uitwateringssysteem van de bestemmingsite. Hierdoor zal de reële uitleveringscoëfficiënt dalen.

In situ volume

De omvang van de te baggeren waterbodem wordt meestal uitgedrukt in volume in situ m³. Het in situ volume vormt de basis voor de aanduiding van de omvang van een werk en het uitgangspunt voor het vaststellen van de benodigde productiecapaciteit van het baggermateriaal bij een gegeven uitvoeringsperiode. Ook kan het dienen als basis bij de betaling van de baggerwerken.

Ton droge stof

Ten behoeve van de betaling van de baggerwerken wordt de gebaggerde hoeveelheid specie dikwijls uitgedrukt in tonnen droge stof. Hiervoor wordt gekozen indien meting van het in situ volume niet voldoende nauwkeurig is, zoals bij sliblagen of indien het geproduceerde volume in een stort teveel afhankelijk is van de aangevoerde mengselconcentratie en het ontwateringsgedrag van de desbetreffende baggerspecie. Bij sliblagen zal de bovenlaag met geringe dichtheid niet (kunnen) worden gemeten zodat het baggervolume niet eenduidig kan worden vastgesteld. Slib en in het algemeen elke vorm van cohesief materiaal (zoals klei) hebben na hydraulisch transport slechte ontwateringseigenschappen. Als gevolg van de variabele dichtheid zal het stortvolume navenant variëren en daarom niet geschikt zijn als indicator voor de verwerkte hoeveelheid. In dat geval wordt de voorkeur gegeven voor een hoeveelheidsbepaling in tonnen droge stof. De tonnen droge stof TDS van met water verzadigde grond kan worden berekend met de formule :

$$TDS = \frac{(\gamma_{mengsel} - \rho_w)}{(1 - \frac{\rho_w}{\rho_k})} V$$

Hierin is :

ρ_w = waterdensiteit = dichtheid van het water [t/m^3]

ρ_k = korreldensiteit = dichtheid van de vaste stof [t/m^3], voor zand 2.650 t/m^3

m = totale massa van het met water verzadigde mengsel [t]

V = volume ingenomen door het met water verzadigde mengsel [m^3]

$\gamma_{mengsel}$ = densiteit van het met water verzadigde mengsel [t/m^3] = $m [t] / V [m^3]$

Transport van baggerspecie

Transport via persleiding :

Transport van baggerspecie via een pijpleiding vindt plaats door het verpompen van een grondwatermengsel. Er is sprake van hydraulisch transport in de volgende gevallen :

- hydraulische ontgraving waarbij de persleiding gekoppeld is aan het baggerwerktuig ;
- lossen van baggerspecie uit beunbakken of beunschepen met een bakkenzuiger of een grondpomp.

De op het baggerwerktuig aangesloten persleiding is een drijvende leiding die op de oever aansluit op de landleiding. Indien de drijvende leiding een grote lengte heeft of de scheepvaart zou hinderen, kan een zinkerleiding aangebracht worden die op de bodem van de waterweg ligt. Het drijvende deel van de leiding dient voldoende lang te zijn om het baggerwerktuig bewegingsvrijheid te geven ten behoeve van het ontgraven. Afhankelijk van de geïnstalleerde capaciteit van de perspomp en de grondgesteldheid varieert de persafstand tussen de 500 m en de 5.000 m. Bij langere persafstanden wordt ten behoeve van extra persvermogen een tussenstation (booster) geïnstalleerd. In verband met de beheersbaarheid van het persproces worden in de praktijk meestal maximaal 2 tussenstations toegepast. Een tussenstation kan drijvend zijn of op de wal staan. De positie van het tussenstation in het leidingtraject wordt bepaald door het drukverloop in de leiding.

Hydraulisch transport vindt plaats met mengselsnelheden van circa 1 tot circa 5 m/s. De mengselsnelheid is voornamelijk afhankelijk van de grondsoort en de persafstand. Bij korte afstand en/of grove korrels is de mengselsnelheid groot. Bij lange afstanden en fijne korrels (slib) mag de mengselsnelheid kleiner zijn zonder dat er een risico ontstaat dat de vaste stof bezinkt in de leiding en zo de leiding blokkeert. De leidingdiameter is afhankelijk van de capaciteit van de perspomp en varieert van 0,25 m voor kleine werktuigen tot 0,65 m voor de middelgrote werktuigen. Grote zuigers kunnen pijpleidingdiameters hebben tot 0,9 m à 1 m. Leidingen tot 0,35 m kunnen van kunststof zijn en voorzien van snelkoppelingen zodat deze eenvoudig met mankracht kunnen worden geplaatst. Leidingen met grotere diameter zijn veelal van ijzer en voorzien van flenskoppelingen. Deze moeten met een kraan worden geplaatst. Voor plaatsing en onderhoud van dit soort leidingen dient langs het tracé van de leiding ruimte beschikbaar te zijn voor materieel.

Transport in beun :

Er is sprake van transport in beun indien :

- het gebaggerde materiaal per bak of beunschip wordt vervoerd ;
- gebaggerd wordt met een hopperzuiger.

Beunbakken hebben geen eigen voortstuwing en zijn voor hun verplaatsing afhankelijk van duw- of sleepboten. Beunschepen hebben wel een eigen voortstuwing. Op de grote binnenwateren varieert de grootte van de beunbakken of beunschepen van circa 800 ton tot circa 3.000 ton. Het volume dat hiermee kan worden getransporteerd is afhankelijk van de dichtheid van de lading. Zo zal bij baggerslib met een dichtheid in het beun van bijvoorbeeld 1.200 kg/m^3 een 800 tons schip een baggervolume transporteren van circa 650 m^3 . Het hiermee corresponderende in situ volume kan uit de in situ dichtheid en de beundichtheid worden berekend. De beladen diepgang van beunbakken en beunschepen bedraagt meestal maximaal circa 3 m.

Bij hydraulisch baggeren wordt een grond-watmengsel in een beunbak of beunschip gepompt. Normaliter wordt na volledige vulling van het beun doorgeladen, waarbij bezinking van het vaste bestanddeel optreedt en het proceswater met de fijnere deeltjes overboord vloeit. Op deze wijze wordt een maximum aan vaste bestanddelen geladen. Echter de fijnere deeltjes bezinken ter plaatse op de waterbodem of worden met de stroom meegenomen. Het doorladen is alleen effectief bij een voldoende hoog zandgehalte van de gebaggerde specie. De fijnere deeltjes ($< \text{ca. } 60 \text{ } \mu\text{m}$ tot $100 \text{ } \mu\text{m}$) bezinken niet in het beun. Bij baggeren van slib wordt daarom het laden gestopt op het moment van overvloeien. Bij het baggeren van verontreinigde grond is overvloeien niet toegestaan. Het maximum draagvermogen van beunbak of beunschip, dat aan vaste stof kan worden geladen, zal dan doorgaans niet zijn bereikt. Dit resulteert in korte laadtijden en een groter aantal benodigde beunbakken en/of beunschepen voor transport, dan in situaties zonder verontreinigde specie. Het vullen van het beun (hopper) van een sleephopperzuiger is vergelijkbaar met het hydraulisch vullen van een beunbak of een beunschip zoals hierboven beschreven.

Bres

Een bres is het talud van nog niet gebaggerde waterbodem ter plaatse van het ontgraafelement. Bressen is het bezwijken van het talud ter plaatse van het ontgraafelement als gevolg van de baggeractiviteit.

2.3. Rivierkundige begrippen

Estuarium

Er is een breed scala aan definities in gebruik omtrent het begrip estuarium. Een estuarium is een zeearm waarin zoet- en zoutwater meetbaar met elkaar vermengd worden. Van Dale (Van Dale, 1997) geeft de beschrijving "door getijstroomen wijde riviermond". Meer gangbaar zijn de definities van Pritchard (1967):

"A semi-enclosed coastal body of water which has a free connection with the open sea and within which sea water is measurable diluted with fresh water derived from land drainage"

en Fairbridge (1980):

"An estuary is an inlet of the sea reaching into a river valley as far as the upper limit of the tidal rise"

Beide definities hebben hun beperkingen. De definitie van Pritchard maakt dat de begrenzing van een estuarium met de seizoenfluctuaties in de rivierafvoer verschuift, doordat het zoutgehalte als onderscheidend kenmerk wordt gebruikt. Fairbridge hanteert de invloed van het getijde als criterium waardoor er een duidelijke begrenzing van een estuarium rivieropwaarts ontstaat. Beiden doen echter geen uitspraak in hoeverre het estuarium zich uitstrekt buiten het mondingsgebied van de rivier, de zeewaartse begrenzing. Hoewel niet als zodanig gedefinieerd wordt als zeewaartse begrenzing ook wel het gebied aangehouden waar de stroming van de rivier niet meer merkbaar is.

In het rapport Amoebe's Benedenrivierengebied wordt een combinatie van bovenstaande definities gebruikt, alsmede de definitie die is verwoord in het rapport Doelstellingen ecologisch herstel benedenrivierengebied:

"Een estuarium is een overgangsgebied tussen één of meerdere rivieren en de zee, waar naast de rivierafvoer het getij een meer of minder sterke invloed heeft op de waterbeweging, en zoet en zout water elkaar ontmoeten. Het getij is het belangrijkste fysische proces dat het getijdengebied vorm geeft en in stand houdt."

Drempel

Dit zijn de rechte gedeelten van de rivier gelegen tussen twee opeenvolgende bochten. Dit zijn tevens de plaatsen waar de dwarssectie het minst diep is en bijgevolg er de meeste onderhoudsbagwerken plaatsvinden.

Ebgeul

Stroomgeul die gevolgd wordt door de ebstroming. De ebstroming volgt grotendeels de vaargeul, die in dat geval hoofdzakelijk de ebgeul is.

Vloedschaar

In tegenstelling tot de ebstroom volgt de vloed eerder het kortst mogelijke traject zodat uitschuring van secundaire (minder diepe) geulen in de platen ontstaat, vloedscharen genoemd.

Plaat

Ondiep gedeelte van de rivier, gesitueerd aan de binnenbocht van de rivier tussen de oever en de vaargeul. In geval van een meergeulenstelsel kan de plaat gelegen zijn tussen twee geulen. Meestal gekenmerkt door een zandige bodem en weinig vegetatie.

Slik

Ondiep gedeelte van een getijderivier gelegen tussen de gemiddelde hoogwater- en laagwaterlijn en gekenmerkt door een slibbodem en weinig vegetatie.

Schor

Ondiep gedeelte van een getijderivier gelegen boven de gemiddelde hoogwaterlijn en gekenmerkt door een slibbodem en veel vegetatie. Het schor komt enkel onder water tijdens de hoogwaterperioden van de springtijden.

Het overzicht van deze fysische entiteiten en hun naamgeving voor de Beneden-Zeeschelde is weergegeven in Figuur 2-3 en Figuur 2-4.

2.4. Fysische begrippen

Saliniteit

De saliniteit is de hoeveelheid zouten opgelost in water. Bij metingen wordt dikwijls het chloridegehalte gemeten aangezien deze stof gemakkelijk detecteerbaar is. Er wordt dan

aangenomen dat de samenstelling van de zouten niet verandert. De relatie tussen saliniteit en chloridegehalte is $S=0.03+1.8053Cl$. Het chloridegehalte wordt bepaald door de conductiviteit van het water te meten (UNESCO, 1991).

Waterlichamen kunnen opgedeeld worden volgens hun gehalte aan zouten, en de oorzaak van het gehalte aan zouten.

Homoiohaliene omgevingen bestaan uit waters waarvan de saliniteit afkomstig is van een zee of oceaan waarmee ze in verbinding staan. Deze saliniteit wordt thalassisch genoemd en varieert tussen 0 en ongeveer 45 ppt.

Poikilohaliene omgevingen bestaan uit waters waarvan de saliniteit een biologische oorsprong heeft. De saliniteit kan variëren tussen 0 en 300 ppt.

Binnen de homoiohaliene omgevingen kan nog een onderscheid gemaakt worden gebaseerd op het gehalte aan zouten (Dahl, 1956).

Tabel 2-2 : onderverdeling van de homoiohaliene wateren (Dahl, 1956)

			Zoutgehalte in g/l
Zoet water			0.0-0.5
Brak water	Oligohalien	Licht brak water	0.5-5.0
	Mesohalien	Matig brak water	5.0-18.0
	Polyhalien	Zeer brak water	18.0-30.0
Zout water	Euhalien		30.0-35
	Metahalien		36-40

Turbiditeit (of troebelheid)

Zoals gesteld door Wartel (Wartel en Van Eck, 2000) is slib in de rivierbodem en in de waterkolom de naam voor een zeer complexe waterige suspensie van diverse soorten organische stof en anorganische verbindingen met een breed skala aan afmetingen gaande van ruwweg colloïdaal organisch materiaal tot siltkorrels met een maximum doormeter van 63 µm. Grover materiaal kan voor enkele procenten aanwezig zijn.

In de waterkolom spreekt men van troebelheid of turbiditeit. Het optisch meten van de turbiditeit is gebaseerd op het meten van de verzwakking en reflectie van een uitgestuurd lichtsignaal in een vloeistof met zwevende sedimentdeeltjes. Deze verzwakking is afhankelijk van de concentratie, deeltjesgrootte van het zwevend sediment, vorm van de deeltjes, golflengte van het uitgestuurd licht, omgevingslicht, coloriteit van het water, ...

Omdat de turbiditeit afhankelijk is van het materiaal in suspensie en de vloeistof werd een internationale standaard bepaald om de turbiditeit weer te geven. Hiervoor wordt een oplossing van formazine (C₂H₂N₄) in water als referentieoplossing gebruikt en wordt uitgedrukt in:

FNU (Formazine Nephelometric Units)
FTU (Formazine Turbidity Units)
NTU (Nephelometric Turbidity Units)

waarbij 1 FTU = 1 FNU = 1NTU

Om het verband tussen FTU en concentratie (mg/l) te kennen, dient een kalibratie curve te worden opgesteld, die plaatsafhankelijk is.

Turbiditeitsmaximum

Volgens de literatuur (zie b.v. Dyer, 1995; Verlaan, 1998) is er in meso- en macrotidale estuaria een zone met hogere slibconcentraties dan elders, dit wordt het turbiditeitsmaximum van het estuarium genoemd. Een voorwaarde voor de vorming van een turbiditeitsmaximum is dat de stroomsnelheden voldoende groot zijn om slib in suspensie te houden. Het turbiditeitsmaximum is gewoonlijk gelegen aan het opwaartse einde van de zoutindringing, i.e. een zone met saliniteit van 1-5 g/l.

2.5. Biologische begrippen

Fauna: Alles wat behoort tot het rijk van de levende dieren.

Flora: Alles wat behoort tot het rijk van de levende planten

Benthos : Geheel van planten en dieren die leven op de bodem van een waterlichaam

2.6. Ecotoxicologische begrippen

TOC: Total Organic Carbon. De totale hoeveelheid koolstof bevat in organische verbindingen. De TOC slaat op de methode waarbij met waterstofperoxide de hoeveelheid koolstof wordt bepaald.

EOX: Onderzoeksgegevens om de organochloorverbindingen te klasseren. Organochloorverbindingen breken af naar hoog toxische vinylchloriden

PAK: Poly aromatische koolwaterstoffen die bestaan uit aan elkaar gekoppelde benzeenringen

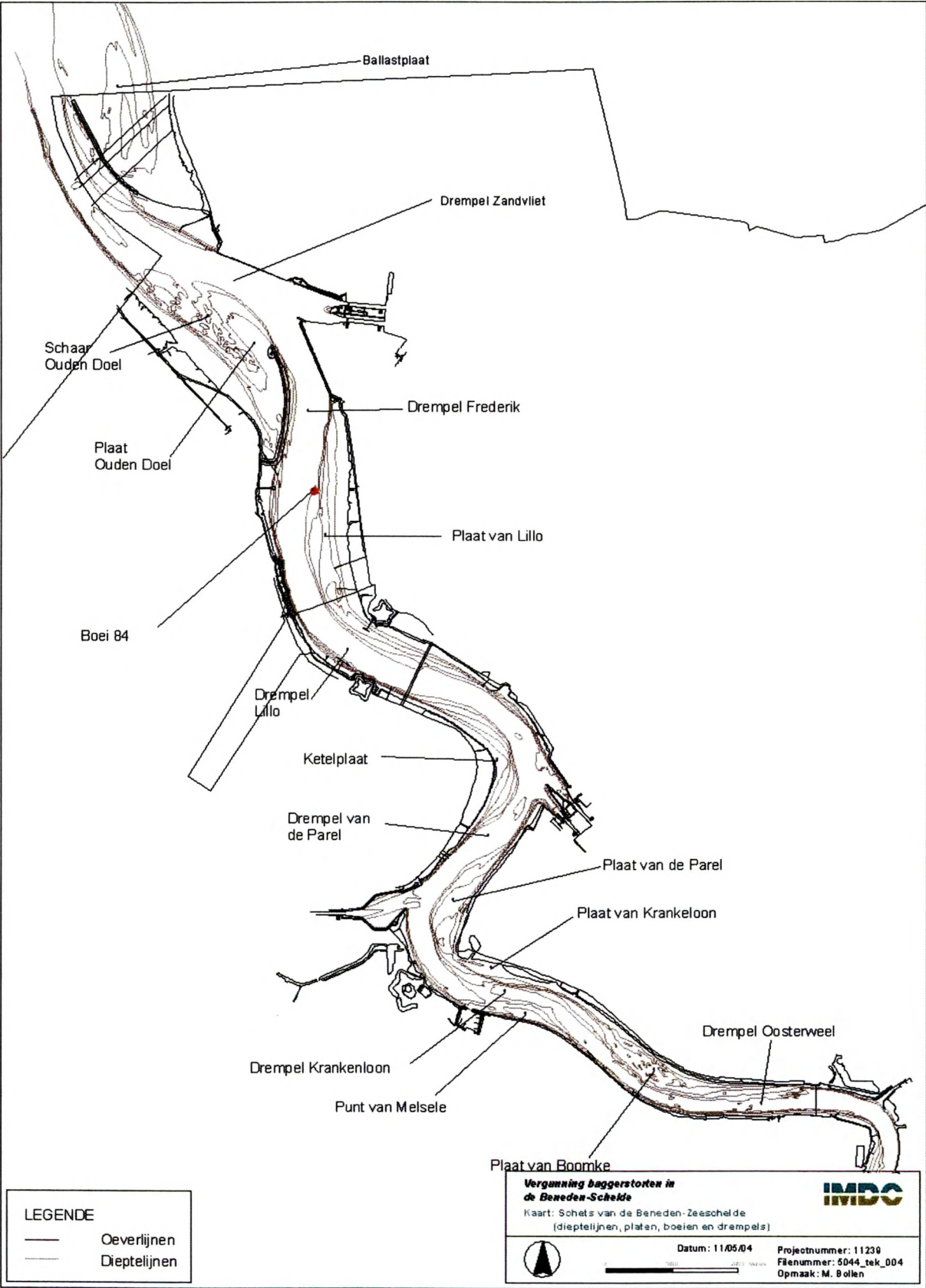
PCB: Polychloorbifenylen. Bestaat uit twee benzeenringen aaneen verbonden, dat zeer persistent is in het milieu

2.7. Andere Begrippen

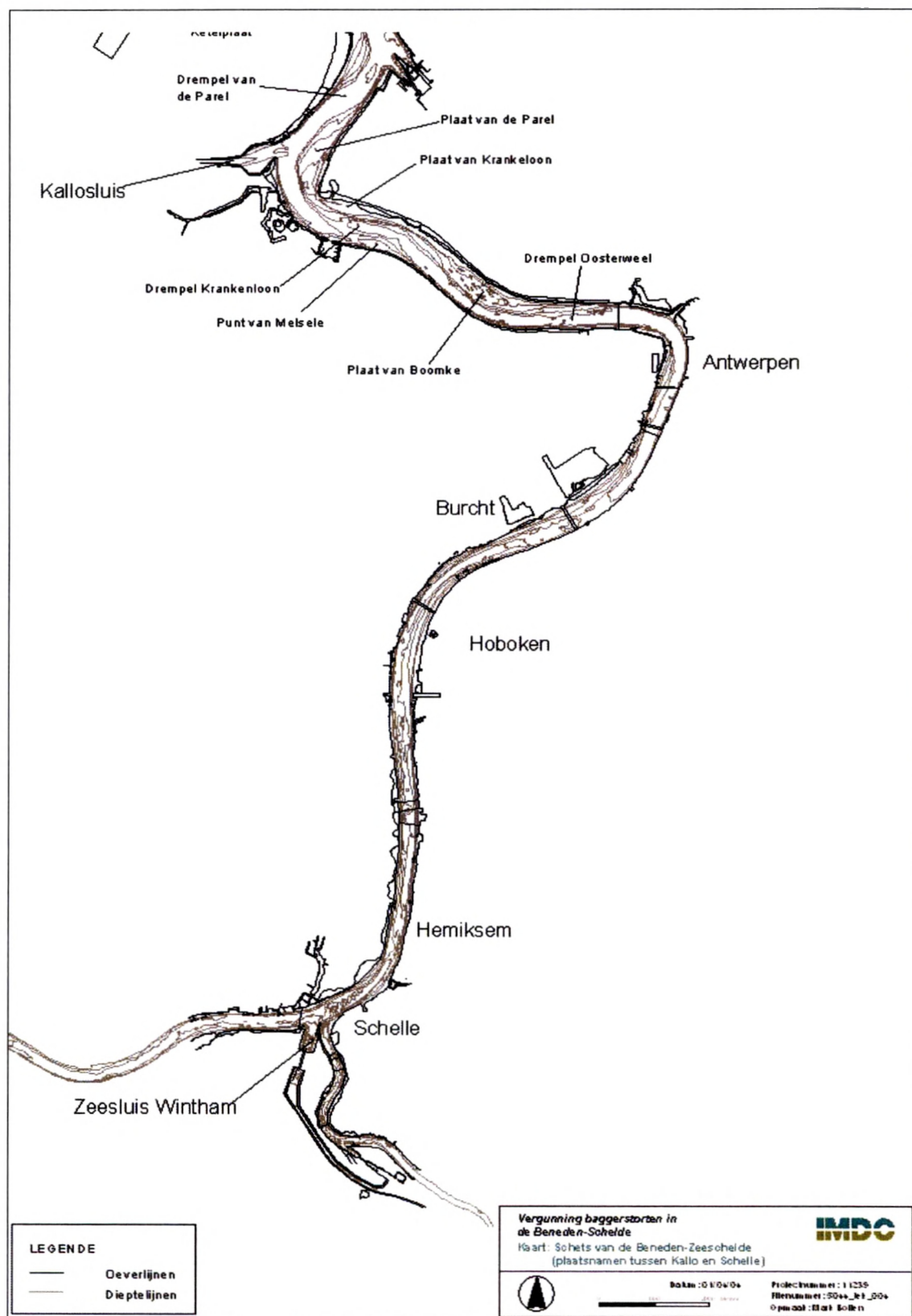
Duurzame ontwikkeling : de ontwikkeling die aan de behoeften van het heden voldoet zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheid in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien. (Brundtland, 1987)

Duurzaam waterbeheer : Het gecoördineerd en geïntegreerd ontwikkelen, beheren en herstellen van een watersysteem, zodat het voldoet aan de kwaliteitsdoelstellingen voor het ecosysteem en het multifunctioneel gebruik, zonder daarbij de multifunctionaliteit voor de komende generaties in het gedrang te brengen. De doelstellingen en de daaraan gekoppelde afweging van functies en landgebruik dienen te vertrekken van een grondige kennis van de werking van het watersysteem en zijn natuurlijke randvoorwaarden. (UIA in opdracht van het VIWC, 1999)

Het Watersysteem : is een geografisch afgebakend, samenhangend en functioneel geheel van oppervlaktewater, grondwater, waterbodems, oevers en technische infrastructuur met inbegrip van de daarin voorkomende levensgemeenschappen en alle bijhorende fysische, chemische en biologische kenmerken en processen. (UIA, 1999)



Figuur 2-3 : Overzicht fysische entiteiten Beneden-Zeeschelde stroomafwaarts Antwerpen



Figuur 2-4 : Overzicht fysieke entiteiten Beneden-Zeeschelde stroomopwaarts Kallosluis

3. BESCHRIJVING VAN DE HUIDIGE TOESTAND : HYDRAULISCH SEDIMENTOLOGISCH REGIME IN DE BENEDEN ZEESCHELDE

3.1. Inleiding

Het tijgebonden deel van de Schelde omvat de Westerschelde en de Zeeschelde en bestaat uit een estuarium en een tijrivier.

De zout-, brak- en zoetwaterslikken, de platen en geulen vormen een unieke omgeving voor diverse leefgemeenschappen. Het bestaan van deze ecosystemen is het gevolg van de complexe interactie tussen verschillende fysische fenomenen zoals de hydrodynamica, de saliniteitsverdeling, het sedimenttransport (troebelheid), het gehalte aan opgeloste nutriënten en het zuurstofgehalte (Meire et al., 1995). Anderzijds heeft de Schelde een belangrijke economische functie als vestigingsplaats van havens en van industriegebieden. Om de toegang tot de haven van Antwerpen voor zeeschepen te garanderen dienen er belangrijke onderhoudsbaggerwerken te gebeuren, aangevuld met grootschalige verruimingswerken teneinde de vaargeul voor nog grotere zeeschepen toegankelijk te maken. De antropogene aanvoer van stoffen uit lozingen leidt tot een accumulatie van polluenten in de cohesieve sedimenten. Door deze accumulatie zijn vooral de schorren en slikken en nog meer de toegangsgeulen naar de sluizen getroffen, waar de stroomsnelheden gering zijn en het cohesief sediment bij voorkeur neerslaat.

Het cohesief suspensietransport in getijwateren, dat belangrijk is met betrekking tot de aanslibbing in de toegangsgeulen en in het Deurganckdok, wordt in essentie bepaald door de getijwerking, de bovenafvoer van de rivier, de morfologie, de zout-, temperatuur- en particuliere-gradiënten, de erosie- en sedimentatieprocessen, de effectieve valsnelheid van de sedimentpartikels en de fysico-chemische en biologische processen. De combinatie van al deze factoren maakt dat de slibconcentratie variaties vertoont op diverse tijdschalen. Tenslotte wordt erop gewezen dat de Beneden-Zeeschelde de plaats is waar zich van nature het turbiditeitsmaximum bevindt van het estuarium. Ongelukkig valt dit gebied ook samen met de plaats waarin zich in de loop der eeuwen de haven van Antwerpen ontwikkeld heeft en waarin zich de toegangsgeulen tot de sluizen van de haven bevinden.

3.2. Het getij

De Schelde is 'macrotidal', dit is een estuarium met een tijverschil (verschil tussen hoog- en laagwater) groter dan 4 m. Het tijverschil bepaalt in grote mate de mogelijkheid van de stroming om zoet- en zeewater te mengen en om sedimenten te transporteren. Het is daarom belangrijk om de algemene karakteristieken van het getij in de Schelde te kennen.

In het estuarium wordt de getijgolf sterk vervormd door enerzijds effecten van bodemwrijving van de stroming en anderzijds door het versmallen van het estuarium naar opwaarts toe (convergentie). Deze convergentie zorgt voor een gedeeltelijke reflectie van de tijgolf enerzijds en anderzijds voor het samendrukken van de tijgolf ervan in een steeds smaller wordende dwarssectie. Dit resulteert in een toename van het tijverschil. Bodemwrijving heeft een tegengesteld effect. Zij neemt toe met afnemende waterdiepte en toenemende stroomsnelheid waardoor energie onttrokken wordt aan de tijgolf en de amplitude ervan vermindert. In de Beneden Zeeschelde en de Westerschelde zijn de convergentieeffecten belangrijker dan de wrijvingseffecten, dit blijkt uit het feit dat het tijverschil toeneemt vanaf de monding (Vlissingen) tot Schelle om dan in het verder opwaartse deel af te nemen. Dit fenomeen wordt aangeduid als 'hypersynchroon'. De grootste stroomsnelheden komen voor tijdens vloed. Deze asymmetrie in de tijcurve wordt verklaard doordat gedurende het begin van de vloed de wrijvingseffecten belangrijker zijn dan gedurende het einde van de vloed wanneer de waterdiepte groter is. Door de convergentie van de Schelde neemt het verhang en daardoor ook de voortplantingssnelheid van de binnendringende tijgolf toe. De toenemende voortplantingssnelheid van de tijgolf (tot

Antwerpen) maakt dat, vanaf de monding naar opwaarts toe, de hoogwaters zich steeds sneller voortplanten terwijl de laagwaters achterblijven. Een verkleining van de vloedduur, een vergroting van de ebduur en een steeds meer asymmetrisch snelheidsverloop met een typisch vloeddominant karakter van de stroming is hiervan het gevolg. Het vloeddominant karakter van de stroming is vooral uitgesproken bij springtij. Bij doottij zijn de laagwaters hoger en de hoogwaters lager zodat de wrijvingseffecten iets minder belangrijk zijn aan het begin van de vloed en iets belangrijker aan het einde ervan dan bij een springtij.

3.2.1. Gemiddeld tij gedurende het decennium 1991-2000

Het gemiddeld doottij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij (waterstanden en duur) over de periode 1991-2002 in de tijposten van Antwerpen, Kallo, Liefkenshoek en Prosperpolder werd ontvangen vanwege de Afdeling Maritieme Toegang en is bijeengebracht in Tabel 3-1 en Tabel 3-2. Voor de meetlocatie Prosperpolder zijn de gemiddelden gebaseerd op de periode 1991-1998.

Tabel 3-1 : Gemiddeld HW, LW (m TAW) en tijverschil (m) bij een gemiddeld doottij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij te Antwerpen, Kallo, Liefkenshoek en Prosperpolder voor de periode 1991-2000 (AMT, ongepubliceerd) .

Tijdpst	Doottij		Gemiddeld Tij		Springtij	
	HW (m TAW)	LW (m TAW)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	HW (m TAW)	LW (m TAW)
Antwerpen	4.77	0.34	5.29	0.00	5.72	-0.23
Kallo	4.69	0.35	5.26	0.01	5.73	-0.23
Liefkenshoek	4.63	0.39	5.19	0.05	5.63	-0.18
Prosperpolder	4.54	0.42	5.09	0.07	5.53	-0.15

Tabel 3-2 : Duur stijging en daling (h.min) bij een gemiddeld doottij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij te Antwerpen, Kallo, Liefkenshoek en Prosperpolder voor de periode 1991-2000 (AMT, ongepubliceerd)).

Tijdpst	Doottij			Gemiddeld Tij			Springtij		
	stijging	Daling	Totaal	stijging	daling	Totaal	stijging	daling	totaal
Antwerpen	5h55	6h44	12h39	5h25	7h00	12h25	5h01	7h18	12h19
Kallo	5h56	6h43	12h39	5h27	6h56	12h23	5h07	7h12	12h19
Liefkenshoek	5h59	6h40	12h39	5h34	6h50	12h24	5h16	7h04	12h20
Prosperpolder	6h03	6h35	12h38	5h41	6h43	12h24	5h26	6h50	12h18

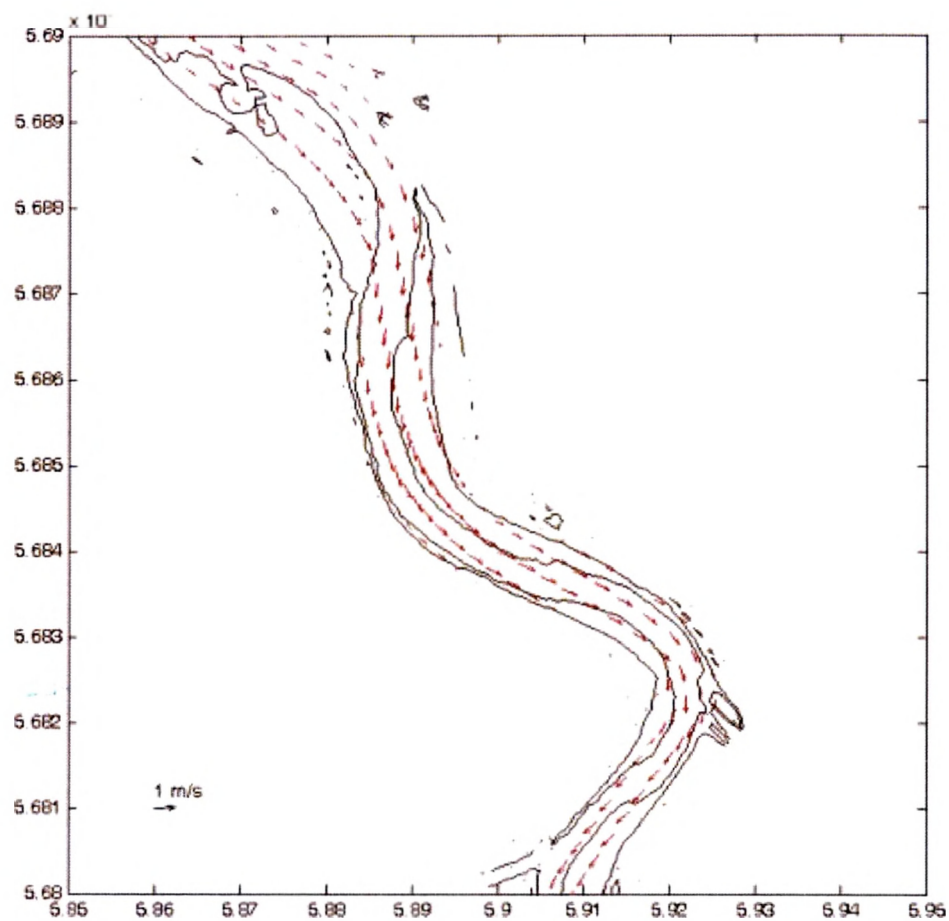
3.3. Stromingen

De stroming in de Beneden-Zeeschelde is sterk plaats- en tijdsafhankelijk. Zo concentreert de stroming zich bij eb vooral in de ebgeulen, bij vloed is de stroming meer gelijkmatig over de sectie verdeeld, met de maximale stroming op de vloedschaar. De ebgeul en vloedscharen komen vooral voor in het meest afwaartse deel.
Kentering is het ogenblik waarop de ebstroming overgaat in vloedstroming en omgekeerd, theoretisch komt dit overeen met het tijdstip waarop de snelheid gelijk is aan nul. Wegens het

voorkomen van o.a. neren, secundaire stromingen, horizontale en verticale saliniteitsgradiënten is de snelheid in een punt nooit gelijk aan nul. Het blijkt ook uit de snelheidsgegevens dat zowel laagwater- als hoogwaterkentering vroeger optreden tijdens doottij dan tijdens springtij en dat een vloed langer en een eb korter duurt bij doottij dan bij springtij.

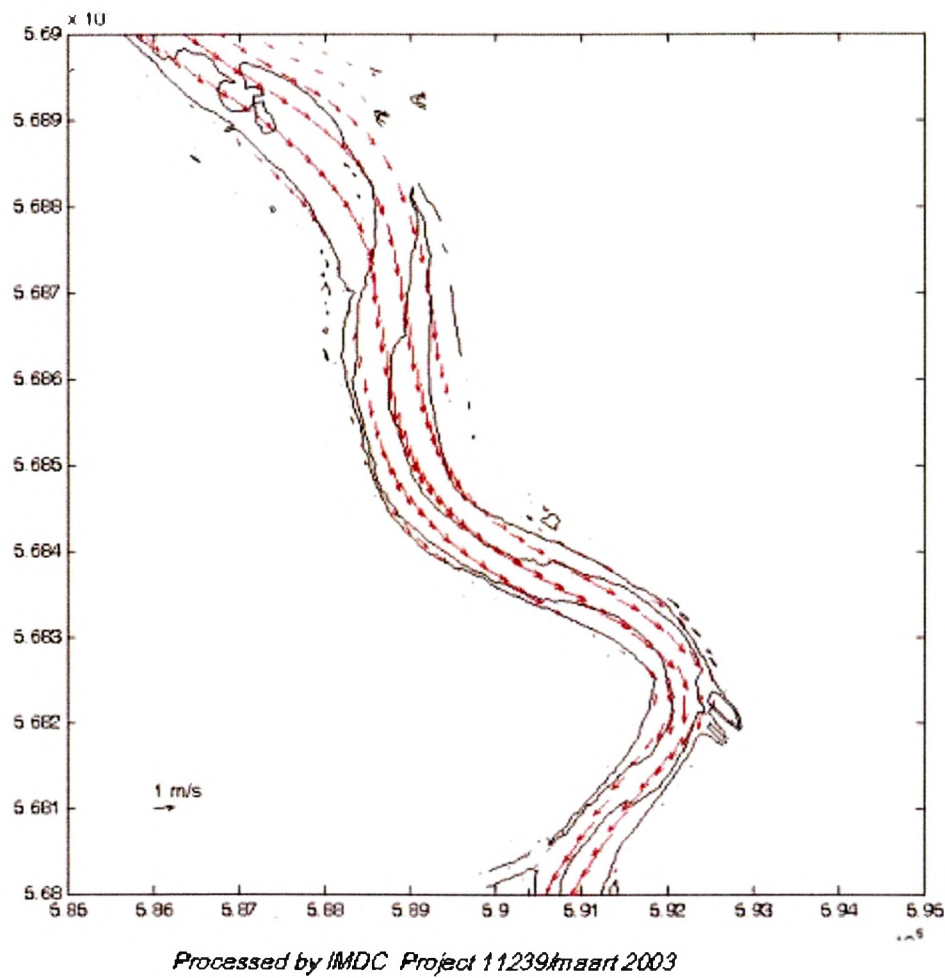
Metingen tonen aan dat de stroming heel geleidelijk van richting verandert en dat kentering dus een zekere tijd duurt ($\pm 1\text{h}00$). Uit 13-uursmetingen (referenties) blijkt verder dat laagwaterkentering op een verschillend tijdstip begint afhankelijk van de plaats van het meetpunt in de dwarssectie. De stroomrichting in de meetpunten gelegen op de ondiepere plaatsen verandert vroeger dan in de meetpunten gelegen in de vaargeul. Deze faseverschuiving in laagwaterkentering over een dwarssectie bedraagt ongeveer 1 uur ter hoogte van de Drempel van Zandvliet. Hoogwaterkentering verloopt meer synchroon over de breedte van de rivier. Deze verschillen in kenteringstijdstip/-periode zijn het gevolg van het feit dat de ebstroom de vaargeul volgt terwijl de vloedstroom haar maximum heeft in de vloedscharen. Een ander effect dat het tijdstip van kentering beïnvloedt zijn de verticale en horizontale saliniteitsgradiënten en de daaruit voortvloeiende verandering in het snelheidsprofiel. Uit de boven aangehaalde 13-uursmetingen blijkt dat tijdens eb en vloed de vorm van de snelheidsverticalen verschilt. Aan het oppervlak is een zeewaartse component en aan de bodem een landwaartse component waarneembaar. Dit resulteert in een afname van de snelheid aan de oppervlakte tijdens vloed en een toename ervan tijdens eb t.o.v. het theoretische logaritmische snelheidsprofiel. Tijdens kentering kan naargelang de grootte van de saliniteitsgradiënt een tweelagenstroming zich ontwikkelen.

De vertikaal gemiddelde snelheden in de Beneden-Zeeschelde (Grens-Kallo), berekend met het 3D hydrodynamisch model illustreren voor de belangrijkste tijdstippen in de getijcyclus het snelheidspatroon. Zie Figuur 3-1 t.e.m. Figuur 3-5.

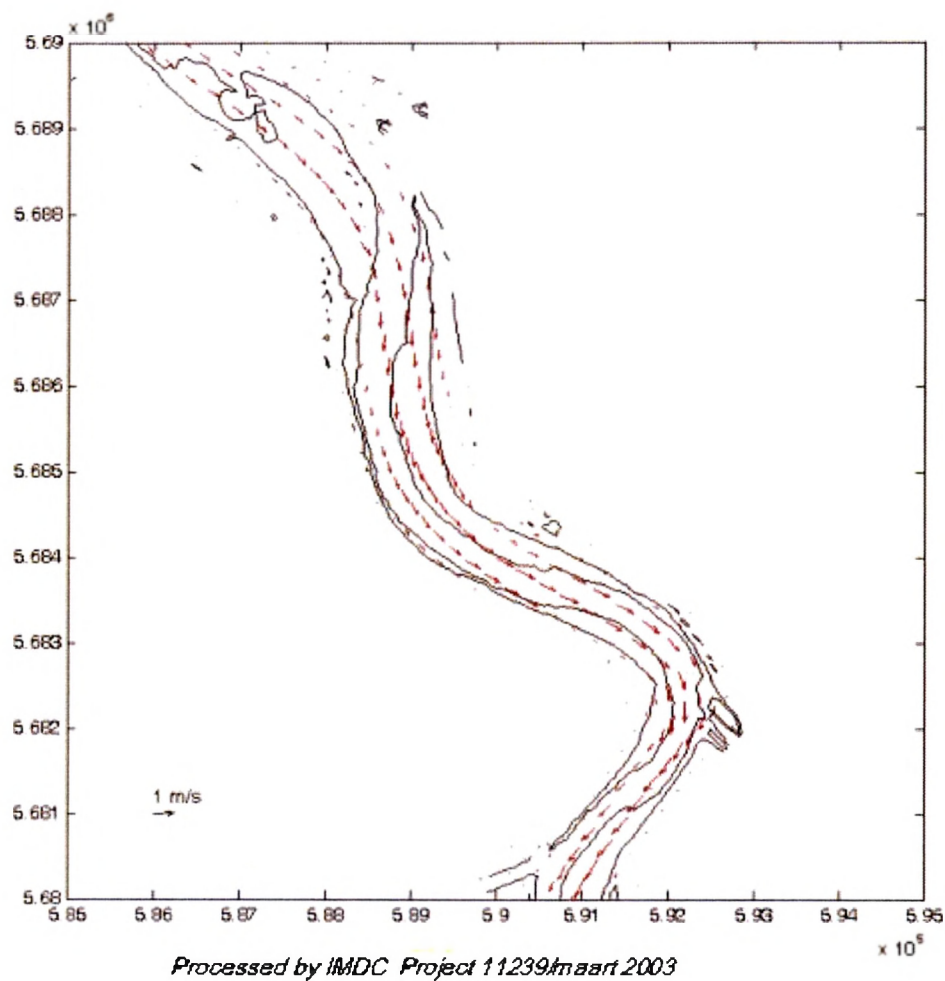


Processed by IMDC Project 11239/maart 2003

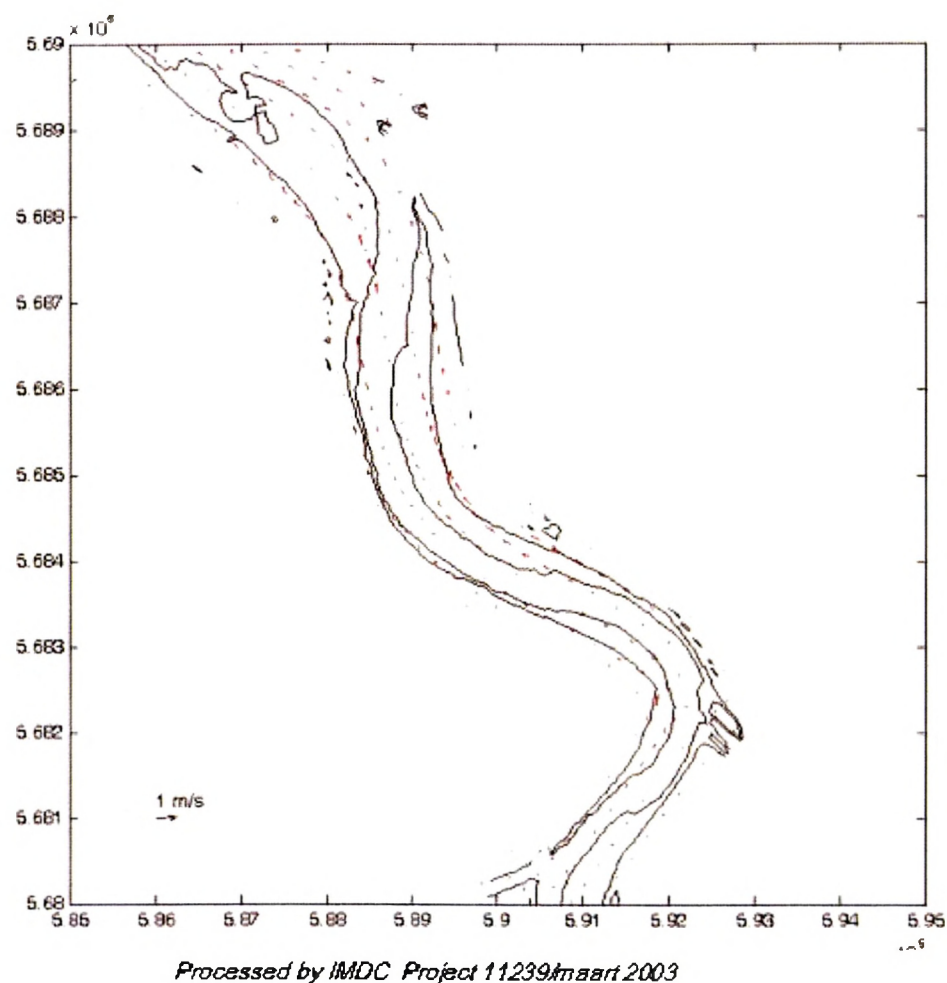
Figuur 3-1 : Snelheidsvectoren bij springtij, vier uur voor HW



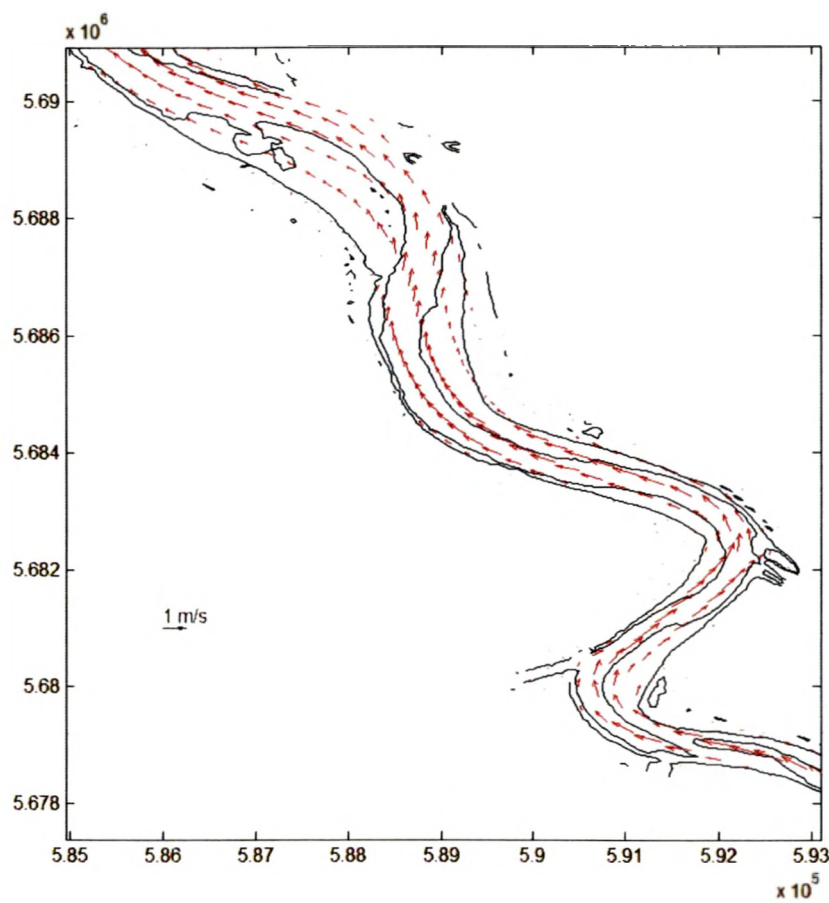
Figuur 3-2 : Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur voor HW



Figuur 3-3 : Snelheidsvectoren bij springtij , HW



Figuur 3-4 : Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur na HW



Figuur 3-5 : snelheidsvectoren bij springtij, 4 uur na HW

3.4. Debieten

3.4.1. Lokale debieten (eb en vloed), eb- en vloedvolumes

In de Beneden-Zeeschelde variëren de debieten in een bepaalde dwarssectie sterk gedurende een tijcyclus. Uit de debieten kan het vloed- en ebvolume worden afgeleid. Deze volumes zijn niet gelijk, het verschil wordt verklaard door het bovendebiet (d.i. het volume (regen)water dat afgevoerd moet worden) dat tussen 100 en 125 m³/s ligt te Schelle (zie § 3.4.2). Tabel 3-3 geeft enkele karakteristieken weer voor 4 dwarssecties van de Beneden-Zeeschelde.

Tabel 3-3 : Dwarsgemiddelde snelheden, gemiddelde debieten, tijvolume en netto verplaatst volume water in 4 dwarssecties van de Beneden-Zeeschelde voor een gemiddeld tij

	Prosperpolder		Liefkenshoek		Kallo		Antwerpen	
	eb	vloed	eb	vloed	Eb	vloed	Eb	vloed
Gem.Snelheid (m/s)	0.61	0.58	0.60	0.57	0.76	0.69	0.69	0.67
Gem. Debiet (m³/s)	6329	6932	4707	5108	3787	4047	3085	3422
Tijvolume (10 ⁶ m³)	147.9	144.7	110.0	106.9	88.5	85.3	74.5	71.6
Net. Volume (10 ⁶ m³)	3.2		3.1		3.2		2.9	

3.4.2. Bovendebieten

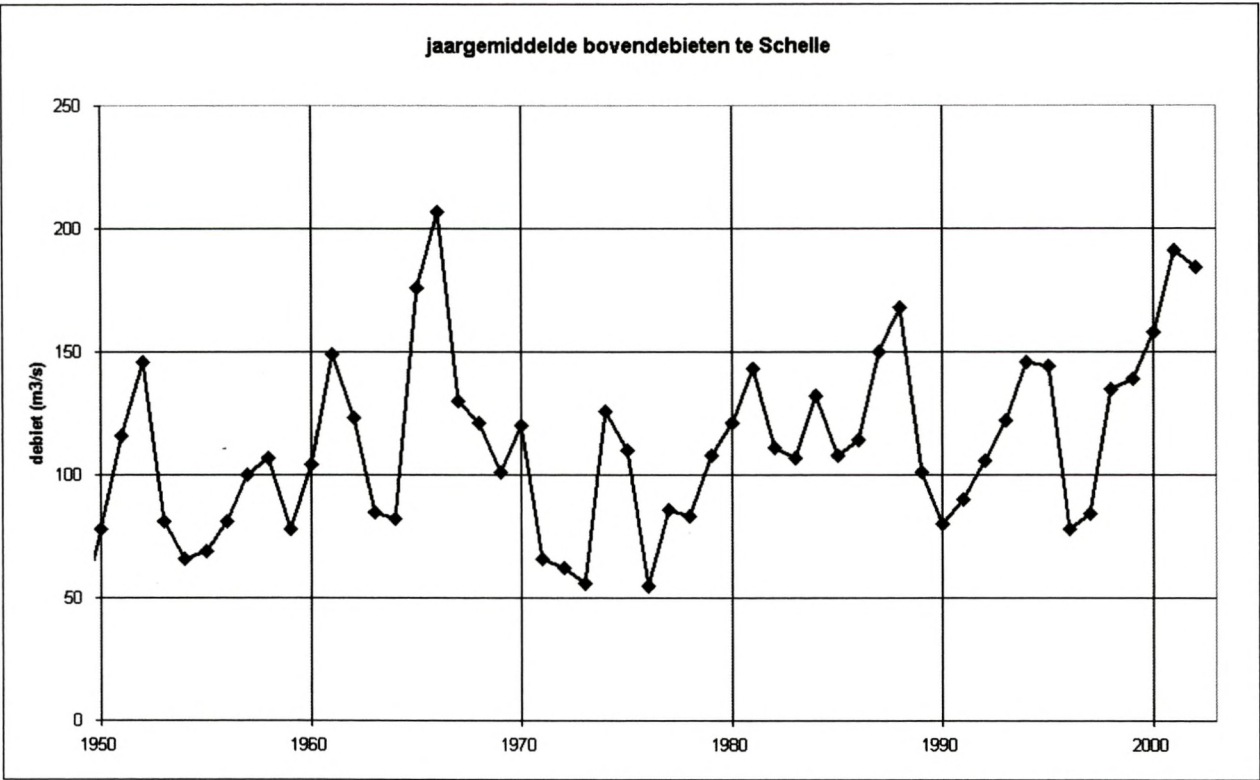
De data van de bovendebieten worden verzameld door de afdeling Maritieme Toegang in een aantal meetposten gelegen buiten de invloed van het getij. Deze debieten aan de meetraaien worden omgerekend naar debieten aan de monding van de verschillende zijrivieren en naar een totaal bovendebiet te Schelle, zie (Antwerpse Zeediensten, 1974).

De meetraaien zijn gelegen te Melle (Schelde), Dendermonde (Dender), Eppegem (Zenne), Haacht (Dijle), Itegem (Grote Nete) en Grobbendonk (Kleine Nete). Te Melle en Dendermonde wordt het debiet gemeten met een akoestische debietsmeter terwijl in de andere meetposten een waterhoogte gemeten wordt en het debiet berekend wordt uit een gecalibreerde relatie tussen debiet en waterhoogte.

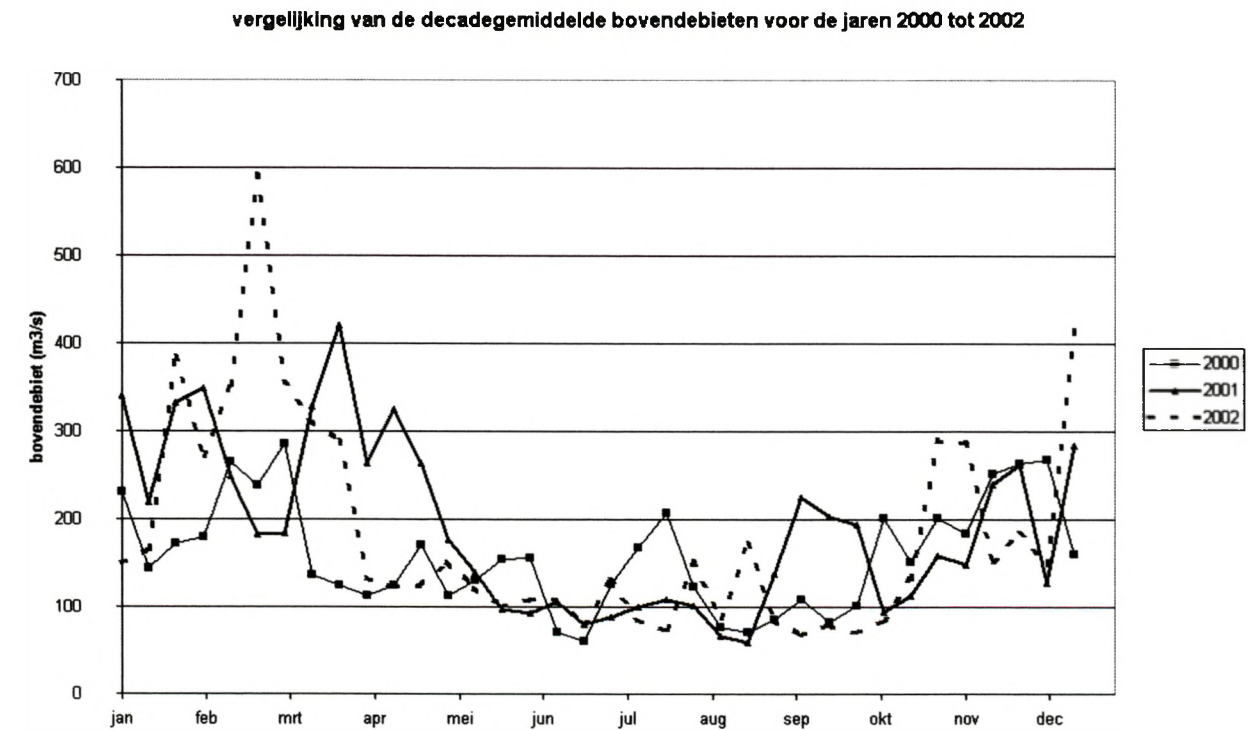
De debieten aan de monding van de resp. zijrivier in de Schelde worden gecorreleerd met de gemeten debieten in de opwaarts gelegen meetraaien, aan de hand van de relatie tussen de respectievelijke hydrografische oppervlakten.

Figuur 3-6 geeft de evolutie weer van de jaargemiddelde bovendebieten sinds 1950 tot 2003, Figuur 3-7 geeft een vergelijking van de decadegemiddelde bovendebieten voor de jaren 2000 tot 2002.

Voor de jaren 2000, 2001 en 2002 bedroeg het jaarlijks gemiddelde bovendebiet respectievelijk 158, 191 en 189 m3/s. Het maximale bovendebiet was het hoogste in 2002, met een piekwaarde van 590 m3/s. In 2000 en 2001 bedroegen de (decadegemiddelde) piekwaarden respectievelijk 420 en 268 m3/s.



Figuur 3-6 : Jaargemiddelde bovendebieten te Schelle (1950-2003)(data AMT)

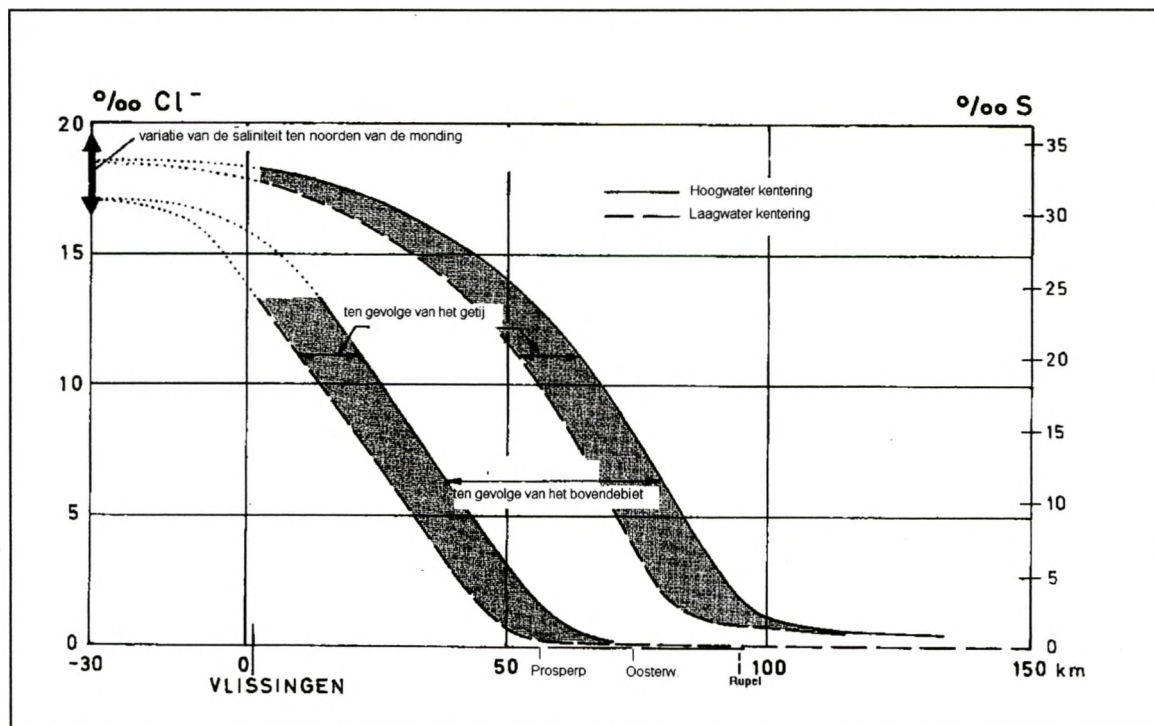


Figuur 3-7 : Vergelijking tussen de decadegemiddelde bovendebieten te Schelle voor de jaren 2000 tot 2002 (data AMT)

3.5. Zoutgehalte

De saliniteit is de hoeveelheid zouten opgelost in water. Bij metingen wordt dikwijls het chloridegehalte gemeten aangezien deze stof gemakkelijk detecteerbaar is. Er wordt dan aangenomen dat de samenstelling van de zouten niet verandert. De relatie tussen saliniteit en chloridegehalte is $S = 0.03 + 1.8053Cl$. Het chloridegehalte wordt bepaald door de conductiviteit van het water te bepalen. (UNESCO, 1991)

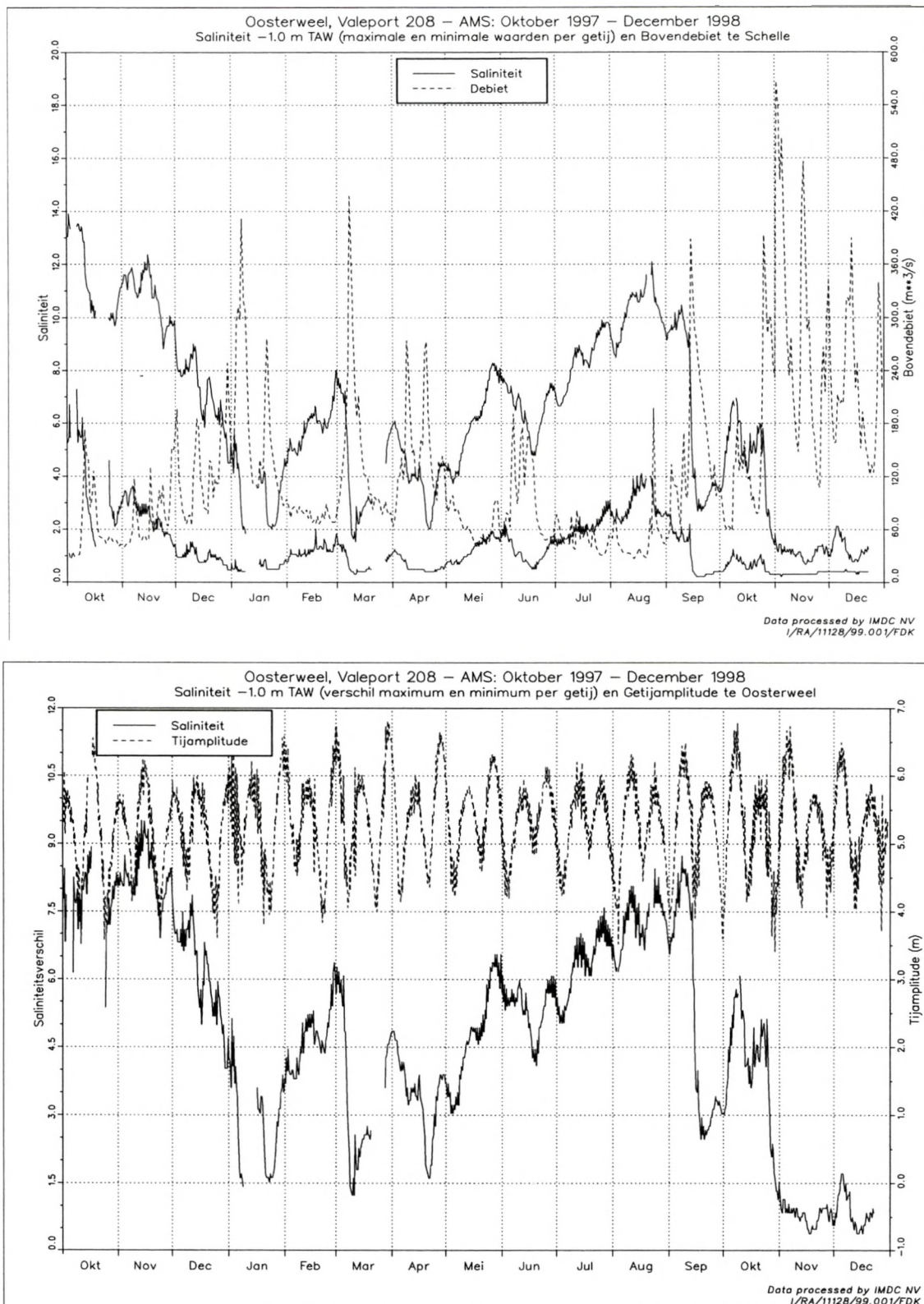
Een algemeen overzicht van de variaties van de saliniteit werd gegeven door Peters en Sterling (1976) en voorgesteld in Figuur 3-8.



