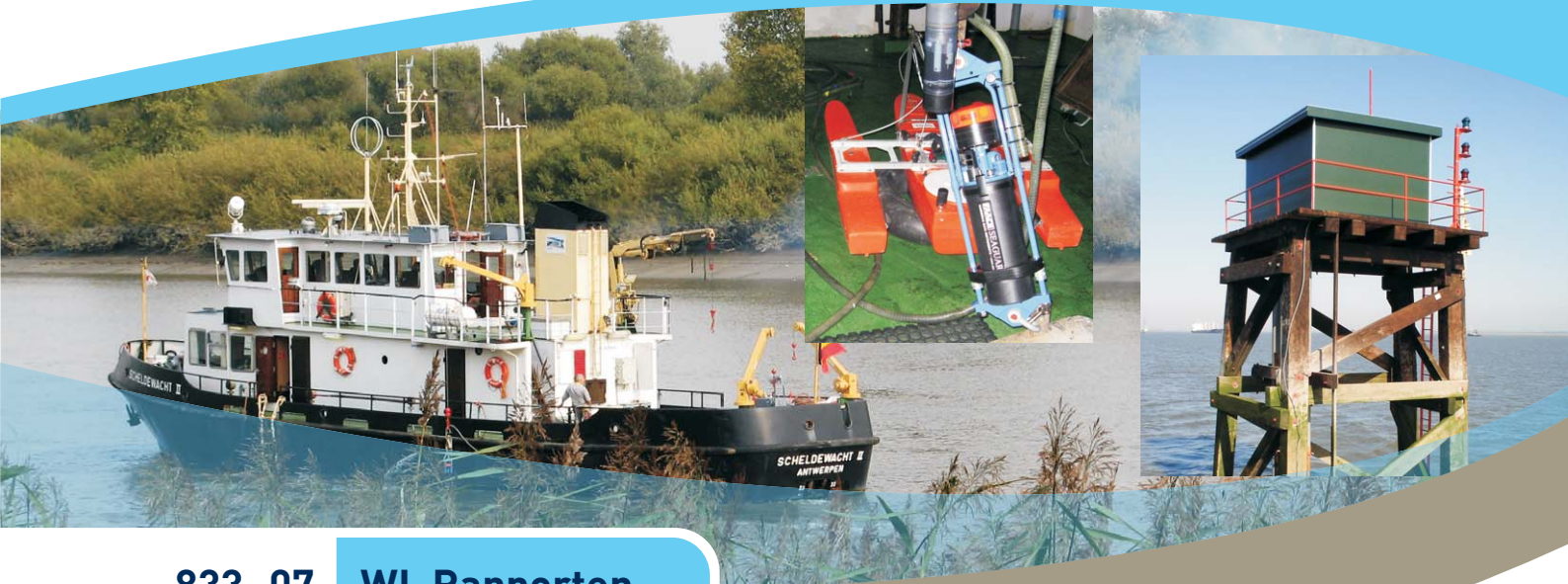


MONEOS jaarboek monitoring WL 2008

OVERZICHT MONITORING HYDRODYNAMICA EN FYSISCHE PARAMETERS
ZOALS DOOR WL IN 2008 IN HET ZEESCHELDEBEKKEN GEMETEN



833_07 WL Rapporten

MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008

Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals
door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten

ir. Eric Taverniers ; dr. Frank Mostaert

juni 2009

WL2009R833_07rev3_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (2009).

MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008 : Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten, Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

D/2009/3241/541

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijk schriftelijke toestemming van de uitgever.



Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008 : Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2009R833_07rev3_0
Keywords (3-5):	Zeescheldebekken Moneos monitoring jaarboek 2008		
Tekst (p.):	145	Tabellen (p.):	-
Bijlagen (p.):	apart bijlagenrapport	Figuren (p.):	-
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur ir. Taverniers, Eric	Afdelingshoofd dr. Mostaert, Frank
--------------------------------	---------------------------------------

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	mei 2009	conceptversie 1	ir. Taverniers, E.
2_0	juni 2009	conceptversie 2	ir. Taverniers, E.
3_0	07.07.2009	definitieve versie	ir. Taverniers, E.

Abstract

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010) wordt een uitgebreide monitoring in Westerschelde en in Zeescheldebekken gedaan. Het handelt over grotendeels een continue systeem-monitoring, deels over project- en kleinendeels over studie-monitoring. In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stromingen, chloridegehalte, turbiditeit en andere fysische parameters.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2008 in het Zeescheldebekken deed, en zoals voor Moneos dienstig is. Dit rapport heeft de bedoeling om, uitleggend, een jaarbeeld van getij en andere parameters te schetsen. Het eigenlijke rapport wordt begeleid door een bijlagenrapport met enkel data-overzichten (hoog- en laagwaters per locatie en per maand, afvoer van het Zeescheldebekken zijnde de bovendebieten aan de rand van het tijbekken en doorgerekend naar de "Schelde te Schelle", enz.). De eigenlijke hoogfrequente data zijn op vraag digitaal op CD beschikbaar.

Inhoudstafel

Inhoudstafel.....	I
Voorwoord	III
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VIII
1 Jaaroverzicht 2008 getijwaarnemingen.....	1
1.1 algemeen: het getij in het Zeescheldebekken.....	1
1.2 meetlocaties van het getij in het Zeescheldebekken	2
1.3 het (normale) optreden van het getij in het Zeescheldebekken	7
1.4 Getijwaarnemingen 2008 te Antwerpen-Loodsgebouw	16
1.4.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2008 te Antwerpen-Loodsgebouw.....	16
1.4.2 getijwaarnemingen 2008 Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief	26
1.4.3 opgetreden stormvloeden 2008.....	38
1.4.4 opgetreden speciale tijen in 2008.....	42
1.5 Getijwaarnemingen 2008 op overige tijmeetposten.....	47
1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2008	47
1.5.2 getijwaarnemingen 2008 in historisch perspectief.....	50
1.5.3 opgetreden stormvloeden 2008.....	54
1.5.4 opgetreden wasregimes 2008	55
1.5.5 opgetreden speciale tijen 2008	63
2 Jaaroverzicht 2008 bovendebieten Zeescheldebekken	65
2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied	65
2.2 overzicht 2008 bovendebieten aan de randen van het tijgebied	69
2.2.1 globaal overzicht 2008	69
2.2.2 wasregimes 2008	74
2.2.3 bovendebieten meetraaien 2008 in historisch perspectief	77
2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts	79
2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949)	79
2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode (2009).....	81
2.3.3 doorrekening bovendebieten 2008 naar "Schelde te Schelle"	83
2.3.4 bovendebieten 2008 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief	85

2.3.5	doorrekening bovendebieten 2008 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis en met tijdvertraging (nieuwe methode)	89
3	Jaaroverzicht 2008 "fysische parameters"	93
3.1	aanduiding "fysische parameters"	93
3.1.1	algemeen	93
3.1.2	meetlocaties "fysische parameters"	95
3.1.3	normale verlopen van "fysische parameters" in functie van het getij	97
3.1.4	normale verlopen van "fysische parameters" in functie van de seizoenen	111
3.2	verloop 2008 stroomsnelheid- en richting meetlocaties Beneden-Zeeschelde	115
3.2.1	verloop van stroomsnelheid	115
3.2.2	verloop van stroomrichting	120
3.3	verloop 2008 temperatuur continue meetlocaties en langsvaarten	123
3.3.1	verloop van temperatuur op continue meetplaatsen Beneden-Zeeschelde	123
3.3.2	verloop van temperatuur tijdens langsvaarten	126
3.4	verloop 2008 conductiviteit continue meetlocaties en langsvaarten	129
3.4.1	verloop van conductiviteit continue meetlocaties	129
3.4.2	verloop van conductiviteit en chloridegehalte tijdens langsvaarten	134
3.5	verloop 2008 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Beneden-Zeeschelde	135
3.5.1	verloop van turbiditeit en suspensiegehalte continue meetlocaties	135
3.6	verloop 2008 zuurtegraad meetlocaties langsvaarten	143
3.7	verloop 2008 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties rand van het tijgebied	144
3.7.1	algemeen	144
3.7.2	aanvoer suspensiemateriaal via Kleine Nete te Grobbendonk	144
	Colofon	C1

Voorwoord

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten Ontwikkeling-Schets) een uitgebreide monitoring opgestart in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het grotendeels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en kleinendeels over studie-monitoring. Veel van de (vooral systeem-)monitoring is een verderzetting van bestaande meetnetten en metingen, of uitgebreid naar meer locaties of naar meer parameters.

Het globale MONEOS-programma omhelst verschillende delen, zowel naar:

- de drie luiken (zijnde T = toegankelijkheid, N = natuurlijkheid, en V = veiligheid);
- als naar de aard van de te meten parameters (hydraulisch, morfologisch, fysico-chemisch, biologisch enz.);
- als naar de plaats (water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde van de dijk o.m. overstromingsgebieden, enz.).

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stromingen, chloridegehalte, turbiditeit en andere fysische parameters, metingen die in het globale MONEOS-programma mee voorgeschreven zijn.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de aldus in 2008 door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken en die nu o.m. kadert in MONEOS.

Het gaat in dit rapport om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die aan het beleidsdomein waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort, eigen zijn, zoals:

- **waterstanden** (het tij in het Zeescheldebekken);
- **bovendebieten** (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts het tijgebied);
- **temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte** van vnl. het water van de Zeeschelde;
- **stromingen** (o.a. stroomsnelheid en -richting op continue meetplaatsen in voorlopig enkel de Beneden-Zeeschelde);
- **turbiditeit en suspensiegehalte** (ook op continue meetplaatsen in voorlopig de Beneden-Zeeschelde aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

Binnen MONEOS en ook uit nut en nood van uitbreiding van metingen voor het eigen beleidsdomein, worden momenteel op vele locaties nieuwe metingen gestart, zowel naar het vergroten van het aantal meetposten van parameters die nu op minder locaties wordt bemeten, als naar het gaan meten van nieuwe parameters. Het huidige rapport geeft een overzicht van 2008, en beperkt zich dus tot de toen gemeten parameters, waar in het MONEOS-rapport over 2009 en volgende jaren, veel meer zal kunnen getoond worden.

Het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout heeft zich ten volle geëngageerd om binnen MONEOS systematisch volgende parameters (meestal continu) te meten:

- waterstanden (tij) in alle aan het tij onderhevige rivieren van het Zeescheldebekken;
- bovendebieten aan alle randen van het tijgebied, en doorrekening naar dienstige plaatsen afwaarts, o.a. te Schelle; plus aan enkele -nieuwe- intermediaire locaties;
- fysische parameters zoals temperatuur, conductiviteit, chloridegehalte, turbiditeit en concentratie aan suspensiemateriaal, op een vijftiental goedgelegen plaatsen in het Zeescheldebekken; daarbij zullen op vele plaatsen ook zuurstofgehalte, redox-potentiaal, pH, chlorofyl-a, blauwalgen e.d. worden gemeten, en op enkele plaatsen enkel temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte;
- stromingen (in snelheid en in richting) op verschillende plaatsen, zowel puntsgewijs als over een dwarssectie, en dat over het Zeescheldebekken verspreid; zowel gaande over dertienuursmetingen over een getij, als continu;
- debieten en sedimentfluxen over de dwarssectie van tijrivieren in het Zeescheldebekken, programma dat komend jaar sterk wordt opgezet;
- golfmetingen op dienstige locaties vnl. in de Zeeschelde;
- waterstanden in de overstromingsgebieden, al dan niet met Gereduceerd Gecontroleerd Getij, en dat over het ganse Zeescheldebekken

Dit rapport beperkt zich uiteraard tot wat in 2008 daarvan al daadwerkelijk werd gemeten.

* * *

Dit rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport is evenwel met opzet ook zeer uitleggend opgevat. Het is wel de eerste maal dat dergelijk "jaarbeeld" wordt geschreven. Het kan dan moeilijk anders dan dat enkele zaken iets zouden kunnen overbelicht zijn, en dat andere zaken iets ruimer aan bod zouden kunnen gekomen zijn. In ieder geval is getracht een doordachte keuze te maken, en zeer zeker is een strikte systematiek in het "jaarbeeld" aangehouden. De drie aparte delen, over tij, bovendebieten resp. fysische parameters zijn elk opgebouwd vanuit eerst algemene beschouwingen, dan het aangeven van de meetresultaten op één of één type van locatie(s), inclusief het inbedden in hun historisch perspectief, en uiteindelijk in het aangeven van bewerkte meetgegevens op andere plaatsen die terzake dienstig zijn.

Deze strakke systematiek maakt het niet enkel aantrekkelijker voor de lezer, maar heeft voor de auteurs gezorgd voor een duidelijke stroomlijning van alle meetgegevens van alle types en alle plaatsen, en tevens gezorgd voor een relatief snelle doorlooptijd van schrijven en opmaak van het rapport.

Dan kan wel geraden worden dat het rapport tegelijk te ruim en te smal zou zijn ... Voor enkelen zal niet alle uitleg van tij, bovendebieten en fysische parameters noodzakelijk zijn, maar voor de meesten zal al die uitleg tegemoet komen aan de wens om die parameters betekenisvoller aan te voelen, ze beter in hun context in te kunnen passen, en hun onderlinge verbanden dieper te begrijpen. Binnen het ruimer dan louter MONEOS, beoogde doelpubliek, beantwoordt dit rapport vele vragen van de jongere generatie over bvb. de hydraulische fysica der dingen in het Zeescheldebekken, en geeft hen aan wat allemaal systematisch en doorgaans continu gemeten wordt, en wat die meetresultaten kunnen betekenen. Zo komt dit rapport, buiten het MONEOS-doel, tegemoet aan een grote leemte aan kennis en begrip.

Ook de auteurs hebben al tijdens het verwerken der meetgegevens en het kneden ervan tot relevante presentaties, en uiteraard tijdens het schrijven van dit rapport, aangevoeld dat soms wat veel uitleg over enkele zaken werd neergepend, doch vooral dat van de meeste zaken nog zo veel meer kan gerapporteerd worden, al weze het als een soort naslagwerk op een terrein waar zij vaak ervaren dat er nood aan is. Dit eerste MONEOS-jaarbeeld gaat over 2008, en is -naar letter-geschreven voor het MONEOS-programma, maar is binnen het Waterbouwkundig Laboratorium nu al aanzet om meerdere rapporten en overzichten over het hydraulisch en "fysisch" leven van het Zeescheldebekken op te stellen en aan een ruim professioneel publiek uit te geven.

Tenslotte: dit rapport is een eerste deel van een twee-eenheid. Naast dit "tekst"-rapport wordt immers onder dezelfde titel tegelijk een "bijlagen"-rapport uitgegeven. Beide maken samen één eenheid. Beide zijn op papier, wat ondanks alle geroep over het digitale tijdperk een noodzaak blijkt.

In het "bijlagen"-rapport zijn enkel data-overzichten gebundeld, zoals:

- de maandbladen met overzichten van het dagelijkse tij per maand en per locatie; daarin staan per dag de tijden en hoogten van alle hoog- en laagwaters van betrokken maand, plus gemiddelde en uiterste waarden;
- de klassieke overzichten, per maand, per halfjaar, per jaar en historisch, van de bovendebieten aan de meetraaien (de opwaarts randen van het tijgebied) en van hun afwaartse doorrekening uiteindelijk naar de klassieke locatie "de Schelde te Schelle";
- de overzichten van de langsvaarten bij kentering van laagwater en hoogwater, tussen Bath en Rupelmonde, zo nodig nu nog niet alle continue meetplaatsen over dat traject in dienst zijn hetgeen wel spoedig zal komen.

Alle minuut-data zijn uiteraard ook digitaal beschikbaar, ook deze die zeer frequent worden gemeten en verzameld, en niet enkel deze die bvb. over enkel hoog- of laagwaters gaan maar o.m. deze over het volledige tijverloop, enzovoort. Het Waterbouwkundig Laboratorium gebruikt deze data al jaren voor eigen studies en onderzoeken, en verstrekt op vraag ganse data -reeksen.

Lijst van de tabellen

	<u>blz.</u>
Tabel 1 - lijst van de langs de Zeeschelde opgestelde continue meetposten en met opgave van de per locatie gemeten parameters	4
Tabel 2 - lijst van de langs de overige tijrivers opgestelde continue meetposten en met opgave van de per locatie gemeten parameters	5
Tabel 3 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: hoofdkenmerkende waarden van het tij over het jaar 2008	17
Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2008 en in vergelijking met langjarige waarden sinds 1971	26
Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden (enkel HW's & LW's & tijverschillen)	28
Tabel 6 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden (HW's & LW's & tijverschillen plus halftij & duurtijden)	29
Tabel 7 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden (met name de uiterste hoog- en laagwaterstanden)	30
Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaters 2001-2008 verdeeld per decimeter TAW	31
Tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel laagwaters 2001-2008 verdeeld per decimeter TAW	32
Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel tijverschillen 2001-2008 verdeeld per decimeter	33
Tabel 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentie-tabel hoogwaterstanden bij stormvloed 1971-2008 verdeeld per decimeter	41
Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2008	48
Tabel 13 - Rupel en Beneden-Nete: overzicht per locatie van hoofdkenmerkende tijwaarden 2008	49
Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, en van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953)	51
Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia)	52
Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953)	53
Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia)	53
Tabel 18 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 tot 31 maart 2008	55
Tabel 19 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november tot 14 december 2008	61

Tabel 20 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2008	71
Tabel 21 - Zeescheldebekken: bovendebieten aan de meetraaien - tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden	73
Tabel 22 -- Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 tot 31 maart 2008	75
Tabel 23 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november tot 14 december 2008	76
Tabel 24 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier	80
Tabel 25 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle	82
Tabel 26 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2008 van de afvoer van de tijrivieren en de zijbekkens, en aan de Schelde te Schelle	84
Tabel 27 - de bovenafvoer van het Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde bovendebieten van "de Schelde te Schelle" in 2008	90

Lijst van de figuren

	<u>blz.</u>
Figuur 1 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten	2
Figuur 2 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met aanduiding van de tijmeetposten (en debietmeetposten aan de rand van het tijgebied)	3
Figuur 3 - de klassieke mechanische Ott-Büsum-tijmeter met registratie op papier	6
Figuur 4 - gemiddelde tijkrommen (springtij, middeltij en doottij) in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw	7
Figuur 5 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden van (bijna) alle tijmeetlocaties in Westerschelde en Zeeschelde. De tijkrommen zijn alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen gezet	8
Figuur 6 - Durme: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden van alle tijmeetlocaties langs de Durme. Ook hier zijn de tijkrommen alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater Vlissingen gezet	10
Figuur 7 - Zeescheldebekken: algemeen liggingplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen en gemiddelde eb-volumes op enkele kenmerkende locaties	11
Figuur 8 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Antwerpen-Loodsgebouw en Hemiksem	12
Figuur 9 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Sint-Amands en Dendermonde	13
Figuur 10 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Wetteren en Melle	14
Figuur 11 - correlaties van hoogwater en laagwater tussen de geburige meetposten Duffel-sluis en Lier-Molbrug	15
Figuur 12 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van halfdagelijkse bereiken van waterstand door het tij	19
Figuur 13 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater, laagwater en tijverschil	20
Figuur 14 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater	21
Figuur 15 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil	22
Figuur 16 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende de maand januari 2009	23
Figuur 17 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij en van het verschil tussen voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's)	24

Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1885-2008)	35
Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1885-2008)	36
Figuur 20 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: "eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1885-2008)	37
Figuur 21 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 21 maart 2008 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.97m)	38
Figuur 22 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 20 en 21 maart 2008 (tien minuut-gegevens)	39
Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1885 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden	40
Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 10 maart 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-0.98 m)	42
Figuur 25 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 9 en 10 maart 2008 (tien minuut-gegevens)	43
Figuur 26 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: tijverloop op 13 december 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-1.26 m)	44
Figuur 27 - Westerschelde te Hansweert: windverloop op 12 en 13 december 2008 (tien minuut-gegevens)	44
Figuur 28 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: foto Schelde, Margueriedok en tijmeetpost op zaterdagmiddag 13 december 2008 net op het zeer lage laagwater op peil TAW (-1.26 m)	45
Figuur 29 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1885 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden	46
Figuur 30 - Zeeschelde: algemeen liggingplan met aanduiding van de beschouwde tijmeetposten	50
Figuur 31 - Zeeschelde: verloop tij met o.a. stormvloed 21 maart 2008 op enkele hoofdlocaties	54
Figuur 32 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008	56
Figuur 33 - Zeeschelde en Dender: verloop van tij en bovendebiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008	57
Figuur 34 - Zeeschelde te Dendermonde en Dender te Appels: verloop van tij en bovendebiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008	58
Figuur 35 - Zeeschelde te Wetteren en Melle: verloop van tij en bovendebiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008	59
Figuur 36 - Netebekken: verloop van tij te Lier-Molbrug en van bovendebiet te Itegem en te Grobbendonk, gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008	60
Figuur 37 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november à 14 december 2008	62

Figuur 38 - Zeeschelde: verloop van het tij o.a. de zeer lage laagwaterstand op 10 maart 2008	63
Figuur 39 - Zeeschelde: verloop van het tij o.a. de zeer lage laagwaterstand op 13 december 2008	64
Figuur 40 - ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend	66
Figuur 41 - Boven-Zeeschelde te Melle: foto's van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter	68
Figuur 42 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2008	69
Figuur 43 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2008	70
Figuur 44 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in maart en april 2008, o.a. met de was-periode van 11 tot 31 maart 2008	74
Figuur 45 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in november en december 2008, o.a. met de was-periode in de Zeeschelde te Melle van 11.11 tot 14.12.2008	76
Figuur 46 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle, periode 1990-2008	77
Figuur 47 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten en van lopende zestigdaagse bovendebieten in de Zeeschelde te Melle, inclusief de langjarige lineaire trendlijn	78
Figuur 48 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van maandgemiddelde waarden	85
Figuur 49 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van een lopend 12-maandgemiddelde waarde	86
Figuur 50 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarden	87
Figuur 51 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte	86
Figuur 52 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief trendlijn (tweedegraads polynoom)	88
Figuur 53 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde bovendebieten met name van de "schelde te Schelle" over het jaar 2008	91
Figuur 54 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2008 (nieuwe methode)	92
Figuur 55 - twee types van Aanderaa-RC9-toestellen	94
Figuur 56 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de beide in 2008 in de Beneden-Zeeschelde aanwezige meetplaatsen van continue monitoring van zgde "fysische parameters"	95
Figuur 57 - Beneden-Zeeschelde: algemeen liggingsplan van beide continue meetlocaties van zgde "fysische parameters" en met aanduiding van de tijmeetposten	96

Figuur 58 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit	98
Figuur 59 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een doottij	102
Figuur 60 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, stroomsnelheid, stroomrichting, druk en turbiditeit, en zulks bij een springtij	103
Figuur 61 - typisch verloop van tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, en zulks bij een doottij	106
Figuur 62 - typisch verloop van tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, en zulks bij een springtij	106
Figuur 63 - typisch verloop van het tij: verloop van de waterstand, het debiet en de gemiddelde watersnelheid door de dwarssectie, en met gangbare termen i.v.m. het tij	108
Figuur 64 - typisch verloop van tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, turbiditeit en druk, en zulks bij een doottij	109
Figuur 65 - typisch verloop van tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, turbiditeit en druk, en zulks bij een springtij	110
Figuur 66 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdalf met de twee kranen voor Aanderaa-RCM9-meettoestel, en de meethut met tij- en meteo-meting	111
Figuur 67 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van de watertemperatuur per vijfdaagse periode, met onderscheid naar de temperatuur bij KHW en KLW	112
Figuur 68 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van de conductiviteit per vijfdaagse periode, met onderscheid naar de conductiviteit bij KHW en KLW	113
Figuur 69 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van het chloridegehalte per vijfdaagse periode, met onderscheid naar het chloridegehalte bij KHW en KLW	114
Figuur 70 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb	116
Figuur 71 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb	117
Figuur 72 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb	118
Figuur 73 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb	119
Figuur 74 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomrichting over vloed en over eb	121
Figuur 75 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomrichting over vloed en over eb	122
Figuur 76 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de temperatuur bij KHW en bij KLW	124

Figuur 77 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 : jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de temperatuur bij KHW en bij KLW	125
Figuur 78 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering hoogwater op 09.09.2008 - verloop alle meetresultaten	127
Figuur 79 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering laagwater op 01.09.2008 - verloop alle meetresultaten	127
Figuur 80 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering hoogwater op 08.12.2008 - verloop alle meetresultaten	128
Figuur 81 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering laagwater op 15.12.2008 - verloop alle meetresultaten	128
Figuur 82 - Afvoer van het Zeescheldebekken naar zee in 2008 : vijfdaagse en tiendaagse waarden van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle"	129
Figuur 83 - jaarverloop van conductiviteit bij KHW en bij KLW te Oosterweel en jaarverloop van afvoer van het Zeescheldebekken naar zee in 2008 per vijfdaagse periode beschouwd	130
Figuur 84 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de conductiviteit bij KHW en KLW	132
Figuur 85 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de conductiviteit bij KHW en KLW	133
Figuur 86 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de turbiditeit bij KHW en KLW	136
Figuur 87 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de turbiditeit bij KHW en bij KLW	137
Figuur 88 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde turbiditeit over vloed en over eb	139
Figuur 89 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde turbiditeit over vloed en over eb	140
Figuur 90 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale turbiditeit over vloed en over eb	141
Figuur 91 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84: jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale turbiditeit over vloed en over eb	142
Figuur 92 - Kleine Nete te Grobbendonk (Troonstraat) : jaarverloop 2008 van de concentratie aan suspensiemateriaal	145

1 Jaaroverzicht 2008 getijwaarnemingen

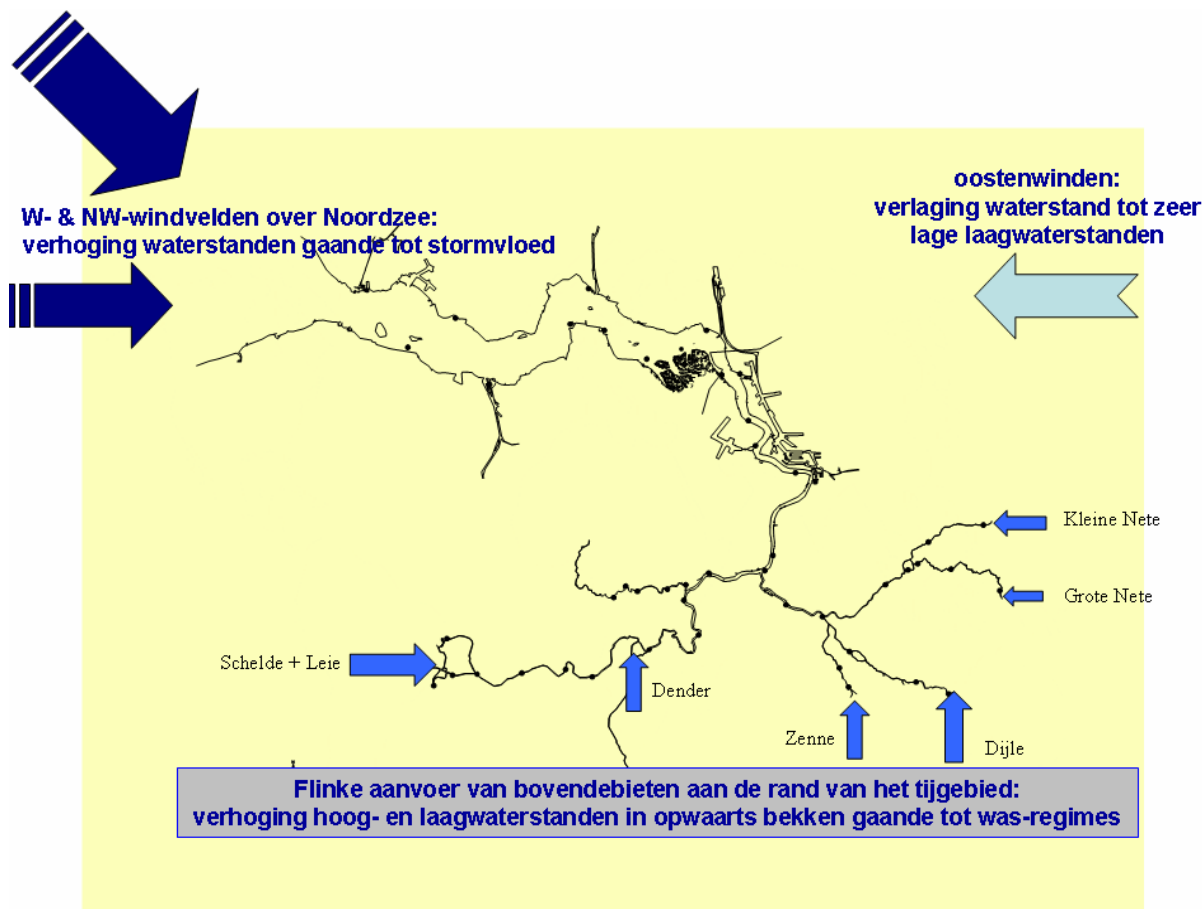
1.1 algemeen: het getij in het Zeescheldebekken

Zoals bekend is het Zeescheldebekken onderworpen aan het halfdaagse getij in de Noordzee. Via de Westerschelde komt bijna vier maal daags een tijgolf het Zeescheldebekken binnen, om en om een laagwater- en een hoogwatergolf. Zoals ook bekend is, variëren deze tijen flink met de maanstand in een doortij/springtij-periode.

Van alle franjes ontdaan, kan het getij in het Zeescheldebekken kortweg omschreven worden als zijnde de som van volgende componenten:

- vanuit de Noord-Atlantische Oceaan komt een quasi **astronomisch getij** de Noordzee binnen, zowel ten zuiden via het Nauw van Kales als ten noorden omheen Schotland;
- bij diepe lagedruk-kernen, met dicht bij elkaar gelegen isobaren aan westzijde, en gewoonlijk van zuidwest naar noordoost gaande over de Noordzee, oefenen meteorologische omstandigheden op dit quasi astronomisch getij grote invloed uit, welke bij langdurige (dagen) en hevige (8 à 12 Bft) windvelden uit west tot vnl. noordwest over de Noordzee, langs de Belgische Kust aanleiding geven tot **flink verhoogde waterstanden** vnl. hoogwaterstand, zodat zich via de Westerschelde in het Zeescheldebekken stormvloed kunnen ontwikkelen. Met een juiste knipoog naar de oorzaak wordt -algemeen- van opwaaiing gesproken;
- vanuit continentaal Europa kunnen langdurige (dagen) en hevige (5 à 7 Bft) oostenwinden vanuit Duitsland over België en Nederland gaan, welke de normaal (astronomisch voorspelde) waterstanden in Westerschelde en Zeescheldebekken **flink kunnen verlagen**, zo hoog- als laagwater. Dit kan zich vooral voordoen bij winterse vorstperiodes als in zomerse warmtedagen. Met een juiste knipoog naar de oorzaak wordt -algemeen- van afwaaiing gesproken.
- bij langdurige (dagen) en hevige (bvb. 10 en meer l/m2.d) neerslag in Noord-Frankrijk en België, neemt de waterafvoer uit de opwaarts gelegen hydrografische bekkens (Bovenshelde, Leie, Denderbekken, Boven-Dijle-bekken, Demerbekken, Netebekken enz.) dermate toe dat uiteindelijk **zeer grote bovendebieten** naar het Zeescheldebekken worden afgevoerd, die het getij in de opwaartse gebieden van het tijbekken enerzijds doen verhogen (zo hoog- als eerder en meer laagwater) en anderzijds beperken (tijverschil doen verkleinen of getij naar afwaarts afremmen). Buiten de vernoemde hevige neerslag kan dit ook gebeuren bij plotse dooi na een sneeuwperiode. De bovendebieten geven aanleiding tot een **was-regime**.

Om deze componenten visueel te schetsen en op het Zeescheldebekken te projecteren, kan navolgende figuur 1 schetsmatig de zaken verduidelijken.



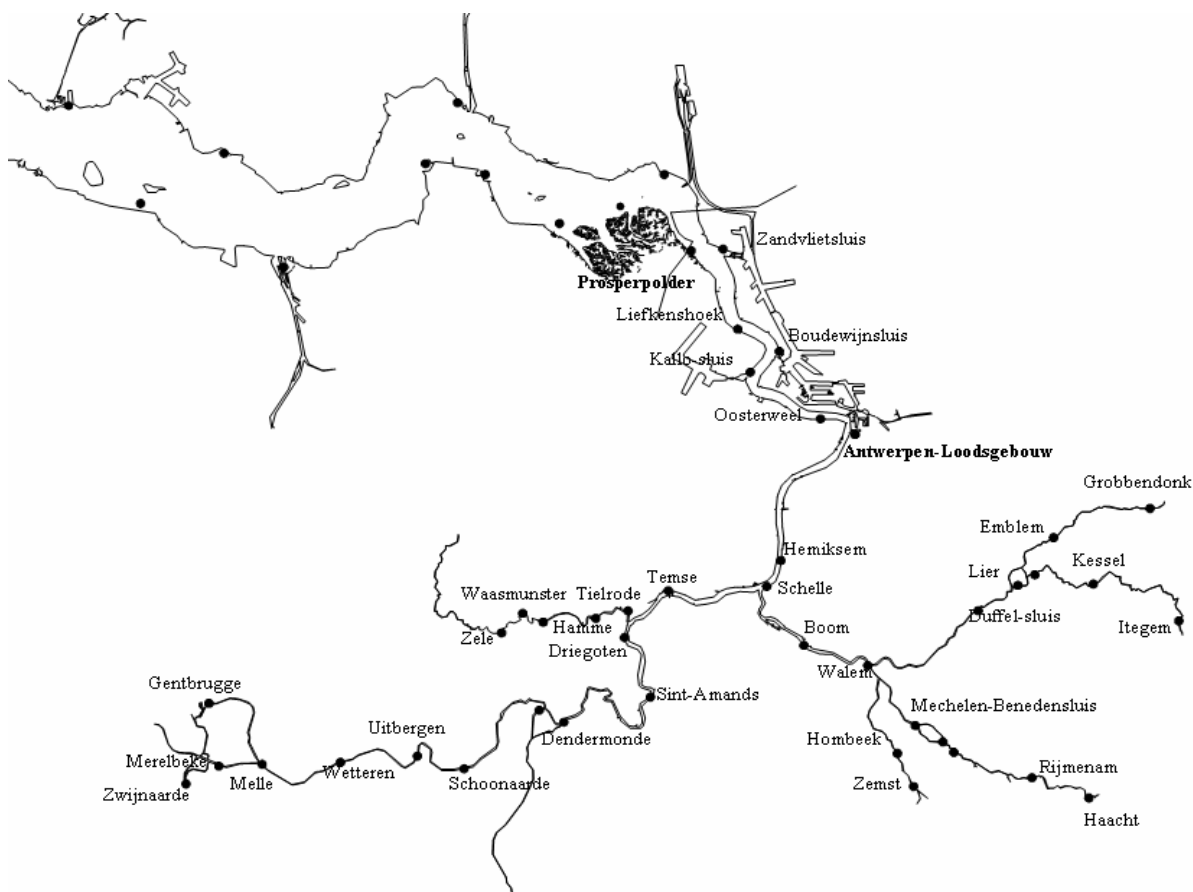
*Figuur 1 - Zeescheldebekken:
algemeen ligingsplan met schetsmatige aanduiding van de grootste tij-beïnvloedende componenten*

1.2 meetlocaties van het getij in het Zeescheldebekken

Van 1885 worden in het Zeescheldebekken systematisch en continu tij-registraties gedaan. Meteen was het meetnet vrij uitgestrekt, en op alle tijrivieren aanwezig, ruimer zelfs dan nu omdat bvb. de Moervaart, de Zuidlede en huidige kanaal-Durme tot jaren 1950 nog aan tij onderhevig waren.

De tij-registraties gebeurden aan de hand van mechanische tijmeettoestellen met papier-registratie, tegen de vroegere geplogenheden om enkel overdag aan de peilschalen (ongeveer) de hoog- en de laagwaterstanden te noteren. Hoewel al meer dan dertig jaren online-telemetrie-systemen bestaan die per minuut het getij aan de meeste meetlocaties doorgeven, vormen de klassieke mechanische tijmeettoestellen nog steeds de vertrouwde en beste basis om hoog- en laagwaters te meten.

Onderstaande figuur 2 geeft de huidige meetlocaties (met benaming) in het Zeescheldebekken weer. In totaal handelt het om 38 tijmeters en 6 debietmeters (aan de randen van het tijgebied opgesteld). Van deze 44 meetlocaties staan er nu 32 in telemetrie, met online minuutwaarden, en vooral voor operationeel gebruik.



Figuur 2 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de tijmeetposten (en debietmeetposten aan de rand van het tijgebied)

Op navolgende twee bladzijden zijn de meetposten in tabellen hernomen. Per locatie is ook weergegeven of er enkel getij ("Tij") wordt gemeten, of ook andere parameters zoals debiet ("Q") en zgde fysische parameters (zoals temperatuur, chloridegehalte, stroomsnelheid, turbiditeit).

a) Zeeschelde en Tijarm-Ringvaart

Rivier	Benaming meetlocatie	Meetparameters
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	Tij + T° + Cl-
Beneden-Zeeschelde	Zandvlietsluis	Tij
Beneden-Zeeschelde	Boei 84	T° + Cl- + v + Turb
Beneden-Zeeschelde	Liefkenshoek	Tij + T° + Cl-
Beneden-Zeeschelde	Boudewijnsdijk	Tij
Beneden-Zeeschelde	Kallosluis	Tij + T° + Cl-
Beneden-Zeeschelde	Oosterweel	Tij + T° + Cl- + v + Turb
Beneden-Zeeschelde	Antwerpen-Loodsgebouw	Tij
Boven-Zeeschelde	Hemiksem	Tij + T° + Cl-
Boven-Zeeschelde	Schelle	Tij
Boven-Zeeschelde	Temse	Tij
Boven-Zeeschelde	Driegoten	Tij
Boven-Zeeschelde	Sint-Amands	Tij
Boven-Zeeschelde	Dendermonde	Tij
Boven-Zeeschelde	Schoonaarde	Tij
Boven-Zeeschelde	Uitbergen	Tij
Boven-Zeeschelde	Wetteren	Tij
Boven-Zeeschelde	Melle	Tij + Q
Boven-Zeeschelde	Gentbrugge	Tij
Tijarm-Ringvaart Zuidervak	Merelbeke	Tij
Tijarm-Ringvaart Zwijnaarde	Zwijnaarde	Tij

Tabel 1 - lijst van de langs de Zeeschelde opgestelde continue meetposten (inclusief aan de Ringvaart om Gent) en met opgave van de per locatie gemeten parameters

Noot: In vetjes zijn de meetlocaties aangeduid welke in dit rapport nader aan bod komen.

b) Rupel, Nete's, Dijle, Zenne, Durme en Dender

Rivier	Benaming meetlocatie	Meetparameters
Rupel	Boom	Tij
Rupel	Walem	Tij
Beneden-Nete	Duffelsluis	Tij
Beneden-Nete	Lier-Molbrug	Tij
Kleine Nete	Emblem	Tij
Kleine Nete	Grobbendonk-Derde Sas	Q
Grote Nete	Lier-Maasfort	Tij
Grote Nete	Kessel	Tij
Grote Nete	Itegem	Q
Beneden-Dijle	Mechelen-Benedensluis	Tij
Boven-Dijle	Mechelen-stuw afwaarts	Tij
Boven-Dijle	Mechelen-stuw opwaarts	Tij
Boven-Dijle	Rijmenam	Tij
Boven-Dijle	Haacht	Q
Zenne	Hombeek	Tij
Zenne	Zemst	Tij
Durme	Tielrode	Tij
Durme	Waasmunsterbrug	Tij
Durme	Waasmunster-Manta	Tij
Durme	Zelee	Tij
Dender	Appels	Q en H

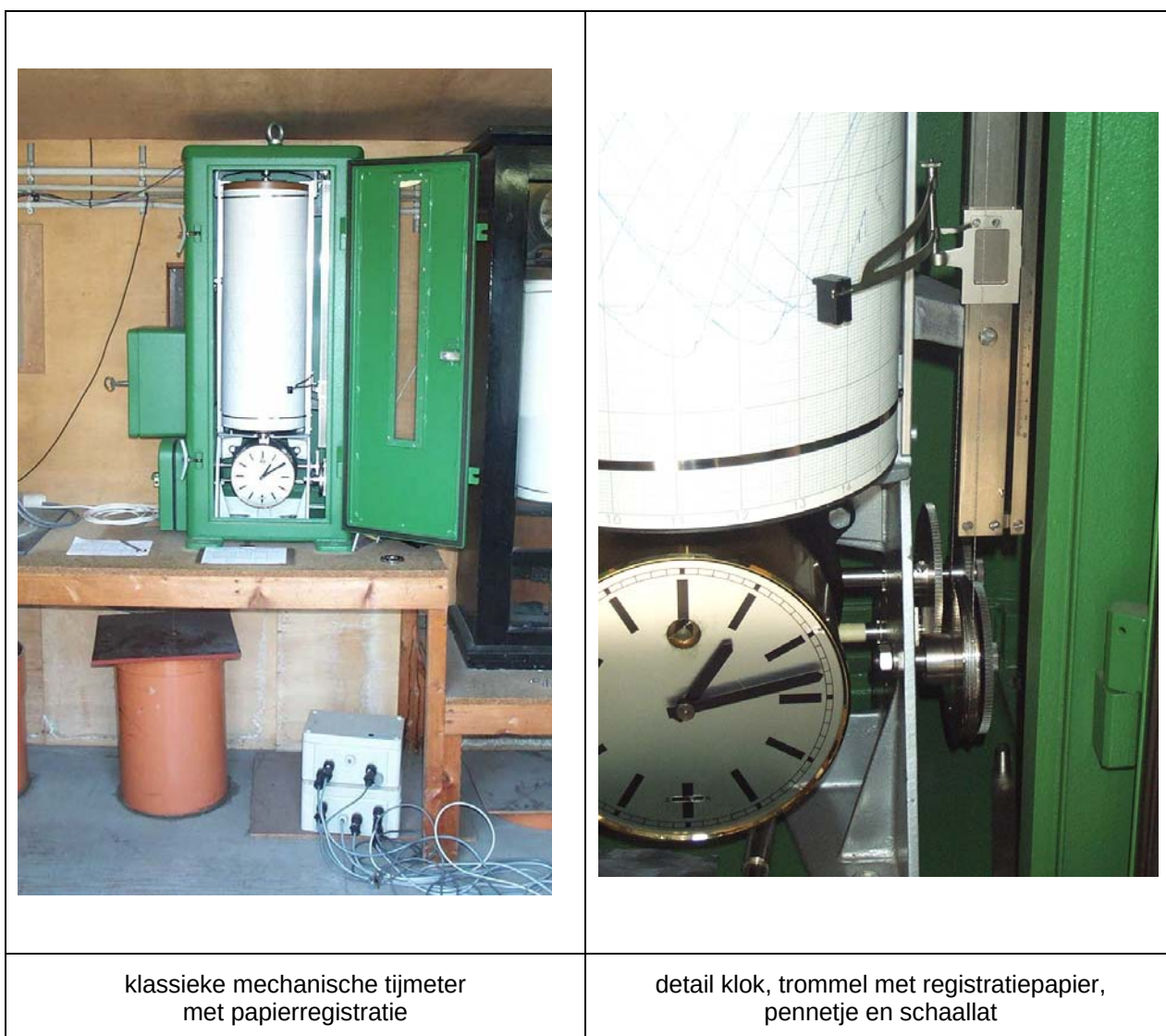
Tabel 2 - lijst van de langs de overige tijrivieren opgestelde continue meetposten (inclusief aan de Dender te Appels) en met opgave van de per locatie gemeten parameters

Gebruikte afkortingen van meetparameters

Tij	tijmeting
Q	debietmeting
H	waterstand (niet-getij)
T°	temperatuur
Cl-	chloridegehalte
v	stroomsnelheid en -richting
Turb	turbiditeit

Met "klassieke mechanische tijmeter met papierregistratie" wordt een zeer degelijk basis-meettoestel bedoeld, van fabricaat "Ott", en dat voor driekwart der meetposten in het Zeescheldebekken in dienst is, en terdege duurzaam, betrouwbaar en nauwkeurig blijkt. Onderstaande twee foto's geeft -linkerfoto- een geheel van het meettoestel, werkend via een vlotter op- en neergaande in een verticale vlotterbuis met onderaan een kegelvormig versmallend uiteinde in vrije communicatie met het rivierwater, en waarbij die omgekeerde kegel fungeert als demper van o.a. scheeps- en windgolven, deining, andere storingen van het te bemeten rivierwater.

Een mechanische (quartz-)klok doet een trommel ééns per etmaal ronddraaien; om de trommel is een blad registratiepapier gespannen, verdeeld volgens uren in horizontale zin en volgens meters in verticale zin. Met reductie van 1:20 gaat naast de trommel een pennetje op een schaallat op en neer en schrijft de waterstand op het registratieblad.