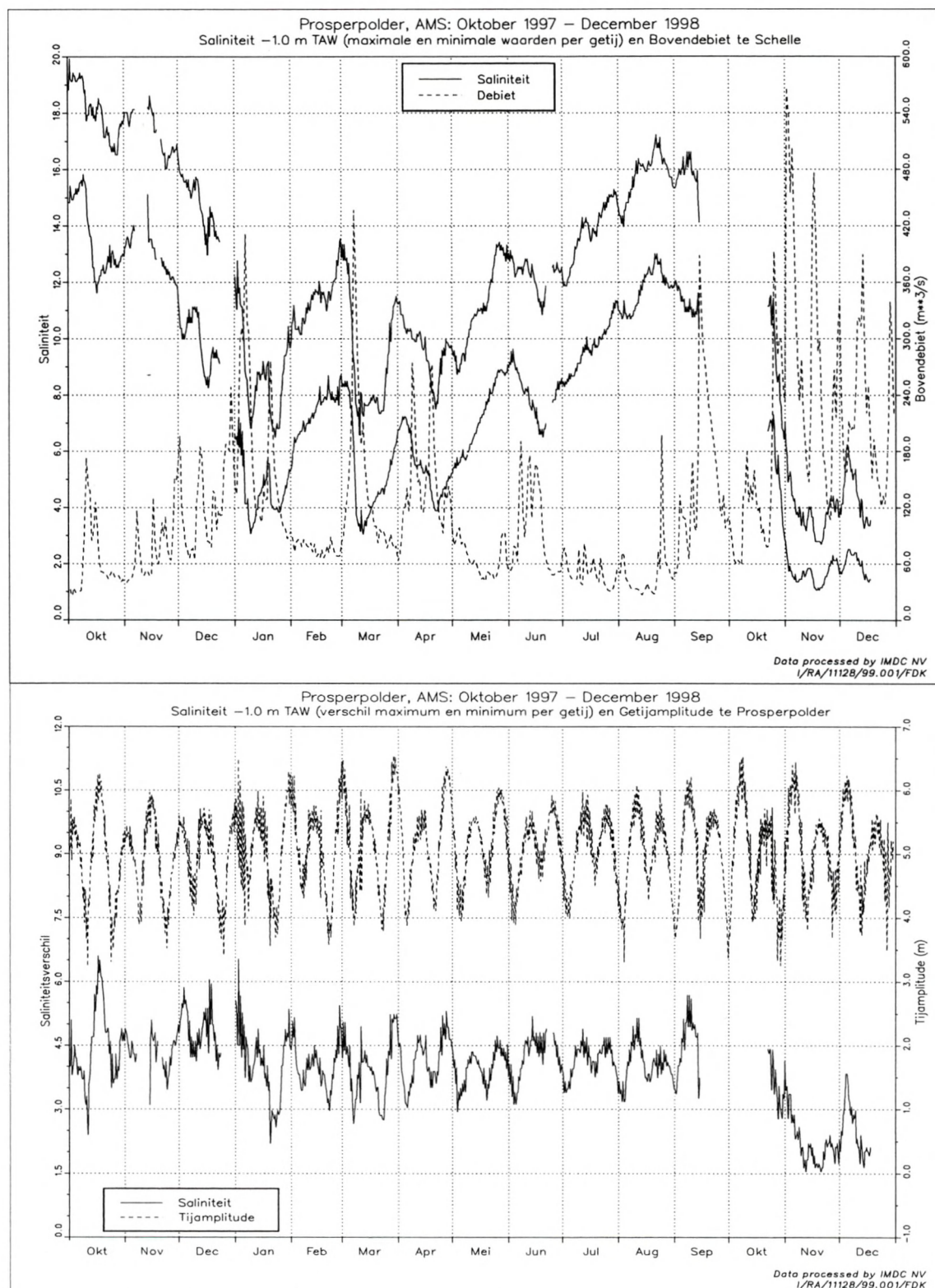
Figuur 3-8 : Verloop van de saliniteit langs de Schelde

Tijdens langdurige metingen (oktober 1997 – december 1998) (IMDC, 1999) (bv Figuur 3-10) werden saliniteiten geregistreerd tussen 20 g/l (Prosperpolder, oktober 1997) en 0.6 g/l (Oosterweel, november 1998).

Door de hevige regens in september 1998 en de grote bovendebieten daalt de saliniteit sterk vanaf september 1998. In het meetpunt te Oosterweel blijft per getij de saliniteit omstreeks laag water gedurende een langere tijd nagenoeg constant, dit omdat deze minima de 'achtergrondwaarde' (zoetwater) weergeven.



Figuur 3-9 : Oosterweel (Valeport 208, -1 m TAW, vast), (a) Maximale en minimale saliniteit per getij en daggemiddeld bovendebiet te Schelle, (b) saliniteits- en tijverschil te Oosterweel. Oktober '97 – December '98.



Figuur 3-10 : Prosperpolder (Valeport 602, -1 m TAW, vast), (a) Maximale en minimale saliniteit per getij en daggemiddeld bovendebiet te Schelle, (b) saliniteits- en tijverschil te Prosperpolder. Oktober '97 – December '98.

De gemiddelde saliniteit is maximaal (15.98 g/l) in oktober 1997 te Prosperpolder en minimaal in november 1998 (0.60 g/l) te Oosterweel. De saliniteit aan de Scheldemonding is nagenoeg

constant en bedraagt ongeveer 32 g/l, met lichtjes hogere waarden tijdens de zomer dan tijdens winter (Otto et al., 1990).

Uit de meetdata blijkt dat de locaties gelegen zijn in een gebied dat zich uitstrekt tussen saliniteitswaarden van 1-14 g/l opwaarts en 1-20 g/l afwaarts. Vooral de opwaartse locaties (Oosterweel, Fort St. Marie, Lillo) zijn gedurende een belangrijke periode gelegen aan het opwaartse uiteinde van de zoutindringing, dit is het gebied met saliniteitswaarden van 1 tot 5 g/l. Dit gebied wordt gekarakteriseerd door een turbiditeitsmaximum, met slibconcentraties die zowel hoger zijn dan in het zoete als het meer zeewaarts gelegen deel van het estuaria.

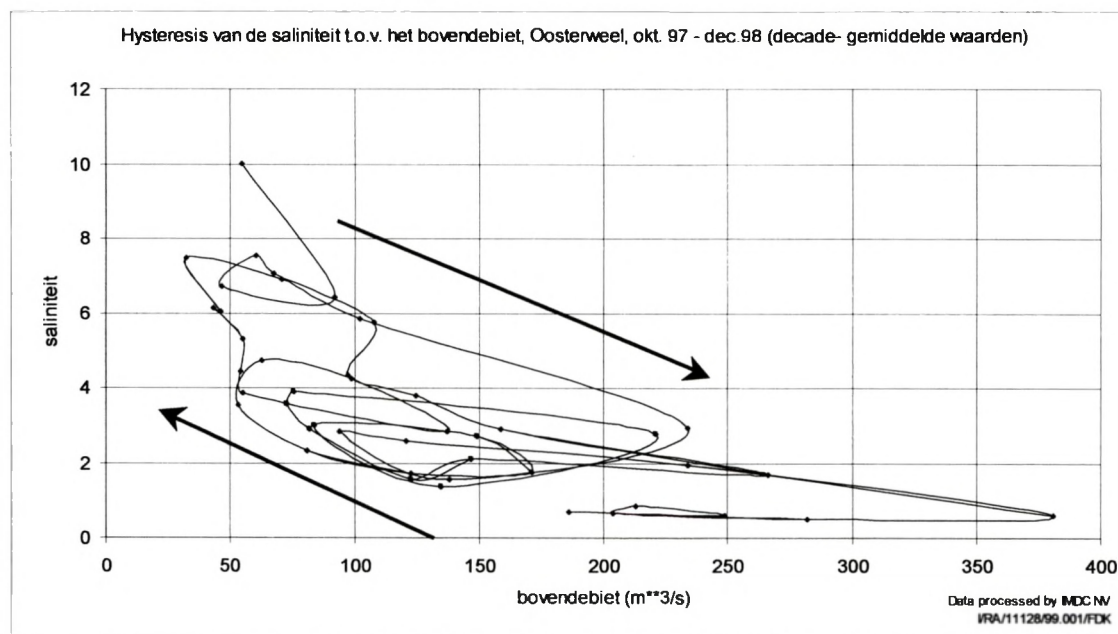
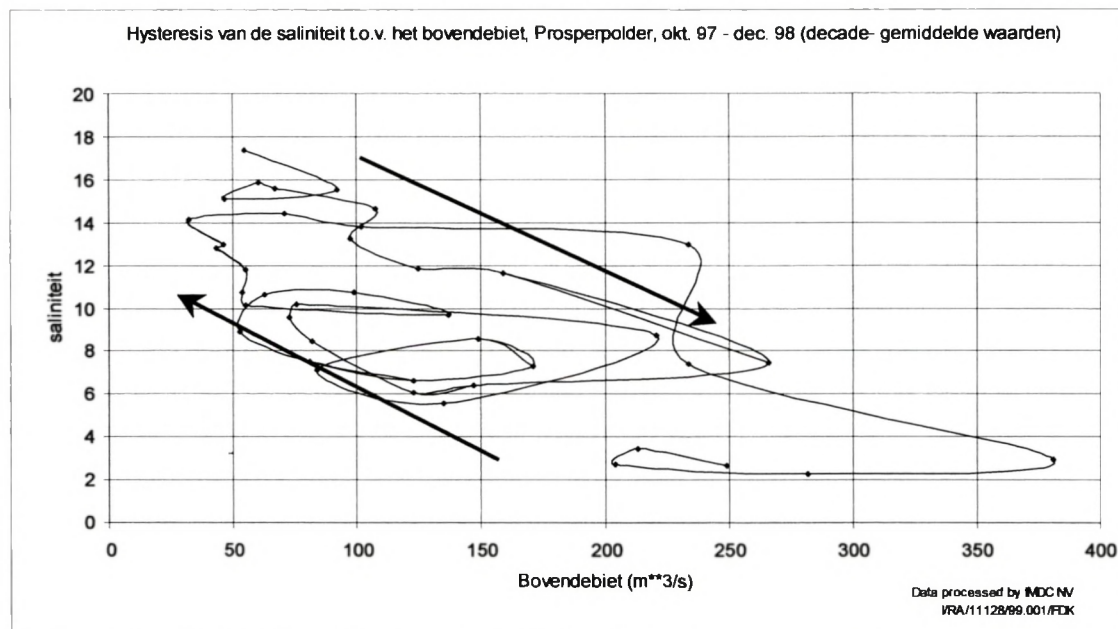
3.5.1. Saliniteitsamplitude

Het is belangrijk om de saliniteitsamplitude (verschil tussen maximale en minimale saliniteit gedurende een getij) en haar variaties te kennen, omdat deze de voornaamste oorzaak zijn van het ontstaan van densiteitsstromingen. Densiteitsstromingen zorgen voor een verhoogde wateruitwisseling tussen toegangseuvelen tot sluizen en de rivier en zijn dus voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor de hoge sedimentaanvoer naar en de sedimentatie in deze kunstmatige insteken (IMDC-WLB, 1993d; IMDC, 1995; Fettweis & Sas, 1994).

Het blijkt (o.a. Figuur 3-9 en Figuur 3-10) dat de saliniteitsamplitude bepaald wordt door twee factoren, zijnde enerzijds het tijverschil en anderzijds de 'absolute saliniteitswaarde', die op haar beurt afhangt van de bovenafvoer van de Schelde en natuurlijk ook bepaald is door de ligging van het meetpunt.

Het tijverschil blijkt bij een normale toestand (i.e. geen extreme neerslagen zoals einde 1998) een dominante invloed te hebben op de saliniteitsamplitude in de afwaarts gelegen meetlocaties (zie b.v. Prosperpolder), terwijl de absolute saliniteitswaarde (bovenafvoer) een belangrijker invloed heeft op de amplitude in de opwaarts gelegen meetlocaties (zie b.v. Oosterweel). Hierdoor is in de afwaarts gelegen punten de gemiddelde saliniteitsamplitude vrij constant. In de opwaarts gelegen punten zijn de variaties in saliniteitsamplitude veel groter. Boven de schommelingen die het gevolg zijn van de doodtij-springtij cycli treden variaties op die veroorzaakt worden door de verschuivingen van het saliniteitsfront. Bij heel hoge bovenafvoeren bereikt het saliniteitsminimum een minimum (i.e. zoetwater, te Oosterweel werd in november 1998 een saliniteit van 0.21 g/l gemeten) en wordt de saliniteitsamplitude klein (± 1 g/l). Tijdens droge periodes bevindt het saliniteitsfront zich meer opwaarts, de saliniteit is hoger (te Oosterweel werd in oktober 1997 een saliniteit van 13.91 g/l gemeten) en bereikt de saliniteitsamplitude waarden tot meer dan 9 g/l.

De variaties tengevolge van de bovenafvoer zijn niet symmetrisch. Bij een hoge bovenafvoer daalt de saliniteit vrij plots, terwijl bij afnemende bovenafvoer de saliniteit traag toeneemt. In Figuur 3-11 wordt dit geïllustreerd door de decadegemiddelde saliniteiten te Oosterweel en Prosperpolder uit te zetten i.f.v. het decadegemiddelde bovendebiet te Schelle en de punten in de tijd te verbinden. Deze hysteresis van de zoutwaarde i.f.v. de bovenafvoer is meer uitgesproken bij een heel lage saliniteit dan bij een hoge. Hierdoor kan de saliniteitsamplitude in de opwaarts gelegen locaties waar de minimum saliniteit geregeld minimaal wordt (zoetwater) hoge waarden bereiken. In dit overgangsgebied zijn de horizontale en verticale saliniteitsgradiënten het grootst in het estuarium. Zie verder voor een bespreking van de invloed van de bovenafvoer op de saliniteit.



Figuur 3-11 : Hysteresis van decadegemiddelde saliniteit t.o.v. het bovendebiet. (a) te Oosterweel (Valeport 208, -1 m TAW, vast) en (B) te Prosperpolder (Valeport 603, -1 m TAW, vast).

De meetdata tonen aan dat in alle stations de saliniteitsamplitude gemiddeld groter is bij een hogere absolute saliniteit (lage bovenafvoer) en kleiner bij een lagere absolute saliniteit (hoge bovenafvoer). In de opwaarts gelegen stations is de variaties in amplitude veel groter en zijn de waarden extremer (groter of kleiner) dan in de afwaarts gelegen meetlocaties.

De hoger beschreven invloed van de absolute saliniteitswaarde op de saliniteitsamplitude maakt dat er geen eenduidig verband afgeleid kan worden tussen saliniteits- en tijverschil.

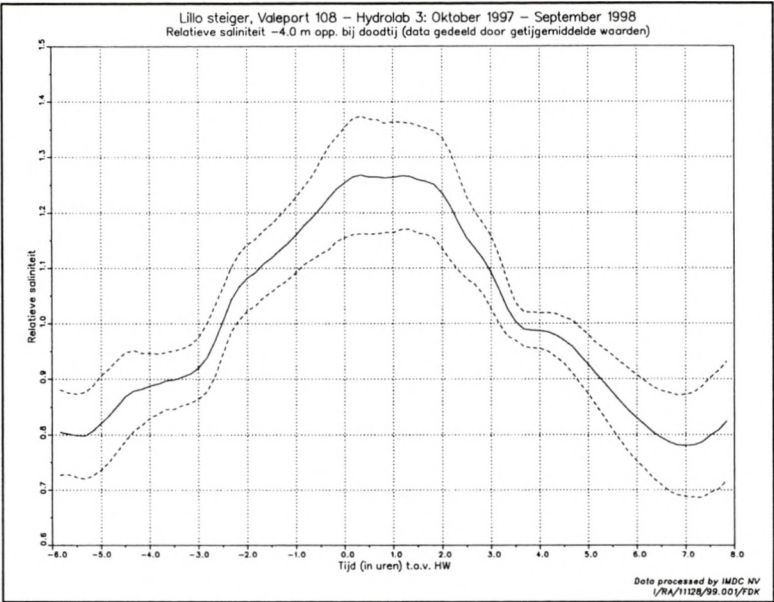
3.5.2. Variaties van saliniteit over een getij en kentering

Voor de meetposten te Lillo en Boei 84 werd een relatieve saliniteitscurve opgesteld. Het verloop van deze relatieve saliniteit (saliniteit gedeeld door de gemiddelde saliniteit per getij) is uitgezet. Omdat de data met een frequentie van 10 minuten gemeten zijn, is er een onnauwkeurigheid in de berekende tijdstippen van maximaal 10 minuten. Deze vergelijking werd uitgevoerd voor een gemiddeld springtij en gemiddeld doodtij (voor de periode 97-98) en voor het in juni 2002 voorgekomen springtij en doodtij. Over het algemeen kan gezegd worden dat de metingen uit de periode 97-98 en 2000 goed met elkaar kunnen vergeleken worden, voor wat betreft de gemiddelde saliniteiten.

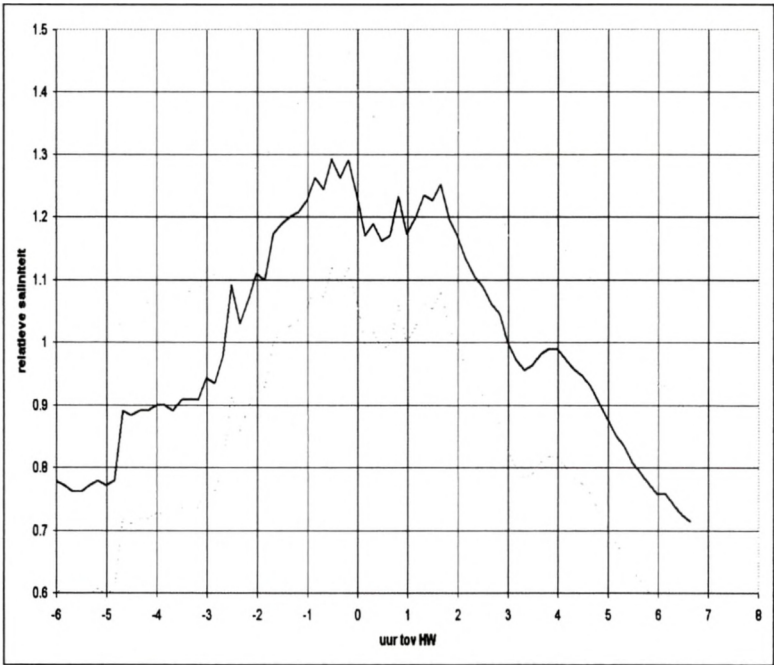
Per getijcyclus treden er twee kenteringen op. Het tijdstip van laagwater- en hoogwaterkentering wordt gedefinieerd als het tijdstip van minimum en maximum saliniteit respectievelijk. Uit de relatieve saliniteitscurven kan het tijdstip van maximum saliniteit niet eenduidig bepaald worden, omdat het verloop van de saliniteit meestal een dubbel maximum kent. Dit dubbel maximum is het gevolg van verticale variaties in saliniteit.

Algemeen kan echter opgemerkt worden dat zowel laagwater- als hoogwaterkentering vroeger optreden tijdens doodtij dan tijdens springtij. Daardoor duurt een vloed langer en een eb korter dan bij springtij.

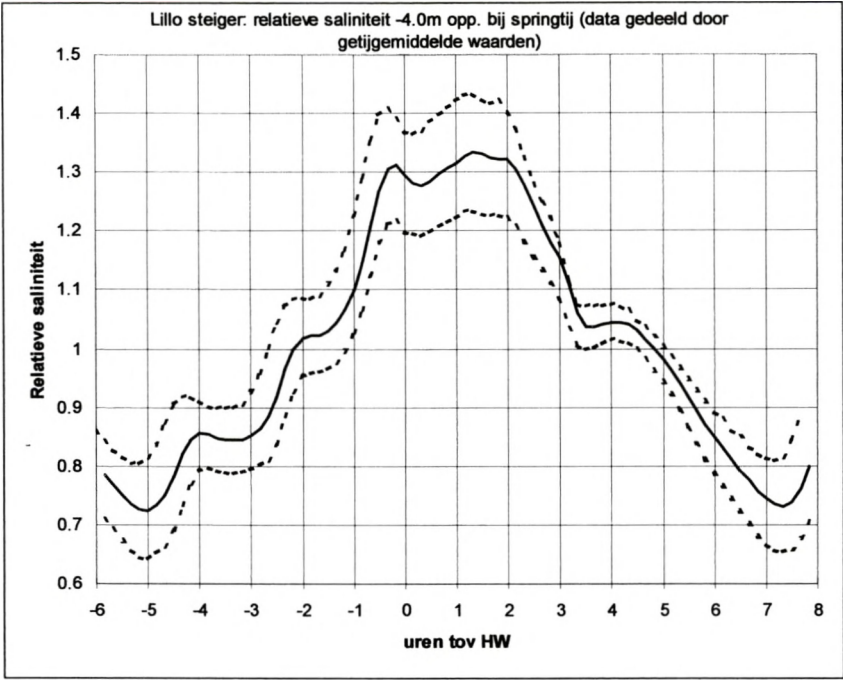
Onderstaand worden ter illustratie de variaties in saliniteit gegeven tijdens een getijcyclus voor de meetposten Lillo en Boei84. Figuur 3-12 tot en met Figuur 3-15 geven de relatieve saliniteitscurve voor Lillo, voor springtij en doodtij, en voor de meetperiodes 1998 en 2002. Figuur 3-16 t.e.m. Figuur 3-21 geeft dezelfde data voor boei 84.



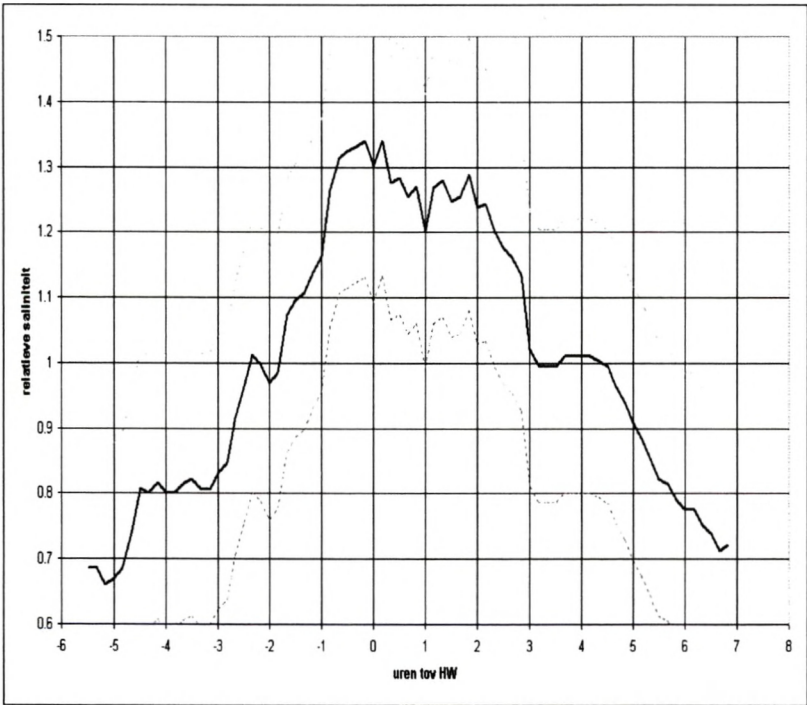
Figuur 3-12 : Lillo : relatieve saliniteitscurve bij doottij (meetperiode 97-98)



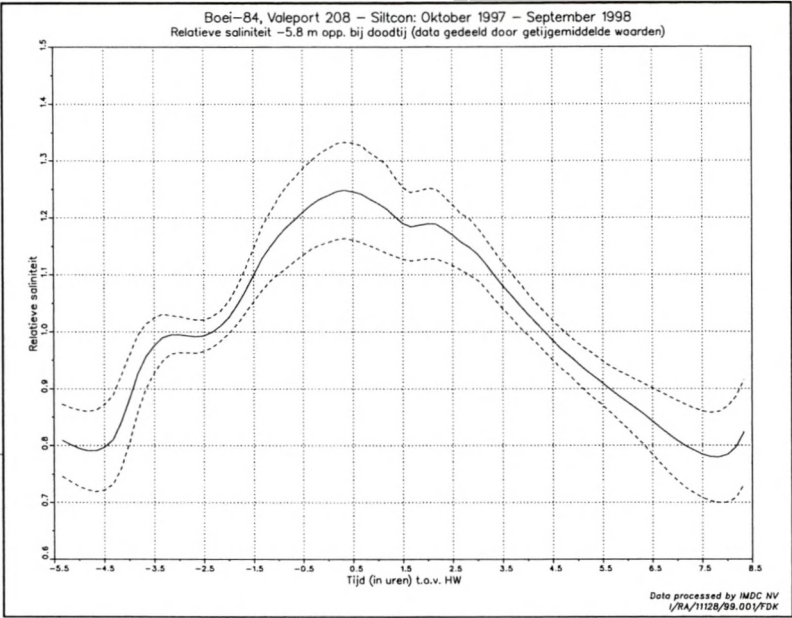
Figuur 3-13 : Lillo : relatieve saliniteitscurve bij doottij (meetperiode 2002)



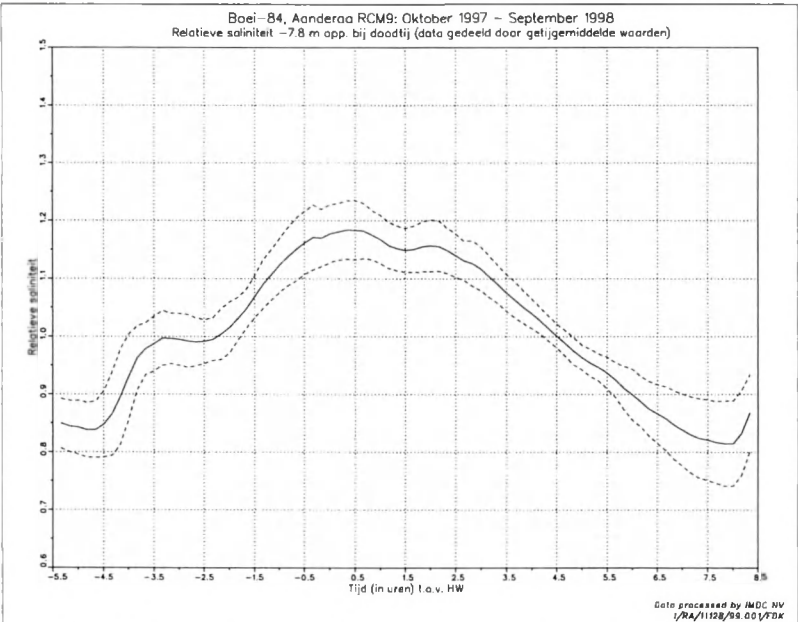
Figuur 3-14 : Lillo : relatieve saliniteitscurve bij springtij (meetperiode 97-98)



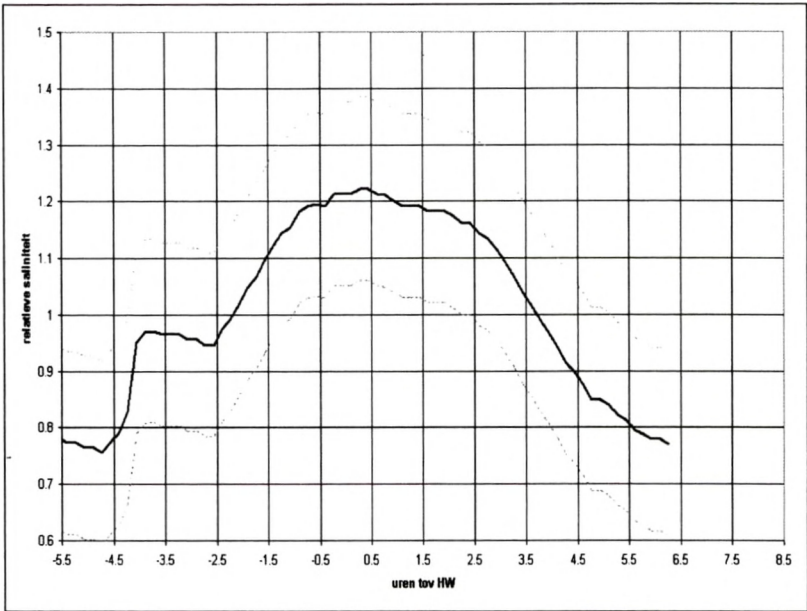
Figuur 3-15 : Lillo : relatieve saliniteitscurve bij springtij (meetperiode 2002)



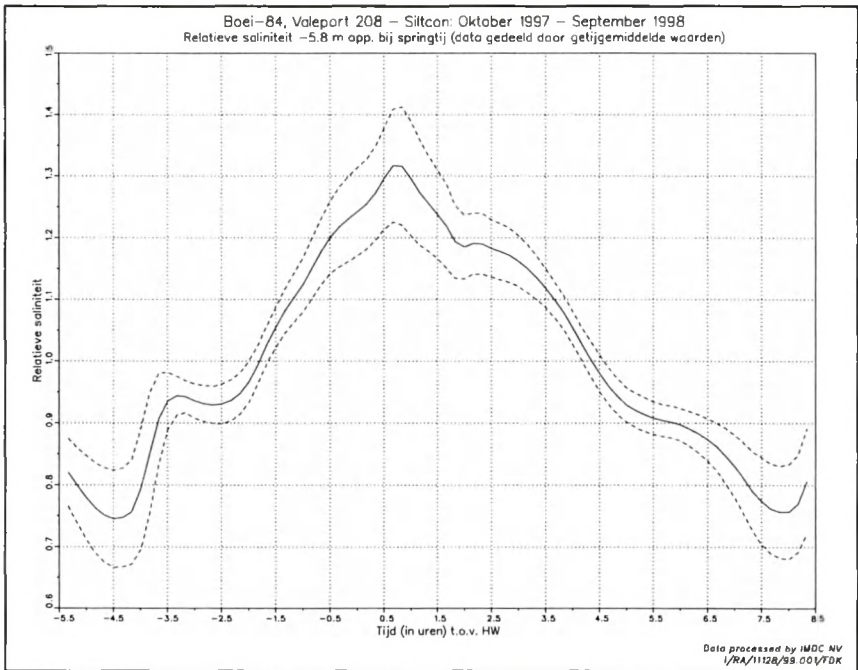
Figuur 3-16 : boei 84 (-5.8m opp) relatieve saliniteitskurve bij doottij (meetperiode 97-98)



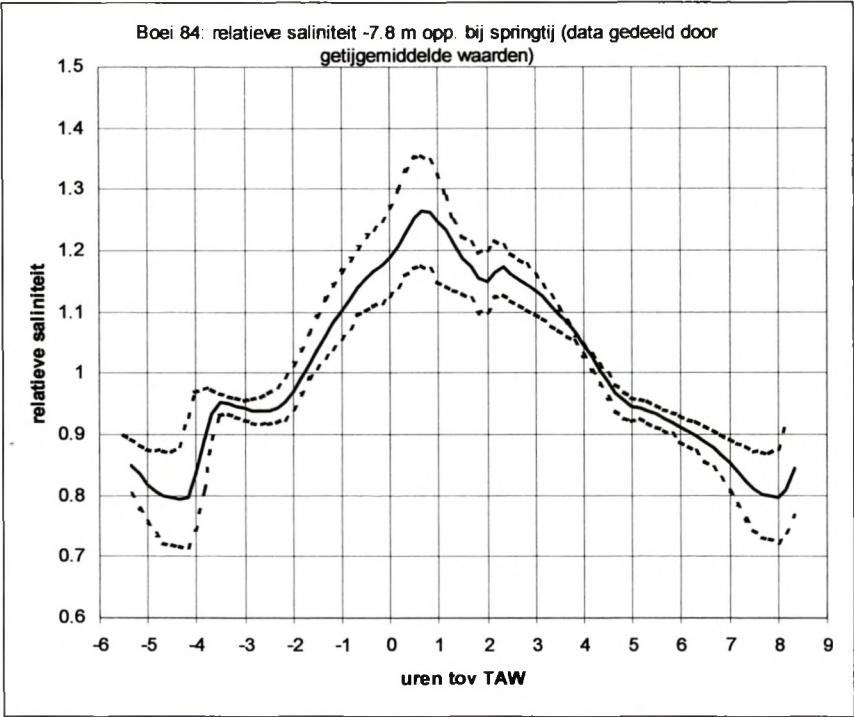
Figuur 3-17 : boei 84 (-7.8 m opp) relatieve saliniteitskurve bij doottij (meetperiode 97-98)



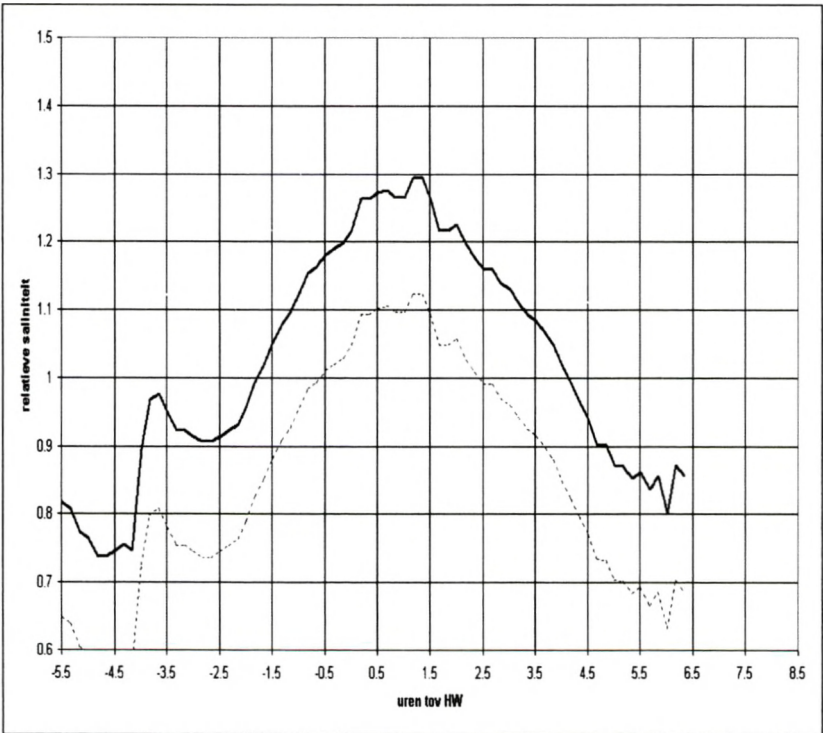
Figuur 3-18 : boei 84 relatieve saliniteitskurve bij doottij (meetperiode 2002)



Figuur 3-19 : boei 84 (-5.8m) relatieve saliniteitskurve bij springtij (meetperiode 97-98)



Figuur 3-20 : boei 84 (-7.8 m) relatieve saliniteitskurve bij springtij (meetperiode 97-98)



Figuur 3-21 : boei 84 relatieve saliniteitskurve bij springtij (meetperiode 2002)

3.5.3. Langsgradiënten

Het Scheldeëstuarium wordt beschouwd als zijnde goed gemengd met een gemiddelde verticaal saliniteitsverschil van 1 g/l. Uit metingen (zie b.v. IMDC-WLB, 1992a, 1992b en 1993a) blijkt dat het verticale verschil groter kan zijn in de Beneden Zeeschelde.

De horizontale saliniteitsgradiënt in juni 2002 tussen Waarde en Oosterweel had een maximum waarde van 0.49 g/l, en een minimumwaarde van 0.32 g/l. Uit de metingen van 1990 (gebaseerd op data AWZ, 1993) kwam voor de horizontale gradient tussen Prosperpolder en Schelle een maximumwaarde van 0.5 g/l (in november) en 0.25 g/l (in maart) naar voor. Uitzonderlijk kunnen waarden van 0.75 g/l per km in de Beneden Zeeschelde optreden.

Uit analyse van de langdurige metingen uitgevoerd in 1997-1998 blijkt dat de horizontale saliniteitsgradiënt een functie is van het tijverskil en groter is bij een springtij dan een doottij. Door de uitgevoerde middeling over langere periodes (maand, trimester) kan de doottijwaarde soms groter zijn dan de springtijwaarde. De besproken variaties in saliniteitsamplitude gedurende de meetperiode kunnen ook in de horizontale gradiënten teruggevonden worden. Gedurende het eerste trimester (oktober – december 1997) zijn de saliniteitsgradiënten het grootst, met waarden tussen 0.5–0.6 g/l per km te Oosterweel en 0.4–0.6 g/l per km ter hoogte van de Boei 84. In de meetpost Lillo worden grotere waarden gevonden (tot 0.7-1.2 g/l per km). De gradiënt daalt gedurende de eerste drie trimesters van 1998 tot waarden van 0.3-0.4 g/l per km tijdens springtij en 0.2-0.4 g/l per km tijdens doottij te Oosterweel en 0.5-0.6 g/l per km tijdens springtij en 0.4-0.5 g/l per km tijdens doottij ter hoogte van Boei 84. Op het einde van de meetperiode is de saliniteitsgradiënt overal laag en met een minimum te Oosterweel van 0.1 per km.

3.6. Slib in suspensie

3.6.1. Slibconcentratie

De fijne fractie van het suspensiemateriaal (i.e. het slib) is van een bijzonder belang in een estuarium. Door de estuariene processen (getijwerking, saliniteit, residuele stroming etc.) is de concentratie ervan sterk variabel in tijd en in plaats, wat zijn weerslag heeft op depositie, erosie en transport ervan, processen die uiteraard gekend moeten zijn bij o.a. de planning van baggerwerken of bij de aanleg van dokken of kaaimuren.

De concentratie van slib in suspensie is in de Beneden Zeeschelde meestal beperkt tot enkele honderden mg/l. Dicht tegen de bodem kunnen zich lagen met hoge slibconcentratie (enkele g/l tot 10-tallen g/l) vormen. **Deze lagen zijn dikwijls weinig stabiel gedurende een getij. Zij worden gevormd tijdens kentering, wanneer de stroomsnelheid zodanig laag is dat de slibdeeltjes neerslaan.** Gedurende de volgende fase van het getij kan deze laag terug in suspensie gebracht worden. Er kunnen echter ook delen van deze sliblaag 'overleven' en consolideren, dit zal eerder gebeuren gedurende dat deel van een doottij-springtij cyclus wanneer het tijverschil vermindert en de stroomsnelheid afneemt. In het kader van de studie betreffende de aanslibbing in het Deurganckdok werd op verschillende locaties langsheen de Beneden-Zeeschelde de slibconcentratie gemeten (okt. 1997- dec 1998) (IMDC, 1999). Tijdens deze metingen werden enkel in de meetlocatie van Fort St. Marie slibconcentratiewaarden bereikt van enkele g/l, dit is vermoedelijk deels het gevolg van de vorming van hoge slibconcentratielagen en deels van de ondiepe ligging van het meetpunt in een slibrijke omgeving. Het doel van deze langdurige metingen was om het slib in suspensie te monitoren. Het meten van de hoge concentratie slib-suspensies vormde niet het onderwerp van deze meetcampagne.

De resultaten van de metingen zijn illustratief om de variabiliteit in tijd en ruimte van het slib in suspensie te kwantificeren. De hoge variabiliteit van de slibconcentratie in de waterkolom en op de

bodem maakt dat het dikwijls bijzonder moeilijk is om effecten van lokale erosie en sedimentatie te onderscheiden van slibtransport. Dit heeft als gevolg dat het ook zeer moeilijk is om verbanden te leggen tussen de slibconcentratie op de verschillende meetplaatsen.

Uit de resultaten van 13-uursmetingen te Zandvliet (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al., 1994) blijkt dat slib in suspensie een verschillend gedrag en dus concentratie vertoont tijdens eb en vloed. De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is te Oosterweel 1.3 tot 1.4 keer groter dan tijdens een doottij, met nauwelijks verschil tussen eb of vloed of tijdens een winter of zomer. Te Prosperpolder zijn de gemiddelde concentraties tijdens een springtij 1.2 tot 1.7 keer groter dan tijdens een doottij. Dit getal is groter tijdens vloed (1.4-1.7) en tijdens een zomer (1.3-1.7) dan tijdens eb (1.2-1.3) en een winter (1.2-1.4).

De slibconcentratie varieert ook sterk over de verticale. Uit de 13-uursmetingen te Drempel van Zandvliet van 27/09/1990 en 04/10/1999 (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al., 1994) blijkt dat de bodemconcentratie gemiddeld tijdens doottij 3.1 (eb) tot 3.5 (vloed) en tijdens springtij 2.9 (eb) tot 4.6 (vloed) keer groter is dan de oppervlakteconcentratie. De verticale variatie in slibconcentratie is uiteraard sterk variabel gedurende een getijcyclus en de verhouding bodem- t.o.v. oppervlakteconcentratie kan veel grotere waarde bereiken.

De analyse van de slibconcentratie geeft aan dat er een correlatie is van de slibconcentratie met de seizoenen. Hoge concentraties komen eerder tijdens de winter voor en lage concentraties eerder tijdens de zomer. Deze seizoensgebonden invloeden hebben echter geen invloed op de variaties die optreden tijdens een getijcyclus of tijdens een doottij-springtijcyclus. De seizoensgebonden variaties kunnen toegeschreven worden aan een groot aantal processen, die dikwijls met elkaar verbonden zijn.

Zij kunnen als volgt gegroepeerd worden :

- **bovendebiet (verschuiving van het turbiditeitsmaximum, grotere sedimenttoevoer vanuit het niet-getijgebonden deel van het bekken),**
- **temperatuur (biologische activiteit, klimatologische factoren, organische materiaal in suspensie en aggregatie/flocculatie van slibpartikels),**
- **stormvloeden,**
- **landerosie (terrestrische input van fijne sedimenten).**

Voor een gedetailleerde discussie omtrent deze invloeden wordt verwezen naar (Fettweis et al., 1997 en 1998b). De biologische effecten op de erosiegevoeligheid van slib, werden in het kader van de studie van het Deurganckdok onderzocht tijdens een in situ meetcampagne in enkele intertijdegebieden (Groot Buitenschoor, Paardenschor en Galgenschor) in de Beneden Zeeschelde, de resultaten werden beschreven in deelrapport 3 (IMDC-IN, 1999) en ook in Fettweis et al. (1999) en Ysebaert et al. (1999). Aggregatie en flocculatie van slibpartikels worden b.v. besproken in Van Leussen (1994).

Uit een lineaire correlatie blijkt dat gemiddeld de slibconcentratie ongeveer 50-100 mg/l hoger ligt tijdens perioden met lage temperaturen (5°C) dan tijdens perioden met hoge temperaturen (20°C). De soms lage correlatie tussen beide grootheden (of de hoge variabiliteit van de slibconcentratie) heeft zijn oorsprong enerzijds in de duidelijke doottij-springtij variaties van vooral slibconcentratie en anderzijds in vooral effecten van variaties in bovendebiet (regenbuien), biologische activiteit op de schorren en de erosiegevoeligheid van het slib, aanwezigheid van organisch materiaal in suspensie en de invloed op flocculatie van slibdeeltjes en landerosie.

3.6.1.1. Turbiditeit

Turbiditeit en sediment in suspensie zijn twee termen die vaak door elkaar gebruikt worden en eventueel verwarring kunnen veroorzaken. In paragraaf 2.4 zijn de termen turbiditeit en turbiditeitsmaximum omschreven. Eenvoudig gesteld is turbiditeit een maat voor de troebelheid of de "donkerheid" van het water en het is bijgevolg evident dat er een verband is met het gehalte

aan sediment in suspensie, meer bepaald met het gehalte fijne deeltjes en bijgevolg het slibgehalte.

3.6.1.2. Maxima, minima en gemiddelden per eb/vloed

Uit de resultaten van 13-uursmetingen te Zandvliet (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al., 1994) blijkt dat slib in suspensie een verschillend gedrag en dus concentratie vertoont tijdens eb en vloed. Dit is het gevolg van de ligging van het meetpunt in de dwarssectie, het type ophanging en ook van verschillen in het snelheidspatroon en in het snelheidsprofiel tijdens eb en vloed. De slibconcentraties werden daarom gemiddeld over respectievelijk eb en vloed.

Tabel 3-4 en Tabel 3-5 geven voor de verschillende meetposten de maximale maandelijkse slibconcentraties bij eb en vloed voor een gemiddeld doottij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij. In Tabel 3-6 en Tabel 3-7 worden de maandelijks gemiddelde eb- en vloedgemiddelde slibconcentraties gegeven en dit voor een gemiddeld doottij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij. Opvallend is dat de gemiddelde slibconcentraties bijna altijd (iets) groter zijn tijdens vloed bij de vaste meetopstellingen (Oosterweel, Fort St. Marie en Prosperpolder) en de vlottend opgehangen toestellen te Oosterweel en Prosperpolder (beiden aan de oppervlakte drijvend). Dit hangt echter nauw samen met de positionering van de meettoestellen (bv al dan niet op de vloedscharen)

3.6.1.3. Doottij-springtij variaties

Het snelheidsverloop tijdens een doottij is verschillend van het verloop tijdens een springtij. Ook is de stroming tijdens vloed kwalitatief verschillend voor een springtij en een doottij. Tijdens een springtij zijn de vloedsnelheden meer asymmetrisch en ze vertonen een uitgesproken dubbele piek. Tijdens een doottij is het vloedverloop van de snelheid veel geleidelijker. Dit betekent dat tijdens een doottij-springtijcyclus de piekvloedsnelheden relatief meer toenemen dan de piekebsnelheden, resulterend dus in een relatief hogere erosie van slib tijdens een springtij-vloed dan tijdens een doottij-vloed. Op plaatsen die langs de vaargeul gelegen zijn of tegen leidammen (zie Noord Ballast) of andere 'beschermd' plaatsen (Lillo steiger) is het snelheidsverloop duidelijk verschillend en gelden bovengenoemde regels niet meer.

Tabel 3-4 : Maximale slibconcentraties (mg/l) bij eb, per maand en per meetpost.

		1997			1998											
		okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Viottende Meetopstelling																
Oosterweel 0 m opp. (-9.5 m TAW) ¹	doodtij	111	124	154	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gem tij	255	254	224	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	springtij	132	217	205	153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lillo Steiger -4 m opp. (-6.8 m TAW)	doodtij	662	885	551	482	265	165	171	527	-	157	328	600	145	486	-
	gem tij	496	1295	514	244	258	162	184	292	245	179	315	889	162	1333	416
	springtij	-	1562	965	188	259	200	534	364	193	112	-	631	296	405	587
Boei 84 -5.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	444	606	580	388	789	679	808	802	429	579	528	621	1124	872	840
	gem tij	784	1018	994	642	873	1012	1205	1015	495	504	367	698	796	798	1186
	springtij	836	609	1050	888	1195	1261	1034	914	377	346	273	643	604	551	-
Boei 84 -7.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	205	283	421	372	352
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	301	259	354	393	427	411
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	391	299	423	461	409	419
Prosperpolder 0 m opp. (-5 m TAW)	doodtij	80	61	155	141	-	-	-	-	-	46	44	39	-	88	100
	gem tij	118	126	192	176	-	-	-	-	48	62	73	46	-	156	105
	springtij	148	146	174	160	-	-	-	-	54	47	55	60	-	164	103
N Ballast -4 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	233	290	225	272	245	286	225	158	103	151	167	212	206	236
	gem tij	-	260	330	275	331	340	306	248	186	183	204	259	281	260	255
	springtij	-	220	349	295	349	392	371	245	242	229	186	226	313	250	226
N Ballast -6 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	147	270	293	430	260	369
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	256	331	459	400	398	436
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	302	476	556	404	525
Vaste Meetopstelling																
Oosterweel 5.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	250	207	323	209	370	352	232	265	229	167	-	-	-	-	-
	gem tij	347	384	405	322	380	455	399	437	230	209	-	-	-	-	-
	springtij	184	328	480	377	382	384	350	442	373	298	-	-	-	-	-
Oosterweel 1.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	376	309	361	339	465	463	323	340	324	297	-	-	-	-	-
	gem tij	390	438	441	309	444	453	526	399	366	348	-	-	-	-	-
	springtij	318	389	475	427	430	519	519	488	371	350	-	-	-	-	-
Fort St Marie 0.8 m van bodem (-1.6 m TAW)	doodtij	-	-	516	4368	4683	3214	2020	1273	1513	1934	772	511	-	-	-
	gem tij	-	-	1199	2384	4707	2106	2483	1787	2276	874	2125	-	-	-	-
	springtij	-	-	326	2554	4566	4395	3281	2219	2019	1425	360	-	-	-	-
Prosperpolder 1 m van bodem (-5 m TAW)	doodtij	177	145	181	208	194	229	-	-	-	75	611	598	-	-	-
	gem tij	265	204	228	200	199	221	210	-	-	411	542	466	-	-	-
	springtij	235	136	203	245	227	235	214	-	-	615	597	458	-	-	-

¹ (x.x mTAW) is de bodemligging in het beschouwde meetpunt

Tabel 3-5 : Maximale slibconcentratie (mg/l) bij vloed, per maand en per meetpost.

		1997			1998											
		okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Viottende Meetopstelling																
Oosterweel 0 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	232	360	357	216	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gem tij	369	354	454	347	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	springtij	223	316	476	528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lillo Steiger -4 m opp. (-6.8 m TAW)	doodtij	635	949	643	363	349	168	167	480	-	198	641	573	104	194	-
	gem tij	773	1777	935	267	369	174	255	358	243	204	313	342	264	638	636
	springtij	-	1548	866	355	482	257	846	358	176	113	-	687	397	480	348
Boei 84 -5.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	162	313	302	237	354	374	345	426	251	242	1063	402	611	1154	1474
	gem tij	254	416	485	399	469	971	572	526	225	328	320	450	525	670	929
	springtij	389	357	500	597	608	1159	451	517	412	248	219	348	349	704	-
Boei 84 -7.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118	252	234	328	386	332
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	264	267	329	412	337	356
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	373	453	346	369	326	407
Prosperpolder 0 m opp. (-5 m TAW)	doodtij	66	60	99	105	-	-	-	-	-	54	46	39	-	105	103
	gem tij	102	147	200	148	-	-	-	-	55	80	64	59	-	170	167
	springtij	152	75	193	167	-	-	-	-	67	92	72	77	-	200	198
N Ballast -4 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	143	220	230	216	269	258	157	131	66	117	150	158	234	294
	gem tij	-	191	299	249	272	314	390	260	147	153	130	212	202	325	345
	springtij	-	134	362	272	325	371	320	247	157	173	124	199	236	341	228
N Ballast -6 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	127	174	200	250	308
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126	157	217	286	352	367
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138	142	243	349	354	343
Vaste Meetopstelling																
5.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	321	346	430	303	381	360	345	382	346	195	-	-	-	-	-
	gem tij	410	490	487	395	462	491	490	490	468	327	-	-	-	-	-
	springtij	277	438	452	463	490	491	490	425	487	414	-	-	-	-	-
1.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	356	376	324	383	438	437	334	275	432	256	-	-	-	-	-
	gem tij	507	509	413	329	468	422	436	400	459	339	-	-	-	-	-
	springtij	303	509	410	387	465	488	441	454	422	492	-	-	-	-	-
Fort St Marie 0.8 m van bodem (-1.6 m TAW)	doodtij	-	-	738	4602	2599	2575	2106	582	702	369	793	716	-	-	-
	gem tij	-	-	967	2431	4415	890	2339	1304	2246	1413	1026	-	-	-	-
	springtij	-	-	1068	2435	4838	4722	3013	1849	1787	1295	511	-	-	-	-
Prosperpolder 1 m van bodem (-5 m TAW)	doodtij	287	193	227	214	226	257	-	-	-	139	637	629	-	-	-
	gem tij	248	259	287	226	257	270	264	-	-	468	635	635	-	-	-
	springtij	276	226	257	275	273	300	290	-	-	517	623	612	-	-	-

Tabel 3-6 : Gemiddelde slibconcentratie (mg/l) per eb, per maand en per meetpost.

		1997			1998											
		okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Viottende Meetopstelling																
Oosterweel 0 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	48	73	75	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gem tij	70	94	93	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	springtij	67	102	82	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lillo Steiger -4 m opp. (-6.8 m TAW)	doodtij	140	209	131	158	119	129	98	127	-	95	121	188	62	113	-
	gem tij	183	251	156	113	138	119	115	124	110	118	120	187	68	177	180
	springtij	-	275	163	129	136	125	144	130	105	76	-	115	104	158	185
Boei 84 -5.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	124	192	141	123	198	133	243	227	156	152	150	210	269	173	245
	gem tij	220	301	283	164	236	220	218	211	159	127	122	210	175	139	257
	springtij	244	311	345	308	324	334	244	214	115	91	98	182	144	104	-
Boei 84 -7.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	57	80	104	97	86
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	86	113	137	134	123
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117	107	141	173	166	194
Prosperpolder 0 m opp. (-5 m TAW)	doodtij	25	26	49	55	-	-	-	-	-	35	20	24	-	56	62
	gem tij	27	42	51	59	-	-	-	-	37	41	27	28	-	63	62
	springtij	31	37	56	56	-	-	-	-	39	38	26	30	-	78	72
N Ballast -4 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	64	84	85	95	86	89	77	55	31	36	46	59	85	88
	gem tij	-	90	117	99	121	122	114	92	57	44	51	67	80	106	90
	springtij	-	82	126	113	137	147	120	94	53	62	56	74	110	131	96
N Ballast -6 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	61	71	92	110	114
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	90	121	133	140	128
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	89	119	171	170	197
Vaste Meetopstelling																
Oosterweel 5.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	84	104	106	96	156	122	94	102	118	76	-	-	-	-	-
	gem tij	129	167	146	118	158	145	119	128	115	104	-	-	-	-	-
	springtij	111	157	128	192	169	172	139	169	123	119	-	-	-	-	-
Oosterweel 1.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	104	127	135	130	187	155	117	120	162	92	-	-	-	-	-
	gem tij	164	204	189	139	179	178	147	155	140	132	-	-	-	-	-
	springtij	144	182	161	216	191	226	176	196	154	139	-	-	-	-	-
Fort St Marie 0.8 m van bodem (-1.6 m TAW)	doodtij	-	-	116	120	374	197	258	211	225	99	109	278	-	-	-
	gem tij	-	-	165	146	308	200	303	218	210	105	153	-	-	-	-
	springtij	-	-	121	273	421	348	380	254	216	136	116	-	-	-	-
Prosperpolder 1 m van bodem (-5 m TAW)	doodtij	77	83	103	103	99	104	-	-	-	-	54	70	-	-	-
	gem tij	81	101	121	108	113	120	119	-	-	52	70	79	-	-	-
	springtij	90	91	125	114	124	128	126	-	-	66	76	73	-	-	-

Tabel 3-7: Gemiddelde slibconcentratie (mg/l) per vloed, per maand en per meetpost.

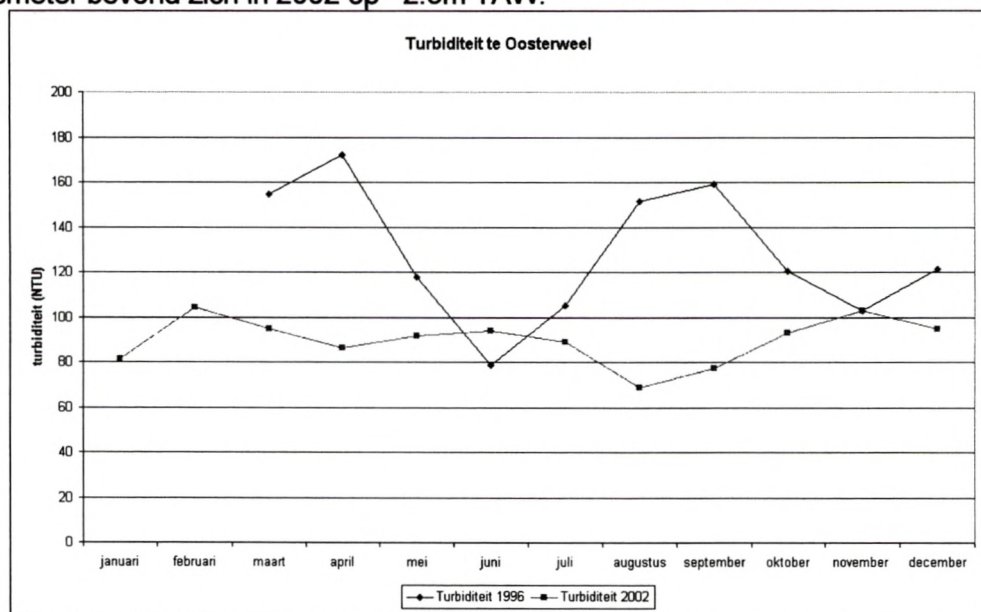
		1997			1998											
		okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Viottende Meetopstelling																
Oosterweel 0 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	83	137	131	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	gem tij	124	184	156	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	springtij	106	179	146	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lillo Steiger -4 m opp. (-6.8 m TAW)	doodtij	123	181	136	146	121	127	95	143	-	111	155	197	46	95	-
	gem tij	241	233	194	110	148	117	122	135	113	133	147	150	71	128	154
	springtij	-	270	210	132	144	120	199	153	107	77	-	125	95	147	164
Boei 84 -5.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	90	151	93	74	103	83	142	127	99	90	121	206	198	268	331
	gem tij	142	197	171	131	177	197	173	177	110	91	105	190	163	181	259
	springtij	161	211	196	234	246	284	165	174	184	74	70	137	106	161	-
Boei 84 -7.8 m opp. (-9.5 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	44	61	89	125	130
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	62	92	112	147	134
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89	83	111	138	178	195
Prosperpolder 0 m opp. (-5 m TAW)	doodtij	24	27	50	59	-	-	-	-	-	36	22	25	-	65	68
	gem tij	28	47	67	67	-	-	-	-	41	46	29	32	-	74	75
	springtij	39	40	65	71	-	-	-	-	47	48	32	38	-	96	98
N Ballast -4 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	46	64	68	68	80	74	60	40	29	27	39	47	100	90
	gem tij	-	68	83	80	93	104	93	77	42	33	38	55	64	115	92
	springtij	-	62	88	93	111	126	97	78	41	47	42	59	77	145	101
N Ballast -6 m opp. (-8.6 m TAW)	doodtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	37	47	57	111	99
	gem tij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	50	70	80	128	109
	springtij	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	53	72	100	161	152
Vaste Meetopstelling																
Oosterweel 5.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	121	160	147	87	191	124	127	127	185	110	-	-	-	-	-
	gem tij	172	229	184	133	184	161	137	169	181	160	-	-	-	-	-
	springtij	150	218	166	194	198	206	177	197	197	190	-	-	-	-	-
Oosterweel 1.5 m van bodem (-9.5 m TAW)	doodtij	151	185	163	108	211	160	137	135	231	135	-	-	-	-	-
	gem tij	213	274	216	140	191	159	150	178	210	195	-	-	-	-	-
	springtij	173	245	181	219	206	231	188	229	229	228	-	-	-	-	-
Fort St Marie 0.8 m van bodem (-1.6 m TAW)	doodtij	-	-	167	151	342	285	239	179	254	130	188	321	-	-	-
	gem tij	-	-	245	158	295	201	272	235	293	201	223	-	-	-	-
	springtij	-	-	146	237	414	331	322	343	313	250	213	-	-	-	-
Prosperpolder 1 m van bodem (-5 m TAW)	doodtij	95	103	132	128	131	135	-	-	-	-	66	110	-	-	-
	gem tij	114	142	166	145	161	172	209	-	-	84	99	94	-	-	-
	springtij	144	144	171	163	187	205	222	-	-	119	127	133	-	-	-

De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is te Oosterweel 1.3 tot 1.4 keer groter dan tijdens een doottij, met nauwelijks verschil tussen eb of vloed of tijdens een winter of zomer.

Te Prosperpolder zijn de gemiddelde concentraties tijdens een springtij 1.2 tot 1.7 keer groter dan tijdens een doottij. Dit getal is groter tijdens vloed (1.4-1.7) en tijdens een zomer (1.3-1.7) dan tijdens eb (1.2-1.3) en een winter (1.2-1.4).

Het grootste verschil in slibconcentratie tussen doottij en springtij is bij de hier beschouwde metingen terug te vinden ter hoogte van Boei 84. De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is 1.7-2.1 keer groter tijdens dan tijdens een doottij. Dit getal is iets groter tijdens vloed (1.9-2.1) en tijdens een winter (1.9-2.1) dan tijdens een eb (1.7-1.9) en een zomer (1.7-1.9).

Aanvullend bij de bovenstaande gegevens wordt onderstaand een vergelijking gemaakt tussen de maandgemiddelde turbiditeitsdata die gemeten werden te Oosterweel in 1996 en in 2002 (zie Figuur 3-22, data AMT). Hieruit blijkt dat de waarden die gemeten werden in 1996 hoger liggen dan deze in 2002. De turbiditeitsmeter bevond zich op -4 m TAW in 1996, deze meter werd later vervangen door een nieuwe meter die geplaatst werd op een diepte van -2.5 m TAW. De turbiditeitsmeter bevond zich in 2002 op -2.5m TAW.