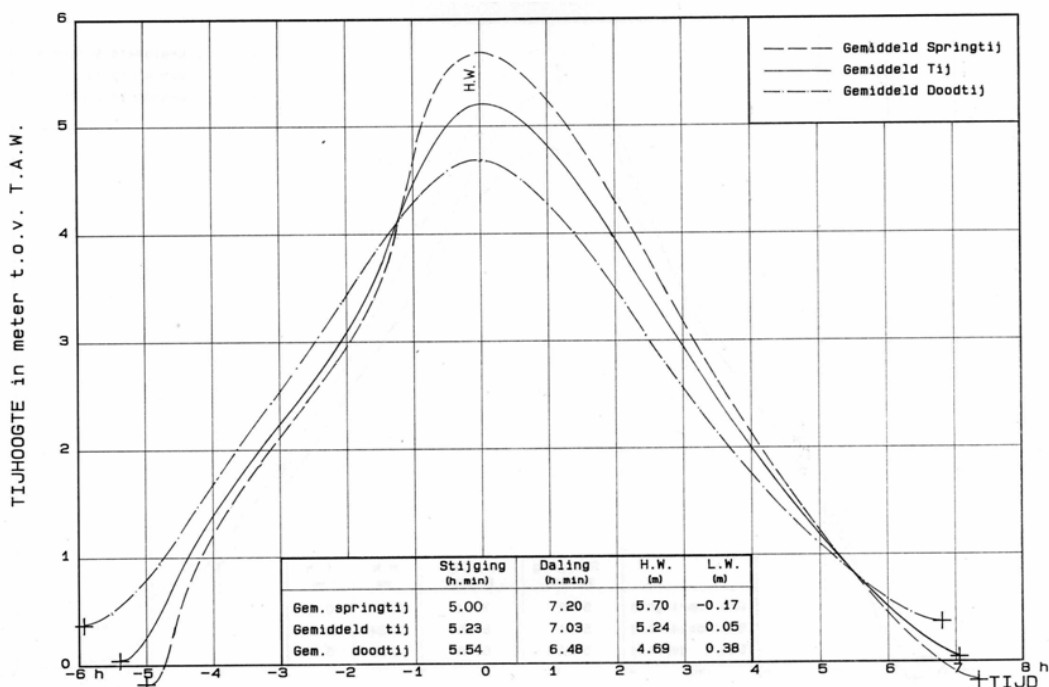
Figuur 3 - de klassieke mechanische Ott-Büsum-tijmeter met registratie op papier

In eerste instantie worden van al deze registraties alle hoog- en laagwaters in hoogte en in tijd gedigitaliseerd. Na controle tussen naburige hoog- en laagwaterstanden, en na eventuele aanvulling van ontbrekende gegevens, worden per maand en per locatie ASCII-bestanden aangelegd die de basis van alle verdere bewerkingen en presentaties vormen. In het bijlagenrapport zijn bvb. de maand-overzichten van dergelijke hoog- en laagwaters, inclusief eerste belangrijke, kenmerkende waarden, zoals maandgemiddelden en uiterste waterstanden, voor de dertien in bovenstaande tabellen in vetjes vermelde tijmeetposten gebundeld. Te weten is dat alle tijden voor deze basis-data steeds in Midden-Europese Tijd (M.E.T.) blijven, dus steeds in zogenaamde wintertijd.

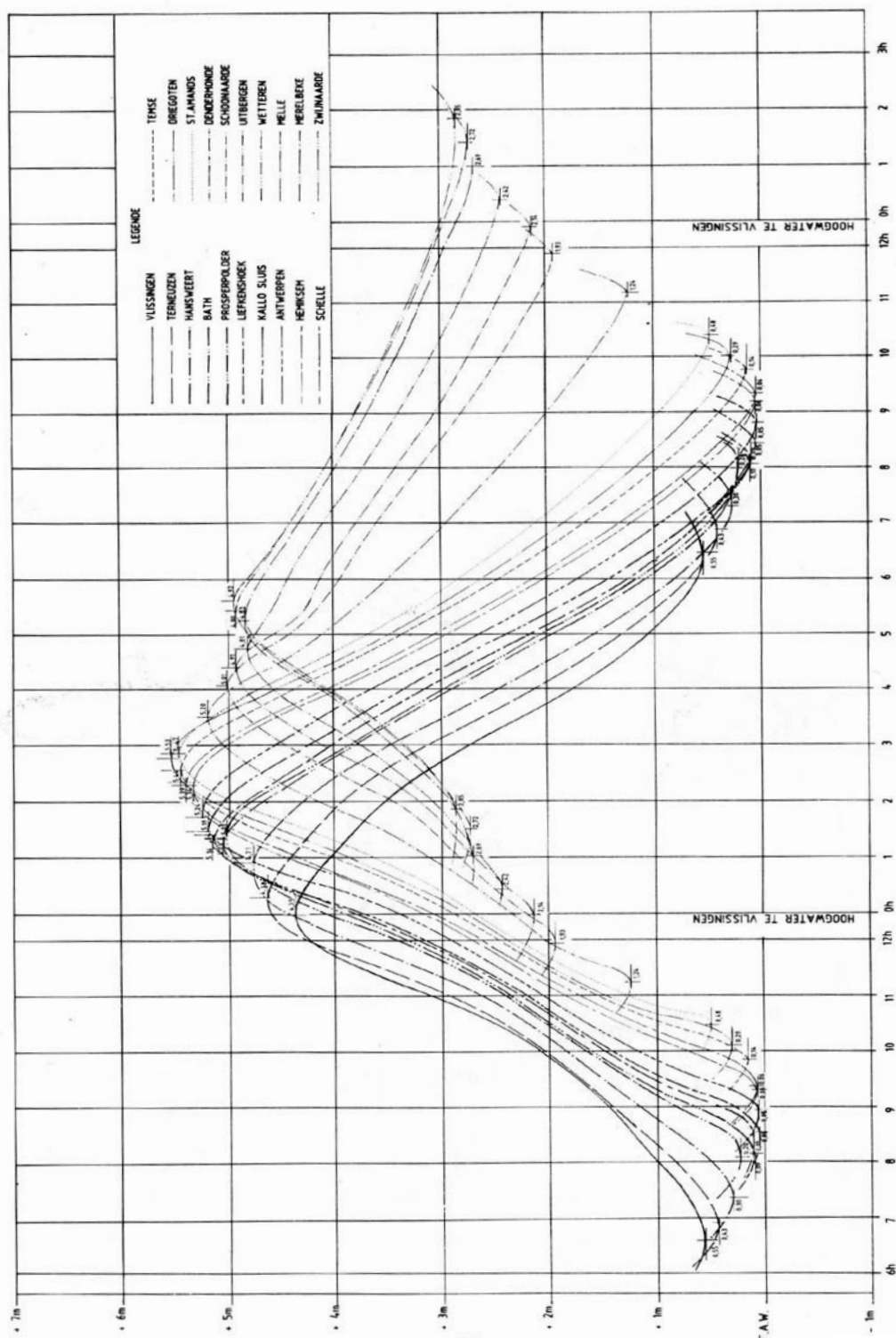
Uit zowel de papierregistraties als de online-gegevens worden ook volledige tijkrommen opgesteld. Ondermeer kunnen zo de gemiddelde tijkrommen per meetpost getoond worden, hetgeen visueel een goed beeld geeft van vnl. het getijverschil, de duur van stijging en van daling van het getij, o.a. hoe lang bij de opwaartse meetposten de eb gedurende uren op ongeveer eenzelfde hoogte blijft, kortom: hoe kort de vloedduur is en hoe lang de ebduur, wat aangeeft hoe snel vloed stroomt en hoe traag eb zal zijn.

1.3 het (normale) optreden van het getij in het Zeescheldebekken

In volgende figuur wordt een gemiddelde tijkromme voor de locatie Antwerpen-Loodsgebouw getoond, nl. bij gemiddeld springtij, bij gemiddeld doottij, en bij hét gemiddelde van alle tijen zijnde het middeltij.



Figuur 4 - gemiddelde tijkrommen (springtij, middeltij en doottij) in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw



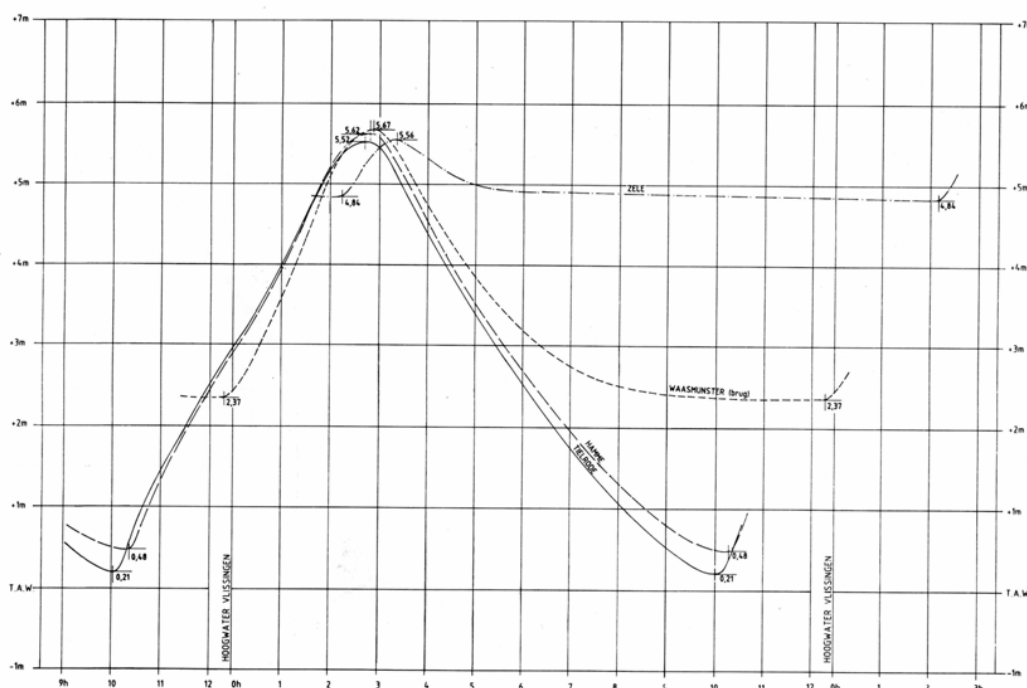
Figuur 5 - Zeeschelde: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden van (bijna) alle tijmeetlocaties in Westerschelde en Zeeschelde. De tijkrommen zijn alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen gezet

Figuur 5 toont het op eenzelfde tijd- en hoogte-achtergrond, uittekenen van de gemiddelde tijkrommen van (bijna) alle tijmeetposten langs de Westerschelde en de Zeeschelde (incl. de aan tij onderhevige Ringvaart). Qua tijd zijn alle tijkrommen met de vertraging (na-ijling) van de tijdstippen van hun hoog- en laagwaters uitgezet t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen. De tijkromme te Vlissingen is dan ook de meest linkse van alle (en in volle lijn getekend).

Duidelijk is af te lezen dat:

- de laagwaterstanden worden tussen Vlissingen en Antwerpen à Rupelmonding, lager, met ongeveer een halve meter. Opwaarts Schelle verhogen de laagwaterstanden van eenzelfde laagwatergolf (ook op de bijrivieren) in aanzienlijke mate, met uiteindelijk te Melle ongeveer 2,60 meter hoger dan te Antwerpen.
- de hoogwaterstanden worden tussen Vlissingen en Sint-Amands beduidend hoger, met ongeveer 1,15 meter, dus meer dan het dubbele hoger dan dat de laagwaters naar Rupelmonding lager zijn dan aan zee. Na Sint-Amands verlagen de hoogwaterstanden van eenzelfde hoogwatergolf met ongeveer een halve meter lager te Melle dan te Sint-Amands.
- de tijverschillen volgen uit de gang van zaken van laag- en hoogwater: Zij vergroten van (gemiddeld) bijna 4 meter aan zee tot bijna 5,50 meter aan de Rupelmonding, doch verkleinen tot iets meer dan 2 meter te Melle.
- uit de figuur van de plaatselijke (gemiddelde) tijkrommen in Westerschelde en Zeeschelde, komt ook vrij duidelijk naar voor dat de duur van de daling van hoog- naar laagwater, vergroot naar opwaarts. Aan zee heerst nog een relatief symmetrisch getij, met een gemiddelde duur van de stijging van het waterpeil van ongeveer 6 uren, en van de daling van bijna 6:30 u. Hun som is de bekende halfdaagse tij-duur van 12u25min doch dat is niet constant: bij springtij is de halfdaagse (en daagse) tij korter dan bij doodtij; de duurtijd van 12u25min is een gemiddelde over een volle springtij/doodtij-periode. Te Antwerpen-Loodsgebouw duurt de stijging ongeveer 5u30min en de daling ongeveer 7u. Naar opwaarts toe groeit de asymmetrie van de tijkromme: te Melle duurt de stijging iets meer dan 4 uur, en de daling iets meer dan 8 uur, dus een verhouding van 1 op 2.
- het moet onderstreept worden dat de tijkrommen op figuur 5 gemiddelden zijn (tienjarige gemiddelden) met een keur aan variaties op het thema. In eerste plaats zullen de tijverschillen vergroten bij springtij (hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden) en verkleinen bij doodtij (lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden dan bij gemiddeld middeltij). In tweede plaats verhogen de waterstanden, zo hoog- als laagwater, bij langdurige en hevige westen tot noordwestenwinden over de Noordzee, tot stormvloed toe. In periodes van aanhoudende beduidende oostenwinden verlagen de hoog- en laagwaterstanden, tot zéér lage laagwaterstanden toe. De in figuur 5 getoonde tijkrommen zijn dus gemiddelden !

Een analoge figuur kan getoond worden voor alle andere bijrivieren die aan tij onderhevig zijn. Het meest uitgesproken is dergelijke figuur voor de Durme, zie figuur 6. Ook hier zijn de tijdstippen van hoog- en laagwater per meetlocatie uitgezet t.o.v. het tijdstip van hoogwater te Vlissingen. Te Tielrode is het ongeveer 2u45min later hoogwater dan te Vlissingen; voor laagwater is dat ongeveer 3u30 min. Wat ongetwijfeld uit de plaatselijke tijkrommen in de Durme moet opvallen, is het naar opwaarts toe zeer sterk verhogen van de laagwaters evenals het zeer asymmetrisch worden van de tijkromme. Aan de meest opwaartse meetpost, Zele-Hoek, duurt het stijgen van het tijwater slechts iets meer dan een uur, en dus het dalen ongeveer iets meer dan elf uur. De vloedstroming is er dan ook veel sterker dan de ebstroming, tenzij bij was-regime. Bovendien: ganser dagen na elkaar kan te Zele geen tij doordringen, vnl. bij zeer klein bovendeblat aan de Durmedam (bij zomerse droogte) en bij doodtij (waarbij afwaarts Zele de korte en lage hoogwatergolf zich niet boven beddinghoogte tussen Waasmunster en Zele verheft).

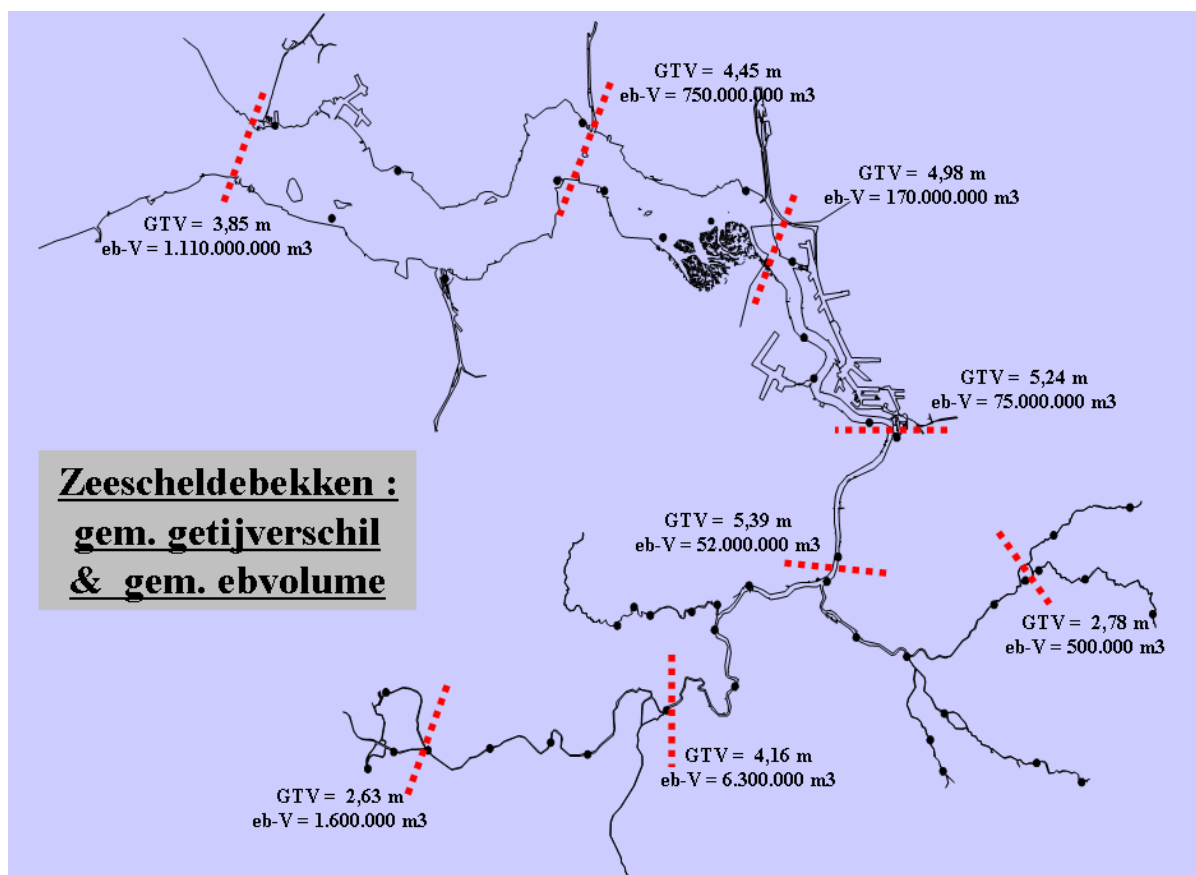


Figuur 6 - Durme: uittekening van de gemiddelde (middel-)tijden van alle tijmeetlocaties langs de Durme.

Ook hier zijn de tijkrommen alle met hun vertraging t.o.v. het tijdstip van hoogwater Vlissingen gezet

Ook hier geldt dat deze tijkrommen langjarige gemiddelden zijn, en dat bij stormvloed de hoogwaters tot veel hoger reiken, en in het midden- en het bovendee van de tij-Durme dagenlang zeer hoge waterstanden heersen in periodes van was-regime. Dan kan het makkelijk voorkomen dat dagen lang geen vloed aan de meetlocatie te Zele voorkomt, en alle stroming steeds naar afwaarts gericht is. Tegelijk kan wel bij een te Waasmunster heersend hoogwater, een verheffing van de waterstand te Zele optreden, hoe kortstondig en klein ook, doch dan gaat het om een schijngetij.

Het spreekt voor zich dat het tij in het Zeescheldebekken grote verplaatsingen van tijwater genereert. De tijverschillen zijn in verhouding tot andere binnenlandse tijrivieren groot zelfs zeer groot. Het ganse bereik van hoogwaterstanden, laagwaterstanden, dus ook tijverschillen, alsmede in duur van stijging en daling van het waterpeil op een locatie, resulteert in verhoudingsgewijs grote vloed- en eb-debieten en dus -volumes. Om daar enig -beperkt- idee van te geven zijn op figuur 7 voor enkele hoofdlocaties (Vlissingen, Terneuzen, Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw, Schelle, Dendermonde, Melle en Lier-Molbrug) in getallen het gemiddelde tijverschil (GTV) vermeld en daaronder het gemiddelde eb-volume (eb-V). Te bedenken is dat het om algemene gemiddelden handelt, en dat verhogingen of verlagingen van het tij vanuit zee, of bij droogte-periodes of was-regimes, zowel het tijverschil als de afvoer flink van deze gemiddelden verschillen.



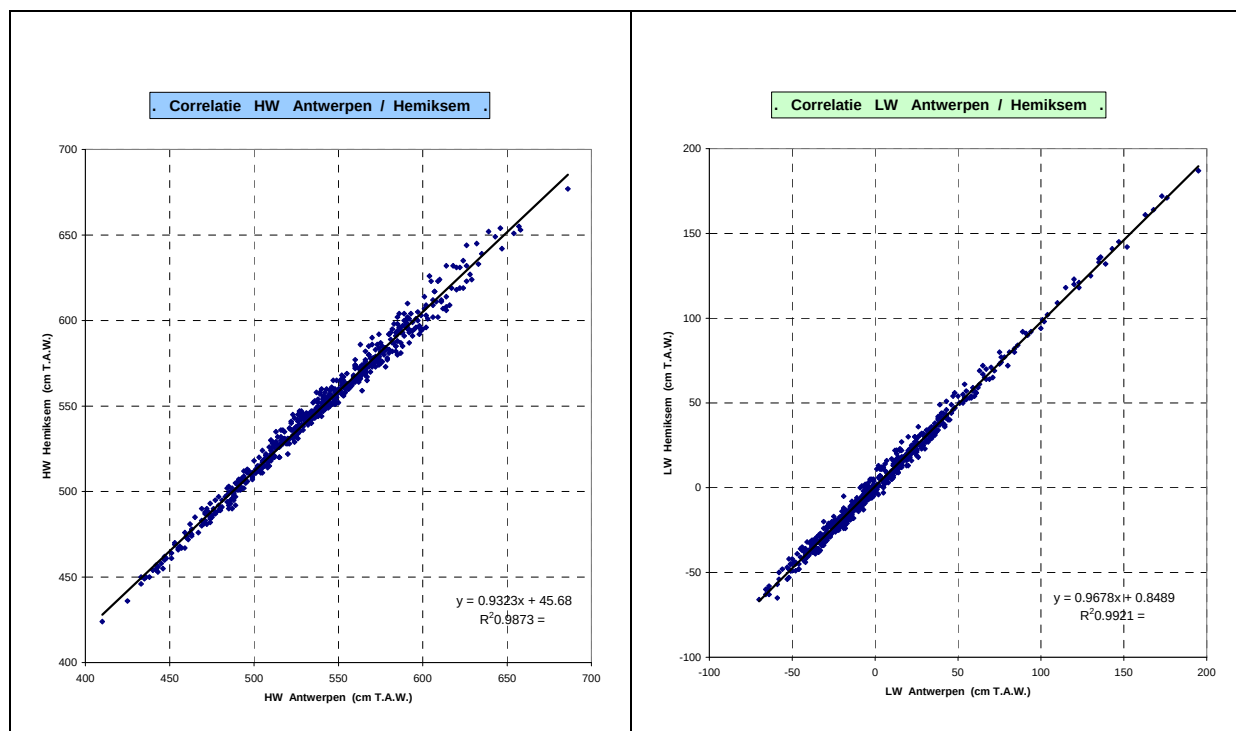
Figuur 7 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van gemiddelde tijverschillen (GTV) (in m) en gemiddelde eb-volumes (in m³) op enkele kenmerkende locaties

Het tij in het Zeescheldebekken kent dus een grote variatie over de langsas én afhankelijkheid van het heersende getij in de Noordzee of de aanvoer van bovendebiet aan de rand van het tijbekken. Het is duidelijk aan te tonen door tabellen of figuren van bvb. tijkrommen, bovendebieten, tijverschillen, eb-volumes enz.

In het Zeescheldebekken zijn -zelfs al van bij aanvang der systematische continue metingen in 1885- vele meetposten voor tijmeting geplaatst (zie figuur 2 en de daaropvolgende tabellen 1 en 2 met opsomming van de meetlocaties). Enerzijds zijn tijwaarnemingen op heel wat plaatsen als normaal te aanzien, bvb. aan sluizen, aan uitmondingen of aan samenvloeiingen van bijrivieren, en (historisch) nabij aan de rivier gelegen steden en gemeenten. Anderzijds zijn meetlocaties bijgekomen omwille van het beter kunnen volgen van tijverlopen (bvb. de meetkundige plaats van hoogwater, waarvan het hoogste hoogwater per hoogwatergolf langzaam naar opwaarts opschuift) of van bovendebieten.

Dat maakt dat er in wezen zeer veel tijmeetlocaties in het Zeescheldebekken zijn. Bij uitval van één locatie kan op naburige meetposten beroep worden gedaan om de ontbrekende tijen toch te bepalen. Dit kan zeer nauwkeurig, zeker bij tijen die weinig of niet door bovendebieten worden beïnvloed.

In het afwaartse gebied zijn de correlaties van hoogwater en laagwater tussen geburige meetposten zeer nauw, zie als voorbeeld figuur 8 m.n. de correlaties van hoog- en laagwater tussen Antwerpen-Loodsgebouw en Hemiksem over een gans kalenderjaar. Tussen beide meetposten (tussenaafstand 11,5 km) geldt een normaal verband van de tij-kenmerkende waarden, bvb. hoog- en laagwaterstanden (maar ook -tijdstippen en tijverschillen), verband bepaalt door de tijrivier zelf (bedding, weerstand, ...) doch niet beïnvloed door was-regimes.



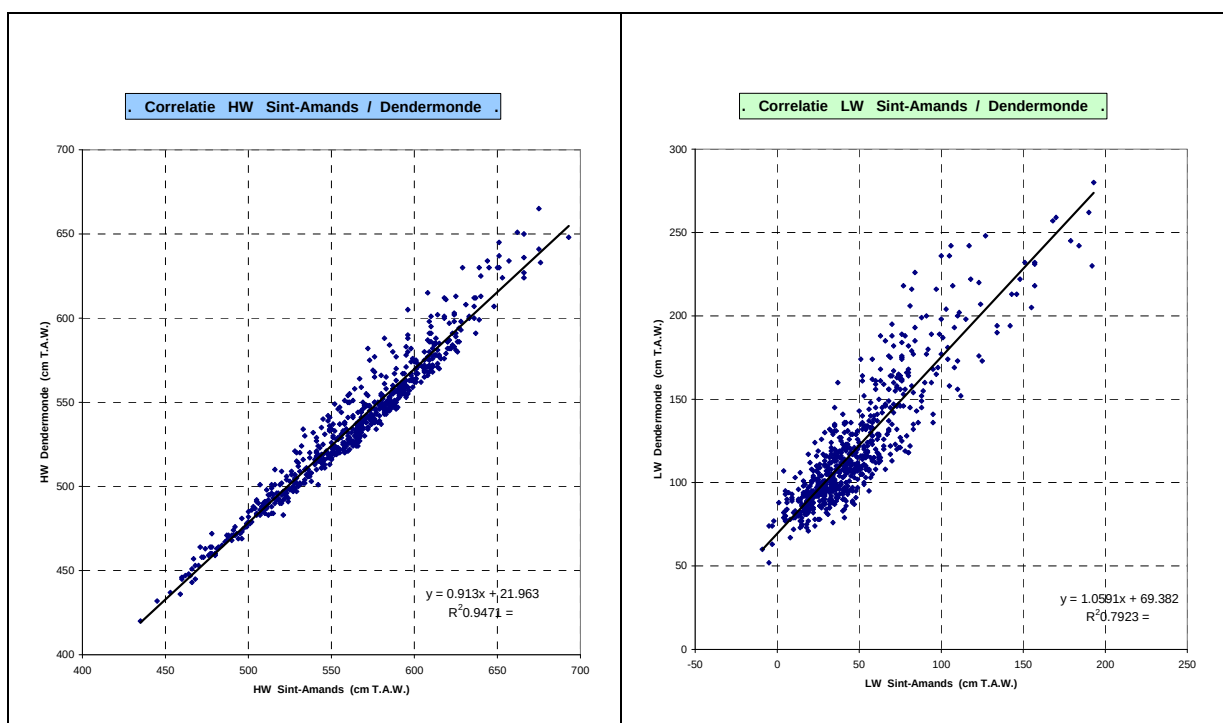
Figuur 8 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) tussen de geburige meetposten Antwerpen-Loodsgebouw en Hemiksem

De spreiding rond de correlatielijn blijft voor de laagwaterstanden vrij goed, van zeer lage tot zeer hoge laagwaterstanden. Dit is minder het geval voor de hoogwaterstanden, waar duidelijk is dat zeker bij de zeer hoge hoogwaterstanden en stormvloed, een grotere spreiding rond de correlatielijn bestaat dan bij lage en gemiddelde hoogwaterstanden. Bij stormvloed hangen de opeenvolgende hoogwaterstanden van Westerschelde via Beneden-Zeeschelde naar Melle en de andere (aan tij onderhevige) bijrivieren, inderdaad minder nauw aan elkaar dan bij lage en gemiddelde hoogwaterstanden, hetgeen het maken van prognoses van hoogwaterstanden bij stormvloed voor bvb. de locatie Antwerpen-stad, niet vergemakkelijkt, zelfs niet enkele uren voor het hoogwater aldaar, laat staan 24 uren vooraf, als moet beslist worden of keerpoorten in de Antwerpse waterkering worden gesloten.

Naar opwaarts komt in dit verband van het optreden van het tij tussen naburige meetposten de rol van de bovendebieten sterk naar voor. De correlaties van hoogwater en laagwater tussen naburige meetposten is bij weinig tot gemiddelde bovendebieten, ook nog zeer goed, doch bij aantreden van grote bovendebieten en uiteraard tijdens was-regimes gaan de hoog- en laagwaterstanden minder aan elkaar gecorreleerd zijn.

Zowel hoog- als laagwaterstanden zullen verhogen, doch in een mate die verandert al naargelang de duurtijd van het was-regime en uiteraard de grootte van de aanhoudend grote bovendebieten. Dit maakt aan de correlaties een bijkomende waaier van koppels van normaal aan elkaar zeer nauw verwante hoog- en laagwaterstanden, een waaier dat duidelijk naast de normale correlatielijnt ligt en waarvan de breedte beduidend is.

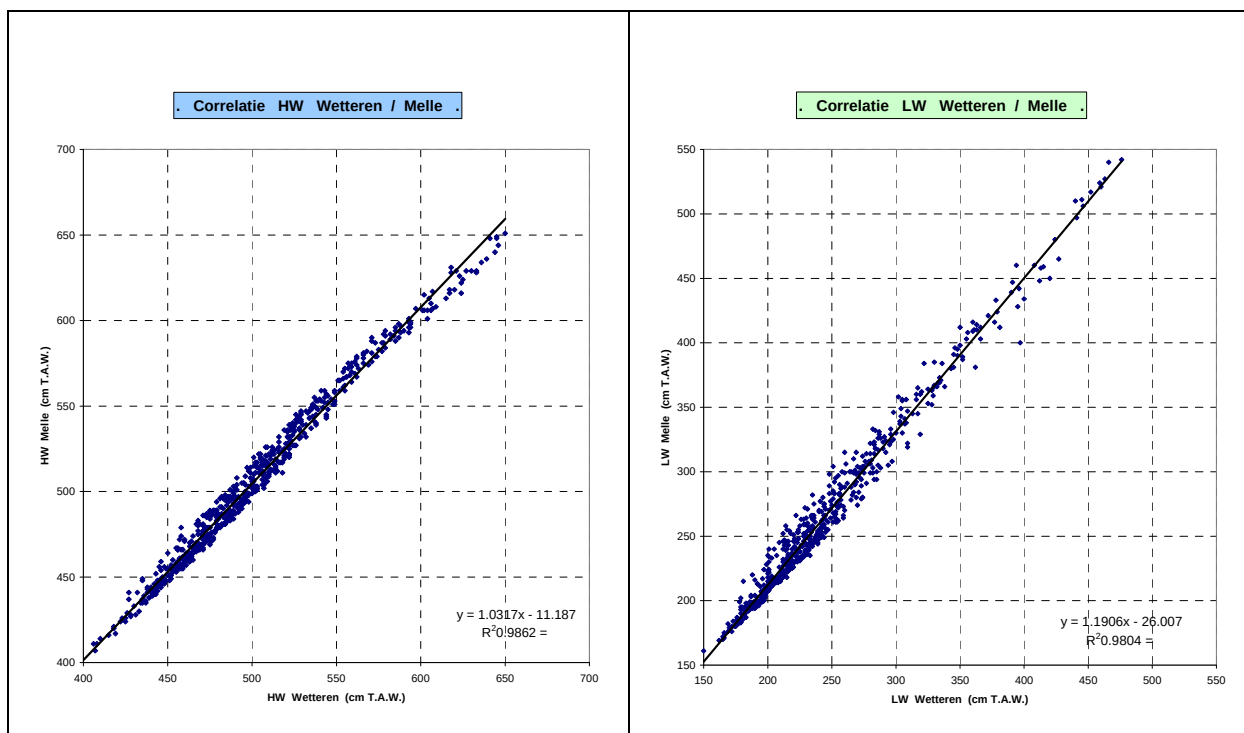
In het "midden-gebied" van de Zeeschelde is deze waaier groot, omdat de beddinghoogte in dat vak sterk toeneemt doch in het opwaarts gelegen vak veel minder. De invloed op de laagwaterstanden is dan ook groot: tussen Sint-Amands en Dendermonde verhogen de laagwaterstanden zich relatief sterk. Het geheel maakt dat de correlaties van hoog- en laagwater tussen de nochtans geburige meetposten Sint-Amands en Dendermonde (tussenafstand 13 km, toch 2 km minder dan tussen hogervernoemde posten Antwerpen en Hemiksem), dat die correlaties zeker voor laagwater minder mooi zijn hoewel uiteraard nog sterk aanwezig. Buiten de beide laagwaterstanden zelf zou hier als derde parameter de grootte van het bovendebiet grafisch kunnen ingelijnd worden.



Figuur 9 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) tussen de geburige meetposten Sint-Amands en Dendermonde

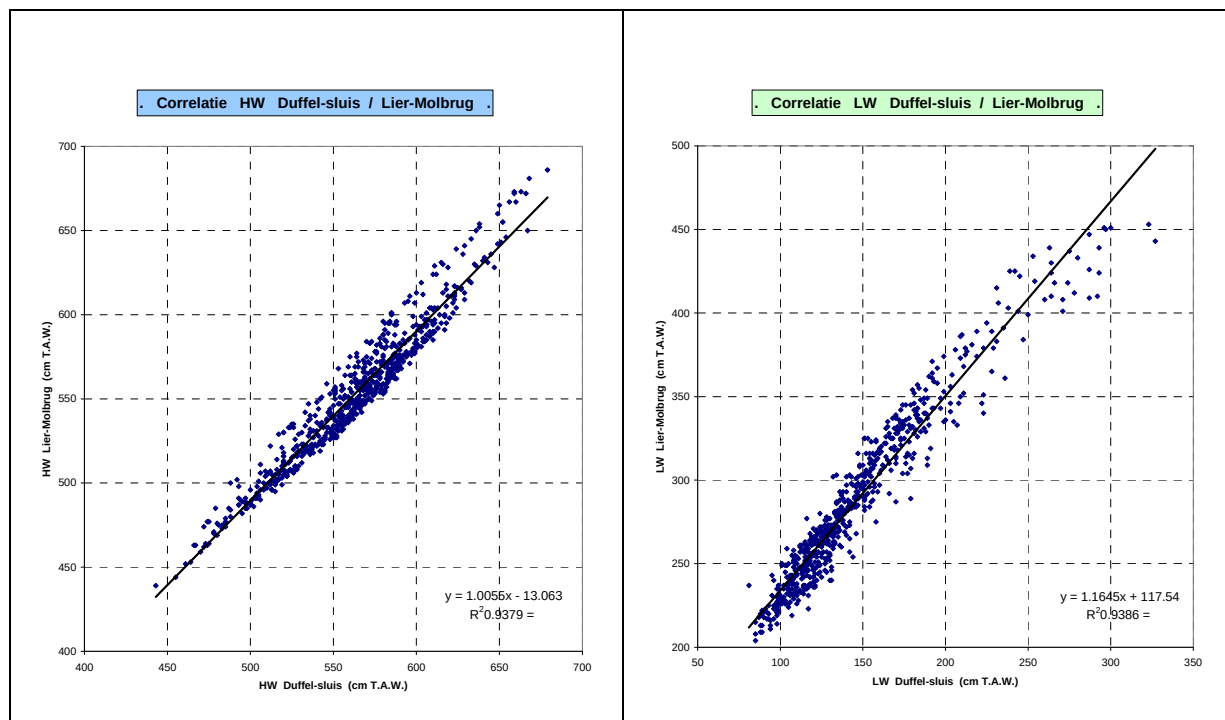
Nog meer naar opwaarts verbeteren die correlaties opnieuw, doordat de bedding tussen Dendermonde en Melle relatief minder verandert dan tussen Sint-Amands en Dendermonde. Er is invloed van het bovendebiet (van de Dender te Appels en van de Bovenschelde, Leie en Gentse kanalen o.m. de Ringvaart, met meetlocatie te Melle) maar de verbanden tussen de hoog- en laagwaterstanden blijven ook bij was-regime nauw. Figuur 10 toont de correlatie van (links) hoogwaters en (rechts) laagwaters tussen de geburige meetposten Wetteren en Melle.

Mede door deze goede correlaties, ook tijdens was-regimes, kon tot twintig jaar terug (dus voor het in dienst komen van de debietmeter te Melle) een meerdaags-gemiddelde bovendebiet "vanuit het Gentse" bepaald worden als door het was-regime de waterstanden buiten het ijk-bereik van de stuwen te Gentbrugge, Merelbeke of Zwijnaarde gingen, of als de stuwen geheel werden geheven. Uit het laagwater te Wetteren kon een bovendebiet "vanuit het Gentse", nu vervangen door "het bovendebiet te Melle", ook tijdens periodes van flink was-regime redelijk goed bepaald worden.



Figuur 10 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) tussen de geburige meetposten Wetteren en Melle

Ook voor de aan tij onderhevige bijrivieren geldt eenzelfde redenering: van alle tijmeetposten bestaan correlaties tussen geburige meetlocaties, telkens -doch apart- over alle hoog- en over alle laagwaters van een gans jaar, dus alle seizoenen bijeen, en net in een jaar waarin ook enkele periodes van flinke bovendebieten zijn voorgekomen. Kortom: een gans gamma van hoog- en laagwaterstanden. Het stramien is ook telkens beenhard hetzelfde: telkens werd een meetlocatie uitgezet (y-as) tegen zijn afwaartse gebuur (x-as). Telkens is de schaal van y- en x-as zo gekozen dat het volledige bereik kon worden gevat, en telkens is de schaal van beide assen gaande over drie meter T.A.W.



Figuur 11 - correlaties van hoogwater (links) en laagwater (rechts) tussen de geburige meetposten Duffel-sluis en Lier-Molbrug

Figuur 11 toont deze correlaties tussen de geburige posten Duffel-sluis en Lier-Molbrug. De eerste locatie ligt aan de Beneden-Nete, in een in eerste plaats tij-dominant rivierdeel. Uiteraard komt bij was-regime stilaan doch niet allesoverheersend invloed vanuit de grote bovendebieten van Kleine en Grote Nete. Voor de meetpost Lier-Molbrug, waar Beneden-Nete overgaat naar Kleine Nete, doch waar ook de invloed van de Grote Nete dominant is want samenvloeiing van Kleine en Grote Nete vlakbij, en dan nog hun band door de Afleidings-Nete versterkt, wordt bij grote bovendebieten op Kleine en Grote Nete het tij te Lier-Molbrug relatief vlug en sterk beïnvloed: flink hogere laagwaterstanden gevolgd door ook doch minder verhogingen van hoogwaterstanden, waarna algemene verhoging alle waterstanden en verkleining van het tijverschil. De impact van bovendebieten te Lier-Molbrug is dus sterker dan te Duffel-sluis. De correlaties van figuur 11 laten dit zien: bij hoge hoogwaterstanden en hoge laagwaterstanden is de spreiding van de koppels (x,y) groter dan bij lagere standen, in een mate die deze van de correlaties tussen Wetteren en Melle (figuur 10) overstijgt.

Hoe dan ook, de correlaties van hoog- en laagwaterstanden tussen telkens geburige tijmeetposten in het Zeescheldebekken, laten vrij nauwkeurig toe om ontbrekende hoog- en laagwaters toch te kunnen bepalen. De methode bestaat er in om uit de correlaties van hoog- en laagwaters van een post waar meetgegevens van ontbreken, de hoog- en laagwaters te interpoleren uit deze van de afwaartse en de opwaartse gebuur, dus twee maal dergelijke correlaties te gebruiken. In dit rapport is van belang dat aldus voor alle meetposten die aan bod komen, bvb. de maand-overzichten van hoog- en laagwaters per locatie en per maand in het bijlagenrapport, ... dat door interpolatie alle ontbrekende hoog- en laagwaterstanden zijn opgevuld geworden, m.n. dat het om volledige meetreeksen handelt.

1.4 Getijwaarnemingen 2008 te Antwerpen-Loodsgebouw

1.4.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2008 te Antwerpen-Loodsgebouw

Vanuit belang voor de aangrenzende stad, vanuit standpunt van vestiging van de met het Zeescheldebekken betrokken diensten (van "Openbare Werken" en "Maritieme Zaken"), als baken in het aspect bevaarbaarheid en zeehaven, en gezien sterke historische redenen, was en is de meetlocatie aan het Loodsgebouw te Antwerpen dé (in die zin enige) basispost in het Zeescheldebekken. Dat was het al voor het tijdperk van systematische en continue metingen van het getij, en dat is het sinds het in voege treden van die metingen (1885) onafgebroken gebleven. De meetpost aan het Loodsgebouw te Antwerpen was en is nog steeds de enige basispost ten aanzien van het aanmerken van stormvloeden in het Zeescheldebekken. Zelfs bij wasregimes (langdurige afvoeren van zeer grote bovendebieten aan de randen van het tijgebied) wordt ook steeds het getij te Antwerpen-Loodsgebouw als basisgetij (zonder "was"-invloed) beschouwd. Dat alles maakt dat terecht -zo historisch, bestuurlijk als fysisch- het getij te Antwerpen-Loodsgebouw als meer dan honderdtwintig jaar de toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken is.

Wel werd in de jaren 1960, gedurende een paar jaren de meetlocatie Hemiksem als referentie-post gebruikt, gezien de tij-registratie aan het Loodsgebouw beïnvloed is door sterke stromingen langs de kade en het Margueriedok, waar de meethut staat, en door flinke en lange deiningsgolven vnl. bij maximum-vloed. Deze beïnvloeding betrof vooral het bepalen van het tijdstip van hoogwater, van groot belang om de vertragingen van hoogwater op de andere tijmeetposten in het Zeescheldebekken te bepalen, dus: van de celeriteit van de hoogwatergolf. Basis-post bleef de meetpost aan het Loodsgebouw, en de enkele jaren dat Hemiksem als tijds-referentie gold bleven beperkt en werden uiteindelijk toch niet gebruikt.

Met een **gemiddeld hoogwater over het jaar op peil T.A.W. (+5,31m)**, een **jaargemiddeld laagwaterpeil T.A.W. (+0,07m)**, dus een **getijverschil van 5,24 meter**, en met slechts één stormvloed (nl. op peil +6,97m) zonder een buitengewone stormvloed te zijn, **klasseert het getij in het jaar 2008 zich in wezen als rustig binnen de context van de tijen van de voorbije decennia**. Wel vallen -enigszins als anticlimax voor hen die vol verwachting eerder op hoge hoogwaters en stormstanden kijken- **twee zéér lage laagwaterstanden** op te merken, nl. een allerlaagste op het peil T.A.W. (-1,26m) en een tweede laagste op (-0,98m).

Ook naar frequentieverdeling van optreden van alle hoogwaterstanden, alle laagwaterstanden en meteen ook van alle getijverschillen, klasseert het getij 2008 zich als normaal en rustig, nogmaals met beide zeer lage laagwaterstanden als eigenlijk de markantste feiten in het getijverloop.

De navolgende tabel geeft een overzicht van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2008. De gebruikte termen en afkortingen spreken voor zich.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2008		
middeltij	GHW	5.31
	GLW	0.07
	GTV	5.24
springtij	GHW	5.73
	GLW	-0.26
	GTV	5.99
doodtij	GHW	4.73
	GLW	0.45
	GTV	4.28
uiterste waarden	HHW	6.97
	LHW	3.80
	HLW	2.42
	LLW	-1.26

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

*Tabel 3 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
hoofdkenmerkende waarden van het tij over het jaar 2008*

Uiteraard gaat het hier om jaargemiddelden van (om de gedachten te vestigen) alle 707 hoogwaterstanden en alle 707 laagwaterstanden dus àlle tijen in 2008 opgetreden, tenminste voor de berekeningen van het "middeltij", en voor 24 à 25 hoog- en 24 laagwaterstanden voor springtij en doottij. Voor de uiterste hoog- en laagwaterstanden zijn vanzelfsprekend ook alle tijen beschouwd, doch handelt het om telkens slechts één enkel tij in het ganse jaar, en dat juist omwille van uitzonderlijke meteorologische omstandigheden zoals opwaaiing door stormachtige noordwestenwinden over de Noordzee of door afwaaiing door flinke continentale oostenwinden.

Ter herinnering:

- *middeltij is hét gemiddeld getij over een langdurige periode, in bovenstaande tabel over het kalenderjaar 2008. Bij het aangeven van algemene tijgegevens worden meestal tienjarige periodes gehanteerd, en dan nog per decennium, zoals 1991-2000.*

- *een halfdaags getij duurt -gemiddeld- 12u25min, en een daags getij 24u50min. Dit zijn gemiddelden, tenminste over een doottij/springtij-periode genomen. Want in de springtij-periode (enkele dagen rond en om hét hoogwater van springtij) is de dagelijkse verschuiving van bvb. hoogwater niet de gemiddelde waarde van 50 minuten doch korter, soms maar de helft. Omgekeerd is dat in de doottij-periode langer dan het gemiddelde, dikwijls anderhalf uur tot uitzonderlijk meer dan twee uur. In een kalenderjaar van 365 dagen zijn er dus 704 à 705 hoogwatergolven, en idem laagwatergolven. Het jaar 2008 was een schrikkeljaar, wat maakt dat er 707 hoog- en laagwatergolven waren.*

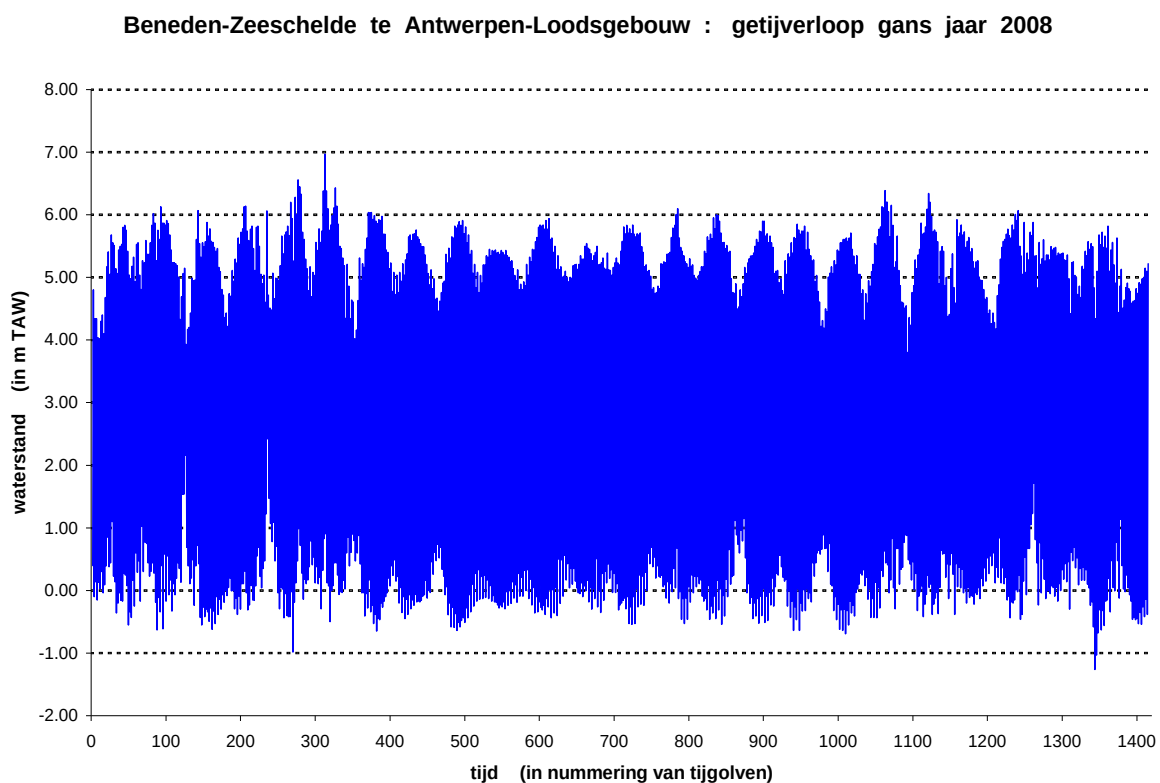
- *springtij en doottij zijn karakteristieke tijen doorheen een springtij/doottij-cyclus. Bij springtij zijn de tijverschillen het grootst, en bij doottijen het kleinst. Reeds decennia werden in België en omliggende landen definities bepaald die aangeven welk tij springtij resp. doottij is. Deze definities beginnen bij het hoogwater: met de hoogwatergolf van springtij in het Zeescheldebekken wordt dat hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bedoeld dat als eerste hoogwater onmiddellijk volgt op de vijfde maandoorgang te Ukkel, sterrenkundige basislocatie voor België en waarvan de meridiaan ongeveer met deze door Antwerpen overeenkomt: het Loodsgebouw ligt slechts bijna 4 km ten oosten van de meridiaan door de Koninklijke Sterrenwacht van België op het hoogplateau te Ukkel. Het daaropvolgende laagwater wordt beschouwd als het laagwaterspring. Hoog- en laagwater bij doottij worden op dezelfde wijze bepaald doch dan vanaf het tijdstip van eerste en laatste kwartierstand van de maan.*

- *dat maakt dat er per kalendermaand twee (uitzonderlijk drie) springtijen en twee (uitzonderlijk drie) doottijen zijn. Per kalenderjaar zijn er dus 24 à 25 springtijen en idem doottijen.*

Een tabelmatige voorstelling van gemiddelde en uiterste kenmerkende waarden van het getij op een locatie en gedurende een kalenderjaar, toont de hoofdwaarden maar toont geen jaarverloop. De hiernavolgende vier figuren geven dat wel aan.

De wijze waarop kan verschillen: figuur 12 toont het op- en neergaande verloop van het getij te Antwerpen-Loodsgebouw over het ganse jaar; de blauwe kleur bakent een zone af in dewelke het tijwater zich heeft afgespeeld. Het toont duidelijk de ongeveer vijftiendaagse periodes van spring- en doottij, met hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden in springtij-periodes, en omgekeerd lagere hoogwaterstanden en hogere laagwaterstanden in doottij-periodes. Het toont m.a.w. duidelijke de springtij/doottij-variatie in het tijverschil.

Figuur 12 toont meteen ook de allerhoogste en de allerlaagste hoog- en laagwaterstanden. De stormvloed van 21 maart 2008 p.m. op peil T.A.W. (+6.97 m) reikt duidelijk als hoogste hoogwater boven alle andere. De beide zeer lage laagwaterstanden (nl. op peil T.A.W. (-0.98 m) op 10.03.2008 p.m., en (-1.26 m) op 13.12.2008 a.m. geven zich ook duidelijk aan. Maar ook de zeer hoge laagwaterstanden vallen op, als zijnde witte indringers aan onderkant van "de blauwe waterzone".

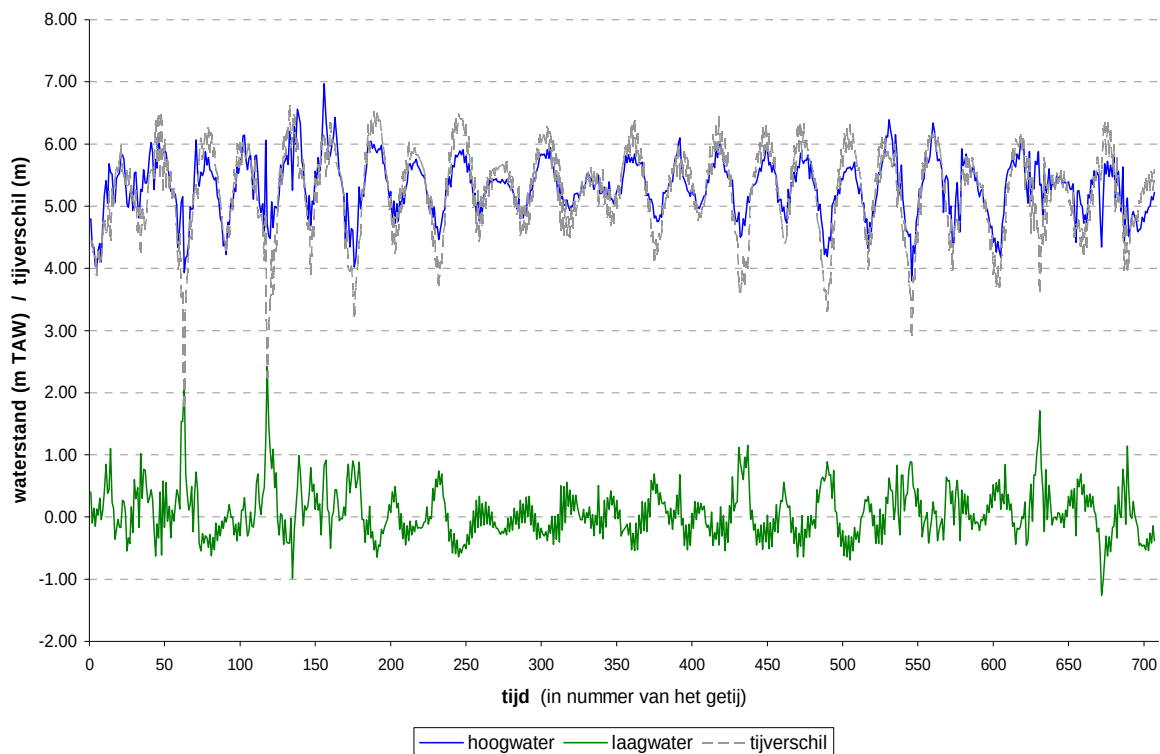


*Figuur 12 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van de halfdagelijkse bereiken
van de waterstand door het tij*

Eenzelfde beeld kan benaderd worden door de verlopen van hoogwaters, laagwaters en tijverschillen als afzonderlijke lijnen in een grafiek te bundelen. Figuur 13 toont deze verlopen: hoogwaters in blauwe lijn, laagwaters in groene lijn, en tijverschillen in grijze lijn. De zeer hoge en zeer lage hoog- en laagwaterstanden komen hier zeer duidelijk naar voor. Aangezien de laagwaters te Antwerpen-Loodsgebouw grofweg gemiddeld schommelen rond T.A.W. (+0.00 m), valt de grafieklijn van het tijverschil te veel op deze van hoogwater.

Daarom volgen hierna -en misschien ten overvloede- de figuren 14 en 15 die (fig. 14) de hoog- en de laagwaterlijnen gedurende het jaar tonen, en (fig. 15) met enkel het jaarverloop van het tijverschil. De schalen van al deze figuren zijn gelijk gehouden, zodat onderlinge vergelijking meteen mogelijk is.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : optreden getij in jaar 2008

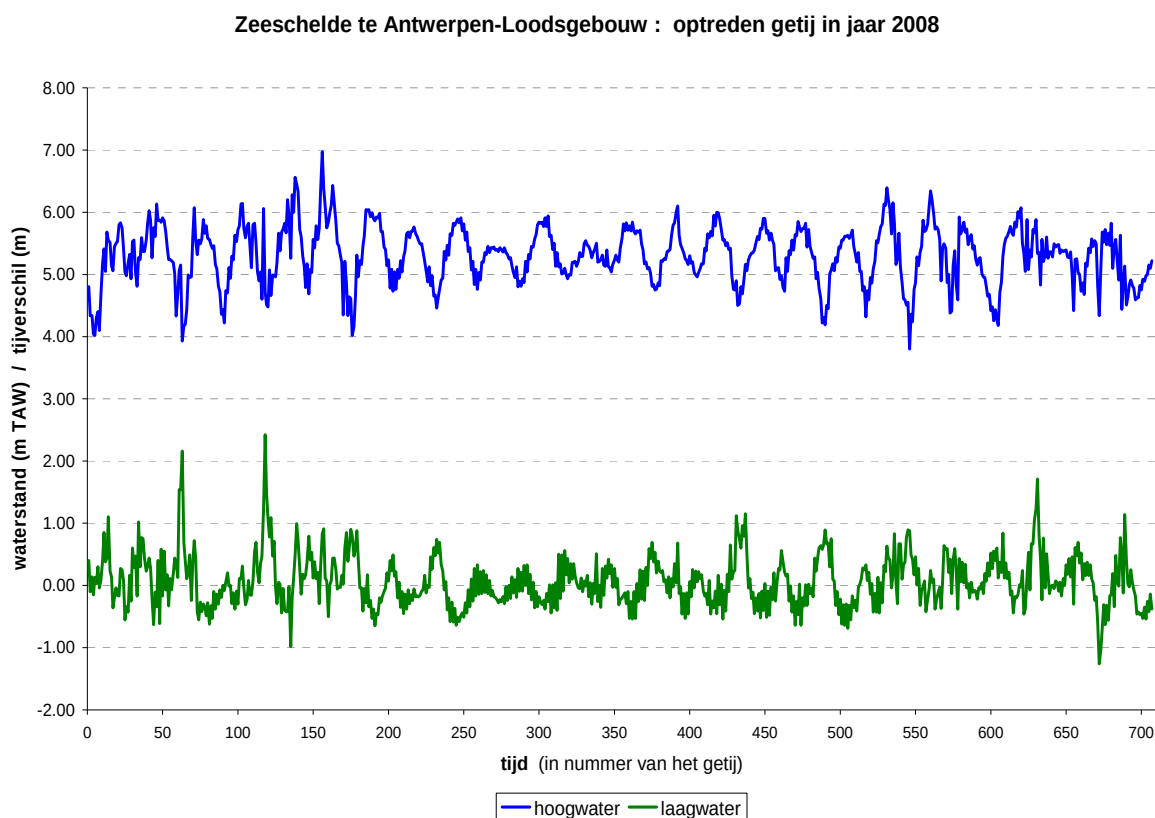


Figuur 13 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater, laagwater en tijverschil

Waar in al deze figuren duidelijk een springtij/doodtij-variatie te zien is, moet benadrukt worden dat deze toch in beduidende mate afwijkt van het astronomisch verloop, nl. sterk kan beïnvloed worden door meteorologische omstandigheden, vooral opwaaiing en afwaaiing in het afwaartse deel van het tijbekken, en in het opwaartse deel sterk beïnvloed door de variatie van kleine, gemiddelde, grote en zeer grote bovendebieten uit de opwaarts het tijbekken gelegen hydrografische gebieden.

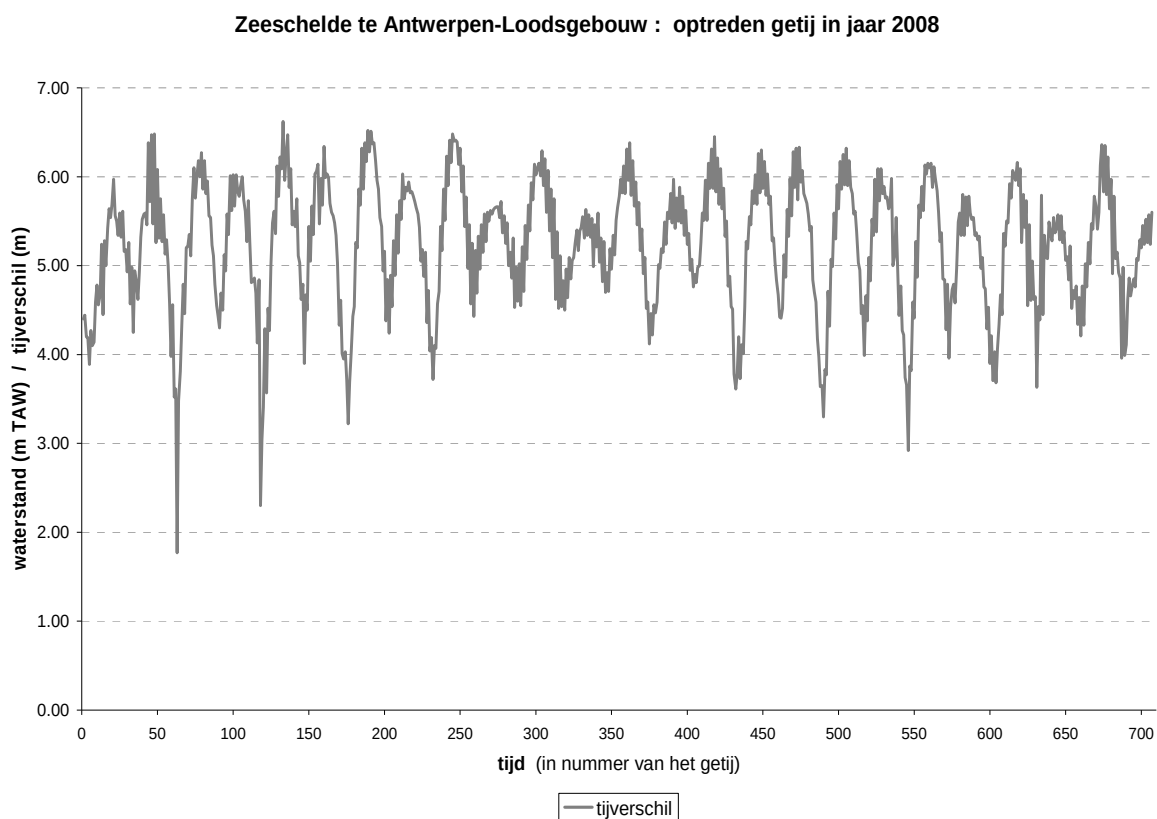
Het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw heeft slechts weinig of geen invloed van de bovendebieten. Deze variëren weliswaar sterk, zijn gedurende het grootste deel van het jaar klein tot gemiddeld, en slechts gedurende relatief korte periodes reiken ze even of enkele dagen tot zeer grote waarden. Ten aanzien van het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw wordt dan afgetoetst op het zgde bovendebiet van "de Schelde te Schelle", zijnde de doorgeresende som van alle bovendebieten aan de randen van het tijgebied, en van de zijdebieten uit de zijbekkens tussen die randen en Schelle. Deze methode en hun waarden komen later in dit rapport uitgebreid aan bod.

Hoe ook: de slechts kleine beïnvloeding van de tijstanden te Antwerpen-Loodsgebouw door de grootte van de bovendebieten, in dit geval deze van "de Schelde te Schelle", komt -indien het geval- hoofdzakelijk voor in de wintermaanden (bij overzichten van tijwaarnemingen klassiekerwijze uitgebreid tot de periode van 1 november tot einde april). De grote meteorologische invloeden van westen- à noordwesten winden over de Noordzee, of van afwaaiing door flinke langdurige continentale oostenwinden, situeren zich ook in diezelfde "winter"-periode. Het is dus vanzelfsprekend dat de jaarverlopen van hoogwater, laagwater en tijverschil meer van een mooi springtij/doodtij afwijken in die "winter"-periode. Navolgende figuur geeft duidelijk de veel kleinere variatie te zien van de verlopen van hoog- en laagwater in de "zomer"-periode (te verstaan als periode van 1 mei tot einde oktober). Ook in de grafiek van figuur 15, over het jaarverloop van tijverschillen, is dat duidelijk te zien.



Figuur 14 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater

Daar waar het flink hoger zijn van hoogwaterstanden t.o.v. dagen ervoor en dagen nadien, over dagen lang kan gaan, vooral in de winterperiode, duren de verhogingen en verlagingen van laagwaterstanden korter: hun periodes zijn duidelijker afgebakend, en hun duurtijd beperkt zich meestal tot enkele tijen, zie fig. 14.

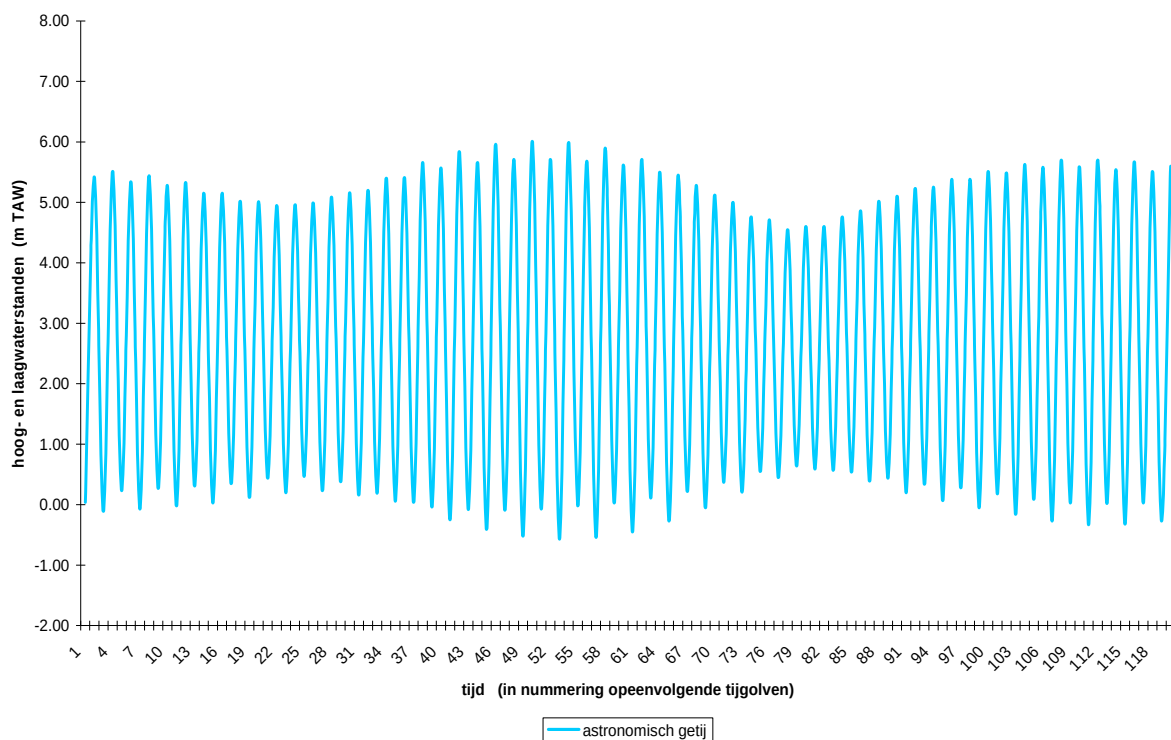


Figuur 15 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2008 door aanduiding van enkel het verloop van tijverschil

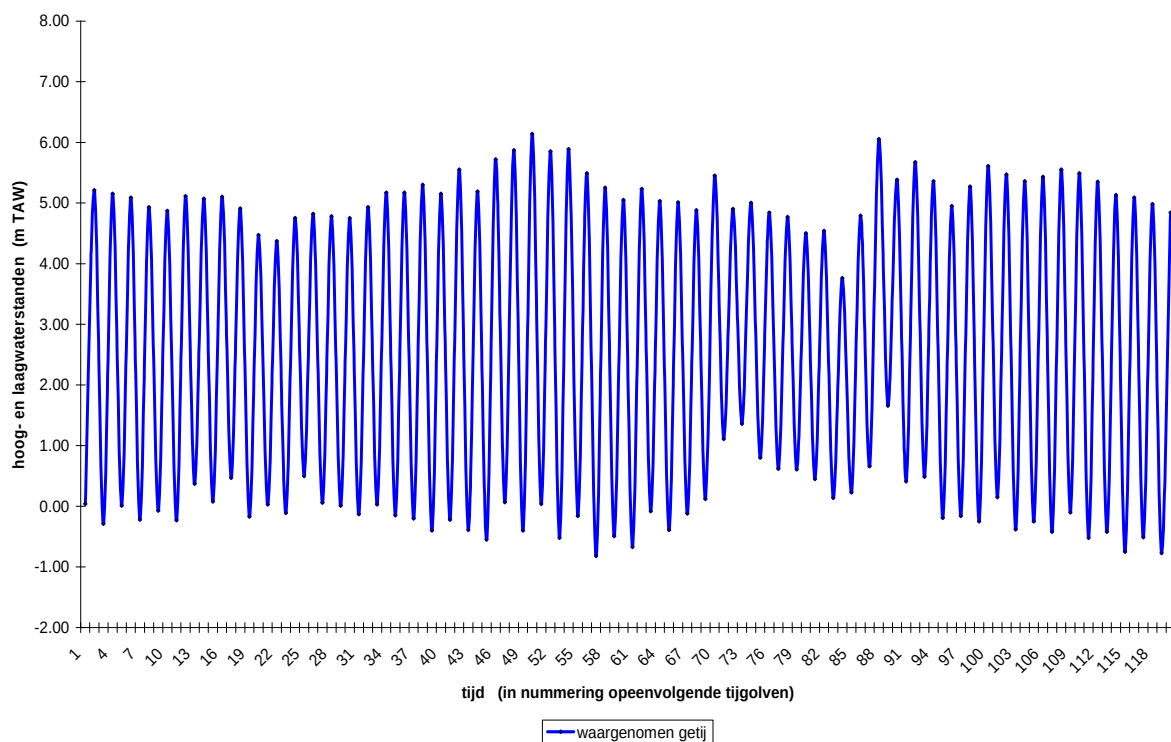
Om nog eens duidelijk de meteorologische invloeden op het astronomische getij te laten zien, volgen drie grafieken, nl. twee op de navolgende bladzijde met (bovenste grafiek, in lichtblauwe lijn) de astronomisch voorspelde waarden van de opeenvolgende hoog- en laagwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw voor de maand januari 2009, en met (onderste grafiek, in donkerblauwe lijn) de reël waargenomen waarden.

Op de bovenste grafiek is mooi het tijverloop in functie van de springtij/doodtij-cyclus te zien. Ook de dagelijkse ongelijkheid komt -uiteraard- mooi in beeld. Dat houdt in dat om en om de extrema van het tijverloop, er een dagelijkse schommeling is, veroorzaakt door het feit dat de draaiingsas van onze aarde niet loodrecht op de verbindinglijnen aarde-zon en aarde-maan staat, doch een hoek maakt van (gemiddeld) 66,5 graden. De ellipsoïde van de aan het tij onderhevige watermassa (bij idealisatie van overal een waterschil op aarde) richt zich naar de maan, zodat op eenzelfde locatie ergens op aarde gedurende een volledige omwenteling van de aarde (een etmaal) twee hoog- en twee laagwaters zullen bestaan, doch die -per etmaal bekeken- ongelijk van hoogte zijn. Dat verschil tussen twee hoogwaterstanden in eenzelfde etmaal, en idem tussen twee laagwaterstanden in eenzelfde etmaal, wordt de dagelijkse ongelijkheid genoemd.

Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
vergelijking astronomisch voospeld en reëel waargenomen tij maand januari 2009



Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
vergelijking astronomisch voospeld en reëel waargenomen tij maand januari 2009



zie beide grafieken van vorige bladzijde

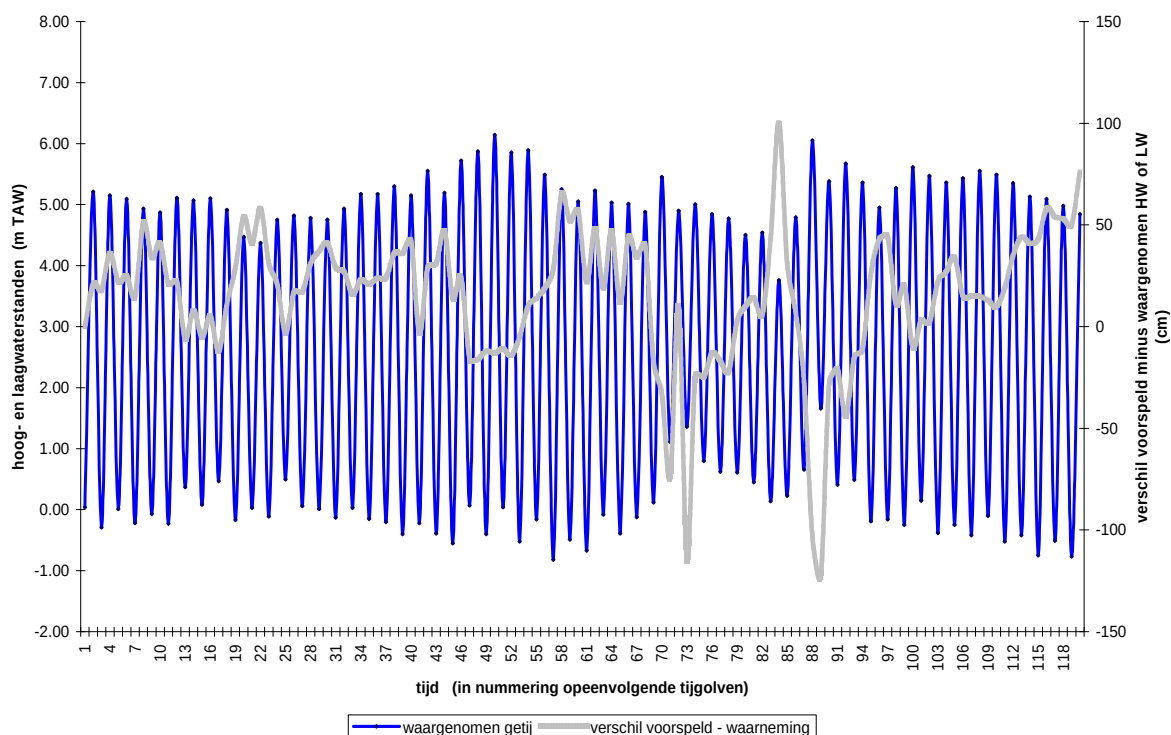
Figuur 16 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van (bovenaan) het astronomisch voorspelde tij en (onderaan) het waargenomen tij gedurende de maand januari 2009

Bij de hoogwaterstanden is er -in Westerschelde en Zeescheldebekken, want elders ter wereld kan dat verschillen- enkel een dagelijkse ongelijkheid rond en om de springtij, die kan oplopen tot een dertigtal centimeter, doch indien het geval, gewoonlijk 20 à 25 cm bedraagt.

Bij de laagwaterstanden is er bijna altijd een dagelijkse ongelijkheid, al kan die bij doottijen enkele dagen zeer klein zijn. Bij springtijten daarentegen is de dagelijkse ongelijkheid groot te noemen, gemakkelijk 30 cm en oplopend tot zelfs een zestigtal centimeter. De dagelijkse ongelijkheid is hier dus bijna altijd bij de opeenvolgende laagwatergolven aanwezig, en is bij springtijten ruim het dubbele van de dagelijkse ongelijkheid bij hoogwaters, waar dat fenomeen enkel bij springtijten bestaat.

Maar huidig verhaal gaat over de invloed van meteorologische omstandigheden, vnl. windvelden over Noordzee of vanuit continentaal Midden-Europa, want op het getij in het echt maritieme deel van het Scheldebekken, zegge Westerschelde en Zeeschelde afwaarts Sint-Amands.

**Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
vergelijking astronomisch voorspeld en reëel waargenomen tij maand januari 2009**



Figuur 17 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: maandverloop van het waargenomen getij en van het verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's)

Figuur 17 toont dat gewoon door sterke opwaaiing door flinke westen- en noordwestenwinden de hoogwaterstanden fel kunnen verhogen, hetgeen in de beschouwde maandperiode met weinig dergelijke windvelden maar enkele malen beduidend is gebeurd, maar dan wel telkens bij laagwater en met verschillen van 74 cm, 115 cm en 122 cm, op zich geen uitzonderlijke waarden, doch wel alle drie bij laagwater. Gezien overwegend oostelijke winden (koudegolf, vorstperiode ...) was er gedurende die maand wel vele verlagingen van zowel hoog- als laagwater, gaande tot 1 meter, net bij een doottij-hoogwater. Verschillende keren verlaagden hoog- en laagwaterstanden met veertig/vijftig centimeter t.o.v. de astronomische voorspellingen.

Te bedenken is dat astronomische voorspellingen steunen op iets meer dan honderd harmonische componenten (als een uiteenraffing van uurlijkse waterstanden in een reeks cosinusidale golven) gebaseerd op tijwaarnemingen van een gans kalenderjaar, dus waarbij grote meteorologische invloeden zeer beperkt worden want het jaargemiddelde windveld over Zuidelijke Noordzee, Westerschelde en Zeescheldebekken komt op niet meer dan 3 à 4 Bft, resp. te land en over zee, en waarbij nog geen grote invloeden op het tij veroorzaakt worden te meer daar het om zuidwestelijke winden gaat.

Zoals bekend, kunnen langdurige en stormachtige windvelden over de Noordzee het tij in Westerschelde en Zeescheldebekken tot stormvloed verhogen. De hoogste tot heden waargenomen stormvloed-hoogte te Antwerpen-Loodsgebouw dateert van 1 februari 1953 a.m. met een peil T.A.W. (+ 7.77 m). Het astronomisch voorspelde hoogwater was toen T.A.W. (+ 4.98 m) zodat de "schuine" opzet 2.79 meter bedroeg. "Schuin" wil in dit geval zeggen het gewone hoogteverschil tussen waargenomen en voorspeld hoogwater, op een verschillend tijdstip opgetreden resp. voorspeld (het zou al flink zijn mocht elk hoogwater zich exact voordoen op het moment zoals astronomisch voorspeld; en gewoonlijk vervroegen de hoogwaters zich bij een stormvloed, althans in het Zeescheldebekken). Er bestaat ook het begrip "verticale opzet" hetgeen het ogenblikkelijke verschil is tussen de heersende waterstand en deze volgens astronomische voorspelling.

Gemiddeld zijn de verhogingen van het astronomisch hoogwater bij de meeste stormvloeden, te Antwerpen-Loodsgebouw 1.40 à 1.80 meter. Er zijn stormvloeden opgetreden met kleinere en grotere opzetten, doch 1.40 à 1.80 m is een frequent opgetreden opzet.

De opwaaiingen in de betrokken maand januari 2009 (zie figuur 17) zijn dus geenszins uitzonderlijk. Maar het verhaal over het verloop van astronomisch tij en reëel tij helpt om een duidelijker en veelzijdiger inzicht in het tijverloop 2008 in de Beneden-Zeeschelde te geven.

1.4.2 getijwaarnemingen 2008 Antwerpen-Loodsgebouw in historisch perspectief

In volgende tabel worden de hoofdkenmerkende waarden van het getij in de Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw over het jaar 2008, vergeleken met de langjarige (in hoofdzaak tienjarige) gemiddelden en uiterste waarden sinds 1971.

Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw : hoofdkenmerkende waarden van het getij in 2008 en in historisch perspectief						
		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2007	2008
middeltij	GHW	5.15	5.24	5.29	5.31	5.31
	GLW	0.01	0.05	0.00	0.07	0.07
	GTV	5.14	5.19	5.29	5.24	5.24
springtij	GHW	5.55	5.70	5.72	5.75	5.73
	GLW	-0.20	-0.17	-0.23	-0.18	-0.26
	GTV	5.75	5.87	5.95	5.93	5.99
doodtij	GHW	4.64	4.69	4.77	4.74	4.73
	GLW	0.29	0.38	0.34	0.41	0.45
	GTV	4.35	4.31	4.43	4.33	4.28
uiterste waarden	HHW	7.31	7.52	7.53	7.06	6.97
	LHW	3.35	3.01	3.53	3.63	3.80
	HLW	2.38	2.67	2.21	3.05	2.42
	LLW	-1.20	-1.36	-1.20	-0.96	-1.26

(waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

Tabel 4 - hoofdkenmerkende waarden getij Antwerpen-Loodsgebouw in het jaar 2008 en in vergelijking met langjarige waarden sinds 1971

Het handelt dus om de waarden voor de meetlocatie Antwerpen-Loodsgebouw, basispost voor het Zeescheldebekken. Maar gezien de zeer nauwe correlaties op hoog- en laagwater, zelfs op volledige tijkrommen, tussen de naburige tijmeetposten van zegge Belgisch/Nederlandse grens à Rupelmonding, staat de algemene trend van die waarden meteen ook voor gans die regio. Overigens is er tussen naburige meetlocaties relatief ook weinig evolutie in die nauwe correlaties. Anders gezegd: het is duidelijk dat een jaar met bvb. een hoogwatergemiddelde hoger (of lager) dan vorige of navolgende jaren, evengoed -in quasi eenzelfde orde van grootte- aanleiding geeft tot een verhoging (resp. verlaging) van deze gemiddelden bij naburige meetposten.

Voor andere regio's zijn de tijkrommen verschillend van deze van bvb. de Beneden-Zeeschelde zoals hoger al uitgelegd, o.m. door een smallere en hogere bedding van de rivier. In de meest opwaartse delen van het gebied laten ook de bovendebieten hun invloed gelden, tot zelfs zeer grote invloed bij was-regimes.

Daarom worden in navolgende paragrafen ook andere "hoofd"-meetposten beschouwd, om het getij in het ganse Zeescheldebekken te schetsen. Doch: dat wat geldt over het tij aan de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw telt ook voor een zeer grote regio van de Zeeschelde; het loont dus extra de moeite om voor deze tijmeetpost uitgebreide jaargegevens te presenteren.

In de Tienjarige Overzichten van Tij-waarnemingen in het Zeescheldebekken worden geijkte tabellen en grafieken gebruikt. Die voorstellingswijze en indeling wordt aldus ook in navolgende bladzijde gebruikt om de kenmerkende tij-waarden van Antwerpen-Loodsgebouw te tonen.

Hierna volgen zes figuren over gemiddelden, uiterste en frequentie-waarden van kenmerkende hoogwaters, laagwaters en tijverschillen te Antwerpen-Loodsgebouw. De eerste drie figuren tonen deze volgens het stramien van een Tienjarig Overzicht. De laatste drie tabellen zijn frequentieverdelingen, getabelleerd per decimeter T.A.W. voor HW's en LW's en per decimeter voor tijverschillen. Telkens zijn de tijwaarden over het jaar 2008 geplaatst naast deze van 2001 tot en met 2007, zijnde een voorafspiegeling van een Tienjarig Overzicht na 2010.

Antwerpen-Loodsgebouw - overzicht hoofdkenmerken tijen 2001-2008												
	jaar	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001-2008
gemiddeld tij	HW	5.40	5.37	5.30	5.29	5.23	5.24	5.33	5.31			5.31
	LW	0.08	0.05	0.04	0.08	0.06	0.05	0.11	0.07			0.07
	tijverschil	5.32	5.32	5.26	5.21	5.17	5.19	5.22	5.24			5.24
zomer- maanden (mei t/m okt.)	HW	5.39	5.33	5.29	5.30	5.22	5.26	5.32	5.33			5.31
	LW	0.07	0.03	0.02	0.04	0.05	0.05	0.08	0.01			0.04
	tijverschil	5.32	5.30	5.27	5.26	5.17	5.21	5.24	5.32			5.27
winter- maanden (nov. t/m april)	HW	5.40	5.42	5.30	5.27	5.24	5.22	5.33	5.28			5.31
	LW	0.10	0.08	0.06	0.11	0.08	0.05	0.14	0.12			0.09
	tijverschil	5.30	5.34	5.24	5.16	5.16	5.17	5.19	5.16			5.22
springtij	HW	5.80	5.84	5.72	5.76	5.70	5.67	5.74	5.73			5.75
	LW	-0.19	-0.17	-0.22	-0.13	-0.17	-0.18	-0.17	-0.26			-0.19
	tijverschil	5.99	6.01	5.94	5.89	5.87	5.85	5.91	5.99			5.94
doodtij	HW	4.84	4.85	4.72	4.72	4.62	4.70	4.73	4.73			4.74
	LW	0.43	0.42	0.42	0.42	0.32	0.42	0.44	0.45			0.42
	tijverschil	4.41	4.43	4.30	4.30	4.30	4.28	4.29	4.28			4.32
uiterste standen	HHW	6.47	6.68	6.64	7.05	6.86	6.59	7.06	6.97			7.06
	LHW	4.25	3.83	3.78	3.63	3.81	3.95	4.06	3.80			3.63
	HLW	2.20	2.23	1.69	1.71	3.05	2.12	2.52	2.42			3.05
	LLW	-0.96	-0.91	-0.78	-0.79	-0.88	-0.82	-0.68	-1.26			-1.26

Tabel 5 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden
(enkel HW's & LW's & tijverschillen)

**Antwerpen-Loodsgebouw : overzicht kenmerkende tijwaarden periode 2001-2008
gemiddelde tijwaarden per jaar en over 2001-2008**

Jaartal	GEMIDDELD TIJ										
	HOOGTE t.o.v. T.A.W.							TIJD			
	HOOGWATER			LAAGWATER			Tij- verschil	Halftij- hoogte	Duur van de		
	Jaar	Zomer	Winter	Jaar	Zomer	Winter			Stijging	Daling	
2001	5.40	5.39	5.40	0.08	0.07	0.10	5.32	2.74	5:28	6:57	
2002	5.37	5.33	5.42	0.05	0.03	0.08	5.32	2.71	5:29	6:57	
2003	5.30	5.29	5.30	0.04	0.02	0.06	5.26	2.67	5:32	6:53	
2004	5.29	5.30	5.27	0.08	0.04	0.11	5.21	2.69	5:33	6:53	
2005	5.23	5.22	5.24	0.06	0.05	0.08	5.17	2.65	5:34	6:51	
2006	5.24	5.26	5.22	0.05	0.05	0.05	5.19	2.65	5:34	6:51	
2007	5.33	5.32	5.33	0.11	0.08	0.14	5.22	2.72	5:35	6:51	
2008	5.31	5.33	5.28	0.07	0.01	0.12	5.24	2.69	5:33	6:52	
2001-2008	5.31	5.31	5.31	0.07	0.04	0.09	5.24	2.69	5:32	6:53	

Jaartal	SPRINGTIJ						DOODTIJ					
	HOOGTE			TIJD			HOOGTE			TIJD		
	t.o.v. T.A.W.		Duur van de				t.o.v. T.A.W.		Duur van de			
	H.W.	L.W.	Stijging	Daling			H.W.	L.W.	Stijging	Daling		
2001	5.80	-0.19	5:04	7:16			4.84	0.43	6:00	6:39		
2002	5.84	-0.17	5:06	7:15			4.85	0.42	5:59	6:43		
2003	5.72	-0.22	5:08	7:11			4.72	0.42	6:10	6:37		
2004	5.76	-0.13	5:12	7:08			4.72	0.42	6:06	6:37		
2005	5.70	-0.17	5:12	7:10			4.62	0.32	6:03	6:40		
2006	5.67	-0.18	5:12	7:06			4.70	0.42	6:10	6:39		
2007	5.74	-0.17	5:10	7:09			4.73	0.44	6:08	6:36		
2008	5.73	-0.26	5:13	7:12			4.73	0.45	6:11	6:37		
2001-2008	5.75	-0.19	5:10	7:11			4.74	0.42	6:06	6:39		

*Tabel 6 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden
(HW's & LW's & tijverschillen plus halftij & duurtijden)*

Antwerpen-Loodsgebouw : overzicht kenmerkende tijwaarden periode 2001-2008 met name de uiterste hoog- en laagwaterstanden per jaar en over 2001-2008

Jaartal	UITERSTE WATERSTANDEN (T.A.W.)							
	HOOGWATER				LAAGWATER			
	Hoogste		Laagste		Hoogste		Laagste	
	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum	Hoogte	Datum
2001	6.47	19 - sep	4.25	1 - jan	2.20	9 - nov	-0.96	11 - feb
2002	6.68	7 - nov	3.83	6 - apr	2.23	28 - okt	-0.91	9 - okt
2003	6.64	21 - dec	3.78	13 - mrt	1.69	7 - okt	-0.78	19 - feb
2004	7.05	8 - feb	3.63	1 - jan	1.71	1 - feb	-0.79	20 - feb
2005	6.86	13 - feb	3.81	19 - mrt	3.05	25 - nov	-0.88	12 - jan
2006	6.59	28 - feb	3.95	25 - feb	2.12	1 - nov	-0.82	14 - mrt
2007	7.06	9 - nov	4.06	14 - mrt	2.52	9 - nov	-0.68	4 - feb
2008	6.97	21 - mrt	3.80	9 - okt	2.42	1 - mrt	-1.26	13 - dec
2001-2008	7.06	nov-07	3.63	jan-04	3.05	nov-05	-1.26	dec-08

Tabel 7 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: algemeen overzicht 2001-2008 van hoofdkenmerkende tijwaarden (met name de uiterste hoog- en laagwaterstanden)

De drie navolgende tabellen zijn frequentie-tabellen over de periode 2001-2008, waarin zowel per jaar als over de acht betrokken jaren, per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal hoogwaters (tabel 8), laagwaters (tabel 9) en tijverschillen (tabel 10) zijn aangegeven. In resp. lichtblauw, lichtgroen en lichtgrijs zijn die klassen van elk één decimeter gekleurd waarin ongeveer 90% van hun aantallen in vallen. Gezien het optreden van die afzonderlijke parameters en hun indeling in klassen van toch één decimeter, kan niet altijd een precieze grens tussen klassen worden getrokken, maar gezien in de drie navolgende tabellen eenzelfde "afronding"-systematiek is gebruikt, komen de verschillen per jaar toch goed naar voor. In vetjes is die klasse per jaar aangeduid waar de 50%-waarde in valt.