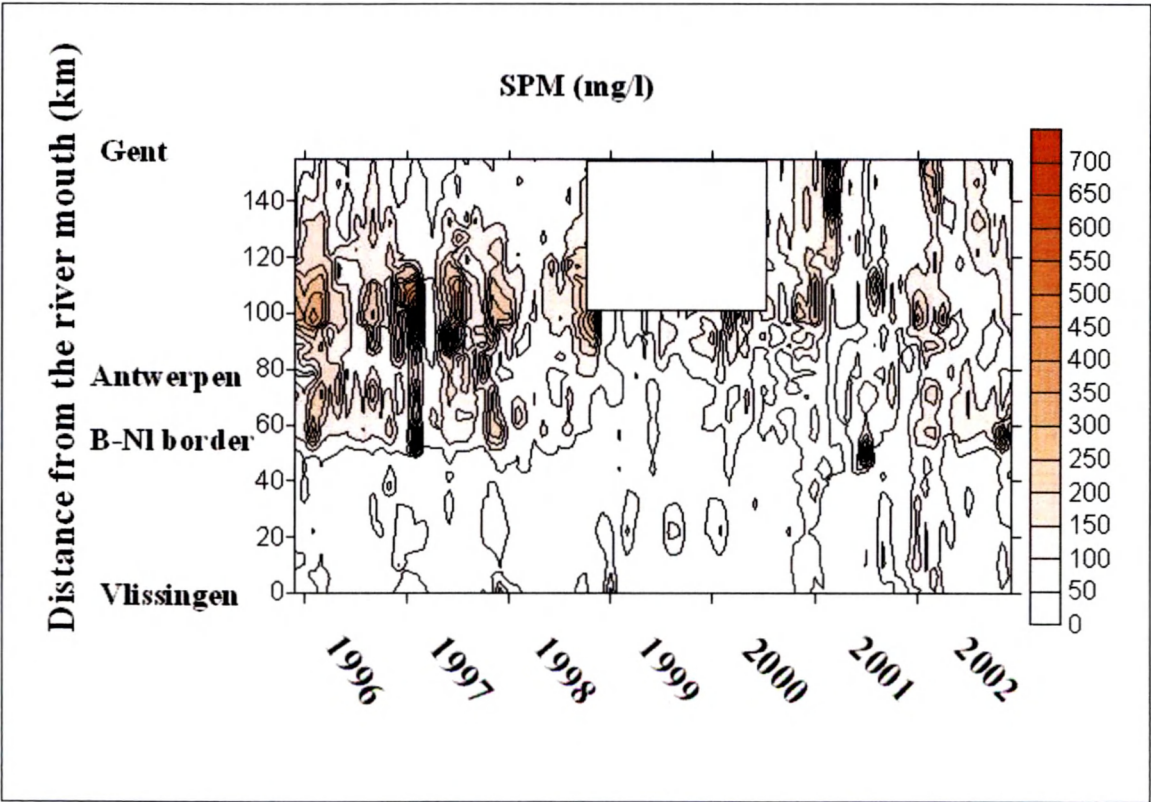
Figuur 3-22 : vergelijking tussen de gemeten turbiditeiten

3.6.2. Turbiditeitsmaximum - langsgradiënten

Volgens de literatuur (zie b.v. Dyer, 1995; Verlaan, 1998) is er in meso- en macrotidale estuaria een zone met hogere slibconcentraties dan elders. Een voorwaarde voor de vorming van een turbiditeitsmaximum is dat de stroomsnelheden voldoende groot zijn om slib in suspensie te houden. Het turbiditeitsmaximum is gewoonlijk gelegen aan het opwaartse einde van de zout-indringing, i.e. een zone met saliniteit van 1-5 g/l. Vertaald naar de Zeeschelde zou dit betekenen dat op het einde van een droge periode, wanneer de saliniteit in Oosterweel hoger is dan 5 g/l, het turbiditeitsmaximum zich opwaarts Oosterweel bevindt. In jan.'98 ligt het turbiditeitsmaximum tussen Boei 84 en Oosterweel. Nadien begint de saliniteit te stijgen en verschuift het maximum naar opwaarts, volgens saliniteitsdata is het gelegen tussen opwaarts Oosterweel en de Lillo. Regenval begin maart doet het maximum terug naar afwaarts verschuiven. Tijdens een relatief lange droge periode (mei '98 – aug '98) verschuift het turbiditeitsmaximum terug naar opwaarts Lillo. Hevige regens in het najaar van '98 zorgen voor lage saliniteiten, waardoor in november '98-december '98 het turbiditeitsmaximum afwaarts Prosperpolder komt te liggen.

De boven vermelde verschuivingen van het turbiditeitsmaximum bevestigen de bevindingen van Wollast en Marijns (1981), zij hebben aangetoond dat het turbiditeitsmaximum in de Schelde gelegen is op ongeveer 110 km (St. Amands) van de monding gedurende droge periodes (lage bovenafvoer) en op ongeveer 50 km (d.i. ter hoogte van Prosperpolder tot Bath) gedurende natte periodes (hoge bovenafvoer). Uit de metingen in 1997-1998 blijkt dat de pieken in slibconcentratie ongeveer 1h00-2h00 later optreden dan de pieken in stroomsnelheid. De hieruit resulterende hysteresiscurve van de slibconcentratie in functie van de stroomsnelheid werd reeds door meerdere auteurs opgemerkt, zie b.v. Dyer (1995) en wordt als oorzaak aangegeven dat het turbiditeitsmaximum bij lage bovenafvoer soms opwaarts van het zoutfront gelegen kan zijn. Het verband tussen bovendebiet en slibconcentratie kon worden aangetoond te Prosperpolder gedurende de langdurige meting van september 1992 – december 1993 (Fettweis et al., 1997 en 1998). Ook bij de langdurige metingen van 1997-1998 kan vastgesteld worden dat er een correlatie is tussen bovenafvoer en slibconcentratie is (IMDC, 1999). Deze correlatie is echter niet altijd even uitgesproken. Dyer (1986) merkte op dat de sedimentconcentraties net afwaarts van het turbiditeitsmaximum groter zijn tijdens eb terwijl aan het opwaartse einde van het turbiditeitsmaximum de hoogste concentraties voorkomen tijdens vloed. In beide gevallen is het immers zo dat de stroming komend vanuit het gebied met een turbiditeitsmaximum, meer een hogere concentratie aan slib heeft dan het water dat naar het gebied met turbiditeitsmaximum toe stroomt.

De variaties inzake turbiditeit worden hier onderstaand geïllustreerd aan de hand van de observaties van zwevende stof die werden uitgevoerd in het kader van de OMES-studie (onderzoek Milieueffecten Sigmaplan). Hierbij wordt opgemerkt dat in de periode eind 1998 tot voorjaar 2000 geen metingen werden uitgevoerd in de Boven-Zeeschelde (wit blok in onderstaande figuur).



Figuur 3-23 : Variatie van de hoeveelheid zwevende stof in tijd en ruimte (Van Damme et al)

3.6.3. Slibtransporten

Uit de verschillende sedimenttransportmetingen die in het verleden werden uitgevoerd (Bath, Zandvliet, Liefkenshoek, Meestoof, Oosterweel) werden telkens slibtransporten berekend door integratie van het product van de lokale ogenblikkelijke slibconcentratie en stroomsnelheid.

Tabel 3-8 : Slibtransport per getij

Locatie	Datum	Aard van het getij	Slibtransport (ton/getij)	
			Eb	Vloed
Bath	23/04/1997	springtij	10369	11444
Zandvliet	27/09/90	doodtij	5255	5206
Zandvliet	04/10/90	springtij	13661	13418
Liefkenshoek	28/08/95	springtij	10176	-7961
Meestoof	23/04/1997	springtij	16155	15030
Oosterweel	24/11/1970	doodtij	17280	17280
Oosterweel	01/12/1970	springtij	41760	43380

Zowel uit de metingen te Zandvliet als deze ter hoogte van Oosterweel blijkt dat het transport tijdens springtij ongeveer een factor 3 groter is dan tijdens doottij. **Op jaarbasis betekent dit dat door de getijwerking 10 tot 30 miljoen ton slib naar opwaarts getransporteerd wordt tijdens vloed en een vergelijkbare hoeveelheid naar afwaarts tijdens eb.**

3.6.4. Aanvoer van sediment uit de bovenrivieren

Zoals reeds is aangehaald in paragraaf 3.6.1 wordt de slibconcentratie in de Beneden-Zeeschelde mede bepaald door de bovenafvoer van de rivieren.
Het exact begroten van de terrestrische aanvoer is evenwel complex. In het recente verleden werden hiertoe een aantal onderzoeken verricht. In (IMDC, 1993) werd een schatting gemaakt op basis van de toen beschikbare algemene gegevens : hieruit bleek dat de bodemerosie de dominante factor was als bron van gesuspendeerd materiaal (80%), huishoudelijke en industriële inputs en uitstoot uit agrarische bedrijven samen waren verantwoordelijk voor ongeveer 19% en het restgedeelte werd toegeschreven aan atmosferische input. In totaal werd de terrestrische aanvoer naar de Beneden-Zeeschelde ter hoogte van Rupelmonde geraamd op netto 340.000 tot 640.000 TDS/jaar, rekening houdend met de depositie die plaatsvindt in het opwaartse waterlopenstelsel.

Anderzijds wordt de Afdeling Maritieme Toegang op geregelde tijdstippen een slibbalans van de Beneden-Zeeschelde bepaald, waarin één van de componenten de "geschatte aanvoer van slib uit de bovenrivieren is".
Door de Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch is onderzoek gestart met betrekking tot sedimentaanvoer naar de Beneden-Zeeschelde. Hiertoe worden gegevens verzameld uit het sedimentmeetnet in Vlaanderen. In de meest recente periode 1999-2002 komt een stijgende trend voor van de sedimentaanvoer (WLH, 2003). Nader onderzoek is noodzakelijk om de juiste input naar de Beneden-Zeeschelde beter te kennen en de belangrijkste componenten en de evoluties hierin in beeld te brengen.

3.7. Slibafzettingen

3.7.1. In de toegangsgeulen

De toegangsgeulen tot de sluizen van de Antwerpse haven zijn kunstmatige insteken. De aanslibbing in deze insteken wordt veroorzaakt door dezelfde fysische processen, met name getijwerking, neervorming en densiteitsstromingen (IMDC, 1998b).

De oppervlakte van de toegangsgeul tot de Kallosluis bedraagt ongeveer 30 ha. De aanslibbing in de Kallosluis werd in het verleden nauwkeurig gevolgd, zie WLB (1983), Claessens en Marain (1988) en Sas en Claessens (1988). De dagelijkse slibafzetting in de toegangsgeul bedraagt ca. 4000 m³ wat neerkomt op een aanslibbingssnelheid van 1.4 cm per dag. Jaarlijks wordt er ongeveer 1.5 miljoen m³ slib afgezet in de toegangsgeul. Deze cijfers worden bevestigd door de resultaten van de 3D slibtransportmodellering die waarden geven tussen de 3.5 en 4 kg/m².

Tijdens de baggerwerken voor de bouw van de Berendrechtsluis werd een slibvang voor de ingang van de Berendrechtsluis uitgegraven tot op een peil van -21.5 m TAW. Tussen 23/03/ 1987 en 13/02/1989 werden regelmatig peilingen uitgevoerd. Uit de evolutie van het bodempeil in en naast de slibvang kon worden vastgesteld dat de gemiddelde aanslibbingssnelheid in de slibvang 4 tot 7 cm per dag bedroeg tegenover 1 tot 2 cm per dag in de rest van de toegangsgeul (IMDC, 1990). Indien men veronderstelt dat de gemiddelde sedimentatie in de toegangsgeul gelijk is aan de gemiddelde gemeten sedimentatie buiten de slibvang, dan kunnen de laatst genoemde cijfers herleid worden tot, gegeven de oppervlakte van de toegangsgeul van 35 ha, een sedimentatie van 3500 - 7000 m³ per dag over de hele toegangsgeul. Dit resulteert in een jaarlijkse slibafzetting in de toegangsgeul van de Zandvliet-Berendrechtsluis van 1.3 tot 2.6 miljoen m³. Bij een densiteit van het slib van 1.15 kg/l is de gemiddelde dagelijkse sedimentatie gelegen tussen 2.4 en 4.9 kg/m².

De berekende aanslibbing in de toegangsgeul van de Zandvliet- en Berendrechtsluis is gelegen tussen 1.3 en 2.1 miljoen m³ per jaar ofwel een gemiddelde sedimentatiesnelheid over de oppervlakte van de toegangsgeul van 1 cm/dag tijdens doortij tot 1.6 cm per dag tijdens springtij.

3.7.2. In de vaargeul

De gemiddelde aanslibbing op de rivierbodem, berekend op basis van de gegevens bekomen uit de bodemkartering (Francken et al., 2000) is veel lager en bedraagt 2 mm per jaar. Dit geeft de jarenlange accumulatie van slib in de Scheldebodem weer en niet het dynamisch afzettingsspatroon per getij.

3.7.3. Op de slikken

Door Wartel (2000) werd de accumulatiesnelheid of de gemiddelde slibaangroei over een periode van 50 tot 100 jaar berekend op basis van het verloop in de diepte van de activiteit van het ²¹⁰Pb isotoop in het bodemsediment. Sedimenten van de schorren in de Westerschelde (Konijnenschor en Emanuelpolder, Zwolsman et al., 1993) en van de slikken tussen Tielrode en Zandvliet (Wartel et al., 1998) werden onderzocht.

De accumulatiesnelheid van het sediment varieert van 2.1 mm per jaar in de omgeving van Antwerpen tot 17 mm per jaar stroomafwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens. De gemiddelde waarde bedraagt iets meer dan 6 mm per jaar. De metingen tonen aan dat er stroomopwaarts een daling van de accumulatiesnelheid waar te nemen is.

Door het Instituut voor Natuurbehoud werd de aanslibbing in het Groot Buitenschoor intensief opgevolgd sinds 1993. Gedurende deze periode werd in de omgeving de Noordelijke Containerkaai gebouwd. Uit de metingen blijkt dat er in het meest slibrijke gebied een aangroei van het slib is geweest over de beschouwde periode van circa 10cm, met een afnemende aangroei gedurende de laatste jaren.

3.7.4. Inschatting van slibafzetting via numerieke modellering

3.7.4.1. Globaal

Met behulp van het 3D slibtransportmodel, dat werd opgezet voor deze studie, werd de verdeling van de sedimentatie en erosiepatronen berekend voor het gebied in de Beneden Zeeschelde dat zich uitstrekt tussen Schelle en Waarde. Voor een beschrijving van het model en de uitgevoerde simulaties wordt verwezen naar bijlage.

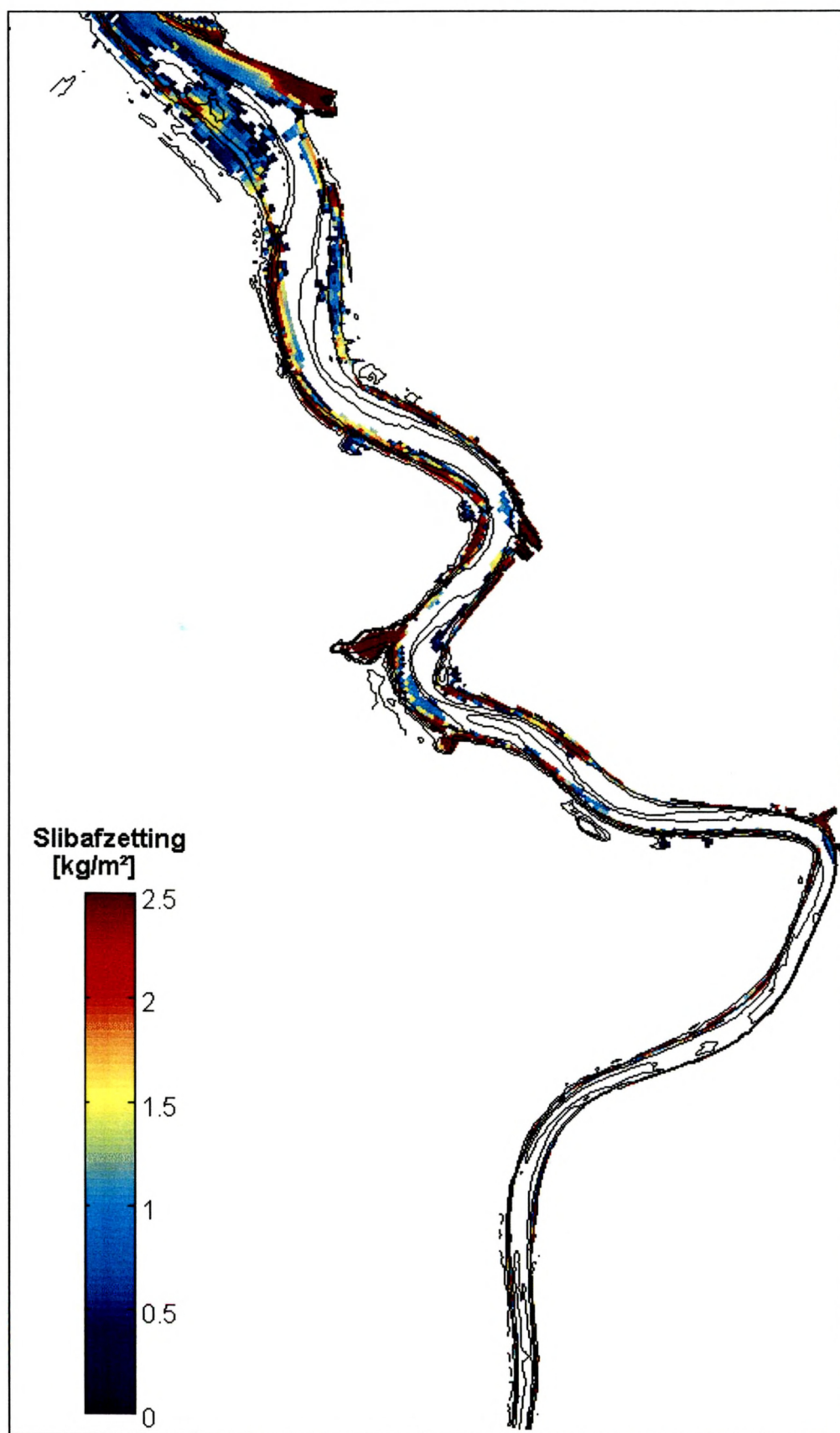
Uit de analyse van de berekeningen blijkt dat bij springtij respectievelijk doodtij circa 15% (16%) van de sedimentatie (van cohesief sediment) voorkomt in de toegangsgeulen, 53% (43%) op de slikken en schorren, 6% (11%) in de vaargeul en 25% (30%) in de zone tussen de vaargeul en het gemiddeld laagwaterpeil (0mTAW).

Als men de erosiepatronen gaat bekijken, grijpt de erosie voor 28% (26%) plaats in de vaargeul, voor 17% (14%) op de slikken en schorren en 55% (60%) in de zone tussen de vaargeul en de gemiddeld laagwaterlijn. In de toegangsgeulen wordt (zoals verwacht) geen beduidende erosie waargenomen, wat betekent dat het slib dat in een toegangsgeul sedimenteert, daar niet via natuurlijke weg uit verdwijnt. Bij het beschouwen van de netto sedimentatie, nemen de toegangsgeulen 33 % (30%) voor hun rekening, de slikken en schorren 62% (63%). De vaargeul draagt niet substantieel bij tot de netto sedimentatie.

In Figuur 3-24 wordt de slibsedimentatie in het modelgebied voor de simulatie van de huidige toestand getoond voor springtij. De sedimentatie wordt gegeven in kg/m^2 . De figuur toont aan dat het slib voornamelijk sedimenteert op de plaatsen waar de stroomsnelheid gering is, zoals in ondiepe plaatsen en de toegangsgeulen. Bij het bekijken van de figuur dient er rekening mee te worden gehouden dat de figuur het resultaat is van de slibafzetting over één getij, en een extrapolatie naar morfologische trends op jaarbasis aanleiding kan geven tot verkeerde interpretaties.

In de toegangsgeulen kan de sedimentatie oplopen tot 3.5 kg/m^2 per getij, wat in overeenstemming is met de bevindingen uit paragraaf 3.7.1.

Voorgaande modelleringsstudies (IMDC, 1998) wijzen uit dat de aanslibbing gedurende een zomersituatie beduidend kleiner (30-50%) is dan gedurende een wintersituatie.

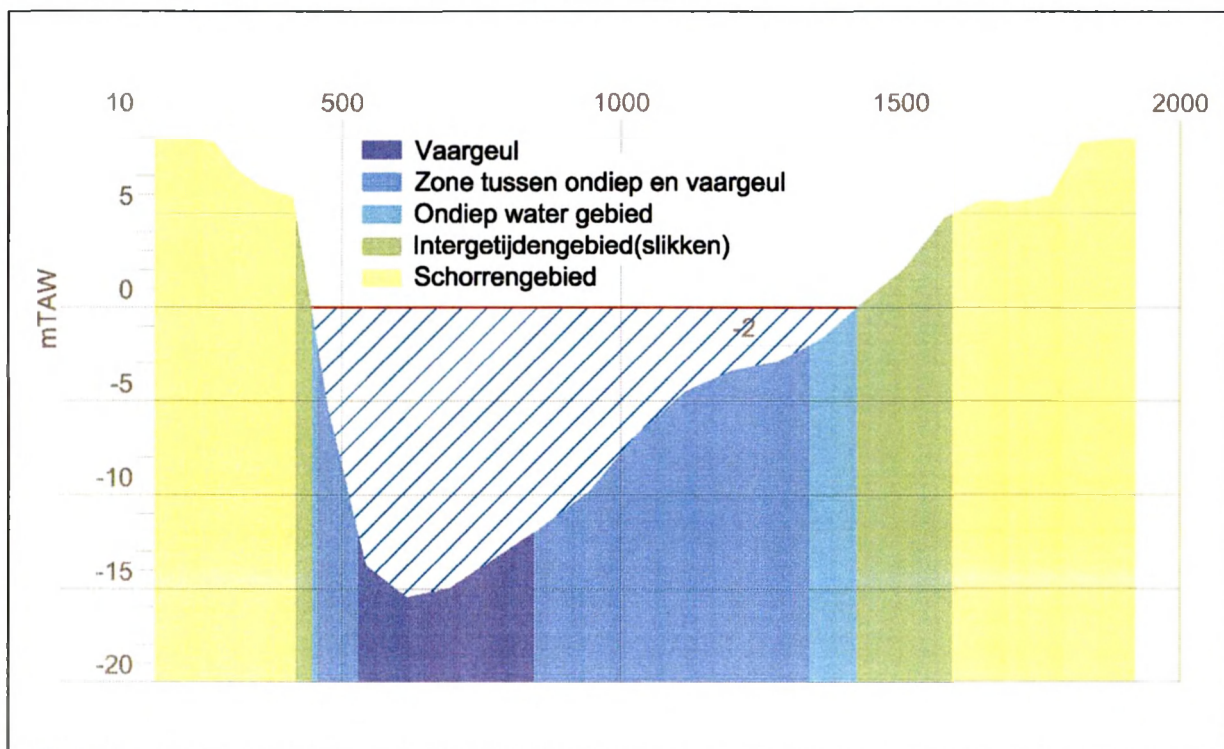


Figuur 3-24 : Gemodelleerde slibafzetting in kg/m² per springtij, simulatie Huidige Toestand.

3.7.4.2. Slikken en schorren

Aanvullend bij de globale analyse zoals beschreven in de voorgaande paragraaf werd ook een analyse uitgevoerd van de sedimentatie in de verschillende fysische entiteiten, die verder ook zullen gebruikt worden voor de evaluatie van de ecologie. Uiteraard geldt hierbij de beperking dat het model aan de opwaartse zijde begrensd is ter hoogte van de Rupelmonding en dat de analyses werden uitgevoerd op basis van een simulatie over een korte duur (een jaarlijkse cyclus werd dus niet berekend). Concreet werden analyses uitgevoerd om het sedimentatie- en erosiegedrag over 1 getij op de slikken en schorren van de Beneden-Zeeschelde te begroten en dit zowel voor springtij als bij doottij. De analyse werd gemaakt voor de volgende fysische entiteiten, zoals weergegeven in Figuur 3-25. De onderstaande aflijning van de gebieden in functie van de waterstand vormt een pragmatische benadering voor de definities zoals gegeven in hoofdstuk 2.

- Het gebied boven 5m TAW, dit is het schorregebied welke slechts bij springtij onder water loopt;
- Het intergetijdengebied, tussen 0 en 5mTAW, meer bepaald de slikken komen twee maal per dag onder water;
- Het ondiepwatergebied tussen -2m en 0mTAW;
- De zone tussen de bovenvermelde ondiepwatergebied en de vaargeul, gekenmerkt door een variabele diepte ter hoogte van de vaargeulgrens en anderzijds begrensd door de -2mTAW-lijn;
- De toegangsgeulen en het Deurganckdok;
- De vaargeul.



Figuur 3-25 : Schematische voorstelling fysische entiteiten in een dwarsprofiel

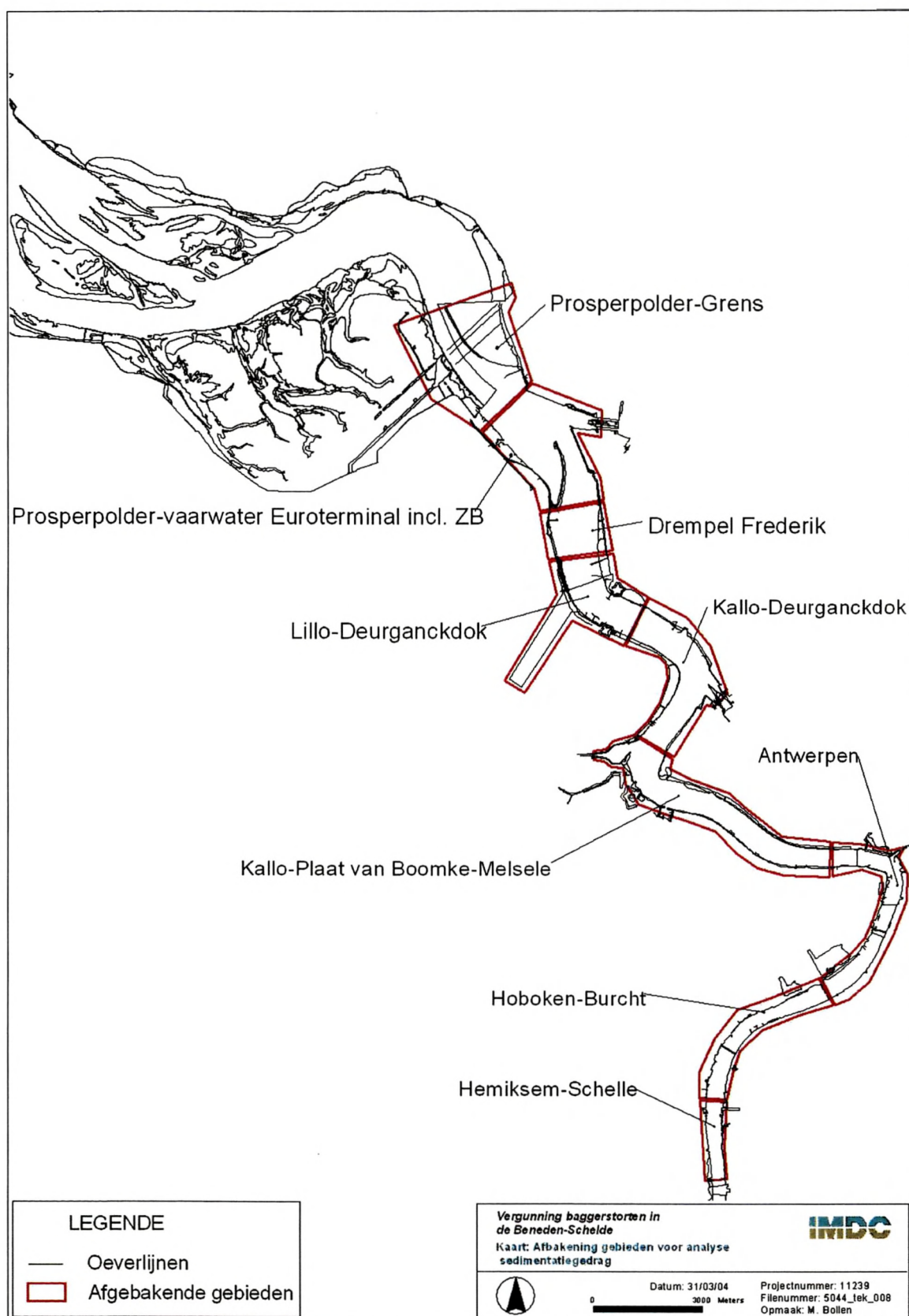
Aanvullend werden ook gemiddelde waarden berekend inzake sedimentatie en erosie voor de totale zone tussen linker en rechteroever

De figuren zijn opgenomen in APPENDIX 7. De Figuur A- 101 tot Figuur A- 112 tonen de sedimentatie- en erosiehoeveelheid (ton/tij) alsook de sedimentatie- en erosiesnelheden (cm/tij) voor de huidige toestand van de Beneden-Zeeschelde voor verschillende deelgebieden tussen Schelle en de grens. De afbakening van de gebieden wordt grafisch voorgesteld in Figuur 3-26.

De grafieken stellen telkens de berekende resultaten voor van een doortij en een springtij.

De sedimentatie- en erosiehoeveelheid is de hoeveelheid slib in ton die zich afzet (of erodeert) na 1 getij in een deelgebied (voorbeeld Hemiksem-Schelle), in de betreffende fysische entiteit (voorbeeld intergetijdengebied). In een fysische entiteit van een deelgebied kan er zowel sedimentatie als erosie optreden.

De sedimentatie snelheid, is de toename van de dikte (cm) van de sliblaag na 1 getij ter hoogte van de bodemoppervlakte waar er effectief sedimentatie plaats heeft. Op een gedeelte van het bodemoppervlak treedt er geen sedimentatie op, daar blijft de dikte van de sliblaag ongewijzigd na 1 getij.



Figuur 3-26 : Afbakening gebieden voor analyse sedimentatie en erosie gedrag

3.8. Chemische karakteristieken

3.8.1. Waterbodembodem

3.8.1.1. Baggerplaatsen

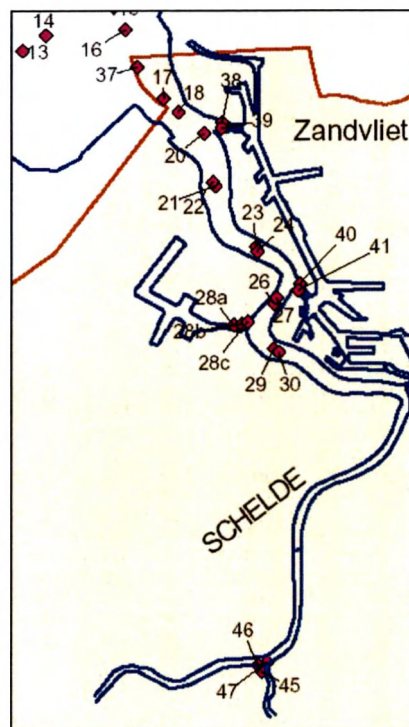
Sinds 1989 bemonstert de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), in opdracht van de Administratie Waterwegen en Zeewezen-afdeling Maritieme Toegang, jaarlijks een aantal vaste punten in de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde, thv de baggerplaatsen. De metingen in de Westerschelde situeren zich op Nederlands grondgebied (VMM, 1999a).

Het aantal bemonsterde punten in de Beneden-Zeeschelde neemt toe met de jaren ('89: 14, '90: 14, '91: 16, '92: 16, '93: 17, '94: 17, '95: 21, '96: 21, '97: 21, '98: 26, '99: 26, '00: 26, '01:26, '02:26). Dit is te wijten aan het feit dat het meetnet werd uitgebreid met meetpunten in de haven van Antwerpen (vanaf 1995) en ter hoogte van de Rupelmonding (vanaf 1998). De meetpunten in de haven van Antwerpen zijn echter niet representatief voor de Beneden-Zeeschelde, gezien het systeem van de havendokken via sluisdeuren is afgesloten van de Beneden-Zeeschelde.

Op elk meetpunt wordt een set van organische en anorganische parameters geanalyseerd:

- lutum (fractie < 2µm), organisch materiaal;
- zware metalen: cadmium, kwik, koper, nikkel, lood, zink, chroom en arseen;
- poly-aromatische koolwaterstoffen: naftaleen, fluoreen, fluorantheen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)anthraceen, benzo(g,h,i)pyreen, benzo(a)pyreen, fenantreen, indeno(123,cd)pyreen, pyreen, dibenzo(a,h)anthraceen en anthraceen. Vanaf 2001 werd ΣPAK berekend inclusief anthraceen, voorheen inclusief benzo(b)fluorantheen.
- polychloorbifenylen: PCB 28, PCB 31, PCB 49, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 en PCB 180;
- minerale olie;
- extraheerbare organische chloorverbindingen (EOX), een aantal gechloreerde pesticiden die inbegrepen zijn in de EOX worden tevens individueel gemeten.

In Tabel A- 8 en Tabel A- 9 in APPENDIX 7 zijn de gemeten parameterconcentraties, gemiddeld over de verschillende locaties in de Beneden-Zeeschelde weergegeven voor de periode 1989–2003. In Figuur 3-27 worden de locaties van de meetpunten weergegeven. Deze gemiddelde waarden werden omgerekend naar een standaardwaterbodembodem met 5% organisch materiaal en 25% lutum, uitgaande van gemiddelde waarden per jaar voor beide parameters. Naast de gemiddelde concentratie werd tevens de standaarddeviatie vermeld.



Figuur 3-27 : Situering meetplaatsen (VMM,2003)

Uit Tabel A- 8 en Tabel A- 9 blijkt dat binnen de geanalyseerde parameters minerale olie gemiddeld het sterkst vertegenwoordigd is in de baggerspecie. Deze verhoogde concentratie situeert zich voornamelijk ter hoogte van toegangsgeulen. De concentraties van de overige organische parameters liggen 2 grootteordes lager. De concentraties van de overige organische parameters liggen 2 grootteordes lager. De zware metalen zink, lood en chroom maken het grootste aandeel uit van de anorganische componenten. In het algemeen kan gesteld worden dat de concentraties van de gemeten componenten weinig significante schommelingen vertonen in de periode 1989 - 2003, hoewel globaal gezien enige verbetering in de kwaliteit merkbaar is op enkele componenten na. De gemiddelde waarden van de verschillende gemeten componenten in de Beneden-Zeeschelde blijven onder de toegelaten concentraties.

Tabel 3-9 toont de locaties met normoverschrijdingen voor de meetcampagnes 1992, 2001, 2002 en 2003. In de Beneden-Zeeschelde werden geen normoverschrijdende concentraties van zware metalen waargenomen. Voor de organische parameters zijn er een beperkt aantal overschrijdingen van de norm waargenomen op een beperkt aantal locaties. Voor de meeste locaties gaat het om tijdelijke overschrijding van de norm. De donkere vakjes in de tabellen, duiden er op dat de criteria met meer dan 50% werd overschreden.

Tijdens de campagne 2001 vertoonden 2 gebieden een normoverschrijding: omgeving Zeesluis Wintam en Kallosluis. In de loop van 2002 daalden de waarden voor alle parameters tot onder de toetsingscriteria voor de locaties in de omgeving van de Kallosluis.

De meetcampagne tijdens de winter 2002 vertoont voor de Drempel van Frederik (rode kant) en de omgeving Zeesluis Wintam normoverschrijdingen. Ter hoogte van de toegangsgeul Zandvlietsluis werd er een beperkte overschrijding waargenomen, tijdens de hierop volgende zomercampagne zakte de concentraties weer tot hun normale niveau.

Tijdens de meetcampagne in de winter van 2003 werden er normoverschrijdingen waargenomen ter hoogte van Plaat en Drempel van Parel (rode kant), omgeving Kallosluis, Drempel van Zandvliet (groene kant) en opwaarts zeesluis Wintam. De zomercampagne van 2003 toont aan dat deze locaties geen normoverschrijdingen vertonen, met uitzondering de locatie opwaarts Zeesluis Wintam.

Indien er normoverschrijdingen werden waargenomen in de Beneden-Zeeschelde zijn deze voornamelijk gelokaliseerd ter hoogte van de bestaande toegangsgeulen, of in de onmiddellijke omgeving hiervan. De normoverschrijdingen op deze locaties doen zich voornamelijk tijdens de winterperiode voor, tijdens de zomercampagne zakken de concentratie tot onder de toegelaten criteria. Een uitzondering hierop is de meetlocatie opwaarts zeesluis Wintam.

Tabel 3-9 : Norm overschrijdingen organische parameters in de Beneden-Zeeschelde (1992, 2001, 2002 en 2003)

		Locaties met normoverschrijdingen									
Normering: terugstorten in binnenwateren maritieme zone		18. DREMPEL VAN ZANDVLIET - Groene kant	21. DREMPEL VAN FREDERIK - Rode kant	26. PLAAT EN DREMPEL VAN DE PAREL - Rode kant	28a. GEUL KALLOSLUIS - Opwaarts	28b. GEUL KALLOSLUIS - Midden	28c. GEUL KALLOSLUIS - Afwaarts	38. GEUL ZANDVLIETSLUIS	45. GEUL ZEESLUIS WINTAM	46. ZEESLUIS WINTAM - Opwaarts	47. ZEESLUIS WINTAM - Afwaarts
Som 10 PAK's (mg/kg): Norm = 5 mg/kg ds	1992					5.13					
	2001									5.60	6.49
	2002		14.75							5.13	
	2003			5.19						7.13	
EOX (mgCL/kg) Norm = 3.5 mgCL/kg ds	1992										
	2001				8.46		4.07		4.70	4.20	
	2002		6.50		3.85	3.58	3.52	3.75	4.38		
	2003	4.27			3.63	5.39					
som 7 PCB's (mg/kg) Norm = 0.1 mg/kg ds	1992			0.11							
	2001										0.12
	2002										
	2003										
minerale olie (mg/kg ds) NORM = 1000 mg/kg ds	1992										
	2001										
	2002		1220								
	2003										



overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling

overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling met meer dan 50%

3.8.1.2. Losplaatsen

Bij het terugstorten van de onderhoudsbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde wordt door de beheerder onderscheid gemaakt in het gebruik van de losplaatsen al naargelang de fysische aard van de gebaggerde specie. Daar waar de zandachtige specie wordt teruggestort in de meer

afwaarts gelegen stortzone 'Schaar Ouden Doel', wordt de slibhoudende specie teruggestort in de meer opwaarts gelegen stortlocaties ('Plaat van Boomke' en 'Punt van Melsele'). Deze strategie wordt al verscheidene jaren consistent gehandhaafd en stemt overeen met de natuurlijke tendens inzake chemische samenstelling van de waterbodem tussen het opwaartse en het afwaartse riviergedeelte.

In juli en augustus 2002 werd t.b.v. de lopende Vlarem-milieuvergunning eveneens de kwaliteit van de waterbodem in de loszones in de Beneden-Zeeschelde geanalyseerd door de VMM (VMM, 2003). Thv de losplaats 'Plaat van Boomke' werden hiertoe 3 zones onderscheiden, zijnde 'Oosterweel', 'Plaat van Boomke opwaarts' en 'Plaat van Boomke afwaarts'. Ook de losplaats 'Schaar Ouden Doel' werd hiertoe in 2 zones opgedeeld, zijnde 'Schaar Ouden Doel opwaarts' en 'Schaar Ouden Doel afwaarts'. In Tabel 3-10 worden de concentraties van de verschillende parameters weergegeven, omgerekend naar een standaardwaterbodem met 5% organisch materiaal en 25% lutum.

Uit Tabel 3-10 blijkt dat de hoogste concentraties aan verontreinigende stoffen gemeten werden thv Oosterweel en afwaarts de Plaat van Boomke. De laagste concentraties aan verontreinigende stoffen werden gemeten thv de Punt van Melsele en opwaarts Plaat van Boomke. Dit is in overeenstemming met de gehalten aan lutum en organische stof, waar de (an)organische stoffen zich aan binden. Minerale olie maakt de grootste fractie uit van de geanalyseerde parameters in de waterbodem, ter hoogte van de losplaatsen. Inzake zware metalen zijn zink, lood en chroom het sterkst vertegenwoordigd. Deze conclusies stemmen overeen met de besluiten uit Tabel A- 8 en Tabel A- 9 inzake samenstelling van de gebaggerde specie.

Tabel 3-10 : overzicht gemeten concentraties (mg/kg) thv losplaatsen (VMM, 2003b)

parameter	Plaat van Boomke Opwaarts	Oosterweel	Punt van Melsele	Plaat van Boomke afwaarts	Schaar Ouden Doel opwaarts	Schaar Ouden Doel afwaarts
arseen	15	33	15	18	19	16
cadmium	-	7	1	2	2	1
chroom	25	58	30	41	44	38
koper	5	48	5	21	146	7
kwik	0.1	0.7	0.0	0.2	0.3	0.1
lood	20	85	24	40	37	26
nikkel	7	17	9	13	21	11
zink	89	1102	102	183	225	125
som 10 PAK's	1.05	11.71	0.92	3.78	2.80	2.08
som 7 PCB's	0.0085	0.0874	0.0200	0.0650	0.0060	0.0330
minerale olie	15	620	75	266	397	255
EOX	-	2	-	3	1	-

3.8.2. Waterkolom

Hierna worden de fysico-chemische en de biologische waterkwaliteit van het estuarium toegelicht.

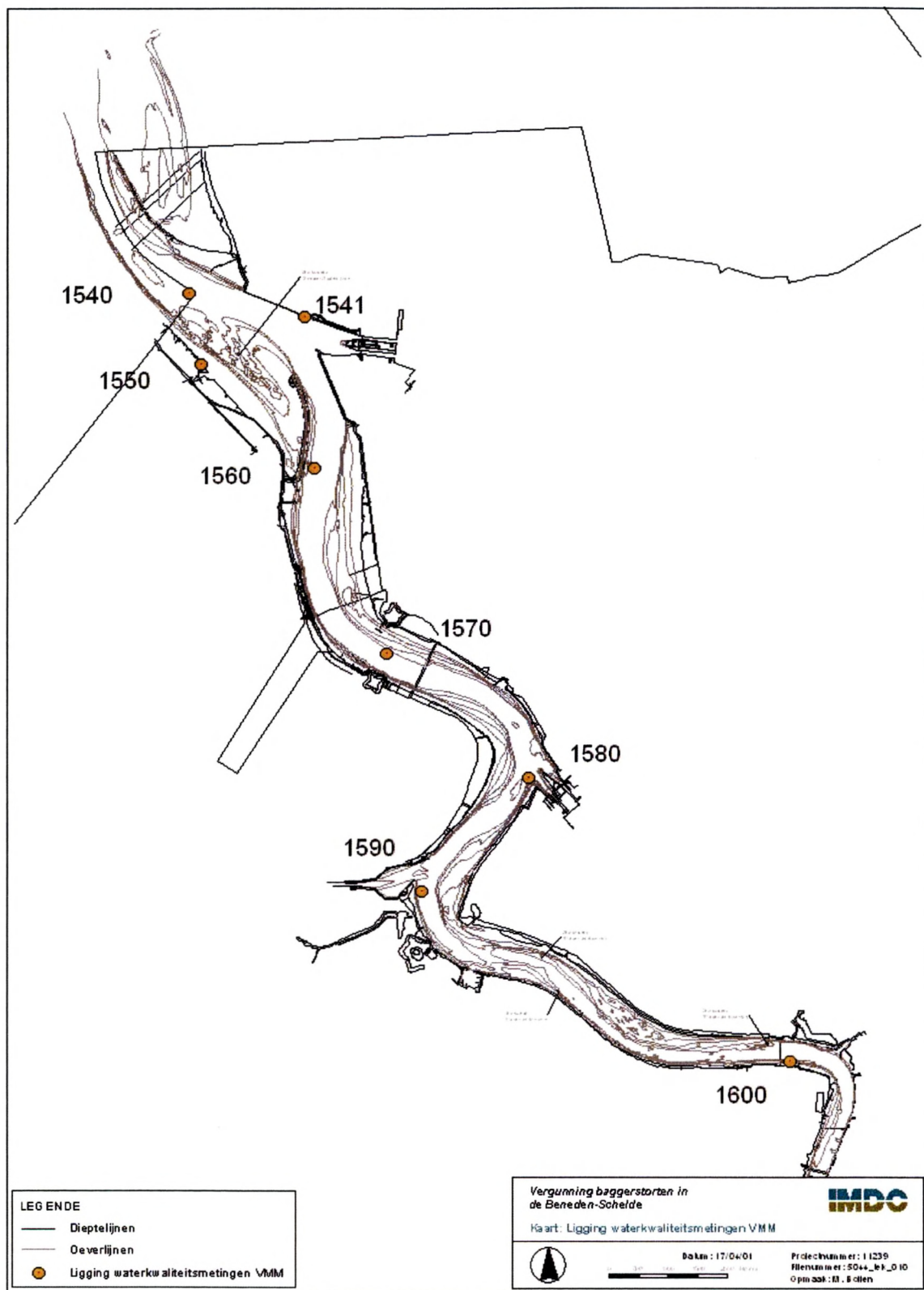
3.8.2.1. *Fysico-chemie*

Jaarlijks worden door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) metingen uitgevoerd ter bepaling van de kwaliteit van de waterlopen in het Vlaamse Gewest (VMM, 1999b). Ter karakterisatie van de kwaliteit van de Beneden-Zeeschelde werden 7 meetpunten beschouwd. *Figuur 3-28* geeft een overzichtskaart van deze meetpunten.

- 1600: Linkeroever, ter hoogte van het Sint Annastrand
- 1590: in de vaargeul van de Schelde, ca. 200 m stroomopwaarts de centrale van Kallo;
- 1580: in de vaargeul ter hoogte van de Boudewijnsluis;
- 1570: Lillo, de vaargeul thv de Liefkenshoektunnel;
- 1560 in de vaargeul, ca. 200 m stroomopwaarts de centrale van Doel;
- 1550: ter hoogte van de grens, linkeroever;
- 1540: thv de Belgisch-Nederlandse grens, de vaargeul midden Schelde;
- 1541: Zandvliet, thv de Berendrechtsluis.

Door de wet van 24.05.1983 betreffende de algemene normen die de kwaliteitsobjectieven bepalen van oppervlaktewater bestemd voor welbepaalde doeleinden (BS 15.06.1983) wordt er een onderscheid gemaakt tussen oppervlaktewaters bestemd als viswater, zwemwater of drinkwater. Zo dient de Schelde ter hoogte van deze meetpunten aan de basiskwaliteitsdoelstellingen te voldoen.

In Tabel 3-11 tot en met Tabel 3-14 worden de gemiddelde meetresultaten van de fysico-chemische waterkwaliteit weergegeven voor 1997 tot 2003 op de hoger vermelde meetpunten. De bijhorende basiskwaliteitsdoelstellingen voor oppervlaktewater zijn eveneens in de tabellen opgenomen. Sinds 1996 worden door VMM buiten de algemene parameters eveneens stelselmatig de zware metalen bepaald in de waterlopen.



Figuur 3-28 : Ligging waterkwaliteitsmetingen VMM

Tabel 3-11 : gemiddelde kwaliteit van het oppervlaktewater de Schelde thv de meetpunten 1600 en 1590 (VMM, 2004)

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1600 ST ANNASTRAND							MEETPUNT 1590 VAARGEUL OPWAARTS KALLO						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Temp (°C)	$A \leq 28$	13,5	12,9	14,9	14,98	14,11	13,75	13,51	13,5	13,2	14,5	14,50	13,50	13,91	14,00
pH	$6,5 \leq A \leq 8,5$	7,5	7,4	7,5	7,74	7,59	7,51	7,62	7,5	7,5	7,5	7,73	7,62	7,58	7,66
O ₂ (mg/l)	$A \geq 5$	2,3	4,2	3,8	3,97	3,59	4,09	4,81	3,6	4,8	4,4	4,47	4,05	4,76	5,76
CZV (mg/l)	$A < 30$	45,1	32,6	40,1	-	19,33	17,50	31,91	56,7	44,1	41,5	-	-	26,36	65,46
BZV (mg/l)	$A < 6$	7,6	-	3,7	-	2,50	2,00	2,45	6,4	-	3,5	-	-	2,18	2,54
NH ₄ (mg N/l)	$A < 5$	3,3	2,2	2,1	1,75	1,47	1,35	1,05	2,1	1,6	1,4	1,25	1,07	1,04	0,69
Kjeldahl-N (mg N/l)	$A < 6$	4,9	-	3,3	2,99	2,52	2,68	2,32	3,2	-	2,5	2,19	2,16	2,30	2,09
NO ₃ (mg N/l)	-	3,3	4,4	3,9	4,55	4,74	4,49	4,62	3,9	5,0	4,4	5,02	5,14	4,73	4,69
NO ₂ (mg N/l)	-	0,2	0,2	0,2	0,31	0,29	0,25	0,21	0,2	0,2	0,2	0,22	0,22	0,21	0,12
NO ₃ +NO ₂ (mg N/l)	$A \leq 10$	3,5	4,6	4,1	4,86	5,03	4,74	4,83	4,1	5,2	4,6	5,24	5,36	4,94	4,81
totaal P (mg P/l)	$A < 1$	0,89	0,54	0,55	0,59	0,73	0,65	0,68	1,05	0,53	0,62	0,52	1,32	0,70	0,53
o-PO ₄ (mg P/l)	$A < 0,30$	0,29	0,21	0,22	0,21	0,19	0,18	0,22	0,36	0,18	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19
geleidbaarheid (µS/cm)	$A < 1000$	2883	1509	2022	1141	1081	1556	3227	8310	4514	5490	2642	2027	2639	6951
SO ₄ (mg/l)	$A < 250$	164	118	141	-	-	-	-	422	238	365	-	-	-	-
Chloride (mg/l)	$A < 200$	646	294	452	198	143	274	862	2483	1257	1646	753	518	652	2293
Zwevende stof (mg/l)	$A < 50$	30,5	-	37,6	36,17	24,83	36,55	28,13	28,6	-	39,3	30,58	50,36	55,55	37,58

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1600 ST ANNASTRAND							MEETPUNT 1590 VAARGEUL OPWAARTS KALLO						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Cd (µg/l)	A < 1	1,0 ^(*)	-	0,3	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)	1,0 ^(*)	-	0,3	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)	1,20 ^(*)
Cr (µg/l)	A ≤ 50	10 ^(*)	-	-	7,00	6,00 ^(*)	6,00 ^(*)	6,08	10 ^(*)	-	-	6,08	7,67	6,73	6,15
Cu (µg/l)	A ≤ 50	10,2	-	6,0	4,86	5,88	7,69	4,84	10 ^(*)	-	6,6	3,49	8,73	11,69	5,22
Pb (µg/l)	A ≤ 50	11,3	-	-	6,58	6,50	6,64	6,00	10 ^(*)	-	-	6,00	9,42	8,18	6,23
Ni (µg/l)	A ≤ 50	13,7	-	-	6,17	5,42	5,18	5,29	13	-	-	5,42	6,17	5,36	5,37
Zn (µg/l)	A ≤ 200	61,0	-	48,6	39,00	35,92	50,82	62,15	69,0	-	54,6	29,64	47,67	65,18	114

A: absolute waarde
 overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling
 (*): detectielimiet

Tabel 3-12 : gemiddelde kwaliteit van het oppervlaktewater de Schelde thv de meetpunten 1580 en 1570 (VMM, 2004)

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1580 VAARGEUL BOUDEWIJNSLUIS							MEETPUNT 1570 VAARGEUL LILLO						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Temp (°C)	$A \leq 28$	13,6	-	-	-	-	-	-	13,7	13,3	14,6	14,75	14,00	14,09	14,23
pH	$6,5 \leq A \leq 8,5$	7,5	-	-	-	-	-	-	7,5	7,5	7,5	7,72	7,64	7,61	7,72
O ₂ (mg/l)	$A \geq 5$	3,9	-	-	-	-	-	-	4,8	5,8	5,3	4,72	4,55	5,92	6,75
CZV (mg/l)	$A < 30$	61,8	-	-	-	-	-	-	70,4	64,2	49,4	-	-	-	77,00
BZV (mg/l)	$A < 6$	6,7	-	-	-	-	-	-	4,9	-	3,4	-	-	-	2,36
NH ₄ (mg N/l)	$A < 5$	1,3	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	0,80	0,73	0,54	0,46
Kjeldahl-N (mg N/l)	$A < 6$	2,8	-	-	-	-	-	-	2,4	-	2,0	1,60	1,54	1,57	1,64
NO ₃ (mg N/l)	-	4,1	-	-	-	-	-	-	4,3	5,5	4,6	5,32	5,31	4,94	4,42
NO ₂ (mg N/l)	-	0,2	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,15	0,13	0,11	0,08
NO ₃ +NO ₂ (mg N/l)	$A \leq 10$	4,3	-	-	-	-	-	-	4,5	5,7	4,8	5,47	5,44	5,05	4,50
totaal P (mg P/l)	$A < 1$	0,88	-	-	-	-	-	-	1,01	0,70	0,51	0,54	0,74	0,72	0,52
o-PO ₄ (mg P/l)	$A < 0,30$	0,34	-	-	-	-	-	-	0,29	0,18	0,17	0,20	0,19	0,18	0,16
geleidbaarheid (µS/cm)	$A < 1000$	10878	-	-	-	-	-	-	1271	7795	8313	5112	3933	5274	10493
SO ₄ (mg/l)	$A < 250$	498	-	-	-	-	-	-	582	393	481	-	-	-	-
Chloride (mg/l)	$A < 200$	3199	-	-	-	-	-	-	3673	2216	2437	1854	1180	1740	3797
Zwevende stof (mg/l)	$A < 50$	29,6	-	-	-	-	-	-	30,9	-	27,8	26,58	40,83	53,00	36,42
Cd (µg/l)	$A < 1$	1,0 ^(*)	-	-	-	-	-	-	1,0 ^(*)	-	0,2	1,20 ^(†)	1,20 ^(†)	1,20 ^(†)	1,20 ^(†)

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1580 VAARGEUL BOUDEWIJNSLUIS							MEETPUNT 1570 VAARGEUL LILLO						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Cr (µg/l)	A ≤ 50	10 ^(*)	-	-	-	-	-	-	10 ^(*)	-	-	6,00 ^(*)	6,50	6,64	6,31
Cu (µg/l)	A ≤ 50	10 ^(*)	-	-	-	-	-	-	11,2	-	6,5	4,37	6,74	9,83	4,73
Pb (µg/l)	A ≤ 50	10 ^(*)	-	-	-	-	-	-	11,0	-	-	6,00	6,83	8,18	6,69
Ni (µg/l)	A ≤ 50	14	-	-	-	-	-	-	14	-	-	5,17	5,67	5,36	5,17
Zn (µg/l)	A ≤ 200	62,0	-	-	-	-	-	-	65,2	-	38,7	31,83	39,67	77,73	117,92

A: absolute waarde
 overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling
 (*): detectielimiet

Tabel 3-13 : gemiddelde kwaliteit van het oppervlaktewater de Schelde thv de meetpunten 1541 en 1540 (VMM, 2004)

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1560 VAARGEUL STROOMOPWAARTS DOEL ²							MEETPUNT 1541 VAARGEUL ZANDVLIET						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Temp (°C)	$A \leq 28$	13,6	13,4	-	-	-	-	-	14,1	13,8	14,8	15,25	14,50	14,73	15,08
pH	$6,5 \leq A \leq 8,5$	7,5	7,5	-	-	-	-	-	7,5	7,6	7,5	7,66	7,68	7,59	7,69
O ₂ (mg/l)	$A \geq 5$	5,0	6,2	-	-	-	-	-	5,6	6,8	6,0	5,59	4,78	6,35	7,35
CZV (mg/l)	$A < 30$	74,1	57,6	-	-	-	-	-	78,7	67,0	42,3	37,75	36,73	42,29	62,69
BZV (mg/l)	$A < 6$	5,2	-	-	-	-	-	-	4,5	5,8	4,5	2,00	2,80	2,09	2,62
NH ₄ (mg N/l)	$A < 5$	1,0	1,0	-	-	-	-	-	0,8	0,7	0,6	0,53	0,51	0,46	0,49
Kjeldahl-N (mg N/l)	$A < 6$	2,1	-	-	-	-	-	-	1,9	1,6	1,7	1,39	1,39	1,80	1,62
NO ₃ (mg N/l)	-	3,9	5,6	-	-	-	-	-	4,2	5,4	4,7	5,44	5,27	4,90	4,08
NO ₂ (mg N/l)	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,10	0,09	0,06	0,06
NO ₃ +NO ₂ (mg N/l)	$A \leq 10$	4,1	5,8	-	-	-	-	-	4,4	5,6	4,8	5,54	5,36	4,96	4,14
totaal P (mg P/l)	$A < 1$	1,03	0,52	-	-	-	-	-	0,88	0,57	0,48	0,58	0,62	0,73	0,55
o-PO ₄ (mg P/l)	$A < 0,30$	0,33	0,18	-	-	-	-	-	0,33	0,17	0,15	0,19	0,16	0,16	0,17
geleidbaarheid (µS/cm)	$A < 1000$	13904	8525	-	-	-	-	-	16746	11287	11008	7222	6017	6397	12281
SO ₄ (mg/l)	$A < 250$	630	418	-	-	-	-	-	735	528	542	-	382	416	676
Chloride (mg/l)	$A < 200$	4219	2443	-	-	-	-	-	5178	3390	4459	2428	2065	2427	4958
Zwevende stof (mg/l)	$A < 50$	38,2	-	-	-	-	-	-	38,5	66,7	39,8	39,58	59,00	103	45,15

² sinds 1999 zijn voor dit meetpunt geen data meer beschikbaar

PARAMETER	BASISKWALITEIT- DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1560 VAARGEUL STROOMOPWAARTS DOEL ²							MEETPUNT 1541 VAARGEUL ZANDVLIET						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Cd (µg/l)	A < 1	1,0 ^(*)	-	-	-	-	-	-	1,0 ^(*)	0,4	0,5	1,20 ^(*)	1,10 ^(*)	1,15 ^(*)	0,70
Cr (µg/l)	A ≤ 50	10,3	-	-	-	-	-	-	10 ^(*)	2	4	6,67	8,11	10,60	5,46
Cu (µg/l)	A ≤ 50	11,4	-	-	-	-	-	-	11	13	8	4,72	12,79	13,28	6,20
Pb (µg/l)	A ≤ 50	11,2	-	-	-	-	-	-	10 ^(*)	10 ^(*)	36	6,42	13,80	17,36	7,99
Ni (µg/l)	A ≤ 50	15	-	-	-	-	-	-	15	9	7	5,67	6,49	6,66	6,57
Zn (µg/l)	A ≤ 200	70,5	-	-	-	-	-	-	39	79	59	48,00	48,26	108	112

A: absolute waarde
 overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling
 (*): detectielimiet

Tabel 3-14 : gemiddelde kwaliteit van het oppervlaktewater de Schelde thv het meetpunt 1540 (VMM, 2004)

PARAMETER	BASISKWALITEIT-DOELSTELLINGEN (VLAREM II)	MEETPUNT 1540						
		ZANDVLIET BERENDRECHTSLUIS						
		'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
Temp (°C)	A ≤ 28	13,8	13,5	15,8	16,86	13,76	-	-
pH	6,5 ≤ A ≤ 8,5	7,7	7,6	7,5	7,52	7,62	-	-
O ₂ (mg/l)	A ≥ 5	6,8	7,4	5,9	4,85	5,77	-	-
CZV (mg/l)	A < 30	84,5	68,8	60,5	24,83	29,00	-	-
BZV (mg/l)	A < 6	6,1	4,5	3,9	3,20	4,00	-	-
NH ₄ (mg N/l)	A < 5	0,8	0,7	0,8	0,26	0,79	-	-
Kjeldahl-N (mg N/l)	A < 6	1,7	1,6	1,8	1,48	1,37	-	-
NO ₃ (mg N/l)	-	4,2	5,3	4,3	5,32	4,95	-	-
NO ₂ (mg N/l)	-	0,1	0,1	0,1	0,06	0,05	-	-
NO ₃ +NO ₂ (mg N/l)	A ≤ 10	4,3	5,4	4,4	5,38	5,00	-	-
totaal P (mg P/l)	A < 1	1,07	0,54	0,61	0,50	0,36	-	-
o-PO ₄ (mg P/l)	A < 0,30	0,27	0,18	0,14	0,19	0,16	-	-
geleidbaarheid (µS/cm)	A < 1000	18769	12394	12020	8635	6246	-	-
SO ₄ (mg/l)	A < 250	829	585	679	-	-	-	-
Chloride (mg/l)	A < 200	5990	4009	3350	2688	2237	-	-
Zwevende stof (mg/l)	A < 50	63,6	55,2	49,9	52,60	31,17	-	-
Cd (µg/l)	A < 1	1,0 (*)	0,4	0,4	0,97	0,88	-	-
Cr (µg/l)	A ≤ 50	10 (*)	3	2	6,87	4,42	-	-
Cu (µg/l)	A ≤ 50	12	13	8	14,58	13,02	-	-
Pb (µg/l)	A ≤ 50	12	8	9	33,23	8,33	-	-
Ni (µg/l)	A ≤ 50	14	11	8	8,88	5,82	-	-
Zn (µg/l)	A ≤ 200	91	79	52	33,70	29,83	-	-

A:

overschrijding van de basiskwaliteitsdoelstelling

(*):

detectielimiet

Uit Tabel 3-11 t.e.m. Tabel 3-14 blijkt dat voor verschillende parameters de basiskwaliteitsdoelstellingen overschreden worden. De verhoogde waarden inzake geleidbaarheid, chloride- en sulfaatgehalte thv alle meetpunten zijn te wijten aan het brakwater karakter van de Beneden-Zeeschelde. Verder is in de meetpunten 1600 (St Annastrand) en 1580 (Vaargeul Boudewijsluis) (wel enkel metingen uit 1997 beschikbaar) een slechte zuurstofhuishouding merkbaar. Aan het meetpunt 1570 (Vaargeul Lillo) is de zuurstofhuishouding verbeterd sinds 2000 en wordt de basiskwaliteitsdoelstelling niet meer overschreden. Ter hoogte van de meetpunten 1590 (Vaargeul opwaarts Kallo), 1570 (Vaargeul Lillo) en 1541 (Vaargeul grens B-NL) overschrijdt de CZV nog de basiskwaliteitsdoelstelling. Aan het meetpunt 1541 (Vaargeul grens B-NL) werd bij de laatste meting een overschrijding van de CZV vastgesteld, maar aangezien recentere metingen ontbreken kan geen evolutie afgeleid worden. De verbetering die vastgesteld werd in (IMDC, 2001) lijkt weer iets verminderd te zijn. Dit is niet het geval voor de BZV die de laatste jaren aan de doelstellingen voldoet. Uit Tabel 3-11 tot en met Tabel 3-14 kan geconcludeerd worden dat globaal gezien een verbetering van de waterkwaliteit merkbaar is.

De fysico-chemische kwaliteit van de waterkolom kan tevens beoordeeld worden op basis van de Prati-index. Hierbij wordt dmv een transformatieformule een gemeten waarde omgerekend naar een vergelijkbare kwaliteitsindex, waaraan een cijfer tussen 0,1 en > 16 toegekend wordt. De bekomen cijfers worden dan in klassen van 1 tot 6 ingedeeld die de kwaliteit van het water beoordelen van niet verontreinigd (klasse 1) tot zeer zwaar verontreinigd (klasse 6). De VMM gebruikt de Prati-index voor opgeloste zuurstof, welke in Tabel 3-15 is weergegeven voor de in beschouwing genomen meetpunten voor de periode '92 – '02.

Tabel 3-15 : Prati-index voor opgeloste zuurstof op de VMM- meetpunten (VMM, 2004)

Meetpunt	JAARTAL											Gemid- delde
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
1600 (St Annastrand)	8,4	6,6	8,4	8,9	7,1	8,0	5,7	6,5	5,7	6,3	5,7	7,0
1590 (Vaargeul opwaarts Kallo)	-	-	-	7,1	5,5	6,3	4,9	5,5	5,3	5,8	5,0	5,7
1580 (Vaargeul Boudewijsluis)	7,6	5,7	6,6	6,3	4,6	5,8	-	-	-	-	-	6,1
1570 (Vaargeul Lillo)	-	-	-	5,5	4,4	5,1	4,0	4,6	4,9	5,0	3,8	4,7
1560 (Vaargeul opwaarts centrale Doel)	-	-	-	4,7	4,1	4,8	3,7	-	-	-	-	4,3
1541 (Vaargeul grens B-NL)	-	4,0	4,7	-	4,0	4,1	3,1	3,9	4,1	4,8	3,5	4,0
1540 (Zandvliet- Berendrechtlsuis)	4,6	4,2	4,4	4,0	3,3	3,2	2,7	3,9	4,8	4,0	-	3,9

Uit Tabel 3-15 blijkt dat de waterkwaliteit thv de meer stroomopwaarts gelegen meetpunten (1600, 1590, 1580) als verontreinigd beschouwd dient te worden (>4-8). In alle punten valt echter

verbetering te noteren en het punt 1570 (Vaargeul Lillo) kan nu geklasseerd worden als matig verontreinigd in plaats van als verontreinigd. Thv de meer stroomafwaarts gelegen punten (1540 (Zandvliet-Berendrechtsluis), 1541 (Vaargeul grens B-NL)) kan de waterkwaliteit als matig verontreinigd beschouwd worden (>2-4). Bijgevolg kan geconcludeerd worden dat de zuurstofhuishouding van de Schelde geleidelijk verbetert over de jaren heen en in de richting van de monding.