Het valt meteen op dat de totale spreiding van de laagwaterstanden beduidend groter is dan deze van de hoogwaterstanden, nl. over 44 klassen dus 4,40 meter tegen 35 klassen dus 3,50 meter. Maar (de in kleur aangemerkte) 90% van de hoogwaterstanden vallen toch in een groter bereik dan 90% van de laagwaterstanden, want over 17 klassen dus 1,70 m tegen 13 klassen dus 1,30 m. Anders gezegd: de hoogwaters zijn (iets) minder geconcentreerd rond hun gemiddelde waarde dan de laagwaters, maar omvatten een (relatief beduidend) kleiner totaal bereik.

frequentie van HOOGWATER te Antwerpen-Loodsgebouw 2001-2008													
Aantal HOOGWATERS begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.													
T.A.W.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	in vak	n >	%>
800											0	0	0.0
790											0	0	0.0
780											0	0	0.0
770											0	0	0.0
760											0	0	0.0
750											0	0	0.0
740											0	0	0.0
730											0	0	0.0
720											0	0	0.0
710											0	0	0.0
700				1			1				2	2	0.0
690								1			1	3	0.1
680					1						1	4	0.1
670					1		2				3	7	0.1
660		2	1	1	2		2				8	15	0.3
650		3	1		2	1	1	1			9	24	0.4
640	2	6	1	4	4	4	1	2			24	48	0.9
630	9	7	4	3	1	2	6	5			37	85	1.5
620	8	7	7	3	5	4	5	4			43	128	2.3
610	7	12	6	9	5	8	14	10			71	199	3.5
600	27	17	14	10	10	14	18	13			123	322	5.7
590	28	18	23	22	11	19	20	20			161	483	8.6
580	39	40	46	36	16	22	37	40			276	759	13.4
570	56	41	47	50	41	36	32	46			349	1108	19.6
560	70	65	55	56	33	48	61	58			446	1554	27.5
550	63	70	54	58	67	41	61	51			465	2019	35.8
540	76	82	59	65	60	57	71	66			536	2555	45.3
530	40	58	45	70	57	72	61	59			462	3017	53.4
520	60	60	58	44	70	62	61	68			483	3500	62.0
510	41	35	49	45	66	60	47	50			393	3893	69.0
500	36	42	40	46	49	51	39	49			352	4245	75.2
490	47	31	42	45	40	42	40	37			324	4569	80.9
480	32	27	45	33	40	38	30	32			277	4846	85.8
470	26	25	34	25	28	32	24	24			218	5064	89.7
460	15	21	28	22	38	34	21	20			199	5263	93.2
450	11	10	18	11	18	25	20	11			124	5387	95.4
440	5	7	14	15	8	8	7	12			76	5463	96.8
430	4	10	2	9	14	10	10	12			71	5534	98.0
420	3	6	6	5	10	9	8	6			53	5587	99.0
410		2	3	9	4	2	5	5			30	5617	99.5
400			1	3	2	3	1	3			13	5630	99.7
390			1	1	1	1		1			5	5635	99.8
380		1	1	2	1			1			6	5641	99.9
370			1	3							4	5645	100.0
360				1							1	5646	100.0
350											0	5646	100.0
340											0	5646	100.0
330											0	5646	100.0
320											0	5646	100.0
310											0	5646	100.0
300											0	5646	100.0
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	707	0	0	5646	5646	5646
Totaal	705	705	706	707	705	705	706	707	0	0	5646		

Tabel 8 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel hoogwaters 2001-2008 verdeeld per decimeter TAW

frequentie van LAAGWATER te Antwerpen-Loodsgebouw 2001-2008													
Aantal LAAGWATERS begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.													
T.A.W.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	in vak	n >	%>
350											0	0	0.0
340											0	0	0.0
330											0	0	0.0
320											0	0	0.0
310											0	0	0.0
300					1						1	1	0.0
290											0	1	0.0
280											0	1	0.0
270											0	1	0.0
260											0	1	0.0
250							1				1	2	0.0
240								1			1	3	0.1
230											0	3	0.1
220	1	1									2	5	0.1
210						1	1	1			3	8	0.1
200							1				1	9	0.2
190		1									1	10	0.2
180					1						1	11	0.2
170	1	1		1	1	1		1			6	17	0.3
160			1	1	1		2				5	22	0.4
150	3	2			1	2		2			10	32	0.6
140		3	1		1	1		1			7	39	0.7
130	2		1	1	1	3	2				10	49	0.9
120	1		4	2	1	1	1	2			12	61	1.1
110	4	3	4	4	2	2	5	4			28	89	1.6
100	4	4	4	4	5	3	8	4			36	125	2.2
90	9	5	6	9	6	5	7	4			51	176	3.1
80	14	9	9	9	9	8	11	12			81	257	4.6
70	9	18	12	14	10	13	14	14			104	361	6.4
60	14	12	21	21	14	18	33	26			159	520	9.2
50	29	18	12	42	34	22	25	21			203	723	12.8
40	28	36	42	41	34	35	41	43			300	1023	18.1
30	46	33	38	43	54	52	57	41			364	1387	24.6
20	66	79	54	42	54	47	54	54			450	1837	32.5
10	93	63	67	54	68	79	66	65			555	2392	42.4
0	68	69	72	78	73	70	69	74			573	2965	52.5
-10	71	94	90	87	78	84	75	79			658	3623	64.2
-20	76	77	70	87	79	69	71	81			610	4233	75.0
-30	67	58	66	67	63	67	60	57			505	4738	83.9
-40	41	49	62	44	46	49	45	45			381	5119	90.7
-50	38	34	32	29	38	41	31	39			282	5401	95.7
-60	14	17	22	20	15	11	14	21			134	5535	98.0
-70	3	13	11	6	11	12	11	12			79	5614	99.4
-80	2	5	4	1	3	5					20	5634	99.8
-90	1				2	4					7	5641	99.9
-100	1	1						1			3	5644	100.0
-110								1			1	5645	100.0
-120											0	5645	100.0
-130								1			1	5646	100.0
-140											0	5646	100.0
-150											0	5646	100.0
Aantal	706	705	705	707	706	705	705	707	0	0	5646	5646	5646
Totaal	706	705	705	707	706	705	705	707	0	0	5646		

tabel 9 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel laagwaters 2001-2008 verdeeld per decimeter TAW

frequentie van het TIJVERSCHIL te Antwerpen-Loodsgebouw 2001-2008 <i>Aantal GETIJVERSCHILLEN begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm.</i>													
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	in vak	n >	%>
750											0	0	0.0
740											0	0	0.0
730											0	0	0.0
720											0	0	0.0
710											0	0	0.0
700	1	1			1						3	3	0.1
690		3		1							4	7	0.1
680	1		1		1		1				4	11	0.2
670	3	4	2			2	6				17	28	0.5
660	5	5	4		3	5	6	1			29	57	1.0
650	5	6	2	1	4	8	1	2			29	86	1.5
640	8	14	8	10	7	7	4	8			66	152	2.7
630	11	6	14	8	4	6	11	17			77	229	4.1
620	10	20	12	21	5	9	13	12			102	331	5.9
610	29	18	27	14	15	15	17	25			160	491	8.7
600	26	25	29	26	20	15	20	26			187	678	12.0
590	44	37	30	38	27	25	32	30			263	941	16.7
580	44	43	38	41	31	38	32	39			306	1247	22.1
570	32	44	32	42	50	43	38	39			320	1567	27.8
560	51	36	56	34	44	44	46	42			353	1920	34.0
550	47	54	40	34	47	43	41	51			357	2277	40.3
540	31	50	35	40	45	40	54	39			334	2611	46.3
530	44	35	43	44	35	48	30	42			321	2932	51.9
520	35	32	23	31	44	41	43	41			290	3222	57.1
510	32	29	42	37	38	29	32	27			266	3488	61.8
500	28	19	34	35	35	31	34	34			250	3738	66.2
490	25	35	25	38	25	28	40	26			242	3980	70.5
480	31	27	33	21	23	37	20	26			218	4198	74.4
470	21	22	30	22	30	25	30	25			205	4403	78.0
460	35	34	27	30	23	26	26	21			222	4625	81.9
450	22	13	17	27	22	20	18	35			174	4799	85.0
440	20	18	14	21	20	23	20	16			152	4951	87.7
430	15	18	14	15	22	19	13	11			127	5078	90.0
420	14	14	18	12	15	13	9	14			109	5187	91.9
410	8	11	17	14	13	12	16	10			101	5288	93.7
400	8	13	9	12	11	10	10	8			81	5369	95.1
390	2	4	6	8	10	17	9	9			65	5434	96.3
380	6	3	4	2	3	8	12	5			43	5477	97.0
370	2	3	5	3	10	5	4	8			40	5517	97.7
360	4	3	5	9	6	5	6	8			46	5563	98.5
350	1	3	3	2	3	2	5	2			21	5584	98.9
340	1		4	8	5	2	2	2			24	5608	99.3
330	1	2			2	1	1	1			8	5616	99.5
320		1	1	2	1	2	2	1			10	5626	99.7
310				2	2	1					5	5631	99.8
300				1			2	1			4	5635	99.8
290	1		2	1	2			1			7	5642	99.9
280											0	5642	99.9
270											0	5642	99.9
260											0	5642	99.9
250	1										1	5643	100.0
240											0	5643	100.0
230								1			1	5644	100.0
220											0	5644	100.0
210					1						1	5645	100.0
200											0	5645	100.0
Aantal	705	705	706	707	705	705	706	706	0	0	5645	5645	5645
Totaal	705	705	706	707	705	705	706	63	0	0	5002		

Tabel 10 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel tijverschillen 2001-2008 verdeeld per decimeter

Het totale bereik waarover in de periode 2001-2008 de tijverschillen zijn gegaan, is groot, nl. over 50 klassen zegge over 5 meter. Vooral de enkele zeer kleine tijverschillen (van 2,10 m à 3 m) maken dat bereik zo groot. Het is kenschetsend voor de tijverschillen in het Zeescheldebekken dat rond en om de gemiddelden, de grotere tijverschillen meer bij het gemiddelde aanleunen, en dat de kleinere tijverschillen meer verspreid zijn, tot zeer kleine tijverschillen toe. De tabel 10 handelt wel over de gegevens te Antwerpen-Loodsgebouw, maar de trend geldt voor alle locaties, en voor bvb. de opwaartse vakken van het tijbekken kan dit ook makkelijk begrepen worden omdat bij grote boven-debieten en was-regimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, tot hun tijverschil beduidend kleiner is dan normaal.

Zoals al hoger gesteld, was het tij in de Zeeschele te Antwerpen-Loodsgebouw, maar dus tevens over de Zeeschele afwaarts Sint-Amands, een vrij rustig jaar in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie tabel 4). De jaargemiddelden van hoogwater, laagwater en tijverschil, alsmede de uiterste standen van hoog- en laagwater over het jaar, zijn noch uitschieters noch geven een versnelling van enige trend aan. Er trad slechts één stormvloed op, geen enkele buitengewone stormvloed, maar wel twee zeer lage laagwaterstanden.

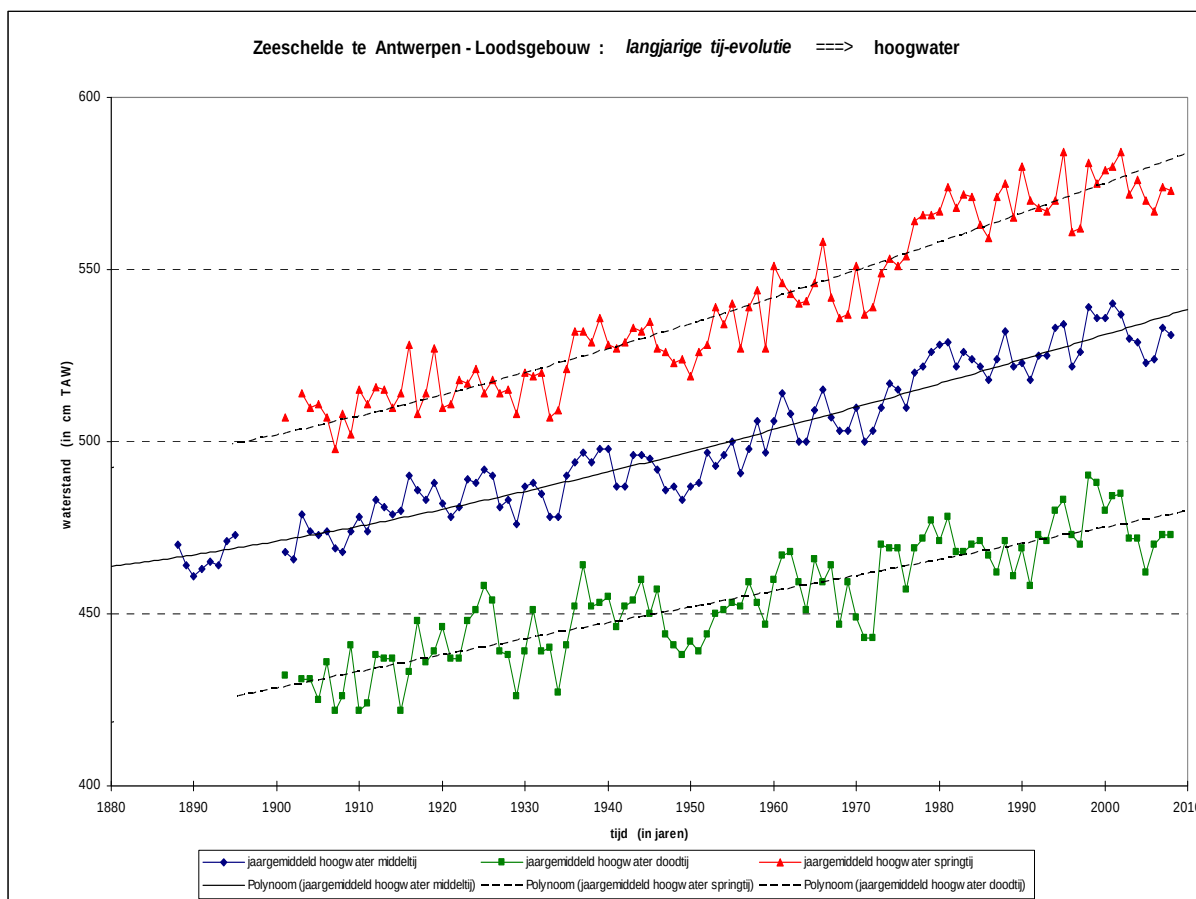
Zonder dat in dit rapport een ganse evolutie van het tij in het Zeescheldebekken wordt gegeven, waaromtrent andere rapporten zullen volgen, mag het tij van de jongste jaren even in het historisch perspectief sinds begin der systematische, continue tijwaarnemingen worden geduid, dus sinds 1885. De volgende drie grafieken schetsen dit historisch beeld. Antwerpen-Loodsgebouw geldt ook in deze als basis-post van het ganse Zeescheldebekken.

Figuur 18 toont de jaarlijkse gemiddelde hoogwaterstanden, zowel van middeltij als van spring- en doottij. In elk verloop van jaargemiddelden is een dienstige trendlijn getrokken. Uiteraard zijn alle tijwaarden van eerdere vergelijkingsvlakken (K.D. en N.K.D.) naar de huidige T.A.W. omgezet.

De evolutie van hoogwater kan omschreven worden:

- 1955 valt in het tekenen van trendlijnen op als een eerste jaar van trendbreuk.
- tot ongeveer 1955 stegen de hoogwaterstanden van middeltij, springtij en doottij volgens een quasi lineaire trend. De mate waarin is verschillend: bij middeltij steeg het hoogwater met ongeveer 40 cm over 70 jaren, zijnde 5,7 cm per tien jaar; bij springtij was het ongeveer 35 cm over 55 jaren zijnde 6,6 cm per tien jaar, en bij doottij ongeveer 25 cm over eenzelfde periode zijnde 4,9 cm per tien jaar.
- in de periode (ongeveer) 1955-1970 waren de gemiddelde jaarlijkse stijgingen groter: bvb. middeltij steeg met ongeveer een tiental cm over slechts 15 jaar dus een snellere stijging dan tot 1955: à rato van bijna 7 cm per tien jaar. Bij springtij was de versnelling in stijging groter à 8 cm per tien jaar, en bij doottijden iets minder groot, nl. à 4 cm per tien jaar.
- de periode (ongeveer) 1970-2000 kenmerkt zich door iets grotere stijgingen van het gemiddeld hoogwater, maar gebeurde met grote schommelingen. Middeltijen verhoogden à 7 cm per tien jaar, springtij à ongeveer 8 cm per tien jaar, en doottijen à bijna 5 cm per tien jaar.
- in de laatste jaren is er een duidelijke afvlakking van al die (sterk) stijgende trends te zien: een stijging van (gemiddeld) slechts enkele centimeters over ongeveer 6 jaar. De trendlijnen op figuur 18 zijn over deze periode in wezen iets te fel stijgend tegen de waarheid.
- bij al deze beschouwingen dient onderlijnd te worden dat het handelt om jaargemiddelde waarden. De uiterste standen (zo hoog als laag) van hoogwater volgen evenwel eenzelfde trend.

- bij alle grafieklijnen is vrij goed de Saros-periode (18,6-jarige periode) te zien, die door de trendlijnen wordt uitgemiddeld. Deze Saros-periode komt overeen met het over die duur traag maar gestaag "schommelen" rond het gemiddelde, van de schuimte van de maanbaan om de aarde enerzijds met anderzijds de Noord-Zuid-as van de aarde. Deze invloed is op langjarige hoog- en laagwater-waarden te zien, en vooral op deze van het tijverschil.



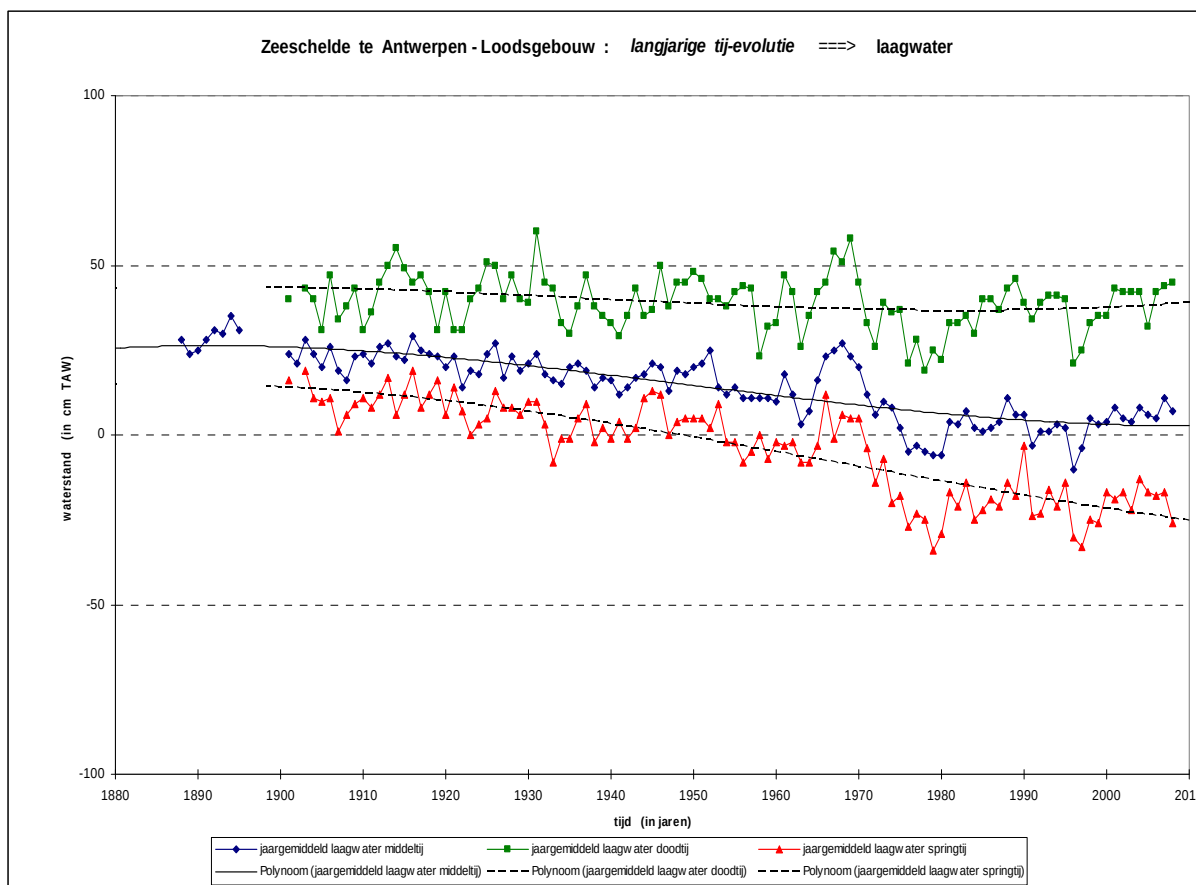
*Figuur 18 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van hoogwater (1885-2008)*

De trend van verhogende hoogwaterstanden bestaat dus al vanaf 1885. Tot ongeveer 1955 is de stijging quasi lineair, nadien sterker, zegge volgens een polynoom van de tweede graad. Zoals al eerder doch relatief sporadisch, zowel uit Nederlandse als uit Belgische hoek werd beschouwd, kan deze trendbreuk worden gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral kan gedacht worden aan de ontwikkeling van het Gat van Ossenisse en van de Overloop van Hansweert in de vijftiger en zestiger jaren van vorige eeuw: twee in plaats van één enkele hoofdgeul, en een vermindering van globale beddingweerstand. Die zorgden voor een extra toename van de tij-kracht, chronologisch resulterend in eerstens een verhoging der hoogwaterstanden opwaarts, en tweedes in een verlaging der laagwaterstanden opwaarts, dus in een flinke toename van de getijslag.

Gans de ontwikkeling met omslagpunt rond ongeveer 1955 kan worden gerelateerd aan de zeer buitengewone stormvloed van 1 februari 1953. Wat toen door een niet goed voor te stellen reuze-sterke vloedstroom over de ganse sectie van de Westerschelde aan Terneuzen, gebeurde aan opwaartse zijde daarvan, en met name het definitief doen verruimen en uiteindelijk aan opwaartse kant kortsluiten van de vloedschaar van wat nu als vaargeul "Overloop van Hansweert" bekend is, kan als doorslaande versterking van een morfologisch autonoom proces gelden.

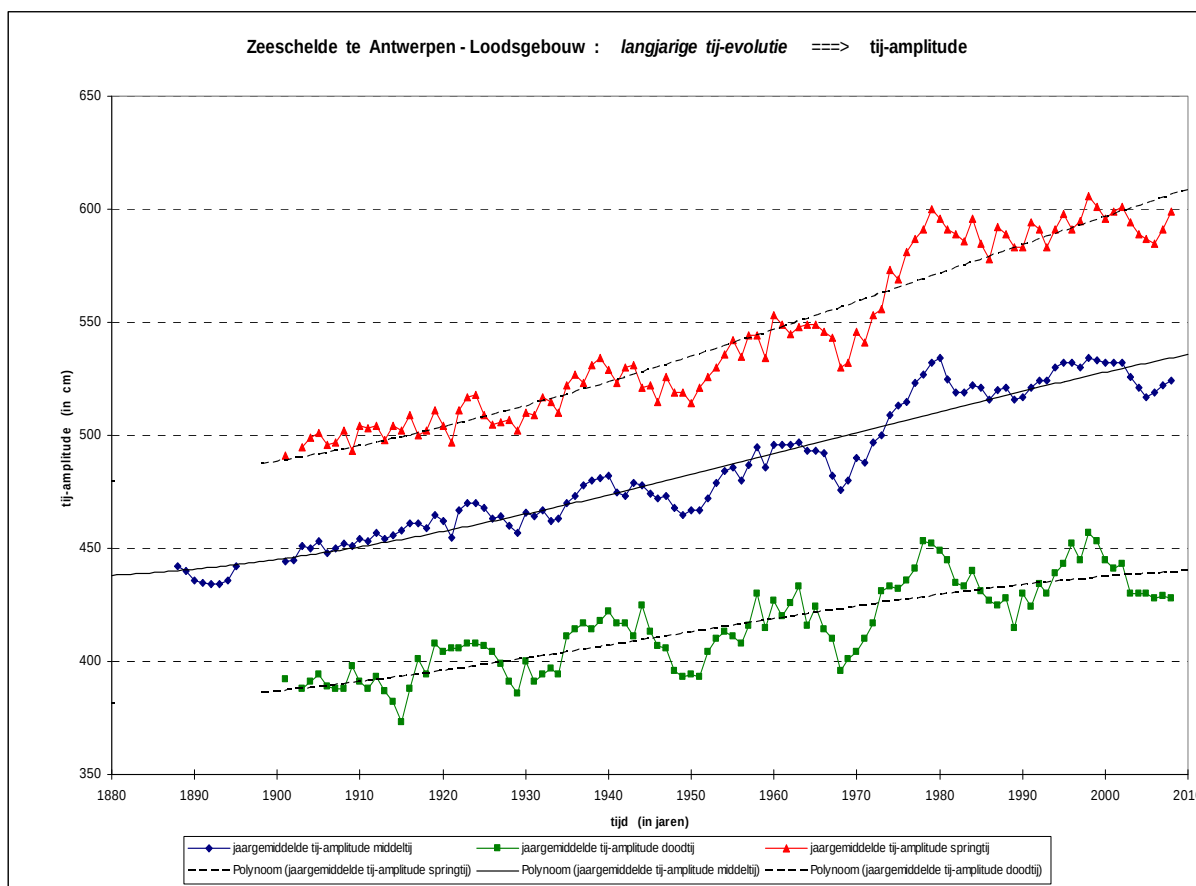
Figuur 19 toont analoge grafieken en trendlijnen, maar dan voor de evolutie van laagwater. Ook hier geldt 1955 als kanteljaar. Dan valt op dat voor 1955 er inderdaad en geheel natuurlijk schommelingen zijn in het verloop van jaargemiddelde laagwaters, zo middeltij, springtij als doottij, doch dat die schommelingen na 1955 beduidend groter zijn.

In de eerste periode, voor 1955, is er een gestage daling van de gemiddelde laagwaterstanden bij middeltij en springtij, met voor middeltij ongeveer 15 cm over 70 jaar (dus iets meer dan 2 cm per tien jaar) en voor springtij 7 cm over 55 jaar dus à iets meer dan 1 cm per tien jaar. De daling van laagwaters bij doottij is klein, slechts enkele cm over 55 jaar, zegge iets meer dan 0,5 cm per tien jaar. Dat vormt een duidelijk verschil tussen de evolutie van enerzijds middeltijen en springtijten tegen anderzijds doottijen.



Figuur 19 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1885-2008)

Ook na 1955 is de daling bij doortij relatief klein en zelfs in dezelfde orde van grootte, zegge iets meer dan 0,5 cm per tien jaar. De daling van middeltij is uitgesprokener, nl. iets meer dan tiental cm over 55 jaren zegge bijna 2 cm per tien jaar, en bij springtij nog groter nl. ongeveer 22 cm over 55 jaar zegge à 4 cm per tien jaar.



Figuur 20 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
"eeuw"-evolutie jaargemiddelden van tij-verschillen (1885-2008)

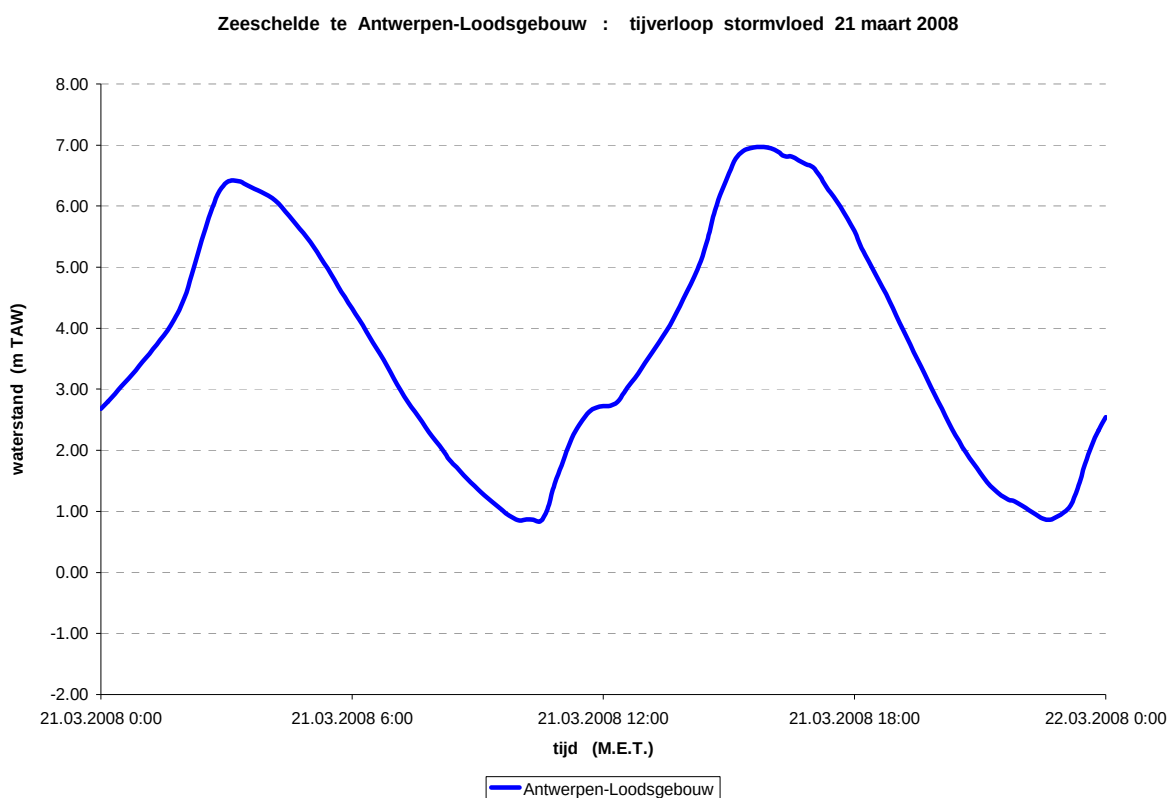
Uit de evolutie van hoger wordende hoogwaterstanden en lager wordende laagwaterstanden volgt een flinke toename van de tijverschillen, zoals figuur 20 aangeeft. Het zal niet verbazen dat 1955 het kanteljaar blijft. Voor dat jaar vergrootten de tijverschillen zich volgens een lineaire trend, en zijn hun schommelingen rond de trendlijn ook kleiner dan na 1955. In de periode 1955 à 2000 neemt het groter worden van de tijverschillen toe met een polynoom van tweede graad, tenminste voor middeltij en springtij, want bij de doortijden blijft de lineaire trend regel, beïnvloed door de evolutie van laagwater bij doortij.

Ook bij de evolutie van het tijverschil valt op dat in laatste zes jaren er een afvlakking te zien is, geheel in overeenstemming -uiteraard- zoals zo sterk opviel bij de hoogwaterstanden.

1.4.3 opgetreden stormvloed 2008

Met de term "stormvloed" wordt in het Zeescheldebekken bedoeld een hoogwatergolf die in Westerschelde en Zeescheldebekken binnendringt en zich voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan T.A.W. (+6,60m). In officiële terminologie wordt van een "stormtij" gesproken bij een hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan T.A.W. (+6,60m) tot T.A.W. (+7,00m) deze laatste waarde niet inbegrepen; indien het hoogwater gelijk of hoger komt dan het peil T.A.W. (+7,00m) handelt het om een "gevaarlijk stormtij". In het jargon wordt de term "stormtij" vaak door "stormvloed", en de term "gevaarlijk stormtij" door "buitengewone stormvloed" vervangen.

In 2008 trad aldus slechts één maal een stormvloed op, nl. op vrijdag 21 maart 2008, met een hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw om 15:52 h M.E.T. en peil T.A.W. (+ 6,97 m).



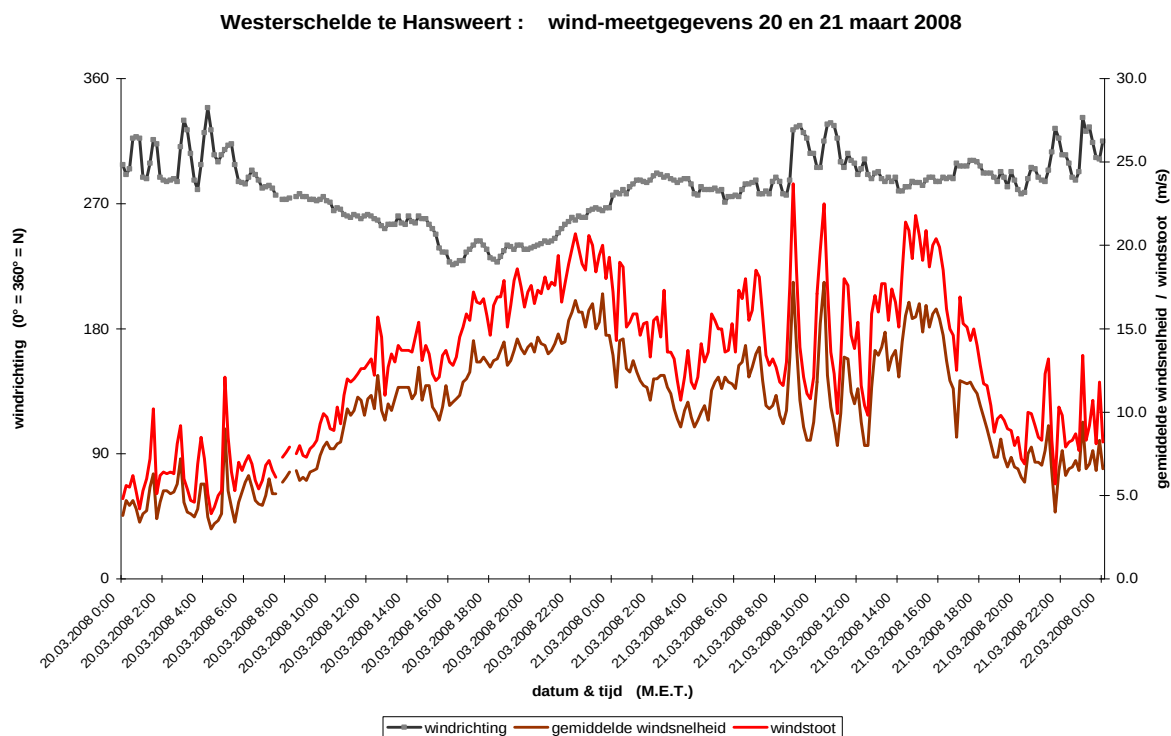
*Figuur 21 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 21 maart 2008 o.a. stormvloed op peil TAW (+6.97m)*

Wegens doorgang van een flink lagedrukgebied over de Noordelijke Noordzee, van IJsland naar Zuid-Denemarken, met aan westzijde ervan een noordwestelijk stormwindveld langs de oostkust van Engeland, werd de opzet van de tijwaterstanden over de Belgische en Nederlandse kusten fel vergroot. Daags voordien was over de Westerschelde zelf een windveld vertrekkend van slechts matige noordwestwinden, gaande over west doch flink aantrekkend over zuidwest, en de dag zelf doorgaans westelijke winden met schommelingen tot noordwest; doch bij aanvang vloed te Vlissingen windsnelheden NW gaande van 15 à 18 m/s met windstoten tot 25 m/s.

Deze gaven aanleiding tot een bij aanvang van vloed sneller stijgen van de waterstand dan zonder die zeer felle rukstoten. Dat fors begin van vloed tot half-tij-van-vloed zette zich -zoals nog gebeurt- volop in de tijontwikkeling voort. Te Antwerpen-Loodsgebouw is het duidelijk in de aanzet van vloed te zien, met stijgsnelheden van 30 à 40 cm over tien minuten! Zoals niet abnormaal is deed zich rond tweederde van vloed een waterstandsniellering voor, met gedurende iets meer dan een half uur lang slechts een stijging met 15 cm. Even normaal steeg het waterpeil bij aanvang maximum vloed met (opnieuw) 30 à 40 cm per tien minuten. Dit nogal typisch vloedverloop bij stormtij manifesteerde zich dus reeds te Vlissingen, maar werd nog geprononceerder naar opwaarts toe, om geleidelijk aan bij Dendermonde af te zwakken.

Na de middag heerste een aanhoudende wind W 15 m/s met stoten tot 20 m/s terwijl het hoogwater zich te Antwerpen aandiende, en werd de waterstand opgestuwd tot net onder de zgde "blauwe steen". De felle wind pal west met onverwacht felle windstoten, juist als maximum vloed zich over het vak Hansweert-Bath uitspreidde, deed de hoogwatergolf te Antwerpen uiteindelijk een twintigtal centimeter hoger komen dan zonder die onverwachte felle windstoten was verwacht. Reden daarvan was het optreden van een zgde "Polar Low"-kern die een bijkomend windveld veroorzaakte. Dergelijke kleine storingen zijn niet te voorzien, doch stuwen het stormhoogwater nog hoger.

Figuur 22 toont de windgegevens van de stormdag en daags voordien van de meetpost langs de Westerschelde te Hansweert. Het handelt om tienminuut-gegevens, m.n. de gemiddelde windrichting, de gemiddelde windsnelheid en de windstoot. Op zich is dit windverloop nog niet uitzonderlijk. Los van de opzet te Vlissingen, kan het bij stormtij over de Westerschelde langduriger puur westwind (dus erg opjagend voor de hoogwatergolf) zijn, met snelheden tot 20 à 25 m/s en stoten tot 35 m/s. Bij astronomische springtijden kan het hoogwater te Antwerpen dan ruim over de "blauwe steen" gaan.



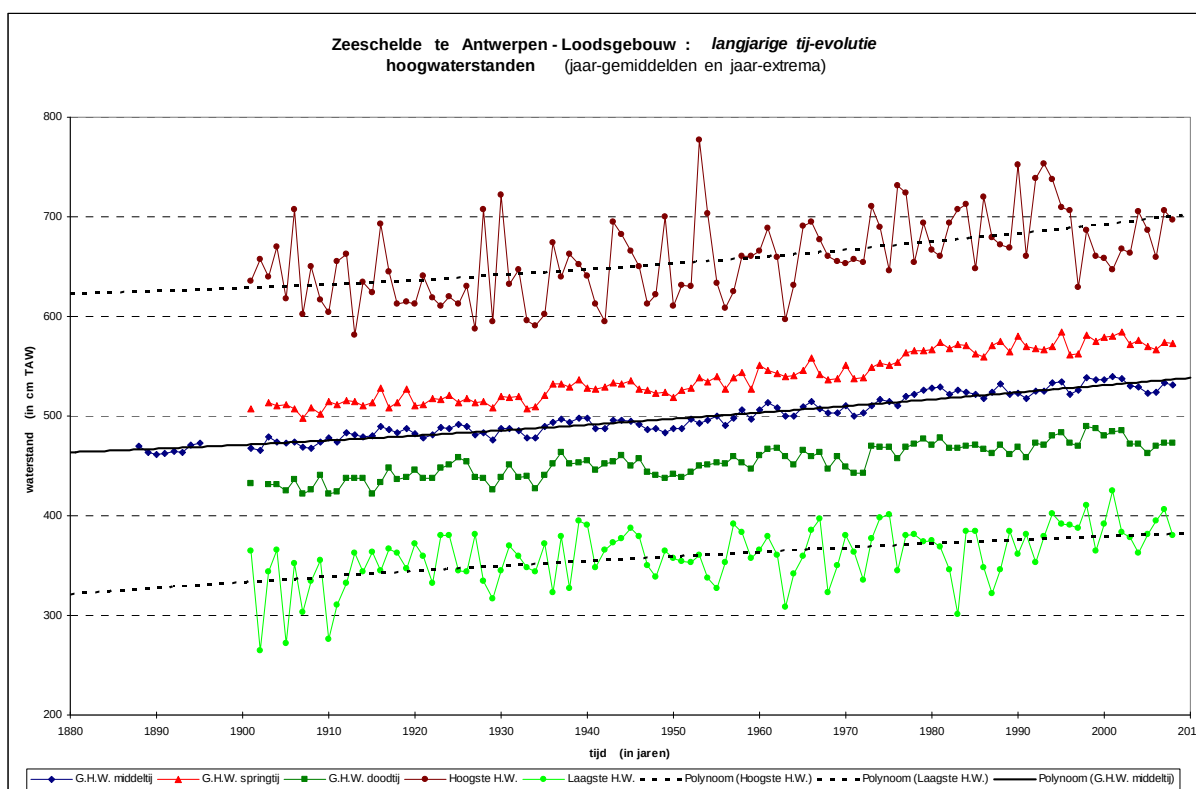
*Figuur 22 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop op 20 en 21 maart 2008 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)*

Op zich is deze stormvloed dus niet uitzonderlijk. In deze (prille) eeuw trad het Scheldewater slechts twee maal en dan nog slechts amper boven de zgde "blauwe steen", nl. in 2004 op (+7.05m) en in 2007 op (+7.06m). In de jaren '90 was dat veel meer het geval; navolgende tabel geeft het overzicht van alle hoogwaterstanden te Antwerpen-Loodsgebouw sinds 1971 hoger dan T.A.W. (+6.50m) en dat verdeeld in klassen van 10 cm.

De tabel toont een duidelijke concentratie van stormvloeden, zowel in aantal per jaar als in hoogte per stormvloed, van 1990 (met de befaamde "Crocus-stormen" van einde februari 1990, met vier buitengewone stormvloeden en drie gewone stormvloeden in één werkweek ...) t/m 1996, o.a. nog flinke buitengewone stormvloeden in 1992, 1993 en 1994.

Sindsdien is het opmerkelijk rustiger van het stormvloedenfront, met enkele jaren zelfs zonder enige stormvloed, en met slechts twee stormvloeden net boven de "blauwe steen" (2004 en 2007).

Ook in figuur 23, met buiten de jaargemiddelden van middeltij, springtij en doortij sinds 1885, ook de jaarlijks hoogste en jaarlijks laagste hoogwaterstanden, blijkt 2008 een "rustig stormjaar" te zijn geweest, zoals het tiental jaren daarvoor.



Figuur 23 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie sinds 1885 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

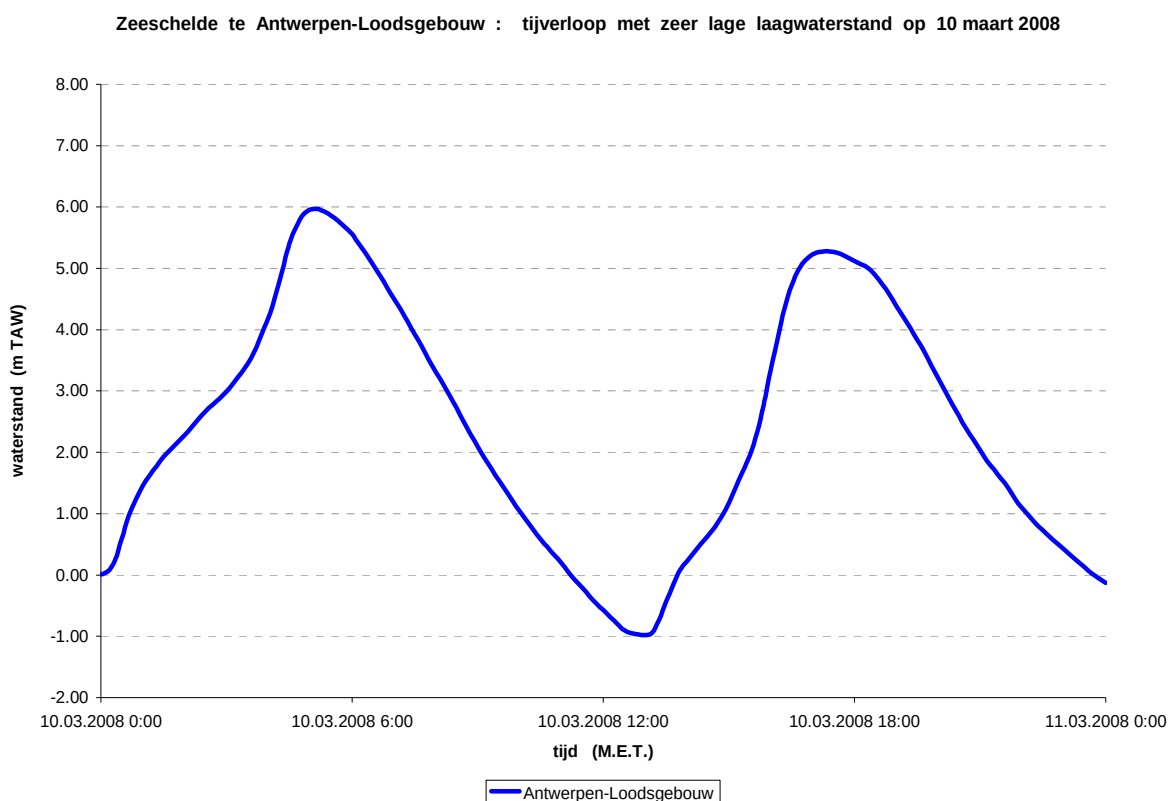
[illegible]

*Tabel 11 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
frequentie-tabel hoogwaterstanden bij stormvloed 1971-2008 verdeeld per decimeter*

1.4.4 opgetreden speciale tijen in 2008

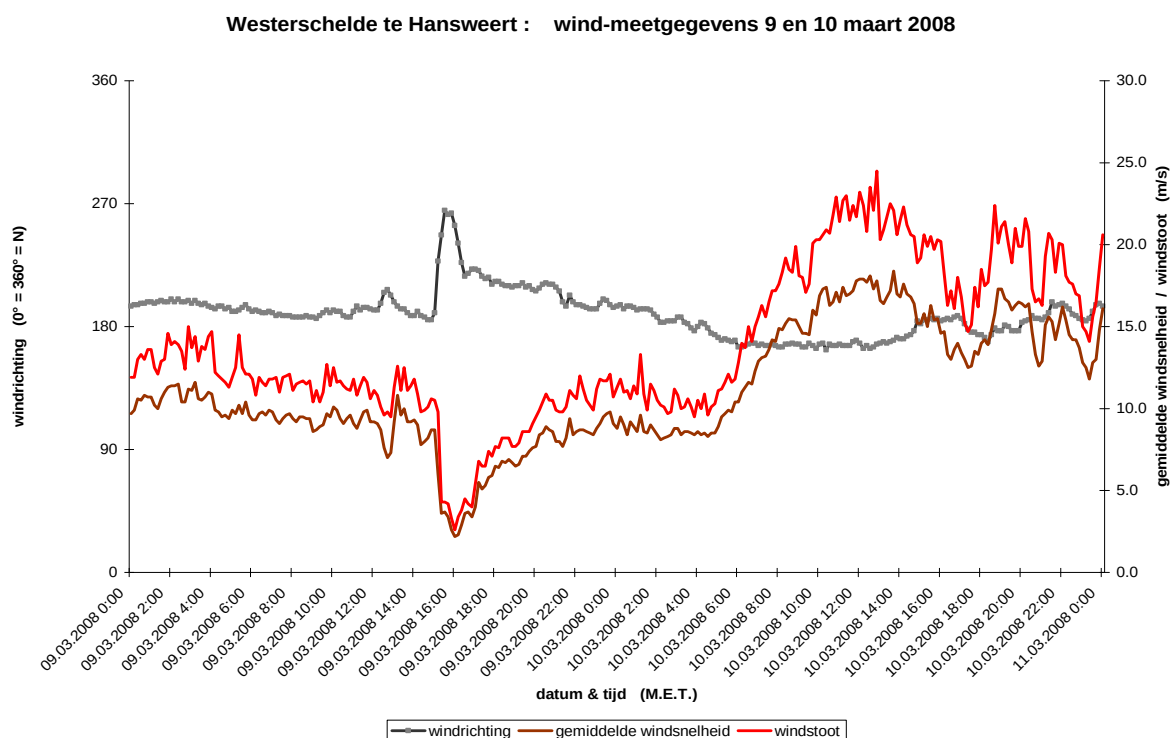
Als het jaar 2008 minder gekarakteriseerd was door stormtijden, is het opvallend dat er twee zéér lage laagwaterstanden optraden, nl. op 10 maart en op 13 december 2008. Op zich is een laagwater lager dan het peil T.A.W. (- 1.00 m) uitzonderlijk; het komt in de laatste 50 jaren een vijftiental keer voor, met een allerlaagste peil op (- 1.36 m) (in 1984). Het laagwaterpeil van 13 december 2008 klasseert zich (samen met een even laag LW in 1964) als tweede laagste ooit. Het geldt als een laagwaterstand dat zich ééns per 25 jaar voordoet. In dat opzicht zijn de beide zeer lage laagwaters in 2008 veel vermeldenswaardiger dan de éne stormvloed.

Figuur 24 geeft het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw op 10 maart 2008. Het voorafgaand ebverloop is op zich een normaal verloop, met een langere dalingsduur dan normaal, en vooral een daling (tijverschil, doch nu van HW naar LW) met liefst zeven meter! Op zich is dat uitzonderlijk.



*Figuur 24 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 10 maart 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-0.98 m)*

Uit figuur 25 met het windverloop te Hansweert van die dag en daags voordien, blijkt dat het windveld al geruime tijd zuidelijk was, met windsnelheden rond 9 à 11 m/s, één uitschieter naar NW daargelaten. Met een windveld puur zuid tot iets oost van zuid, doch snelheden van gemiddeld 17 à 18 m/s en stoten tot bijna 25 m/s, ontwikkelde zich een flinke verlaging van de laagwatergolf. Op zich toont het aan dat niet enkel oostenwinden tot felle afwaaiing in staat zijn, al zijn die eerder regel en is deze zuidenwind de spreekwoordelijke uitzondering.

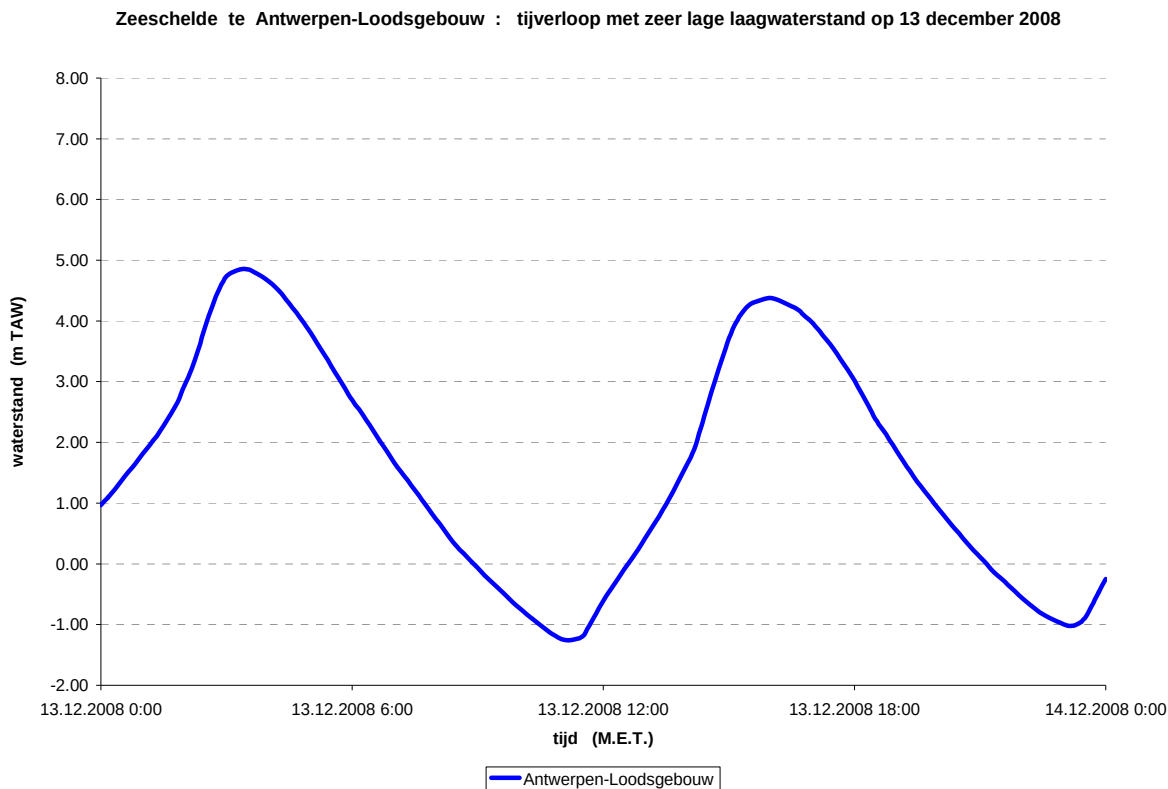


*Figuur 25 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop op 9 en 10 maart 2008 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)*

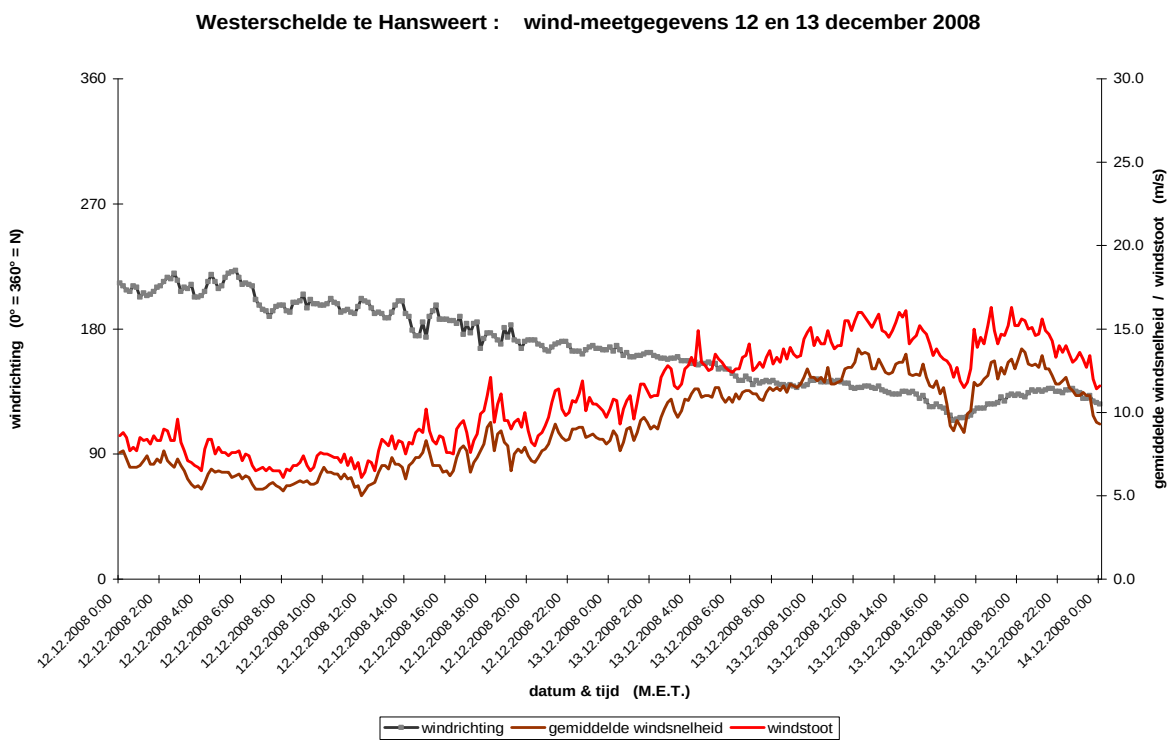
Het tijverloop op zaterdag 13 december 2008 gaf een uitzonderlijk zéér lage laagwaterstand op peil T.A.W. (- 1.26 m), zoals al gemeld met een kans op optreden van ééns om 25 jaar.

Het windveld was die dag en daags voordien klassieker van aard om een zéér lage laagwaterstand te verwachten. Zie figuur 27: met een wind over de Westerschelde gestaag gaande over zuid naar oost, en even gestaag aantrekkende windsnelheden van urenlang 12 à 14 m/s en windstoten tot 16 m/s, waren de omstandigheden als gedroomd om dergelijke afwaaiing te bewerkstelligen.

Figuur 28 toont een foto van de situatie te Antwerpen-Loodsgebouw net op het laagwater zelf: de foto toont (van rechts naar links) de Schelde, de kil van het Margueriedok, en de tijmeetinstallatie. Let op de steilte van de loopbrug naar de ponton.



*Figuur 26 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
tijverloop op 13 december 2008 o.a. zeer laag laagwater op peil TAW (-1.26 m)*



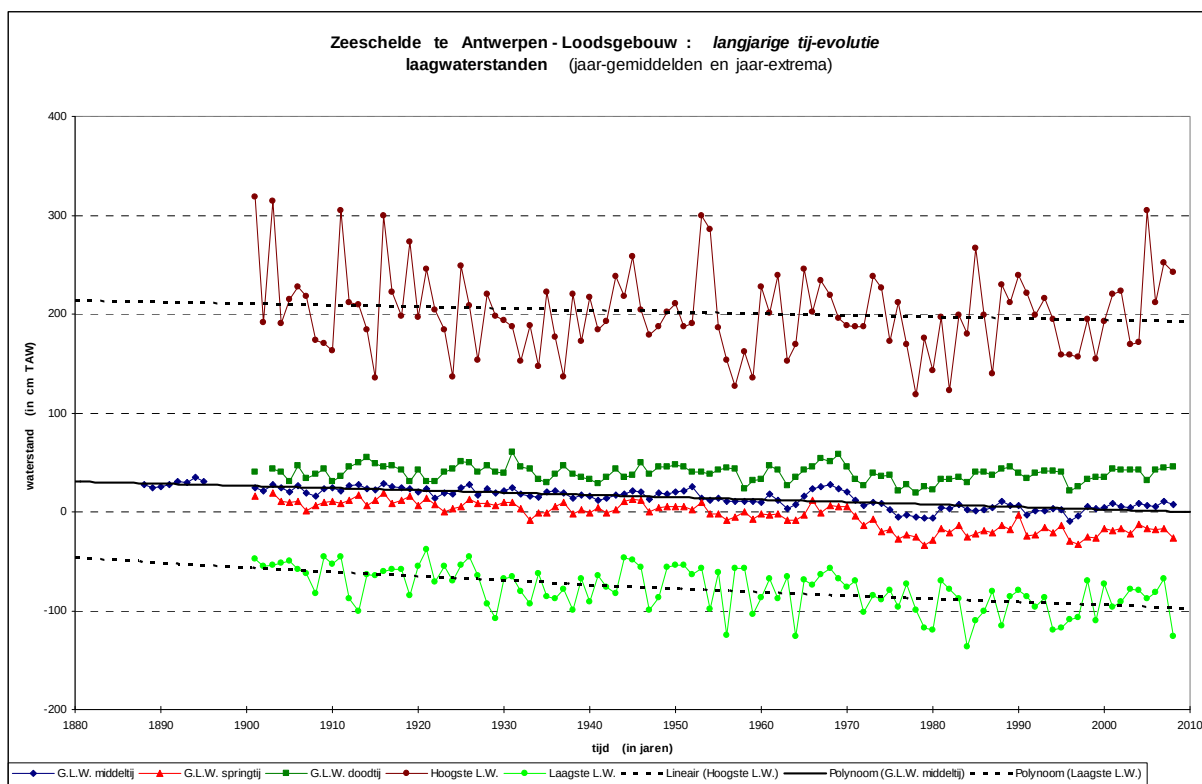
*Figuur 27 - Westerschelde te Hansweert:
windverloop op 12 en 13 december 2008 (tien minuut-gegevens) (bron: RWS - HMCZ)*



*Figuur 28 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
foto Schelde, Margueriedok en tijmeetpost op zaterdagmiddag 13 december 2008
net op het zeer lage laagwater op peil TAW (-1.26 m)*

De figuur 29 toont de evolutie van de jaargemiddelden van laagwater bij middeltij (sinds 1885), (en dan vanaf 1900) van springtij en doodtij, alsmede van de hoogste en van de laagste laagwaters per jaar. Het laagwater van 13 december 2008 was duidelijk uitzonderlijk laag.

Wat ook uit die figuur opvalt, is dat de trendmatige daling van de jaarlijks laagste laagwaters, sterker is (= dalender is) dan bij de middeltijden, doch bevestigd wordt door de trendmatige daling bij springtijden.



*Figuur 29 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw:
evolutie sinds 1885 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij,
aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden*

1.5 Getijwaarnemingen 2008 op overige tijmeetposten

1.5.1 globaal overzicht getijwaarnemingen 2008

Dit rapport geeft veel tekst en uitleg, en vele tabellen en figuren, over het tijverloop 2008 te Antwerpen-Loodsgebouw. Op zich is dit verantwoord, gezien deze locatie dé basis-meetpost van het Zeescheldebekken vormt, en de meesten kennis van vooral het tij aan deze tijpost hebben, doch minder tot veel minder aan andere tijposten. Op zich is dit te meer verantwoord aangezien de trends en de bijzondere tijen te Antwerpen-Loodsgebouw, zich gelijkaardig voordoen op de andere meetposten. Uiteraard is er verschil in tijdstip van hoog- en laagwater, en is er verschil in waterstanden, doch kennis van het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw levert heel veel informatie over hoe het op andere meetlocaties was.

Het tijverloop op de andere meetlocaties zal hiernavolgend middels enkele tabellen en enkele grafieken worden getoond. De uitleg zoals hoger voor de basispost Antwerpen-Loodsgebouw gegeven geldt ook hier. Uitgezonderd de invloed bij grote bovendebieten en was-regimes in het opwaartse deel van het gebied, die daarom uitgebreider worden belicht.

De tabellen 12 en 13 geven de hoofdkenmerkende tijwaarden 2008 voor goedgekozen meetlocaties in het Zeescheldebekken, en die ten nutte van Moneos zijn. Prosperpolder is de meest afwaartse meetpost van het Zeescheldebekken. Liefkenshoek en Kallosluis sluiten daarop aan om samen met Antwerpen-Loodsgebouw de ganse Beneden-Zeeschelde te dekken. De locatie Schelle geldt speciaal omwille van de ligging aan de Rupelmonding, en omwille van het tot daar doorberekenen van de afvoer van het Zeescheldebekken (de bovendebieten "Schelde te Schelle", ruim bekend en gebruikt). Temse heeft een grote historische reden. De locatie Sint-Amands geldt als overgang tussen een vrij maritiem gedeelte naar een eerder fluviatiel deel van de Zeeschelde. In de meetkundige plaats van hoogwaters is het hoogwater het hoogst te Sint-Amands, en de laagwaters vormen er de overgang tussen de afwaarts lage doch opwaarts flink hogergelegen laagwaterstanden.

Dendermonde heeft een belangrijke historiek, en kent de uitmonding van de Dender, met bij was-regimes grote invloed op vnl. de laagwaterstanden. Schoonaarde en Wetteren bepalen het tij aan drie opeenvolgende Gecontroleerde Overstromingsgebieden (GOG's Scheldebreek, Paardenweide en Bergenmeersen). Melle geldt uiteraard als in wezen de meest opwaartse meetlocatie van de Zeeschelde, gezien deze te Gentbrugge voor laagwaters en voor de meeste hoogwaters niet meer aan tijwater raakt. Melle is tevens de samenvloeiing van Ringvaart en het meest opwaartse van de Zeeschelde, en aldaar wordt continu het debiet gemeten, hetgeen resulteert in bepaling van de bovendebieten van Schelde en Leie naar Zeeschelde.

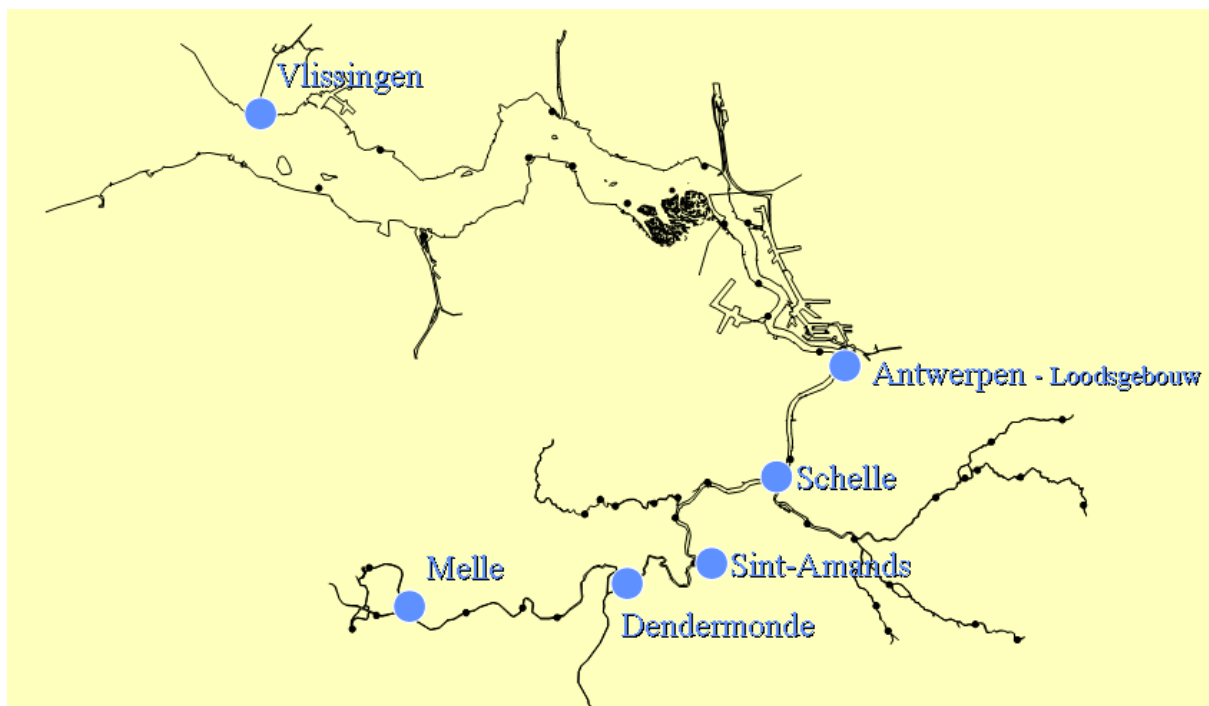
Voor de aan het tij onderhevige bijrivieren werd de keuze vooralsnog beperkt tot Boom en Walem voor de Rupel, en Duffelsluis en Lier-Molbrug voor het Netebekken. Deze laatste meetpost wordt ook gerekend tot de Beneden-Nete, al kan gediscussieerd worden dat het eigenlijk over het laatste stuk van de Kleine Nete handelt. Het is in ieder geval dé tijpost in de stad Lier, en markeert qua waterpeilen het opwaartse einde van de Beneden-Nete.

		Prosperpolder	Liefkenshoek	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
middeltij	GHW	5.07	5.25	5.30	5.31	5.46	5.54	5.57	5.29	5.12	5.00	5.08
	GLW	0.09	0.12	0.07	0.07	0.07	0.17	0.45	1.13	1.79	2.25	2.45
	GTV	4.98	5.13	5.23	5.24	5.39	5.37	5.12	4.16	3.33	2.75	2.63
springtij	GHW	5.51	5.70	5.76	5.73	5.85	5.94	5.95	5.59	5.37	5.18	5.23
	GLW	-0.23	-0.21	-0.26	-0.26	-0.22	-0.05	0.28	1.05	1.77	2.23	2.41
	GTV	5.74	5.91	6.02	5.99	6.07	5.99	5.67	4.54	3.60	2.95	2.82
doodtij	GHW	4.49	4.64	4.68	4.73	4.91	4.98	5.02	4.86	4.76	4.72	4.82
	GLW	0.47	0.52	0.47	0.45	0.42	0.46	0.64	1.17	1.71	2.13	2.30
	GTV	4.02	4.12	4.21	4.28	4.49	4.52	4.38	3.69	3.05	2.59	2.52
uiterste waarden	HHW	6.75	6.95	7.04	6.97	7.11	7.14	7.15	6.88	6.56	6.55	6.56
	LHW	3.56	3.73	3.74	3.80	3.99	4.03	4.05	4.01	3.96	3.86	3.92
	HLW	2.45	2.47	2.41	2.42	2.36	2.40	2.44	2.95	3.83	4.84	5.42
	LLW	-1.23	-1.15	-1.12	-1.26	-1.21	-0.97	-0.45	0.44	1.17	1.46	1.50

Tabel 12 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2008

		Boom	Walem	Duffelsluis	Lier-Molbrug
middeltij	GHW	5.52	5.54	5.58	5.42
	GLW	0.19	0.41	1.29	2.64
	GTV	5.33	5.13	4.29	2.78
springtij	GHW	5.88	5.90	5.92	5.71
	GLW	-0.04	0.28	1.30	2.66
	GTV	5.92	5.62	4.62	3.05
doodtij	GHW	4.98	5.01	5.08	4.99
	GLW	0.48	0.60	1.27	2.57
	GTV	4.50	4.41	3.81	2.42
uiterste waarden	HHW	7.10	7.18	7.12	6.92
	LHW	4.05	4.04	4.12	4.15
	HLW	2.41	2.46	2.86	4.51
	LLW	-0.98	-0.45	0.82	2.28

Tabel 13 - Rupel en Beneden-Nete: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden 2008



Figuur 30 - Zeeschelde: algemeen liggingsplan met aanduiding van de beschouwde tijmeetposten

Bovenstaande figuur toont de ligging van de hierna in grafieken nader besproken tijmeetlocaties, als gehandeld wordt over de enige stormvloed die in 2008 in het Zeescheldebekken optrad, over twee periodes van wasregime (nl. maart 2008 resp. november-december 2008), en over de speciale tijen met een zeer lage laagwaterstand.

1.5.2 getijwaarnemingen 2008 in historisch perspectief

Tabellen 14 en 15 geven de gemiddelde hoogwaterstand resp. gemiddelde laagwaterstand over de decennia 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000 alsmede over het jaar 2008 zelf, en dat voor de beschouwde locaties langs de Zeeschelde. De tabellen worden aangevuld met het hoogste hoogwater resp. het laagste laagwater ooit (dus sinds 1885).

Analoog gaan tabellen 16 en 17 over de locaties Boom, Walem, Duffelsluis en Lier-Molbrug, dus Rupel en Beneden-Nete.

Er werd hoger al voor de basis-post Antwerpen-Loodsgebouw gesteld dat het tijverloop in 2008 in wezen rustig was t.o.v. dat in voorbije decennia, zeker gelet op slechts één stormvloed. Ten overstaande van de tienjarige gemiddelde waarden blijkt dat de jaarwaarden van hoogwater in 2008 wel degelijk iets hoger liggen in de regio Liefkenshoek à Dendermonde, en nog iets meer hoger opwaarts Dendermonde.

Er moet onderlijnd worden dat het tienjarig gemiddelde over 1991/2000 op zich relatief "laag" is gebleven ondanks bvb. te Antwerpen jaarwaarden van T.A.W. +5.33 m, +5.34, +5.39 (!), +5.36 en nogmaals +5.36 dus toch vijf maal (op tien ...) hoger dan de jaarwaarde over 2008 zijnde T.A.W. (+5.31 m). In het decennium 1991/2000 schommelde het jaargemiddelde hoogwater in de Zeeschelde flink rond zijn tienjarig gemiddelde, zodat ook vrij lage jaarwaarden voorkwamen, nl. T.A.W. +5.18 m, +5.25, +5.25, +5.22 en +5.26 m, wat het tienjarige gemiddelde "laag" hield. Het beklemtoont dat jaarwaarden niet zomaar met tienjaarwaarden mogen vergeleken worden, en dat alle jaarwaarden over vrij lange periodes moeten beschouwd en trendmatig behandeld, zie bvb. figuur 23. Slechts op die wijze kunnen evoluties terdege onderkend worden.

Aldus mogen ook geen verkeerde conclusies getrokken worden uit het nog iets hoger liggen van de jaargemiddelde hoogwaters 2008 van Schoonaarde tot Melle t.o.v. de tienjaargemiddelden over 1991/2000.

	Gemiddeld Hoogwater (GHW)				HHW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2008	
Prosperpolder	4.92	5.03	5.12	5.07	7.76
Liefkenshoek	5.01	5.14	5.19	5.25	7.87
Kallosluis	5.14	5.19	5.26	5.30	7.89
Antwerpen- Loodsgebouw	5.15	5.24	5.29	5.31	7.77
Schelle	5.28	5.39	5.45	5.46	7.60
Temse	5.29	5.44	5.51	5.54	7.54
Sint-Amands	5.32	5.47	5.55	5.57	7.44
Dendermonde	5.05	5.20	5.28	5.29	7.12
Schoonaarde	4.80	5.01	5.07	5.12	6.89
Wetteren	4.56	4.81	4.89	5.00	6.95
Melle	4.56	4.83	4.93	5.08	7.04

Tabel 14 - Zeeschelde: gemiddeld hoogwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

locaties	Gemiddeld Laagwater (GLW)				LLW ooit
	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2008	
Prosperpolder	0.07	0.09	0.08	0.09	-1.29
Liefkenshoek	0.08	0.10	0.06	0.12	-1.31
Kallosluis	0.05	0.05	0.01	0.07	-1.35
Antwerpen-Loodsgebouw	0.01	0.05	0.00	0.07	-1.36
Schelle	0.04	0.06	0.03	0.07	-1.30
Temse	0.15	0.14	0.08	0.17	-1.08
Sint-Amands	0.54	0.48	0.44	0.45	-0.60
Dendermonde	1.31	1.24	1.14	1.13	0.04
Schoonaarde	2.03	1.93	1.85	1.79	0.79
Wetteren	2.49	2.42	2.35	2.25	1.23
Melle	2.68	2.69	2.55	2.45	1.30

Tabel 15 - Zeeschelde: gemiddeld laagwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

Eenzelfde besluit geldt voor onderlinge vergelijking van de gemiddelde laagwaters in tabel 15. Hier zou vlug kunnen gedacht worden aan een omgekeerd besluit als bij de gemiddelde hoogwaters in tabel 14: de laagwaters van grens à Sint-Amands zouden blijkbaar opnieuw stijgen, en vrij beduidend, te Dendermonde gelijk blijven, en opwaarts à Melle vrij beduidend dalen. Deze conclusie is niet geldig.

Bvb. te Wetteren was in de periode 1991/2000 een laagste jaarwaarde van laagwater op T.A.W. (+ 2.03 m) en een hoogste op (+ 2.56 m), en waren er ook grote schommelingen van jaarwaarden rond het tienjaargemiddelde. Buiten invloed van het tij vanuit de Noordzee, en van kneding door het tijverloop in Westerschelde en Zeeschelde, bestaat te Wetteren en uiteraard nog meer te Melle, vrij grote invloed van bovendebieten en was-regimes. Van belang daarbij is de gedachte dat stormvloed en aanleiding geven tot een verhoging van waterstanden gedurende enkele dagen, maar dat was-regimes meer dan een week kunnen duren, en dat hun nasleep op het tijregime in het opwaartse deel van het tijbekken nog na-ijlt. Op een jaargemiddelde waarde van hoog- of laagwater heeft dat dus in die opwaartse gebieden impact. Gezien 2008 niet is gekenmerkt met uitzonderlijke was-regimes, is het jaargemiddelde laagwater (en enigszins hoogwater) er niet zo door beïnvloed (zegge: verhoogd) geworden.

Gans analoge redeneringen gaan op bij bekijken van de hoog- en laagwatergemiddelden in tabellen 16 en 17 over het tij te Boom, Walem, Duffelsluis en Lier-Molbrug.

	Gemiddeld Hoogwater (GHW)				HHW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2008	
Boom	5.28	5.43	5.48	5.52	7.60
Walem	5.34	5.46	5.52	5.54	7.69
Duffelsluis	5.31	5.50	5.53	5.58	7.45
Lier-Molbrug	5.19	5.33	5.36	5.42	7.10

Tabel 16 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld hoogwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde hoogwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het hoogste hoogwater ooit (dus ook van stormvloed februari 1953) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

	Gemiddeld Laagwater (GLW)				LLW ooit
locaties	1971/1980	1981/1990	1991/2000	2008	
Boom	0.20	0.20	0.18	0.19	-0.96
Walem	0.52	0.56	0.45	0.41	-0.48
Duffelsluis	1.47	1.41	1.35	1.29	0.57
Lier-Molbrug	2.49	2.67	2.66	2.64	1.75

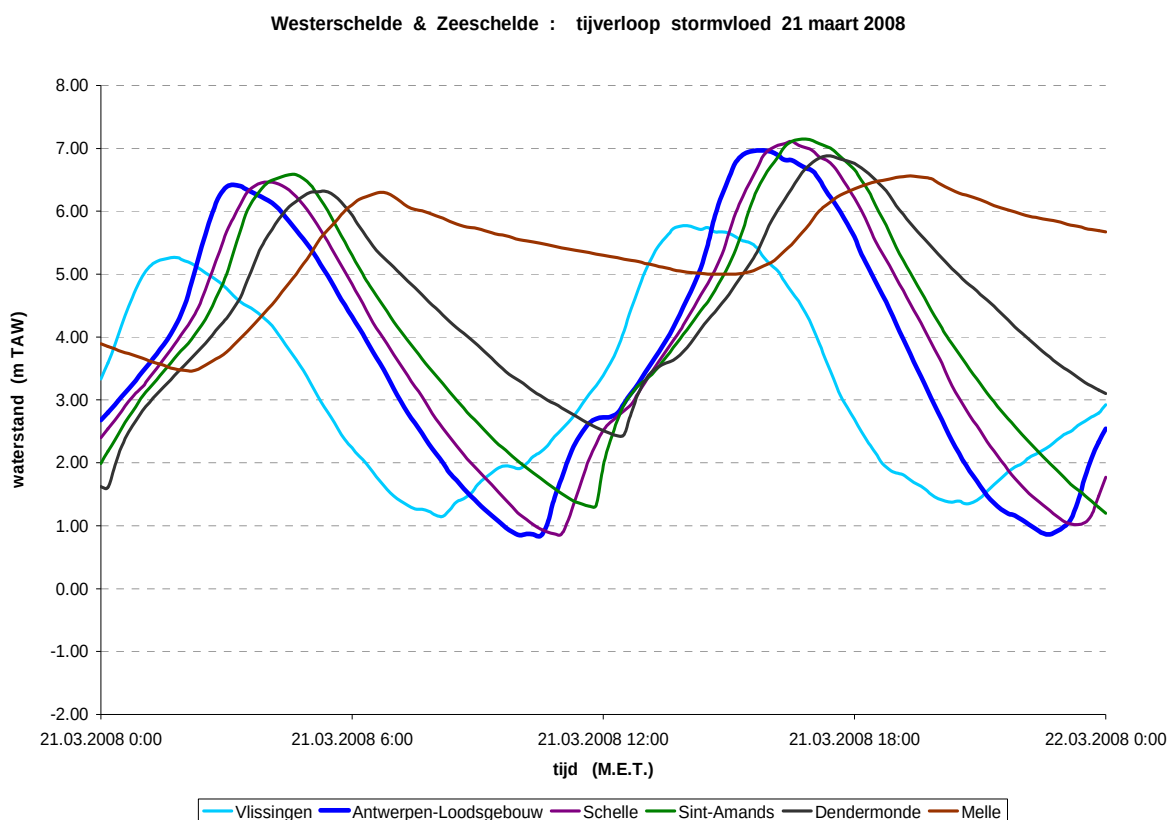
Tabel 17 - Rupel en Beneden-Nete: gemiddeld laagwater 2008 in vergelijking met de tienjarige gemiddelde laagwaters 1971/1980, 1981/1990 en 1991/2000, alsook de stand van het laagste laagwater ooit (dus ook van vroegere decennia) (alle waterstanden zijn in meter T.A.W.)

Algemeen besluit: om evoluties in hoog- en laagwaterstanden te omschrijven dienen in eerste plaats jaargemiddelde waarden grafisch voorgesteld en trendmatig behandeld te worden. Dat maakt onderwerp uit van latere rapporten.

1.5.3 opgetreden stormvloed 2008

In 2008 trad in het Zeescheldebekken slechts één enkele stormvloed op, nl. op 21 maart met hoogwaterpeil te Antwerpen-Loodsgebouw op T.A.W. (+ 6.97 m). Figuur 31 toont het verloop van het tij op enkele hoofd-locaties langs de Westerschelde en Zeeschelde.

Zoals al hoger aangegeven, steeg het waterpeil bij aanvang van vloed zeer sterk. Bovendien was er een extra opzet t.o.v. het per tien minuten gegenereerde verwachte verloop van dit stormtij, reeds vanuit zee (zie de grafieklijn van het tijverloop te Vlissingen). Zoals dan meestal het geval is, komt er een moment van afzwakking zelfs gelijk blijven van de waterstand, uitzonderlijk zelfs een kleine daling van de waterstand, al naargelang meteorologische omstandigheden, zijnde plotse lokale doch zeer flinke drukvelden en heviger wind. Deze zeer sterke aanvangstijging bij vloed zette zich nog geprononceerder door tot in Antwerpen en tot Dendermonde, doch niet meer te Melle, waar eerstens de beddinghoogte veel hoger ligt dus dergelijke secundaire tijgolven minder invloed kunnen doen gelden, en de vloed uren later aanvangt en doorzet wanneer het fenomeen van extra drukveld al lang voorbij is. Bijkomende factor is het verloop van het tij rond en om hoogwater op afwaartse plaatsen, nl. als beïnvloeding van de verhanglijn naar Melle toe.



Figuur 31 - Zeeschelde: verloop tij met o.a. stormvloed 21 maart 2008 op enkele hoofdlocaties

Zoals uit de tijverlopen kan afgeleid worden (hoogte van de hoogwaters) zijn de GOG's langs de Zeeschelde licht in werking getreden, overigens ook elders in het Zeescheldebekken.

1.5.4 opgetreden wasregimes 2008

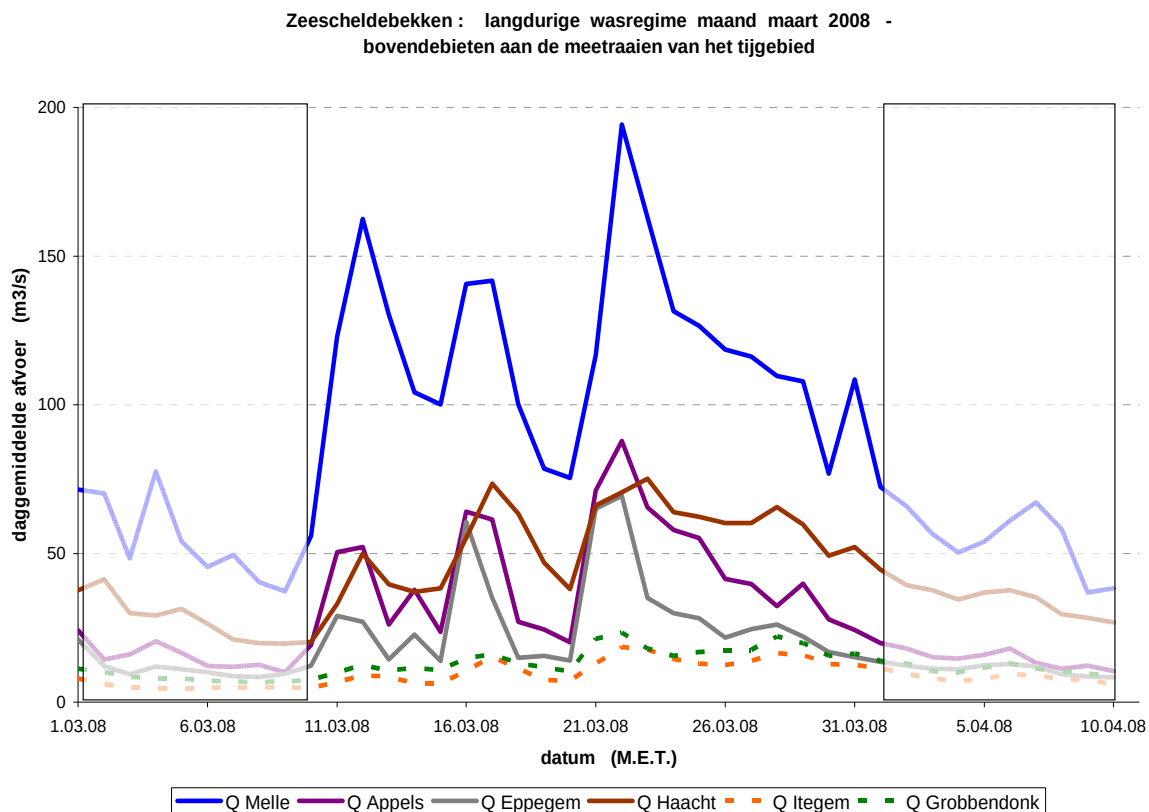
In 2008 traden twee was-regimes op de voorgrond, nl. van 11 tot 31 maart, en van 11 november à 14 december. In de eerste periode heersten de was-regimes aan alle randen van het tijgebied, in de tweede periode bleef alles beperkt tot een was-regime van Bovenschelde en Leie naar Zeeschelde, dus enkel zeer grote bovendebieten te Melle. In beide gevallen ging het om behoorlijk belangrijke was-regimes doch niet in de buurt van de zeer uitzonderlijke, met bvb. gevaar op dijk-schade of overstroming. Elke wasperiode is een geheel met drie aparte deelperiodes, elk deel met een groter bovendebiet dan de twee tussenin gelegen tijds-periodes, al zijn die kleinere bovendebieten tussenin in maart 2008 relatief minder klein dan in november/ december 2008.

1.5.4-a wasregime maand maart 2008

Uiteraard tengevolge van langdurige en hevige neerslag, trad in maart 2008 een was-regime op aan alle randen van het tijgebied. Met neerslagwaarden (hier opgesomd op de locatie Ukkel) van bijna de helft van de periode tussen 5 en 10 mm (of l/m²) per dag, plus drie dagen tussen 10 en 20 mm, met tenslotte twee dagen van meer dan 20 mm neerslag per dag, kwamen grote bovendebieten voor; tabel 18 geeft een overzicht.

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid
Zeeschelde te Melle	76	120	194	gedurende 18 dagen meer dan 100 m ³ /s
Dender te Appels	20	44	88	gedurende 14 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	14	29	70	gedurende 10 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	33	55	75	gedurende 16 dagen meer dan 40 m ⁴ /s
Grote Nete te Itegem	6	12	19	gedurende 5 dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	10	16	23	gedurende 11 dagen meer dan 15 m ³ /s

Tabel 18 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 tot 31 maart 2008 (alle debieten zijn in m³/s)

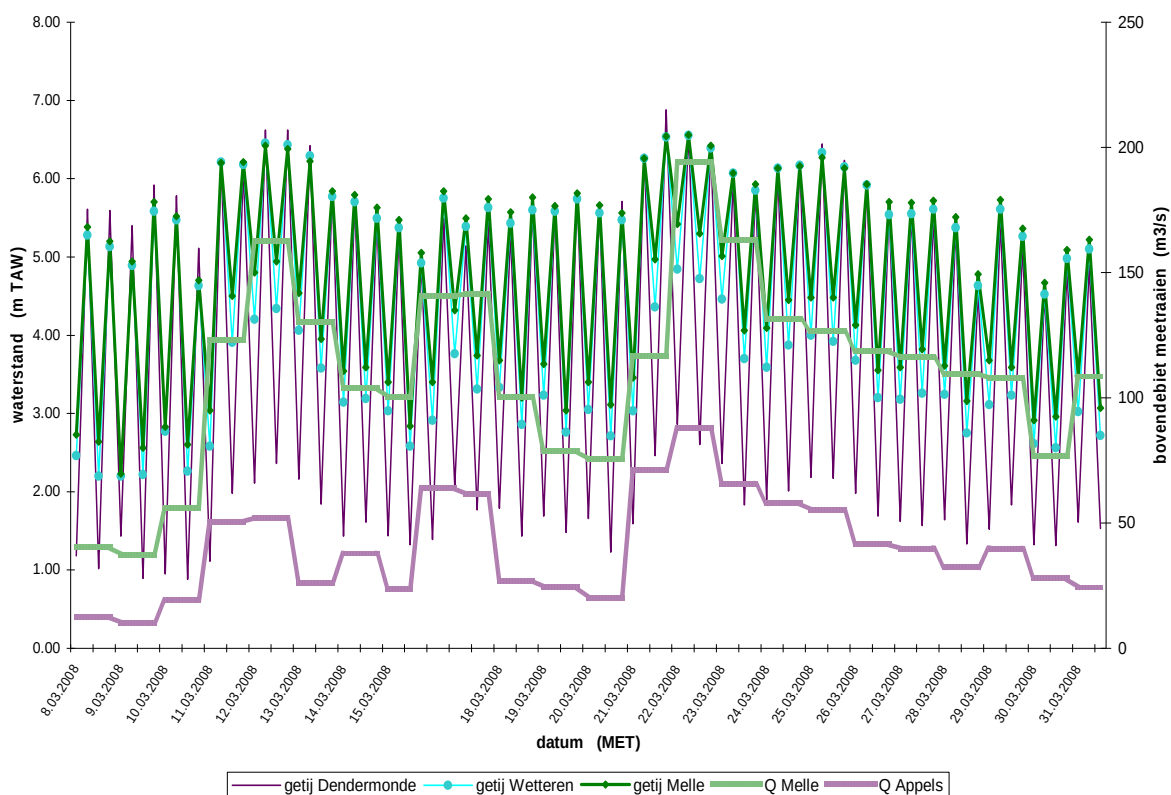


Figuur 32 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

Figuur 32 geeft een algemeen overzicht van het verloop der daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied. Aan linker- en aan rechterzijde zijn de periodes vlak voor en vlak na het was-regime in rechthoek aangeduid. Duidelijk is dat aan alle meetraaien grote bovendebieten optraden, iets minder uitgesproken aan Itegem en Grobbendonk, dus iets minder bovendebiet vanuit het Netebekken. Vanzelfsprekend moeten al die bovendebieten per locatie geprojecteerd worden aan wat als groot bovendebiet in het betrokken opwaarts hydrografisch bekken kan voortkomen. Het is duidelijk dat aldus te Melle, Appels, Eppegem en Haacht veel grotere bovendebieten passeren dan in de Nete's. Ook valt op dat de na-ijling na was-periode voor de Dijle te Haacht relatief het grootst is en het langst duurt.

Dergelijke grote bovendebieten hebben een grote invloed op het tij in de opwaartse regio's van het tijbekken. De volgende figuren tonen het verloop van het tij in die periode samen met het verloop van de bovendebieten. Figuur 33 toont dit voor de Zeeschelde op de tijmeetlocaties Dendermonde, Wetteren en Melle, en voor de meetraaien te Melle en Appels. De invloed van grotere bovendebieten van de orde van grootte van was-regimes is duidelijk: meteen verhogen de laagwaterstanden, gevolgd door een verhoging van de hoogwaterstanden doch in mindere mate dan de verhoging der laagwaters, zodat de tijverschillen verkleinen. Deze fenomenen zijn zeer typisch. De verhoging van laagwater gaat deze maal tot 1,50 m te Dendermonde, 2 m te Wetteren, en tot 2,50 m te Melle. Grotere verhogingen zijn mogelijk bij nog grotere en nog langduriger was-regimes.

Zeescheldebekken : verloop van getij en bovendeibieten wasregime maart 2008



Figuur 33 - Zeeschelde en Dender: verloop van tij en bovendeibiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008 (het tij is in meter T.A.W., de bovendeibieten zijn in m³/s)

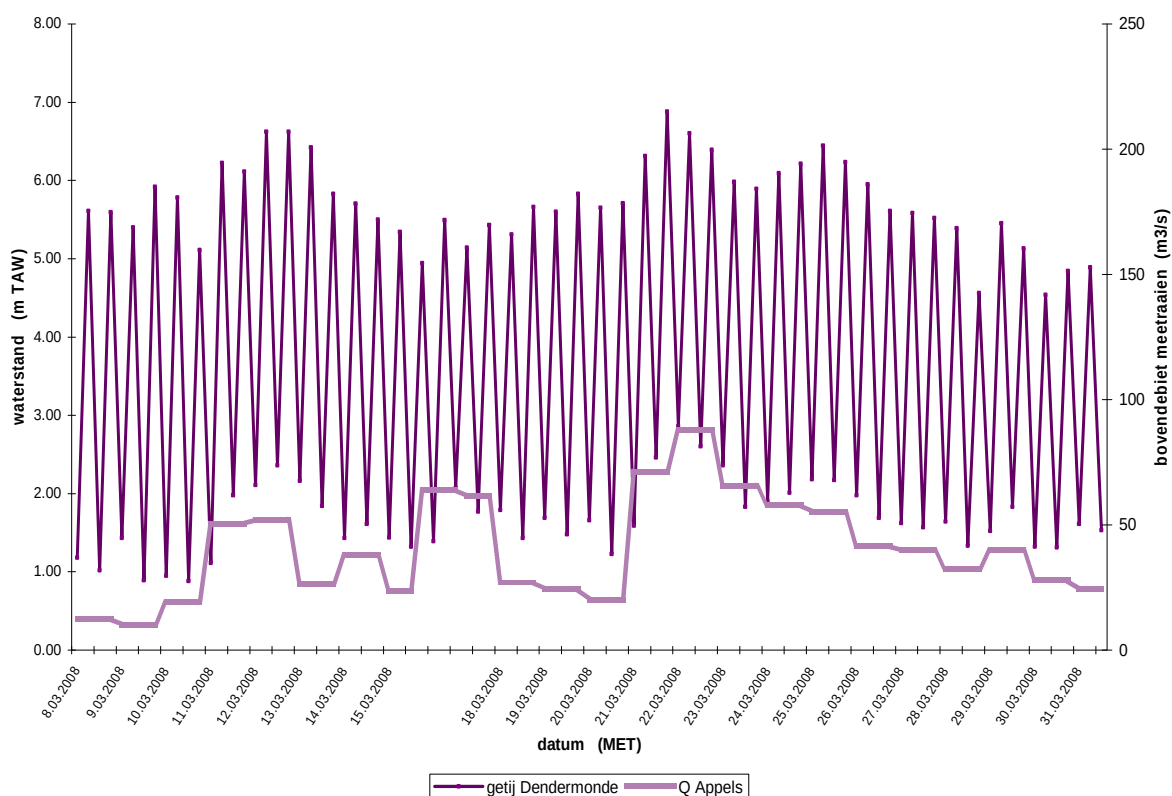
De verhogingen van de hoogwaterstanden blijft kleiner, vooral na 21 maart. De tijverschillen worden dan ook beduidend kleiner, tot iets meer dan 3 m te Dendermonde, ongeveer 1,75 m te Wetteren, en iets meer dan 1,70 m te Melle. Bij grotere en langduriger grote bovendeibieten kan het tijverschil nog kleiner zijn, zelfs minder dan een meter te Melle.