3.8.2.2. *Biologie*

In de jaarverslagen inzake oppervlaktewaterkwaliteit van de VMM (VMM, 2004) wordt eveneens de biologische kwaliteit bepaald. Het biologisch onderzoek evalueert de waterloop als biotoop, eerder dan enkel de kwaliteit van de waterkolom. Voor het bepalen van de biologische waterkwaliteit wordt gebruik gemaakt van de methode van de Belgisch Biotische Index (BBI). Hierbij wordt een waardecijfer van 10 (zeer goede kwaliteit) tot 0 (zeer slechte kwaliteit) toegekend, op basis van gevoeligheid, abundantie en diversiteit van zoetwaterorganismen. Het Besluit van de Vlaamse Executieve van 21.10.1987 (BS 06.01.1988) legt vast dat uiterlijk op 1 juli 1995 alle oppervlaktewateren in het Vlaamse Gewest aan de basiskwaliteitsnorm moesten voldoen. Het Besluit bepaalt dat de BBI groter moet zijn dan 6. In Tabel 3-16 worden de waarden van de BBI voor meetpunt 1600 (St Annastrand) voorgesteld. Voor de andere meetpunten op de Schelde werd geen BBI bepaald, omwille van het uitgesproken brakwater karakter thv die meetpunten. Voor het beschouwde meetpunt kan de BBI-bepaling in vraag worden gesteld, aangezien de methode niet geschikt is voor brakwater. Ter hoogte van het meetpunt gelden de gemeten zoutgehaltes te Oosterweel (zie paragraaf 3.5), waarbij meetwaarden geregistreerd worden (gedurende het volledige jaar) die overeenstemmen met brak water, overeenkomstig de definitie in paragraaf 2.4. Als dusdanig dient de interpretatie volgens de Belgische Biotische Index die duidt op een slechte waterkwaliteit van de Schelde met omzichtigheid te gebeuren.

Tabel 3-16 : Belgische Biotische Index op meetpunt 1600 (St Annastrand) (VMM, 2004)

Jaartal/ Meetpunt	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1600 (St Annastrand)	-	2	-	2	2	4	2	2	4	1	5

Algemeen kan, aan de hand van al de bovenvermelde gegevens (fysico-chemisch en biologisch) uit het meetnet van VMM, worden besloten dat het oppervlaktewater van de Schelde nog niet volledig aan de basiskwaliteitsdoelstellingen voldoet. Vooral in de meer stroomopwaartse zone is de zuurstofvraag nog te hoog. Er is echter reeds een duidelijke verbetering opgetreden in het laatste decennium.

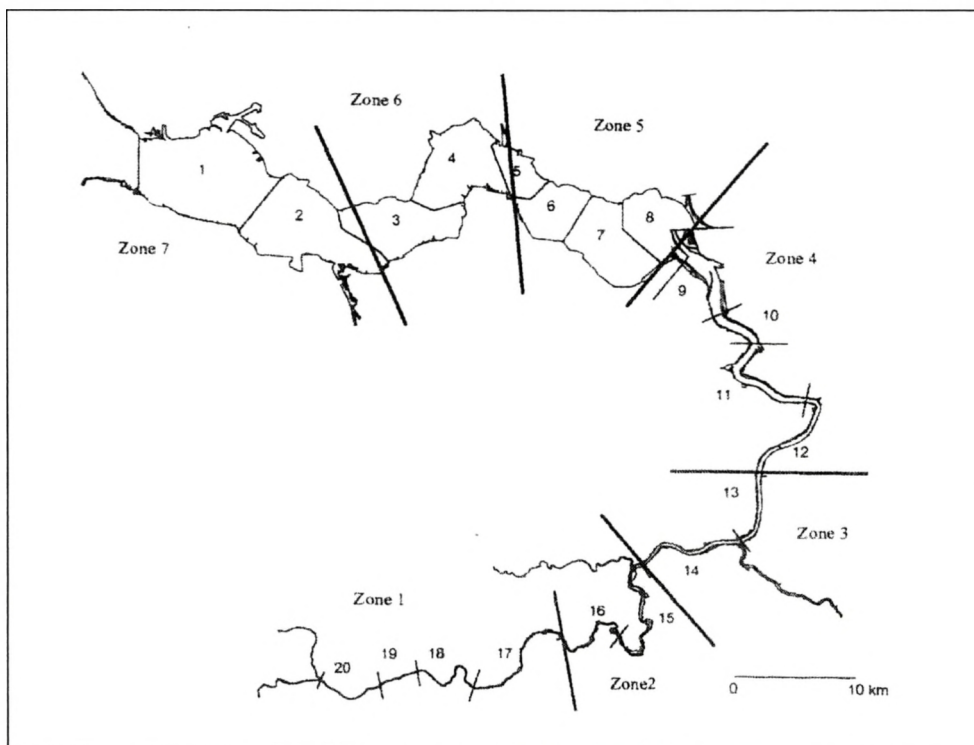
Bovenstaande bevindingen worden bevestigd in de studie 'Evolutie van de kwaliteit van het Scheldewater', uitgevoerd door de Vereniging van Industriële Bedrijven van Noord-Antwerpen (VIBNA, 1999). Voor de beoordeling van de evolutie van de kwaliteit van het Scheldewater werd in deze studie eveneens gesteund op gegevens van de VMM en Nederlandse overheidsdiensten aan de Belgisch-Nederlandse grens. Daarnaast werd de kwaliteit ook getoetst aan de studie 'Opvolging van het visbestand in de Zeeschelde aan de hand van fuiken', uitgevoerd door prof. F. Ollevier (KUL). Volgens deze studie kan worden besloten dat de aanwezigheid van de fintpopulatie wijst op een spectaculair herstel van de Beneden-Zeeschelde.

3.9. Ecologische beschrijving

3.9.1. Algemene ecologische beschrijving van het Schelde-estuarium

Het Schelde-estuarium is met zijn volledige zout-brak-zoet gradiënt een vrijwel uniek estuarium³ in Europa. Het estuarium levert in zijn geheel een belangrijke bijdrage tot de nationale en internationale biodiversiteit: de gradiënt van verschillende abiotische factoren (zowel longitudinaal, lateraal als verticaal) komt tot uiting in een opeenvolging van verschillende habitatten en levensgemeenschappen. De continuïteit van de verschillende gradiënten is van cruciaal belang voor de biodiversiteit. Op te merken valt dat naast deze ecologische rijkdom het estuarium ook nog allerlei "goods en services" levert zoals: voedsel, afvoer van oppervlaktewater, afvoer en verwerking van onze vuilvracht, ...

De getijdenwerking zorgt voor een unieke en zeer waardevolle gradiënt binnen het estuarium zowel verticaal als longitudinaal. Door de vermenging van zout en zoet water ontstaat in het estuarium een longitudinale zoutgehaltegradiënt. Op basis van het zoutgehalte kan het estuarium grofweg in drie grote delen worden opgedeeld: de mariene zone tussen Vlissingen en Hansweert, de brakke zone tussen Hansweert en Rupelmonde en de zoete zone tussen Rupelmonde en Gent. Een verdere ecologische indeling van het estuarium kan gemaakt worden op basis van morfologische kenmerken, turbiditeit, verblijftijd water, e.d. Van Damme et al. (1999) onderscheidt op deze manier zeven zones in het estuarium van de Schelde. Iedere zone wordt gekenmerkt door soortspecifieke fauna en flora.



Figuur 3-29 : Indeling van het Schelde estuarium in 20 compartimenten, gebaseerd op het MOSES en OMES model, en in zeven verschillende zones. (Van Damme et al. 1999).

³ Een estuarium kan gedefinieerd worden als een overgang tussen het zoete water van het land en het zoute water van de zee. Het Schelde-estuarium strekt zich uit van de monding van de rivier te Vlissingen tot aan Gent waar de getijdenwerking door een sluiscomplex wordt tegengehouden.

Binnen elk van deze zones bestaat nog een verticale gradiënt die ontstaat door de dagelijkse werking van de getijden. Bij de beschrijving van de arealen van de Schelde wordt onderscheid gemaakt tussen geulen, platen, slikken en schorren. Binnen het intergetijdegebied (slikken en platen) wordt een onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagdynamische (slibrijke en slibarme) gebieden. Tevens worden binnen de ecologie nog zones met ondiep water onderscheiden (zones tussen -2m en -0m t.o.v. de gemiddelde laagwaterlijn (GLW)).

Aan elk van deze morfologische structuren worden een aantal ecologische functies toegekend (op basis van MOVE rapportage). In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste ecologische functies van de verschillende morfologische structuren. Op te merken valt dat zowel de bagger- als stortactiviteiten plaatsvinden in de morfologische entiteit 'geul'. Er vindt bovendien geen verplaatsing plaats van sediment over de verschillende zones in de langsrichting zoals beschreven in Figuur 3-29

Tabel 3-17 : Overzicht van de belangrijkste ecologische functies van de verschillende morfologische structuren in het Schelde-estuarium (Naar Mol et al., 1997 in Van Damme et al. 1999)

Structuur	Ligging t.o.v. GLW ⁴	Functie
Geulen	<GLW -2 m	– transport van water met daarin fyto- en zoöplankton, vissen, zeezoogdieren, nutriënten en zwevende stoffen – foerageerplaats voor zeezoogdieren
Ondiep water	GLW tot GLW - 2 m	– leefgebied van bodemdieren en groeiplaats van bodemplanten – foerageerplaats voor jonge vis, hyperbenthos en vogels
Hoog- en laagdynamische platen en slikken	GHW tot GLW	– Verblijfplaats (vestiging, groei, voortplanting) van bodemdieren en -planten – Rui-, rust-, en foerageerplaats voor vogels – Rust- en zoogplaats voor zeezoogdieren
Schorren	> GHW	– Broed-, rui-, rust- en foerageerplaats voor vogels – Foerageer- en verblijfplaats voor jonge vis en hyperbenthos (kinderkamer) – Groeiplaats voor zout-, brak- en zoutwater (getijdeplanten)

Tabel 3-17 geeft op zijn beurt een overzicht van de oppervlakten schorren en slikken in het gehele Schelde-estuarium. In het estuarium is de totaliteit van de slikken en schorren sinds de jaren zestig sterk afgenomen. Dit kan in eerste instantie vrijwel geheel worden toegeschreven aan inpolderingen en havenaanleg.

⁴ GLW : Gemiddeld laagwater ; GHW : Gemiddeld hoogwater (plaatsafhankelijke referenties)

Tabel 3-18 : Oppervlakten van slikken en schorren langs het Schelde-estuarium, absolute waarden in ha (opp(ha)), in % van het totaal areaal van het ecotoop langs de Zeeschelde (%), en per km aslengte van het betreffende compartiment (ha/km asl); bronnen: Westerschelde (Mol et al., 1997); Zeeschelde (Van den Bergh et al., 1999 in Van Damme et al. 1999).

Compartiment	Slik			Schor			Slik & Schor		
	opp(ha)	%	ha/km asl	opp(ha)	%	ha/km asl	opp(ha)	%	ha/km asl
West (1-3)	3490	39,5		113	3,8		3603	30,4	
Midden (4-5)	1809	20,5		19	0,6		1828	15,4	
Oost (6-8)	2819	31,9		2367	78,6		5186	43,8	
9	241	2,7	36,41	66,82	2,2	10,09	307,85	2,6	46,50
10	104	1,2	18,56	60,31	2,0	10,75	164,43	1,4	29,31
11	124	1,4	13,36	41,82	1,4	4,52	165,57	1,4	17,88
12	56	0,6	6,07	18,38	0,6	1,99	74,51	0,6	8,05
13 en 14	55	0,6	6,74	38,94	1,3	4,81	93,55	0,8	11,55
15	71	0,8	6,98	65,97	2,2	6,49	136,98	1,2	13,47
16	44	0,5	3,90	143,52	4,8	12,67	187,70	1,6	16,57
17	15	0,2	1,61	45,36	1,5	4,90	60,26	0,5	6,51
18	7	0,1	0,63	28,45	0,9	2,54	35,48	0,3	3,17
19	2	0,0	0,26	0,18	0,0	0,02	2,50	0,0	0,29
20	0	0,0	0,00	1,84	0,1	0,20	1,84	0,0	0,20
Totaal	8837	100		3011	100		11848	100	

Op Europese schaal is het Schelde-estuarium vrij uniek door zijn omvang en vooral door de aanwezigheid van een zoetwatergetijdegebied. De typische habitatten en structuren langsheen het Schelde-estuarium zijn zonder meer belangrijk voor de nationale en internationale biodiversiteit. Een groot aantal flora- en fauna soorten (waaronder tal van rode-lijst soorten) komt voor binnen en is specifiek gebonden aan het estuarium. Bovendien vervult het estuarium voor tal van soorten (voornamelijk vissen en watervogels) een belangrijke stapsteen op hun migratieroutes. Illustratief wordt in onderstaande tabel een beeld gegeven van het internationaal belang van het Schelde-estuarium voor een aantal watervogels. Met een maximum van 230.000 watervogels is het Schelde-estuarium één van de belangrijkste NW-Europese estuaria voor watervogels. Andere estuaria met hoge winteraantallen aan watervogels zijn de Oosterschelde (190.000) in Nederland (Meininger et al., 1994 in Van Damme et al. 1999), de Wash (180.000) en Morecambe Bay (140.000) in Groot-Brittannië (Davidson et al., 1991 in Van Damme et al. 1999).

In het Schelde-estuarium werd de 1%-norm in alle maanden van het jaar overschreden. De hoogste normoverschrijdingen werden bereikt in het najaar en de winter. Het Schelde-estuarium was in de periode 1991/92 - 1996/97 van internationaal belang voor 21 soorten watervogels (Tabel 3-19). Voor 14 soorten werd jaarlijks de norm overschreden.

Tabel 3-19 : Maximale normoverschrijding per jaar voor de seizoenen 1991/92 – 1996/97. Tussen haakjes staat het aantal maanden dat de 1%-norm overschreden werd. Berekeningen zijn gebaseerd op het volledige Schelde-estuarium. De deelgebieden waar de hoogste aantallen van een soort werden waargenomen worden eveneens gegeven. (Van Damme et al., 1999)

Soort	Deel- gebied	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	1% Norm
		% NW Europese populatie (aantal maanden overschrijding 1%norm)						
Lepelaar <i>Platalea leucorodia</i>	3	1,5 (1m)	2,2 (2m)	—	2,5 (2m)	3,6 (2m)	4,6 (3m)	30
Kolgans <i>Anser albifrons</i>	3	—	1,2 (1m)	—	—	—	*—	4.500/6.000
Grauwe gans <i>Anser anser</i>	3-4	23,5 (4m)	24,4 (5m)	39,1 (6m)	42,4 (7m)	31,5 (7m)	*19,4 (6m)	1.200/2.000
Bergeend <i>Tadorna tadorna</i>	1-5	3 (?m)	2,8 (11m)	2,8 (8m)	2,6 (9m)	3,2 (8m)	*3,6 (6m)	2.500/3.000
Smient <i>Anas penelope</i>	3	4,1 (4m)	6,4 (5m)	3,8 (7m)	4,3 (6m)	5,2 (7m)	*5,4 (5m)	7.500/12.500
Krakeend <i>Anas strepera</i>	4-5	4,2 (5m)	6 (8m)	*3,8 (6m)	5,3 (7m)	*5,8 (5m)	5,8 (7m)	120/250/300
Wintertaling <i>Anas crecca</i>	5	1,6 (5m)	2,4 (6m)	3,1 (5m)	4,5 (6m)	4,3 (7m)	4,2 (7m)	4.000
Wilde eend <i>Anas platyrhynchos</i>	1-6	1,1 (1m)	1 (2m)	1,3 (4m)	1,2 (5m)	1 (1m)	1,3 (2m)	20.000
Pijlstaart <i>Anas acuta</i>	3-5	2,8 (3m)	5,1 (5m)	5 (6m)	3,9 (5m)	4,8 (6m)	7,6 (5m)	700/600
Tafeleend <i>Aythya ferina</i>	5	—	—	—	—	2,8 (3m)	3,2 (2m)	3.500
Scholekster <i>Haematopus ostralegus</i>	1-2	1,7 (7m)	2,1 (7m)	1,6 (7m)	2,2 (8m)	2,9 (9m)	2,3 (7m)	9.000
Kluut <i>Recurvirostra avosetta</i>	2-4	1,7 (1m)	2,1 (1m)	1,6 (1m)	3,1 (5m)	2,7 (6m)	1,2 (2m)	700
Bontbekplevier <i>Charadrius hiaticulata</i>	1-2	1,1 (1m)	1 (1m)	—	1 (1m)	1,74 (1m)	1,1 (1m)	*500/2.000
Zilverplevier <i>Pluvialis squatarola</i>	1-2	5,6 (8m)	3,5 (8m)	2,8 (9m)	2,9 (10m)	3,8 (6m)	2,8 (6m)	1.500
Kanoetstrandloper <i>Calidris canutus</i>	1	—	—	—	—	2,5 (1m)	—	3.500
Drieteenstrandloper <i>Calidris alba</i>	1	—	—	—	1,7 (1m)	1,8 (2m)	1,8 (2m)	1.000
Bonte strandloper <i>Calidris alpina</i>	1-2	,6 (3m)	,5 (4m)	,7 (4m)	,4 (5m)	,2 (6m)	,1 (3m)	4.000
Rosse grutto <i>Limosa lapponica</i>	1-3	2,5 (5m)	1,0 (1m)	1,4 (1m)	1,0 (1m)	1,8 (3m)	1,0 (1m)	**1.000/7.000
Wulp <i>Numenius arquata</i>	1-3	1,6 (2m)	1,1 (2m)	1,0 (1m)	1,6 (4m)	1,4 (3m)	1,1 (2m)	3.500
Zwarte ruiter <i>Tringa erythropus</i>	2-3	—	1,1 (2m)	—	—	1,1 (1m)	—	1.200
Tureluur <i>Tringototanus</i>	1-3	1,3 (1m)	1,0 (1m)	1,7 (1m)	1,2 (2m)	1,6 (3m)	1,9 (1m)	1.500

* Aanpassing van de 1% norm op basis van nieuwe populatieschattingen.

° 2.000 voor de maanden juli, augustus en mei, 500 voor de andere maanden (Meininger et al., 1995b).

** 7.000 voor de maanden juli, augustus en mei, 1.000 voor de andere maanden (Meininger et al., 1995b).

3.9.2. Ecologische bespreking van de Beneden-Zeeschelde

De Beneden-Zeeschelde (Antwerpen-Gent) valt in de brakwaterzone van het estuarium. Deze zone wordt, net zoals de stroomopwaartse zones, gekenmerkt door een eenvoudige estuaire bedding die beperkt is tot één eb-vloed geul. Het kenmerk bij uitstek is de sterke saliniteitsgradiënt, die sterk bepalend is voor het ecosysteem binnen deze zone.

De ontwikkeling van de ecologische waarde in dit gebied wordt beïnvloedt door de grote concentraties aan slib in het water en bodem. Op het scheidingsvlak tussen zoet en zout blijft immers een groot deel van het slib immers opgesloten in convergerende stromen (zie deel morfologie). Naast het kwantitatief aspect is er ook een kwalitatief aspect aan het slib. Het slib is immers beladen met allerhande pollutanten vanuit de landbouw, huishoudelijk afval, industriële activiteiten e.d. (zie §3.8, chemische karakterisatie).

Ondanks de belangrijke (natuurlijke) limitaties, opgelegd aan het ecosysteem, bezit de Beneden-Zeeschelde nog een aantal belangrijke ecologische troeven en waarden. Dit komt onder andere tot uiting in de verschillende nationale en internationale gebiedsgerichte beschermingen. Een groot deel van de buitendijkse gebieden is opgenomen als Habitat-, Vogelrichtlijngebied en/of Ramsargebied. Een aantal soorten van Bijlage I nl. Bruine kiekendief, Kluut en Blauwborst komt in de Beneden-Schelde tot broeden. Binnen het studiegebied komen geen prioritaire habitats voor van de Habitatrichtlijn.

Zowel naar soortensamenstelling als naar structuur zijn de gebieden zeer zeldzaam tot uniek. Gezien hun over het algemeen kleine oppervlakte en de langgerekte vorm zijn ze echter ook bijzonder kwetsbaar. In de Zeeschelde is een beperkte achteruitgang van de getijdengebieden vastgesteld ten gevolge van het Sigmaphan. De impact op schorren en slikken werd echter tot een minimum beperkt omdat de verhoging en verbreding van de dijken in de regel aan de landzijde plaatsvond (Meire et al., 1992).

Volgens de OMES-studie (zie Figuur 3-29) kunnen binnen de Beneden-Zeeschelde, op het traject tussen de grens en Antwerpen, 3 verschillende segmenten onderscheiden worden. In de volgende paragrafen worden de belangrijkste kenmerken, troeven en knelpunten voor de verschillende segmenten besproken. Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende segmenten en de Beneden-Zeeschelde wordt verwezen naar Meire et al. 1993, Meire et al. 1997, Criel et al. 1999, Van Damme et al. 1999 en Van den Bergh et al. 1999.

Het eerste segment strekt zich uit van de Grens tot de Kerncentrale van Doel (Omes segment 9). Dit segment heeft het grootste oppervlakte intertijdsgebied per kilometer aslengte (zie Tabel 3-18). De belangrijkste slikken- en schorrengebieden van de brakwaterzone in het Beneden-Zeeschelde bevinden zich in dit segment. Het grootste aandeel schor bevindt zich op de Schor van Doel, terwijl het grootste slikgebied zich op de rechteroever bevindt. Deze schorren- en slikgebieden vormen een belangrijke schakel in de estuaire gradiënt. Ze hebben een internationaal belang als overwinterings- en doortrekgebied voor watervogels. Het belangrijkste knelpunt vormt de isolatie van deze slikken- en schorrengebieden tussen haven en industrieterreinen. De uitbouw van de containerterminal ter hoogte van Zandvliet deed de laatste jaren 8 ha slik van het Groot Buitenschoor verloren gaan. Bovendien werden 27,5 ha van het Galgenschoor, waarvan 18 ha slik, in beslag genomen (Van den Bergh et al., 1998).

Het tweede segment strekt zich uit van de Kerncentrale tot de Ketenisse polder (Omes segment 10). De oppervlakte slik en schor per kilometer aslengte is hier slecht de helft in vergelijking met

het vorige segment. Het belangrijkste aandeel hiervan bevindt zich op de rechteroever, meer bepaald ter hoogte van het Galgenschuur. De schor (en in vele gevallen ook het slik) is in dit segment over een grote lengte enigszins afgeschermd van de Schelde-dynamiek door steenbestortingen. Belangrijkste troef voor dit segment vormt de schakelfunctie tussen de stroomop- en stroomafwaartse gelegen gebieden in deze havenzone met zeer intensieve industriële activiteiten. Tevens bezit een groot deel van het gebied een belangrijke avifaunistische waarde.

Het derde segment, van Ketenis polder tot Blokkersdijk (segment 10), wordt gekenmerkt door een relatief brede slikstrook op de rechteroever, enkel onderbroken door de Boudewijn en Van Cauwelaertsluizen. De schor varieert in breedte (0-50m) en is enkel onderbroken ter hoogte van het fort St. Filips. Op te merken valt dat de oeverstrook hier over een aantal nog een matige tot goede beoordeling krijgt (dit is voornamelijk te wijten aan de breedte van het slik en de schor). Op de linkeroever komt over het algemeen slechts een beperkte slik- en schorrenstrook voor. Net zoals de hoger besproken zone bezit voornamelijk het rechteroevergebied een belangrijke schakelfunctie.

Uit voorgaande bespreking komt duidelijk de ecologische waarde van de buitendijkse gebieden van de Beneden-Schelde naar voor, ondanks de stijgende antropologische druk die er op wordt uitgeoefend. De brakwaterschorren en -slikken herbergen een unieke flora en fauna die aangepast is aan de dynamiek en stressomstandigheden (o.a. saliniteit, overstromingsduur,...). Tevens vormen de slikken en schorren een belangrijke schakel tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse gebieden.

De verbetering van o.a. de waterkwaliteit heeft er zonder twijfel toe bijgedragen dat de soortenrijkdom (en aantallen) in de Beneden-Schelde is toegenomen. Het meest in het oog springend zijn zonder meer de grote aantallen watervogels. Het aantal vogels dat gebruik maakte van het gebied veranderde niet wezenlijk. Wel verschoof de soortensamenstelling; Herbi- en omnivoren werden steeds belangrijker ten opzichte van de benthivoren. Het aantal soorten watervogels is kleiner in de Beneden-Zeeschelde dan in de Westerschelde. Een belangrijke verklaring hiervoor vormt de geringere oppervlakte slikken en schorren in de Beneden-Zeeschelde. De Beneden-Zeeschelde vormt een overgangszone tussen de zoute en zoete zone. Dit weerspiegelt zich ook in de soortensamenstelling van de voorkomende watervogels. Er komen immers zowel soorten gebonden aan zoute als zoete omstandigheden voor in het gebied. Voor een uitgebreide beschrijving van de voorkomende soorten en aantallen watervogels verwijzen we naar Ysebaert et al. (1997), Ysebaert et al. (1998), Ysebaert et al. (1999) en Van den Bergh et al. (1998). Voor een uitgebreide bespreking van de voorkomende en aantallen broedsoorten verwijzen we naar Van Waeyenberge et al. (1999).

4. PROJECTOMSCHRIJVING

4.1. Beschrijving van de baggerwerken in de Beneden Zeeschelde

4.1.1. Inleiding

De baggerwerken in de maritime toegangsweg tot de haven van Antwerpen concentreren zich in hoofdzaak op de plaatsen waar de rivier van nature het ondiepst is en met name op de drempels. Hier dient bijgevolg benadrukt te worden dat de baggerwerken zich voornamelijk concentreren op een beperkte lengte van het ganse estuarium en zich niet gelijkmatig uitspreiden over de volledige lengte van de rivier.

Voor de Beneden Zeeschelde betreft dit vooral de Drempel van Zandvliet afwaarts de ze sluizen van Zandvliet en Berendrecht en de drempels van Frederik, Lillo en de Parel opwaarts het ze sluizencomplex tot aan de Kallosluis op de linker Scheldeoever. Verder opwaarts zijn er nog drempels maar het belang hiervan voor de scheepvaart naar de Antwerpse haven is verminderd sinds de in gebruikname van de grote sluizen naar de haven van Antwerpen en opnieuw toegenomen sinds de opening van de Wintamsluis in 1998. Sinds de in gebruikname van de ze sluis te Wintam is het belang van de opwaartse sectie weer toegenomen. Toch moet erop gewezen worden dat er sedimentatie kan plaatsgrijpen over de ganse lengte van de vaargeul en dat elke sedimentatie in de vaargeul die hindelrijk is moet gebaggerd worden om de scheepvaart ongehinderd te laten doorgaan.

Naast de baggerwerken op de drempels is het soms nodig om een plaatrand te corrigeren als de plaat te ver in de richting van het vaarwater doordringt. Dit zijn echter slechts relatief beperkte volumes in vergelijking met deze op de drempels.

Tenslotte zijn ook onderhoudsbaggerwerken noodzakelijk in de toegangsgeulen tot de sluizen, meer bepaald deze van Zandvliet-Berendrecht, Van Cauwelaert-Boudewijn, Kallo en Royers. Het betreft hier uitsluitend slib.

De gebaggerde specie moet op zodanige wijze worden afgevoerd dat ze geen hinder meer vormt voor de hoofdvaarweg en dat de economische en ecologische impact zo beperkt mogelijk blijft. Het spreekt voor zichzelf dat in het verleden de financiële implicaties van doorslaggevende aard waren bij de keuze van bergingszone en baggertuig. Recentelijk hebben echter ook de ecologische implicaties aanzienlijk aan belang gewonnen bij deze keuzes.

Voor de berging bestaan er in principe drie mogelijkheden, waarvan de toepasbaarheid afhangt van de aard van de te bergen specie (zand/slib) :

1. Levering aan zandwinbedrijven voor economische exploitatie
2. Berging aan land met zo mogelijk een nuttige nabestemming. Dit is expliciet het geval voor de berging van zand aan de wal voor het ophogen van woongebieden of industrieterreinen of voor dijkverhogingen.
3. Terugstorten in de rivier.

Bij de aanvang van de onderhoudsbaggerwerken werd er vooral gebruik gemaakt van de eerste optie omdat toen de baggerwerken werden uitgevoerd met relatief kleine schepen waarbij de specie in beun werd geladen en er bijgevolg de mogelijkheid bestond om ze aan de wal te brengen.

Tijdens de zestiger en zeventiger jaren werd vooral voor de tweede optie gekozen omdat er toen zeer grote behoeften aan zand waren voor de ophoging van (industriële) haventerreinen op linker en rechter Scheldeoever.

Tijdens de afgelopen 20 jaar wordt veeleer voor het terugstorten in de rivier geopteerd om zo het hydraulisch en morfologisch evenwicht van de rivier in stand te houden.

De belangrijkste stortplaatsen in de Beneden Zeeschelde zijn de Schaar van de Ouden Doel en de omgeving van de Plaat van Boomke (Plaat van Boomke en Punt van Melsele). In de eerste zone wordt vooral de zandige specie gestort en op de tweede plaats de slibrijke specie.

4.2. Historiek van de baggerwerken

4.2.1. Algemene beschouwingen

De natuurlijke dieptes in het Schelde-estuarium zijn onvoldoende om een vrije scheepvaart te kunnen waarborgen voor de zeer grote en moderne internationale scheepvaart. Daarom werd de vaargeul tijdens de afgelopen 50 jaar systematisch aangepast aan de noden van de scheepvaart op elk ogenblik. Dit betekende dat de vaargeul op de meest kritische punten telkens werd verdiept in functie van de (scheepvaart)noden op dat ogenblik.

Echter gezien er in normale omstandigheden ook zeer grote volumes sedimenten in suspensie bewegen in het estuarium is de natuurlijke tendens er één van weerstand aan deze artificiële veranderingen zodat de verdiepte zones ook systematisch opnieuw aanzanden. Om de breedte en diepte van de vaargeul naar de haven van Antwerpen te kunnen waarborgen zijn er permanente onderhoudsbaggerwerken noodzakelijk in de Westerschelde op Nederlands grondgebied en in de Beneden Zeeschelde op Belgisch grondgebied.

In het overzicht van Tabel 4-1 beperken wij ons tot de werken op Belgisch grondgebied waar tijdens de afgelopen 115 jaar (tot en met 2003, uit de jaarlijkse verslagen baggeractiviteiten Afdeling Maritieme Toegang) in het totaal reeds meer dan 200 miljoen m³ gebaggerd werd of gemiddeld ca 2 miljoen m³ per jaar met een minimum van 1 en een maximum van 4.1 miljoen m³/jaar. Meer details (tot 1987) kunnen gevonden worden in Belmans (1988).

Tabel 4-1 : Overzicht van de baggerhoeveelheden in de Beneden Zeeschelde (1895-2003)

PERIODE	Drempel van Zandvliet	Plaat van Doel	Drempel van Frederik	Drempel van Lillo	Drempel van De Parel	Diverse	Opwaarts Kallo	TOTAAL
OVERZICHT GEMIDDELDE GEBAGGERDE HOEVEELHEDEN (MILJOEN m3/JAAR)								
1895-1940	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.9
1941-1950	0.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	1.0
1951-1960	0.6	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0	0.6	1.8
1961-1970	1.2	0.2	0.5	0.7	0.3	0.1	0.8	3.8
1971-1980	1.9	0.1	0.4	0.6	0.5	0.1	0.2	3.6
1981-1990	1.1	0.0	0.3	0.4	0.2	0.1	0.5	2.5
1991-2000	1.1	0.0	0.4	0.3	0.2	0.4	0.0	2.3
2000-2003	1.3	0.0	0.9	0.6	0.3	0.6	0.0	3.7
TOTAAL GEBAGGERDE HOEVEELHEID (MILJOEN m3)								
1895-2003	81.0	2.7	22.6	31.0	17.0	9.5	45.6	210
(%)	39%	1%	11%	15%	8%	5%	22%	100%
GEMIDDELDE GEBAGGERDE HOEVEELHEID PER JAAR (MILJOEN m3/JAAR)								
1895-2003	0.7	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	1.9

Tabel 4-2 : Overzicht van de baggerhoeveelheden in de Beneden Zeeschelde (1998-2003)

PERIODE	Drempel van Zandvliet	Plaat van Doel	Drempel van Frederik	Drempel van Lillo	Drempel van De Parel	Diverse	Opwaarts Kallo	TOTAAL
GEBAGGERDE HOEVEELHEID PERIODE 1998-2003 (MILJOEN m3/JAAR)								
1998	1.4	0.0	0.6	0.3	0.4	0.7	0.0	3.5
1999	1.3	0.0	0.9	0.4	0.3	0.7	0.0	3.6
2000	1.1	0.0	0.6	0.6	0.3	0.4	0.0	3.0
2001	1.4	0.0	1.0	0.7	0.3	0.7	0.0	4.1
2002	1.5	0.0	0.6	0.6	0.4	0.5	0.0	3.7
2003	1.0	0.0	1.0	0.4	0.3	0.7	0.0	3.4
GEBAGGERDE HOEVEELHEID: GEMIDDELDE, MINIMUM EN MAXIMUM VOOR DE PERIODE 1998-2003 (MILJOEN m3/JAAR)								
Gemiddeld per jaar (1998-2003)	1.3	0.0	0.8	0.5	0.3	0.6	0.0	3.5
minimum (1998- 2003)	1.0	0.0	0.6	0.3	0.3	0.4	0.0	3.0
maximum (1998- 2003)	1.5	0.0	1.0	0.7	0.4	0.7	0.0	4.1

4.2.2. Globale historiek

De geschiedenis van de baggerwerken gaat terug tot het begin van de twintigste eeuw. Zonder baggerwerken zou de natuurlijke diepte op de verschillende drempels in Wester- en Beneden Zeeschelde variëren tussen 5 en 9 meter onder laag water.

De eerste baggerwerken werden gerealiseerd in 1885 op de drempel van Krankeloon met het oog op de instandhouding van de geul naar de Scheldekaaien. Sinds 1890 kan er van min of meer systematische onderhoudsbaggerwerken gesproken worden met een jaarlijkse frequentie waarbij er tot de eerste wereldoorlog 1 à 2 miljoen m³ per jaar gebaggerd werd. Vanaf 1902 werd er op de drempel van Zandvliet gebaggerd; vanaf 1905 werd ook op Nederlands grondgebied gebaggerd (Drempel van Bath) en reeds vanaf 1907 op de Drempel van Valkenisse.

Na de eerste wereldoorlog was er een terugval tot ca 0.5 miljoen m³/jaar maar vanaf 1928 als de Kruisschanssluis gebouwd werd, stegen de onderhoudsvolumes tot 3 à 4 miljoen m³/jaar waarvan 1 miljoen op Belgisch grondgebied. Na 1950 tot aan de bouw van de Boudewijnsdijk in 1960 steeg het volume tot 5 à 7 miljoen m³/jaar waarvan ca 2 miljoen m³ op Belgisch grondgebied.

In deze periode werd jaarlijks 1 à 1,5 miljoen m³ opgespoten ten behoeve van stadsuitbreiding; meestal op de linker Scheldeoever.

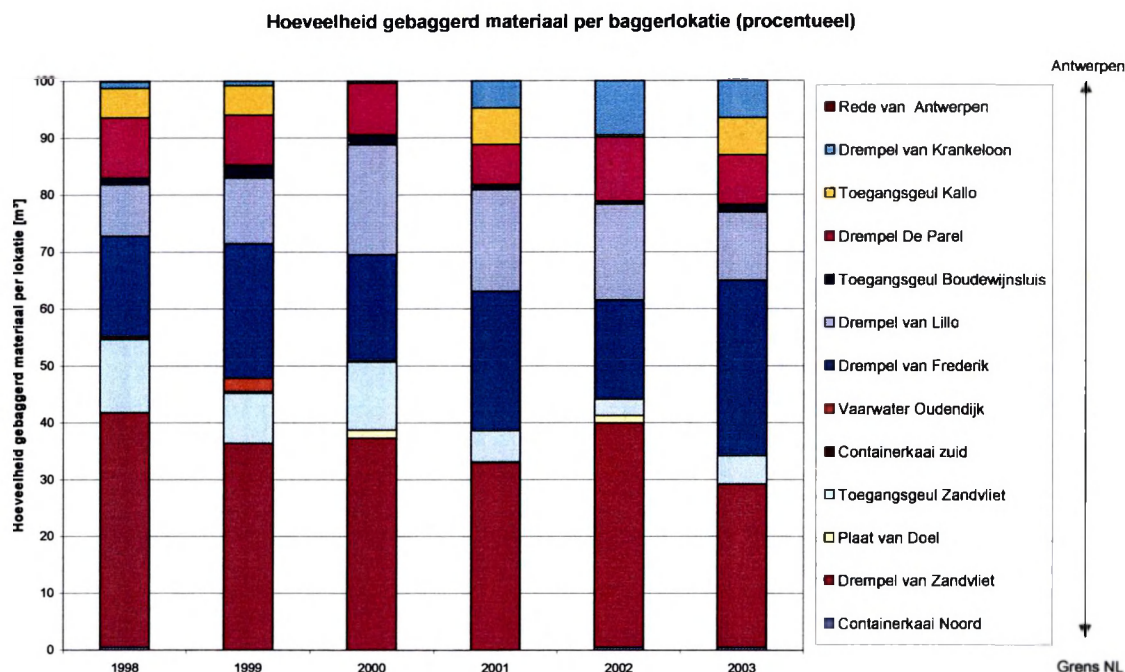
Na 1960 groeide de hoeveelheid baggerwerken geleidelijk met als significant jaartal 1967 wanneer de Zandvlietdijk geopend werd die op dat ogenblik de grootste ter wereld was. De onderhoudsbaggerwerken werden geïntensifieerd en er werd overgeschakeld van dagregime op een doorlopend werkregime gedurende 5 dagen per week (120 u).

Globaal stegen de jaarlijkse onderhoudsbaggerwerken in deze periode tot 14 à 15 miljoen m³. Op Belgisch grondgebied was er in de periode 1967 tot 1971 een significante stijging te merken tot ca 10 miljoen m³ maar nadien daalde het volume onderhoudsbaggerwerk in België naar 2 à 3 miljoen m³. Gemiddeld werd tijdens deze periode ca 4 miljoen m³/jaar gebaggerd op Belgisch grondgebied.

Tot 1970 werd een belangrijk deel van de (Belgische) gebaggerde specie uit de rivier verwijderd en gebruikt voor opspuitingswerken maar vanaf 1975 daalde het opgespoten volume snel, omdat de zandbehoeften in het havengebied min of meer wegvielen.

4.2.3. Recente Historiek

Vanaf 1980 daalde het volume onderhoudsbaggerwerk op Belgisch grondgebied opnieuw tot 2,5 miljoen m³ tijdens de tachtiger jaren en tot 2,3 miljoen m³ tijdens de jaren negentig. Tijdens de laatste jaren ligt het gemiddelde volume op 3 à 3,5 miljoen m³/jaar. De voornaamste baggerlocaties zijn de drempels, waarvan de drempel van Zandvliet en de drempel van Frederik de voornaamste zijn. Als men de gegevens (zie Figuur 4-1) voor de periode tussen 1998 en 2003 bekijkt, is het duidelijk dat de verhoudingen tussen de verschillende baggerlocaties ongeveer gelijk blijven. De baggerwerken op de Drempel van Krankeloon worden iets belangrijker, de baggerwerken in het Vaarwater van Oudendijk verdwijnen na 2000. De drempels van Zandvliet en Frederik, samen met de Drempel van Lillo leveren de voornaamste bijdrage tot het totaal volume onderhoudsbaggerwerk.



Figuur 4-1 : procentuele bijdrage van de individuele baggerlocaties tot het totaal aan gebaggerd materiaal voor de periode 1998-2003

4.3. Beschrijving van de stortzones

4.3.1. Vergunde stortzones

In de afgelopen periode werd voor 3 locaties een vergunning ontvangen (zie §1.3.3) voor het terugstorten van onderhoudsbaggerspecie. Deze zijn weergegeven in Figuur 4-2. Het betreft de Schaar van Ouden Doel, de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele.

4.3.2. Beschrijving van de vergunde stortzones

De Schaar van Ouden Doel is een vloedschaar die door de vloedstroom wordt uitgeschuurd. Deze zone bevindt zich in de nabijheid van de belangrijkste baggerzone, nl. de Drempel van Zandvliet. In deze zone bestaat het bodemmateriaal hoofdzakelijk uit zand. De specie die tijdens de onderhoudsbaggerwerken naar deze plaats wordt getransporteerd bestaat eveneens hoofdzakelijk uit zand zodat de samenstelling van het bodemmateriaal niet wordt gewijzigd. Verder worden er voor deze zone vergunningen afgeleverd voor zandwinning (1 à 2 miljoen m³/jaar) zodat er op lange termijn een dynamisch evenwicht ontstaat tussen de geklepte zandvolumes en de volumes zand die eruit verwijderd worden in het kader van de zandwinning.

Een tweede zone is de omgeving van de Plaat van Boomke. In deze zone wordt er aan beide oevers gestort (Plaat van Boomke aan de rechteroever en Punt van Melsele aan de linker oever); de stortingen gebeuren langsheen de plaatranden in waterdieptes groter dan 5 meter. Deze slibrijke zone wordt gebruikt voor het storten van de slibspecie die tijdens de baggerwerken vrijkomt. Opnieuw wordt de bodemsamenstelling niet wezenlijk beïnvloed door de stortwerkzaamheden. Het slib dat hier gestort wordt zal onder invloed van de stroming in het estuarium gedeeltelijk terug geërodeerd worden en zodoende opnieuw in suspensie gaan.

Sinds 1945 is de Schaar van Ouden Doel steeds gebruikt als stortzone met een gemiddeld jaarlijks volume van ca 1.000.000 m³ maar met een stijgende trend in de tijd tot ca 1.500.000 m³ tijdens de

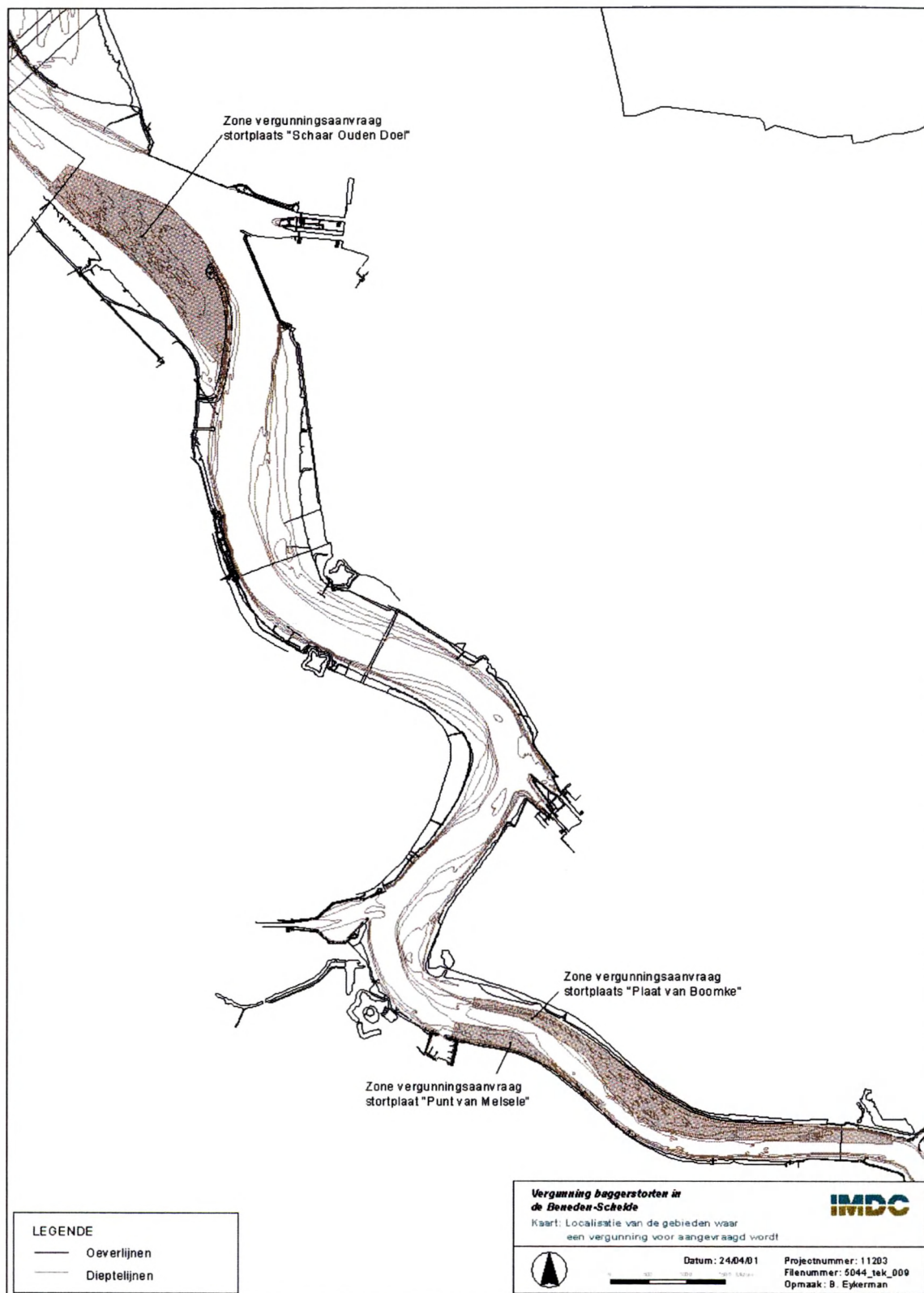
laatste 2 decennia, maar sinds 2000 opnieuw afnemend naar circa 1.000.000 m³. De Plaat van Boomke daarentegen wordt sinds 1990 intensiever als een stortplaats voor specie uit de Beneden Zeeschelde gebruikt. Vóór deze periode werd het grootste deel van de slibrijke specie aan land geborgen.

4.3.3. Stortzones in de milieuvergunningaanvraag

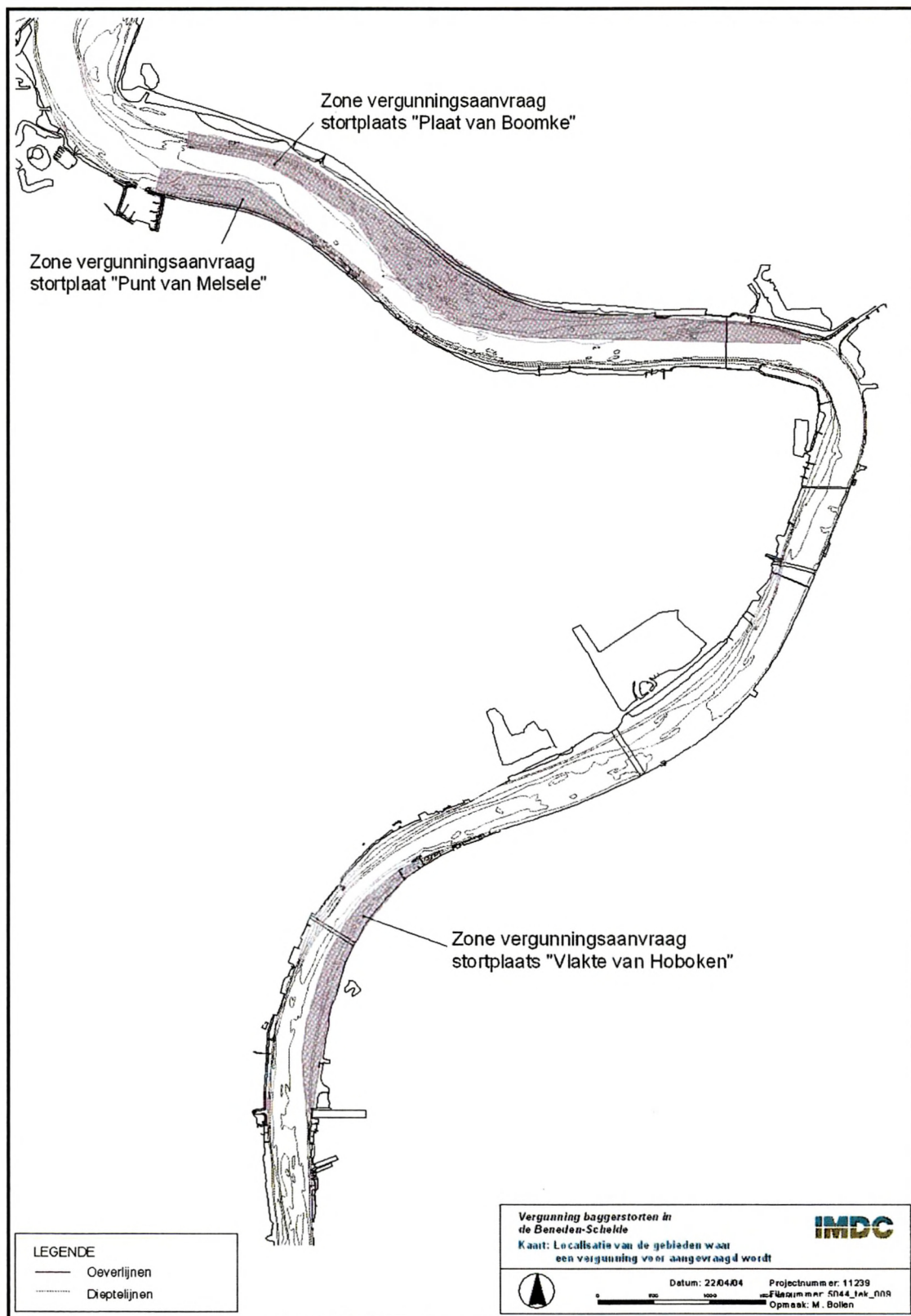
In de nieuwe milieuvergunningaanvraag wordt een vergunning gevraagd voor het terugstorten van baggerspecie op de volgende stortlocaties :

- Schaar van Ouden Doel
- Vlake van Hoboken
- Omgeving Plaat van Boomke bestaande uit de gebieden :
 - Plaat van Boomke langsheen de rechteroever
 - Punt van Melsele onder de linkeroever

Figuur 4-3 geeft de ligging van de aangevraagde stortzones Plaat van Boomke, Punt van Melsele en Vlake van Hoboken. Voor de ligging van de Schaar van Ouden Doel wordt verwezen naar Figuur 4-2.



Figuur 4-2 : Localisatie van de vergunde stortzones



Figuur 4-3 : localisatie van de aangevraagde stortzone Vlakte van Hoboken

4.4. Technische kenmerken

4.4.1. De vaargeul in de Beneden Zeeschelde

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde worden uitgevoerd in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde en kunnen zich in de ganse vaargeul situeren, inclusief de toegangsgeulen tot de sluizen (zie paragraaf 4.4.2)

Indien één van de rivierzones binnen deze vaargeul verondiept, wordt deze zone d.m.v. baggerwerken terug op de aan de scheepvaart gegarandeerde diepte gebracht. Daar één ondiepte binnen deze vaargeul de toegelaten diepgang binnen de ganse vaargeul terugschroeft, kunnen de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde zich aldus op iedere locatie binnen deze vaargeul situeren.

De breedte van de vaargeul neemt af van afwaarts naar opwaarts toe:

- vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot opwaarts de Europaterminal: 300 – 380 m
- vanaf de Europaterminal tot aan de Kallosluis: 250 – 300m.
- stroomopwaarts de toegangsgeul van de Kallosluis tot de toegangsgeul van de Royerssluis bedraagt de te onderhouden vaargeulbreedte 170 à 220 m;
- stroomopwaarts de toegangsgeul van de Royerssluis tot de toegangsgeul van de zeesluis te Wintam bedraagt de te onderhouden vaargeulbreedte 130 à 180 m.

Binnen deze breedtes, dient de vaargeul onderhouden te worden op welbepaalde, vastgelegde bodemdieptes, die gegarandeerd worden aan de scheepvaart die gebruik maakt van deze vaargeul.

De te onderhouden bodemdieptes binnen deze vaargeul zijn als volgt (van afwaarts naar opwaarts):

- ter hoogte van de drempel van Zandvliet: -133dm GLLWS
- ter hoogte van de drempel van Frederik: -130dm GLLWS
- ter hoogte van de Noordzee- en Europaterminal: -140dm GLLWS
- ter hoogte van het Deurganckdok is er een zwaaicirkel met een breedte van 500m welke een diepte van -133dm GLLWS heeft.
- stroomopwaarts de toegangsgeul van de Kallosluis tot het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen bedraagt de te onderhouden bodemdiepte -80dm GLLWS (uitzonderingen : 1. Toegangsgeul Royerssluis : -60dm GLLWS; 2. Staatssteiger : -20dm GLLWS);
- stroomopwaarts het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen tot de toegangsgeul van de zeesluis te Wintam neemt de te onderhouden bodemdiepte geleidelijk af van -80dm GLLWS t.h.v. het einde van de Rede van Antwerpen tot -60dm GLLWS t.h.v. de zeesluis te Wintam.

Er dient rekening mee gehouden te worden dat op deze te onderhouden bodemdieptes (gegarandeerde bodemdieptes) t.b.v. de praktische uitvoering van de baggerwerken een uitvoeringstolerantie wordt toegepast. In concreto betekent dit dat een overdiepte wordt gehanteerd, welke zo klein mogelijk wordt gehouden, doch welke in functie van de baggerplanning kan oplopen tot 1m. Dit impliceert dat wanneer in één van de rivierzones baggerwerken noodzakelijk zijn omdat de gegarandeerde diepte onderschreden wordt, er dan opdracht wordt gegeven om de betreffende rivierzone te baggeren met een maximum toegelaten baggerdiepte gelijk aan de gegarandeerde bodemdiepte plus de toegelaten tolerantie.

De werkelijke bodemdieptes van de rivierzones schommelen aldus tussen de gegarandeerde bodemdieptes en de gegarandeerde bodemdieptes plus de tolerantie (welke kleiner is dan 1m). Van nature zijn er in de Beneden-Zeeschelde op heel wat plaatsen echter ook grotere bodemdieptes aanwezig.

4.4.2. Het Deurganckdok en de toegangsgeulen tot de sluizen

4.4.2.1. Deurganckdok

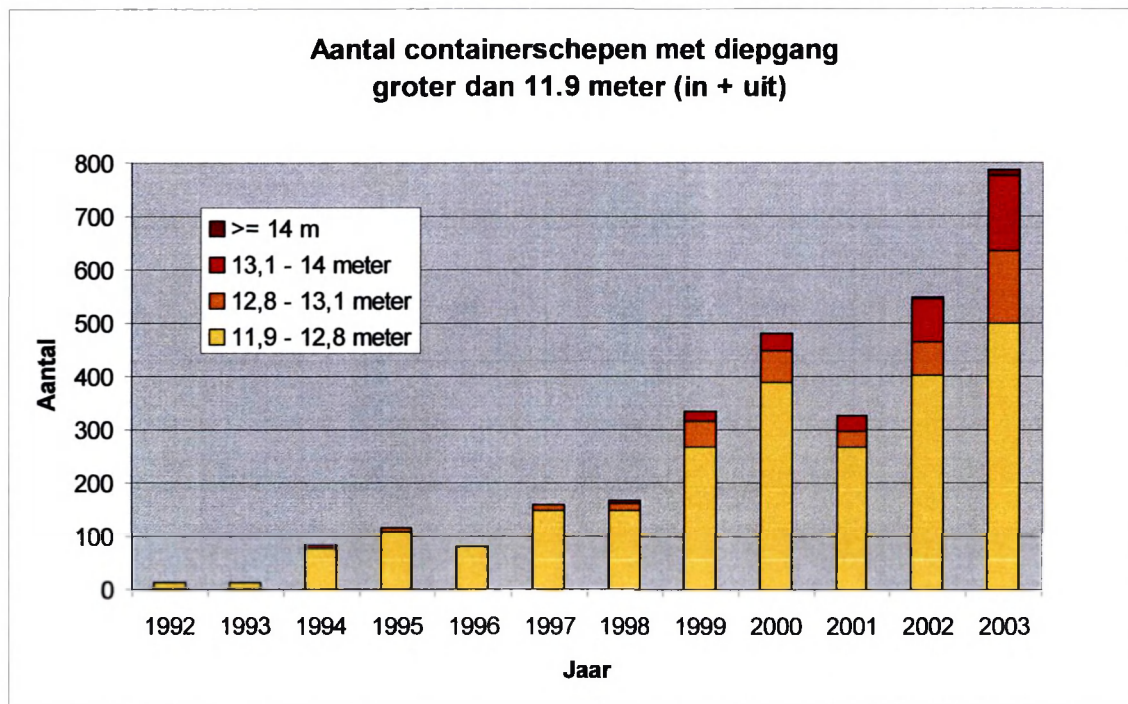
Het Deurganckdok heeft, conform het MER (IMDC, 2001b), de volgende kenmerken :

1. het dok heeft een lengte van ca. 2750 m, met een breedte aan de Schelde van 450 m en een breedte van 400 m aan de opwaartse zijde van het dok
2. aan de opwaartse zijde bestaat de mogelijkheid voor de bouw van een sluis naar de Waaslandhaven
3. de bodem van het dok wordt voorzien op een diepte van -17m TAW
4. de kaaimuren reiken tot het peil +9 m TAW

De ontwerpdiepte van -17m TAW voor het volledige dok is gebaseerd op een aantal hydraulische en nautische overwegingen. Voor de vaart op de Schelde is onlangs het 48'-43'-38'-programma uitgevoerd. De 38' hierin betekent dat een schip met een diepgang van 38 voet of 11.6 m altijd, onafhankelijk van de waterstand variërend met het getijde, en onafhankelijk van het soort getij (springtij of doodtij) de Schelde kan op- en afvaren. Is de diepgang van het schip groter dan 38 voet dan is de tij-ongebonden vaart niet meer gegarandeerd. Het schip zal een zekere stijging van de waterstand moeten afwachten. Het kan niet de volledige getijdencyclus (van circa 12u 25 min) benutten, maar slechts een deel ervan, een zogenaamd tijvenster.

Voormelde 38, 43 en 48 voet zijn diepgangen van een schip. Onder de kiel is nog een reserve nodig, de zogenaamde kielspeling. De minimale waterdiepte in de Schelde moet dus groter zijn dan de diepgang van het schip. De bodem van het open getijdendok wordt voorzien op het peil -17m TAW en de kaaimuren werden voor dit peil berekend. Hierin zit reserve voor toekomstige ontwikkelingen. Ook de Noordzeeterminal is ontworpen voor een bodempeil van -17m TAW, met het oog op mogelijke toekomstige stijging van de diepgang.

Er zijn redenen om niet alleen de kaaimuren van het Deurganckdok aan te leggen voor het ontwerppeil maar ook het dok zelf in aanleg te baggeren tot dit peil. De rederijen leggen de nadruk op het belang van strakke, regelmatige vaarschema's en hechten dan ook groot belang aan het getijde-onafhankelijk aanlopen van de haven. Toch is er een stijgend aantal containerschepen met een diepgang groter dan 11.9m. In 2003 waren er aankomend en vertrekkend samen 501 containerschepen.



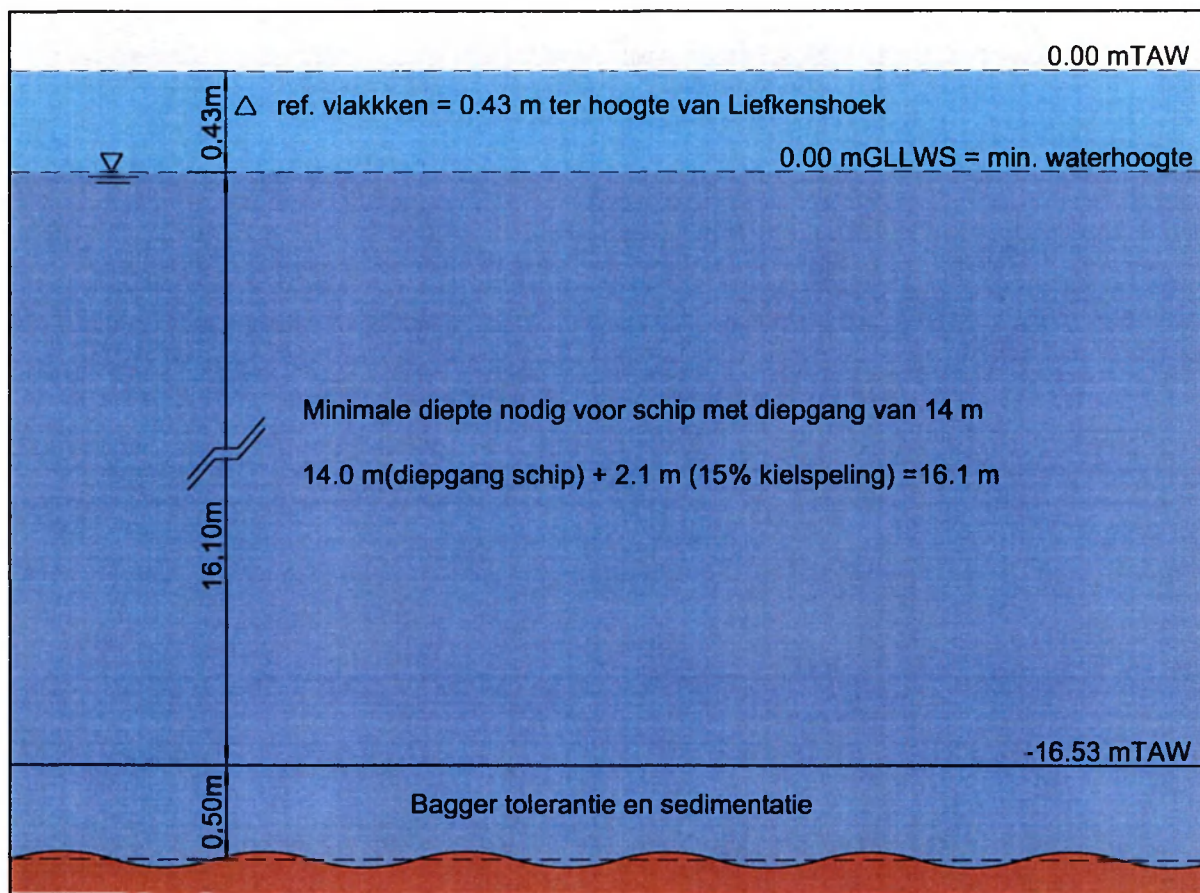
Figuur 4-4 : Evolutie diepgang containerschepen

Het is duidelijk dat de eis moet gesteld worden dat deze schepen veilig moeten kunnen aangemeerd liggen over laag water in geladen toestand. De waterstand in het dok mag geen oorzaak zijn dat het schip moet gelost worden of niet mag geladen worden. Hoewel de vaart van het schip getijdegebonden is, mag het behandelen ervan niet tijgebonden zijn. Er mag geen risico bestaan dat het schip na aankomst niet snel genoeg gelost wordt en bij het volgende laag water vast komt te zitten op de bodem, of dat het pas bij stijgend water kan geladen worden en bij stagnatie hiervan het voorziene tijvenster mist.

Schepen met een diepgang van 14m (Containerschepen van 6000 TEU) en meer komen nu reeds naar de haven van Antwerpen. Deze schepen moeten in het Deurganckdok ontvangen kunnen worden. Uitgaande van deze diepgang moet het bodempeil van het dok minstens -16,53 m TAW zijn. Dit wordt verklaard aan de hand van de onderstaande Tabel 4-3

Tabel 4-3 : Minimale diepte van de vaarroute voor Containerschepen van 6000 en 8000 TEU

Onderdeel	6000 TEU schip (cfr MER)
Verskil referentievlak met TAW (m)	0.43
Diepgang schip (m)	14.0
Kielspeling (m)	15% of 2.1m
Baggertolerantie (m)	0.30
Aanslibbingsreserve	0.20
Totaal (mTAW)	17.03



Figuur 4-5 : Schets bepaling aanlegdiepte Deurganckdok

Rekening houdend met een baggertolerantie van 30 cm en een zekere aanslibbingsreserve is een minimum aanlegbaggerdiepte van -17m TAW aangewezen.

Het is dus niet een eventuele verdieping van de Schelde die bepalend is voor de kaaimuur- en dokdiepte maar wél het overliggen over laag water. De Noordzeeterminal heeft trouwens dezelfde ontwerpdiepten.

4.4.2.2. Toegangsgeulen

Naast de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde worden ook onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd in de toegangsgeulen tot de sluisen. Deze worden d.m.v. baggerwerken terug op de voor de scheepvaart gegarandeerde diepte gebracht. Dit gebeurt over het algemeen met de sweepbeam waarbij de sedimenten (slib) over de bodem opnieuw naar de rivier worden geschoven.

De te onderhouden bodemdieptes binnen deze toegangsgeulen zijn als volgt: (van af naar opwaarts):

- Toegangsgeul Zandvliet-Berendrechtsluis: -133dm GLLWS
- Toegangsgeul van de Kallosluis: -110dm GLLWS
- Toegangsgeul Boudewijnsluis: -100dm GLLWS
- Toegangsgeul Van Cauwelaertsluis: -94dm GLLWS
- Toegangsgeul Royersluis: -60dm GLLWS
- Toegangsgeul zeesluis te Wintam: -60dm GLLWS

4.5. Karakteristieken en volumes te storten materiaal

4.5.1. Specie uit de vaargeul in de Beneden Zeeschelde

In de volgende tabel en figuren wordt een overzicht gegeven van de stortvolumes in de Beneden Zeeschelde sinds de aanvang van de onderhoudsbaggerwerken.

De gestorte (en gebaggerde) volumes worden aangegeven in miljoen m³ per jaar. Het betreft hier m³ in beun voor de zandige specie en equivalente m³ met een densiteit van 2 ton/m³ voor slibspacie. Deze laatste kunnen omgerekend worden naar ton droge stof door het equivalente volume te vermenigvuldigen met een factor 1.625 ton/m³. In situ is de densiteit echter veeleer 1.2 à 1.4 ton/m³ zodat het volume in situ 4 tot 5 maal groter is dan het equivalente volume dat gebruikt wordt voor de contractuele berekeningen.

1. De Tabel 4-4 toont aan dat er in de loop der jaren belangrijke schommelingen zijn opgetreden in het gestorte volume. De laatste paar jaren, sinds 1997-1998 is er een verhoging te merken van het totaal gebaggerde volume van ongeveer 2 naar 3 à 3.5 miljoen m³. Een vorig maximum werd bereikt in de jaren 70 (zie ook

Figuur 4-6). Een piek werd bereikt in 2002.

De minimum en maximum waarde in Tabel 4-5 betreft de periode tussen 1998 en 2003. Het is van belang om de variatie te illustreren die optreedt tussen de verschillende jaren. Over deze relatief korte periode liggen de maximale baggervolumes tot 3 à 5 keer hoger dan de minimale (en in het verleden lag deze verhouding nog hoger).

Tabel 4-4 : overzicht van de gestorte hoeveelheden (miljoen m³) voor de verschillende stortlocaties (1895-2003).

PERIODE	Schaar van Ouden Doel	Plaat van Boomke	Andere bestemming	Opwaarts Kruisschans	TOTAAL
GEMIDDELDE GESTORTE HOEVEELHEDEN (IN MILJOEN m³/JAAR)					
Voor 1940	0.0	0.2	0.6	0.0	0.9
41-50	0.3	0.1	0.6	0.0	1.0
51-60	0.4	0.1	1.3	0.0	1.8
61-70	0.5	0.1	3.1	0.0	3.8
71-80	1.2	0.2	2.4	0.0	3.8
81-90	1.5	0.3	0.9	0.0	2.5
91-00	1.7	0.6	0.0	0.1	2.4
00-03	1.0	2.3	0.2	0	3.5
TOTAAL GESTORTE HOEVEELHEDEN (MILJOEN m³)					
1895-2003	58.2	34.6	117.8	0.1	210
(%)	27.6	16.4	55.9	0.0	100%

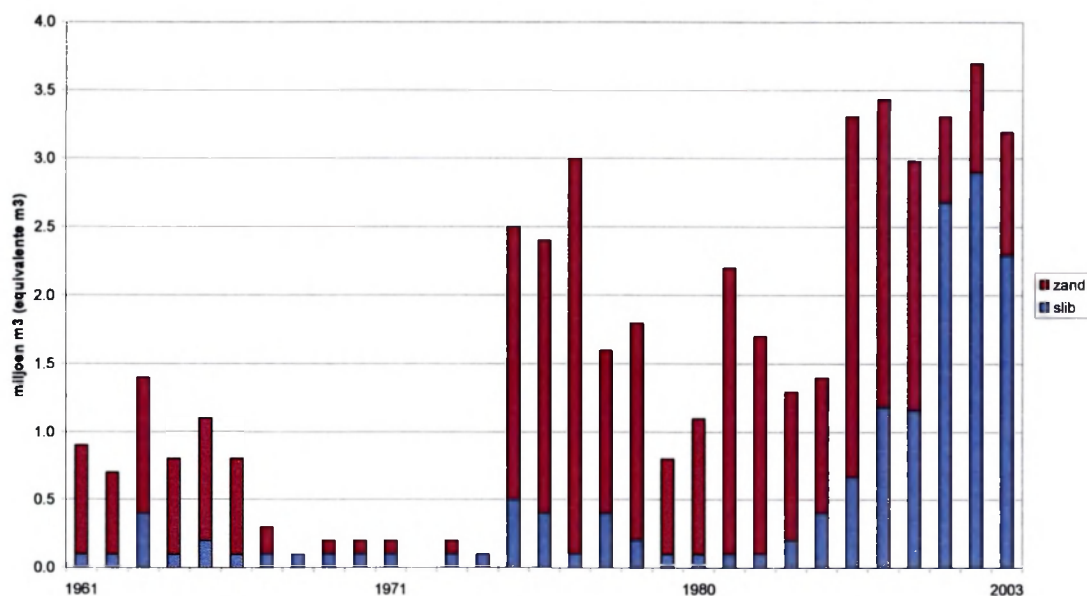
Tabel 4-5 : overzicht van de gestorte hoeveelheden (miljoen m³) voor de verschillende stortlocaties (1998-2003).

PERIODE	Schaar van Ouden Doel	Plaat van Boomke	Andere bestemming	Opwaarts Kruisschans	TOTAAL
GESTORTE HOEVEELHEDEN VOOR DE PERIODE 1998-2003 (IN MILJOEN m ³ /JAAR)					
1998	2.6	0.7	0.2	0	3.5
1999	2.3	1.2	0.2	0	3.6
2000	1.8	1.2	0.0	0	3.0
2001	0.6	2.7	0.8	0	4.1
2002	0.8	2.9	0.0	0	3.7
2003	0.9	2.3	0.2	0	3.4
GEMIDDELDE, MAXIMUM EN MINIMUM VOOR DE PERIODE 1998-2003 (MILJOEN m ³ /JAAR)					
Gemiddeld per jaar (1998-2003)	1.5	1.8	0.2	0	3.5
minimum (1998-2003)	0.6	0.7	0.0	0	3.0
maximum (1998-2003)	2.6	2.9	0.8	0	4.1

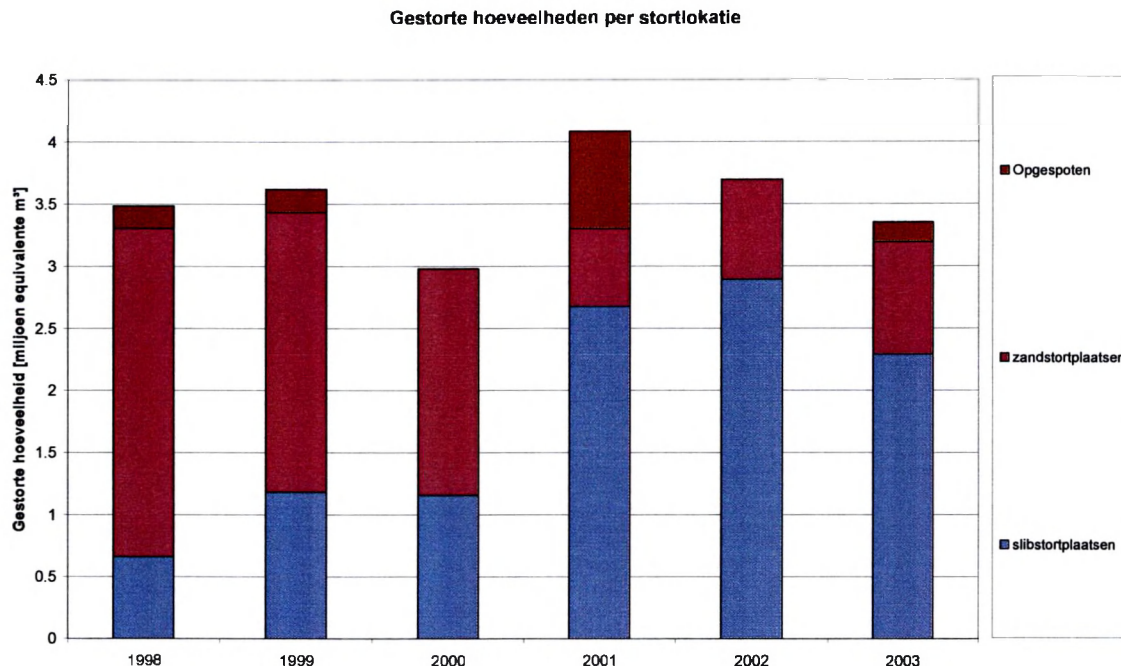
Uit Figuur 4-6 en Figuur 4-7 komt een duidelijke verschuiving van zand naar slib naar voren : ten opzichte van de periode voor 2000 is de grootste hoeveelheid van het gestorte materiaal geen zand meer, maar slib. Deze evolutie kan deels toegeschreven worden aan de toenemende verslibbing van de bodem in de Schelde.

Verder wordt opgemerkt dat het percentage aan materiaal dat aan land opgespoten wordt, stelselmatig vermindert.

totale gestorte hoeveelheid in de periode 1961-2003, opgesplitst naar slib en zand



Figuur 4-6 : totale gestorte hoeveelheid in de periode 1961-2003, opgesplitst naar slib en zand



Figuur 4-7 : gestorte hoeveelheden per stortlocatie, en hoeveelheden opgespoten specie.

De stortlocatie Plaat van Boomke bestaat uit twee stortlocaties nl. Plaat van Boomke en Punt van Melsele. Uit de historiek blijkt dat het gestort materiaal voor ongeveer 70% geklept wordt op de Plaat van Boomke en 30% in de zone Punt van Melsele.

4.5.2. Onderhoudsspecie uit het Deurganckdok en de toegangsgeulen

In Figuur 4-1 worden de procentuele bijdrage van de toegangsgeulen tot de hoeveelheid gebaggerd materiaal in de Beneden-Zeeschelde gegeven. Het aandeel ligt de laatste jaren constant op zo'n 20 % van het totale volume. De grootste bijdrage wordt geleverd door de toegangsgeulen van de Zandvliet- en Berendrachtsluis enerzijds en Kallosluis anderzijds, in mindere mate door de toegangsgeul van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.

In tegenstelling met de gemeten hoeveelheden betreffende de volumes onderhoudsspecie in de Beneden-Zeeschelde zijn er (uiteraard) geen meetgegevens ter beschikking voor de te storten baggerhoeveelheden voor het onderhoud van het Deurganckdok. Daarom werden in het verleden (IMDC, 1999) en (IMDC, 2001b) berekeningen gemaakt ter inschatting van de aanslibbingsvolumes in het dok. Ook in het voorliggend onderzoek werden met een gedetailleerd hydrodynamisch en slibtransportmodel (IMDC, 2004) de verwachte aanslibbingshoeveelheden in het Deurganckdok uitgerekend. Deze zijn afhankelijk van het getij (doodtij, springtij) en van de seizoenen (winter en zomercondities). De waarden variëren tussen 1200 en 1700 TDS per getij. Gemiddeld mag men uitgaan van 1500 TDS per getij die zich in het dok zal afzetten. Op jaarbasis betekent dit dat zo'n 1 miljoen TDS bijkomend zal moeten gebaggerd worden. Omgerekend naar equivalente m³ geeft dit zo'n 650 000 m³. In situ zou dit volume circa 4.3 miljoen m³/jaar bedragen, afhankelijk van de aangenomen slibdensiteit.

Men mag ervan uitgaan dat het sediment dat zich in het Deurganckdok zal afzetten uit slib zal bestaan. Gerekend met de cijfers van 2003, betekent het onderhoudsbaggerwerk voor het Deurganckdok een verhoging van ongeveer 25 % aan te storten slib in de Beneden-Zeeschelde.

4.6. Duurzaam beheer van de Beneden Zeeschelde

Bij het beschouwen van de invloed van de onderhoudsbaggerwerken op het duurzaam beheer van de Beneden Zeeschelde, dient men steeds goed in gedachte te houden dat baggerwerken in essentie bestaan uit het verplaatsen van slib, dat zich reeds in het estuarium bevindt. Door de baggerwerken op zich wordt geen nieuw sediment gecreëerd, het bestaande reeds aanwezige sediment wordt enkel verplaatst.

4.6.1. Randvoorwaarden

Een vaste definitie van duurzaam beheer van de Beneden-Zeeschelde bestaat vooralsnog niet. Wel zijn er een aantal basiselementen die een kader vormen bij de interpretatie van wat noodzakelijk is voor een duurzaam beheer van deze rivier. Deze elementen, die kunnen gebruikt worden bij de beoordeling van geplande ingrepen en werken in de rivier, zijn de volgende :

- De algemene definitie van Integraal Waterbeheer op duurzame wijze : zie § 2.7;
- De verschillende facetten van het multifunctioneel gebruik voor het Schelde-estuarium die, in het kader van het project: "Lange Termijn visie voor het Schelde estuarium", als volgt werden gedefinieerd : Veiligheid, Toegankelijkheid en Natuurlijkheid (o.a morfologisch evenwicht) waarbij er stapsgewijs moet gestreefd worden naar een gecontroleerde ontwikkeling van de veranderingen in het estuarium
- Het 'stand-still'-principe waarbij er geen acties mogen genomen worden die de kwaliteit van het milieu verslechteren;
- Het 'voorzorgsprincipe' waarbij ervan uitgegaan worden dat ernstige aanwijzingen over potentiële gevaren voor het milieu volstaan om ze als een probleem aan te pakken zonder te wachten op een wetenschappelijke consensus.
- Het principe dat er steeds gebruik gemaakt wordt van de Best Beschikbare Technologie (BBT) of Best Available Technique Not Entailing Excessive Costs (BATNEEC);
- Het principe dat problemen niet mogen afgewenteld worden op de volgende generatie(s);
- Ook grensoverschrijdende effecten moeten meegenomen worden bij de beoordeling van een project;
- De verschillende beschermde gebieden (Ramsar-, Habitat-, Vogelrichtlijngebieden) dienen in een dynamisch evenwicht behouden te blijven. Waar er risico is voor schade, dienen compenserende maatregelen genomen te worden.

4.6.2. Doelstellingen voor het Schelde-estuarium

Uitgaande van deze elementen kunnen de doelstellingen die rechtstreeks verband houden met het onderhoud van het Deurganckdok en de vaarweg van de Beneden-Zeeschelde als volgt samengevat worden:

- De kwaliteit van het water in het estuarium mag niet negatief beïnvloed worden;
- De scheepvaart dient op een veilige wijze te kunnen gebeuren in het geheel van het beschouwde gebied;
- De veiligheid tegen het overstromingsrisico moet behouden blijven;
- Het behoud of zelfs herstel van de natuurwaarden dient gewaarborgd te blijven;
- De optimale toegankelijkheid van het Deurganckdok en de haven in het algemeen moet nagestreefd worden;
- Er moet steeds een voldoende inzicht zijn in de potentiële effecten alvorens er tot een ingreep wordt overgegaan.

Gezien de reeds vrij belangrijke belasting van het estuarium tijdens de afgelopen decennia is het belangrijk dat er gestreefd wordt naar een ecologisch herstel bovenop het behoud van de natuurwaarden in het gebied. Hierbij moet aandacht geschonken worden aan de volgende elementen:

- De rivier is een bron en een transportmiddel voor de sedimenten
- Waar mogelijk moet de toevoer van (vooral fijne) sedimenten naar de Beneden-Zeeschelde beperkt worden; echter zonder dat het dynamisch evenwicht van de slikken en schorren in het gedrang komt,
- Er moet gestreefd worden naar een verbetering van de kwaliteit van de sedimenten (o.a. door de verbetering van de waterkwaliteit);
- De verbetering van de aanwezige waterbodems is een aandachtspunt;
- Het risico ten gevolge van de scheepvaart dient zo klein mogelijk gehouden te worden;
- Aantasting van de habitatgebieden dient waar mogelijk vermeden te worden en waar dit onmogelijk is gecompenseerd.

Bij de onderhoudsbaggerwerken in het dok en in de Beneden-Zeeschelde dienen de volgende aandachtspunten in overweging genomen te worden:

- De gebruikte technieken mogen geen verstoring (verslechtering) teweeg brengen in het heersende slijbtransportregime (geen significante verhoging van de piekconcentraties van slijb in suspensie);
- Het dynamisch, morfologisch evenwicht van geulen, platen en scharen in het estuarium dient behouden te blijven;
- Het dynamisch evenwicht van slikken en schorren moet behouden blijven;
- Indien er significante volumes slijb uit de Beneden-Zeeschelde verwijderd worden dan moet hiervoor, binnen een redelijke termijn, een duurzame hergebruiksoptie gerealiseerd worden die erop gericht is de specie zoveel mogelijk te hergebruiken in nuttige toepassingen veeleer dan ze te bergen in een monodeponie (geen afwenteling naar volgende generaties);
- De gebruikte baggertechnieken dienen een minimale hinder te creëren voor de scheepvaart om aldus de veiligheidsrisico's vanwege de scheepvaart niet nodeloos te verhogen.

4.6.3. Planning van de baggerwerken

Bij het opmaken van de baggerplanning staat het goede beheer van de Schelde voorop. De Schelde moet haar functies (maritieme toegang, afvoer, ecologie, e.a.) immers nog eeuwenlang vervullen. Daarom moet er vermeden worden dat door ondoordachte ingrepen, om welke reden dan ook, de functies van de Schelde in het gedrang zouden komen. Daarom wordt er bij de planning van de baggerwerken steeds rekening gehouden met de grootschalige natuurlijke morfologische ontwikkelingen in het estuarium. Baggerwerken zijn het meest efficiënt als ze de natuurlijke ontwikkeling begeleiden. Als men tegen de natuurlijke evoluties probeert in te gaan zou dit tot een zeer grote stijging van de baggervolumes aanleiding geven.

Als inleiding voor de beschouwingen inzake de onderhoudsbaggerwerken moet er onderlijnd worden dat de toegang tot de haven slechts open is als alle drempels in de vaargeul samen op diepte zijn ; 1 uitzondering (1 drempel die niet op diepte is) maakt de ganse vaargeul onbruikbaar.

4.6.3.1. Beperking van de gebaggerde volumes

Uit economische en ecologische redenen wordt het volume onderhoudsbaggerwerk zoveel mogelijk beperkt. Deze doelstelling, welke thans reeds gehanteerd wordt in de dagelijkse praktijk van de baggerwerken, wordt nagestreefd op basis van de volgende acties:

1. De eventuele overdiepte (tolerantie) beneden de minimale vaargeuldiepte wordt zo klein mogelijk gehouden. Hierdoor streeft men ernaar dat de diepte van de vaargeul zo dicht mogelijk aansluit bij de minimum gewaarborgde diepte ;
2. De nauwkeurigheid van de hydrografische opmetingen voor en na de baggerwerken wordt zoveel mogelijk opgedreven door gebruik te maken van de meest moderne apparatuur (cfr. bvb. multibeam) ;
3. De grootschalige efficiëntie van de baggerwerken (minimaal volume voor maximale verdieping van de vaargeul) wordt opgevolgd en geoptimaliseerd door de monitoring van het baggerproces (cfr. Bagger Informatie Systeem BIS) ;
4. Het principe van morfologisch baggeren (de baggerwerken worden uitgevoerd zodat ze meewerken met de natuur, niet tegen de natuur in) zoals dit nu reeds wordt toegepast.

Het moet hierbij duidelijk zijn dat, al was het maar om financiële redenen, de hoeveelheid baggerwerk steeds tot een minimum wordt beperkt onder de restrictie dat de gewenste diepten voor de scheepvaart worden behouden. Er wordt dus gestreefd naar een zo klein mogelijke baggerinspanning met een zo groot mogelijk "bagger-rendement".

Deze aanpak wordt reeds gevolgd sinds tientallen jaren. Ter illustratie kan er gewezen worden op de bouw van twee strekdammen in de Beneden Zeeschelde in de periode 1965 –1975 (Strekdam van Doel en van de Ballastplaat). Deze strekdammen hebben tot doel om de ebstroom te concentreren in de ebgeul zodat de stroomsnelheid daar verhoogt en er een hogere stroming ontstaat in de vaargeul die de noodzaak aan onderhoudsbaggerwerken vermindert.

4.6.3.2. Voorspelbaarheid van de baggernoden

De sedimentatie is een natuurlijk proces, dat bijgevolg onderhevig is aan natuurlijke fluctuaties, afhankelijk van ondermeer weers- en getijomstandigheden. Het is onmogelijk om exact te voorspellen waar, wanneer en hoeveel er zal moeten worden gebaggerd. Een estuarium is een dynamisch en levend gegeven.

Daarom moet er een voldoende vrijheid en flexibiliteit voorzien worden, die tijdens de sturing en uitvoering van de baggerwerken kan gebruikt worden door de beheerder van de vaargeul : zo kan tijdig ingespeeld worden op de korte termijn morfologisch veranderingen van de rivier.

Gegevens omtrent de te verwachten volumes zijn bijgevolg onzeker; wel kan een inzicht verkregen worden op basis van de gegevens uit het verleden. De grootste hoeveelheid werd gebaggerd in 1971 (9 miljoen m³ echter veelal als zandwinning voor de opspuiting van haventerreinen) en de kleinste in 1994 (1 miljoen m³) terwijl het gemiddelde ca 2 miljoen m³ bedroeg.

4.6.3.3. Dagelijkse sturing van de baggerwerken

Gezien de onzekerheid betreffende de korte termijn evoluties van de zand- en slibbewegingen in een estuarium is het belangrijk dat de onderhoudsbaggerwerken constant worden bijgestuurd op basis van zeer frequente hydrografische peilingen. In de Schelde gebeurt dit d.m.v. dagelijkse hydrografische peilingen. De hydrografische metingen worden met behulp van vier uitgeruste peilboten op continue basis gerealiseerd en fungeren als rechtstreekse, dagdagelijkse sturing van de baggerwerken en dit zowel naar noodzaak ("moet er al dan niet gebaggerd worden?"), als naar situering ("waar moet er gebaggerd worden?"), als naar prioritering ("waar moet er eerst gebaggerd worden?"), als naar effect ("is de gewenste diepte bereikt? kan deze diepte

gehandhaafd worden en gewaarborgd worden ?"). Op deze wijze wordt tevens een controle uitgevoerd op de effecten van de baggerwerken op het natuurlijk systeem van het estuarium.

4.6.3.4. Baggerfrequentie

In principe worden er gedurende het volledige jaar bagger- en stortactiviteiten gerealiseerd. De baggeractiviteiten worden uitgevoerd op die plaatsen in de hoofdvaarweg, waar de aanzanding een ondiepte veroorzaakt waardoor de vaart van maatgevende schepen niet meer kan worden gegarandeerd. Dit houdt in dat op sommige drempels en plaatranden slechts gedurende enkele weken per jaar gebaggerd wordt en op andere elke maand. Globaal beschouwd worden er continu onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd, gedurende 5 dagen per week, zowel bij dag als bij nacht, en dit onder alle getijomstandigheden.

4.6.4. BATNEEC

Een belangrijk aspect bij het afwegen van de verschillende baggertuigen die ingezet worden voor de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden Zeeschelde is de milieu-impact van deze tuigen. Bij de lopende vergunningsaanvraag werd een volledige beschrijving gegeven van de baggertuigen en van de mogelijke impact voor de baggertuigen op het milieu. Hierbij werd er uitgegaan van de gegevens die werden verzameld in de richtlijn 'Machines, Methods and Mitigation' (serie van CEDA-IADC, 1996-2001) die werd opgemaakt in opdracht van CEDA (Central Dredging Association) en IADC (International Association of Dredging Contractors). In dit werk werd een vrij gedetailleerde analyse gemaakt van de voor- en nadelen van de verschillende baggertuigen op milieu technisch vlak. Bij de bespreking van de verschillende tuigen werd er aandacht besteed aan de potentiële milieu-impacten enerzijds maar ook aan de economische implicaties van de toepassing van de verschillende types baggertuigen (BATNEEC – Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs).

4.6.4.1. De sleephopperzuiger

De sleephopperzuiger wordt hierbij als geschikt beoordeeld voor het baggeren van een breed gamma aan materialen met een eerder beperkte creatie van bijkomende suspensie als de laagdikte van de te baggeren materialen zeer beperkt is zoals het geval is bij onderhoudsbaggerwerken. Er wordt wel aanbevolen om, bij verontreinigde slibspecie, te werken zonder overloopverliezen.

Wel wordt er opgemerkt dat procescontrole tijdens het kleppen niet zeer accuraat kan gebeuren en dat er dan, afhankelijk van het te kleppen materiaal, meer of minder creatie van suspensie zal optreden.

Voor de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden Zeeschelde heeft het jaarlijks meetprogramma van de VMM uitgewezen er zeer weinig risico's zijn op een verspreiding van verontreinigende elementen ten gevolge van het baggerproces. Het kleppen van de zandhoudende ladingen uit deze zones in de Schaar van Ouden Doel is bijgevolg geen probleem van verontreinigende elementen. Gezien het zandrijke specie betreft zal het natuurlijk bezinkingsproces zeer snel verlopen temeer omdat ten gevolge van het getij er een periode zonder stroming is met een tijdsinterval van 6 uur tijdens dewelke de gestorte specie in elk geval zal bezinken.

Voor het baggeren van slibrijke specie is dit tuig eveneens geschikt zeker als het baggerwerken in de vaargeul betreft omdat hierdoor het risico voor aanvaringen in belangrijke mate gereduceerd wordt in vergelijking met verankerde baggertuigen. Wel moet er hier, zoals reeds in de praktijk toegepast wordt, gewerkt worden zonder overloop om excessieve creatie van turbiditeit aan het wateroppervlak te vermijden.

Als besluit kan gesteld worden dat vanuit oogpunt veiligheid en belemmering van de scheepvaart en vanuit milieuoogpunt, de sleephopperzuiger het geschikt werktuig is voor het baggeren en terug in de rivier storten van grote hoeveelheden specie voor een aanvaardbare kostprijs (BATNEEC).

Ter controle van enerzijds de bagger- en stortplaatsen en anderzijds van de gebaggerde hoeveelheden werd in opdracht van de Afdeling Maritieme Schelde een automatisch bagger informatie systeem (BIS) ontwikkeld dat continu de positie van het schip, de baggerdiepte en het gewicht van de lading meet en registreert evenals een groot aantal baggertechnische parameters. Op basis van dit systeem is zeer gedetailleerde informatie beschikbaar bij de controlerende overheid van het ganse baggerproces zodat er kan bijgestuurd worden waar nodig en dat de effecten van een eventuele bijsturing objectief en snel kunnen worden bepaald. Een meer gedetailleerde beschrijving wordt gegeven in J. Claessens et al (1998).

4.6.4.2. De sweepbeam

De sweepbeam levert een moeilijk controleerbaar baggerproces op waarbij relatief grote hoeveelheden los slib over een beperkte afstand weggevoerd worden over de bodem. Hier is dus geen sprake van resuspensietechnieken, waarbij het slib expliciet opgewoeld wordt om in suspensie te gaan en meegevoerd te worden door de stroming. Wel zal er een zekere mate van vertroebeling optreden door het schuiven van een slibmassa onder water, waardoor er interactie ontstaat tussen de slibmassa en het bovenliggende water.

Echter gezien het bijna uitsluitend recent afgezet slib betreft dat vanuit de rivier in de toegangsgeulen naar de zeesluizen is afgezet en dat terug naar de rivier wordt verschoven, is de kwaliteit van het slib dat bij deze operatie terug in de rivier wordt gebracht, quasi gelijk aan de slibkwaliteit van de deeltjes die zich in suspensie in de rivier bevinden.

Tenslotte dient vermeld te worden dat onderzoek betreffende de resuspensie van slibdeeltjes werd uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium (1989) via turbiditeitsmetingen. Vastgesteld werd dat de gemeten concentraties in de bovenliggende waterkolom eerder gering zijn en dat de slibdeeltjes redelijk vlug bezinken.

De sweepbeam is de meest aangewezen baggertechniek voor de toegangsgeulen van de sluizen en langsheen kaaimuren. Andere technieken veroorzaken te grote hinder voor de scheepvaart.

De sweepbeam is een geschikt werktuig voor het baggeren en terug in de rivier brengen van beperkte hoeveelheden slibrijke specie (over een beperkte afstand) voor een aanvaardbare kostprijs (BATNEEC).

5. TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE MOGELIJKE BAGGERSCENARIO'S

5.1. Huidige onderhoudsbaggerwerken in de Beneden Zeeschelde

De huidige gehanteerde storttechniek voor de Beneden Zeeschelde bestaat uit het storten van het gebaggerde slib of zand met behulp van 1 à 2 sleephopperzuigers met een capaciteit van circa 1000 equivalente m³. De duur en frequentie waarmee deze tuigen ingezet worden hangt af van de baggernoden. Het storten van de specie gebeurt door het openen van kleppen, schuiven of deuren in de bodem van de hopperzuiger, zodat de lading naar de rivierbodem valt.

Aanvullend bij de sleephopperzuigers worden ploegen (type sweepbeam) ingezet om slib te verwijderen vanuit de toegangskeulen naar het vaarwater via horizontale verplaatsing. Dezelfde techniek wordt ook toegepast voor het verwijderen van slib langsheen kaaimuren.

De beheersfilosofie die gevolgd wordt bij de realisatie van deze onderhoudsbaggerwerken is gericht op duurzaamheid en werd reeds toegelicht in paragraaf 4.6.

5.2. Weerhouden baggerscenario uit het MER Deurganckdok

Onderstaand wordt de tekst gesiteerd uit het aanvullend hydraulisch-morfologisch onderzoek dat werd uitgevoerd in het kader van de MER-procedure voor het Deurganckdok (IMDC, 2001b). Gelet op de conformiteitsverklaring van het MER-rapport, wordt dit scenario als uitgangspunt beschouwd in het kader van een praktische uitwerking van een baggerscenario en het bepalen van de effecten van de bijhorende terugstortactiviteiten.

Om het morfologisch evenwicht in de Beneden-Zeeschelde te behouden is de meest aangewezen methode het terugstorten in de rivier. Hierdoor wordt het natuurlijk systeem zo goed mogelijk behouden zoals dit nu reeds bestaat. Hierbij moet opgemerkt worden dat het al dan niet systematisch verwijderen van een slibvolume in principe een beslissing is die moet kaderen in het onderhoud en beheer van de Beneden-Zeeschelde en niet in het onderhoud van het tijdok. Het totale slibvolume in het estuarium wordt immers niet beïnvloed door de onderhoudsbaggerwerken in het Deurganckdok.

Wat de keuze van de stortzone betreft lijken er twee mogelijkheden :

- Enerzijds het vergroten van de stortvolumes op de bestaande sites (Plaat van Boomke). Hier is een stijging van 125 % ⁵ nodig om al de specie van het tijdok te kunnen bergen. De effecten hiervan kunnen niet beoordeeld worden met de thans te beschikking zijnde middelen.*
- Anderzijds is er een zone langs de rechteroever van de rivier net stroomafwaarts van het tijdok. Hier zal de gestorte specie vrij snel terug in suspensie gaan en via natuurlijke processen naar zee worden afgevoerd zonder dat de retourstromingen naar het tijdok excessief hoog worden.*

⁵ de in het MER berekende cijfers zijn gebaseerd op data uit de periode tot 2000, met de toen bestaande slib/zand verhouding. Op basis van de volumes van 2003 bedraagt de geschatte stijging van het stortvolume (slib) nog zo'n 25 %.

De weerhouden optie (bergen in de Beneden Zeeschelde met behulp van sleephopperzuigers) wordt mede voorgesteld omdat ze zeer flexibel is zodat ze op permanente wijze kan aangepast worden aan de bevindingen van een begeleidend monitoring- en controle programma.

Als er op termijn toch zou besloten worden dat een deel van het slib uit het morfologisch systeem moet verwijderd worden dan zijn er twee opties :

- Berging in het resterende deel van Doeldok*
- Hergebruik van de specie (vermoedelijk als ophoogmateriaal ; op langere termijn is ook hergebruik in de keramische nijverheid een mogelijke optie).*

*Wat betreft milieutechnische randvoorwaarden kan er opgemerkt worden dat er op dit ogenblik een Vlare vergunning bestaat voor het terugstorten in de Schelde van de huidige onderhoudsbaggerspecie van de drempels en de toegangseulen naar de zeesluizen. **Het is te verwachten dat de kwaliteit van de onderhoudsspecie in het Deurganckdok minimaal dezelfde kwaliteit zal hebben als in de toegangseulen.** Er zijn bijgevolg geen problemen te verwachten wat betreft het gehalte aan verontreinigingen in de specie voor terugstorten op de bestaande stortzones. Ook hergebruik als ophoogmateriaal voor industriegebieden zal vermoedelijk mogelijk zijn rekening houdend met de parallellen met het bestaande gebruikscertificaat voor de onderhoudsspecie van de drempels en de toegangseulen.*

5.3. Onderzoek inzake de reductie van de sedimentatie in het Deurganckdok

5.3.1. Preventie van aanslibbing

Niettegenstaande de bevindingen in het MER, werd in de loop van het onderzoek verder aandacht geschonken aan het zoeken naar innovatieve methodes voor het beperken van de aanslibbing in het Deurganckdok. Hierbij werd niet gezocht naar grootschalige beheersmaatregelen met betrekking tot de sedimentaanvoer uit de opwaatse bekkens. Deze vallen thans reeds onder de beleidsoptie van de Vlaamse regering om **erosiebestrijdingsmaatregelen** te ondersteunen. Deze visie wordt tenvolle onderschreven en is een noodzakelijke stap in het duurzaam beheer van de Schelde.

Er dient opgemerkt te worden dat zelfs bij optimalisatie van de aanslibbingspreventie , het steeds noodzakelijk zal zijn te baggeren.

5.3.2. Het aanslibbingsmechanisme

Om de aanslibbing te kunnen verminderen is het noodzakelijk eerst een duidelijke schets te geven van de aanslibbingsfenomenen die te verwachten zijn in dit dok.

De aanvoer van slib naar het Deurganckdok wordt grotendeels (tot zelfs uitsluitend) bepaald door suspensietransport van sedimenten. Meer specifiek kan worden gesteld dat het fijn, cohesief sediment wordt aangevoerd door de stroming en wordt afgezet als de stroming niet meer in staat is om deze sedimenten te dragen. De sedimentatie in het Deurganckdok zal dus in belangrijke mate afhangen van de hoeveelheid water die wordt uitgewisseld tussen het dok en de rivier, van de slibconcentratie in de Schelde en van een aantal vormfactoren.

Het uitwisselingsvolume tussen de rivier en een insteek wordt algemeen bepaald door de volgende processen :

- Uitwisseling door getijwerking
- Uitwisseling door neervorming

- Uitwisseling door zoet-zout aangedreven dichtheidsstromingen
- Uitwisseling door warm-koud aangedreven dichtheidsstromingen
- Uitwisseling door sedimentgebonden dichtheidsstromingen

Aanvullend kan door scheepvaart een stromingspatroon ontstaan in de havenmond als gevolg van enerzijds de verplaatsing van water door het varende schip of anderzijds de schroefwerking.

Het relatieve belang van de bovenvermelde fenomenen bepaalt het stromingspatroon in het dok en aldus ook de grootte van de wateruitwisseling tussen het dok en de rivier. De voornaamste fenomenen worden hieronder genoemd; gerangschikt van belangrijk naar minder belangrijk:

- de **dichtheidsstroming** tengevolge van het verschil in saliniteit tussen de rivier en het tijdok,
- het **getij** waardoor het dok gevuld en geleidigd wordt,
- een **horizontale neer** aan de ingang van het tijdok, aangedreven door de stroming op de Schelde.

De niet vermelde fenomenen kunnen als secundair beschouwd worden voor de beoordeling van de te verwachten aanslibbingen in het Deurganckdok.

Gezien enkel de effecten van het getij beïnvloed worden door de grootte van het dok en niet de dichtheidsstroming of de neervorming in de ingang kan gesteld worden dat, voor de uitwisseling tussen Schelde en dok, in eerste instantie de breedte en de diepte van de doorstroomopening van belang zijn. De lengte van het dok heeft slechts een secundaire impact.

Tijdens een springtij met hoge saliniteitsgradiënt bedraagt de wateruitwisseling tussen het tijdok en de Schelde ongeveer 42 miljoen m³ (zowel instromend als uitstromend volume). Dit kan als volgt opgedeeld worden:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| • densiteitsstromingen: | 28 miljoen m ³ of 68%, |
| • komberging (verticale getij): | 7 miljoen m ³ of 17%, |
| • horizontale neer: | 6 miljoen m ³ of 15% |

De stromingen in het tijdok zijn altijd kleiner dan 0.2 tot 0.3 m/s en de bodemschuifspanning die hierdoor gecreëerd kan worden is zodanig dat gedurende een volledige getijcyclus sedimentatie van slib kan optreden maar dat het gesedimenteerde sediment op de dokbodem nooit opnieuw geërodeerd wordt. **M.a.w. slib dat zich in het dok afzet zal niet meer op natuurlijke wijze afgevoerd worden.**

5.3.3. Technieken om de aanslibbing te reduceren of te verwijderen

De inspanningen om de aanslibbingen in de toegangsgeulen naar de verschillende sluizen te beperken zijn een constante in de recente geschiedenis van de Antwerpse haven. Ook in het kader van de voorbereidende studies, de planning en de aanleg van het nieuwe Deurganckdok worden deze inspanningen voortgezet. Tijdens de eerste fasen van het ontwerp werden er uitgebreide modelleringstudies gerealiseerd om de vormgeving van het dok ook uit morfologisch oogpunt te optimaliseren (of de te verwachten sedimentatie te minimaliseren). In dit verband kan worden gesteld dat zowel de Administratie Waterwegen en Zeewezen, als het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen sinds het begin van de onderzoeken in de jaren negentig alles in het werk hebben gesteld om de technische mogelijkheden tot reductie van de aanslibbing in het dok te identificeren.

Hiertoe werd onder meer een Expert Meeting georganiseerd in 1998 in het Waterbouwkundig Laboratorium, waarin Europese en Amerikaanse experts zich, samen met de Vlaamse deskundigen, hebben gebogen over de problematiek van de aanslibbing in het uit te graven Deurganckdok. Aanvullend bij de bevindingen van de experts werd een nieuwe stap gezet in dit doorlopend proces om een zo volledige mogelijke inventaris op te maken van de verschillende mogelijke technische maatregelen om de aanslibbing te reduceren. Tijdens deze

inventarisatieronde werden de onderstaande maatregelen geïdentificeerd. Voor elk van de mogelijke maatregelen wordt een bondige aanduiding van de haalbaarheid ervan aangegeven. In bijlage 6 is een meer gedetailleerde beschrijving gegeven waarin onder meer een oordeel geformuleerd is betreffende de haalbaarheid of de verwachte efficiëntie van de maatregel.:

Tabel 5-1 : Maatregelen om slibaanvoer te beperken of slib te verwijderen

Maatregelen	Haalbaarheid	
	Score	Reden
1. Constructieve maatregelen om slibaanvoer te beperken		
Afsluiten van het dok door een sluis;	--	Maakt vrije doorvaart onmogelijk
Reduceren van de doorsnede van ingang van het dok door vermindering van de breedte of van de diepte;	--	Nautisch onveilig
Aanbrengen van een (dwarse) krib die de stroming afleidt naar het midden van de Schelde;	--	Ingrijpend effect op stroomsnelheden en morfologie
Aanbrengen van een (dwarse) drempel (onder water) om de waterlagen met de hoge slibconcentratie af te leiden weg van de dokingang naar het midden van de Schelde;	--	Ingrijpend effect op stroomsnelheden en morfologie en nautisch onveilig
Bouwen van een Current Deflecting Wall, (cfr de haven van Hamburg);	++	Geen impact op globaal stroompatroon in de Schelde en nautisch veilig
Uitbaggeren van een verdieping in de Schelde ter hoogte van het dok;	-	Zal snel dicht sedimenteren
Uitbaggeren van een sedimentvang in de ingang van het dok;	-	Zal snel gevuld worden door zout water en ongeconsolideerd slib en bijgevolg niet meer fungeren als slibvang
Injecteren van zout water in het dok;	--	Vergt te grote zouthoeveelheden
Verhogen van het bovendebiet in de Schelde;	--	Fysisch niet haalbaar wegens bestaand tekort in bovendebiet
Verlagen van het bovendebiet in de Schelde;	--	Invloed van bovendebieten op de verplaatsing naar opwaarts van het turbiditeitsmaximum is te klein
Aanbrengen van een luchtbellenscherm;	-	Vergt hoge energiekost en bereikt uiterst klein rendement
Aanbrengen van een slibscherm;	+	Is theoretisch mogelijk, maar zal weerstand oproepen vanuit nautisch oogpunt
Aanbrengen van een waterscherm;	-	Vergt hoge energiekost en bereikt uiterst klein rendement

Injecteren van warm water uit een elektriciteits-centrale.	--	Verwacht effect op de wateruitwisseling Scheldek is uitermate klein tot negatief
2. Innovatieve slibverwijderingstechnieken		
Slibgemaal	+	Biedt perspectieven in combinatie met waterinjectie technieken in de slibbodem van het dok
Spuien van het dok	-	De resulterende stroomsnelheden zullen te klein zijn om slib te eroderen
Terugpompen van slibrijk Scheldewater	+	Biedt perspectieven in combinatie met een slibgemaal

Uit deze inventarisatiestudie kunnen de volgende besluiten worden getrokken :

- **Constructieve maatregelen om de slibaanvoer te beperken** zullen wellicht duur zijn en creëren in het algemeen moeilijk aanvaardbare beperkingen voor de vrije scheepvaart van en naar het dok. Door deze beperkingen kan ook de veiligheid in het gedrang gebracht worden bij onoordeelkundig ontwerp van de structuren. Hier blijven vooral de Current Deflecting Wall en het overvaarbaar slibscherm over als theoretische mogelijkheden voor nader onderzoek.
- Bij **alternatieve slibverwijderingstechnieken** lijkt enkel het slibgemaal (in combinatie met het terugpompen van slibrijk Scheldewater) een optie die nader onderzocht kan worden. De ervaringen met dergelijk systeem zijn niet éénduidig positief. Vooral de toestroming van het slib naar de installatie is de kritische factor voor de haalbaarheid van deze techniek. Onderzoek dienaangaande voor de haven van Zeebrugge heeft uitgewezen dat vrije toestroming van het slib naar een gemaal sterk afhankelijk is van de aard en samenstelling van het slib.

Verder onderzoek zal nodig zijn om de de haalbaarheid (technisch, economisch, milieutechnisch) te kunnen evalueren. Om die reden wordt de volgende aanpak voorgesteld :

- De **recurrente aanslibbingen moeten op termijn zoveel mogelijk beperkt worden om tot een duurzame oplossing te komen.** Hiertoe moeten de **constructieve maatregelen om slibaanvoer te beperken** en de **alternatieve slibverwijderingstechnieken** die enig perspectief lijken te bieden verder onderzocht worden.
- Het is te verwachten dat deze structurele maatregelen nog minimum 5 jaar nodig hebben om te worden ontwikkeld en getest. Ondertussen moet het onderhoud van het dok toch gerealiseerd worden en hiervoor komen de traditionele baggertechnieken naar voren. Deze moeten echter wel toegepast worden met de nodige zorgvuldigheid om zo de milieu-impact ervan binnen aanvaardbare perken te houden.
- Op middellange termijn is het wenselijk dat de innovatieve infrastructurele maatregelen die na verder onderzoek inzake technische, economische en milieutechnische haalbaarheid als positief worden beoordeeld, geïntegreerd worden in het geheel van de baggerplanning om zo bij te dragen tot het gebruik van de Best Beschikbare Technologie voor het onderhoud van de Beneden-Zeeschelde.

5.4. Bagger- en stortscenario voor Beneden-Zeeschelde en Deurganckdok

5.4.1. Omschrijving van de baggerwerkzaamheden

Voor het geheel van de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde kunnen de volgende activiteiten worden onderscheiden. Hierbij wordt van een zuiver baggerscenario uitgegaan, tzt de in onderzoek zijnde reducerende maatregelen voor de aanslibbing in het Deurganckdok werden niet meegenomen.

- Onderhoud van de drempels in de vaargeul : dit proces omvat hoofdzakelijk het baggeren van zandrijke specie, hoewel er een tendens is vastgesteld in de afgelopen jaren dat de slibfractie op de Drempels van Zandvliet en Frederik is toegenomen. Deze activiteit wordt uitgevoerd met sleephopperzuigers, waarbij de specie, afhankelijk van de aard wordt teruggestort in de rivier.
- Onderhoud van de toegangsgeulen: dit proces omvat uitsluitend het verplaatsen van slib. Deze activiteit wordt in eerste instantie uitgevoerd met sweepbeams en is niet vergunningsplichtig. Bij te hoge aanslibbingsnelheden worden sleephopperzuigers ingezet en wordt de specie teruggestort in de rivier op de vergunde stortlocatie Plaat van Boomke (inclusief de Punt van Melsele) en de Vlake van Hoboken. Om slib aan hoge densiteit uit het systeem te verwijderen werd In het verleden gebruik gemaakt van de veegkopzuiger, (cfr. Baggercampagnes in de toegangsgeul van de Kallosluis, (IMDC, 1998d)).
- Onderhoud van het Deurganckdok : dit proces omvat hoofdzakelijk het baggeren van zeer slibrijke specie. Deze activiteit zal in de eerste jaren worden uitgevoerd met sleephopperzuigers, voor het terugvoeren van het slib naar de Schelde en waarbij de specie wordt teruggestort in de rivier op een vergunde stortlocatie. Verder onderzoek is nodig om de inzetbaarheid van een slibvang in latere jaren na te gaan. Voor het onderhoud van de ligplaatsen langsheen de kaaimuren zal een sweepbeam worden ingezet om het slib naar het midden van het dok te slepen, zodat het kan opgezogen worden door de sleephopperzuigers. De gebaggerde specie zal teruggestort worden op de stortlocaties Plaat van Boomke, Punt Van Melsele en Vlake van Hoboken

Tabel 5-2 : overzicht van de te storten volumes

Specie	Oorsprong	Volume V' (miljoen m³)	Gewicht (miljoenTDS)
Zand	Vaargeul	2 (± 1)	3.2 (± 1.6)
	Deurganckdok	0	0
	Totaal	2 (± 1)	3.2 (± 1.6)
Slib	Vaargeul	1.7 (± 1.2)	2.8 (± 2)
	Deurganckdok	0.75 (±0.25)	1.2 (± 0.4)
	Totaal	2.5(± 1.5)	4 (± 2.4)

Op basis van de bovenstaande cijfers kan het totaal volume, omwille van de natuurlijke fluctuaties in het systeem geraamd worden op 4 ± 3 miljoen m³/jaar.

5.4.2. Onderzoek stortscenario's

Ten behoeve van de concrete uitwerking van bovenstaande werkwijze voor het onderhoudsbaggerwerk, werden verschillende scenario's onderzocht voor het terugstorten van de slibrijke baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Hiertoe werd gebruik gemaakt van het 3D

hydrodynamisch morfologisch numerieke model (voor een beschrijving van het model, zie APPENDIX 1). Naast de aangevraagde stortlocaties werden tevens bijkomende stortlocaties onderzocht. Tevens werden de resultaten van het mogelijk terugpompen van slib uit het Deurganckdok bekeken. Volgende scenario's werden onderzocht

- Storten op de Plaat van Boomke (vergunde stortlocatie)
- Storten op de Punt van Melsele (vergunde stortlocatie)
- Storten op de Vlakte van Hoboken (aangevraagde stortlocatie)
- Invloed van de stortfrequentie, dit is discontinu baggeren en storten
- Storten op andere locaties
 - Ter hoogte van Noord-Ballast
 - Op de Plaat van de Parel
 - Ter hoogte van Boei 84 (tussen Deurganckdok en Europaterminal)
- Terugpompen van slib uit het Deurganckdok
 - In de onmiddellijke omgeving
 - Ter hoogte van het Galgeschoor (laagwaterlijn)

Voor de wijze waarop de simulaties werden uitgevoerd wordt verwezen naar APPENDIX 2.

Volgende aandachtspunten werden in rekening gebracht bij de simulaties :

- de efficiëntie van de stortactiviteiten, uitgedrukt door het percentage gestort sediment dat opnieuw wordt afgezet in een nautisch belangrijk gebied, meer bepaald de vaargeul, de toegangseulen en het Deurganckdok;
- de turbiditeit, veroorzaakt door de stortactiviteiten, uitgedrukt in de hoogte van de tijdelijke piek, de duur van deze piek en de afstand waarover de turbiditeitsverhoging (significant) voelbaar is;
- de afzetting van slib op de slikken en schorren, en meer bepaald de hoeveelheden afgezet slib en de sedimentatiesnelheid, aangezien deze een maat zijn voor het in stand houden van het fysisch systeem en de overlevingskansen van biota anderszijds

Bij de analyse werd getracht een scoresysteem op te stellen dat snel en overzichtelijk de voordelen van ieder scenario aangeeft.

Voor een bespreking van de verschillende stortscenario's met nadruk op de inzetbaarheid als meest milieuvriendelijke alternatief wordt verwezen naar paragraaf 6.3.2.

6. MOGELIJKE EFFECTEN VAN HET ONDERHOUDS-BAGGERWERK EN BEPALING MEEST MILIEUVRIENDELIJK ALTERNATIEF

6.1. Inleiding

In onderstaande tekst wordt een globale inschatting gegeven van de effecten van de onderhoudsbagger- en stortactiviteiten op het systeem van de Beneden-Zeeschelde. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het fysisch systeem (morfologie, turbiditeit, zout-zoet), de ecotoxicologie en de ecologie. Met betrekking tot het fysisch systeem worden de korte termijn effecten van het storten op de turbiditeit besproken (kortstondig effect van één klepactiviteit) alsook de cumulatieve effecten bij een continu proces.

Het moge evenwel duidelijk wezen dat de rechtstreekse opdrachtgever van de betreffende baggerwerken, in casu de afdeling Maritieme Toegang van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, geen rechtstreekse impact heeft op de fysico-chemische kwaliteit van water en waterbodembodem in de Beneden-Zeeschelde en de hieruit voortvloeiende kwaliteit van de gebaggerde specie. De kwaliteit van de waterbodembodem in de Beneden-Zeeschelde, alsook het gehalte aan microverontreinigingen in de baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde, wordt immers bepaald door andere aspecten zoals *ondermeer* de fluviale aanvoer van slib van het opwaartse Scheldebekken naar de Beneden-Zeeschelde, door industriële en huishoudelijke lozingen in het Scheldebekken, door erosie van bodemmateriaal, en andere slibbronnen of verontreinigingsbronnen. De baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde dienen in deze context aldus als "end-of-pipe" te worden gesitueerd.

6.2. Mogelijke effecten op het fysisch systeem

6.2.1. Morfologie

Het bepalen van de effecten van menselijke ingrepen op de morfologie van de Beneden-Zeeschelde is complex. De locale effecten worden immers bepaald door ingrepen in het gehele systeem, maar voornamelijk in de Westerschelde. Niettemin kan worden gesteld dat in eerste instantie de effecten een gevolg zijn van een ingreep, zoals de bouw van de strekdammen van Doel en de Ballastplaat, het uitvoeren van een verdiepingsprogramma, de bouw van een toegangsgeul enzovoort. Hierdoor zal het morfologisch systeem zich aanpassen door het zoeken naar een nieuw evenwicht, waarbij de platen kunnen afkalven, de taluds steiler kunnen worden, een vloodschaar kan verzanden, enz.

Met betrekking tot de onderhoudsbaggerwerken kan gesteld worden dat ze erop gericht zijn om een nieuwe situatie, ontstaan door een ingreep te bestendigen. De effecten van onderhoudsbaggerwerken kunnen dus als ondergeschikt worden beschouwd aan de effecten van de initiële ingreep.

Rekening houdend met het continu wijzigend karakter van de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde, is het begroten van de effecten van een individuele maatregel, en a fortiori van het onderhoudsbaggerwerk een moeilijke opgave.

6.2.1.1. Evolutie intergetijdegebied⁶

Om met betrekking tot de beschouwde slikgebieden een uitspraak te doen over de effecten van de losactiviteiten is in eerste instantie gekeken naar de bewegingen van intergetijdegebieden.

Aan rivierkant zijn zij begrensd door de "nul-meter-dieptelijn" (laagwaterlijn) van de rivierbedding. Ten einde de evolutie van de grootte van de intergetijdegebieden langs de Schaar van Ouden Doel en langs de Plaat van Boomke en Punt van Melsele te schetsen, is voor beide plaatsen een bathymetrische evolutie van de dieptelijn van GLLWS nul meter opgesteld.

Dit geschiedt aan de hand van de zogenaamde "sectiekaarten", dit zijn kaarten die de bathymetrie weergeven, bepaald door regelmatige peilingen. Een dergelijke sectiekaart werd door de Afdeling maritime Schelde in de Beneden-Zeeschelde gedurende de voorbije twintig jaar om de twee jaar opgesteld, zodat voor de periode 1980-2000 telkens tien sectiekaarten beschikbaar zijn.

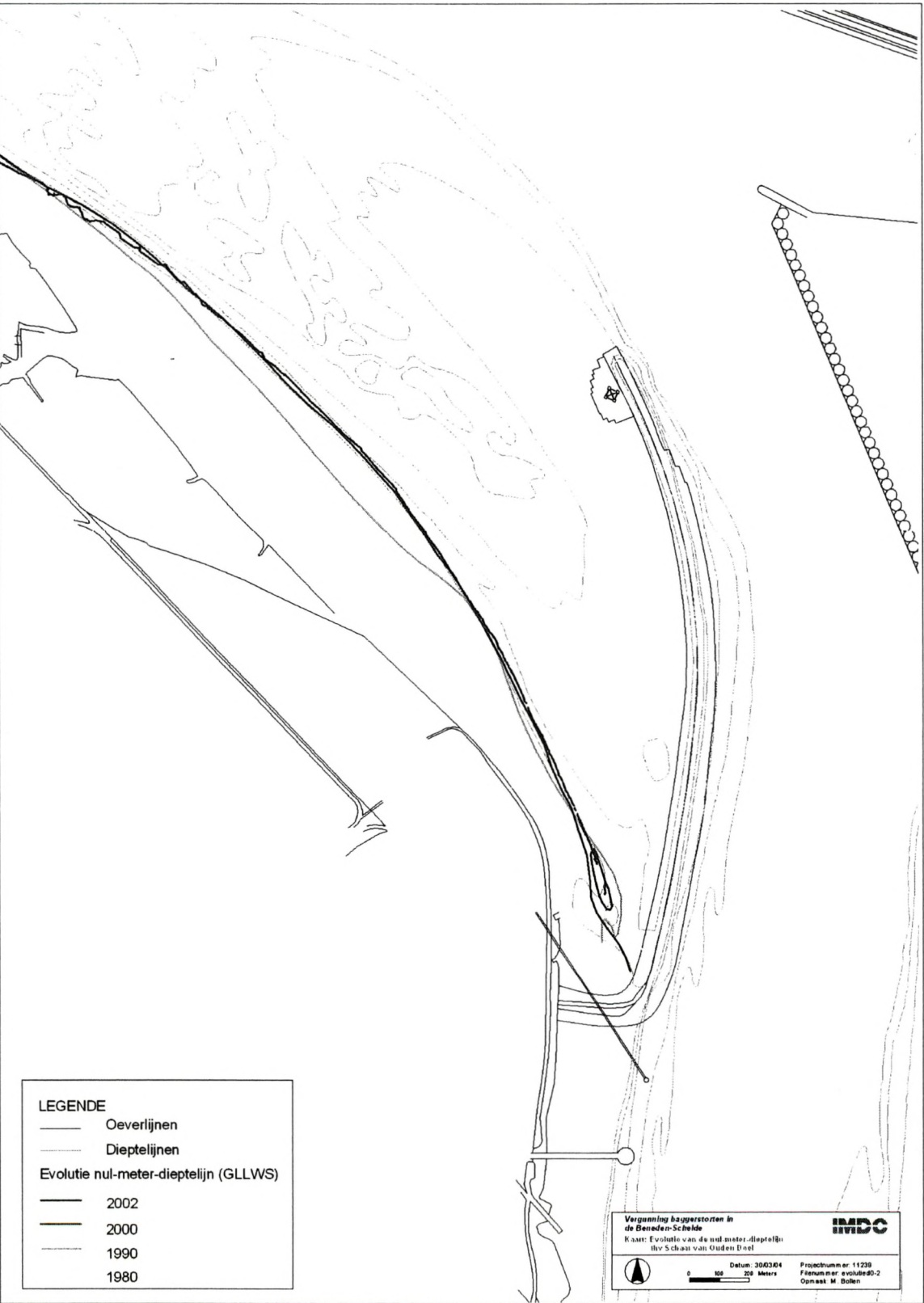
Op een blanco-grondplan van de betrokken sectiekaart, werden voor beide plaatsen de nul-meter-dieptelijn van de opeenvolgende, tweejaarlijkse sectiepeilingen getraceerd. Voor de afgeronde jaren 1980, 1990, 2000 en de meest recent beschikbare peiling (2001, 2002 of 2003) werd de oppervlakte bepaald van een deel van het betrokken habitatgebied, meerbepaald tussen aan landzijde een vaste referentielijn (er wordt op gewezen dat deze tijdens de volledige periode onveranderd is gebleven) en aan rivierkant de nul-meter-dieptelijn. Deze drie oppervlaktes per beschouwd habitatgebied zijn in Tabel 6-2 aangegeven, zowel in absolute grootte (m²) als in percentage met het beginjaar 1980 als referentie (100%). Voor Punt van Melsele was er enkel data van 1997 en 2003 beschikbaar.

De begin- en eindpunten van de vaste referentielijn worden in Tabel 6-1 gegeven in Lambertcoördinaten.

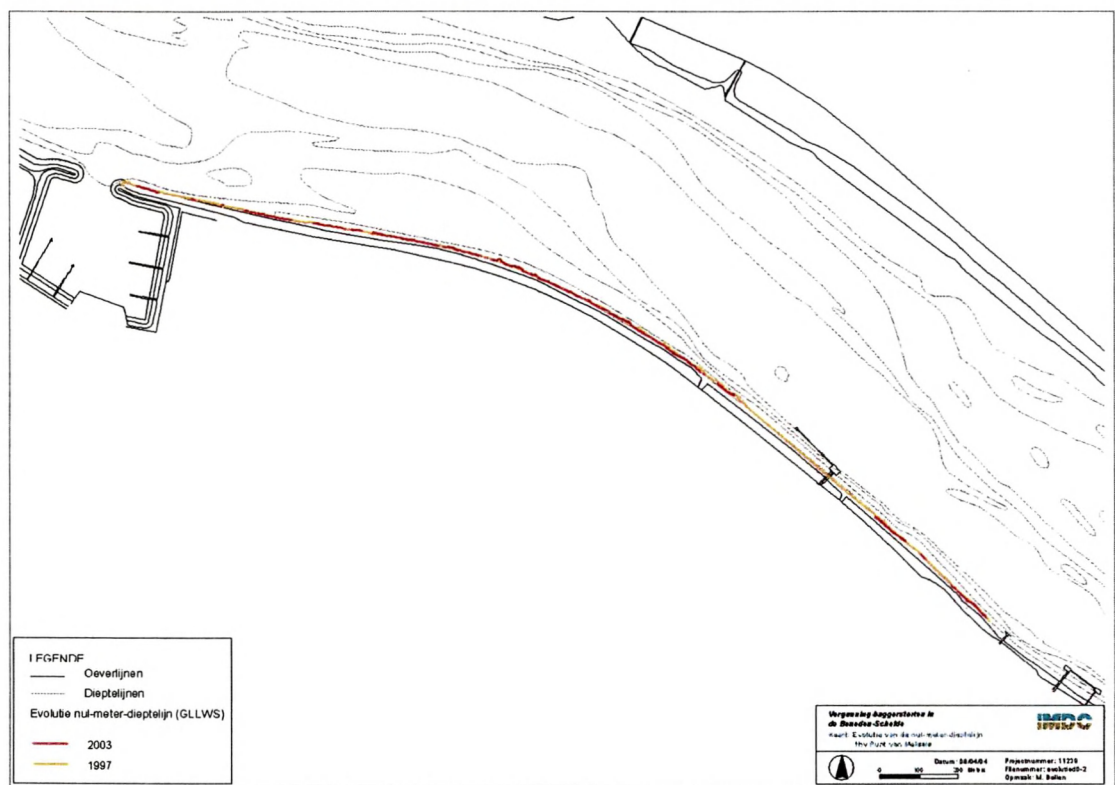
Tabel 6-1 : Lambertcoördinaten van het begin- en eindpunt van de vaste referentielijn per beschouwd gebied:

		X	Y
Schaar van Ouden Doel	Beginpunt	140533	226225
	Eindpunt	142544	224568
Plaat van Boomke	Beginpunt	147546	215937
	Eindpunt	149957	214633
Punt van Melsele	Beginpunt	145931	215643
	Eindpunt	148062	214553

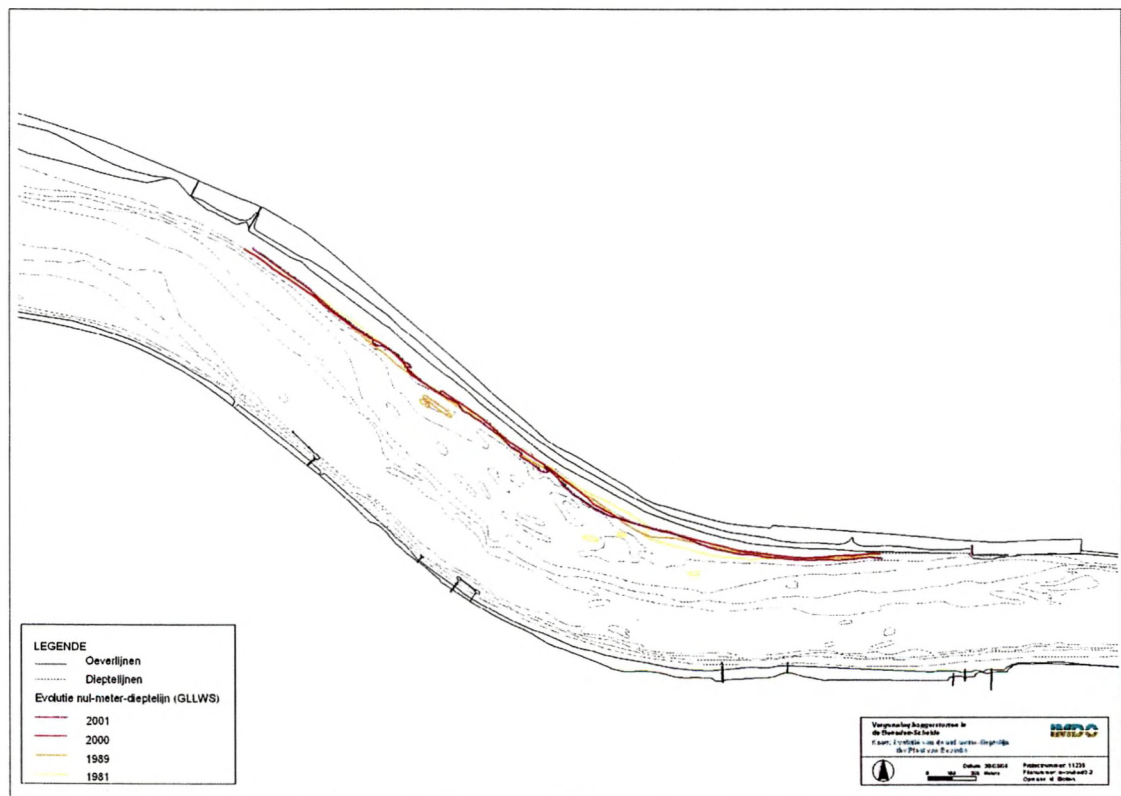
⁶ Enkel voor de reeds vergunde stortlocaties Plaat van Boomke, Punt van Melsele en Schaar van Ouden Doel, voor de nieuwe stortlocatie Vlake van Hoboken wordt enkel de huidige toestand weergegeven (referentietoestand) in §6.2.1.3.