Figuur 34 toont een detail uit de voorgaande figuur, nl. de situatie in het Dendermondse, om het bovendeibiet in de Dender te Appels te relateren aan het tij in de Zeeschelde te Dendermonde. Er is een behoorlijk verband, doch uiteraard is er ook de invloed van het tijregime opwaarts Dendermonde met de impact van de grote bovendeibieten te Melle.

Hetzelfde blijkt uit figuur 35 met het tijverloop te Wetteren en Melle, en het verloop van de bovendeibieten te Melle. Het vergroten van al behoorlijk grote daggemiddelde bovendeibieten in de Zeeschelde te Melle van 75 à 100 m³/s, naar waarden tussen 150 à bijna 200 m³/s geeft een bijna gelijktijdige verhoging van laag- en hoogwaterstanden tot gevolg. Het danig verkleinen van de tijverschillen gaat zeer snel en is zeer markant.

De allerhoogste waterstand te Dendermonde in de betrokken was-periode is bovendien zo hoog omwille van het tegelijk optreden van een stormtij in het Zeescheldebekken, met hoogwaterpeil te Antwerpen-Loodsgebouw T.A.W. (+6.97 m).

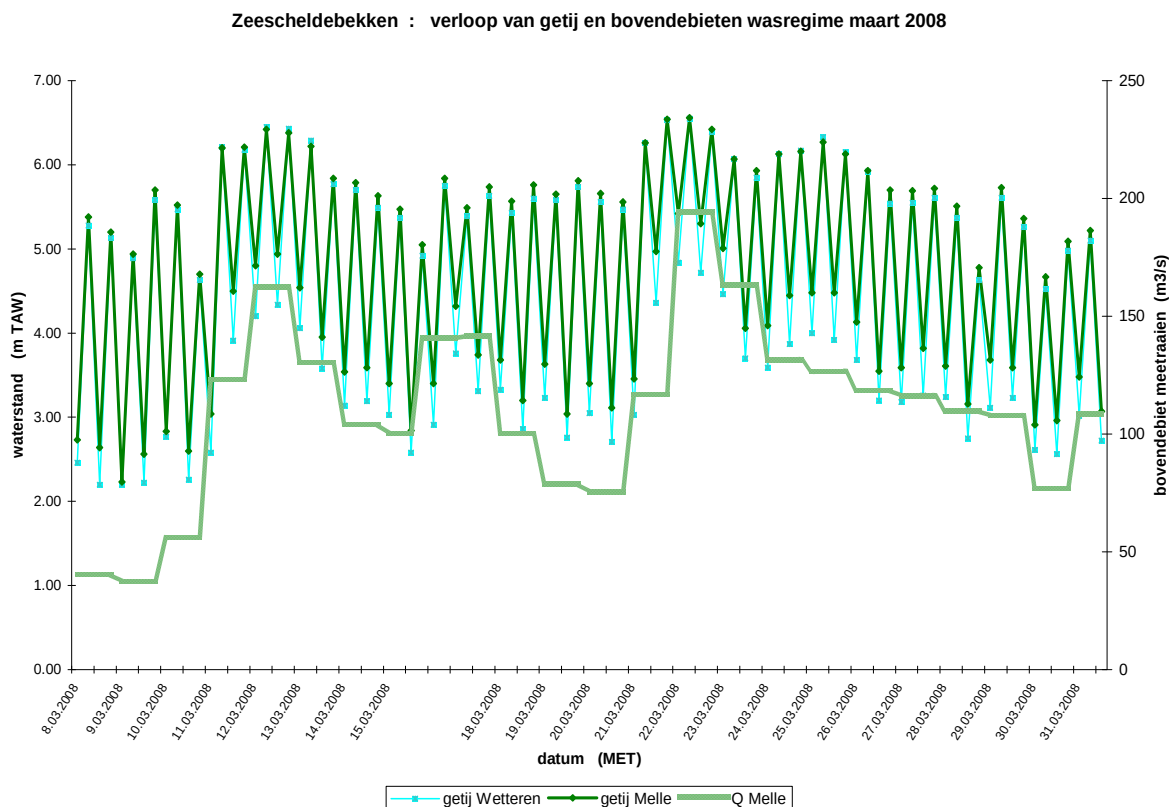
Zeescheldebekken : verloop van getij en bovendeieten wasregime maart 2008



*Figuur 34 - Zeeschelde te Dendermonde en Dender te Appels:
verloop van tij en bovendebiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008
(het tij is in meter T.A.W., het bovendebiet in m³/s)*

Bij dergelijk grote daggemiddelde bovendeieten te Melle komt het stilaan zo ver dat aldaar een schijngetij ontstaat, d.w.z. dat er weliswaar een -beperkt- horizontaal tij blijft bestaan (er blijft een hoog- en een laag-water doch met zeer klein tijverschil, nog geen meter hoog) doch dat er steeds ebstroming bestaat en geen vloed meer. M.a.w. er is geen verticaal tij meer.

De watersnelheid door de alsdan zeer grote dwarsraai (evengoed het ogenblikkelijk debiet) wordt wel kleiner dan afwaarts, te Wetteren, echt hoogwater heerst dus is er een klein verhang tussen de waterstanden te Melle en te Wetteren. Bij laagwater te Wetteren wordt het verhang binnen de tijd- duur het grootst en is de waterstroming (en het debiet) te Melle maximaal. Maar in de ganse periode van nog grotere afvoer komt geen vloed meer voor.



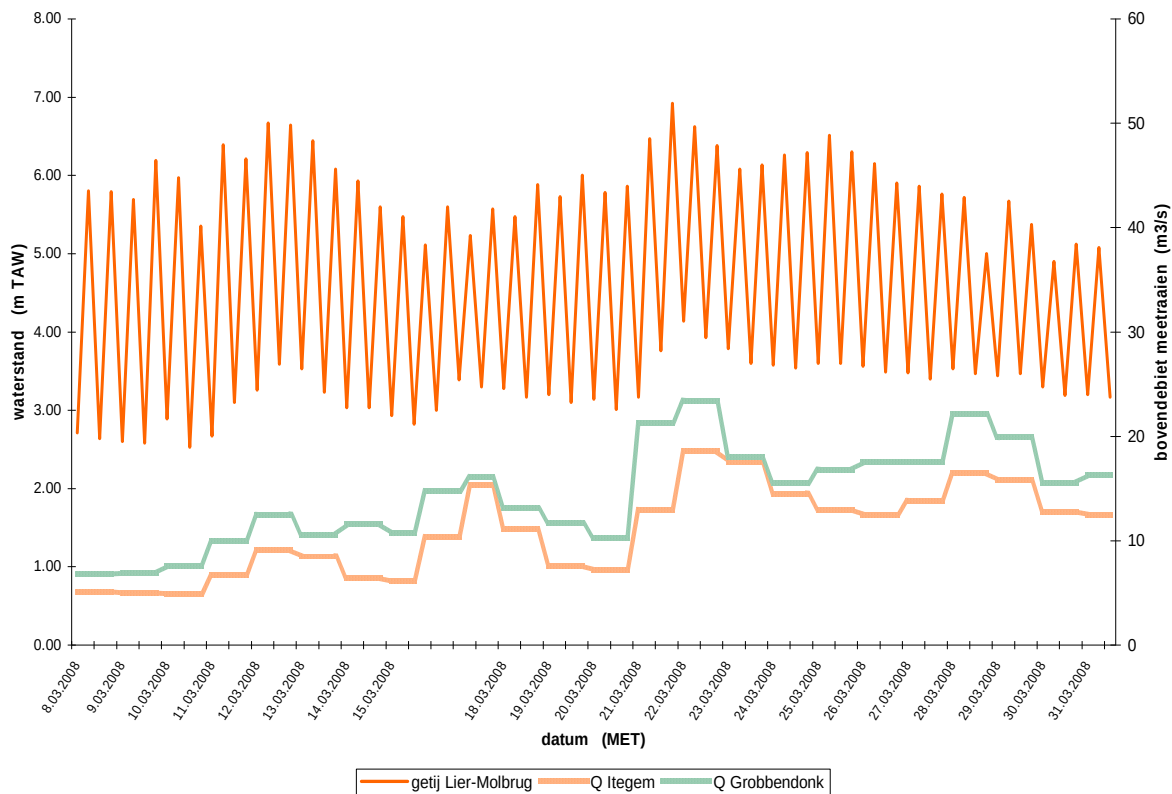
Figuur 35 - Zeeschelde te Wettersen en Melle: verloop van tij en bovendebiet gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008 (het tij is in meter T.A.W., het bovendebiet in m³/s)

Uiteindelijk geeft figuur 36 een analoog beeld voor het Netebekken: enerzijds wordt het tijverloop te Lier-Molbrug getoond (tijmeetpost afwaarts stadscentrum Lier, in de overgang van Kleine Nete naar Beneden-Nete), anderzijds het daggemiddeld bovendebiet van de Kleine Nete te Itegem en van de Grote Nete te Grobbendonk (m.n. aan het Oude Sas, ook "Derde Sas", dus afwaarts van de duiker onder het Albertkanaal).

In tegenstelling tot de naamgeving, is de afvoer van de Kleine Nete bijna steeds groter tot beduidend groter dan van de Grote Nete, niet enkel aan de meetraaien aan de opwaartse rand van het tijgebied, doch ook voor wat het ganse hydrografisch bekken van Kleine resp. Grote Nete aangaat. Verder in dit rapport worden de dagafvoeren van het Zeescheldebekken over het ganse jaar 2008 behandeld.

Ook hier blijkt de gevoeligheid van de tij-waterstanden aan het opkomen van grote boven-debieten. Hoog- en laagwater verhogen, doch in tegenstelling met bvb. de Zeeschelde te Melle of Wettersen, in dezelfde orde van grootte, zodat het tijverschil wel verkleint doch niet in grote mate.

Zeescheldebekken : verloop van getij en bovendebieten wasregime maart 2008



Figuur 36 - Netebekken: verloop van tij te Lier-Molbrug en van bovendebiet te Itegem en te Grobbendonk, gedurende de was-periode van 11 à 31 maart 2008 (het tij is in meter T.A.W., het bovendebiet in m³/s)

Ook hier geldt de stormvloed van 21 maart 2008 als bijkomende verhoging van het hoogwaterpeil, zijnde het allerhoogste hoogwater te Lier-Molbrug in de betrokken was-periode.

Bovendien moet bij alle figuren bedacht worden dat in deze tijverlopen niet enkel de invloed van de bovendebieten speelt, al weze het bij was-regimes wel in de grootste mate, doch ook steeds het tij vanuit zee meespeelt. In zeker de Beneden-Zeeschelde, de Rupel, te Duffelsluis, te Mechelen en te Tielrode blijft het tij steeds belangrijker.

Het was-regime van 11 à 31 maart 2008 blijkt dus een behoorlijk wasregime te zijn, zonder evenwel tot de zeer grote klasse te moeten worden gerekend.

1.5.4-b wasregime van half november à half december 2008

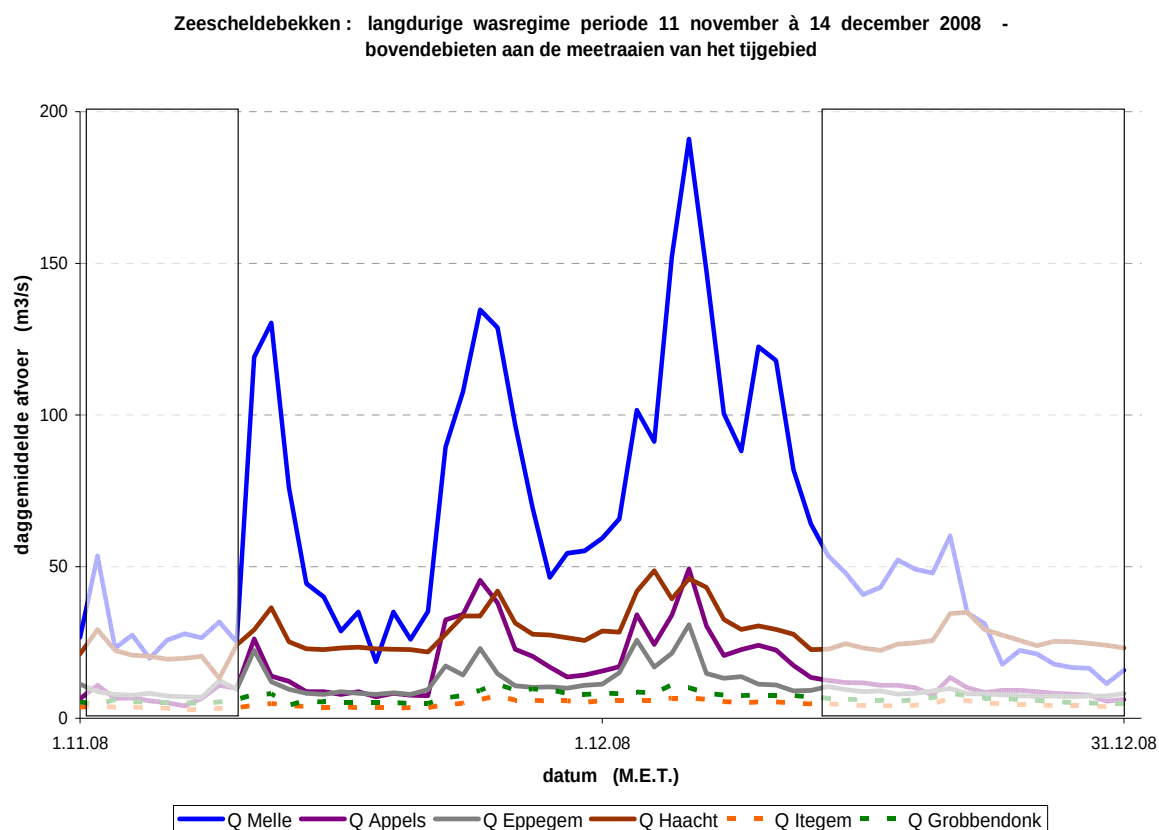
Ook uiteraard tengevolge van langdurige en hevige neerslag, trad vanaf 11 november tot 14 december 2008 een was-regime op, doch enkel in de Zeeschelde te Melle. Aan de andere randen van het tijgebied vergrootte het daggemiddelde bovendebiet, doch niet in die mate dat ook daar van was-regime kan gesproken worden. Met neerslagwaarden (hier opgesomd op de locatie Ukkel) tijdens praktisch de helft van de periode kleiner dan 5 mm (of l/m²) per dag, kwamen slechts een achttal dagen (op 34 dagen) voor met een neerslagtotaal van meer dan 5 mm, en waarvan slechts drie met een neerslag van meer dan 10 mm. Deze neerslag-hoeveelheden te Ukkel geven slechts een gemiddeld beeld voor de afvoer van het Zeescheldebekken, want de langduriger en grotere neerslag in Noord-Frankrijk en de regio's van Oost- en West-Vlaanderen tegenaan de Franse grens, resulteerden in een wel grote afvoer zelfs was-regime van Bovenschelde en Leie naar Zeeschelde.

Tabel 19 geeft een overzicht.

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid
Zeeschelde te Melle	19	83	191	gedurende 12 dagen meer dan 100 m ³ /s
Dender te Appels	7	20	49	gedurende 8 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	8	13	31	gedurende 2 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	22	30	46	gedurende 5 dagen meer dan 40 m ⁴ /s
Grote Nete te Itegem	3	5	8	gedurende geen dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	5	7	11	gedurende geen dagen meer dan 15 m ³ /s

Tabel 19 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november tot 14 december 2008 (alle debieten zijn in m³/s)

Deze tabel kan vergeleken worden met tabel 18. Dan spreekt het verschil voor zich. Enkel in de Zeeschelde (van Wetteren naar opwaarts) was sprake van een was-regime, in de andere tijrivieren niet. Om de vergelijking te vergemakkelijken, zijn in de laatste kolom dezelfde grenswaarden aangehouden om het aantal dagen van grotere daggemiddelde bovendebieten aan te geven.



Figuur 37 - Zeescheldebekken: algemeen verloop van de bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november à 14 december 2008 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

De figuur 37 schetst het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied. Aan linker- en aan rechterzijde zijn ook in deze grafiek de periodes vlak voor en vlak na het was-regime in rechthoek aangeduid.

De figuur bevestigt enkel het feit van een was-regime in enkel de Zeeschelde, doch niet in de andere tijrivieren.

Het verloop van het tij in die andere tijrivieren werd slechts matig door de bovenafvoer beïnvloed behalve een toch behoorlijke algemene waterstandsverhoging in de Dijle. In het Netebekken was helemaal geen sprake van grote bovendebieten.

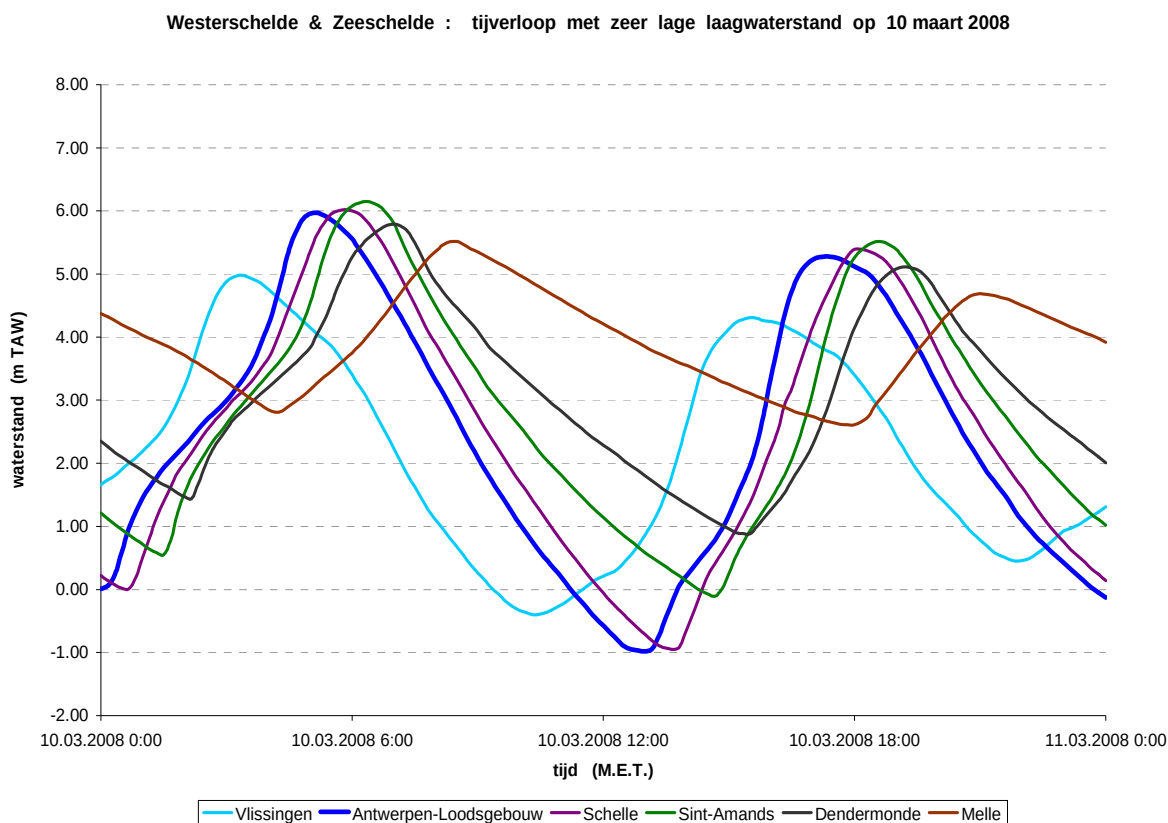
1.5.5 opgetreden speciale tijen 2008

Onder punt 1.4.4 werden voor de basis-meetpost Antwerpen-Loodsgebouw al uitvoerig de beide zéér lage laagwaterstanden in 2008 aangegeven. Uiteraard zetten deze zeer lage laagwaterstanden zich tot ver opwaarts voort, want het bovendebiet was in beide periodes klein dus oefende geen tij-verhogende invloed uit.

In bijna het ganse Zeescheldebekken was de karakteristiek van twee zéér lage laagwaterstanden een opvallend feit. In bijna gans het bekken bleef het erbij dat de allerlaagste van beide slechts ééns om 25 jaar optreden.

Figuur 38 geeft het tijverloop in Westerschelde en Zeescheldebekken voor enkele hoofd-posten weer. Overall is het voorafgaand ebverloop op zich een normaal verloop, met een langere dalingsduur dan normaal, en vooral de daling (tijverschil, doch nu van HW naar LW) is bijzonder groot. Op zich is dat uitzonderlijk.

Voor verdere gegevens kan verwezen worden naar punt 1.4.4 van dit rapport.

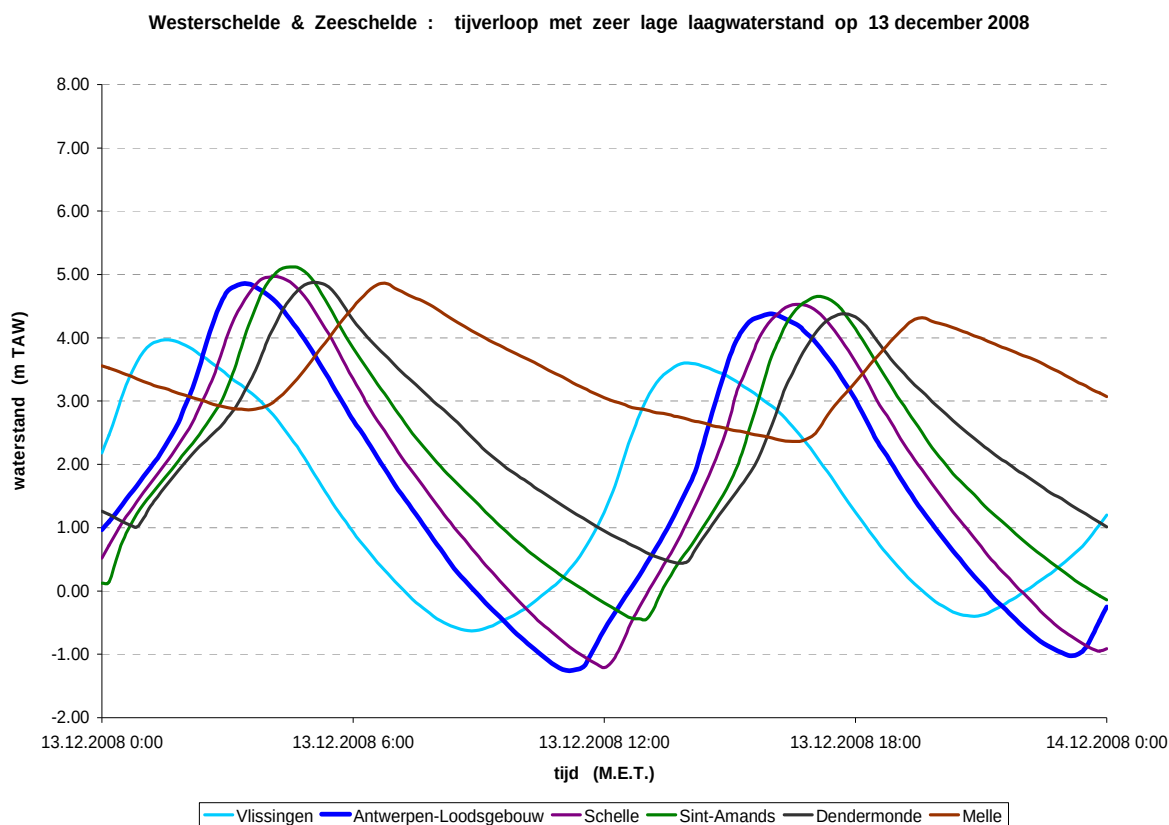


Figuur 38 - Zeescheldebekken: verloop van het tij o.a. de zeer lage laagwaterstand op 10 maart 2008

Het tijverloop op zaterdag 13 december 2008 gaf een uitzonderlijk zéér lage laagwaterstand, te Antwerpen-Loodsgebouw op peil T.A.W. (- 1.26 m), zoals al gemeld met een kans op optreden van ééns om 25 jaar.

Het windveld was die dag en daags voordien klassieker van aard om een zéér lage laagwaterstand te verwachten. Zie figuur 27 (in 1.4.4): met een wind over de Westerschelde gestaag gaande over zuid naar oost, en even gestaag aantrekkende windsnelheden van urenlang 12 à 14 m/s en windstoten tot 16 m/s, waren de omstandigheden als gedroomd om dergelijke afwaaiing te bewerkstelligen.

Deze afwaaiing manifesteerde zich uiteraard bijna recordmatig in het ganse Zeescheldebekken bij afwezigheid van beduidende bovendebieten. Voor het tijverloop in de Westerschelde en de Zeescheldebekken geeft figuur 39 deze van enkele hoofd-metposten weer.



Figuur 39 - Zeescheldebekken: verloop van het tij o.a. de zeer lage laagwaterstand op 13 december 2008

Voor verdere gegevens kan verwezen worden naar punt 1.4.4 van dit rapport.

2 Jaaroverzicht 2008 bovendebieten Zeescheldebekken

2.1 overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied

Sedert 1947 (met publicaties vanaf 1949) worden door (wat nu noemt) Hydrometrie-Schelde waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts het tijgebied gelegen hydrografische bekken te bepalen.

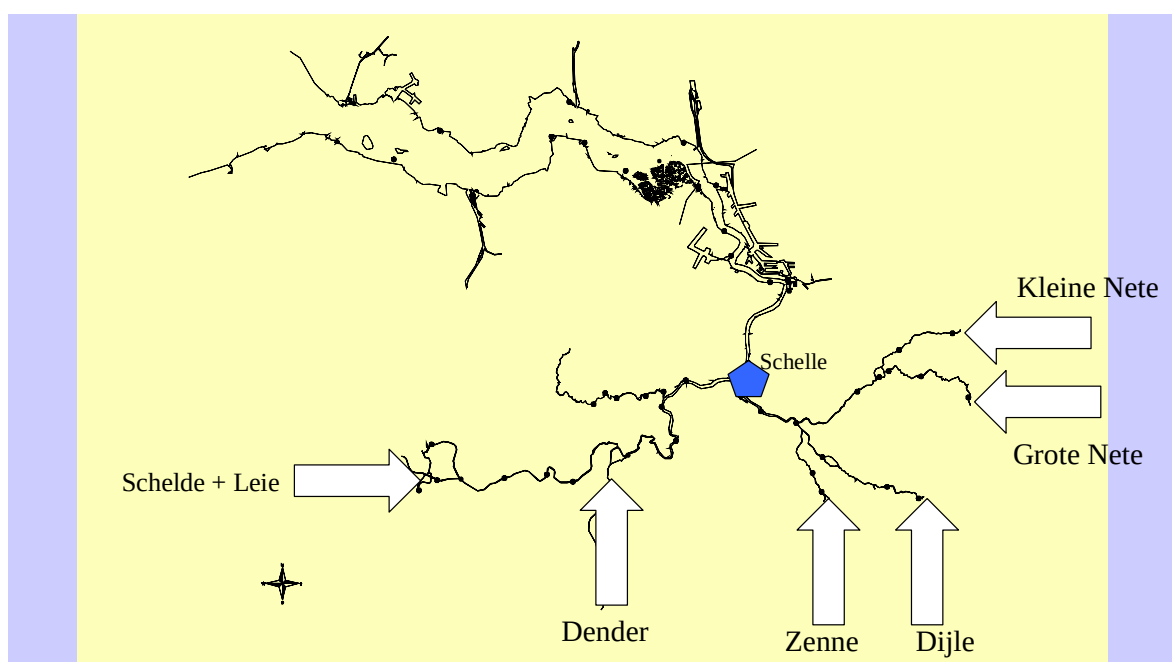
Bovendien wordt dan volgens tot nu toe eenzelfde methode, de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoer naar afwaarts doorgerekend, eerstens naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in andere, tweedes alle bovenafvoeren tezamen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van de Zeeschelde opwaarts de Rupelmonding plus de bovenafvoer van het aldaar uitmondende, gehele Rupelbekken.

Aan de randen van het tijgebied wordt het getij tegengehouden door sluizen en stuwen zoals op de Boven-Zeeschelde te Gentbrugge, en vanaf 1969 op de Tijarm-Ringvaart om Gent te Merelbeke en te Zwijnaarde, en op de Dender te Dendermonde en vanaf 1978 (via de "nieuwe" Dender doorheen de Sint-Onolfspolder) te Appels. In tegenstelling met zulk tegenhouden aan sluizen en stuwen, alwaar telkens nog behoorlijk wat getij is, deint het getij uit op de andere rivieren van het Zeescheldebekken: in de Kleine Nete te Grobbendonk (meerbepaald het "Derde Sas", afwaarts het Albertkanaal), de Grote Nete te Itegem, de Boven-Dijle te Haacht, en de Zenne te Eppegem. Het getij ontmoet daar in die mate de aanvoer van bovenwater uit het opwaarts gelegen hydrografische bekken, of de rivierbedding verhoogt stelselmatig dat "hoog"-waterstanden aldaar niet meer vanuit het getij kunnen bereikt worden, dat het semi-maritieme karakter overgaat in een zuiver fluviatiel karakter. Naar tijterminologie wordt ook van een "schijntij" gesproken, met name: er kan nog wel een tijverschil aanwezig zijn want op tij-regelmatige tijdstippen komen "hoogwaters" en "laagwaters" afwisselend voor, net zoals op de afwaarts ervan gelegen plaats waar nog wel echt getij heerst, maar in de regel is er altijd eb doch nooit vloed, dus stroomt het water steeds naar afwaarts.

De waarnemingen en metingen van de aanvoer van bovendebiet uit de opwaarts gelegen hydrografische gebieden, gebeurt de jongste jaren als volgt:

- Boven-Zeeschelde te Melle: geldt voor alle afvoer vanuit Bovenschelde, Leie en Ringvaart om Gent, meet via een akoestische debietmeter om elke tien minuten het ogenblikkelijk debiet, bepaalt het verschil van alle eb- minus vloed-volumes per etmaal, en resulteert in de daggemiddelde afvoer van de Schelde "te Gent" (benaming is dus ruim op te vatten);
- Dender te Dendermonde (Appels): geldt voor alle afvoer van de Dender naar de Zeeschelde, meet via een akoestische debietmeter om elke tien minuten het ogenblikkelijk debiet, bepaalt het verschil van alle afvoer naar afwaarts minus uitzonderlijke terugvoer bij zeer hoge waterstand in de Zeeschelde, en resulteert in daggemiddelde afvoer van de Dender;
- Zenne te Eppegem: geldt voor alle afvoer van de Zenne naar Eppegem, inclusief overvloed van het Zeekanaal Brussel-Schelde, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;

- Boven-Dijle te Haacht: geldt voor alle afvoer van het opwaarts Haacht gelegen Dijle-gebied, inclusief het Demerbekken; met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;
- Grote-Nete te Itegem, geldt voor alle afvoer van het opwaarts Itegem gelegen gebied van de Grote Nete, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie;
- en Kleine-Nete te Grobbendonk, meerbepaald aan het "Derde Sas" (afwaarts van het Albertkanaal), geldt voor alle afvoer van het opwaarts het Albertkanaal gelegen gebied van de Kleine Nete, met debietsbepaling uit de Q/h-relatie.



Figuur 40 - ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebed, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgd Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend

Behoudens de meetplaatsen uitgerust met een akoestische debietmeter, worden debieten meestal bepaald uit de -locatie per locatie geldende- correlatie tussen de waterstand en het debiet. Dergelijke Q/h-relatie wordt ook door de seizoenen beïnvloed, en dit in afgelopen decennia steeds meer, wegens de aanwezigheid van plantengroei in de rivierbedding. Dat maakt dat bij eenzelfde waterstand in zomerse omstandigheden, het debiet beduidend kleiner is dan bij eenzelfde waterstand in winterse tijden, gewoon omdat de plantengroei een grote weerstand op de waterstroming uitoefent. De Q/h-relaties houden daarmee rekening: er zijn zuivere winter- en zuivere zomer-krommen, met overgangsrelaties tussen beide.

Maar op de meetlocaties aan de rand van het getijgebed, heerst zoals hoger aangegeven, een "schijntij" d.w.z. heerst er weliswaar steeds "eb" dus naar afwaarts gezinde stroming, doch kan het waterpeil zuiver met het afwaarts nog ten volle geldende getij schommelen, met een schijnbaar hoogwater bij afwaarts echt hoogwater (wegens cumulatie van water aan de rand van het tijgebed) en een schijnbaar laagwater bij afwaarts echt laagwater (wegens sterkere afstroming dus verlaging waterpeil gezien groter verval naar afwaarts).

Dit schijngetij is relatief belangrijk. Het is wisselend al naargelang periodes van kleine tot gemiddelde afvoer tegen periodes van grote afvoer of wasregimes, en het kan variëren al naargelang de plantengroei grote weerstand op stroming en afvoer uitoefent. Gemiddeld begroot dit schijngetij zich op volgende getijverschillen:

- | | | |
|--|--|------------|
| - Dijle te Haacht: | bij doodtij | 10 à 20 cm |
| | bij springtij | 20 à 80 cm |
| | bij stormtij | 70 à 90 cm |
| | doch verdwijnt bij wasregimes | |
| | | |
| - Grote Nete te Itegem | bij doodtij | 0 à 20 cm |
| | bij springtij | 0 à 40 cm |
| | doch 's zomers beperkt tot tiental cm | |
| | en geen schijngetij aanwezig bij wasregimes | |
| | | |
| - Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas) | bij doodtij | 20 à 40 cm |
| | bij springtij | 30 à 60 cm |
| | bij stormtij | tot 110 cm |
| | doch verdwijnt bij wasregimes | |
| | | |
| - Zenne te Eppegem | hier is er alleen een klein schijngetij aanwezig bij stormtij terwijl de bovenafvoer klein of gemiddeld is | |

Aldus zijn er per tijrivier volgende meetlocaties om de bovenafvoer naar het tijgebied te bepalen:

- Zeeschelde te Melle
- Dender te Appels
- Zenne te Eppegem
- Dijle te Haacht
- Grote Nete te Itegem
- en Kleine Nete te Grobbendonk

Noot: er wordt geen bovendebiet gemeten of onrechtstreeks bepaald voor de Durme. Het Durme-bekken -voor zover afwatering geschiedt naar de tij-Durme- wordt wel in rekening gebracht bij de doorrekening van de bovenafvoeren naar de "Schelde te Schelle".



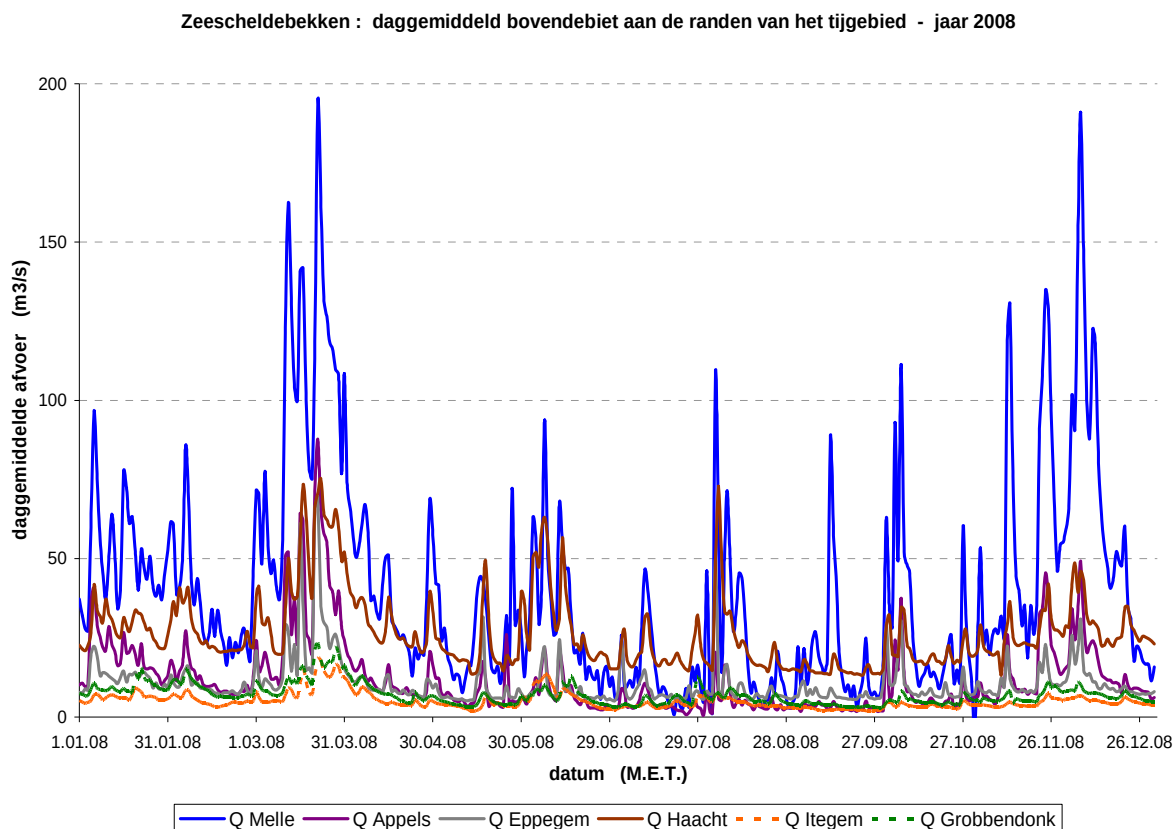
*Figuur 41 - Boven-Zeeschelde te Melle:
foto's van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter*

2.2 overzicht 2008 bovendebieten aan de randen van het tijgebied

2.2.1 globaal overzicht 2008

De volgende figuur toont de chronologische opeenvolging van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds door invloed van de neerslag in het hydrografisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie.

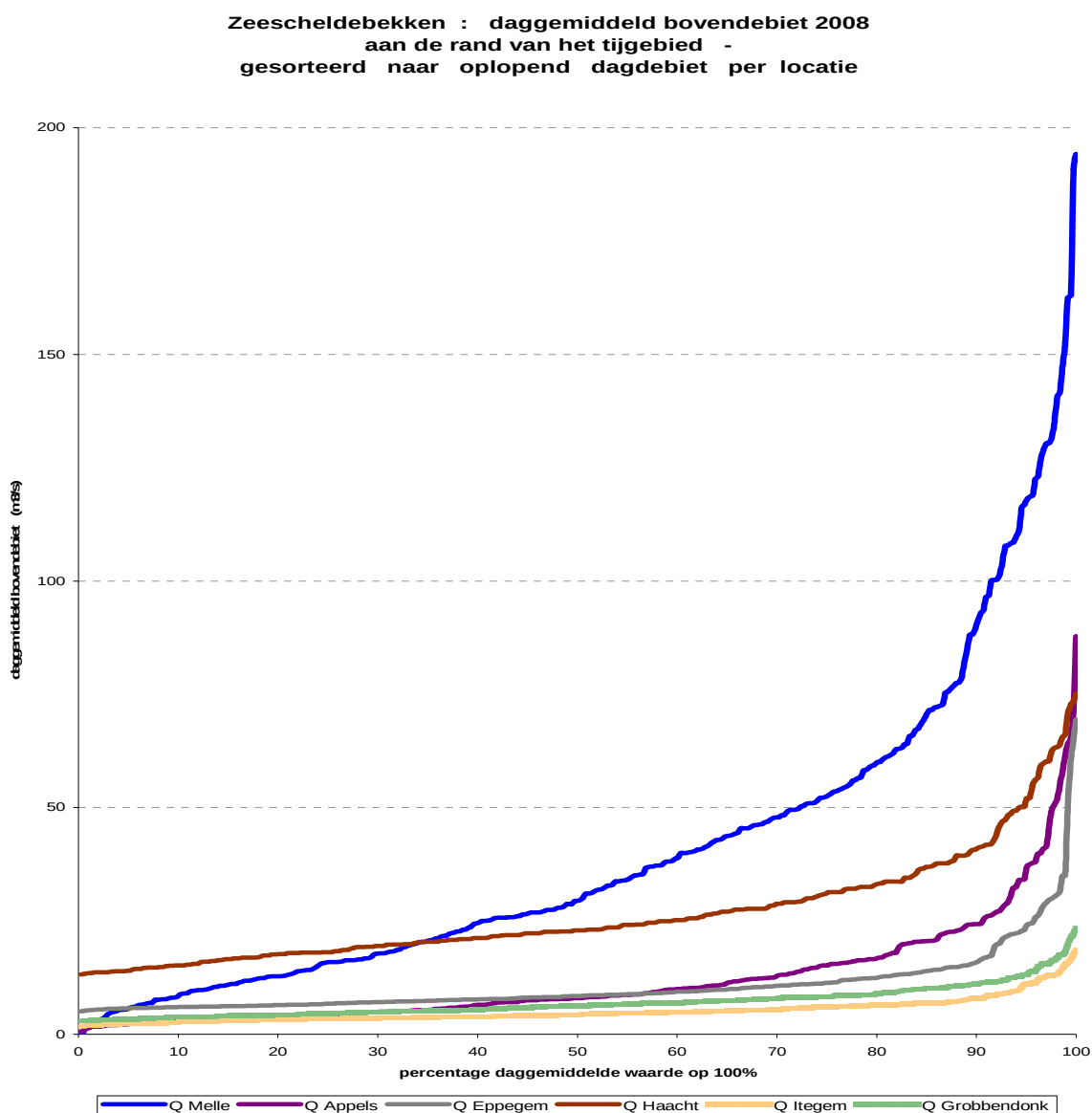
Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie veruit en meestal het meest van alle randlocaties van het tijgebied, bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Pas bij kleine bovendebieten te Melle, brengt de Dijle te Haacht iets meer bovendebiet naar het tijgebied. De Kleine en de Grote Nete brengen resp. te Grobbendonk en Itegem het minst bovendebiet aan, de Grote Nete zelfs en ondanks haar naam, iets minder dan de Kleine Nete. Dit is niet enkel het geval aan de respectievelijke meetlocaties, doch ook voor wat de totale aanvoer van deze beide bekken.



Figuur 42 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2008

Er zijn duidelijk twee grote (geclusterde) periodes van vrij grote bovendebieten te zien: in het voorjaar van 10 maart tot 1 april 2008 (met twee deelperiodes) en in het late najaar van 11 november tot 11 december 2008 (met drie deelperiodes). In de overige maanden, zelfs in de zomerperiode, zijn nog verschillende andere dagen met relatief grote bovendebieten te zien, doch die van kleinere orde zijn t.o.v. voornoemde twee grote periodes van vrij grote bovendebieten, zowel in duurtijd als in grootte van de bovendebieten.

Naar opeenvolging van grootte van de bovendebieten 2008 aan de meetlocaties aan de randen van het tijgebied, toont de volgende figuur de frequentielijnen per meetlocatie.



Figuur 43 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meettraaien, over het ganse jaar 2008

Deze frequentiegrafiek toont bekende lijnen van klassering naar grootte van de bovendebieten. Zo zijn er te Eppegem (Zenne), Itegem (Grote Nete) en Grobbendonk (Kleine Nete) gedurende bijna 90% van de tijd, kleine en gemiddelde bovendebieten; slechts in bijna 10% van de tijd komen grote bovendebieten voor en in enkel het resterende 1% zeer grote bovendebieten. Bij de meetraaien te Appels (Dender) en te Haacht (Dijle) duren de kleine en gemiddelde dagelijkse bovendebieten doorheen het jaar 2008 ongeveer 80% van de tijd, en komen er in verhouding meer dagen van grote tot zeer grote bovendebieten voor. Bij de meetlocatie te Melle (Boven-Zeeschelde) zijn de bovendebieten gedurende ongeveer 70% van de dagen kleiner dan 50 m³/s, gedurende ongeveer 20% begrepen tussen 50 en 100 m³/s, en gedurende de resterende 10% groter dan 100 zelfs 150 m³/s, tot in 2008 een grootste waarde van 194,2 m³/s (op 22 maart 2008).