Figuur 6-1 : Evolutie van de nul-meter-dieptelijn tussen 1980 en 2002 op de Schaar van Ouden Doel.



Figuur 6-2 : Evolutie van de nul-meter-dieptelijn tussen 1997 en 2003 op Punt van Melsele



Figuur 6-3 : Evolutie van de nul-meter-dieptelijn tussen 1981 en 2001 op de Plaat van Boomke.

6.2.1.1.1 Intergetijdegebied langs de Schaar van Ouden Doel

Voor wat betreft de evolutie van de nul-meter-lijn langs de Schaar van Ouden Doel, kunnen in de periode 1980-2000 vier deelzones onderscheiden worden:

- 1. tussen de Belgisch/Nederlandse grens en halverwege die grens en het haventje van Prosperpolder (lengte 500 meter) variëren de dieptelijnen van nul meter over een bandbreedte van slechts 40 m, met een licht eroderende tendens. Globaal kan de variatie hier als zeer klein omschreven worden.
- 2. tussen het punt halverwege de grens en het haventje van Prosperpolder, en bijna de overspanning van de hoogspannings-luchtleiding van elektriciteit tussen pyloon 4 (Kerncentrale Doel) en pyloon 5 (uiteinde strekdam Schaar van Ouden Doel) (lengte 1.700 meter) is er een duidelijke aangroei van het intergetijdegebied. Van jaar tot jaar treedt op enkele plaatsen soms een kleine tussen-variatie op, maar globaal is er sprake van een naar de rivier toe schuiven van de nul-meter-diepte-lijn over grote afstanden, bvb. 60, 80, 100, ... tot maximum ruim 150 meter. Enkel bij de diepte-lijn van 1982 en 1984 is er net afwaarts van de hoogspanningsluchtlijn een tijdelijke erosie te zien, doch dewelke zich door het versterken van kribben langs de schorrerand later niet meer heeft voorgedaan.
- 3. ter hoogte van de hoogspanningsluchtlijn (lengte 500 meter) is er globaal genomen een stabilisatie van de nul-meter-dieptelijn, behalve voor de reeds vernoemde toestand van 1984.
- 4. ter hoogte van de beide grote uitlaten van koelwater van de Kerncentrale Doel varieert de nul-meter-dieptelijn zeer sterk. Dit heeft geen natuurlijke oorzaak, doch is volledig functie van het lozen van koelwater uit de kerncentrales, dus ook van stilligperiodes.

In Tabel 6-2 de evolutie van het betrokken intergetijde-deelgebied tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de hoogspanningsluchtlijn samengevat:

Tabel 6-2 : Evolutie intergetijde-deelgebied tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de hoogspanningsluchtlijn

Jaar	Oppervlakte (in m ²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1980	980.000 m ²	100 %
1990	1.059.000 m ²	108%
2000	1.148.000 m ²	117%
2002	1.114.000 m ²	114%

6.2.1.1.2 Intergetijdegebied langs de Plaat van Boomke

Eenzelfde methode werd gevolgd voor de evolutie van het habitatgebied langs de Plaat van Boomke, ook hier tussen enerzijds een vaste referentielijn en de nul-meter-lijn. De op- en afwaarts gelegen grenzen zijn genomen met beschouwing tot de stortzones van baggerspecie, met name aan opwaartse kant ongeveer t.h.v. de voormalige steiger van Distrigas, en aan afwaarts kant aan het baken van Boerenschans. Voor wat betreft de evolutie van de nul-meter-lijn langs de Plaat van Boomke, kunnen in de periode 1980-2001 ook hier vier deelzones onderscheiden worden:

- 1. tussen het baken van Boerenschans en de hoogspanningsluchtlijn. Over dit vak (lengte 750 meter) variëren de dieptelijnen van nul meter over een bandbreedte van slechts 30 m, met een licht aangroeiende tendens. Globaal kan de variatie hier als zeer klein omschreven worden.

- 2. tussen de hoogspanningsluchtleijn en de Palen van Boomke (lengte 850 meter) blijft de variatie ook vrij klein, over een bandbreedte van 25 meter) met over tweederde van de lengte een licht eroderende tendens. Ook hier kan de variatie globaal als zeer klein omschreven worden.
- 3. tussen de palen van Boomke en Amoco Fina (lengte 800 meter) bevindt zich het breedste gedeelte van het intergetijdegebied, en zijn ook de variaties van de nul-meter-diepteleijn het grootst. Die variaties zijn evenwel niet eenduidig, maar globaal genomen kan gesproken worden van een flinke aangroei over het deel Palen van Boomke tot de vroegere vestiging van Distrigas, en van een iets grotere erosie tussen deze laatste en Amoco Fina.
- 4. het meest opwaartse deelgebied (Amoco Fina tot vroegere steiger Distrigas) (lengte 400 meter) loopt de variatie van de breedte van het opwaarts einde van de Plaat van Boomke tot nul. Over deze lengte is er globaal een status-quo of een aangroei tussen 1980 en 1990, en een erosie tussen 1990 en 2000.

In Tabel 6-3 s de evolutie van het betrokken intergetijde-deelgebied tussen het baken van Boerenschans en de vroegere steiger van Distrigas samengevat

Tabel 6-3 : Evolutie intergetijde-deelgebied tussen het baken van Boerenschans en de vroegere steiger van Distrigas

Jaar	Oppervlakte (in m²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1980	389.000 m²	100 %
1989	400.000 m²	103 %
2000	373.000 m²	96 %
2001	390.000 m²	100 %

De bovenstaande schommelingen in de evolutie van de oppervlakte liggen in de bandbreedte van de natuurlijke variaties van het intergetijdegebied en zijn niet significant.

6.2.1.1.3 Intertijdegebied langs Punt van Melsele

Over het algemeen is er in het intertijdegebied langs Punt van Melsele weinig aangroei of erosie waar te nemen. De nul-meterlijn is stabiel.

Tabel 6-4 : Evolutie intertijde-deelgebied Punt van Melsele

Jaar	Oppervlakte (in m²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1997	76.000	100%
2003	76.000	100%

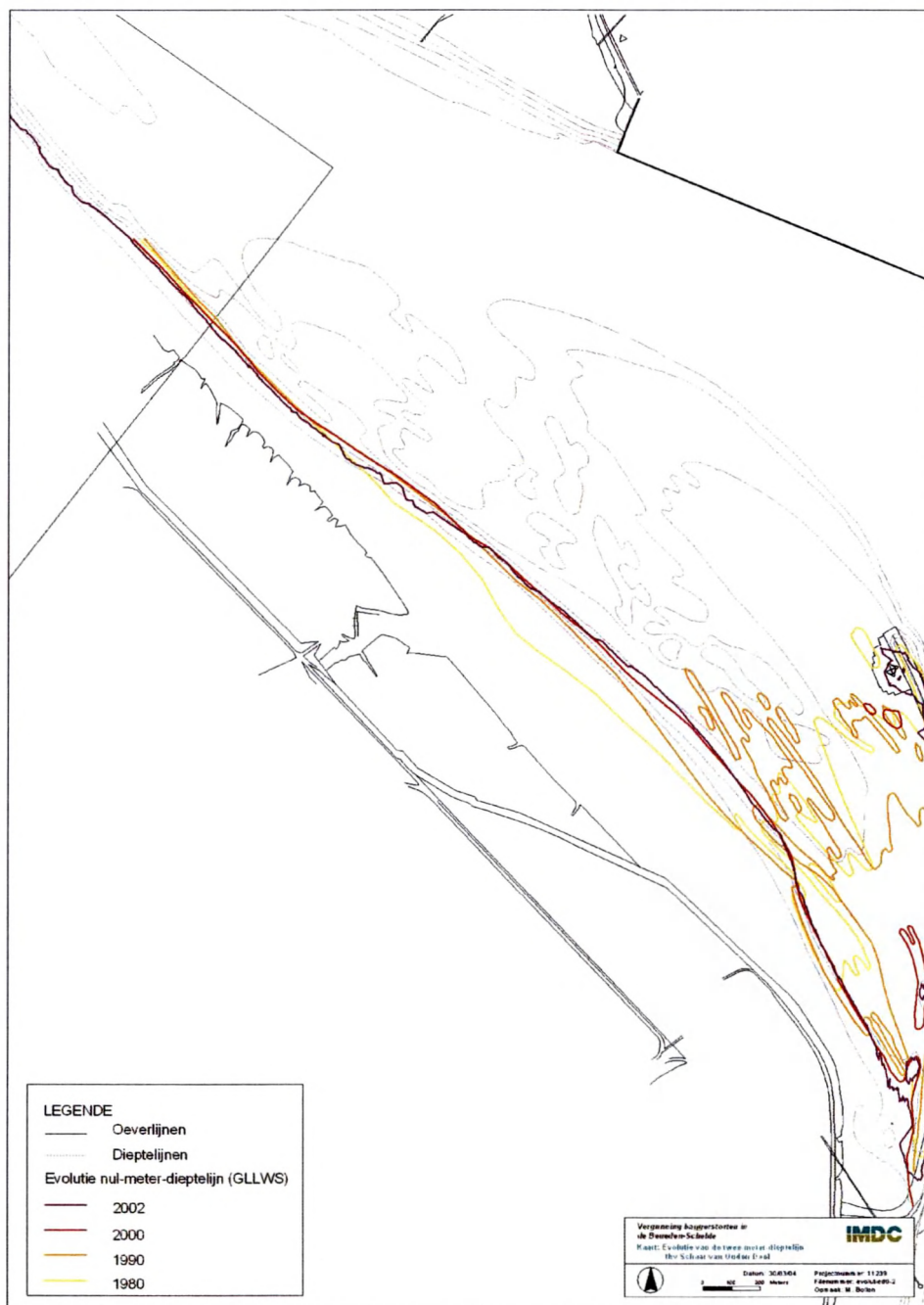
6.2.1.1.4 Intertijdegebied langs de Vlakte van Hoboken

Gezien het gebrek aan voldoende meetgegevens is het niet mogelijk om de evolutie van het bathymetrisch gebied langs Vlakte van Hoboken te begroten. Voor de referentiesituatie wordt verwezen naar §6.2.1.3.

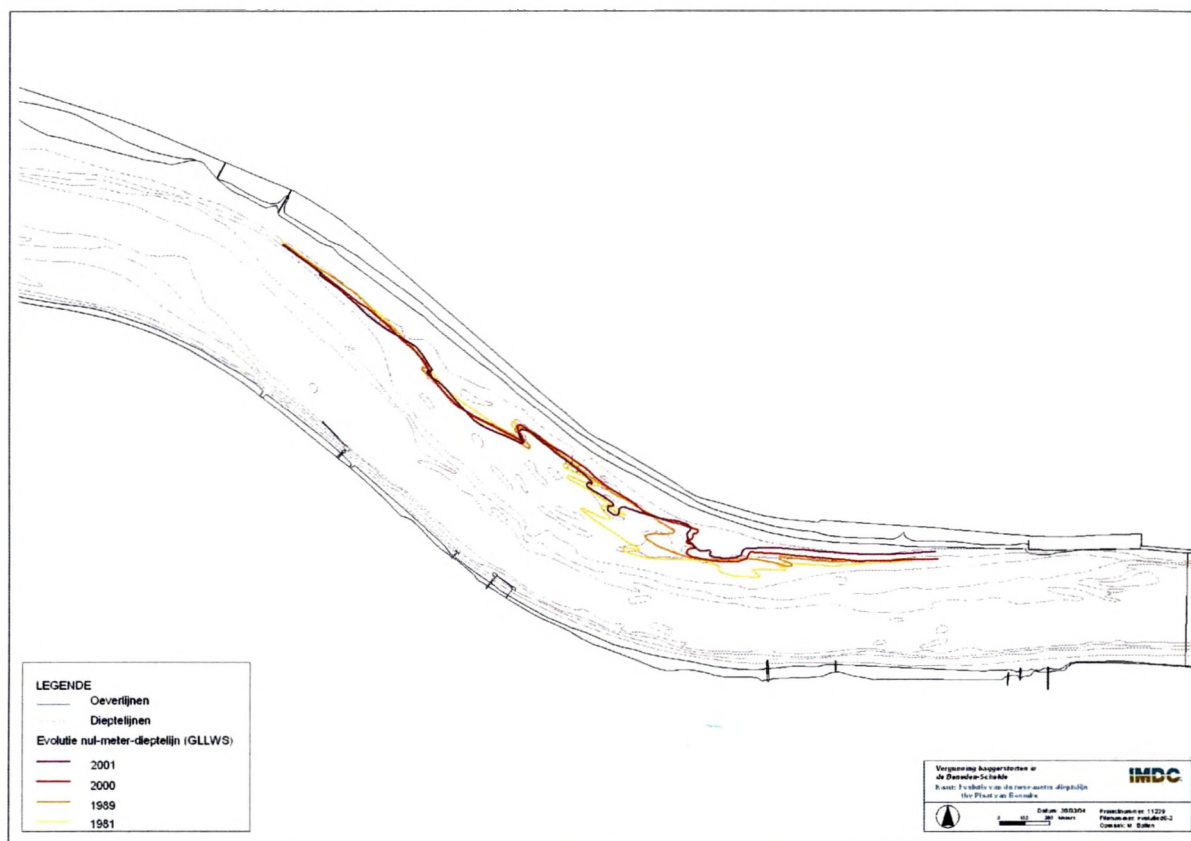
6.2.1.2. Evolutie ondiepwater gebied

In aansluiting op de bepaling van de evolutie van het intergetijdegebied werd de evolutie bepaald van het ondiepwatergebied, dat vanuit ecologisch oogpunt belangrijk is. Dit gebied wordt gedefinieerd tussen de gemiddelde laagwaterlijn (0m GLLWS) en de (-2mGLLWS)-lijn. De analyse werd eveneens uitgevoerd aan de hand van de sectiekaarten, waarbij de

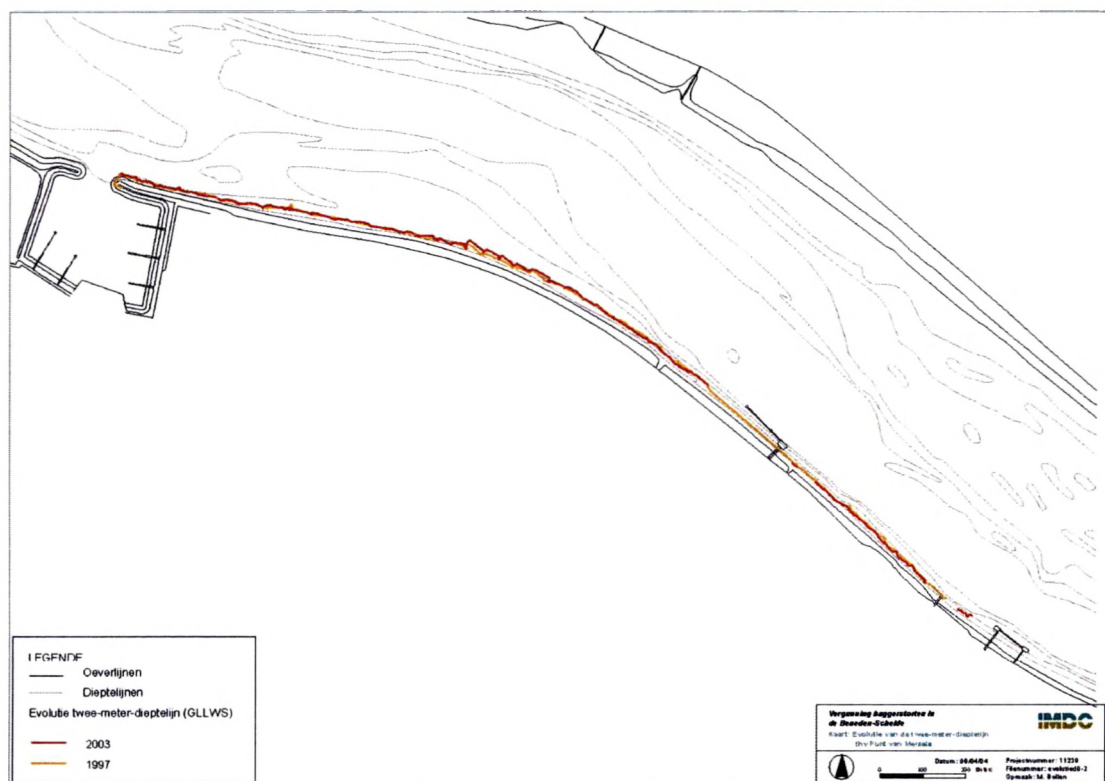
oppervlakte werd bepaald tussen de vaste referentielijn, die eveneens werd gebruikt voor de evolutie van de nul-meterlijn (zie Tabel 6-1), en de -2mGLLWS-lijn.



Figuur 6-4 : Evolutie van de twee-meter-dieptelijn tussen 1980 en 2002 op de Schaar van Ouden Doel.



Figuur 6-5 : Evolutie van de twee-meter-dieptelijn tussen 1980 en 2001 op de Plaat van Boomke.



Figuur 6-6 : Evolutie van de twee-meter-dieptelijn tussen 1997 en 2003 op Punt van Melsele.

6.2.1.2.1 Ondiepwater gebied langs de Schaar van Ouden Doel

Voor wat betreft de evolutie van de min-twee-meter-dieptelijn langs de Schaar van Ouden Doel, kunnen in de periode 1980-2002 drie deelzones onderscheiden worden:

1. tussen de Belgisch/Nederlandse grens en halverwege die grens en het haventje van Prosperpolder (lengte 500 meter) variëren de dieptelijn van min-twee-meter over een bandbreedte van slechts 25 m, zonder eroderende of aanzandige tendens. Globaal kan gesteld worden dat over dit deelvak eigenlijk geen variatie van de min-twee-meter-dieptelijn is voorgekomen.
2. tussen het punt halverwege de grens en het haventje van Prosperpolder, tot aan de hoogspannings-luchtleiding van elektriciteit tussen pyloon 4 (Kerncentrale Doel) en pyloon 5 (uiteinde strekdam Schaar van Ouden Doel) (lengte 1.700 meter) is er een duidelijke aangroei van het oppervlak tussen schorrerand en de min-twee-meter-dieptelijn. De verbreding van deze deelzone zette zich in het afwaartse helft vooral tussen 1980 en 1990 door, terwijl dat in de opwaartse helft zich vooral tussen 1990 en 2000 situeert.
3. tussen de hoogspanningslijn en de landaansluiting van de strekdam (ter hoogte van de beide grote uitlaten van koelwater van de Kerncentrale Doel) zijn er zeer grote tussenvariaties opgetreden van de min-twee-meter-dieptelijn, met een algemene tendens van verdieping.

In Tabel 6-5 is de evolutie van het betrokken bathymetrisch gebied tussen de vaste referentielijn en de min-twee-meter-dieptelijn, ongeveer tussen de Belgisch/ Nederlandse grens en de hoogspanningsluchtlijn samengevat:

Tabel 6-5 : Evolutie bathymetrisch gebied tussen de schorrand en de min-twee-meter-dieptelijn, tussen Belgisch/Nederlandse grens en de hoogspanningsluchtlijn

jaar	oppervlakte (in m²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1980	1.068.000 m²	100 %
1990	1.168.000 m²	109 %
2000	1.214.000 m²	116 %
2002	1.228.000 m²	115 %

De resulterende evolutie van het ondiepwater gebied kan bijgevolg worden afgeleid (Tabel 6-6)

Tabel 6-6 : Evolutie van het ondiepwatergebied (Schaar van Ouden Doel)

Jaar	oppervlakte (in m2)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1980	88.000m²	100 %
1990	109.000 m²	124 %
2000	66.000 m²	75 %
2002	114.000 m²	130 %

De bovenstaande cijfers geven een tendens aan tot aangroei. Belangrijk is om op te merken dat het ondiepwatergebied in een schaargebied hoog dynamisch is en dat bijgevolg sterke veranderingen in de ligging van de bathymetrische lijnen mogelijk is.

6.2.1.2.2 Ondiepwater gebied langs de Plaat van Boomke

Een zelfde methode werd gevolgd voor de evolutie van het bathymetrisch gebied langs de Plaat van Boomke, ook hier tussen enerzijds de met breuksteen bestorte schorrand en de min-twee-meter-dieptelijn. Voor wat betreft de evolutie van de min-twee-meter-lijn langs de Plaat van Boomke, kunnen in de periode 1981-2001 hier drie deelzones onderscheiden worden:

- 1. van het baken van Boerenschans t/m de dijk lengte langs het Industriedok. Over dit vak (met lengte 1500 meter) variëren de dieptelijnen van min-twee-meter over een bandbreedte van slechts 25 m, zonder globaal genomen een aangroeiende of verkleinende tendens. Er is over de beschouwde periode eigenlijk geen variatie van de min-twee-meter-dieptelijn.
- 2. een middengedeelte (Palen Boomke / vroegere vestiging Distrigas / Amoco Fina) (met een lengte van bijna 1000 meter) is er wel een behoorlijke variatie van de min-twee-meter-dieptelijn, met een belangrijke verdieping van dit deelgebied. Lokaal loopt de landwaartse verschuiving van de min-twee-meter-dieptelijn op tot 180 meter.
- 3. het meest opwaartse deelgebied (Amoco Fina tot vroegere steiger Distrigas) (lengte 550 meter) kent slechts een kleine variatie over de beschouwde twintig jaar, met een eroderende tendens, afnemend naar opwaarts toe.

Tabel 6-7 is de evolutie van het betrokken bathymetrisch gebied tussen het baken van Boerenschans en de vroegere steiger van Distrigas samengevat:

Tabel 6-7 : Evolutie bathymetrisch gebied tussen het baken van Boerenschans en de vroegere steiger van Distrigas

Jaar	oppervlakte (in m ²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1981	598.000 m ²	100 %
1989	544.000 m ²	91 %
2000	520.000 m ²	87 %
2001	519.000 m ²	87 %

De resulterende evolutie van het ondiepwater gebied kan bijgevolg worden afgeleid (Tabel 6-8)

Tabel 6-8 : Evolutie van het ondiepwatergebied (Plaat van Boomke)

Jaar	oppervlakte (in m ²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1981	209.000 m ²	100 %
1989	144.000 m ²	69 %
2000	147.000 m ²	70 %
2001	129.000 m ²	62 %

Het ondiepwatergebied vertoonde initieel een sterke afname in oppervlakte. Deze lijkt gestabiliseerd te zijn. Deze stabilisatie zou kunnen toegeschreven worden aan de verhoogde hoeveelheden gestorte specie in het laatste decennium.

6.2.1.2.3 Ondiepwater gebied langs Punt van Melsele

Een zelfde methode werd gevolgd voor de evolutie van het bathymetrisch gebied Punt van Melsele, ook hier tussen enerzijds een vaste referentielijn en de min-twee-meter-dieptelijn. Voor wat betreft de evolutie van de min-twee-meter-lijn lkan in de periode 1997-2003 gemeld worden dat de oppervlakte van het ondiepwater gebied nagenoeg constant is gebleven.

Tabel 6-9 : Evolutie bathymetrisch gebied Punt van Melsele

Jaar	oppervlakte (in m ²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1997 als 100%)
1997	102.000 m ²	100 %
2003	103.000 m ²	101 %

Tabel 6-10 : Evolutie van het ondiepwatergebied (Punt van Melsele)

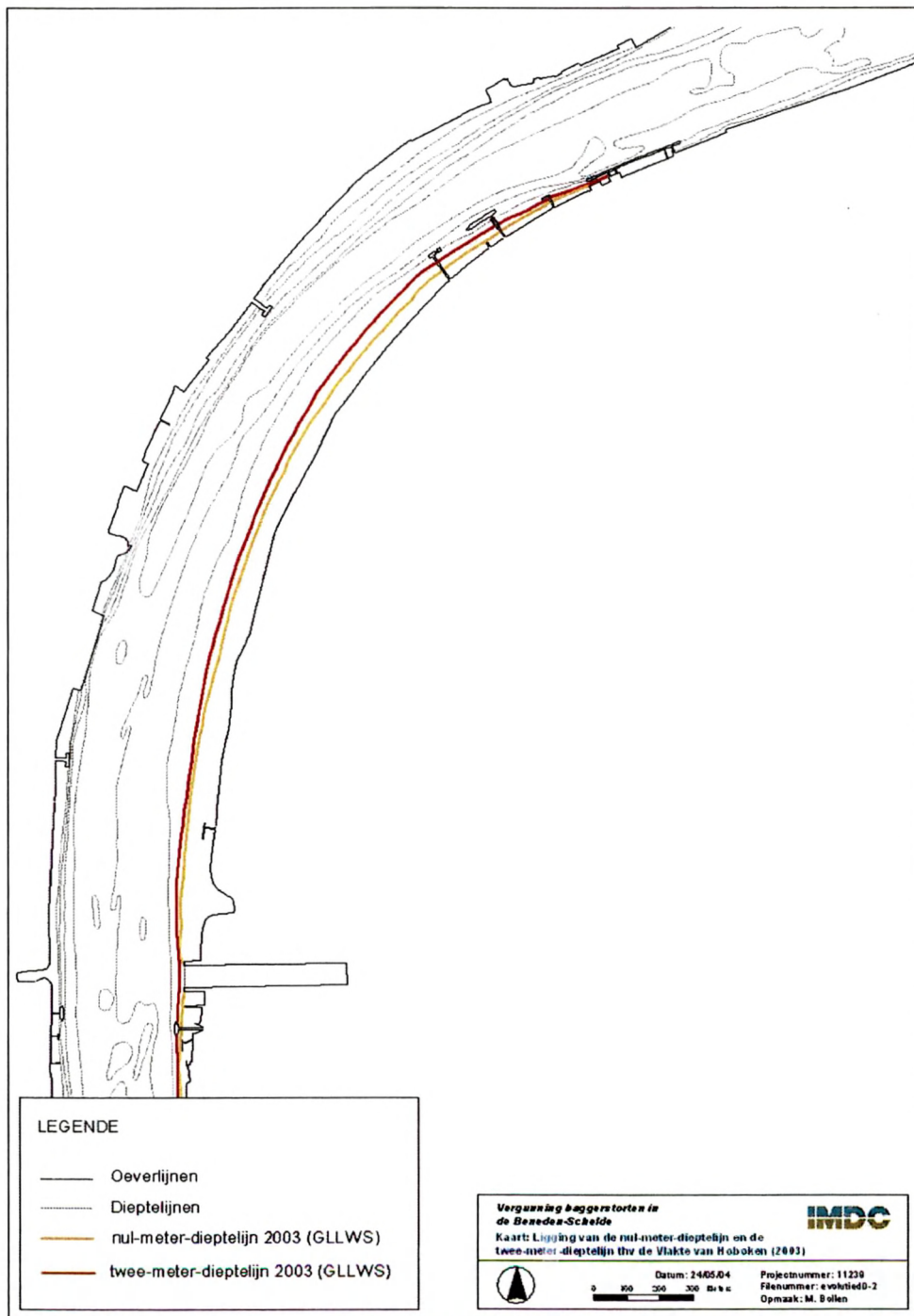
Jaar	oppervlakte (in m ²)	oppervlakte (in %, met oppervlakte van 1980 als 100%)
1997	26.000m ²	100 %
2003	27.000 m ²	104 %

6.2.1.2.4 Ondiepwater gebied langs de Vlakte van Hoboken

Gezien het gebrek aan voldoende meetgegevens is het niet mogelijk om met een zelfde methode de evolutie van het bathymetrisch gebied langs Vlakte van Hoboken te begroten. Voor de referentiesituatie wordt verwezen naar §6.2.1.3.

6.2.1.3. Referentiesituatie Vlake van Hoboken

Voor de Vlake van Hoboken wordt in Figuur 6-7 de situatie weergegeven van de bodemligging op basis van de meest recente peilgegevens. Deze werden ontvangen van de Afdeling Maritieme Toegang en hebben betrekking op het jaar 2003. De nul-meter-dieptelijn en de twee-meter-dieptelijn (GLLWS) worden weergegeven in de omgeving van de Vlake van Hoboken :



Figuur 6-7 : Nul-meter-dieptelijn en twee-meter-dieptelijn op Vlake van Hoboken (2003).

6.2.2. Turbiditeit - sedimentbewegingen

6.2.2.1. *Natuurlijke Sedimentbewegingen*

Naast het evalueren van de bewegingen van het intergetijdegebied is het belangrijk na te gaan welke sedimentbewegingen in de Beneden-Zeeschelde van nature voorkomen, hoe deze zich verhouden tot de gebaggerde hoeveelheden en welke bewegingen de sedimenten volgen als gevolg van de eb- en vloedstroom.

Zoals hoger beschreven wordt op jaarbasis 10 tot 30 miljoen ton slib naar opwaarts getransporteerd door de vloed via suspensietransport en een vergelijkbare hoeveelheid naar afwaarts tijdens eb. Daarnaast is er een beweging van zand, die hoofdzakelijk dicht bij de bodem plaatsvindt.

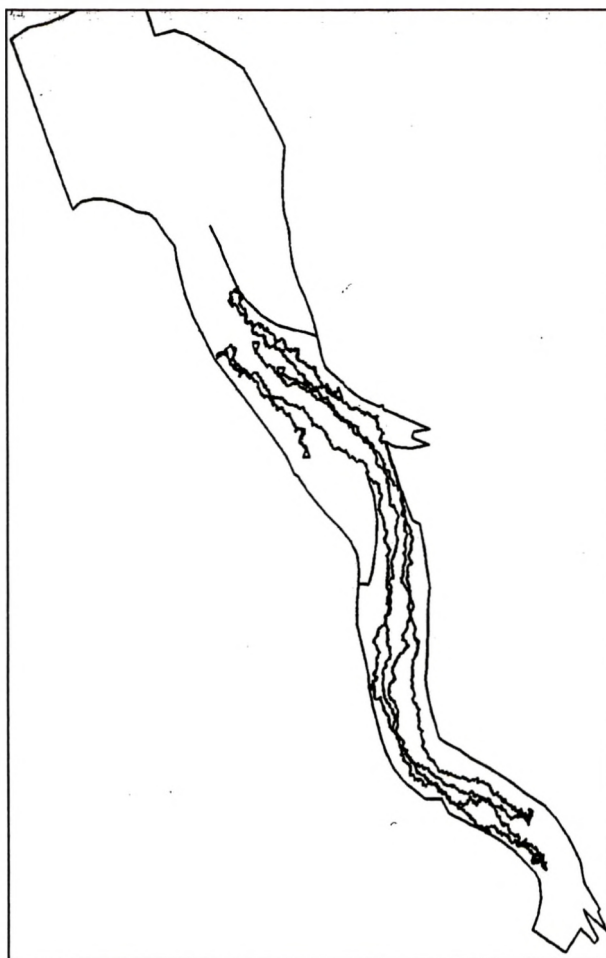
6.2.2.2. *Sedimentverplaatsingen door baggerwerken*

Schaar van Ouden Doel

De gestorte hoeveelheden in de Schaar van Ouden Doel bedragen circa 1-3 miljoen m³ zand op jaarbasis (in termen van de lithologische kaart betekent dit slibhoudend zand). Dit vertegenwoordigt een hoeveelheid droge stof van circa 1.6 – 4.8 miljoen TDS, waarvan mag worden aangenomen dat circa 20 tot 40% hiervan uit slib bestaat. De gestorte hoeveelheden zand worden grotendeels uit het systeem verwijderd via de vergunde zandwinningen en verder is er een recirculatie naar de geulen in de omgeving, aangezien de Schaar van Ouden Doel gekend is als een erosief gebied.

Van het slib dat gestort wordt mag worden aangenomen dat het grotendeels verspreid wordt en zich zal afzetten in de preferentiële afzettingsgebieden, met name de ondiepe slik-schorgebieden, de toegangseulen en de lokale verdieping ter hoogte van de Noordelijke containerkaai (Noordzeeterminal) en de zuidelijke containerkaai (Europaterminal). Als dusdanig kan worden gesteld dat de gestorte specie bijdraagt tot de continue voeding van de intergetijdegebieden met slib in de onmiddellijke omgeving (Groot Buitenschoor, Paardenschor en Galgeschor).

Ter illustratie wordt in Figuur 6-8 de weg getekend die een slibpartikel kan afleggen wanneer het geloosd wordt in de Schaar van Ouden Doel, respectievelijk ter hoogte van de Drempel van Zandvliet. (Fettweis, 1995)

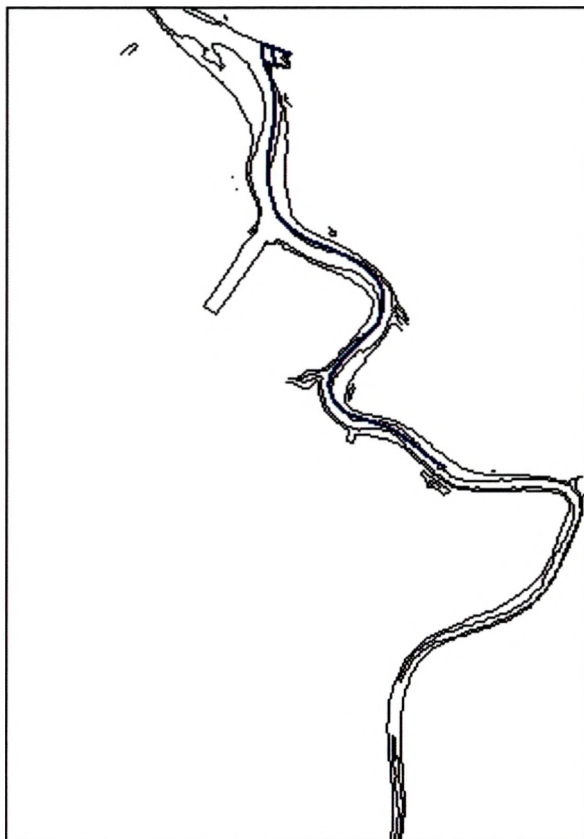


Figuur 6-8 : Weg van een slibdeeltje tijdens een tijdcyclus bij lozing in de Schaar van Ouden Doel

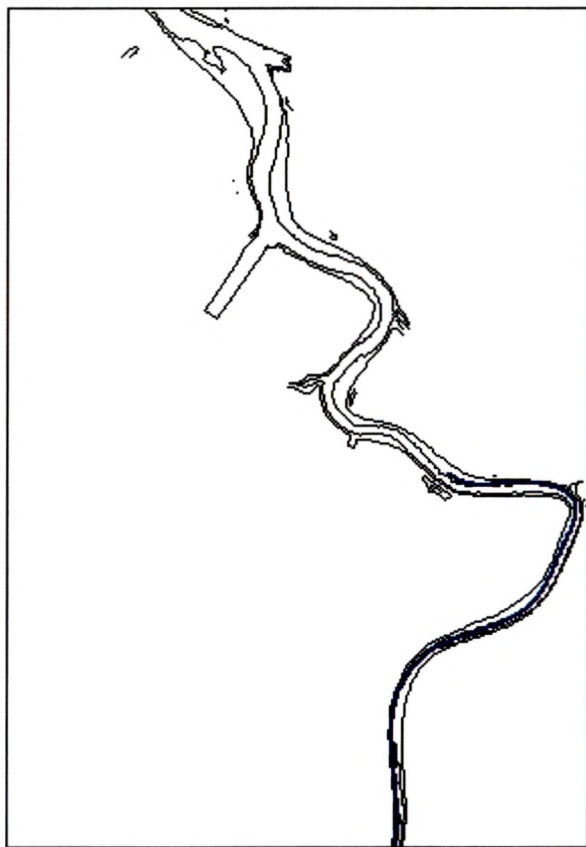
Plaat van Boomke

De gestorte hoeveelheden in t.h.v de Plaat van Boomke schommelen thans tussen 0.5 – 3.0 miljoen m³ slib op jaarbasis (in termen van de lithologische kaart betekent dit zandhoudend slib) en bij toevoeging van het Deurganckdok zal dit toenemen tot 1.0 tot 4.0 miljoen m³ slib op jaarbasis. Dit vertegenwoordigt thans een hoeveelheid droge stof van circa 1.6 tot 4.8 miljoen TDS oplopend tot circa 1.6 – 6.4 miljoen TDS, waarvan mag worden aangenomen dat circa 70% hiervan uit slib bestaat. De gestorte hoeveelheden zand blijven in eerste instantie op de plaat achter en worden hoofdzakelijk door de ebstroom (de vloedstroom is geconcentreerd onder de linkeroever in de buitenbocht van de rivier) opnieuw verspreid naar de vaargeul in de omgeving, meer bepaald de Drempel van Krankeloon.

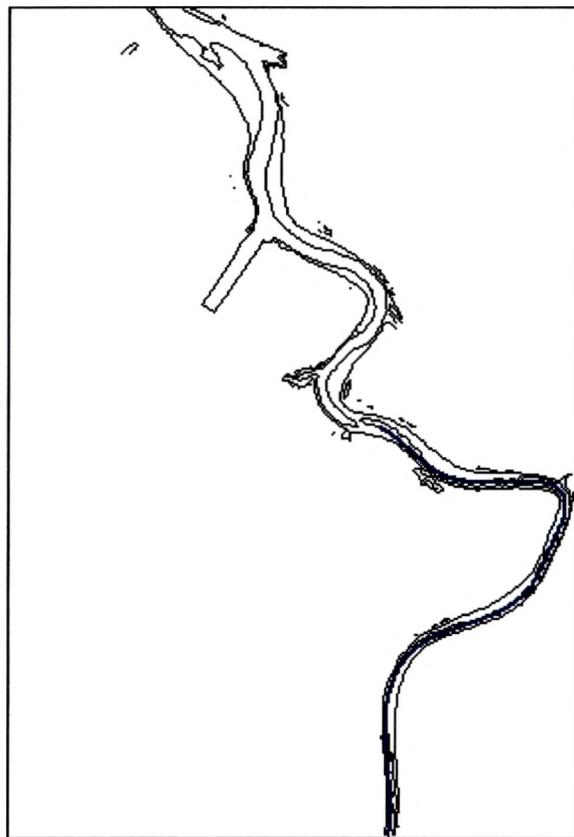
Ter illustratie wordt in Figuur 6-9 de weg getekend die een slibpartikel kan afleggen wanneer het wordt geklept aan het wateroppervlak t.h.v. de Plaat van Boomke tijdens eb. Figuur 6-10 geeft de weg weer bij stortactiviteiten tijdens vloed. Figuur 6-11 geeft de resultaten weer bij storten op ter hoogte van Punt van Melsele. Er dient bij het bekijken van deze figuren rekening mee te worden gehouden dat de getoonde afgelegde weg betrekking heeft op een slibdeeltje dat aan de oppervlakte wordt geklept. De weg die door deeltjes in lagere gedeeltes van de waterkolom wordt afgelegd, kan verschillen.



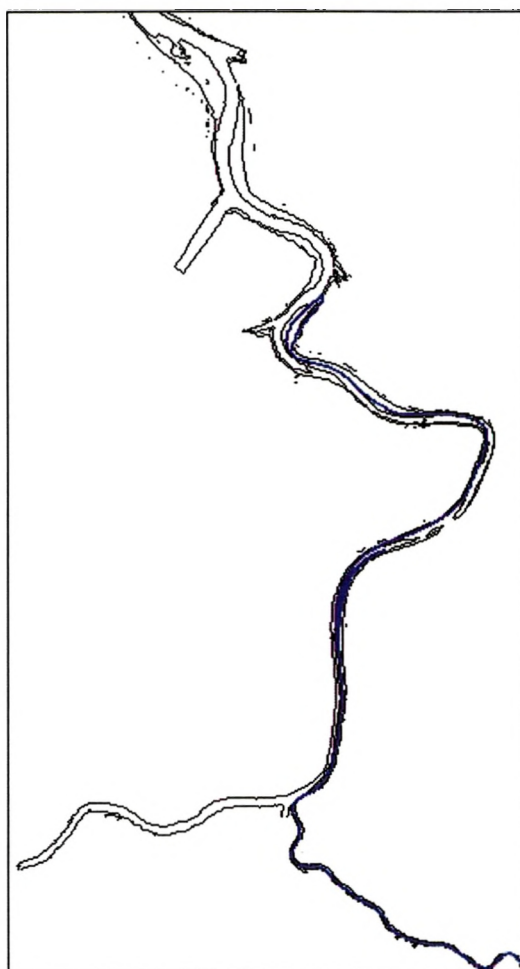
Figuur 6-9 : Weg van een slibdeeltje tijdens een tijcyclus bij storting aan het wateroppervlak thv de Plaat van Boomke tijdens eb.



Figuur 6-10 : Weg van een slibdeeltje tijdens een tijcyclus bij storting aan het wateroppervlak thv de Plaat van Boomke tijdens vloed.



Figuur 6-11 : Weg van een slibdeeltje tijdens een tijdcyclus bij lozing aan het wateroppervlak thv de Punt van Melsele tijdens vloed.



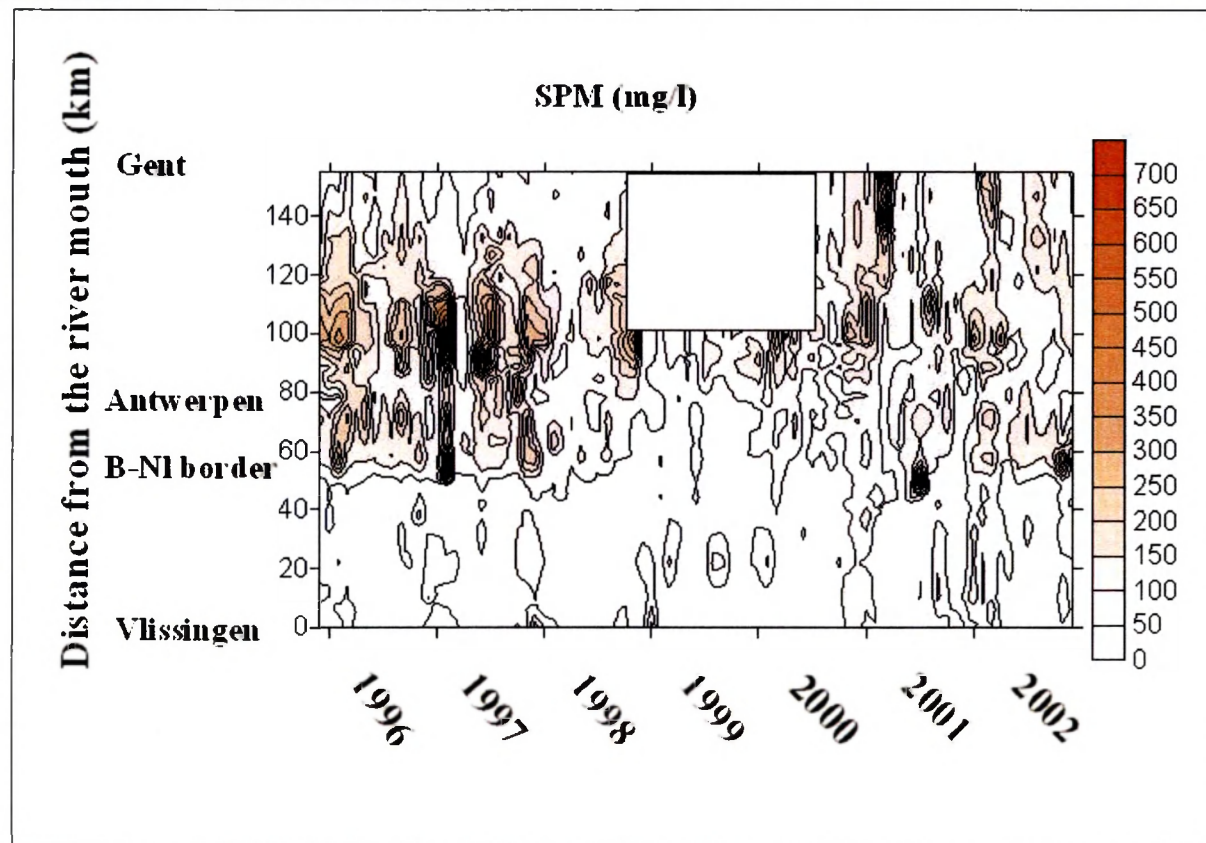
Figuur 6-12 : Weg van een slibdeeltje tijdens een tijcyclus bij lozing aan het wateroppervlak thv de Vlakte van Hoboken gedurende eb en vloed

6.2.2.3. Turbiditeit en stortactiviteiten : analyse historische data

Net zoals voor de bevindingen i.v.m. de morfologie is het moeilijk, zoniet uitgesloten om de effecten van de stortactiviteiten op het globale turbiditeitsproces te begroten, via analyse van de beschikbare gegevens. In de systeembeschrijving is uitgebreid ingegaan op de natuurlijke variaties met de bijhorende verschillende tijdschalen inzake turbiditeit.

De variaties worden hier andermaal geïllustreerd aan de hand van de observaties van zwevende stof die werden uitgevoerd in het kader van de OMES-studie (onderzoek Milieueffecten Sigmaplan). Deze worden voorgesteld in Figuur 6-12. Hierbij wordt opgemerkt dat in de periode eind 1998 tot voorjaar 2000 geen metingen werden uitgevoerd in de Zeeschelde.

De lokale creatie van turbiditeit door de bagger- en stortactiviteiten heeft in het recente verleden veel aandacht gekregen. Internationale organisaties als CEDA en PIANC hebben zich toegelegd om kaders uit te werken. De meeste van de eisen die worden gesteld ten aanzien van baggerwerken hebben betrekking op milieus met een lage achtergrondwaarde inzake turbiditeit, of op situaties met sterke bodemverontreiniging waarbij de verspreiding van polluenten via de zwevende stof dient vermeden te worden.



Figuur 6-13 : Variatie van de hoeveelheid zwevende stof in tijd en ruimte (Van Damme et al)

BOEI 84

Boei 84 situeert zich opwaarts het Deurganckdok ter hoogte van de Plaat van Lillo (zie Figuur 2-3).

Beschikbare data: 16/10/1997 – 10/12/1998 met hiaten, opgemeten in het kader van de studie Deurganckdok, ter evaluatie van de variatie van de huidige achtergrondvariaties. Anderzijds zijn gegevens ter beschikking van 01/06/2002 – 04/08/2002, opgemeten in het kader van de studie van dichtheidsstromingen naar het Deurganckdok.

Uit de eerste reeks gegevens valt af te leiden dat de turbiditeit onderhevig is aan seizoenale variaties. Bij grote bovenafvoeren zullen de waarden toenemen en er kunnen piekwaarden ontstaan van meer dan 1000 mg/l.

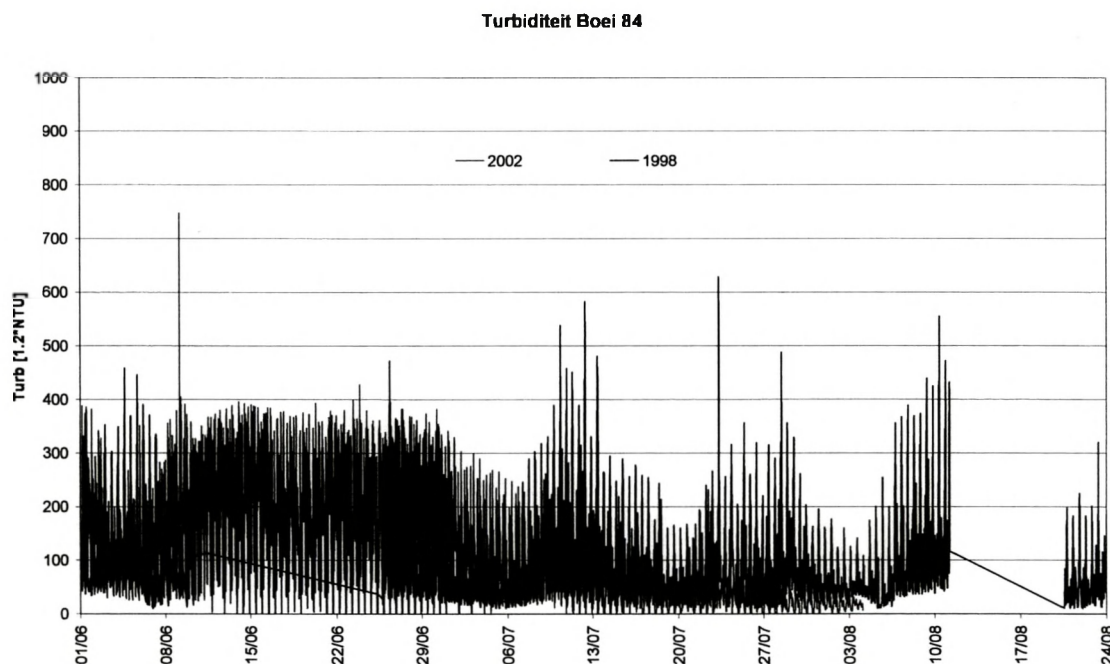
Naast de seizoenale variaties is er nog een 2-wekelijkse variatie ten gevolge van de doottij-springtij-cyclus. Tijdens een springtij varieert de turbiditeit van 20 mg/l tijdens de kentering tot 1000 mg/l (500 mg/l tijdens zomermaanden) tijdens maximum eb. Bij een doottij is deze variatie van 20 mg/l tot 500 mg/l (250 mg/l tijdens zomermaanden).

Tenslotte is er nog een variatie binnen een getij: vlak na de HW-kentering bereikt de turbiditeit haar maximum, waarna het afneemt naar LW-kentering toe; tijdens de vloed neemt het opnieuw toe, doch de waarden blijven beneden de piekwaarde van de eb; op HW-kentering neemt de turbiditeit dan opnieuw af.

Indien men deze data vergelijkt met deze van 2002 (Figuur 6-14), zijn er een aantal verschillen waar te nemen. Doordat deze meetreeks slechts een korte periode beslaat, is er op gebied van seizoenale variaties geen uitspraak te doen. De 2-wekelijkse variatie doet zich echter niet meer voor. De amplitude blijft gedurende de ganse maand juni quasi constant (400 mg/l), waarna ze geleidelijk afneemt in juli (op 15 juli een amplitude van minder dan 100 mg/l). Een mogelijke verklaring hiervoor kan te zoeken zijn in een verplaatsing van het turbiditeitsmaximum, dat zich ten opzichte van 1998 meer naar stroomopwaarts zou hebben verplaatst. Bij hogere bovenafvoeren (enkele wassen in juni 2002) schuift dit dan opnieuw naar stroomafwaarts, wat de grotere amplitude in juni zou verklaren. Desondanks mag ook een fout in de meetapparatuur niet uitgesloten worden (tijdens de ebfase waarop de piekwaarde zou moeten komen, is er telkens een terugval naar bijna 0 mg/l).

Wanneer men de variatie binnen het getij bekijkt, verschilt dit grondig van deze in 1998: de maxima tijdens de vloed zijn toegenomen en zijn vergelijkbaar met deze in de eb.

Boei 84 – Turbiditeit [mg/l]	Springtij	Doodtij	Gemiddeld tij
Zomer 1998 Min.	20	20	20
Zomer 1998 Max.	500	250	300
Zomer 2002 Min.			0
Zomer 2002 Max.			70 – 400



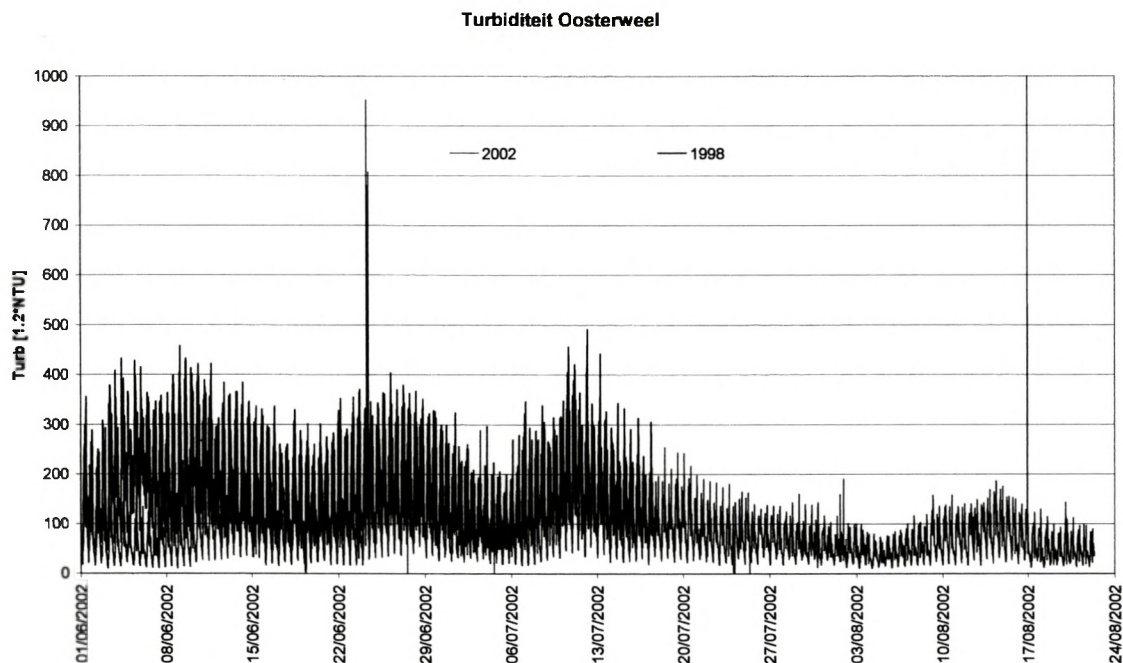
OOSTERWEEL

Beschikbare data: 26/09/1997 – 17/07/1998 met hiaten & 30/05/2002 – 22/08/2002, opgemeten tijdens dezelfde meetcampagnes als voor Boei 84.

In tegenstelling tot Boei 84 zijn de seizoenale variaties in Oosterweel beperkt. Een mogelijke oorzaak hiervoor is het feit dat Oosterweel minder gevoelig is aan de veranderende positie van het turbiditeitsmaximum (er dus altijd in licht). De doottij-springtij-cyclus is ook hier terug te vinden, doch de invloed ervan is minder uitgesproken dan voor Boei 84. Binnen één getij zijn rond HW-kentering 2 pieken waar te nemen die vergelijkbaar zijn in grootte.

Kwalitatief stemmen de gegevens van 1998 overeen met deze van 2002, doch kwantitatief is er een verschil (Figuur 6-15).

Oosterweel – Turbiditeit [mg/l]	Springtij	Doodtij	Gemiddeld tij
Zomer 1998 Min.	75	50	70
Zomer 1998 Max.	400	250	300
Zomer 2002 Min.	40	20	30
Zomer 2002 Max.	300	180	200



Figuur 6-15 : Turbiditeiten te Oosterweel : vergelijking juni –augustus 1998 vs 2002

6.2.2.4. Turbiditeit en stortactiviteiten : analyse niet-baggerperiode

Beschikbare data: 04/05/1998 – 31/08/1998 & 03/06/2002 – 31/07/2002

De stortstrategie die in 1998 gehanteerd verschilt van deze in 2002. In 1998 werd gedurende de maand mei wekelijks gemiddeld 40.000 m³ gestort, in juni bijna niets. Bij het bekijken van de turbiditeiten valt er echter geen significant verschil waar te nemen tussen de maanden mei en juni. Het effect van het storten is zeer miniem. In 2002 daarentegen is er tijdens de maand juni wel gestort (gegevens over de maand mei ontbreken hier nog) en pas tijdens het bouwverlof (midden juli) wordt er geen specie meer teruggestort. Opmerkelijk is hier wel dat wanneer men over deze periode de turbiditeitswaarden bekijkt, er in juni een 2-wekelijkse cyclus is terug te vinden (~ doortij-springtij-cyclus), terwijl deze midden juli niet meer duidelijk aanwezig is. Vanaf midden juli nemen de turbiditeitswaarden af (in maximum en amplitude). Een mogelijke oorzaak zouden de stortactiviteiten kunnen zijn, doch de turbiditeitswaarden liggen aanmerkelijk lager dan de waarden, eveneens uit een periode waarop er niet gestort werd, uit 1998. Andere oorzaken kunnen zijn het bovendebiet (in juni 2002 zijn er enkele wassen geweest, terwijl juli droog was, in 1998 was er midden april en begin juni dan weer een was), een verandering in de fysische kenmerken van het systeem of een probleem met de meetapparatuur in 2002. Ondanks het feit dat tijdens de maand juni 2002 er aanzienlijk meer gestort werd dan in mei 1998, zijn de gemeten turbiditeitswaarden van 2002 lager dan deze van 1998. **Dit geeft aan dat de directe invloed van het terugstorten van baggerspecie op de turbiditeit in de ruimere omgeving niet aantoonbaar is.**

6.2.2.5. Turbiditeit en stortactiviteiten : korte termijn effecten op de turbiditeit

De sedimentwolk die vrijkomt bij het storten van baggerspecie heeft lokaal (plaatselijk) en tijdelijk een verhoging van de turbiditeit tot gevolg. Met behulp van het 3D slibtransportmodel werden de effecten berekend van het continu storten van slib voor het geheel van de onderhoudsbaggerwerken voor de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok. Voor een gedetailleerde bespreking van de resultaten wordt verwezen naar bijlage 3.

Samenvattend kan men zeggen dat de korte termijn effecten voor de meeste locaties langs de Schelde beperkt blijven tot het voorbijkomen van een "wolk" met een hogere sedimentconcentratie. De netto verhoging loopt op tot circa 200mg/l dicht bij de bodem in de onmiddellijke omgeving en 125 mg/l nabij het wateroppervlak. In de ruimere omgeving (enkele kilometers op- of afwaarts van de stortlocatie) bedraagt de netto verhoging 75mg/l dicht bij de bodem in de onmiddellijke omgeving en 50 mg/l of minder nabij het wateroppervlak (ter hoogte van Europaterminal en Hemiksem).

In de periodes tussen het passeren van de wolk van de opeenvolgende stortactiviteiten tijdens één getijcyclus zakt voor het merendeel van de locaties de concentratie terug naar het normale referentieniveau. De sedimentconcentratie in deze massa vermindert met de tijd. De snelheid waarmee deze concentratie vermindert, is uiteraard afhankelijk van de gestorte hoeveelheid en van het aantal keren dat gestort werd.

6.2.3. Mogelijke ecologische effecten

6.2.3.1. Inleiding

Het storten van baggerspecie kan verschillende effecten hebben op het natuurlijk milieu van de stortlocaties en het Beneden-Zeeschelde ecosysteem. Om inzicht te krijgen in de belangrijkste effecten van het terugstorten van baggerspecie wordt eerst een beknopte ingreep-effecten matrix opgesteld.

Bij het beoordelen van de effecten staat voorop dat een estuarium een dynamisch ecosysteem is. Een ecosysteem dat continue onderhevig is aan veranderingen welke worden gestuurd door een wisselwerking tussen biologie en fysica. Menselijk ingrijpen zal een ingrijpen zijn op het voorkomen, de grootte en de geschiktheid van bepaalde leefgebieden en daarmee op de biodiversiteit van het systeem, m.a.w. de soortenrijkdom.

De beschrijving en evaluatie van de effecten gebeurt op basis van de bestaande beschikbare gegevens. Bij de bepaling van de mogelijke effecten wordt vertrokken van een vastgelegde referentiesituatie. Deze wordt bepaald door het jaartal waarin de besluiten van de Vlaamse Regering van kracht werden m.b.t. de vastlegging van de Habitat⁷- en Vogelrichtlijngebieden⁸.

Bij de eindbeoordeling van de effecten wordt bijzondere aandacht gegeven aan de mogelijke effecten op de gebieden, beschermd door de Habitat- en Vogelrichtlijngebieden. Mogelijke effecten op de voorkomende broedvogelsoorten van Bijlage I (zie deel 2.4) worden geëvalueerd. Prioritaire habitats komen niet voor binnen het studiegebied.

⁷ De procedure voor de aanduiding van de Habitatrichtlijngebieden is momenteel nog steeds lopende. Tweede fase van afbakening is afgerond op 10 juli 1998. Deze afbakening geldt nu als richtinggevend voor de beoordeling van de mogelijke effecten.

⁸ Het Besluit van de Vlaamse Executieve van 17/10/1988 (BS, 29/10/88) bekrachtigt de aanwijzing van 23 beschermingszones in het kader van de Vogelrichtlijn. Zone 3.6, Schorren en polders van de Beneden-Zeeschelde ligt in het studiegebied. Ingevolge het B.V.I.R. van 23/06/98 (BS, 25/07/98) werd o.a. deze zone hertekend.