De frequentiegrafieken tonen ook duidelijk dat de Dijle (te Haacht, doch evenzeer over haar ganse lengte) een behoorlijke basis-afvoer kent. Vanuit het Demerbekken en het Boven-Dijlebekken, met veel heuvelende leemstreken, komt inderdaad een opmerkelijke basisaanvoer. Dit is evenwel als een absoluut en geen relatief gegeven te aanzien. De specifieke basis-afvoer te Haacht is inderdaad kleiner (!) dan aan de meetlocaties Eppegem (want ong. 85% ervan) en Grobbendonk (Derde Sas) (want ong. 75% ervan), doch is wel groter dan deze te Itegem (want ong. 130% groter). Het Dijlebekken opwaarts Haacht is immers anderhalf maal groter dan de som van de bekkens opwaarts Eppegem, Itegem en Grobbendonk, waardoor in absolute termen de basisafvoer te Haacht groot blijkt. Dit wordt hier voor het kalenderjaar 2008 getoond, maar geldt ook voor andere jaren. De grootte van de basisafvoer zelf kan uiteraard licht van jaar tot jaar verschillen.

In volgende tabel zijn, voor het jaar 2008, het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, alsmede het grootste en het kleinste daggemiddelde van 2008.

meetlocatie	jaargemiddeld bovendebiet	grootste daggemiddelde bovendebiet	kleinste daggemiddelde bovendebiet
Boven-Zeeschelde te Melle	40,5	194,2	-4,4
Dender te Appels	11,9	87,8	0,6
Zenne te Eppegem	10,6	69,4	5,1
Dijle te Haacht	26,5	75,2	13,2
Grote Nete te Itegem	5,1	18,6	1,7
Kleine Nete te Grobbendonk (Derde Sas)	7,0	23,4	2,9

Tabel 20 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2008 (alle bovendebieten zijn in m³/s)

Noot: een negatief daggemiddeld bovendebiet te Melle kan sporadisch optreden, wanneer bij zeer klein bovendebiet, door het tijregime op die dag in totaal meer vloedvolume passeert dan ebvolume.

Zoals ook in de frequentiegrafieken met de zgde basis-afvoer het geval is, valt hier op dat het bovendebiet van de gekanaliseerde rivieren (Bovenschede en Leie naar het Gentse, dus hier de meetraai in de Boven-Zeeschede te Melle, alsook de Dender, met hier de meetraai te Appels) gedurende dagen eigenlijk "nul" is, of alleszins zeer klein.

Van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied, brengt deze te Melle doorgaans het grootste debiet naar het Zeescheldebekken. Op jaarbasis was dat in 2008 nl. 35% van de totale aanbreng. Op één uitzonderlijke dag was dat aandeel -11% (dus negatief!) nl. dat het bovendebiet van de Boven-Zeeschede te Melle negatief was (m.n. -4,4 m³/s op 30.10.2008, toen het totale vloedvolume die dag iets groter was dan het totale ebvolume, hetgeen zeer uitzonderlijk is maar kan). Dit zeer uitzonderlijke geval daargelaten, gaat het procentuele aandeel van het bovendebiet te Melle in het totale bovendebiet naar de randen van het Zeescheldebekken, van 2% (op 21.04.2008) tot 74% (op 12.09.2008).

Dat is een zeer grote variabiliteit, geheel te wijten aan de kunstmatige verdeling van aanvoer van water uit Bovenschede en Leie naar het Gentse, o.a. door deviatie van water naar het Afleidingskanaal van de Leie naar Heist, en door spijzing van de kanalen Gent-Brugge-Oostende, Ringvaart om Gent, doorspoeling Gentse binnenwateren, en van het Zeekanaal Gent-Terneuzen. Alsdan komt nog slechts weinig bovenwater via de Ringvaart naar de Zeeschede, en daalt het aandeel van die aanbreng van bovendebiet in de totale aanbreng. Omgekeerd: bij voldoende spijzing van die kanalen en bij grote neerslag wordt -snel en massaal- bovenwater via de Ringvaart en de stuwen te Merelbeke naar het Zeescheldebekken afgevoerd, wat dit bovendebiet tot meer dan de helft van de globale aanbreng van bovendebiet van gans het tijbekken maakt.

De daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied, worden volgens de klassieke behandelingswijze (zgde methode ir. R. Codde, sinds 1949) in eerste instantie omgezet naar tiendaagse gemiddelden, nl. naar de drie decades van elke kalendermaand, zesendertig waarden per kalenderjaar. Vanuit deze decade-waarden worden nadien bovendebieten per decade bepaald aan de monding van deze bijrivieren, en uiteindelijk -zonder tijdsvertraging- doorgerekend naar de "Schelde te Schelle", om zo een idee te vormen van de zgde zoetwater-afvoer van het ganse Scheldebekken naar de afwaartse Beneden-Zeeschede.

De decade-gemiddelden voor de meetlocaties aan de randen van het tijgebied zijn in navolgende tabel 21 samengebracht.

Zeescheldebekken : de bovendebiten aan de randen van het tijgebied - 2008						
<i>Tiendaags en maandgemiddeld bovendebiet aan de meetraaien jaar 2008</i>						
	Schelde Melle	Dender Appels	Zenne Eppegem	Dijle Haacht	Grote Nete Itegem	Kleine Nete Grobbendonk
JANUARI						
Decade 1	49.7	21.6	13.5	28.9	5.6	8.2
Decade 2	56.6	21.5	12.6	29.3	6.6	9.0
Decade 3	44.6	14.8	11.2	26.4	6.4	10.7
Maand	50.1	19.2	12.4	28.1	6.2	9.3
FEBRUARI						
Decade 1	53.2	16.6	11.9	34.0	6.8	11.7
Decade 2	27.3	9.6	802.0	22.0	3.8	7.5
Decade 3	25.3	8.4	805.0	22.2	4.6	6.5
Maand	35.6	11.6	9.6	26.2	5.1	8.7
MAART						
Decade 1	55.1	15.8	11.5	27.7	5.3	8.1
Decade 2	115.7	38.7	24.7	47.5	8.8	12.1
Decade 3	124.5	49.4	32.2	62.3	14.6	18.5
Maand	99.3	35.1	23.1	46.4	9.7	13.1
APRIL						
Decade 1	56.1	14.9	11.2	35.1	8.3	11.2
Decade 2	34.5	9.6	9.1	27.1	4.4	6.7
Decade 3	30.1	9.6	8.2	25.6	4.2	5.8
Maand	40.2	11.4	9.5	29.3	5.6	7.9
MEI						
Decade 1	21.8	7.5	6.5	20.6	3.7	4.6
Decade 2	27.3	7.2	10.4	23.9	3.4	4.8
Decade 3	25.7	6.5	6.8	21.2	4.1	4.5
Maand	25.0	7.1	7.9	21.9	3.7	4.7
JUNI						
Decade 1	45.3	10.3	10.2	44.9	10.1	7.6
Decade 2	36.0	8.8	9.9	31.2	6.9	8.8
Decade 3	12.5	3.1	6.0	18.7	3.2	4.5
Maand	31.2	7.4	8.7	31.6	6.7	6.9
JULI						
Decade 1	13.4	4.9	10.0	19.1	3.2	3.6
Decade 2	18.2	4.8	7.9	20.8	3.5	4.8
Decade 3	7.5	2.3	6.7	20.2	4.8	7.1
Maand	12.9	3.9	8.2	20.0	3.8	5.2
AUGUSTUS						
Decade 1	43.4	8.6	13.7	34.6	5.9	7.0
Decade 2	20.5	3.9	7.2	19.7	4.2	6.0
Decade 3	8.7	3.1	6.8	16.5	3.2	5.0
Maand	23.7	5.1	9.1	23.3	4.4	5.9
SEPTEMBER						
Decade 1	18.1	3.5	7.9	14.9	2.6	4.2
Decade 2	27.5	2.8	6.4	15.1	2.4	3.5
Decade 3	10.5	2.6	6.8	14.3	2.2	3.2
Maand	18.7	3.0	7.0	14.8	2.4	3.7
OKTOBER						
Decade 1	55.0	14.7	14.8	25.0	4.0	5.7
Decade 2	13.0	4.4	7.2	17.7	3.4	4.5
Decade 3	20.2	6.0	8.2	20.3	3.6	5.2
Maand	29.1	8.3	10.0	21.0	3.7	5.1
NOVEMBER						
Decade 1	28.7	7.3	8.7	21.1	3.4	5.4
Decade 2	55.4	10.9	10.1	25.1	3.8	5.7
Decade 3	81.8	24.6	13.0	29.8	5.5	8.4
Maand	55.3	14.2	10.6	25.3	4.3	6.5
DECEMBER						
Decade 1	111.9	27.2	17.4	36.8	5.9	8.5
Decade 2	59.8	12.9	9.2	24.7	4.6	6.6
Decade 3	24.1	8.6	7.8	27.1	4.6	6.0
Maand	64.0	16.0	11.3	29.5	5.0	7.0
JAAR	40.4	11.9	10.6	26.4	5.1	7.0

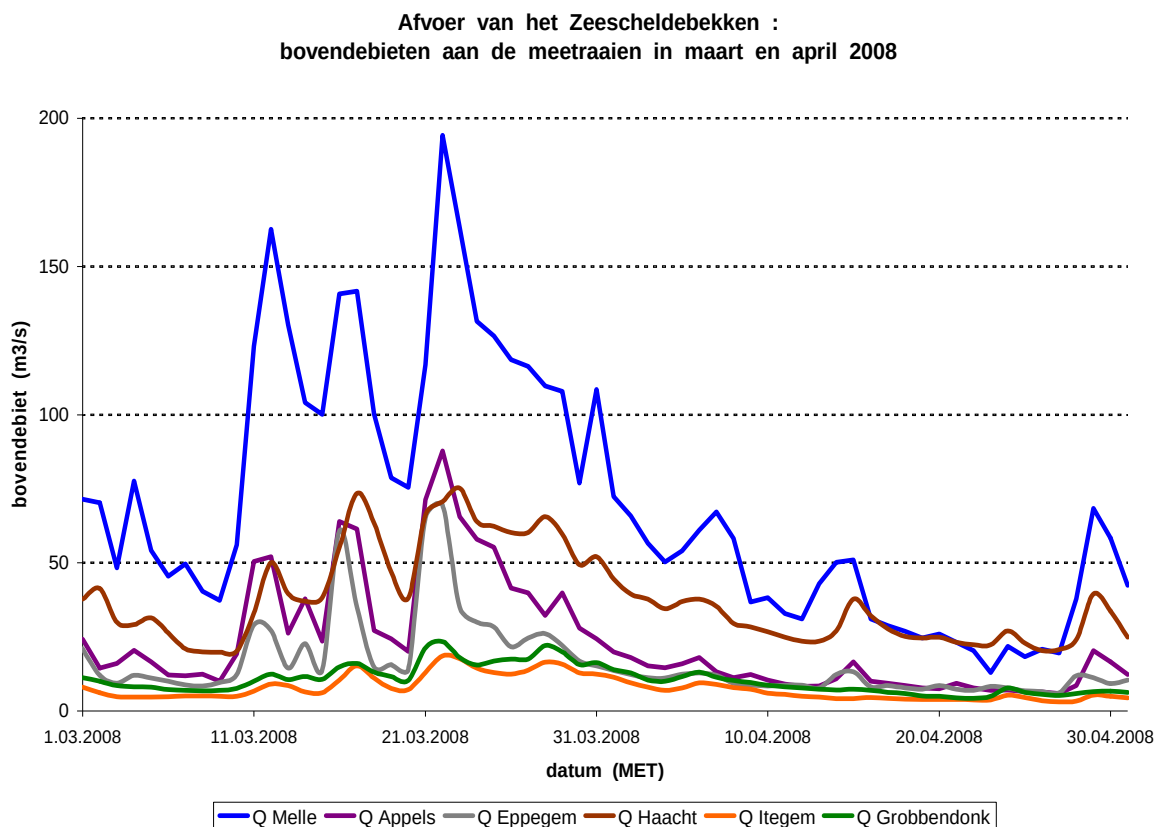
Tabel 21 - Zeescheldebekken: bovendebiten aan de meetraaien - tiendaagse en maandelijkse gemiddelde waarden (alle debieten zijn in m³/s)

2.2.2 wasregimes 2008

Hoger in dit rapport, onder paragraaf 1.5.4, werden de twee in 2008 opgetreden wasregimes al uitvoerig verhaald, met doel om de invloed op het tij van die periodes nader aan te geven.

Het wasregime van maart 2008 was gekenmerkt door een algemeen regime van zeer grote bovendebieten, aan alle meetraaien aan de rand van het tijgebied. In tegenstelling daarmee beperkt het wasregime van half november tot half december 2008 zich tot de Zeeschelde te Melle, en bleven de bovendebieten aan de andere randen van het tijbekken gewoon groot zonder meer.

Figuur 44 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien over maart en april 2008, zodat duidelijk het wasregime van 11 à 31 maart te zien is. In tabel 22 wordt nogmaals een overzicht gegeven van de kenmerkende waarden van de bovendebieten tijdens de wasperiode, en dat voor alle meetraaien.



Figuur 44 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in maart en april 2008, o.a. met de was-periode van 11 tot 31 maart 2008

locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid
Zeeschelde te Melle	76	120	194	gedurende 18 dagen meer dan 100 m ³ /s
Dender te Appels	20	44	88	gedurende 14 dagen meer dan 30 m ³ /s
Zenne te Eppegem	14	29	70	gedurende 10 dagen meer dan 25 m ³ /s
Dijle te Haacht	33	55	75	gedurende 16 dagen meer dan 40 m ⁴ /s
Grote Nete te Itegem	6	12	19	gedurende 5 dagen meer dan 15 m ³ /s
Kleine Nete te Grobbendonk	10	16	23	gedurende 11 dagen meer dan 15 m ³ /s

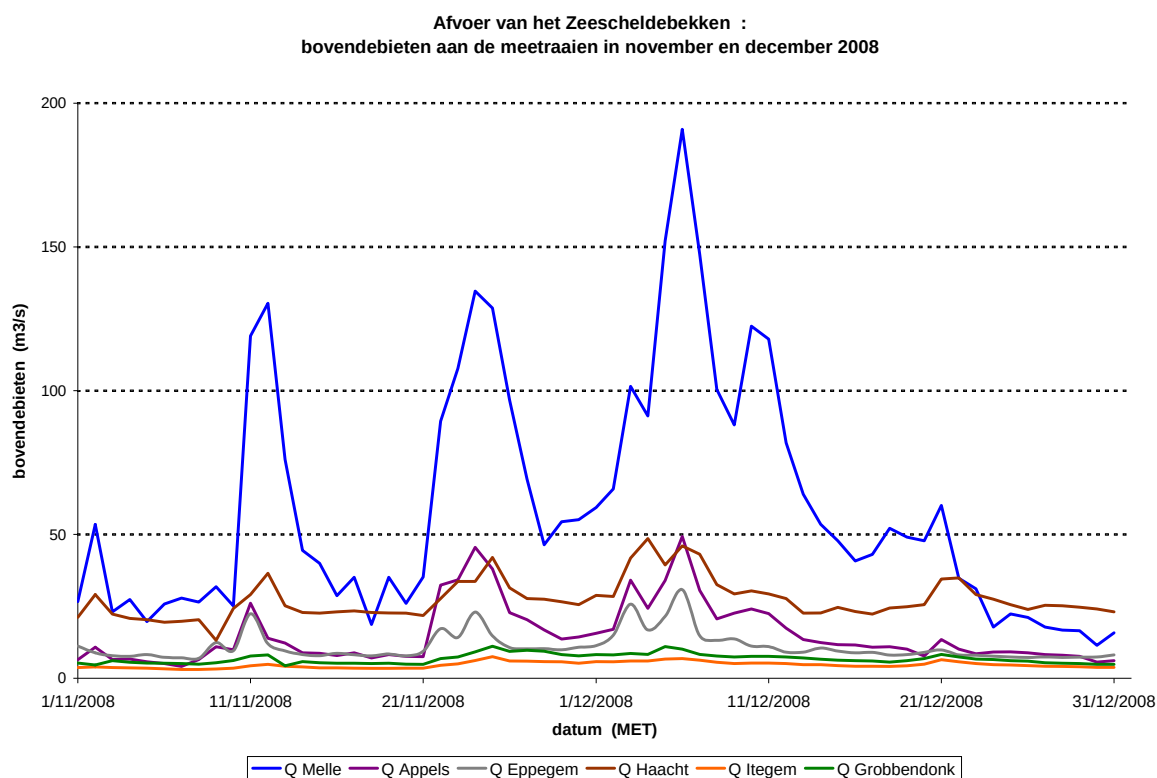
*Tabel 22 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende **de was-periode van 11 tot 31 maart 2008** (alle debieten zijn in m³/s)*

Deze bovendebieten moeten per locatie geprojecteerd worden aan wat als groot bovendebiet uit het betrokken opwaartse hydrografisch bekken kan voortkomen. Het is aldus duidelijk dat te Melle, Appels, Eppegem en Haacht veel grotere bovendebieten kunnen passeren dan in de Nete's.

De invloed van het wasregimes op het tij in de meest opwaartse regio's van het tijgebied, is groot tot zeer groot. Hieromtrent kan verwezen worden naar paragraaf 1.5.4, hoger in dit rapport. In het kort kan herhaald worden dat de laag- en hoogwaterstanden beide flink verhogen, de laagwaters in nog grotere mate dan de hoogwaters, zodat de tijverschillen danig verkleinen.

Tussen half november en half december 2008 kwam ook een wasperiode voor, doch enkel in de Zeeschelde te Melle, met tij-invloed tussen Wetteren en Merelbeke/Zwijnaarde/Gentbrugge. Op de andere randen van het tijgebied bleef het bovendebiet normaal. Figuur 45 geeft het verloop van de daggemiddelde bovendebieten over de maanden november en december 2008, o.a. de wasperiode in de Zeeschelde. Zoals nog gebeurt, is de globale periode verdeeld over enkele deelperiodes met inderdaad zeer grote bovendebieten, en tussenin deelperiodes met beduidend grote bovendebieten.

De tabel 23 geeft zoals voor de eerste wasperiode, een overzicht van kleinste, gemiddelde en grootste daggemiddelde bovendebieten, nu voor de periode van 11 november tot 14 december 2008.



Figuur 45 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in november en december 2008, o.a. met de was-periode in de Zeeschelde te Melle van 11.11 tot 14.12.2008

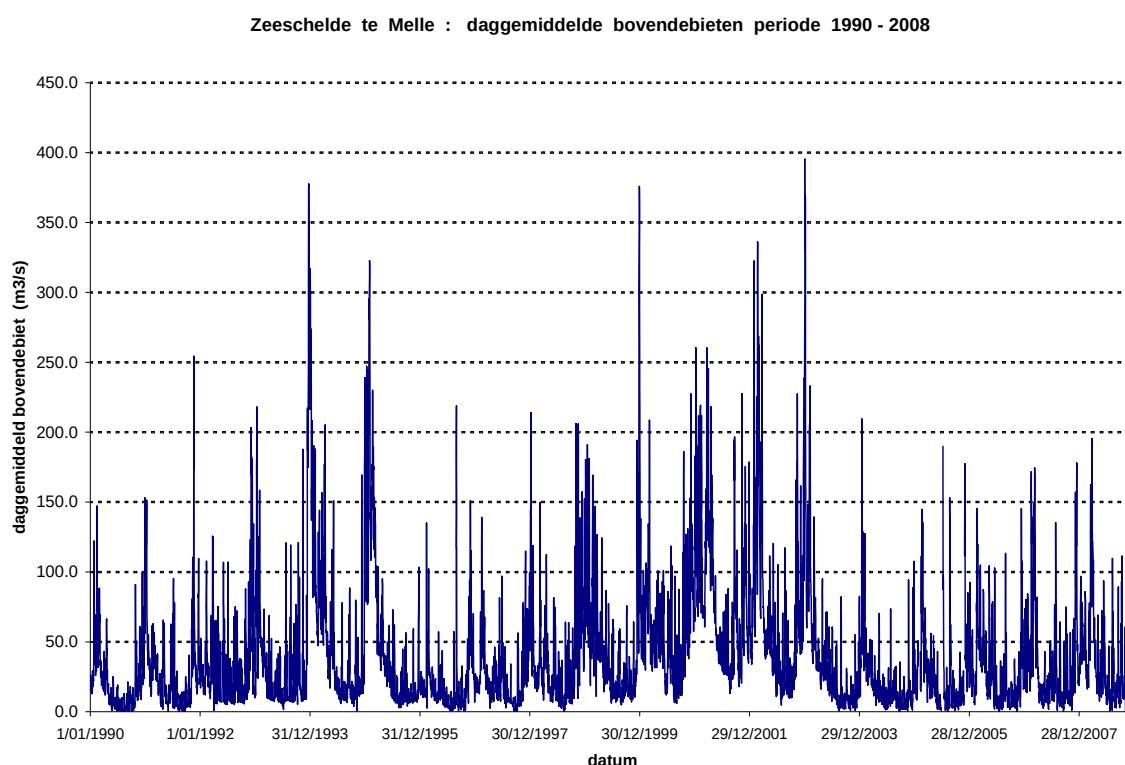
locatie	kleinste daggemiddeld bovendebiet	gemiddeld bovendebiet ganse periode	grootste daggemiddeld bovendebiet	bijzonderheid
Zeeschelde te Melle	19	83	191	gedurende 12 dagen meer dan 100 m³/s
Dender te Appels	7	20	49	gedurende 8 dagen meer dan 30 m³/s
Zenne te Eppegem	8	13	31	gedurende 2 dagen meer dan 25 m³/s
Dijle te Haacht	22	30	46	gedurende 5 dagen meer dan 40 m³/s
Grote Nete te Itegem	3	5	8	gedurende geen dagen meer dan 15 m³/s
Kleine Nete te Grobbendonk	5	7	11	gedurende geen dagen meer dan 15 m³/s

Tabel 23 - Zeescheldebekken: overzicht kleinste, grootste en gemiddelde bovendebieten aan de meetraaien gedurende de was-periode van 11 november tot 14 december 2008 (alle debieten zijn in m³/s)

2.2.3 bovendebieten meetraaien 2008 in historisch perspectief

Het jaar 2008 mag dan wel twee wasregimes gekend hebben, elk van ongeveer een maand duurtijd, met vrij grote invloed op het tijregime aan de opwaartse randen van het tijgebied, zeker in maart 2008, en dat alles zoals al hoger in dit rapport omstandig getoond, toch was het een ietwat gewoon jaar qua afvoer vanuit het hydrografisch bovengebied naar het Zeescheldebekken toe.

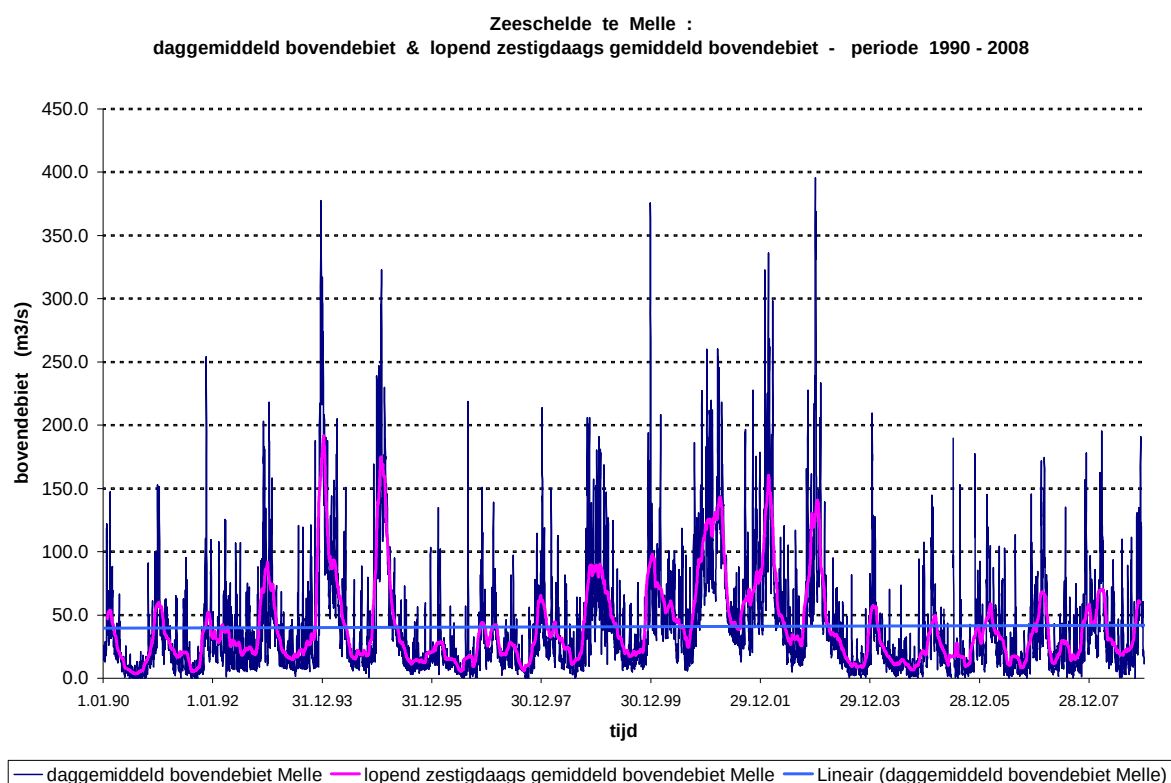
Vermits de beide wasregimes zich flink manifesteerden in de Zeeschelde te Melle, en voor de tweede wasperiode geenszins aan de andere meetlocaties, wordt hierna een grafiek getoond met het verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle. Duidelijk zijn de wasregimes te zien, bvb.: einde december 1993/januari 1994 met grootste dagwaarde bovendebiet = 378 m³/s, einde december 1994/januari 1995 tot 322 m³/s, januari 2000 tot 373 m³/s, einde januari + februari + begin maart 2002 met grootste bovendebiet per dag = 336 m³/s, en tenslotte einde december 2002/ begin januari 2003 met een grootste daggemiddeld bovendebiet te Melle = 395 m³/s.



Figuur 46 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1990-2008 (alle bovendebieten in m³/s)

Met daggemiddelde waarden van het bovendebiet, hier in de Zeeschelde te Melle, en dan nog over een periode van "slechts" 1990 à 2008, gaat een variatie aan waarden gepaard die weliswaar een volledig doch niet meteen duidelijk beeld schetst. In onderstaande figuur 47 is daartoe geprobeerd om buiten het verloop van dagwaarden zoals in vorige figuur, ook een lopend zestigdaags gemiddelde van dagwaarden te tonen (roze lijn) alsook dé langjarige lineaire trendlijn van de afzonderlijke dag-waarden (lichtblauwe lijn). Met de roze lijn komen periodes van langdurige zeer grote bovendebieten (wasregimes) meer naar voren, en de lichtblauwe lineaire trendlijn geeft aan dat over de ganse periode, toch 19 jaren, geen langjarige verandering in afvoer te zien is, doch: de dagwaarden blijven tonen hoe sterk variërend de dagelijks gemiddelde bovendebieten wel zijn.

Men bedenke hierbij wel dat het gaat om de afvoer in de Zeeschelde te Melle, dus: om een niet meer zo natuurlijke afvoer gezien kunstmatig ofwel zo weinig mogelijk van Bovenschelde en Leie naar de Zeeschelde wordt afgevoerd om de andere kanalen in Oost- en West-Vlaanderen te spijzen, ofwel zo veel als mogelijk om bij periodes van was, overstromingen langs die kanalen te vermijden.



Figuur 47 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten en van lopende zestigdaags bovendebieten in de Zeeschelde te Melle, inclusief de langjarige lineaire trendlijn (alle bovendebieten in m³/s)

2.3 doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

2.3.1 klassieke (tiendaagse) methode ir. R. Codde (1949)

Via extrapolatie van de bovenafvoeren aan de rand van het tijgebied (Melle, Appels, Eppegem, Haacht, Itegem en Grobbendonk) wordt naar afwaarts doorgerekend om een "bovendebiet" van de "Schelde te Schelle" te bepalen. Dat is dan de zoetwaterafvoer van het Zeescheldebekken, in tegenstelling tot de intrede van zout zeewater door het getij, en de brakke omstandigheden van (ruwweg genomen) het middendeel van het Zeescheldebekken.

Sedert het begin van de systematische waarnemingen van de bovenafvoer aan de rand van het tijgebied, wordt die zoetwaterafvoer te Schelle via extrapolatie als tiendaagse gemiddelde waarde bepaald. Hoofdrede daartoe was de maritieme invloed van dat "bovendebiet" in de Beneden-Zeeschelde want het bepaalt mee de saliniteit van het Scheldewater, zelfs tot in de Westerschelde, en doet mee de zogenaamde maximum-turbiditeitszone in de Beneden-Zeeschelde verschuiven. Het zou van invloed kunnen zijn op de seizoensale verontdieping/verdieping van bvb. drempels in de vaargeul.

In het meer afwaartse gebied (Beneden-Zeeschelde en Westerschelde) wordt een verdere doorrekening van die zoetwaterafvoer minder nauwkeurig, en heeft ze ook minder fysische betekenis als parameter op zich. Het heeft nog slechts weinig invloed op het hydraulisch regime. Daar waar de zoetwaterafvoer in de Beneden-Zeeschelde nog 0,3 à 5 % van de totale tij-volumes uitmaakt, al naargelang plaats (want vermindert sterk naar afwaarts toe) en al naargelang doortij, middeltij of springtij (want belangrijker bij kleiner getijverschil), en uiteraard al naargelang kleine, gemiddelde of grote bovenafvoer. In de Westerschelde daalt het aandeel van het bovendebiet verder, tot 0,1 % 's winters tot minder 's zomers aan de monding.

In tegenstelling tot de kleine invloed op het hydraulische regime, geldt dus wel een beduidende seizoensale invloed op saliniteit en turbiditeit.

De aan de randen van het tijgebied bepaalde dagelijkse bovendebieten, worden via de methode ir. Codde, toenmaals Hoofdingenieur-Directeur later Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen van Antwerpse Zeediensten, en op punt gesteld in 1949, de bovendebieten naar afwaarts doorgerekend, in eerste instantie naar de uitmondingen van de betrokken rivieren, in tweede instantie naar het totale Rupelbekken (dat nog een natuurlijke afvloeit kent wegens nergens stuwen en sluizen, tenzij de stuw te Mechelen doch deze speelt bij de afvoer een mindere rol), derdes van Schelde en Dender naar de Rupelmonding toe, en tenslotte de som van dat alles als zijnde de bovenafvoer van de "Schelde te Schelle", tegelijk de zoetwateraanvoer in de "praktische" Beneden-Zeeschelde. Juridisch is de bovengrens van de Beneden-Zeeschelde aan het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen (grens Antwerpen/Hoboken), doch in praktijk wordt veel het deel van de Zeeschelde bedoeld tussen de Belgisch/Nederlandse grens en de Rupelmonding, zegge Schelle.

De doorrekening naar afwaarts veronderstelt dat de bovenafvoer in twee beschouwde dwarsprofielen zich lineair verhoudt tot de oppervlakten van het overeenkomstige hydrografische gebied telkens opwaarts van de twee beschouwde dwarsprofielen.

Deze vrij praktische methode voor de doorrekening van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied naar afwaarts, werd door ir. R. Codde angewend voor de periode 1949-1958, de eerste periode waarover de bovendebieten van het Zeescheldebekken systematisch werden gemeten aan de randen van het tijgebied en dan naar afwaarts, tot Schelle, werden geëxtrapoleerd. Deze methode geeft een goede benadering, zeker toenmaals bij gebrek aan betere metingen en betere uitwerkingen. De methode werd ook tot heden door het Bestuur aangehouden, om de homogeniteit van de afvoergegevens te bewerkstelligen.

De doorrekening van de bovendebieten aan de rand van het tijgebied naar afwaarts, gebeurt in eerste instantie naar de uitmonding van de betrokken rivier, geldt telkens voor tiendaagse periodes (de maand-decades) en gaat als volgt:

rivier	meetplaats bovenafvoer	multiplicator van meetplaats naar uitmonding
Dender	Appels	1,00
Zenne	Eppegem	1,08
Dijle	Haacht	1,08
Kleine Nete	Grobbendonk	1,46
Grote Nete	Itegem	1,35

Tabel 24 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier

Te Melle wordt de daggemiddelde bovenafvoer van alle ebvolumes minus alle vloedvolumes per etmaal berekend.

Aldus zijn voor elke decade van de maand de bovenafvoerdebieten bekend aan de uitmondingen van Ringvaart om Gent (Bovenschelde en Leie), Dender, Zenne, Dijle, Kleine Nete en Grote Nete, en kunnen deze afvoeren worden gesommeerd. Daartoe dienen wel nog de afvoeren bekend te zijn van tussengebieden, bvb. het gebied langs de Beneden-Nete, de Rupel, en uiteraard ook van de Zeeschelde tussen Melle en Schelle, en van de tij-Durme.

ir. Codde heeft daartoe een goed en eenvoudig middel bepaalt: gezien de grote deviaties van bovenafvoer van Bovenschelde en Leie naar Gent, te Gent zelf, de invloed van de Ringvaart, de afvoer via het Afleidingskanaal van de Leie, het kanaal Gent-Brugge-Oostende, en het Zeekanaal Gent-Terneuzen, zowel in periodes van kleine, gemiddelde als grote afvoer, stemt het bovendebiet te Melle niet overeen met een specifieke afvoer van het hydrografische bekken van Schelde en Leie opwaarts Gent. Hij achtte de specifieke afvoer van het zijbekken van de Schelde tussen Melle en Schelle, alsook deze van Beneden-Nete, Rupel en Durme, overeen te komen met de specifieke afvoer van de Dijle, de Zenne, de Kleine Nete en de Grote Nete, bekend zijnde. De overeenkomst zou zeker voldoende zijn voor het vooropgezette doel, en gezien per decade (tiendaagse periodes) werd gerekend. Op deze wijze werden de aanbreng van Beneden-Nete en Rupel, en van de zijbekkens van de Schelde tussen Melle en Schelle alsook van de Durme, per decade uitgerekend.

Wat ir. Codde -met alle respect voor deze grote Schelde-ingenieur, en zijn vele baanbrekend meet- en studie-werk- niet in rekening bracht is een tijdsverschuiving tussen de dag dat een dag-gemiddeld bovendebiet aan de randen van het tijgebied werd gemeten, en de dagen van de decade waarvoor de afvoer aan de mondingen van de tijrivieren, van de zijbekkens, en tenslotte van het ganse Rupelbekken en van de "Schelde te Schelle" werd doorgerekend.

2.3.2 nieuwe (vijfdaagse) methode (2009)

Naar nood van het leggen van verbanden tussen enerzijds de aanvoer van zoetwater naar de Beneden-Zeeschelde (en de Westerschelde) en anderzijds de variaties in saliniteit en turbiditeit in het Scheldewater aldaar, rees de vraag naar afvoerwaarden over kortere periodes dan een decade.

Praktisch gezien stond de keuze tussen ééndaagse, driedaagse of vijfdaagse bovenafvoeren voorop. Met redenen omkleed is daaruit de vijfdaagse periode gekozen. Deze is te aanzien als steeds zes vijfdaagse periodes per maand, telkens beginnend op de eerste van de maand, en met de laatste vijfdaagse periode met een veranderlijk aantal etmalen (3 of 4 in februari, 5 of 6 voor de andere maanden). Dat is geheel analoog met de indeling in decades, waar ook telkens per eerste da van de maand werd begonnen, en de laatste decade een veranderlijk aantal etmalen telt (8, 9, 10 of 11) al naargelang de lengte van de kalendermaand.

De keuze van een ééndaagse periode werd snel verworpen. Het bepalen van ééndaagse bovendebieten in de Schelde te Schelle, uitgaande van daggemiddelde bovenaanvoeren aan de rand van het tijgebied, levert inderdaad geen eenduidig fysische relevantie op. Het komt tot enkele dagen per jaar voor, dat het resulterend debiet van alle eb- en vloedvolumes te Schelle negatief is, hoezeer ook alle bovenaanvoeren aan de rand van het tijgebied naar zee gezind zijn. Dergelijke dagen zijn gekenmerkt door een laagwater op normaal peil in de voormiddag, waarna een zeer grote stijging van het water tot een zeer hoge hoogwaterstand door plotse grote opstuwing vanuit zee, en liefst op diezelfde dag nog een laagwater dat -mee door het getij vanuit zee verhoogd- niet tot "normale" hoogte komt doch hoger. Ook stelde zich het probleem dat het inrekenen van een tijdsvertraging tussen de bovendebieten aan de locaties aan de rand van het tijgebied, variabel is al naargelang de grootte van elk bovendebiet aan die locaties, en al naargelang de sterkte van het getij vanuit zee.

Met een keuze voor driedaagse periodes kon reeds veel van die euvels worden verholpen, doch niet geheel. Het nadeel van driedaagse periodes is evenwel dat het aantal in de maand februari één driedaagse periode kleiner is dan bij de andere maanden, terwijl bij de andere maanden het aantal dagen per driedaagse periode drie of vier is, zijnde 100% of 133% lengte van "drie dagen". Ééns niet zinnig kon gekozen worden naar ééndaagse periodes, geldt ook dat er geen wezenlijk voordeel bij driedaagse periodes bestaat dan bij vijfdaagse periodes. De nummering van driedaagse periodes in een kalendermaand is ook niet meteen vanzelfsprekend en sprekend, terwijl deze bij vijfdaagse periodes wel.

In ieder geval is een keuze van vijfdaagse i.p.v. tiendaagse periodes een grote tegemoetkoming aan de wens en de nood om over waarden over kleinere periodes dan decades te beschikken.

De grote verbetering is het inrekenen van tijdsvertragingen van enerzijds aanvoer van bovendebiet aan de locaties aan de rand van het tijgebied, en anderzijds de "Schelde te Schelle", waarbij -bij vijfdaagse periodes- die tijdsvertraging constant kan gehouden worden per locatie. Uiteraard verschilt de tijdsvertraging van locatie tot locatie, want heeft een verandering van aanvoer van bovendebiet uit de Dender het snelst invloed op het globale bovendebiet van de "Schelde te Schelle", tegen de aanvoer van de Grote Nete te Itegem het traagst.

Die tijdsvertraging per locatie werd bepaald op basis van:

- het bepalen van waterverplaatsingen per getij door middel van de "Kubatuurberekeningen voor het Scheldebekken" van ir. E. Smets (rapport WL - Mod. 405 - 1996). Deze methode levert een maximum-waarde van de tijdsvertraging op.
- het nagaan van de tussentijd tussen enerzijds het optreden van plots zeer grote bovendebieten vnl. te Melle, Appels en Eppegem, en anderzijds het flink verkleinen van de conductiviteit (zegge saliniteit) van het Scheldewater in de Beneden-Zeeschelde.
- het feit dat met etmalen moet gewerkt worden. De bovendebieten aan de rand van het tijgebied worden bepaald als dagwaarde. De te bepalen bovendebieten van de "Schelde te Schelle" gaan ook per etmaal, nl. voor 89% vijfdaagse periodes van inderdaad vijf dagen, 10% van zes dagen, en 1% van ofwel 3 ofwel 4 dagen (nl. maand februari). Hoe ook, steeds wordt tegen een verschillend aantal etmalen per meerdaagse periode gestoten. Maar de conclusie van dit alles is dat de tijdsvertragingen ook veelvouden van een etmaal moeten zijn, hetgeen zaken vergemakkelijkt, daar anders de factor moet bekeken worden of er invloed is of hoogwater (of laagwater) net om middernacht valt of halftij vloed (of halftij eb) om middernacht valt. Bovendien eindigt het getij aan de verschillende locaties aan de rand van het tijgebied niet om exact hetzelfde tijdstip.
- tenslotte het benaderen van de te zoeken tijdsvertraging door gezonde toepassing van expertise en hanteerbaarheid, dat laatste vnl. bij het bepalen welke tijdsvertraging geldt voor de aanvoer van "bovendebiet" vanuit de zijbekkens.

Uiteindelijk zijn de tijdsvertragingen per locatie aan de rand van het tijgebied, om het globale bovendebiet van de "Schelde te Schelle" te bepalen:

locatie aan de rand van het tijgebied	Tijdsvertraging van doorgang bovendebiet aan een locatie aan de rand van het tijgebied, naar de "Schelde te Schelle"
Zeeschelde te Melle	3 etmalen
Dender te Appels	2 etmalen
Zenne te Eppegem	3 etmalen
Dijle te Haacht	3 etmalen
Grote Nete te Itegem	4 etmalen
Kleine Nete te Itegem	3 etmalen

Tabel 25 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle

Bovendien wordt het vijfdaagse gemiddelde bovendebiet geplaatst op datum van de laatste dag van de betrokken vijfdaagse periode (of drie, vier of zes bij de laatste "vijfdaagse" van een maand die minder of meer dan dertig dagen telt ...) net zoals gebeurt bij de decade-waarden, die geplaatst worden op datum van de laatste dag van elke tiendaagse periode (of elfdaagse, of nog anders in februari).

2.3.3 doorrekening bovendebieten 2008 naar "Schelde te Schelle"

Zoals in vorige paragrafen uitgelegd, zijn het, in de klassieke methode ir. Codde, de decade-waarden van de bovendebieten aan de randen van het gebied (Melle, Appels, Eppegem, Haacht, Itegem en Grobbendonk) die -ook per decade, en in de klassieke methode zonder tijdsvertraging- naar afwaarts worden doorgerekend, via de gewone weg van multiplicatoren gelijk aan de vergroting van het hydrografisch bekken.

In eerste instantie worden de bovendebieten aan de meetraaien doorgerekend naar de volledige lengte van de betrokken rivieren (genoemd "aan de mondingen"). In tweede instantie worden de zijbekkens mee ingerekend, zijnde primo het zijbekken van de Schelde tussen Melle en Schelle samen met het bekken van de tij-Durme, en secundo zijnde het zijbekken van de Beneden-Nete en van de Rupel. De afvoer van deze zijbekkens stoelt op de gelijktijdige specifieke afvoer van de rivieren Kleine Nete, Grote Nete, Dijle en Zenne (tot aan hun mondingen), verdisconteerd met de grootte van het hydrografisch zijbekken waarvan sprake.

Aldus worden decade-waarden bepaald voor enerzijds het Scheldebekken opwaarts van de Rupelmonding, en anderzijds voor het ganse Rupelbekken. Hun som levert de uiteindelijk beoogde decade-waarden op van "het bovendebiet van de Schelde te Schelle".