De mogelijke effecten worden tenslotte ook getoetst aan de algemene principes van het Natuurbehoudsdecreet nl. stand-still en voorzorgsprincipe. Bij de effectbeoordeling wordt expliciet de nadruk gelegd op de mogelijke effecten die de Habitatrichtlijn- en Vogelrichtlijngebieden (zullen) ondervinden.

De situering van de Vogelrichtlijn-, Habitatrichtlijn en Ramsargebieden in de Beneden-, Zeeschelde werd opgenomen in APPENDIX 9. We onderscheiden de volgende gebieden,

Vogelrichtlijngebieden :

- Grootbuitenschoor
- Paardenschoor en Kallo sluis (inclusief achterliggend gebied Prosperpolder)
- Galgenschoor
- BorgerWeertpolder

Habitatrichtlijngebied:

- Grootbuitenschoor
- Linker oever Beneden-Zeeschelde tussen Paardenschoor (Schaar Ouden Doel) en Kallosluis
- Galgenschoor tot Boudewijnsdijk
- Meetstoof (opwaarts Boudewijnsdijk)
- Plaat van de Parel tot Plaat van Boomke (Roversdijk)
- Ford St. Marie
- Drempel van Oosterweel tot Galgenweel
- Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

Ramsargebieden:

- Grootbuitenschoor
- Paardenschoor, Schaar Ouden Doel
- Galgenschoor

6.2.3.2. Beknopte effectbespreking : algemeen

In dit deel zullen voornamelijk de effecten worden beschreven als gevolg van de stortactiviteiten. De effecten van het baggeren zijn gering. vertroebeling treedt hier slechts lokaal op ter hoogte van het baggerschip (overloop, ter hoogte van de baggerkop). Gezien de aanwezigheid van het troebelheidsmaximum in dit deelgebied van het Schelde-estuarium, worden de effecten slechts gering negatief beoordeeld (zie ook verder).

De effecten zullen worden beschouwd in het licht van het functioneren van groepen van organismen en op de verschuivingen in areaalgrootte van de leefgebieden. De effecten zullen enkel kwalitatief besproken worden. Geschikte basisgegevens ontbreken immers voor tal van aspecten (vb. Evolutie macrobenthos, verandering troebelheid, ...). Indien mogelijk wordt de kwalitatieve bespreking ondersteund door kwantitatieve gegevens.

Onderscheid bij de verdere bespreking van de effecten wordt gemaakt tussen enerzijds effecten van vaarbewegingen en anderzijds de effecten van het storten zelf.

6.2.3.3. Effecten van vaarbewegingen

De bagger- en stortwerkzaamheden leiden mogelijk tot verstoring van de aanwezige vogelpopulaties. Deze verstoring bestaat ten eerste uit een versturende invloed van de fysieke

aanwezigheid van de baggerschepen en ten tweede uit een verstoring door geluid dat de baggerschepen produceren.

Bij fysieke aanwezigheid zal met name het aantal scheepsbewegingen verstorend werken op de fauna van een gebied. Bij vogels zal verstoring optreden wanneer het geluidsniveau van de baggerschepen boven de 60 dB(A) komt (Davidson & Rothwell, 1993). Rekening houdend met gegevens m.b.t. geluidsproductie van sleephopperzuigers ligt de geluidscontour van 60 dB(A) tussen de 300 en 500 meter van het schip. Verder is het belangrijk rekening te houden met de duur van de overschreiding van een bepaald geluidsniveau. Gebleken is tevens dat na verloop van tijd er een bepaalde gewenning optreedt van vogels aan geluidsverstoring. Bij vergelijking van de geluidscontouren van 60 dB(A) en de mogelijke verstoring van belangrijke vogelgebieden blijkt er een relatief grote overlap te zijn. **Ten opzichte van het totaal aantal vaarbewegingen op de Beneden-Zeeschelde is het aantal vaarbewegingen door de baggerwerkzaamheden slechts heel gering (percentage < 5%⁹).**

De mogelijke verstoring van de populaties t.o.v. de referentiesituatie (en rekening houdend met de andere verstoringingsbronnen) wordt dan ook neutraal tot gering negatief beoordeeld. Op te merken valt dat ter hoogte van het Paardenschor, het gebied met algemeen het laagste achtergrondgeluid, er in absolute cijfers een toename is van het aantal en soorten watervogels. Mogelijke verklaringen zijn de toename van het totaal aantal ganzen en migratie van soorten die oorspronkelijk voorkwamen op het Groot Buitenschoor en het Galgenschor (zie Van den Bergh et al 1999). Tevens is er een stabilisatie tot toename van het aantal broedparen op het Paardenschor.

6.2.3.4. Effecten van storten : specie in suspensie - turbiditeit

Door baggerspecie in suspensie kan lokaal de troebelheid toenemen. Voor de verschillende scenario's wordt dit besproken in paragraaf 6.3.2.1. Dit kan gevolgen hebben voor primaire productie, filterende organismen, vissen en zichtjagers.

Primaire productie van fytoplankton is afhankelijk van de beschikbaarheid van licht. Een maat hiervoor is de dikte of diepte van de eufotische zone, dit is de doordringingsdiepte voor licht waarbij nog productie optreedt. De lichtintensiteit neemt exponentieel af met de diepte. Primaire productie in de Beneden-Zeeschelde is de laagste van het Schelde-estuarium. Dit is voornamelijk te wijten aan de saliniteitsgradiënt (zie Van Damme et al, 1999) en de aanwezigheid van het troebelheidsmaximum in deze zone van het Schelde-estuarium. Het terugstorten van baggerspecie heeft waarschijnlijk een effect op de primaire produktie. Het voortdurend in beweging houden van slib verhoogt de troebelheid en vermindert dus de primaire productie (Van Damme et al 1999). Het effect van het storten wordt echter zeer gering negatief begroot t.o.v. de referentiesituatie.

Het effect op de filterende organismen van het terugstorten van het baggerslib t.o.v. de referentiesituatie is eveneens zeer gering. Slib filterende organismen bezitten algemeen een geringe aanpassingscapaciteit tegenover verhoogde concentraties zwevend stof. Algemeen komen deze organismen slechts in zeer geringe mate voor in de Beneden-Zeeschelde. Het macrobenthos wordt hier voornamelijk gedomineerd door sub-surface- en surface deposit

⁹ Het aantal vaarbewegingen in het kader van de onderhoudsbaggerwerken bedraagt ongeveer 2000. Het aantal vaarbewegingen van zeeschepen is ongeveer 32.000. Ter hoogte van de verschillende sluizen worden ongeveer 20.000 vaarbewegingen genoteerd van binnenvaartschepen.

feeders. Een mogelijke verklaring hiervoor kan waarschijnlijk gezocht worden in de aanwezigheid van het (natuurlijk) troebelheidsmaximum in dit deelgebied.

De effecten op vissen zijn gering t.o.v. de referentiesituatie. De overmaat aan slib en de hoge concentraties gesuspendeerd materiaal veroorzaken algemeen een verstopping van de kieuwen waardoor sterfte optreedt bij larven van vissen. In de Beneden-Zeeschelde wordt algemeen een verbetering van het visbestand vastgesteld. Deze is voornamelijk te wijten aan de verbetering van de waterkwaliteit.

De effecten op zichtjagers hebben voornamelijk betrekking op het vangstsucces. vertroebeling door het storten kan een directe of indirecte invloed hebben op het vangstsucces van zichtjagers. Direct, doordat vertroebeling het doorzicht vermindert en indirect, doordat de vispopulatie reageert op veranderende omstandigheden. Op basis van bestaande gegevens is het niet op te maken of de gebieden rond de stortplaatsen direct dienst doen als foerageergebied voor vb. Sterns, visdief ed. Over het algemeen maken deze soorten echter een zeer klein deel uit van het totaal aantal watervogels voorkomend op het Paardenschor. (gemiddelde indien waargenomen < 1-2% met een maxima van 8%). Bij een eerste analyse¹⁰ van de aantallen watervogels voor het Paardenschor, die in meer of mindere mate direct gebonden zijn aan het onderwatermilieu voor hun voedsel, over de tijd kan algemeen een licht stijgende trend waargenomen worden. De opmerkelijkste vooruitgang in aantallen wordt opgemerkt bij de fuutachtigen (in het winterseizoen). Tevens kan over de laatste 20 jaar een relatieve toename van de steltlopers opgemerkt worden. In het laatste jaar werd voor de steltlopers op het Paardenschor een flinke piek genoteerd.

6.2.3.5. Effecten door gesedimenteerde baggerspecie

Het sedimenteren van baggerspecie kan lokaal leiden tot het begraven van bodemfauna en – flora ter hoogte van de stortlocaties. Indien het sediment verontreinigd is, kan dit eveneens een directe invloed hebben op de soortendiversiteit en densiteit. Voor de verschillende scenario's wordt dit besproken in paragraaf 6.3.2.2.

Ten opzichte van de referentiesituatie kan een verbetering van de bodemfauna (zowel in densiteit als in diversiteit) in de Beneden-Zeeschelde vastgesteld worden. Deze is voornamelijk het gevolg van de verbetering van de waterkwaliteit. Er zijn onvoldoende (historische) gegevens momenteel beschikbaar om het lokale effect van het terugstorten te beoordelen t.o.v. de referentiesituatie.

In studies naar het macrobenthos in de Beneden-Zeeschelde wordt wel een verband gelegd tussen de aanwezige soorten en de fysische en chemische verstoring door het terugstorten van baggermateriaal. Ter hoogte van de stortlocaties wordt zeventig procent van de samples gedomineerd door soorten die een hoge tolerantiegraad hebben (*H. Filiformis* en *Oligochatae*) (Ysebaert et al 2000). In vergelijking met de twee andere belangrijke gebieden, het Groot Buitenschoor en het Galgenschoor, komt op het Paardenschor de grootste diversiteit en densiteit macrobenthos voor.

Met behulp van het 3D model werd berekend dat de sedimentafzetting buiten de onmiddellijke omgeving van de stortplaats beperkt is t.o.v. het natuurlijk sedimentatie- en erosiepatroon. Uiteraard geldt hierbij de beperking dat het model aan de opwaartse zijde begrensd is ter hoogte

¹⁰ Bij de analyses werd bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de weersomstandigheden, zoals dat algemeen wel gebeurt bij watervogelonderzoek.

van de Rupelmonding en dat de analyses werden uitgevoerd op basis van een simulatie over een korte duur (een jaarlijkse cyclus werd dus niet berekend). Concreet werden analyses uitgevoerd om het sedimentatie- en erosiegedrag over 1 getij te analyseren. De resultaten van het 3D model tonen dat gedurende het eerste tij na het storten, opwaarts van de stortlocatie Plaat van Boomke (tot de modelgrens thv Schelle) een verhoogde sedimentatie van gemiddeld 0.04 cm/tij zich voordoet. Tijdens het volgende getij vermindert de sedimentatiesnelheid opwaarts tot gemiddeld 0.02 cm/tij en stijgt afwaarts de sedimentatiesnelheid tot 0.04 cm/tij. Afwaarts de Plaat van Lillo treedt er geen verhoging op van de sedimentatiesnelheid. Het gebaggerde en gestorte slib sedimenteert voor ongeveer 75% terug na 2 getijen.

De sedimentatie- en erosiepatronen voor het totale gebied zijn schematisch weergegeven in de onderstaande figuren. Figuur 6-16 toont de sedimentatie- en erosiehoeveelheid (ton/tij) voor de onderhoudsbaggerwerken van de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok voor de Schelde tussen Schelle en Waarde.

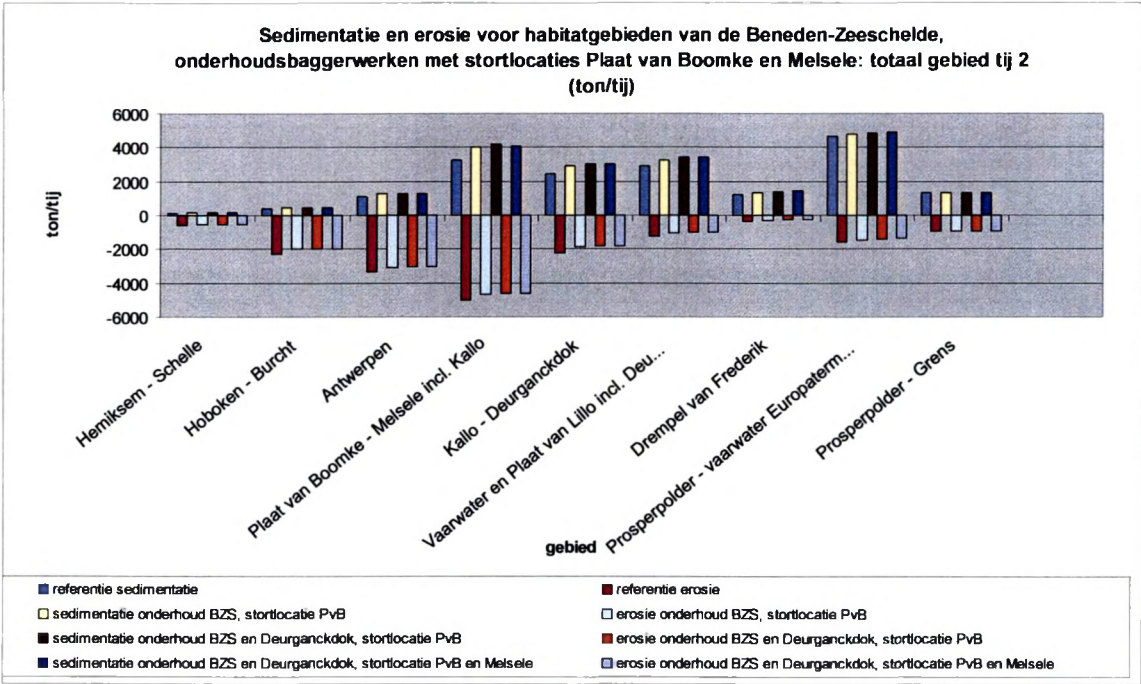
De sedimentatie- en erosiehoeveelheid is de hoeveelheid slib in ton die zich afzet (of erodeert) na 1 tij in een deelgebied (voorbeeld Hemiksem-Schelle), in de betreffende fysische entiteit (voorbeeld intergetijdengebied). In een fysische entiteit van een deelgebied kan er zowel sedimentatie als erosie optreden.

De grafiek geeft naast de referentietoestand, de resultaten weer voor enerzijds de situatie met het huidig onderhoud in de Beneden-Zeeschelde en waarbij gestort wordt op de Plaat van Boomke, anderzijds onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok samen en waarbij gestort wordt op de Plaat van Boomke ofwel gestort wordt op de zowel de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele.

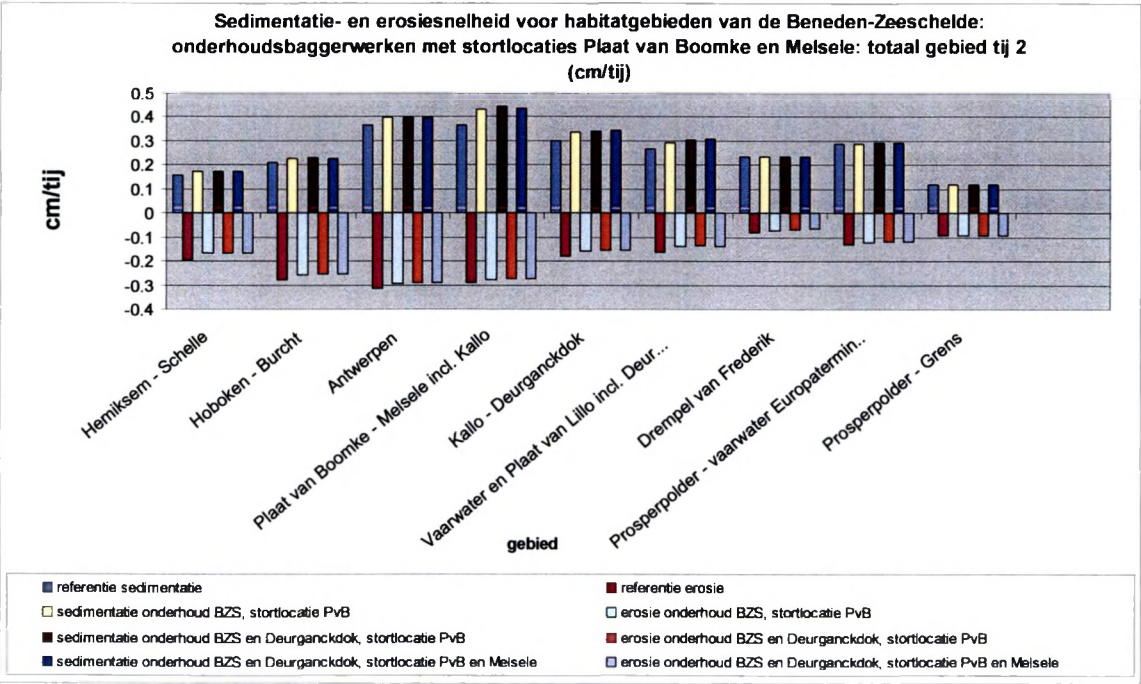
De afbakening van de gebieden wordt grafisch voorgesteld in Figuur 3-26.

Figuur 6-17 toont de sedimentatie- en erosiesnelheden voor habitatgebieden van de Beneden-Zeeschelde (cm/tij), en Figuur 6-18 toont de relatieve verandering van sedimentatie- en erosiesnelheden (cm/tij) voor het totaal gebied (tij 2).

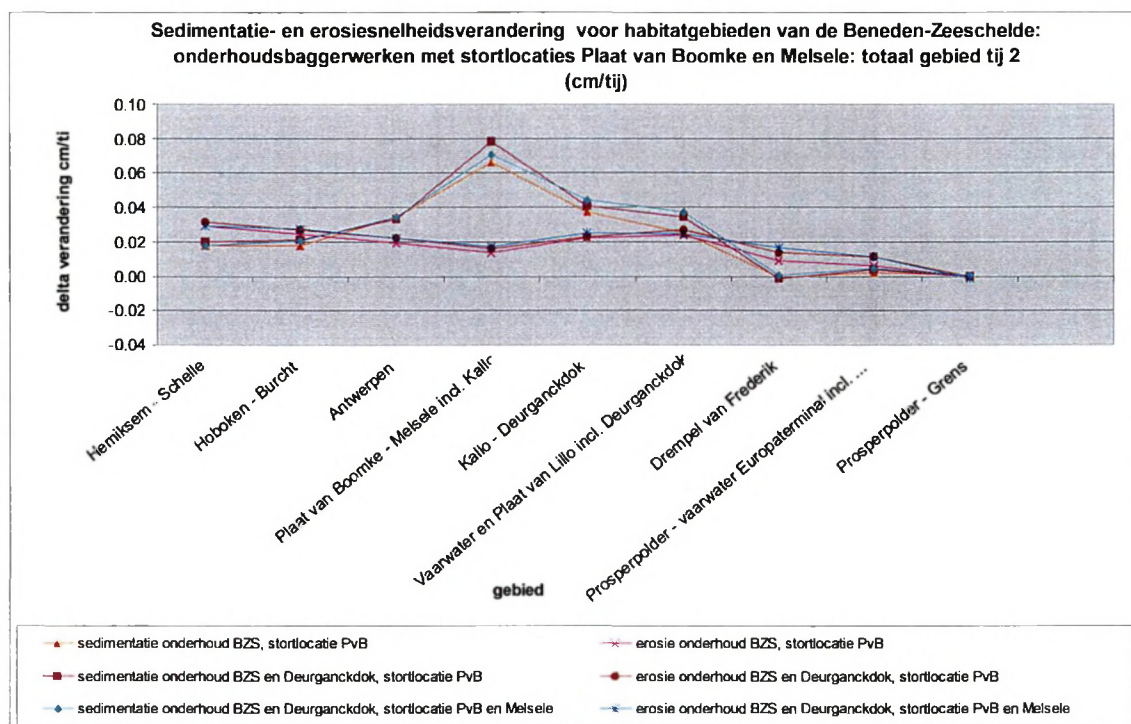
De sedimentatie snelheid, is de toename van de dikte (cm) van de sliblaag na 1 tij ter hoogte van de bodemoppervlakte waar er effectief sedimentatie plaats heeft. Op een gedeelte van het bodemoppervlak treedt er geen sedimentatie op, daar blijft de dikte van de sliblaag ongewijzigd na 1 tij. Door het kleppen op de Plaat van Boomke en Melsele ontstaat er een verhoging van de sedimentatiesnelheid voor sedimentatiegevoelige gebieden tussen Schelle en Prosperpolder. De erosiesnelheid, ter hoogte van erosiegevoelige gebieden, vermindert en dit laat zich voelen tot de Europaterminal.



Figuur 6-16 : Effecten van storten voor habitatgebieden van de Beneden-Zeeschelde sedimentatie en erosie (ton/tij)



Figuur 6-17 : Effecten van storten voor habitatgebieden van de Beneden-Zeeschelde sedimentatie- en erosiesnelheden (cm/tij)



Figuur 6-18 : Effecten van onderhoudsbaggerwerken voor habitatgebieden van de Beneden-Zeeschelde sedimentatie- en erosiesnelheden (delta cm/tij)

De meer gedetailleerde analyse werd gemaakt voor de volgende fysische entiteiten, zoals weergegeven in Figuur 3-26.

- Het gebied boven 5m TAW_i, dit is het schorregebied
- Het intergetijdengebied, tussen 0 en 5mTAW, meer bepaald de slikken;
- Het ondiepwatergebied tussen -2m en 0mTAW;
- De zone tussen de bovenvermelde ondiepwaterzone en de vaargeul, gekenmerkt dooreen variabele diepte ter hoogte van de vaargeulgrens en anderzijds begrensd door de dieptelijn - 2mTAW;
- De toegangseulen en het Deurganckdok;
- De vaargeul.

Voor een gedetailleerde bespreking van de resultaten voor de berekeningen uitgevoerd voor de onderhoudsbaggerwerken, wordt verwezen naar APPENDIX 3.

6.2.3.6. Effecten door het mogelijk vrijkomen van stoffen

Door het storten van baggermateriaal kan mogelijk lokaal de waterkwaliteit verslechteren door het vrijzetten van stoffen uit het baggermateriaal. Ecotoxicologisch zijn er geen aanwijzingen dat er directe effecten zijn op de aquatische organismen (zie deel chemische karakterisatie).

6.2.3.7. Effecten door verandering van stromingspatroon en geomorfologie

Door verandering van stromingspatroon en geomorfologie kan een verandering van zoet-zout gradiënt en een verandering van de grootte van de verschillende morfologische structuren optreden. Belangrijke wijzigingen in zoet-zout gradiënt en de grootte van de morfologische structuren treden niet op door de onderhoudsbaggerwerken en stortingen.

Schorregebieden in de Beneden-Schelde zijn over het algemeen vastgelegd door steenbestortingen. Een direct effect op de areaalgrootte is hier niet te verwachten. Het areaal slikken in de Beneden-Schelde is sinds 1987 afgenomen door de aanleg van de verschillende containerterminals t.h.v. het Groot Buitenschoor en het Galgenschoor. Ter hoogte van het Paardenschor is echter een relatieve aangroei van het slikkengebied waar te nemen.

Belangrijke opmerking: Ter hoogte van het Paardenschor staan op de afbakening van de Vogelrichtlijn en de Ramsargebieden twee eilandjes aangeduid, ongeveer ter hoogte van de stortlocaties. Die twee eilandjes zijn zandplaten die er tot einde van de jaren '60 waren. Begin van de jaren '70 zijn deze afgekalfd. Waarschijnlijk bestaat er een direct verband met de bouw van de pyloon V in het midden van de Schelde. De kaarten op basis waarvan de vogelrichtlijngebieden afgebakend zijn, betreffen kaarten van NGI (toen nog MGI). Deze zijn zeker voor de bathymetrie van de Schelde niet betrouwbaar, gezien de snelle veranderingen van de bathymetrie. Toen het besluit van de Vlaamse regering getekend werd (anno jaren '80) waren die twee eilandjes in werkelijkheid al vijftien jaar weg. Zij bevonden zich toen al een flink deel onder laagwater.

Ter hoogte van de andere stortplaats, Plaat van Boomke is er een ietwat grillig verloop van afkalving en aangroei waar te nemen (zie deel 4.1). De belangrijkste (breedste) slikkengebieden bevinden zich stroomafwaarts van dit gebied. Hier konden bij een terreinbezoek (26/03/01) ook een groot aantal vogelsoorten in relatief grote aantallen foeragerend opgemerkt worden (o.a. Tureluur, Kluut, Wulp, Bergeend, Wintertaling, kuifeend, ...). Ter hoogte van de Plaat van Boomke is de slikkenbreedte relatief klein en bovendien verstevigd met breuksteen. Ter illustratie wordt hieronder de situatie stroomafwaarts en ter hoogte van Boomke geïllustreerd aan de hand van twee foto's.



Foto 1 : Voorbeeld van smalle slikplaat t.h.v. Plaat van Boomke. Zone wordt gekenmerkt door een afwisseling tussen erosie en aangroei. (van voor 1980)



Foto 2 : Voorbeeld van een brede slikplaat stroomafwaarts storting Plaat van Boomke; Deze zone kent een lichte toename in oppervlakte.

Een laatste belangrijke morfologische eenheid m.b.t. ecologie is de ondiepe waterzone. De uitgebreide analyse van deze zone gekarakteriseerd door de laagwaterlijn -2m werd hoger

beschreven. Ter hoogte van het Paardenschor werd in eerste instantie een relatieve aangroei van de zone ondiep water vastgesteld. De laatste 10 jaar is de ondiepe waterzone echter in geringe mate afgenomen. Ter hoogte van de Plaat van Boomke is er in eerste instantie een relatieve afname van de ondiepwaterzone vastgesteld. De afname van de ondiepwaterzone situeert zich echter voornamelijk ter hoogte van de minst interessante slikgebieden. Vervolgens was er stabilisering van de ondiepe waterzone.

6.3. Meest Milieuvriendelijk Alternatief

Met betrekking tot de uitvoering van de onderhoudsbaggerwerken werden de mogelijke alternatieven geïnventariseerd en geanalyseerd. Hiertoe werd enerzijds onderzocht in hoeverre er alternatieve baggertechnieken en/of stortplaatsen mogelijk zijn en anderzijds in hoeverre de hoeveelheid baggerwerk door infrastructurele maatregelen op een significante wijze kan beperkt worden.

6.3.1. Alternatieve baggerprocedures

Een eerste mogelijkheid hiervoor is het inzetten van andere types baggertuigen. Hierbij kan gedacht worden aan de stationaire zuigers.

Voor de stationaire zuigers zou kunnen geopteerd worden voor enerzijds cutterzuigers en anderzijds de nieuwere types met een lage turbiditeitscreatie en een hoge transportdensiteit (bv milieusnijkopzuiger, veegzuiger,...). Beide types zijn stationair en het specietransport moet bijgevolg gebeuren met transportschepen (klepbakken) die ofwel zijdelings aan het baggertuig afmeren ofwel via een (korte) drijvende leiding gevuld worden. De klepbakken varen daarna naar de stortzone waar via deuren in de bodem de specie op de rivierbodem gedeponeerd wordt. Ook bestaat de mogelijkheid om deze schepen via een walpersinstallatie langs de bovenzijde te ledigen en de specie aan land te brengen. (Deze 'deponiemethoden' zijn identiek aan de sleephopperzuiger.)

Hierbij moet opgemerkt worden dat het laden van transportschepen met cutterzuigers relatief efficiënt verloopt in zandige specie maar dat er een zeer grote verdunning optreedt bij het verpompen van slib met deze tuigen. De nieuwere types (bv milieusnijkopzuiger) zijn dan weer goed geschikt voor slibrijke specie maar verliezen hun efficiëntie bij zandige specie.

Gezien er in de Schelde een mengeling van beide bodemtypes voorkomt, is geen van deze beide types baggertuigen optimaal geschikt voor dit soort onderhoudsbaggerwerken en dit in tegenstelling met de sleephopperzuiger die beide bodemtypes op een optimale wijze kan baggeren.

Verder moet opgemerkt worden dat het gebruik van stationaire zuigers die moeten verankerd worden op verschillende ankers in de vaargeul een grotere hinder voor de normale scheepvaart betekenen dan een vrijvarend schip zoals de sleephopperzuiger. Bovendien is het risico tot aanvaring groter bij een stilliggend verankerd tuig dan bij een varend tuig.

6.3.2. Alternatieve slibbergingstechnieken

Een tweede mogelijkheid om tot een alternatieve benadering van het onderhoudsbaggerproces te komen is het wijzigen van de slibbergingstechnieken. Opnieuw zijn een aantal mogelijkheden onderzocht :

- Hergebruik van de specie
- Berging aan land
- Berging in onderwatercellen
- Berging op de platen
- Andere locaties in de rivier

Hergebruik van de vrijkomende specie is slechts in beperkte mate mogelijk en wordt reeds gerealiseerd door de zandwinningen in de Schaar van Ouden Doel waar een deel van de gestorte zandspecie opnieuw opgegraven wordt en verkocht aan de wal. Dit hergebruik is slechts mogelijk voor (een deel van) de zandige specie omdat hergebruik van de zeer slappe en vloeibare slibvolumes niet mogelijk is tenzij in landschapsprojecten. Zelfs voor de zandspecie is hergebruik slechts mogelijk in specifieke gevallen en wel als aanvulgronden; dit omdat de karakteristieken van het zand niet geschikt zijn voor de bouwindustrie.

De berging van een groot deel van de onderhoudsbaggerspecie aan land is onmogelijk dit gezien de grote hoeveelheden die jaarlijks moeten geborgen worden en de zeer beperkte beschikbaarheid van mogelijke bergingsterreinen. Deze aanpak is wel mogelijk geweest in het verleden omdat er toen zeer grote hoeveelheden zand nodig waren voor de ophoging van de haventerreinen. Op dit ogenblik is er echter geen sprake meer van een significante uitbreiding van de haventerreinen zodat er ook geen vraag is naar grote zandvolumes aan land.

Onderwaterberging in onderwatercellen onder de bestaande havendokken werd reeds op een quasi maximale wijze gerealiseerd. De laatste volumes (in de Waaslandhaven) werden in 2001 gevuld. Het creëren van bijkomende onderwatercellen in de rivier zelf is uitgesloten omdat de natuurlijke sedimentatie de cellen zeer snel zal opvullen zodat er geen ruimte blijft voor de aanvoer van onderhoudsbaggerspecie van andere zones in de Beneden Zeeschelde. Het inrichten van depots op de platen is slechts een theoretische mogelijkheid. Dit zou echter aanleiding geven tot grote morfologische wijzigingen in de rivier met de hieruitvolgende impact op de ecologie van het estuarium. Deze mogelijkheid moet bijgevolg uitgesloten worden.

De berging op andere plaatsen in de rivier is een laatste mogelijkheid. Hierbij moet echter in overweging genomen worden dat er geen significant grensoverschrijdend specietransport wordt toegelaten door Nederland. Tevens moet er rekening mee gehouden worden dat het turbiditeitsmaximum zich in de omgeving van Antwerpen bevindt en dat deze zone de meest geschikte plaats is voor de berging van belangrijke slibvolumes in de rivier.

Verschillende scenario's werden onderzocht voor het terugstorten van de slibrijke baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Hiertoe werd gebruik gemaakt van het 3D hydrodynamisch morfologisch numerieke model (voor een beschrijving van het model, zie 0). Naast de aangevraagde stortlocaties werden tevens 3 bijkomende stortlocaties onderzocht: Noord-Ballast, Plaat van de Parel en Boei 84 (tussen Deurganckdok en Europaterminal). Tevens werden de resultaten van het mogelijk terugpompen van slib uit het Deurganckdok, in de onmiddellijke omgeving en ter hoogte van het Galgeschoor (laagwaterlijn), bekeken.

Gelet op het feit dat in de huidige context turbiditeit en sedimentatiesnelheid als primaire indicatoren kunnen beschouwd worden voor de ecologie en welke rechtstreeks gerelateerd zijn aan de stortactiviteiten, worden de volgende aandachtspunten in rekening gebracht bij de analyse:

- de turbiditeit, die maatgevend is voor de primaire productie en effect kan hebben op de filterende organismen, op de vissen en op de zichtjagers;
- de afzetting van slib op de slikken en schorren, waarbij vooral de sedimentatiesnelheid een effect heeft op de migratie- en bijgevolg ook de overlevingsmogelijkheden van de leefgemeenschappen enerzijds en anderzijds een maat zijn voor het in stand houden van het fysisch systeem en de overlevingskansen van biota
- de mogelijke grensoverschrijdende effecten,
- de effectiviteit van de stortactiviteiten.

Bij de analyse werd getracht een scoresysteem op te stellen dat snel en overzichtelijk de voordelen van ieder scenario aangeeft. De evaluatie heeft als doel een geobjectiveerde afweging te kunnen maken tussen verschillende scenario's, rekening houdend met ecologische

overwegingen en efficiëntie. Kostenaspecten worden in deze evaluatie inzake meest milieuvriendelijk alternatief niet in overweging genomen.

Het hoeft niet gezegd dat het opmaken van een score automatisch tot vereenvoudigingen leidt, zodat de onderstaande resultaten dan ook in dat daglicht moeten worden bekeken. Voor een gedetailleerde bespreking van de resultaten wordt verwezen naar APPENDIX 3, APPENDIX 4. en APPENDIX 5

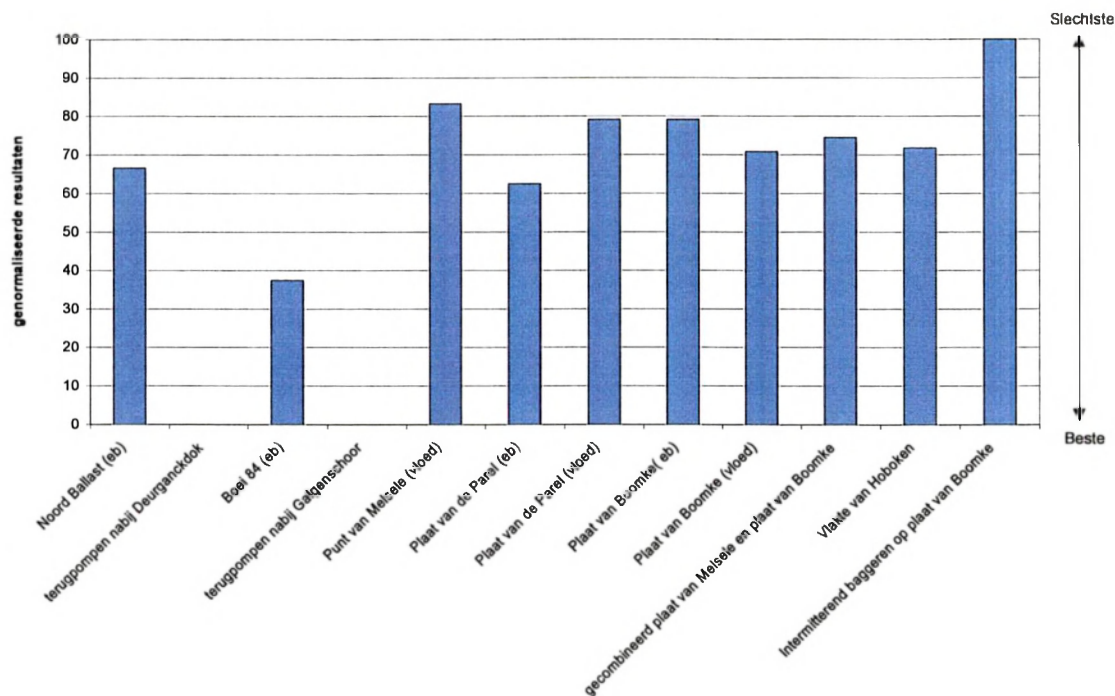
Het gebruikte scoresysteem maakt gebruik van genormaliseerde waarden: voor iedere onderzochte parameter (in totaal 4) werd aan het scenario met meeste milieu impact een score 100 toegekend (de negatieve effecten werden uitgedrukt in %), aan het scenario met de minste milieu impact werd een score 0 toegekend. De resultaten van de overige scenario's werden dan aan de hand van deze maximale score omgerekend.

6.3.2.1. Invloed op de turbiditeit

Voor het bepalen van de invloed van de verschillende stortscenario's op de turbiditeit werd de ruimtelijke verspreiding van de door de stortingsactiviteiten veroorzaakte verhoging in de turbiditeit bestudeerd. In dit criterium wordt het effect inzake de turbiditeit door de stortactiviteiten, uitgedrukt in de hoogte van de tijdelijke piek, de duur van deze piek en de afstand waarover de turbiditeitsverhoging (significant) voelbaar is.

De kleinste verhoging in turbiditeit wordt gezien bij het terugpompen: door de langzame release van het sediment (in tegenstelling tot het kleppen) wordt geen verhoging vastgesteld.

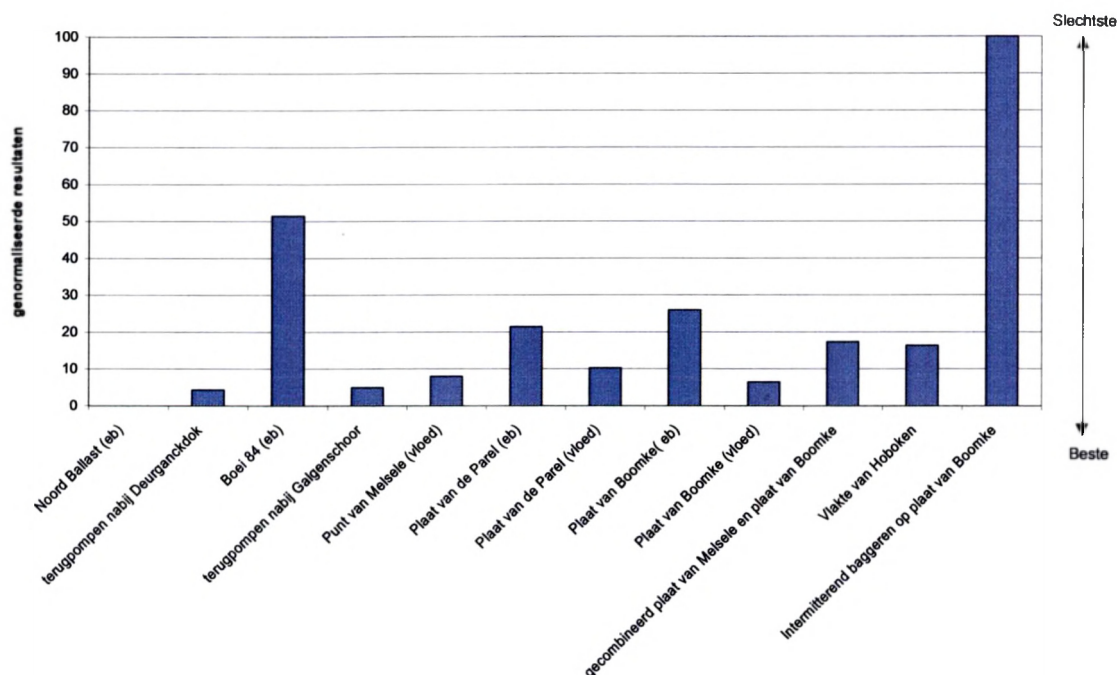
De slechtste resultaten worden behaald door het intermitterend baggeren wat in de lijn der verwachtingen ligt: Bij het intermitterend baggeren worden grotere hoeveelheden gestort aangezien op een kortere periode dezelfde hoeveelheden gestort worden als bij het normale continue baggeren.



Figuur 6-19 : Invloed van de verschillende scenario's op de turbiditeit

6.3.2.2. Invloed op de sedimentatiesnelheid

Voor het bepalen van de invloed van de verschillende stortscenario's op de slikken en schorren werd de afzetting van slib (sedimentatiesnelheid) in de slikken en schorren bestudeerd en meer bepaald de hoeveelheden afgezet slib en de sedimentatiesnelheid, aangezien deze een maat zijn voor het in stand houden van het fysisch systeem en de overlevingskansen van biota anderszijds. De invloed op de sedimentatiesnelheid ter hoogte van slikken en schorren werd ingeschat door de aangroei te bepalen van de sliblaag tijdens één tij periode na het storten en te vergelijken met de van nature aanwezige sedimentatiesnelheid. De scenario's verschillen weinig of niet van elkaar voor wat de invloed op de sedimentatiesnelheden betreft, op uitzondering van het scenario waarbij gestort wordt nabij boei 84, wat leidt tot hoge sedimentatiesnelheden in het Galgenschuur.

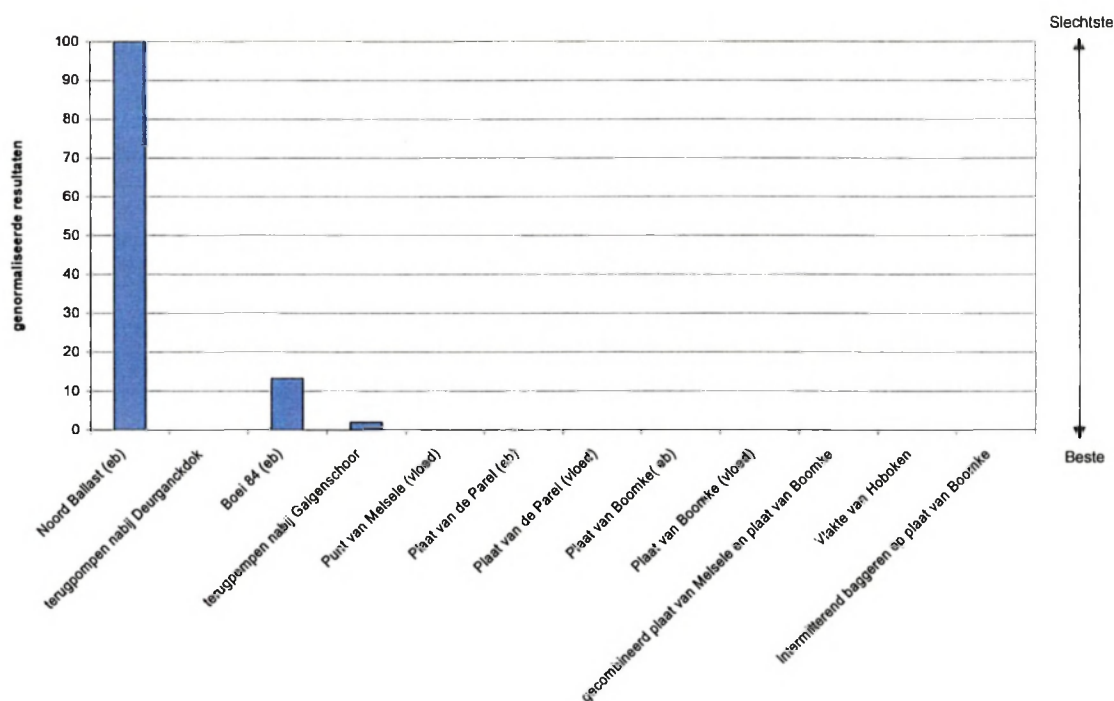


Figuur 6-20 : Invloed van de verschillende scenario's op de sedimentatiesnelheid

6.3.2.3. Mogelijke grensoverschrijdende effecten

Om de mogelijke grensoverschrijdende effecten in te schatten werd gekeken naar de maximum sedimentconcentratie in Bath. Deze maximum concentratie werd dan vergeleken met de maximumconcentratie berekend uit een referentiescenario waarin niet gestort werd. Indien geen verhoging wordt vastgesteld ten opzichte van het referentiescenario zijn er geen grensoverschrijdende effecten vast te stellen, indien wel een verhoging vastgesteld wordt, wordt geconcludeerd dat grensoverschrijdende effecten voorkomen.

Het storten op Noord Ballast scoort begrijpelijkerwijze zeer slecht. Ook het storten bij boei 84 tijdens eb geeft een grensoverschrijdend effect. Bij alle overige scenario's konden geen grensoverschrijdende effecten worden vastgesteld.

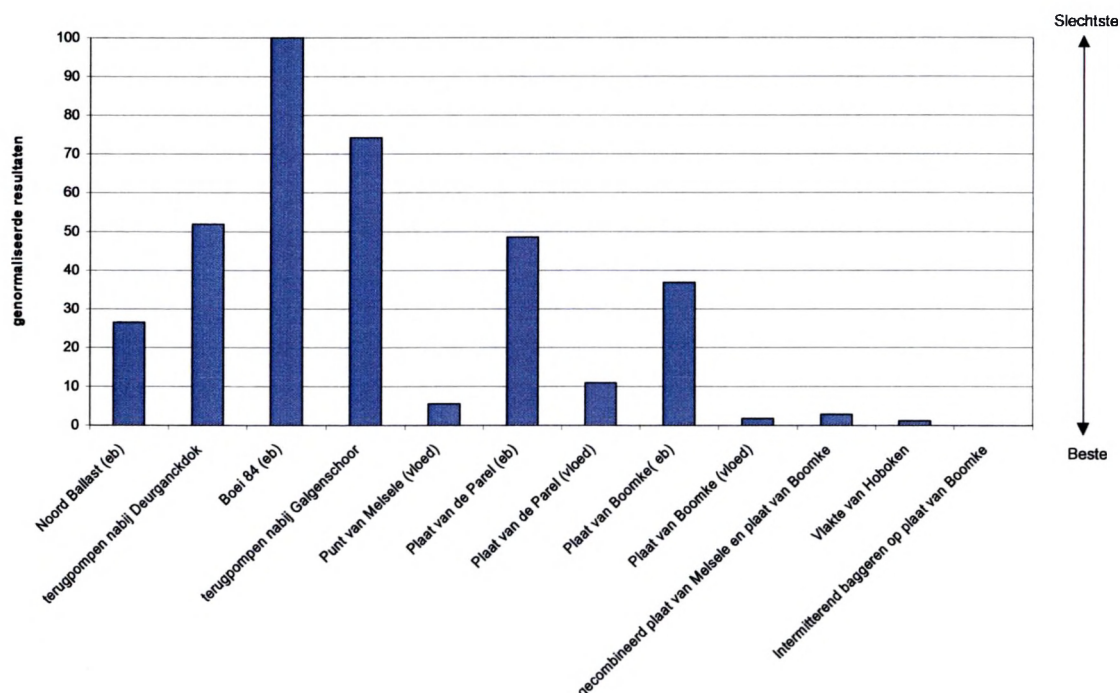


Figuur 6-21 : Invloed van de verschillende scenario's op de grensoverschrijdende effecten

6.3.2.4. Effectiviteit van de baggerwerken

De effectiviteit van de baggerwerken werd ingeschat door het gehalte aan sediment te bepalen dat twee tijden na het storten in nautisch gevoelige plaatsen gehersedimenteerd is. De effectiviteit van de stortactiviteiten wordt uitgedrukt door het percentage gestort sediment te berekenen dat opnieuw wordt afgezet in een nautisch belangrijk gebied, meer bepaald de vaargeul, de toegangsgeulen en het Deurganckdok. Hoe groter het gedeelte van het gestorte sediment dat hersedimenteert hoe minder effectief de stortlocatie wordt.

Het storten bij boei 84 tijdens eb, en het terugpompen nabij het Galgenschuur (en in mindere mate ook het terugpompen nabij het Deurganckdok) geven minder goede resultaten qua effectiviteit. Het storten tijdens eb op Plaat van Boomke en Plaat van de Parel geeft logischerwijs iets minder goede resultaten dan het storten bij vloed. Voor het overige geven de scenario's zeer gelijklopende resultaten.



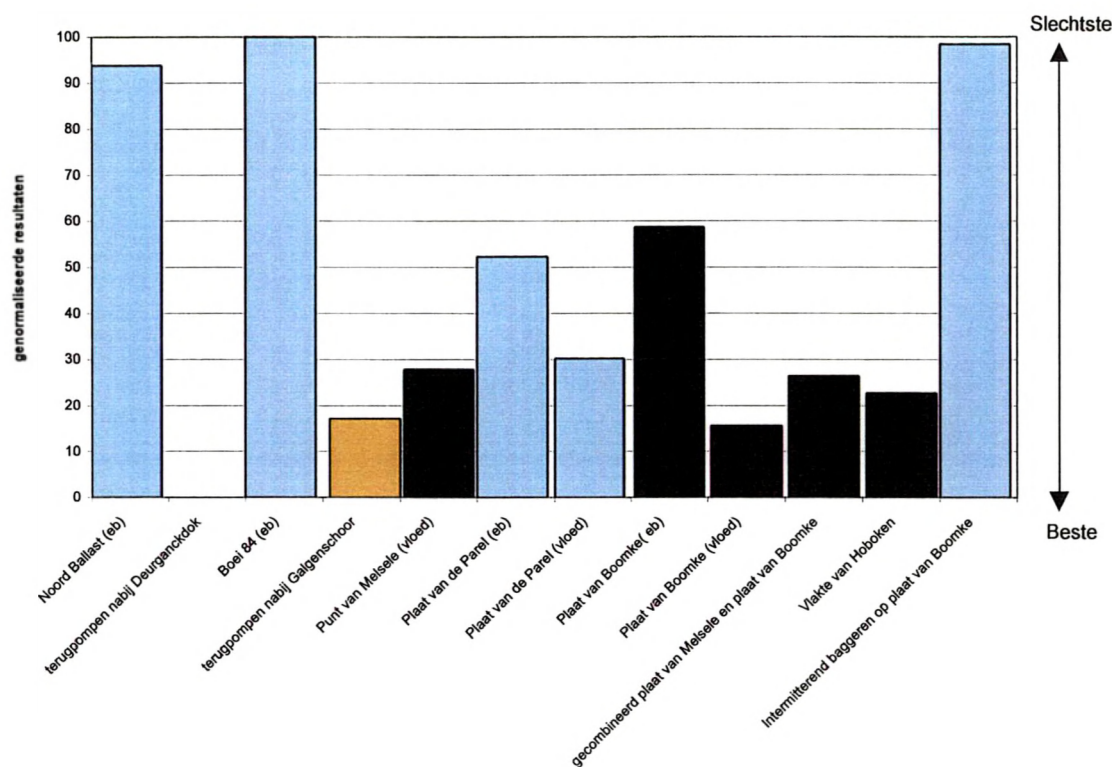
Figuur 6-22 : Invloed van de verschillende scenario's op de effectiviteit van de baggerwerken

6.3.2.5. Algemeen beeld van de onderzochte stortscenario's

Om een algemeen beeld van de onderzochte scenario's te bekomen werden de behaalde scores op de vier individuele onderdelen gecombineerd. De analyse houdt geen rekening met de kosten van de scenario's. De stortlocaties waarvoor een vergunning wordt aangevraagd zijn op Figuur 6-23 aangeduid in het donker, de beschouwde alternatieve stortlocaties in het licht. Uit de figuur blijkt dat de scores voor de verschillende scenario's relatief dicht bij elkaar liggen. Het storten aan Noord Ballast, aan boei 84 en het scenario intermitterend baggeren op plaat van Boomke scoren vanuit milieuoogpunt het minst goed.

Uit deze grafiek komt ook naar voren dat het terugpompen van het sediment naar de Schelde via een slibgemaal een potentieel interessante optie is. De scenario's met slibgemalen zijn echter enkel gericht naar het onderhoud van het Deurganckdok en zijn geen optie voor het geheel van de onderhoudsbaggerwerken, de technische haalbaarheid van de slibgemalen dient nog verder onderzocht te worden.

Voor wat betreft de Plaat van de Parel kunnen goede resultaten voorgelegd worden, maar de vaardiepte ter hoogte van deze stortlocatie is te beperkt.



Figuur 6-23 : Algemeen beeld van de onderzochte scenario's

Op basis van de bovenbeschreven effecten en het gecombineerde beeld van de onderzochte stortlocaties, waarbij een evaluatie werd wat betreft de effectiviteit, de turbiditeit, het grensoverschrijdend effect en de sedimentafzetting in slikken en schorren (toegespitst op Groot Buitenschor, Paardenschor en Galgenschuur), kan een meer kwalitatieve beoordeling worden gemaakt van de stortstrategieën.

Tabel 6-11 : overzicht van de mogelijk onderzochte stortstrategieën

Stortlocatie	Effectiviteit	Turbiditeit	Sedimentafzetting in slikken en schorren	Grensoverschrijdend effect
Plaat van Boomke	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeër klein
Plaat van Boomke en Punt van Melsele	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeër klein
Intermitterend storten op Plaat van Boomke	Lichte verslechtering tov huidige situatie, vooral	Sterke verhoging	Lichte verhoging	Zeër klein

Stortlocatie	Effectiviteit	Turbiditeit	Sedimentafzetting in slikken en schorren	Grensoverschrijdend effect
	opwaarts het Dgd ¹¹ , afwaarts minder			
Noord-Ballast	Verbetering tov huidige situatie opwaarts, afwaarts sterke verslechtering	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Afwaarts toename in GB, PS ¹² . Lichte verbetering opwaarts het Dgd	Zeer groot
Plaat van de Parel	≈ huidige situatie, iets slechter	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeer klein
Boei 84	Voorafwaarts slechter dan huidige situatie, opwaarts lichtjes slechter	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Afwaarts significante toename in GB, PS.	Groot
Terugpompen nabij Deurganckdok	Lichter verbetering opwaarts het Dgd, afwaarts slechtere resultaten	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Beperkte toename in GB, PS en GS. Lichte verbetering opwaarts het Dgd	verwaarloosbaar
Terugpompen nabij Galgenschoor	Afwaarts Dgd slechtere resultaten	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Beperkte toename in GB, PS en grote toename in GS. Lichte verbetering opwaarts Kallosluis	verwaarloosbaar
Vlakte van Hoboken	≈ huidige situatie	Verhoging in opwaarts deel van de Beneden- Zeeschelde	Afname in GB, PS en GS. Significante stijging opwaarts Antwerpen.	Verwaarloosbaar

Er kan besloten worden dat de huidige door de Afdeling Maritieme Toegang uitgevoerde stortstrategie nl. het storten op de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele over het algemeen de betere resultaten geeft. De invloed op de sedimentatie blijft beperkt, de effectiviteit van de baggerwerken is goed en de verhoging in de turbiditeit blijft beperkt. Het grensoverschrijdend effect speelt enkel een rol bij de stortingen op Noord Ballast en aan Boei 84. De nieuw

¹¹ Deurganckdok
¹² GB : Groot Buitenschoor, PS : Paardeschor, GS : Galgenschoor

aangevraagde stortlocatie Vlake van Hoboken geeft vergelijkbare resultaten met het scenario storten op de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele : de turbiditeitsverhoging en de invloed van sedimentatie laat zich ook meer opwaarts gevoelen in de Schelde en het afwaarts gedeelte van de Rupel.

6.3.3. Infrastructurele alternatieven

Het gebruik van infrastructurele ingrepen (bv. bijkomende leidammen) is een alternatieve mogelijkheid voor de beperking van het baggervolume in de Beneden-Zeeschelde. Dit is in het verleden reeds gebruikt toen er 30 à 40 jaar terug een aantal leidammen werden gerealiseerd om de stromingen zoveel mogelijk door een vastgelegde geul te sturen. Hierdoor werd het natuurlijk eroderend vermogen en de transportcapaciteit van de waterkolom voor het slib versterkt zodat er minder baggerwerken nodig zijn voor het op diepte houden van de vaargeul. Echter in het kader van het behoud van de natuurlijkheid van het estuarium moet deze aanpak gezien worden als een zware ingreep die het morfologisch en ecologisch evenwicht drastisch zou kunnen verstoren, met significante effecten op de slikken en de schorren.

Dit is dan ook de belangrijkste reden waarom deze aanpak niet kan worden weerhouden als mogelijke oplossing voor het beperken van de onderhoudsbaggerwerken.

Voor het onderhoudsbaggerwerk van het Deurganckdok daarentegen geldt een dergelijke redenering niet. Hoger werd reeds aangegeven welke strategie dient gevolgd te worden met betrekking tot de onderhoudsbaggerwerken in het Deurganckdok :

- **De recurrente aanslibbingen moeten op termijn zoveel mogelijk beperkt worden om tot een duurzame oplossing te komen. Hiertoe moeten de constructieve maatregelen om slibaanvoer te beperken en de alternatieve slibverwijderingstechnieken die enig perspectief lijken te bieden verder onderzocht worden.**
- **Het is te verwachten dat deze structurele maatregelen nog minimum 5 jaar nodig hebben om te worden ontwikkeld en getest. Ondertussen moet het onderhoud van het dok toch gerealiseerd worden en hiervoor komen de traditionele baggertechnieken naar voren. Deze moeten echter wel toegepast worden met de nodige zorgvuldigheid om zo de milieu-impact ervan binnen aanvaardbare perken te houden.**
- **Op middellange termijn is het wenselijk dat de innovatieve infrastructurele maatregelen die na verder onderzoek inzake technische, economische en milieutechnische haalbaarheid als positief worden beoordeeld, geïntegreerd worden in het geheel van de baggerplanning om zo bij te dragen tot het gebruik van de Best Beschikbare Technologie voor het onderhoud van de Beneden-Zeeschelde.**

6.4. Besluiten

Uit de vergelijking van de verschillende stortstrategieën inzake milieu-effecten volgt dat voor de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde storten op de reeds vergunde locaties alsook op de Vlake van Hoboken de beste alternatieven zijn voor het terugstorten van slib. Voor het Deurganckdok zijn alternatieve stortstrategieën mogelijk, meer bepaald het terugpompen in het vaarwater in de omgeving van het dok of ter hoogte van het Galgeschoor. Deze laatste technieken vergen de bouw van een slibgemaal, waarvoor verder onderzoek noodzakelijk is. Voor het geheel van de baggerwerken wordt door het bijkomend onderhoud in het Deurganckdok een verhoging van circa 25% van het te storten volume slib verwacht (in vergelijking met de stortvolumes van 2003). De totale hoeveelheid van het baggervolume vereist de continue inzet van baggertuigen gedurende het volledig jaar. Rekening houdend met de bevindingen dat een discontinu stortproces grote effecten heeft inzake turbiditeitsverstoring, en in mindere mate inzake

verstoring van het sedimentatiepatroon in slikken en schorren, kan worden gesteld dat het instellen van vensters (zowel op korte tijdsbasis binnen een getijcyclus, als op jaarbasis) voor de stortactiviteiten niet te overwegen is.

Het storten van slibrijke baggerspecie in de ruime omgeving van de Plaat van Boomke is thans het meest milieuvriendelijke alternatief, aangezien het inzake turbiditeitsregime het nauwst aansluit bij het huidig fysisch systeem en er bijgevolg een minimale verstoring van het regime mag verwacht worden. Dit alternatief resulteert in een voeding van de slikken en schorren aan een aanvaardbare sedimentatiesnelheid. De effectiviteit is goed in vergelijking met de mogelijke alternatieven en de grensoverschrijdende effecten zijn gekend en minimaal. Uitwijking naar de Vlakte van Hoboken is een evenwaardig alternatief, waarbij er wel een toename van de turbiditeit mag verwacht worden in het opwaarts gedeelte van de Beneden-Zeeschelde. Voor zandrijke specie blijft terugstorten in de Schaar van Ouden Doel het meest aangewezen.

Het meest milieuvriendelijk alternatief laat optimalisatie mogelijk door infrastructurele ingrepen met betrekking tot het minimaliseren van de sedimentaanvoer naar het Deurganckdok of door het uitwerken van een vaste terugpompinstallatie, in zoverre deze maatregelen uit verder onderzoek gunstig zouden beoordeeld worden volgens het BATNEEC principe.

7. LEEMTEN IN DE KENNIS

7.1. Inleiding

In de afgelopen jaren werd heel wat onderzoek verricht met betrekking tot het fysisch systeem van de Beneden-Zeeschelde en de mogelijke wijzigingen eraan ten gevolge van de bouw en vervolgens de onderhoudsbaggerwerken van het Deurganckdok. Dit onderzoek heeft geleid tot een serie inzichten en bevindingen met betrekking tot de dynamiek van de Beneden-Zeeschelde en de aanslibbingsprocessen in slikken, schorren, toegangseulen, vaargeul en Deurganckdok. Ook werd specifiek onderzoek verricht naar de mogelijkheden om de slibaanvoer naar het Deurganckdok te minimaliseren of naar mogelijkheden om het afgezette slib te verwijderen op een innovatieve wijze. Niettemin blijven een aantal onduidelijkheden of onzekerheden over. Deze worden hieronder weergegeven, waarbij expliciet opgemerkt wordt dat deze lijst zich beperkt tot het fysisch systeem in de Beneden-Zeeschelde.

Voorafgaand aan dit onderzoek werd met betrekking tot het vastleggen van de effecten van de stortactiviteiten van de onderhoudsbaggerwerken een monitoringprogramma uitgevoerd door de Afdeling Maritieme Toegang. Dit monitoringprogramma wordt thans aan een evaluatie onderworpen, wat mogelijks kan leiden tot aanvullende leemten in de kennis dan deze die onderstaand worden weergegeven.

Vooreerst worden de aandachtspunten opgesomd die direct gekoppeld zijn aan de stortactiviteiten, vervolgens worden globale elementen aangehaald die binnen een ruimer kader dienen bekeken te worden (d.i. op Vlaams niveau).

7.2. Stortgerelateerde aspecten

Op basis van de bevindingen van het onderzoek m.b.t. het fysisch systeem en in relatie tot de stortactiviteiten is het aangewezen dat verder aandacht geschonken wordt aan de onderstaande aspecten. Uiteraard geldt hierbij de beperking dat eventueel onderzoek om de leemten in de kennis te verkleinen, slechts kan uitgevoerd worden in de mate van het realistisch haalbare inzake meettechnieken, meetnauwkeurigheid en inpasbaarheid in een drukke vaarweg.

Er bestaat nog onzekerheid met betrekking tot de verspreiding van de gestorte specie in de waterkolom (turbiditeit) in de directe omgeving van de stortlocaties onmiddellijk na het kleppen. Daarnaast is het nog onduidelijk welke hoeveelheid specie onmiddellijk na het kleppen afgezet wordt op de bodem.

Een ander element van onzekerheid ligt in de kennis van de totale hoeveelheid slib in de Beneden-Zeeschelde, waarbij verschillende componenten van belang zijn, zoals de totale hoeveelheid slib in suspensie (in de waterkolom), de totale hoeveelheid slib in de onderwaterbodem en de totale hoeveelheid slib in de afzettingsgebieden (slikken, schorren, toegangseulen).

Daarnaast is de haalbaarheid nog niet gekend van de infrastructurele maatregelen voor het verminderen van de slibaanvoer naar het Deurganckdok (met name de current deflecting wall en een overvaarbaar slibscherm). Ook inzake de infrastructurele maatregelen voor het verwijderen van slib uit het Deurganckdok (met name een vast slibgemaal aan de ingang van het dok) ontbreekt nog kennis evenals inzake hun toetsing naar efficiëntie en technische en economische haalbaarheid, zodat kan geëvalueerd worden of zij kunnen bijdragen (alleen of in combinatie) tot een meer duurzaam onderhoud van het dok.

Gelet op de hoeveelheden slib die voor het onderhoud van de vaargeul dienen verplaatst te worden (via sleephopperzuigers), verdient het aanbeveling om het baggerproces en de daaraan gekoppelde effecten op het fysisch systeem te herbekijken vanuit het oogpunt van lokaal resuspenderen van slib (t.o.v transporteren).

7.3. Globale aandachtspunten

Op basis van de bevindingen van het voorliggend onderzoek kan overwogen worden om m.b.t. het fysisch systeem en in een ruimer Vlaams kader (aangezien dit de bevoegdheid van de Afdeling Maritieme Toegang ruimschoots overschrijdt) verder aandacht te schenken aan de volgende aspecten.

De aanvoer van slib vanuit de bovenlopen van het Schelde-estuarium is een continu proces dat onderhevig is aan vele schommelingen (seizoenale variaties en de langjarige trends in deze aanvoer). Ook de relatie met de bovenafvoeren uit de waterlopen en de verschillen in sedimentaanvoer voor deze verschillende waterlopen is een punt van aandacht..

Tenslotte bestaat er nog onzekerheid over de effectiviteit van de landerosiebestrijdingsmaatregelen in de hellende gebieden van Vlaanderen, zeker inzake hun relatie tot het terugdringen van de sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium.

8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In deze tekst worden de belangrijkste uitgangspunten, bevindingen en conclusies samengevat van het onderzoek dat werd uitgevoerd naar de effecten op het milieu bij het terugstorten van onderhoudsbaggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. De studie werd uitgevoerd voor en opgevolgd door de Afdeling Maritieme Toegang (AWZ) en het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

Na een inleiding komen achtereenvolgens de volgende elementen aan bod :

- het onderzoekskader en de vergunningsplicht
- een actuele systeembeschrijving van de Beneden-Zeeschelde
- een historische en toekomstige bagger- en stortactiviteiten
- de onderzochte alternatieven
- besluit inzake het meest milieuvriendelijke alternatief

Voor het onderzoek werd gestart vanuit de kennis van de vorige stortvergunning (2001) en de conclusies van het milieueffectrapport (MER) voor het Deurganckdok, dat conform werd verklaard op 5 oktober 2001.

8.1. Onderzoekskader en vergunningsplicht

Het onderzoeksrapport is een aanvullend, verklarend document dat als bijlage fungeert bij de milieuvergunningsaanvraag m.b.t. het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde¹³, inclusief de onderhoudsbaggerwerken voor het Deurganckdok. Dit getijdedok, dat in open verbinding met de Schelde zal staan, is thans in aanbouw en de eerste onderhoudsbaggerwerken worden verwacht in 2005.

De milieuvergunningsaanvraag wordt ingediend door de Afdeling Maritieme Toegang (AMT) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ).

In deze studie wordt nagegaan welke de effecten zijn van de terugstortingen van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde op het milieu, waaronder de habitat-gebieden en vogelrichtlijn-gebieden in de omgeving. Hoewel de grenzen van de stortplaatsen voor baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde buiten deze habitat- en vogelrichtlijn-gebieden vallen, is nagegaan welke de effecten zijn van de terugstortingen die gebeuren in de omgeving van deze gebieden. Er wordt opgemerkt dat in de periode van de tot stand koming van dit rapport binnen het Vlaams Gewest beslist is om het geheel van de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde aan te wijzen als habitatgebied.

Niet het baggeren zelf is milieuvergunningsplichtig, wel het terugstorten van de baggerspecie in de rivier waaruit ze afkomstig is. Deze verplichting is vrij recent in Vlaanderen ingevoerd als gevolg van het OSPAR-verdrag en de aansluitende Vlarew-wetgeving.

Het voorwerp van deze milieuvergunning betreft een klasse 2 vergunning voor het terugstorten van baggerspecie afkomstig uit de Schelde en het getijdedok (het Deurganckdok) in de Schelde conform bijlage 1 van Vlarew I.

Deze aanvraag betreft de hernieuwing van de huidige milieuvergunningen MLAV1/0200000435/MV/AG (afgeleverd door de provincie Antwerpen) en de

¹³ het aan het getij onderhevige riviergedeelte van het Scheldebekken tussen de Belgisch-Nederlandse grens en de Rupelmonding

082/460003/331/1/A/2 (afgeleverd door de provincie Oost-Vlaanderen). De aanvraag betreft het terugstorten in de Beneden-Zeeschelde van

- onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde
- onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit het Deurganckdok
- infrastructuurspecie (éénmalig) uit de afsluitdijk tussen de Schelde en het Deurganckdok

De aanvraag bij de provincie **Oost-Vlaanderen** betreft het **terugstorten van onderhouds en infrastuctuurbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok in de Beneden-Zeeschelde.**

De aanvraag bij de provincie **Antwerpen** betreft het **terugstorten van onderhoudsbaggerspecie afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde en het Deurganckdok in de Beneden-Zeeschelde.**

De specie zal teruggestort worden in de Schelde ter hoogte van de volgende locaties :

- Schaar Ouden Doel (Oost-Vlaanderen)
- Plaat van Boomke (Antwerpen)
- Punt van Melsele (Antwerpen)
- De Vlakte van Hoboken (Antwerpen)

Ten opzichte van de vorige vergunning houdt deze aanvraag enkele veranderingen in:

- het terugstorten van onderhoudsspecie uit het Deurganckdok;
- het éénmalig terugstorten in 2005 van een hoeveelheid infrastructuurspecie afkomstig van het onderste deel van de afsluitdijk tussen het Deurganckdok en de Schelde;
- het ingebruik nemen van een nieuwe stortzone: de Vlakte van Hoboken.

Een zelfde aanvraag zal gelijktijdig worden ingediend bij de Bestendige Deputatie van de Provincie Antwerpen en de Bestendige Deputatie van de provincie Oost-Vlaanderen.

8.2. Actuele systeembeschrijving Beneden-Zeeschelde

Om een goed inzicht te hebben in het fysisch systeem van de Beneden-Zeeschelde en vooral oog te hebben voor het dynamisch karakter ervan wordt in deze paragraaf een beknopt overzicht gegeven van het fysisch systeem waarbinnen de bagger- stortactiviteiten plaatsvinden.

Het tijgebonden deel van de Schelde omvat de Westerschelde en de Zeeschelde en bestaat uit een estuarium en een tijrivier. Een estuarium is een zeearm waarin zoet- en zoutwater meetbaar met elkaar vermengd worden.

De zout-, brak- en zoetwaterslikken, de platen en geulen vormen een unieke omgeving voor diverse leefgemeenschappen. Het bestaan van deze ecosystemen is het gevolg van de complexe interactie tussen verschillende fysische processen zoals de hydrodynamica, de saliniteitsverdeling, het sedimenttransport, het gehalte aan sediment in suspensie (troebelheid), het gehalte aan opgeloste nutriënten en het zuurstofgehalte.

De Beneden-Zeeschelde is hoog dynamisch en wordt gekarakteriseerd door een zeer grote variatie inzake zoutgehalte, temperatuur, stroomsnelheden, sedimentconcentratie en turbiditeit, zowel van plaats tot plaats als gedurende een getij en gedurende de cyclus der seizoenen.

De meest directe ecologische indicator (gerelateerd aan de stortactiviteiten) is de turbiditeit. Dit is een maat voor de troebelheid of de "donkerheid" van het water en het is bijgevolg evident dat er een verband is met het gehalte aan sediment in suspensie, meer bepaald met het gehalte fijne deeltjes en bijgevolg het slibgehalte. De concentratie van slib in suspensie is in de Beneden-Zeeschelde meestal beperkt tot enkele honderden mg/l. Dicht tegen de bodem kunnen zich lagen met hoge slibconcentratie (enkele g/l tot 10-tallen g/l) vormen. Deze lagen zijn dikwijls weinig

stabiel gedurende een getij. Zij worden gevormd tijdens kentering, wanneer de stroomsnelheid zodanig laag is dat de slibdeeltjes neerslaan.

De analyse van de slibconcentratie geeft aan dat er een correlatie is van de slibconcentratie met de seizoenen. Hoge concentraties komen eerder tijdens de winter voor en lage concentraties eerder tijdens de zomer. Deze seizoensgebonden invloeden hebben echter geen invloed op de variaties die optreden tijdens een getijcyclus of tijdens een doottij-springtijcyclus. De seizoensgebonden variaties kunnen toegeschreven worden aan een groot aantal processen, die dikwijls met elkaar verbonden zijn.

Zij kunnen als volgt gegroepeerd worden :

- Bovendebiet : heeft effect op de verschuiving van het turbiditeitsmaximum en resulteert in een grotere sedimenttoevoer vanuit het niet-getijgebonden deel van het bekken,
- Temperatuur,
- stormvloeden,
- landerosie waardoor er terrestrische input van fijne sedimenten naar de bovenlopen en verder naar het Schelde estuarium ontstaat.

De antropogene aanvoer van stoffen uit lozingen leidt tot een accumulatie van pollutanten vooral in de cohesieve sedimenten.

In de Beneden-Zeeschelde is er continu beweging van slib. Rekening houdend met de getijwerking en de bijhorende slibconcentraties betekent dit dat op jaarbasis door de getijwerking 10 tot 30 miljoen ton slib naar opwaarts getransporteerd wordt tijdens vloed en een vergelijkbare hoeveelheid naar afwaarts tijdens eb.

In zones met lage snelheden treedt er sedimentatie van slib op : dat gebeurt vooral op de schorren en slikken, in de toegangsgeulen naar de sluizen en in het Deurganckdok. De slibaanvoer gebeurt in alle insteken door drie fysische processen, met name getijwerking, neervorming en densiteitsstromingen, waardoor er veel meer water wordt uitgewisseld dan enkel door de getijwerking. Als het geheel van de slibafzetting in de Beneden-Zeeschelde wordt geanalyseerd, dan blijkt dat circa 15% van de sedimentatie voorkomt in de toegangsgeulen, 53% op de slikken en schorren, 6% in de vaargeul en de resterende 25% in de zone tussen de vaargeul en het gemiddeld laagwaterpeil (0mTAW).

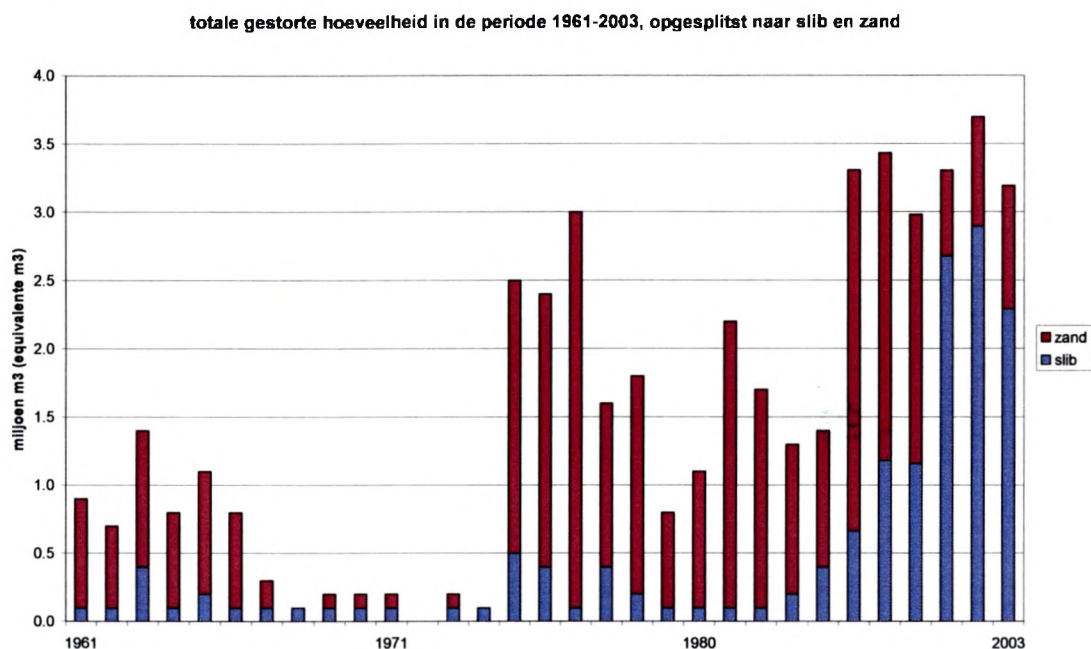
De Beneden-Zeeschelde wordt ook gekenmerkt door een bochtig (meanderend) karakter. Hierdoor krijgt men een natuurlijke opeenvolging van diepere (in de buitenbocht van de meanders) en ondiepere ("drempels" in de verbindingstukken tussen 2 meanders) gedeelten in de rivier. Om deze drempels op voldoende diepte voor de scheepvaart te onderhouden zijn baggerwerken nodig.

8.3. Uitvoeren baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde is niet nieuw

De baggerspecie komt vrij bij de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde en wordt voor het overgrote deel teruggestort in de stortlocaties, gelegen buiten of op de rand van de vaargeul. De (nautische) noodzaak tot het uitvoeren van deze onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde t.b.v. het transport te water is niet nieuw, doch is reeds in het verleden ontstaan ingevolge de (toename in) scheepvaart en scheepvaartverkeer en de uitbouw van de aangrenzende Vlaamse havens. Sedert meer dan 100 jaar worden in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd teneinde de maritieme toegang naar de havens van Antwerpen en Brussel ten allen tijde op voldoende diepte te houden en de economische concurrentiepositie van deze havens te handhaven.

In de volgende figuur wordt een overzicht gegeven van de stortvolumes in de Beneden-Zeeschelde over de afgelopen 40 jaar. De gestorte volumes worden aangegeven in miljoen m³ per jaar¹⁴.

Uit de cijfers blijkt dat er in de loop der jaren belangrijke schommelingen zijn opgetreden in het gestorte volume. De laatste paar jaren, sinds 1997-1998, is er een verhoging te merken van het totaal gebaggerde volume van ongeveer 2 naar 3 à 3.5 miljoen m³. Een vorig maximum werd bereikt in de jaren 70 (3 miljoen m³). Verder blijkt eveneens dat er thans meer slibrijke specie gebaggerd en gestort wordt dan in de periode voor 2000. Deze evolutie kan deels toegeschreven worden aan de toenemende verslibbing van de bodem in de Schelde, maar vergt nog nader onderzoek



Figuur 8-1 : totale gestorte hoeveelheid in de periode 1961-2003, opgesplitst naar slib en zand

Opgemerkt wordt dat de rechtstreekse opdrachtgever van de betreffende baggerwerken, in casu de Afdeling Maritieme Toegang, geen rechtstreekse impact heeft op de aanvoer van sedimenten naar de Beneden-Zeeschelde. De hoeveelheid sedimenten en de kwaliteit van de waterbodem in de Beneden-Zeeschelde, en dus ook het gehalte aan microverontreinigingen in de baggerspecie, wordt immers bepaald door andere aspecten zoals *ondermeer* de fluviatiele aanvoer van slib van het opwaartse Scheldebekken naar de Beneden-Zeeschelde, door industriële en huishoudelijke lozingen in het Scheldebekken, door erosie van bodemmateriaal, en andere slibbronnen of verontreinigingsbronnen. De baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde dienen in deze context aldus als "end-of-pipe" te worden gesitueerd.

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde worden uitgevoerd in de vaargeul van de Beneden-Zeeschelde en kunnen zich in de ganse vaargeul situeren, inclusief de toegangsgaueulen tot de sluizen. Indien één van de rivierzones binnen deze vaargeul verondiept,

¹⁴ Het betreft hier m³ in beun voor de zandige specie en equivalente m³ met een densiteit van 2 ton/m³ voor slibspecie. Deze laatste volumes kunnen omgerekend worden naar ton droge stof door het equivalente volume te vermenigvuldigen met een factor 1.625 ton/m³.

wordt deze zone d.m.v. baggerwerken terug op de aan de scheepvaart gegarandeerde diepte gebracht.

De breedte van de vaargeul neemt af van vanaf de Belgisch-Nederlandse grens, waar de geul 300 – 380 m is, naar een kleine 300m aan de Kallosluis, om vervolgens te verminderen richting Royerssluis (nog maar 200m) en wordt het smalst opwaarts van Antwerpen tot aan de toegangsgeul van de zeeluis te Wintam, waar de te onderhouden vaargeulbreedte 130 à 180m bedraagt.

Deze vaargeul dient onderhouden te worden op welbepaalde, vastgelegde bodemdieptes, die gegarandeerd worden aan de scheepvaart die gebruik maakt van deze vaargeul. Hierbij wordt rekening gehouden met de vereiste kielspeling voor de schepen en uiteraard ook met de baggertolerantie. Het gehele vaargeulgedeelte vanaf de grens tot het Deurganckdok is het diepst (-133dm GLLWS¹⁵). Langsheen de containerkaaien is een grotere diepte nodig (-140dm GLLWS). Net zoals de breedte neemt ook de diepte af naar opwaarts : tussen de Kallosluis tot het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen bedraagt de te onderhouden bodemdiepte -80dm GLLWS, geleidelijk afnemend naar -60dm GLLWS aan de toegangsgeul van de zeeluis te Wintam.

Het Deurganckdok heeft een lengte van ca. 2750 m, met een breedte aan de Schelde van 450 m en een breedte van 400 m aan de opwaartse zijde van het dok. De bodem van het dok wordt voorzien op een diepte van -17m TAW en de kaaimuren reiken tot het peil +9m TAW.

Tenslotte zijn ook onderhoudsbaggerwerken noodzakelijk in de toegangsgeulen tot de sluizen, meer bepaald deze van Zandvliet-Berendrecht, Van Cauwelaert-Boudewijn, Kallo en Royers. Het betreft hier hoofdzakelijk slib.

De omvang van de baggerwerken in de vaargeul schommelt van jaar tot jaar, zoals bovenstaand al werd geïllustreerd en bedraagt de laatste jaren iets meer dan 4 miljoen m³, waarvan 2 tot 3.5 miljoen m³ slib. De baggerwerken in de toegangsgeulen vertegenwoordigen zo'n 15-20 % van het totale volume baggerwerken. De grootste bijdrage wordt geleverd door de toegangsgeulen van de Zandvliet- en Berendrechtsluis enerzijds en Kallosluis anderzijds, in mindere mate door de toegangsgeul van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.

Voor het onderhoud van het Deurganckdok zijn er geen meetgegevens, maar met een gedetailleerd hydrodynamisch en slibtransportmodel werden de verwachte aanslibbingshoeveelheden in het Deurganckdok uitgerekend. Deze zijn afhankelijk van het getij (doodtij, springtij) en van de seizoenen (winter en zomercondities). De waardes variëren tussen 1200 en 1700 ton droge stof (TDS) per getij. Gemiddeld mag men uitgaan van 1500 TDS per getij die zich in het dok zal afzetten. Op jaarbasis betekent dit dat zo'n 1 miljoen TDS bijkomend zal moeten gebaggerd worden. Omgerekend naar equivalente m³ geeft dit zo'n 650 000 m³.¹⁶ Men mag ervan uitgaan dat het sediment dat zich in het Deurganckdok zal afzetten uit slib zal bestaan. In vergelijking met de gestorte hoeveelheden slib in 2003, betekent het onderhoudsbaggerwerk voor het Deurganckdok een verhoging van ongeveer 25%.

¹⁵ Gemiddeld laag laagwaterspring = laagwaterstand bij gemiddeld springtij

¹⁶ In situ zou dit volume circa 4.3 miljoen m³/jaar bedragen, afhankelijk van de aangenomen slibdensiteit.

8.4. Op zoek naar een duurzame baggerstrategie

8.4.1. Doelstellingen

De baggerwerken bestaan in essentie uit het verplaatsen van slib, dat zich reeds in het estuarium bevindt. Door de baggerwerken op zich wordt geen nieuw sediment gecreëerd, het bestaande reeds aanwezige sediment wordt enkel verplaatst.

Bij het opmaken van de baggerplanning tracht men steeds de baggervolumes minimaal te houden en wordt rekening gehouden met de grootschalige natuurlijke morfologische ontwikkelingen in het estuarium. Baggerwerken zijn het meest efficiënt als ze de natuurlijke ontwikkeling begeleiden. In hoofdlijnen kan dit beheer als volgt worden samengevat :

- de gebaggerde volumes worden tot het strikte minimum beperkt
- uit het conform verklaarde MER van het Deurganckdok wordt de volgende conclusie weerhouden, die de basis zal vormen voor het opstellen van een duurzame strategie voor de onderhoudsbaggerwerken : **“Om het morfologisch evenwicht in de Beneden-Zeeschelde te behouden is de meest aangewezen methode het terugstorten in de rivier.”**
- de gebruikte technieken mogen geen verstoring (verslechtering) teweeg brengen in het heersende slibtransportregime (geen significante verhoging van de piekconcentraties van slib in suspensie);
- het dynamisch, morfologisch evenwicht van geulen, platen en scharen in het estuarium dient behouden te blijven;
- het dynamisch evenwicht van slikken en schorren moet behouden blijven;
- indien er significante volumes slib uit de Beneden-Zeeschelde verwijderd worden dan moet hiervoor, binnen een redelijke termijn, een duurzame hergebruiksoptie gerealiseerd worden die erop gericht is de specie zoveel mogelijk te hergebruiken in nuttige toepassingen veeleer dan ze te bergen in een monodeponie (geen afwenteling naar volgende generaties);
- De gebruikte baggertechnieken dienen een minimale hinder te creëren voor de scheepvaart om aldus de veiligheidsrisico's vanwege de scheepvaart nietodeloos te verhogen. Bij de keuze van de baggertuigen wordt er aandacht besteed aan de potentiële milieu-impacten enerzijds maar ook aan de economische implicaties van de toepassing van de verschillende types baggertuigen (BATNEEC – Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs)
-
- Uitgaande van het feit dat de kwaliteit van de onderhoudsspecie in het Deurganckdok minimaal dezelfde zal zijn als in de toegangsegeulen, zullen voor het onderhoud van het dok dezelfde technieken gebruikt worden als voor de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde, waarbij er wordt op toegezien dat voor het geheel van de onderhoudsbaggerwerken de volgende concrete aandachtspunten worden gerealiseerd :

8.4.2. Alternatieve baggerprocedures

Uit de afweging van de verschillende baggertuigen inzake milieu-impact, veiligheid en hinder van de scheepvaart en economische implicaties, kan gesteld worden dat de sleephopperzuiger een geschikt werktuig is voor het baggeren en terug in de rivier storten van grote hoeveelheden specie voor een aanvaardbare kostprijs. Anderzijds is de sweepbeam de meest aangewezen baggertechniek voor de toegangsegeulen van de sluizen en langsheen kaaimuren. Andere technieken veroorzaken te grote hinder voor de scheepvaart. De sweepbeam is een geschikt werktuig voor het baggeren en terug in de rivier brengen van beperkte hoeveelheden slibrijke specie (over een beperkte afstand) voor een aanvaardbare kostprijs.

Als alternatief voor het baggeren is het inzetten van stationaire zuigers, dit zijn enerzijds cutterzuigers en anderzijds de nieuwere types met een lage turbiditeitscreatie en een hoge transportdensiteit (bv milieusnijkopzuiger, veegzuiger,...). Beide types zijn stationair en het specietransport moet bijgevolg gebeuren met transportschepen (klepbakken) die ofwel zijdelings aan het baggertuig afmeren ofwel via een (korte) drijvende leiding gevuld worden. De klepbakken varen daarna naar de stortzone waar via deuren in de bodem de specie op de rivierbodem gedeponeerd wordt. Ook bestaat de mogelijkheid om deze schepen via een walpersinstallatie langs de bovenzijde te ledigen en de specie aan land te brengen. (Deze 'deponiemethoden' zijn identiek aan de sleephopperzuiger.)

Hierbij moet opgemerkt worden dat het laden van transportschepen met cutterzuigers relatief efficiënt verloopt in zandige specie maar dat er een zeer grote verdunning optreedt bij het verpompen van slib met deze tuigen. De nieuwere types (bv milieusnijkopzuiger) zijn dan weer goed geschikt voor slibrijke specie maar verliezen hun efficiëntie bij zandige specie.

Gezien er in de Schelde een mengeling van beide bodemtypes voorkomt, is geen van deze beide types baggertuigen optimaal geschikt voor dit soort onderhoudsbaggerwerken en dit in tegenstelling met de sleephopperzuiger die beide bodemtypes op een optimale wijze kan baggeren.

Verder moet opgemerkt worden dat het gebruik van stationaire zuigers die moeten verankerd worden op verschillende ankers (in de vaargeul) een grotere hinder voor de normale scheepvaart betekenen dan een vrijvarend schip zoals de sleephopperzuiger. Bovendien is het risico tot aanvaring groter bij een stilliggend verankerd tuig dan bij een varend tuig.

Als besluit kan bijgevolg gesteld worden dat het inzetten van andere types baggertuigen tot een grotere impact zou leiden (zowel inzake veiligheid als milieu) dan bij het gebruik van sleephopperzuigers.

8.4.3. Alternatieve slibbergingstechnieken

Een tweede mogelijkheid om tot een alternatieve benadering van het onderhoudsbaggerproces te komen, is het wijzigen van de slibbergingstechnieken. Opnieuw zijn een aantal mogelijkheden onderzocht :

- Hergebruik van de specie
- Berging aan land
- Berging in onderwatercellen
- Berging op de platen
- Andere stortlocaties in de rivier

Hergebruik van de vrijkomende specie is slechts in beperkte mate mogelijk en wordt reeds gerealiseerd door de zandwinningen in de Schaar van Ouden Doel waar een deel van de gestorte zandspecie opnieuw opgegraven wordt en verkocht aan de wal. Dit hergebruik is slechts mogelijk voor (een deel van) de zandige specie omdat hergebruik van de zeer slappe en vloeibare slibvolumes niet mogelijk is tenzij in landschapsprojecten.

De berging van een groot deel van de onderhoudsbaggerspecie aan land is nog steeds onmogelijk dit gezien de grote hoeveelheden die jaarlijks moeten geborgen worden en de zeer beperkte beschikbaarheid van mogelijke bergingsterreinen. Deze aanpak is wel mogelijk geweest in het verleden omdat er toen zeer grote hoeveelheden zand nodig waren voor de ophoging van de haventerreinen. Op dit ogenblik is er echter geen sprake meer van een significante uitbreiding van de haventerreinen zodat er ook geen vraag is naar grote zandvolumes aan land.

Onderwaterberging in onderwatercellen onder de bestaande havendokken werd reeds op een quasi maximale wijze gerealiseerd. De laatste volumes (in de Waaslandhaven) werden in 2001 gevuld. Het creëren van bijkomende onderwatercellen in de rivier zelf is uitgesloten omdat de natuurlijke sedimentatie de cellen zeer snel zal opvullen zodat er geen ruimte blijft voor de aanvoer van onderhoudsbaggerspecie van andere zones in de Beneden-Zeeschelde.

Het inrichten van depots op de platen is slechts een theoretische mogelijkheid. Dit zou immers aanleiding geven tot grote morfologische wijzigingen in de rivier met de hieruitvolgende impact op de ecologie van het estuarium. Deze mogelijkheid moet bijgevolg uitgesloten worden.

Het terugstorten op andere plaatsen in de rivier is een laatste mogelijkheid. Hierbij moet echter in overweging genomen worden dat er geen significant grensoverschrijdend specietransport wordt toegelaten door Nederland. Tevens moet er rekening gehouden worden dat het turbiditeitsmaximum zich in de omgeving van Antwerpen bevindt en dat deze zone de meest geschikte plaats is voor de berging van belangrijke slibvolumes in de rivier. De huidige stortplaatsen bevinden zich reeds in deze zone en zijn de meest geschikte om belangrijke hoeveelheden slib te bergen zonder dat dit het morfologisch evenwicht van de rivier sterk beïnvloedt.

Naast de aangevraagde stortlocaties voor slib (Plaat van Boomke, Punt van Melsele en Vlake van Hoboken) werden tevens 3 bijkomende stortlocaties onderzocht: Noord-Ballast, Plaat van de Parel en Boei 84 (tussen Deurganckdok en Europaterminal). Tevens werden de resultaten van het mogelijk terugpompen van slib uit het Deurganckdok, in de onmiddellijke omgeving en ter hoogte van het Galgeschoor (laagwaterlijn), bekeken.

Aangezien turbiditeit en sedimentatiesnelheid als primaire indicatoren kunnen beschouwd worden voor de ecologie en rechtstreeks gerelateerd zijn aan de stortactiviteiten, worden de volgende aandachtspunten in rekening gebracht bij de analyse van de verschillende stortstrategieën:

- de turbiditeit, die maatgevend is voor de primaire productie en effect kan hebben op de filterende organismen, op de vissen en op de zichtjagers;
- de afzetting van slib op de slikken en schorren, waarbij vooral de sedimentatiesnelheid een effect heeft op de migratie- en bijgevolg ook de overlevingsmogelijkheden van de leefgemeenschappen enerzijds en anderzijds een maat zijn voor het in stand houden van het fysisch systeem en de overlevingskansen van biota
- de mogelijke grensoverschrijdende effecten,
- de effectiviteit van de stortactiviteiten.

Tabel 8-1 geeft een kort overzicht voor wat betreft de effectiviteit, de turbiditeit, het grensoverschrijdend effect en de sedimentafzetting in slikken en schorren (toegespitst op Groot Buitenschor, Paardenschor en Galgenschoor).

Tabel 8-1: overzicht van de mogelijk onderzochte stortstrategieën

Stortlocatie		Effectiviteit	Turbiditeit	Sedimentafzetting in slikken en schorren	Grensoverschrijdend effect
Plaat Boomke	van	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeер klein
Plaat Boomke en Punt Melsele	van en van	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeер klein

Stortlocatie	Effectiviteit	Turbiditeit	Sedimentafzetting in slikken en schorren	Grensoverschrijdend effect
Intermitterend storten op Plaat van Boomke	Lichte verslechtering tov huidige situatie, vooral opwaarts het Dgd ¹⁷ , afwaarts minder	Sterke verhoging	Lichte verhoging	Zeer klein
Noord-Ballast	Verbetering tov huidige situatie opwaarts, afwaarts sterke verslechtering	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Afwaarts toename in GB, PS ¹⁸ . Lichte verbetering opwaarts het Dgd	Zeer groot
Plaat van de Parel	≈ huidige situatie, iets slechter	≈ huidige situatie	≈ huidige situatie	Zeer klein
Boei 84	Voorafwaarts slechter dan huidige situatie, opwaarts lichtjes slechter	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Afwaarts significante toename in GB, PS.	Groot
Terugpompen nabij Deurganckdok	Lichter verbetering opwaarts het Dgd, afwaarts slechtere resultaten	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Beperkte toename in GB, PS en GS. Lichte verbetering opwaarts het Dgd	verwaarloosbaar
Terugpompen nabij Galgenschoor	Afwaarts Dgd slechtere resultaten	Verhoging in afwaarts deel van Beneden- Zeeschelde	Beperkte toename in GB, PS en grote toename in GS. Lichte verbetering opwaarts Kallosluis	verwaarloosbaar
Vlakte van Hoboken	≈ huidige situatie	Verhoging in opwaarts deel van de Beneden- Zeeschelde	Afname in GB, PS en GS. Significante stijging opwaarts Antwerpen.	verwaarloosbaar

Er kan besloten worden dat het storten op de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele over het algemeen de betere resultaten geeft. De invloed op de sedimentatie blijft beperkt, de effectiviteit van de baggerwerken is goed en de verhoging in de turbiditeit blijft beperkt. Het

¹⁷ Deurganckdok

¹⁸ GB : Groot Buitenschoor, PS : Paardeschor, GS : Galgenschoor

grensoverschrijdend effect speelt enkel een rol bij de stortingen op Noord Ballast en aan Boei 84. De nieuw aangevraagde stortlocatie Vlake van Hoboken geeft vergelijkbare resultaten met het scenario storten op de Plaat van Boomke en de Punt van Melsele : de turbiditeitsverhoging en de invloed van sedimentatie laat zich ook meer opwaarts voelen in de Schelde en het afwaarts gedeelte van de Rupel.

8.4.4. Infrastructurele alternatieven

Het gebruik van infrastructurele ingrepen (bv. bijkomende leidammen) is een alternatieve mogelijkheid voor de beperking van het baggervolume in de Beneden-Zeeschelde. Dit is in het verleden reeds gebruikt toen er 30 à 40 jaar terug een aantal leidammen werden gerealiseerd om de stromingen zoveel mogelijk door een vastgelegde geul te sturen. Hierdoor werd het natuurlijk eroderend vermogen en de transportcapaciteit van de waterkolom voor het slib versterkt zodat er minder baggerwerken nodig zijn voor het op diepte houden van de vaargeul. Echter in het kader van het behoud van de natuurlijkheid van het estuarium moet deze aanpak gezien worden als een zware ingreep die het morfologisch en ecologisch evenwicht drastisch zou kunnen verstoren, met significante effecten op de slikken en de schorren. Dit is dan ook de belangrijkste reden waarom deze aanpak niet kan worden weerhouden als mogelijke oplossing voor het beperken van de onderhouds-baggerwerken in de vaargeul. Voor het onderhoudsbaggerwerk van het Deurganckdok daarentegen geldt een dergelijke redenering niet. De inspanningen om de aanslibbingen in de toegangsgeulen naar de verschillende sluizen te beperken zijn een constante in de recente geschiedenis van de Antwerpse haven. Ook in het kader van de voorbereidende studies, de planning en de aanleg van het nieuwe Deurganckdok werden deze inspanningen voortgezet. Verschillende mogelijke technische maatregelen om de aanslibbing te reduceren werden geïdentificeerd en onderzocht.

Tabel 8-2 : Maatregelen om slibaanvoer te beperken of slib te verwijderen

Maatregelen	Haalbaarheid
1. Constructieve maatregelen om slibaanvoer te beperken	
Afsluiten van het dok door een sluis;	---
Reduceren van de doorsnede van ingang van het dok door vermindering van de breedte of van de diepte;	--
Aanbrengen van een (dwarse) krib die de stroming afleidt naar het midden van de Schelde;	--
Aanbrengen van een (dwarse) drempel (onder water) om de waterlagen met de hoge slibconcentratie af te leiden weg van de dokingang naar het midden van de Schelde;	--
Bouwen van een Current Deflecting Wall, (cfr de haven van Hamburg);	++
Uitbaggeren van een verdieping in de Schelde ter hoogte van het dok;	-
Uitbaggeren van een sedimentvang in de ingang van het dok;	-
Injecteren van zout water in het dok;	--
Verhogen van het bovendebiet in de Schelde;	--
Verlagen van het bovendebiet in de Schelde;	--
Aanbrengen van een luchtbellenscherm;	-
Aanbrengen van een slibscherm;	+

Aanbrengen van een waterscherm;	-
Injecteren van warm water uit een elektriciteits-centrale.	--
2. Innovatieve slibverwijderingstechnieken	
Slibgemaal	+
Spuien van het dok	-
Terugpompen van slibrijk Scheldewater	+

Uit het onderzoek blijkt het volgende :

- De recurrente aanslibbingen moeten op termijn zoveel mogelijk beperkt worden om tot een duurzame oplossing te komen.
- **Constructieve maatregelen om de slibaanvoer te beperken** zullen wellicht duur zijn en creëren in het algemeen moeilijk aanvaardbare beperkingen voor de vrije scheepvaart van en naar het dok. De Current Deflecting Wall en het overvaarbaar slibscherm zijn reële mogelijkheden die verder onderzocht dienen te worden (o.a. inzake hoogte, vormgeving en efficiëntie).
- Bij **alternatieve slibverwijderingstechnieken** is enkel het slibgemaal een optie die nader onderzocht dient te worden.
- Het is te verwachten dat deze structurele maatregelen nog minimum 5 jaar nodig hebben om te worden ontwikkeld en getest.
- Op middellange termijn is het wenselijk dat de innovatieve infrastructurele maatregelen die na verder onderzoek inzake technische, economische en milieutechnische haalbaarheid als positief worden beoordeeld, geïntegreerd worden in het geheel van de baggerplanning om zo bij te dragen tot het gebruik van de Best Beschikbare Technologie voor het onderhoud van de Beneden-Zeeschelde.

8.5. Besluiten inzake het meest milieuvriendelijke alternatief

Uit de vergelijking van de verschillende stortstrategieën inzake milieu-effecten volgt dat voor de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde storten op de reeds vergunde locaties alsook op de Vlakte van Hoboken de beste alternatieven zijn voor het terugstorten van slib. Voor het Deurganckdok zijn alternatieve stortstrategieën mogelijk, meer bepaald het terugpompen in het vaarwater in de omgeving van het dok of ter hoogte van het Galgeschoor. Deze laatste technieken vergen de bouw van een slibgemaal, waarvoor verder onderzoek noodzakelijk is. Voor het geheel van de baggerwerken wordt door het bijkomend onderhoud in het Deurganckdok een verhoging van circa 25% van het te storten volume slib verwacht (in vergelijking met de stortvolumes van 2003). De totale hoeveelheid van het baggervolume vereist de continue inzet van baggertuigen gedurende het volledig jaar. Rekening houdend met de bevindingen dat een discontinu stortproces grote effecten heeft inzake turbiditeitsverstoring, en in mindere mate inzake verstoring van het sedimentatiepatroon in slikken en schorren, kan worden gesteld dat het instellen van vensters (zowel op korte tijdsbasis binnen een getijcyclus, als op jaarbasis) voor de stortactiviteiten niet te overwegen is.

Het storten van slibrijke baggerspecie in de ruime omgeving van de Plaat van Boomke is thans het meest milieuvriendelijke alternatief, aangezien het inzake turbiditeitsregime het nauwst aansluit bij het huidig fysisch systeem en er bijgevolg een minimale verstoring van het regime mag verwacht worden. Dit alternatief resulteert in een voeding van de slikken en schorren aan een aanvaardbare sedimentatiesnelheid. De effectiviteit is goed in vergelijking met de mogelijke alternatieven en de grensoverschrijdende effecten zijn gekend en minimaal. Uitwijking naar de Vlakte van Hoboken is een evenwaardig alternatief,

waarbij er wel een toename van de turbiditeit mag verwacht worden in het opwaarts gedeelte van de Beneden-Zeeschelde. Voor zandrijke specie blijft terugstorten in de Schaar van Ouden Doel het meest aangewezen.

Het meest milieuvriendelijk alternatief laat optimalisatie mogelijk door infrastructurele ingrepen met betrekking tot het minimaliseren van de sedimentaanvoer naar het Deurganckdok of door het uitwerken van een vaste terugpompinstallatie, in zoverre deze maatregelen uit verder onderzoek gunstig zouden beoordeeld worden volgens het BATNEEC principe.

9. LITERATUURLIJST

- AquaSense** (2004). Overzicht monitoringsdata Zeeschelde. Beoordelen van de effecten van terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. In opdracht van: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement LIN, A.W.Z, Afdeling Maritieme Toegang, Rapportnummer:2181.
- Anselin A. & E. Kuijken** (1995). Speciale beschermingszones voor het Vlaams Gewest, in uitvoering van de Habitat Richtlijn 91/43/EEG. *Rapport I.N 95.20*.
- Antwerpse Zeediensten.** (1993). Zeeschelde, Temperatuur en zoutgehalte 1986-1990. *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Antwerpse Zeehavendienst*, Rapport Nr. AZ. 93/05.
- Antwerpse Zeediensten.** (1978). Beneden Zeeschelde, Drempel van Oosterweel Stroom- en debietsmetingen Deel II,. *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Antwerpse Zeehavendienst*, Rapport Nr. AZ. 78-6.
- Antwerpse Zeediensten.** (1977). Beneden-Zeeschelde Drempel van Oosterweel Stroommetingen Rapport Nr. AZ 77/7 en 8
- Antwerpse Zeediensten.** (1974). Debieten van het Scheldebekken periode 1959-1972. Ministerie van Openbare Werken, Antwerpse Zeehavendienst.
- Bastin A. en H. Belmans** (1988). A new bottom composition map of the river Scheldt and the general use of a fast method to chart the composition of sea- and riverbottoms for the study of siltation problems. *KVIV, 9th Int. Harbour Congress.*
- Belmans,H.,** (1988) Verdieping-en onderhoudsbaggerwerken in Wester-en Zeeschelde, *Tijdschrift Water november 1988*
- Callebaut, K. & Vanhaecke, P.** (2000). Uitwerken vergunningskader voor het terugstorten van baggerspecie in de binnenwateren van de 'maritieme zone' zoals bedoeld in het Verdrag van Parijs. *Eindrapport, opgesteld in opdracht van AWZ, Afdeling Maritieme Schelde, 129p.*
- Claessens,J., Van de Velde, Ph., Smits,J.** (1998) A Dredging Information System for the River Scheldt *WODCON Las Vegas (World Dredging Conference)*
- Claessens,J., Marain,J.,** (1988) Access channel to the Kallo lock, research of alternative dredging methods, *KVIV, 9th Int. Harbour Congress, pp 4,189-4,200*
- Claessens J.** (1975). Nota betreffende de berekening van het slibdebiet te Oosterweel op 24.11.70 en 01.12.70.
- Claessens J. & L. Meyvis** (1994). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1981-1990. *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Antwerpse Zeehavendienst*.
- Criel B., Muylaert W., Hoffmann M., De Loose L., Meire P.** (1999) Vegetatiemodellering van de buitendijkse gebieden langs de Zeeschelde. *Rapport AMIS DS7.2, Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Departement Plantkunde, Gent, 92p.*
- Dahl, E.** (1956). Ecological salinity boundaries in poikilohaline waters. *Oikos, 7(1): 1-21*
- De Block M, P. Meire, M. Hoffman & T. Ysebaert** (1998). Ecologische studie Containerkaai/dok-west (Waaslandhaven): Onderzoek naar de ecologische effecten van de aanleg van een containerdok langs de Linker Schelde-oever nabij Doel, en de mogelijkheden voor het inpassen van een natuurontwikkelingsplan in en rond de Waaslandhaven. Studie in opdracht van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98.12.*
- De Deckere E. & P. Meire,** (2000). De ontwikkeling van een streefbeeld voor het Schelde-estuarium op basis van de ecosysteemfuncties, benaderd vanuit de functie natuurlijkheid. *Universitaire Instelling Antwerpen, Antwerpen.*
- De Neve L., T. Ysebaert, P. Meire & E. Kuijken** (1998) Het macrobenthos van het sublittoraal van de Beneden Zeeschelde (1996-1997). *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98/17, Brussel.*
- Devos, K., P. Meire , T. Ysebaert & E. Kuijken** (1991) Watervogels in Vlaanderen tijdens het winterhalfjaar 1995/1996. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 97/19, Brussel*

- Devlieger** (2000).. Fysico-chemische analyse van 6 locaties in de Beneden-Zeeschelde, in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AWZ Afdeling Maritieme Schelde *Analyseverslag K00.4208*.
- Dyer K.R.** (1995). Sediment transport processes in estuaries. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Developments in Sedimentology*, 53 (ed. G.M.E. Perillo), 423-449
- Dyer K.R.** (1986). Coastal and estuarine sediment dynamics. *Wiley Interscience Publication*, J. Wiley & Sons. 342p.
- Fairbridge** (1980): In "Chemistry and Biochemistry of Estuaries" (E.Olausson and I. Cato, eds) Wiley, New York
- Fettweis, M., T. Ysebaert, M. Sas & Meire P.**, (1999). Sedimentologische en biologische processen en de erosiegevoeligheid van cohesieve sedimenten op enkele slikken in de Beneden Zeeschelde. te verschijnen in *Water*.
- Fettweis M., M. Sas & J. Monbaliu** (1998). Seasonal, neap-spring and tidal variation of cohesive sediment concentration in the Scheldt estuary, Belgium. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47, 21-36.
- Fettweis M., T. Ysebaert, M. Sas & P. Meire** (1998b) Hydraulisch-Sedimentologisch Onderzoek: Deelrapport 3: In situ metingen van de erosiegevoeligheid van slib in de Beneden Zeeschelde, Winter en zomercampagne. IMDC en IN rapport, I/RA/11128/98.005/WFE.
- Fettweis M., M. Sas, J. Monbaliu & E. Taverniers** (1997). Langdurige meting van slibconcentratie, saliniteit en temperatuur te Prosperpolder (Beneden Zeeschelde). *Water*, Nr. 92, 15-26.
- Fettweis M.** (1995). Modelling currents and sediment transport phenomena in shelf seas and estuaries. *Doctoraatsthesis, KULeuven*, 253p.
- Fettweis M. en M. Sas** (1994). De complexe stroming in de toegangsgemaal van de Zandvliet- en Berendrechtshuis: Inzicht via metingen en modellering. *Water*, Nr. 77, 109-116.
- Fettweis M., M. Sas en L. Meyvis** (1994). Analyse van stroom- en sedimentmetingen ter hoogte van de Drempel van Zandvliet (Schelde). *Water*, Nr. 76, 88-99.
- Francken,F., Wartel,S., Parker,R.**, (2000) Bepaling van de hoeveelheid slib in de Beneden Zeeschelde, *Rapport IN*
- IADC-CEDA guides *Environmental aspects of Dredging* :**
- Guide 1 : Bouwman,J., Noppen,H.**, Players, Processes and Perspectives,
 - Guide 2 : Paipai,E., Burt,N.T., Fletcher,C.**, Conventions, Codes and Conditions; Marine Disposal and Land Disposal,
 - Guide 3 : Peddicord,R.K., Dillon, T.M.**, Investigation, Interpretation and Impact,
 - Guide 4 : Smits,J.**, Machines, Mitigation and Monitoring,
 - Guide 5 : Csiti,A., Burt,T.N.**, Reuse, Recycle or Recolocate,
 - Guide 6 : Jensen,A., Mogensen,B.**, Effects, Ecology and Economy,
 - Guide 7 : Bray,N.**, Frameworks, Philosophies and the Future.
- IMDC** (2004), Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok, Deelrapport 1b: Sedimentologisch en morfologisch modelonderzoek rapport, I/RA/11239/03/067/CMA.
- IMDC** (2003), Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok; Deelrapport 1a: het hydraulisch model, I/RA/11239/03/049/EST.
- IMDC, RA** (2003), Volume 2a: Hydrodynamisch model Scheldebekken I/RA/11199/03.003/SME.
- IMDC** (2002a) Verslag van de ADCP metingen te Merelbeke. Factual data report I/RA/11216/02.029/CMA
- IMDC** (2002b) Verslag van de stroom-en saliniteitsmeting te Waarde op 05/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.037/CMA
- IMDC** (2002c) Verslag van de stroom-en saliniteitsmeting te Waarde op 12/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.038/CMA
- IMDC** (2002d) Verslag van de stroom- en saliniteitsmeting te Oosterweel op 05/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.039/CMA

- IMDC (2002e)** Verslag van de stroom- en saliniteitsmeting te Oosterweel op 12/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.040/CMA
- IMDC (2002f)** Verslag van de stroom- en saliniteitsmetingen in de omgeving van het toekomstige Deurganckdok op 05/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.041/CMA
- IMDC (2002g)** Verslag van de stroom- en saliniteitsmetingen in de omgeving van het toekomstige Deurganckdok op 12/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.042/CMA
- IMDC (2002h)** Verslag van de stroom- en saliniteitsmetingen in de omgeving van de Kallosluis op 05/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.043/CMA
- IMDC (2002i)** Verslag van de stroom- en saliniteitsmetingen in de omgeving van de Kallosluis op 12/06/2002. Factual data report I/RA/11216/02.044/CMA
- IMDC (2002j)** Verslag van de langdurige stroom- en saliniteitsmetingen langs de Beneden Zeeschelde. Factual data report I/RA/11216/02.046/FDK
- IMDC (2002k)** Verslag van de langdurige stroom- en saliniteitsmetingen ter hoogte van de Kallosluis. Factual data report I/RA/11216/02.047/FDK
- IMDC (2001).** Studie in het kader van de habitat en –vogelrichtlijngebieden langs de Beneden – Zeeschelde. Evaluatiestudie m.b.t. het terugstorten van baggerspecie in de Beneden Zeeschelde .I/RA/11203/01.018/MSA
- IMDC (2001b).** Aanvullend hydraulisch-morfologisch onderzoek van het Deurganckdok in de Antwerpse Haven, Eindrapport. I/RA/11208/01.027/KDW
- IMDC (1999).** Containerdok West, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 7a : Langdurige Stroom- en Sedimentmeting: ruwe data.en 7b Langdurige Stroom- en Sedimentmeting: Analyse van de resultaten IMDC rapport I/RA/11128/99.001/FDK.
- IMDC (1998).** Containerdok West, Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 4: Laboratoriummetingen van de Erosiegevoeligheid van slib uit de Beneden Zeeschelde. *IMDC rapport I/R/11128/98.030*
- IMDC (1998b)** Containerdok West, Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 5 Detailonderzoek tijdok, I/R/11128/97.040/MFE
- IMDC-IN (1998c)** Containerdok West, Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek Deelrapport 3: In situ metingen van de erosiegevoeligheid van slib in de Beneden Zeeschelde *I/RA/11128/98.005/WFE*
- IMDC (1998d)** Baggercampagne Brabo 1998 Kallosluis Bepalen van de in situ densiteit, *I/R/180334/98.055/FDK*
- IMDC (1997),** Snelheidsvelden Beneden-Zeeschelde Saeftinge Doel Springtij-Doodtij Dieptegemiddelde snelheden, *I/R/11132/97.019/MFE*
- IMDC (1995)** Waaslandhaven – berging van baggerslib in overdiepten (cellen) in het Doeldok (Beveren Waas), *MER rapport I/R/11101/95.021/BFO*
- IMDC (1994)** Slibbaggeren met de Brabo. Bepaling van hoeveelheden, *IMDC rapport nr 17049-94.161*
- IMDC (1993a).** Gedrag van particulier materiaal in het Schelde-estuarium. *Eindrapport in opdracht van de BMM (Ministerie van Volksgezondheid).*
- IMDC (1993b).** Diepte- en stroommeting watervang kerncentrale Doel, 24-25 november 1993. *Rapport IMDC.*
- IMDC (1993f)** Gedrag van Particulair materiaal in het Schelde-estuarium, *IMDC rapport uitgevoerd voor BMM Ref. BH/90/35*
- IMDC (1993g)** Slibbaggeren met de Brabo. Bepaling van hoeveelheden, *IMDC rapport nr 1735-93.06.01*
- IMDC (1991).** Onderwaterberging Proefproject 3 Het Waaslandkanaal *Interim Rapport IMDC*
- IMDC (1990).** Tunnel Liefkenshoek. Analyse Stroom- en sedimentmetingen. *IMDC Rapport.*
- IMDC (1990b).** Rivierbodemsanering en landschapsbouw. Het nuttig gebruik van baggerspecie uit de Antwerpse regio. *IMDC Rapport Nr. 129-90.10.02.*

- IMDC** (1990c). Gecontroleerde capping onder het Doeldok *Rapport IMDC*
- IMDC** (1990d). Gecontroleerde capping Proefproject 2 Het Waaslandkanaal *Rapport IMDC*
- IMDC** (1989a). Tunnel Liefkenshoek. Onderzoek betreffende de morfologische factoren. Langdurige stroom- en sedimentmeting. *Rapport IMDC Nr. 138-89.11.06.*
- IMDC** (1988). Een tweede containerterminal langs de Schelde. *IMDC Rapport Nr. 131-88.12.12.*
- IMDC-WLB** (1996) Containerkaai-dok West Oriënterend hydraulische-sedimentologisch onderzoek Nota betreffende de onderhoudsbaggerwerken, *I/R/PR11103/96.001/MSA*
- IMDC-WLB** (1995) Containerkaai-dok West Oriënterend hydraulische-sedimentologisch onderzoek Deelrapport 2: 3D modelonderzoek, *I/R/PR11103/95.023/MSA*
- IMDC-WLB** (1994). Containerkaai Noord - hydraulisch en sedimentologisch onderzoek. Langdurige turbiditeitsmeting, Augustus 92 - December 93. *Rapport IMDC.*
- IMDC-WLB** (1993c). Containerkaai Noord -hydraulisch en sedimentologisch onderzoek. Stormtij. *Rapport IMDC.*
- IMDC-WLB** (1993d). Interactie tussen de Containerkaai Noord en de toegangsgeul Zandvliet-Berendrecht. Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Eindrapport. *IMDC rapport 1166-93.12.12.*
- IMDC-WLB** (1993e). Containerkaai Noord, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 9: Stroom- en sedimentmeting 13/06/1991. *IMDC rapport.*
- IMDC-WLB** (1992). Containerkaai Noord, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 2: Stroom- en sedimentmeting 04/10/1990. *IMDC rapport 1166-92.01.04-05.*
- IMDC-WLB** (1992b) Containerkaai Noord – Hydraulische en sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 7: Morfologisch onderzoek zand *IMDC rapport nr. 1166-93.12.06*
- IN** (2001). Boot -watervogeltellingen 1999 –2000
- Instanet**, www.instanet.be
- Kuijken E.** (1999). Natuurrapport 1999. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. *Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 6, Brussel. xx,250 pp.*
- Maebe J.** (2001) Watervogeltellingen Schor Ouden Doel 09/00 tot 03/01.
- Maebe J.** (2001) Broedvogeltellingen Schor Ouden Doel 1995-2000.
- Meire P., Starink M., Hoffmann M.** (1997) Integratie van ecologie en waterbouwkunde in de Zeeschelde: aanleiding tot en situering van het Onderzoek Milieu-Effecten Sigmaplan (OMES). *Water, 95,147-165.*
- Meire P., M. Hoffmann en T. Ysebaert (Ed.)** (1995). De Schelde, een stroom natuurtalent. *Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Ministerie voor Verkeer en Waterstaat en Zeeuwse Milieufederatie.*
- Meire P., Rossaert G., De Regge N., Ysebaert T., Kuijken E.** (1992) Het Schelde-estuarium: Ecologische beschrijving en een visie op de toekomst. *IN-Rapport nr. A 92.57, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, 150p.*
- Otto L., J.T.F. Zimmerman, G.K. Furnes, M. Mork, R. Saetre en G. Becker** (1990). Review of the physical oceanography of the North Sea. *Neth. J. of Sea Research, 26(2-4), 161-238.*
- Peters J.J. & A. Sterling** (1976). Hydrodynamique et transport de sédiments de l'estuaire de l'Escaut. In: Project Zee, Eindverslag, Boekdeel 10: Het Schelde Estuarium ,eds. J.C.Nihoul & R.Wollast.1-70
- Peters J.J.** (1975). Les mécanismes de mélange des eaux dans l'estuaire de l'Escaut. *Annales des Travaux Publics de Belgique, No. 2.*
- Pond S. en G.L. Pickard.** (1986). Introductory dynamical oceanography. *Pergamon Press, 329p.*
- Pritchard D.W.**(1967): Estuaries. AAAS Publ., USA
- Projectteam Ltv**, (2000). Samenvattingen onderzoeken, audit en second opinions morfologie, natuurlijkheid, toegankelijkheid en veiligheid Langetermijnvisie Schelde-estuarium. *Rapport RA/00-441A, Resource Analysis, Delft.*
- Resource Analysis**, (2000). Analyse van omgevingsfactoren. Werkdocument ten behoeve van de voorbereiding Langetermijnvisie Schelde-estuarium. *Rapport RA/00-407, Resource Analysis, Delft.*

- Salomos, W., Eysink, W.D.**, (1981) Pathways of mud and particulate trace metals from rivers to the Southern North Sea, IN: Nio S.D., Shuttenehl R.T.E. en Van Weering T.C.E., Holocene marine sedimentation in the North Sea basin. *Special publication nr. 5 of the International Association of Sedimentologists, Blackwell Scientific Publications*, 429 - 450
- Sas M. en J. Claessens** (1988). The impact of flow pattern and sediment transport on the maintenance dredging in the Kallo access channel. *KVIV 9th Int. Harbour Congress*. 4.111-4.120.
- Sas M.** (1989). The recognition and simulation of silt transport in the Kallo access channel. In: *Progress in Belgian Oceanographic Research* (Ed. G. Pichot). Diensten van de Eerste Minister, Wetenschapsbeleid.
- Slinger, J.**, (2000). The link between morphology and ecology in the Long Term Vision for the Schelde Estuary. A conceptual framework and preliminary results. *Rapport RA/00-430, Resource Analysis, Delft*.
- Standaert, P., Claessens, J., Marain, J., Smits, J.**, (1993). The scoop dredger, a new concept for silt removal *Ceda Dredging Days*
- UNESCO** (1991), Processing of Oceanographic Station Data
- Van Dale**, (1997) Van Dale, Groot elektronisch woordenboek Hedendaags Nederlands.
- Van Damme, S.; Meire, P.** (2001). Het Schelde-estuarium als filter: een bioreactor van stofstromen. *De Levende Natuur* 102(2): 48-51
- Van Damme, S., Ysebaert, T., Meire, P. & Van Den Bergh, E.**, 1999. Habitatstructuren, waterkwaliteit, en leefgemeenschappen in het Schelde-estuarium. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud* 99/24, Brussel.
- Van Damme, S., P. Meire, H. Maeckelberghe, M. Verdievel, L. Bourgoing, E. Taverniers, T. Ysebaert, G. Wattel** (1995) De waterkwaliteit van de Zeeschelde: evolutie in de voorbije dertig jaar. *Water* 85: 244-256.
- Van Den Bergh, E., Meire P., Hoffmann M., Ysebaert T.** (1999) Natuurherstel Zeeschelde: drie mogelijke inrichtingsvarianten. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud IN-99.18, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel*, 156 p.
- Van Den Bergh, E., T. Ysebaert, P. Meire & E. Kuijken** (1998) Voorkomen van watervogels in de internationaal beschermde gebieden van de Beneden Zeeschelde: trends 1980-1997. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud* 98.18, Brussel.
- Van Leussen W.** (1994). Estuarine macroflocs and their role in fine-grained sediment transport. *PhD thesis, Universiteit Utrecht*. 488p.
- Van Oevelen, D., E. Van Den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire**, (2000). Literatuuronderzoek naar estuariene herstelmaatregelen. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud IN.R. 2000.4, Brussel*.
- Van Oevelen, D., E. Van Den Bergh, T. Ysebaert & P. Meire**, (2000). Literatuuronderzoek naar Ontpolderingen. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud In.R. 2000.7, Brussel*.
- Van Rijn**, 2001, Walstra et al. (2002) en Klein et al (2002b)
- Van Waeyenberge, J., A. Anselin & P. Meire** (1999) Aantallen, verspreiding en ecologie van de broedvogels in de buitendijkse gebieden langs de Zeeschelde. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud IN 99.16*
- Verlaan P.A.J.** (1998), Mixing of marine and fluvial particles in the Scheldt estuary. *PhD thesis Technische Universiteit Delft*. 205p.
- VIBNA** (Vereniging van Industriële Bedrijven van Noord-Antwerpen) (1999). Evolutie van de kwaliteit van het Scheldewater: stand van zaken 29/12/99. Secretaris J-M. Claereboudt, Esso Belgium, Haven 447, Polderdijkweg 3, 2030 Antwerpen.
- VLAREBO** (1996). Vlaams reglement betreffende de bodemsanering – VLAREBO. OVAM, publicatienummer: D/1996/5024/5, 63 p.
- VMM** (2000). Chemische analyse losplaatsen baggerspecie Beneden-Zeeschelde. Afdeling Meetnetten en Onderzoek, cdvp Laboratorium.

- VMM** (1999a). De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Campagne 12-1999.
- VMM** (1999b). Jaarverslag meetnet oppervlaktewater 1999. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Meetnetten en Onderzoek.
- VMM** (2001). De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Campagne 14-2001.
- VMM** (2002). De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Campagne 15-2002.
- VMM** (2003). De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Campagne 16-2003.
- VMM** (2003b). De chemische kwaliteit van waterbodem in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2003.
- VMM**, (2004). Meetdatabank VMM Fysico-chemische waterkwaliteit. <http://www2.vmm.be> 30/03/2004.
- Wagemans F., Condaro J. & Van Ginhoven**(2001) Watervogeltellingen Galgenschoor en Groot Buitenschoor 2000 –2001.
- Wartel,S., van Eck,M.,**(2000) Slibhuishouding van het Schelde estuarium, *IN- RIKZ*
- Wartel,S., Chen,M.,**(2000b) Bepaling van de verhouding marien – fluviaal slib in de Beneden Zeeschelde in het voorjaar van 1998, rapport IN
- Wartel,S., Parker,R., Francken,F.,** (2000c) Bepaling van de sedimenttypes en opstelling van een lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde, *rapport IN*
- Wartel S., Francken F.** (1998) Sedimenttransport en sedimentatieprocessen in de Schelde tussen Zandvliet en Gent: sedimentatieprocessen op het schor. *Verslag AMIS DS6.1-7, volume III, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Brussel, 92 pp*
- Werkgroep Natuurlijkheid,**(1999). Kortetermijnschets Natuurlijkheid. *Rapport RA/99-381b, Resource Analysis, Delft.*
- WLB** (1996) Kubatuurberekeningen voor het Scheldebekken het gemiddeld getij over het decennium 1971-1980, rapport MOD.405
- WLH** (1996) MOD.504/2-1 Containerdok West. Toegankelijkheid eindfase
- WLH** (2003) 'Model 613 Sedimentmeetnet Scheldebekken jaarboek 2001-2002' november 2003
- WLH** (2004) "2Dh Nevla Scheldemodel (SCELEWEST 2000 met verbeterde Belgische roosterschematisatie) Bouw en afregeling stromingsmodel", Model 753, '.
- WLH** (2004b) "Alternatieve stortplaatsen voor slib in de Beneden-Zeeschelde: Stortlocatie Vlakte van Hoboken. (Model 755/1).
- Wollast R. & A. Marijns** (1981). Evaluation des contributions de différentes sources de matières en suspension à l'envasement de l'Escaut. *Final report to the Ministry of Public Health and Environment*, 152p.
- Ysebaert, T, L. De Neve, P. Meire** (2000) The subtidal macrobenthos in the mesohaline part of the Schelde Estuary (Belgium): influenced by man? *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80, 587-597.
- Ysebaert T., M. Fettweis, P. Meire, M. Sas & H. Mitchener** (1999). Spatiotemporal variations in the physical and biological characteristics of intertidal, cohesive sediments in the mesohaline part of the Schelde estuary. Int. Conf. on Intertidal Mudflats: Properties & Processes, 12-16/04/1999, Plymouth (UK), te verschijnen in *Continental Shelf Research*.
- Ysebaert, T., K. Devos, A. Anselin, P. Meire & E. Kuijken** (1999) Watervogels langs de Zeeschelde 1996/97. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 99/10, Brussel.*
- Ysebaert, T., K. Devos, A. Anselin, P. Meire & E. Kuijken** (1998) Watervogels langs de Zeeschelde 1995/96. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98/16, Brussel.*

Ysebaert, T. & P. Meire (1997) Watervogels nemen een hoge vlucht langs het Schelde-estuarium. *Rapport Instituut voor Natuurbehoud 97/08, Brussel.*

Ysebaert en G. Wattel (1995). De waterkwaliteit van de Zeeschelde: Evolutie in de voorbije dertig jaar. *Water*, Nr. 85, 244-256.

Zwolsman, J.J.G., Berger, G.W., Van Eck, G.T.M., Sediment accumulation rates, historical input, postdepositional mobility and retention of mayor elements and trace metals in salt marsh sediments of the Scheldt estuary, SW Netherlands, *Marine Chemistry 44: 73-94*

WL|Delft Hydraulics, 2004 'Study of density currents Beneden Zeeschelde in the framework of LTV - Physical Scale Model Zeeschelde - Data report', december 2003

WL|Delft

WL|Delft Hydraulics (2003) User manual Delft 3D-Flow, Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments.

WL|Delft Hydraulics-IMDC-AMT (2002) Studie Densiteitsstromingen in het kader van LTV; Analysis of the flow and salinity measerments in the vicinity of the Deurganckdok and the entrance to the Kallo lock. IMDC Rapport Nr. I/RA/11216/02.045/CMA en bijhorende meetrapporten.