Volgens de klassieke methode (ir. R. Codde, met decade-waarden) berekend geeft dit voor 2008 het volgende overzicht:

Zeescheldebekken : de afvoer van tijriviervieren en zijbekkens, en van de Schelde te Schelle - jaar 2008											
<i>Tiendaags & maandgemiddeld bovendeblat aan mondingen, van zijbekkens, het Rupelbekken, en de Schelde te Schelle</i>											
	Schelde Melle	Dender Appels	Zijbekken Schelde + Durme	Zenne	Dijle	Grote Nete	Kleine Nete	Zijbekken Rupel + Ben. Nete	TOTAAL		
									Schelde opw. Rupel	Rupel- bekken	Schelde Schelle
JANUARI											
Decade 1	49.7	21.6	8.6	14.6	31.2	7.6	11.9	4.1	80	69	149
Decade 2	56.6	21.5	8.9	13.6	31.6	9.0	13.1	4.3	87	72	159
Decade 3	44.6	14.8	8.6	12.1	28.5	8.6	15.7	4.2	68	69	137
Maand	50.1	19.2	8.7	13.4	30.4	8.4	13.6	4.2	78	70	148
FEBRUARI											
Decade 1	53.2	16.6	10.0	12.9	36.7	9.1	17.1	4.9	80	81	161
Decade 2	27.3	9.6	6.4	8.8	23.8	5.1	10.9	3.2	43	52	95
Decade 3	25.3	8.4	6.4	9.2	24.0	6.2	9.5	3.2	40	52	92
Maand	35.6	11.6	7.7	10.3	28.3	6.9	12.6	3.7	55	62	117
MAART											
Decade 1	55.1	15.8	8.1	12.4	29.9	7.2	11.9	3.9	79	65	144
Decade 2	115.7	38.7	14.2	26.7	51.3	11.9	17.7	6.8	169	114	283
Decade 3	124.5	49.4	19.7	34.8	67.3	19.7	27.1	9.5	194	158	352
Maand	99.3	35.1	14.2	25.0	50.1	13.2	19.2	6.9	149	114	263
APRIL											
Decade 1	56.1	14.9	10.3	12.1	37.9	11.3	16.4	5.0	81	83	164
Decade 2	34.5	9.6	7.2	9.8	29.3	6.0	9.8	3.6	51	59	110
Decade 3	30.1	9.6	6.7	8.9	27.6	5.6	8.4	3.2	46	54	100
Maand	40.2	11.4	8.1	10.3	31.6	7.6	11.5	3.9	60	65	125
MEI											
Decade 1	21.8	7.5	5.4	7.1	22.3	5.0	6.7	2.8	35	44	79
Decade 2	27.3	7.2	6.4	11.2	25.8	4.6	7.1	3.2	41	52	93
Decade 3	25.7	6.5	5.6	7.4	22.9	5.5	6.6	2.9	38	45	83
Maand	25.0	7.1	5.8	8.5	23.6	5.0	6.8	3.0	38	47	85
JUNI											
Decade 1	45.3	10.3	11.1	11.0	48.4	13.6	11.1	5	67	89	156
Decade 2	36.0	8.8	8.8	10.7	33.7	9.3	12.8	4.4	54	71	125
Decade 3	12.5	3.1	4.9	6.4	20.2	4.4	6.6	2.7	21	40	61
Maand	31.2	7.4	8.3	9.4	34.1	9.1	10.1	4.0	47	67	114
JULI											
Decade 1	13.4	4.9	5.4	10.8	20.6	4.3	5.2	2.9	24	44	68
Decade 2	18.2	4.8	5.6	8.5	22.4	4.7	7.0	2.8	29	45	74
Decade 3	7.5	2.3	6.1	7.3	21.9	6.4	10.4	3.0	16	49	65
Maand	12.9	3.9	5.7	8.8	21.6	5.2	7.7	2.9	23	46	69
AUGUSTUS											
Decade 1	43.4	8.6	9.3	14.8	37.4	8.0	10.2	4.5	61	75	136
Decade 2	20.5	3.9	5.7	7.8	21.2	5.7	8.8	2.8	30	46	76
Decade 3	8.7	3.1	4.9	7.4	17.8	4.3	7.2	2.6	17	39	56
Maand	23.7	5.1	6.6	9.9	25.2	6.0	8.7	3.2	35	53	88
SEPTEMBER											
Decade 1	18.1	3.5	4.5	8.5	16.1	3.5	6.2	2.5	26	37	63
Decade 2	27.5	2.8	4.2	6.9	16.3	3.2	5.2	2.4	35	34	69
Decade 3	10.5	2.6	4.0	7.3	15.5	2.9	4.6	2.3	17	33	50
Maand	18.7	3.0	4.2	7.6	15.9	3.2	5.3	2.4	26	34	60
OKTOBER											
Decade 1	55.0	14.7	7.4	15.9	27.0	5.3	8.3	3.6	77	60	137
Decade 2	13.0	4.4	5.0	7.7	19.2	4.6	6.6	2.7	22	41	63
Decade 3	20.2	6.0	5.7	8.9	21.9	4.8	7.6	2.9	32	46	78
Maand	29.1	8.3	6.1	10.8	22.7	4.9	7.5	3.1	44	49	93
NOVEMBER											
Decade 1	28.7	7.3	5.9	9.4	22.8	4.6	7.8	3.0	42	48	90
Decade 2	55.4	10.9	6.8	10.9	27.1	5.2	8.3	3.3	73	55	128
Decade 3	81.8	24.6	8.7	14.1	32.2	7.5	12.2	4.2	115	70	185
Maand	55.3	14.2	7.1	11.4	27.3	5.8	9.4	3.5	77	57	134
DECEMBER											
Decade 1	111.9	27.2	10.4	18.8	39.8	8.0	12.5	5.1	150	84	234
Decade 2	59.8	12.9	7.0	9.9	26.7	6.2	9.6	3.4	80	56	136
Decade 3	24.1	8.6	6.9	8.4	29.3	6.2	8.8	3.3	40	56	96
Maand	64.0	16.0	8.1	12.3	31.8	6.8	10.2	3.9	88	65	153
JAAR	40.4	11.9	7.6	11.5	28.6	6.8	10.2	3.7	60	61	121

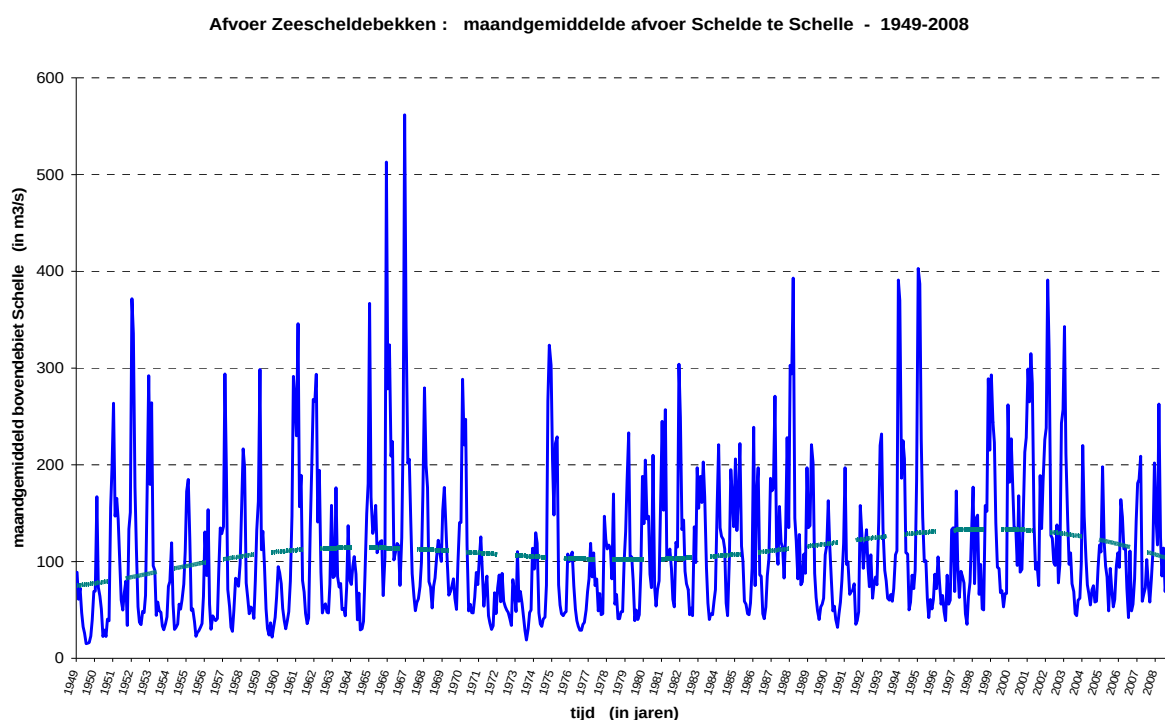
Tabel 26 - Zeescheldebekken: algemeen overzicht 2008 van de afvoer van de tijriviervieren en de zijbekkens, en aan de Schelde te Schelle (alle debieten zijn in m3/s)

2.3.4 bovendebieten 2008 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

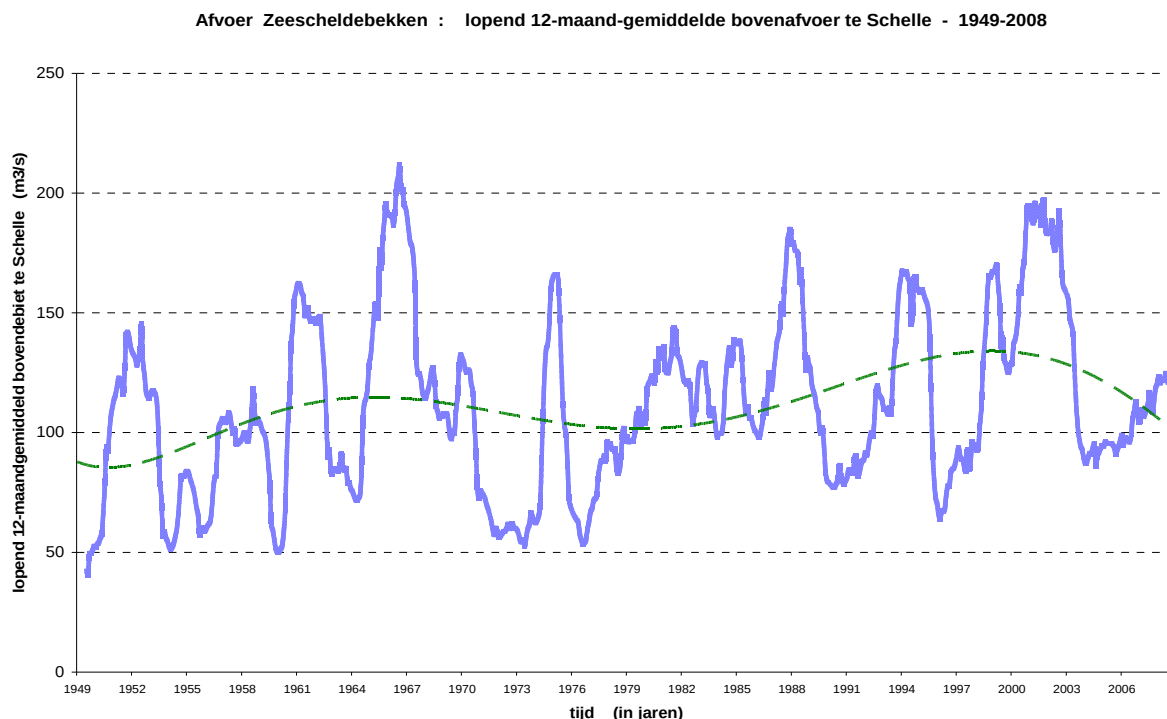
Tot heden werd het "bovendebiet" van de "Schelde te Schelle" bepaald volgens de klassieke methode (ir. R. Codde, 1949). Er werd dus o.a. geen rekening gehouden met enige tijdsvertraging van enerzijds passage van het daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied, en van anderzijds de doorgang van het globale bovendebiet in de Schelde te Schelle. Men kan het ook anders stellen: alle tijdsvertragingen werden geacht kleiner te zijn dan één dag, gezien de tijdsbasis van alle berekeningen gewoon de dag is.

Met ook voor 2008 het bovendebiet van de "Schelde te Schelle" te bepalen volgens die klassieke methode, kan vergeleken worden met alle voorgaande analoge bovendebieten, nl. sinds 1949.

Onderstaande twee grafieken geeft dit historisch perspectief weer. De eerste grafiek handelt over maand-waarden op zich, de tweede over het lopend twaalfmaanden-gemiddelden van die aparte maandwaarden. Daar waar de grafiek van loutere maand-waarden een seizoenaal er variabel beeld geeft (pieken in natte winters, kleine waarden in zomerperiodes) geeft de tweede grafiek een gemiddeld lopend jaarbeeld te zien, evenwel niet per kalendermaand maar per lopende twaalf maanden na elkaar. Het gaat dan uiteraard ook om een erg uitgemiddelde grafiek, zodat het bereik van de lopende "jaar"-waarden veel kleiner is, bvb. de y-as gaat slechts tot 250 m³/s terwijl bij de echte maand-waarden op zich, tot 600 m³/s nodig is.



Figuur 48 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van maandgemiddelde waarden



Figuur 49 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van een lopend 12-maand-gemiddelde waarde

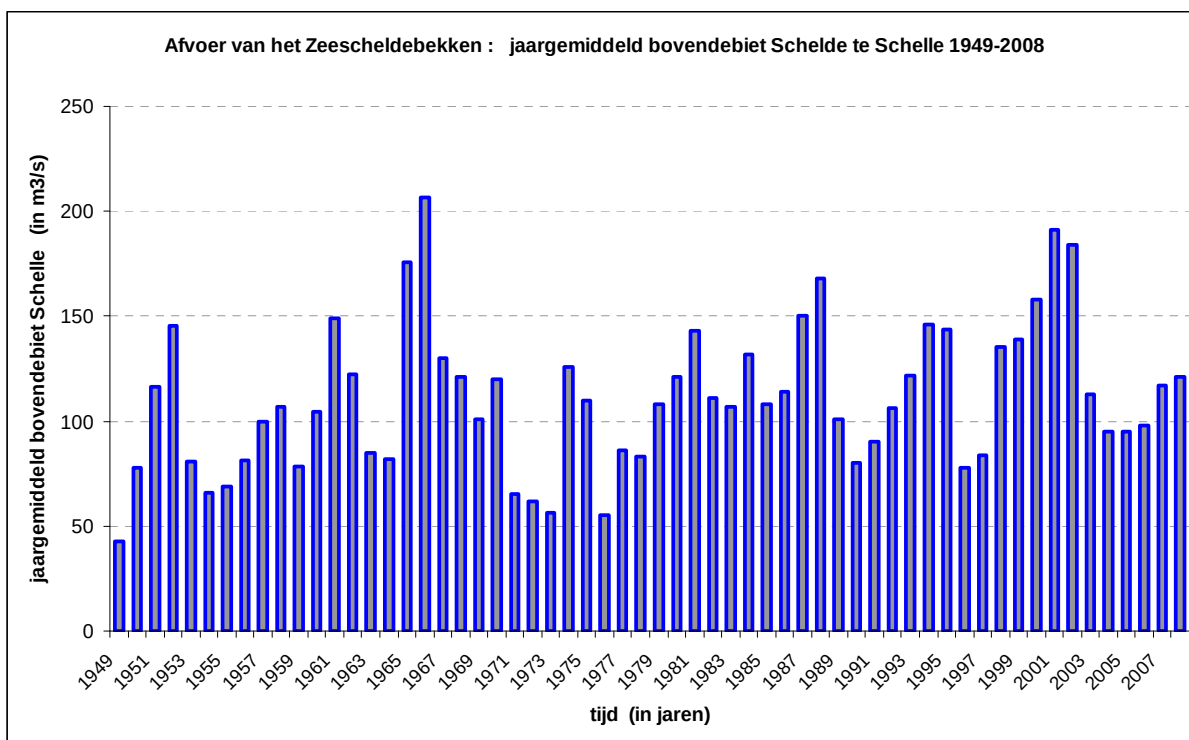
Bij deze beide figuren met chronologisch verloop van maandwaarden, vallen uiteraard de periodes met zéér grote afvoer meteen op, zoals:

- december 1952 + januari en februari 1953;
- december 1965 + januari en februari 1966;
- november en december 1966 + januari en februari en maart 1967; vijf maanden lang !
- januari en februari en maart 1988;
- december 1993 + januari 1994;
- januari en februari en maart 1995;
- en januari en februari en maart 2002.

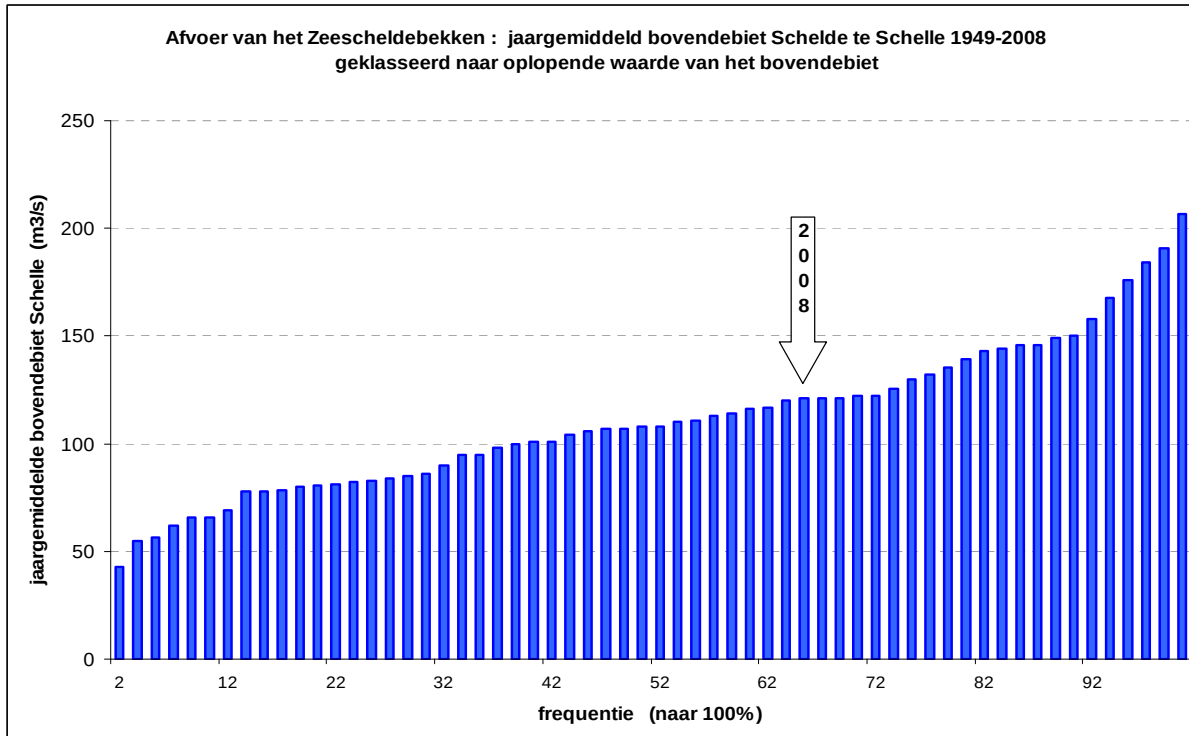
De periode september en oktober en november 1998 is dan -althans te Schelle- niet zo'n zéér uitzonderlijk jaar, aangezien het bovendeblat van de Zeeschelde en van de Dender niet die maat had, tegen in het Nete-, Demer- en Dijle-bekken wel.

Uit beide grafieken, en duidelijker nog uit hun trendlijnen, kan besloten worden dat het bovendeblat van de Schelde te Schelle in 2008 maar iets groter is dan het langjarig gemiddelde.

De figuren op volgende bladzijde tonen de jaar-gemiddelde afvoer van het Zeescheldebekken als zijnde het "bovendeblat van de Schelde te Schelle", en dat sinds hun onafgebroken en systematische meting en berekening vanaf 1949 (methode ir. R. Codde).



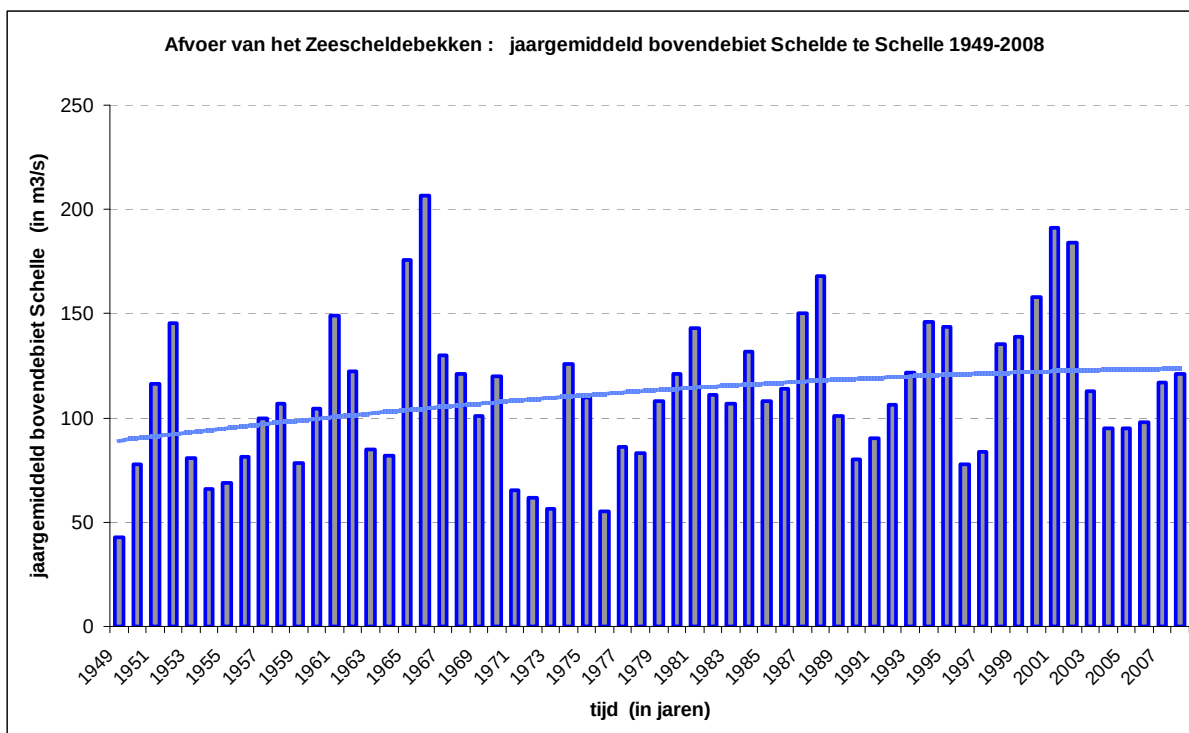
Figuur 50 - Zeescheldebekken: : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarden



Figuur 51 - Zeescheldebekken: : afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte

Figuur 51 schetst de jaarwaarden in volgorde van grootte. Het jaargemiddeld bovendebiet van de "Schelde te Schelle" in 2008 klasseert zich gewoon op tweedeerde van de rij.

Tenslotte pakt figuur 52 uit met een tweedegraads-trendlijn, duidelijk de beste die er op zicht was, en die een verhoging van de "basis"-afvoer van het gehele Zeescheldebekken laat zien, van rond en om 95 m³/s bij aanvang tot rond en om 125 m³/s nu, bekeken op basis van die trendlijn. Uiteraard zijn er per jaar grote variaties rond de trend, en ook valt op dat "droge" jaren en "natte" jaren dikwijls groepsgewijs "droog" resp. "nat" zijn.



Figuur 52 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949 à 2008 op basis van jaargemiddelde waarde, inclusief een trendlijn (tweedegraads polynoom)

Het feit dat bij de bovendebiet-verlopen van de Zeeschelde te Melle helemaal geen toename in de basis-afvoer te zien was, is hiermee niet in tegenspraak. De afvoer naar de Zeeschelde is zeer gemanipuleerd al naar gelang nood of overschot aan water in de kanalen van Oost- en West-Vlaanderen, zoals al gezegd. Daarentegen is de afvoer van de Dender, en van het ganse Rupelbekken, nog zeer natuurlijk, zonder veel kunstmatige deviaties. Bvb. het Albertkanaal, het Netekanaal en het Zeekanaal Brussel-Schelde wisselen in beperkte mate water naar het Rupelbekken of de Schelde uit, doch naar netto-resultaat gezien zeer weinig.

2.3.5 doorrekening bovendebieten 2008 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis en met tijdvertraging (nieuwe methode)

Zoals hoger onder "2.3.2. - nieuwe (vijfdaagse) methode (2009)" uitgelegd, om de globale afvoer van het Zeescheldebekken naar dé klassieke locatie "de Schelde te Schelle" door te rekenen, en zo te dienen als sturend gegeven in onderzoeken van de seizoenale verlopen van conductiviteit, saliniteit en chloridegehalte, alsmede van het seizoenaal verschuiven van het turbiditeitsmaximum in de Beneden-Zeeschelde, geldt al sinds 1949 de klassieke methode van ir. R. Codde, waarbij te Schelle decade-waarden worden bepaald. Eerstens is nood aan het kunnen beschikken over afvoergegevens per kleinere perioden dan deze klassieke tiendaagsen, en tweedes hoeft een vertraging te worden ingerekend van met name het passeren van "bovendebiet" aan de meetraaien (dus aan de opwaartse randen van het tijgebied) naar het te Schelle (eerder virtueel dan wel druppelsgewijs) doorstromen van die bovendebieten. In paragraaf 2.3.2 wordt deze nieuwe methode naar het bepalen van vijfdaagse bovendebieten "Schelde te Schelle" uitgelegd. Het resultaat voor 2008 wordt in volgende tabel 25 opgesomd. Per maand zijn de opeenvolgende vijfdaagse perioden met Romeinse cijfers aangeduid. De laatste vijfdaagse periode is gewoonlijk inderdaad vijf dagen lang, maar kan korter in februari en één dag langer in de maanden van 31 kalenderdagen.

overzicht van de vijfdaagse bovendebieten Schelle 2008		
januari	i	102
	ii	169
	iii	158
	iv	152
	v	163
	vi	134
februari	i	142
	ii	174
	iii	123
	iv	95
	v	83
	vi	91
maart	i	139
	ii	139
	iii	202
	iv	304
	v	336
	vi	344
april	i	237
	ii	167
	iii	121
	iv	122
	v	88
	vi	82
mei	i	131
	ii	75
	iii	58
	iv	103
	v	85
	vi	83

juni	i	99
	ii	189
	iii	143
	iv	135
	v	80
	vi	60
juli	i	54
	ii	68
	iii	97
	iv	64
	v	55
	vi	61
augustus	i	82
	ii	159
	iii	120
	iv	78
	v	53
	vi	61
september	i	52
	ii	67
	iii	72
	iv	70
	v	44
	vi	52
oktober	i	89
	ii	158
	iii	84
	iv	65
	v	66
	vi	84
november	i	83
	ii	82
	iii	147
	iv	110
	v	120
	vi	223
december	i	152
	ii	278
	iii	197
	iv	122
	v	127
	vi	91

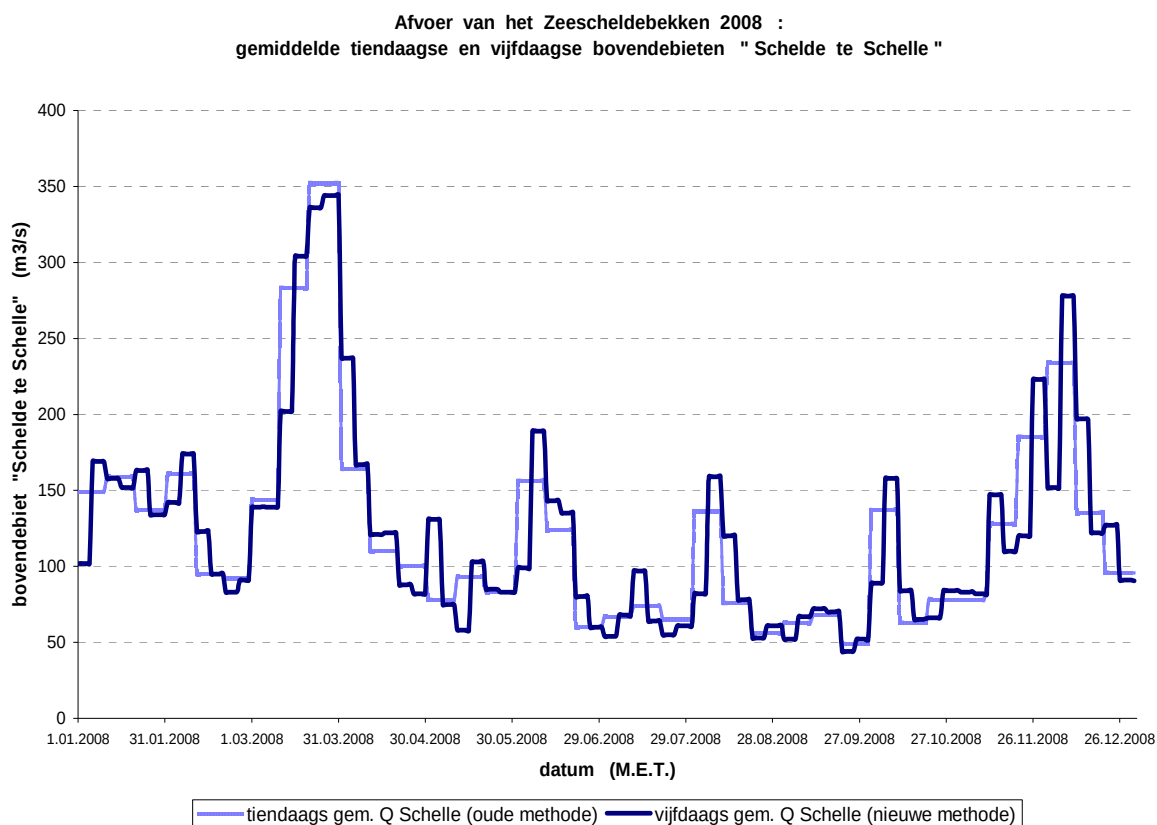
(alle bovendebieten in m3/s)

Tabel 27 - de afvoer van het Zeescheldebekken:
vijfdaagse gemiddelde bovendebieten van "de Schelde te Schelle" in 2008

Het jaargemiddelde van al deze vijfdaagse waarden is 120.8 m³/s zijnde hetzelfde als het via de klassieke methode van ir. Codde op tiendaagse basis berekende waarde van 121 m³/s. Het vijfdaags in plaats van tiendaags middelen van de bovendebieten speelt daarin geen rol, en de tijdsvertraging van ten hoogste vier dagen over de jaarwende heen, speelt weinig.

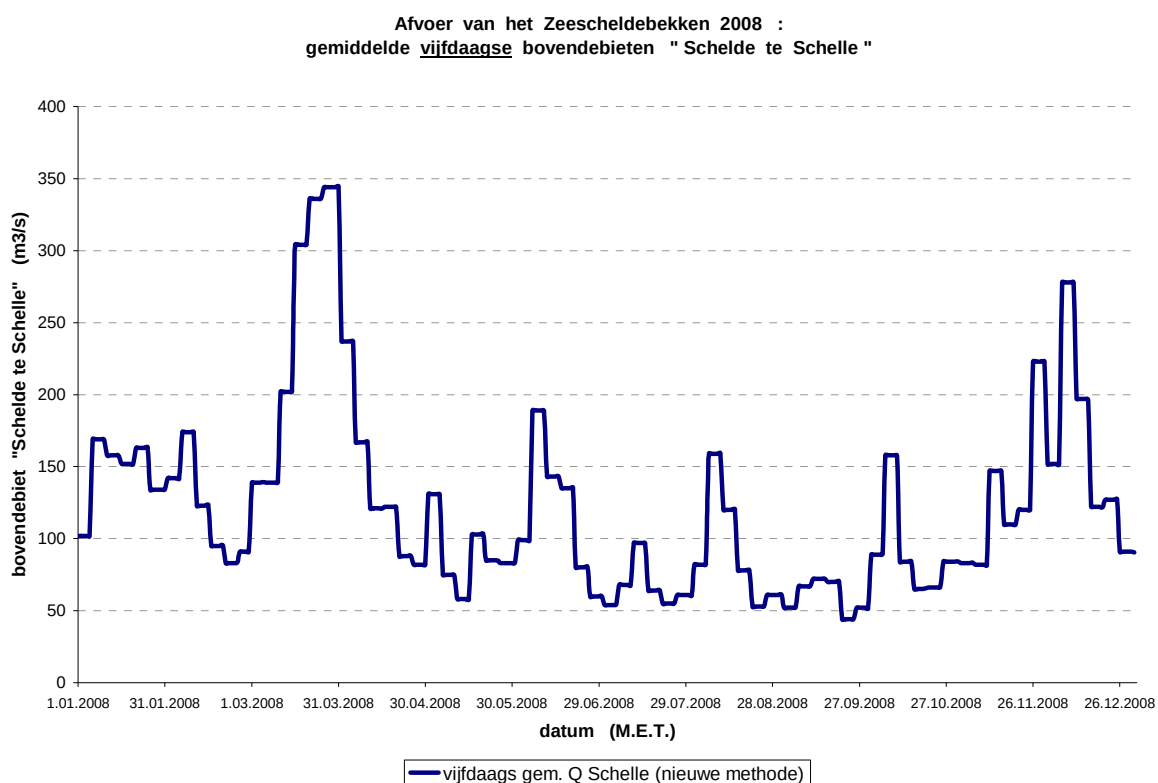
Het grootste vijfdaagse gemiddelde te Schelle komt voor in de vijfde vijfdaagse periode van maart, nl. "maart v", zoals te verwachten uit kennis (zie hoger in dit rapport) van de grootste wasperiode in maart 2008, m.n. 336 m³/s. De kleinste vijfdaagse gemiddelde was in de vijfde vijfdaagse periode van september, nl. "september v", met 44 m³/s.

Voor eenieder die erg vertrouwd is met de decade-waarden en nog onvoldoende met de nieuwe methode via vijfdaagse waarden, toont figuur 53 zowel die decade-waarden samen met de (nieuwe) vijfdaagse waarden. Uiteraard is de variatie van de opeenvolgende vijfdaagse waarden iets groter dan bij de decade-waarden, want deze laatste zou men kunnen aanzien als een gemiddelde van vijfdaagse waarden, wat ze qua berekening evenwel niet zijn. En even uiteraard is een na-ijling van vijfdaagse waarden op hun tiendaagse collega's te zien, want bij de methode ir. Codde wordt geen vertraging beschouwd tussen het optreden van de bovendebieten aan de rand van het tijgebied en hun doorkomen te Schelle, waar dat bij de nieuwe (vijfdaagse) methode naar werkelijkheid van de fysica der dingen wél het geval is.



Figuur 53 - Zeescheldebekken: afvoer volgens tiendaagse en vijfdaagse gemiddelde bovendebieten met name van de "Schelde te Schelle" over het jaar 2008

Tenslotte herhaalt figuur 54 enkel de vijfdaagse bovendebieten van het Zeescheldebekken te Schelle, zijnde een belangrijke parameter in het (grotendeels seizoenale) verloop van conductiviteit, chloridegehalte en turbiditeit in de Beneden-Zeeschelde, en in de resulterende afwaartse fluxen van in het water opgeloste stoffen.



*Figuur 54 - Zeescheldebekken: afvoer volgens vijfdaagse gemiddelde bovendebieten "Schelde te Schelle" over het jaar 2008 (nieuwe methode)
(alle bovendebieten zijn in m3/s)*

3 Jaaroverzicht 2008 "fysische parameters"

3.1 aanduiding "fysische parameters"

3.1.1 algemeen

Hydrometrie-Schelde gaat over het meten, het verwerken, het presenteren, het interpreteren en het bestuderen van "fysische" elementen in het Zeescheldebekken. Het is de vanuit Antwerpse Zeediensten stammende zgde "Studiedienst", die -naar monitoring toe- vanouds de metingen van tij, afvoer, stromingen, en zgde "fysische parameters" doet, zelfs de enige terzake dienstige instantie is qua systematische, continue metingen.

De aanduiding "fysische parameters" speelt nader op parameters -buiten de waterstanden (tij) en de afvoer (bovendebieten)- van die elementen die voor het toenmalige Ministerie van Openbare Werken en nu voor het huidige beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken rechtstreeks van eigen belang zijn. Tot een dertigtal jaar terug ging het om de parameters temperatuur, chloridegehalte en hardheid, zowel in (en met nadruk) de Beneden-Zeeschelde, als het overige Zeescheldebekken, als aan de randen va het tijgebied. Einde jaren 1960 kwam ook de parameter opgeloste zuurstof in beeld, naar aanleiding van de Belgische vragen om de zgde "Rechttrekking van de Bocht van Bath" en om de aanleg van het "Baalhoekkanaal". Deze parameter was destijds zeer moeilijk om continu te monitoren, en werd een hoofdparameter bij de toenmaals reeds gestarte metingen bij kentering van laagwater, vaart van de Belgisch/Nederlandse grens tot Rupelmonde, aangevuld door een analoge vaart door Rijkswaterstaat in de Westerschelde van Hansweert tot de grens.

Toen bleek dat er -aan de randen van het tijgebied- een goede correlatie bestond tussen chloridegehalte en de hardheid, en de parameter hardheid binnen wat nu V.M.M. noemt werd bemeten, viel die parameter voor Antwerpse Zeediensten weg. Er bleven dus enkel temperatuur en chloride-gehalte.

Met technisch betere mogelijkheden om ook op continue wijze turbiditeit te kunnen meten, om zo te trachten het suspensiegehalte te kunnen bepalen, werd ook deze parameter vrij intensief bij de systematische monitoring gevoegd. De omschakeling van eerstens optische (licht-)sensoren, in wezen "donkerheid"-meters (= opaciteitmeters), naar laser-detectie-meters, en de evolutie naar gecombineerde zeewaardige multiparametertoestellen, werden de als "fysische parameters" omschreven meetparameters als volgt:

- temperatuur (T°)
- conductiviteit (cond)
- chloridegehalte (Cl-)
- turbiditeit (Turb)
- suspensiegehalte (ZS of slibgehalte)
- en eerder singulier pH (pH)

De stroomsnelheid (en stroomrichting) wordt al naargelang het geval, bvb. het meettoestel, al dan niet tot de reeks "fysische parameters" gerekend of apart beschouwd.

Met de komst van hoger vernoemde zeewaardige multiparameter-toestellen, kon met minder zorgen en inzet, een betere monitoring geschieden van de parameters aan boord van het toestel. Sinds bijna vijftien jaren zijn aldus Aanderaa-RCM9 toestellen in dienst gesteld, die per tien minuten, continu de zgde "fysische parameters" in vnl. de Beneden-Zeeschelde meten. Deze RCM9-types zijn ondertussen opgevolgd door Aanderaa-Seaguard-toestellen.

Met eigen inwendige voeding en eigen inwendige data-opslag, meten deze toestellen vrij ongestoord (want bijna geen "spikes"):

- druk (zowel atmosferische druk als de druk uitgaande van de waterkolom boven het toestel)
- temperatuur
- conductiviteit (normaal bij heersende temperatuur)
- stroomsnelheid
- stroomrichting
- en turbiditeit.

Om enig idee van dergelijke multiparameter-toestellen te geven, toont de figuur hieronder het klassieke RCM-9-Aanderaa-toestel: op de linkerfoto links een jongere versie dan rechts, en op de rechterfoto de jongere RCM-9 "open" o.a. de instelknoppen, in de nieuwe Seaguard-types vervangen door een aanraakschermje.



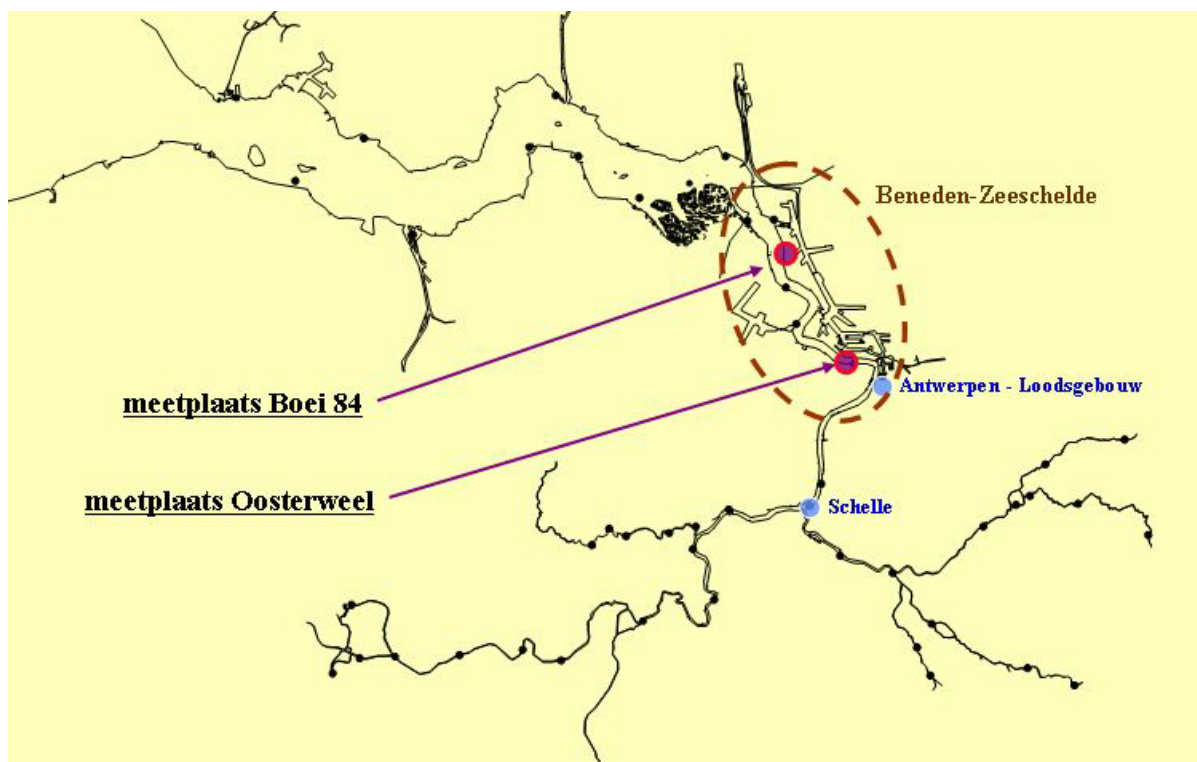
Figuur 55 - twee types van Aanderaa-RCM9-toestellen

Buiten deze continue metingen, worden in de Zeeschelde nog singuliere vaarten gedaan zoals de al vernoemde kenteringsvaarten bij laagwater, maar evengoed ook deze bij kentering hoogwater, beide één's per maand gevaren tussen Bath en Rupelmonde.

Buiten de Zeeschelde worden per maand ook "langs"-vaarten bemeten in de dokken van het havengebied Antwerpen-rechteroever en idem van het havengebied Antwerpen-linkeroever, doch deze vallen buiten de opzet van Moneos.

Momenteel worden door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, ter uitbreiding van de wensen aan eigen monitoring en tevens kaderend in de monitoring van Moneos, ook andere multi-parameter-toestellen aangekocht en verspreid in het Zeescheldebekken geplaatst, die buiten deze "klassieke" parameters ook meten: opgeloste zuurstof, zuurtegraad, redox-potentiaal, chlorofyl-a, blauwalgen enz.

3.1.2 meetlocaties "fysische parameters"

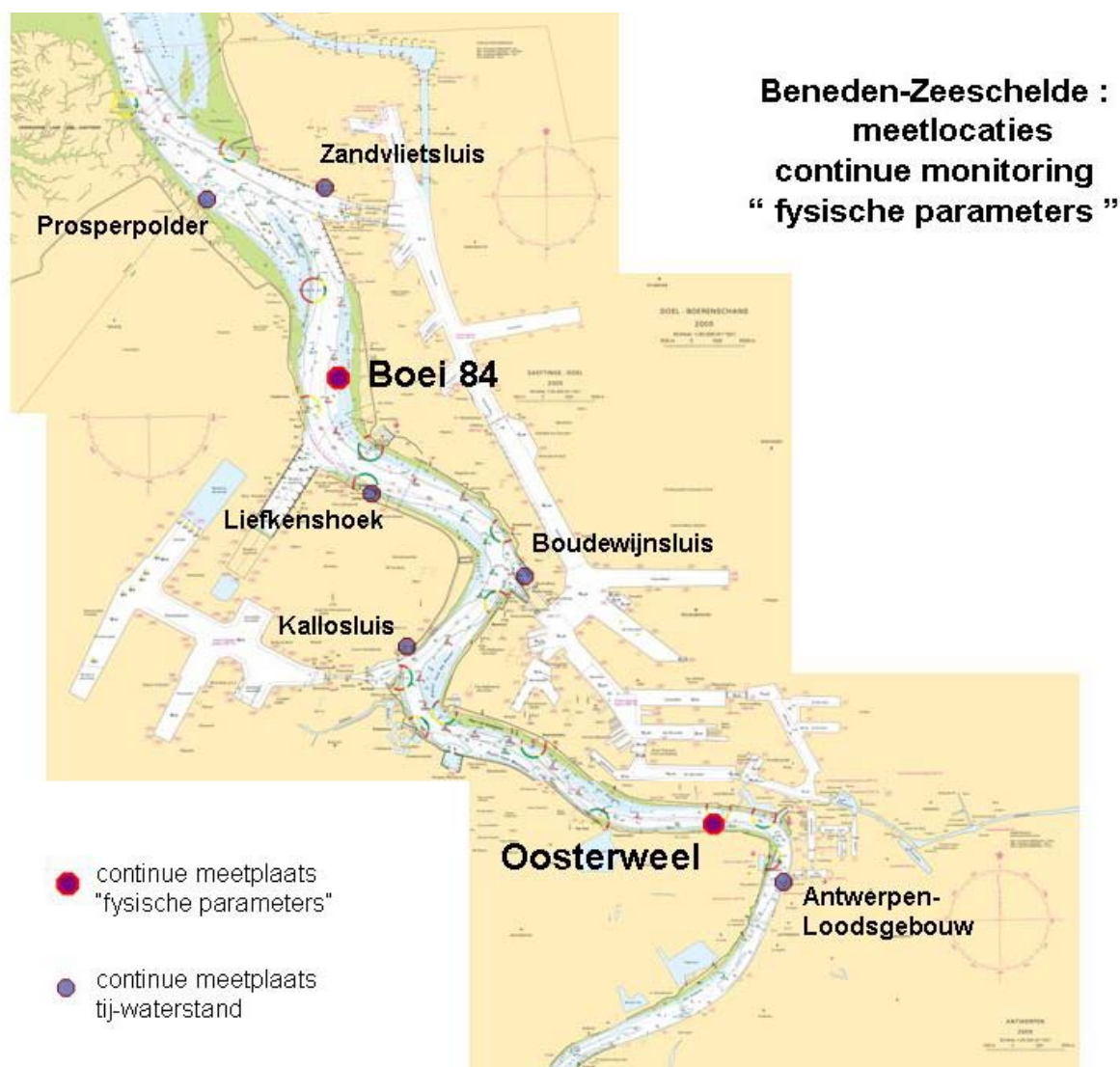


Figuur 56 - Zeescheldebekken: algemeen liggingsplan met aanduiding van de beide in 2008 in de Beneden-Zeeschelde aanwezige meetplaatsen van continue monitoring van de zgd "fysische parameters"; per meetplaats zijn twee meettoestellen paraat, nl. één nabij de bodem en één vlak onder het laagwaterpeil

Figuur 57 toont de beide inplantingsplaatsen meer in detail:

- Boei 84, aan rechteroever van de vaargeul, ter hoogte van Doel (aan L.O.), halverwege de Europa-terminal ("Zuid") en Lillo;
- Oosterweel, aan linkeroever van de vaargeul, ter hoogte van het kerkje van Oosterweel (Austruweel) net afwaarts van het Sint-Annastrand op Antwerpen-Linkeroever.

De figuur toont volledigheidshalve ook de diverse tijmeetlocaties in de Beneden-Zeeschelde.



Figuur 57 - Beneden-Zeeschelde: algemeen liggingsplan van beide continue meetlocaties van zgd "fysische parameters", en met aanduiding van de tijmeetposten

Op beide meetlocaties hangen de Aanderaa-toestellen quasi loodrecht omhoog, vastgemaakt aan het stalen frame op de bodem. De onderste Aanderaa meet ongeveer op iets meer dan een meter boven bodempeil, en de bovenste ongeveer vier meter hoger, wat net onder de laagste laagwaterpeilen blijft.

Van belang is nog te weten dat bij deze continue metingen, "continu" wil zeggen "om de tien minuten", tenminste "om de tien minuten" een meetresultaat want de metingen zelf duren een minuut. Deze meetfrequentie is gelijk aan oceanografische en estuariene standaarden, o.a. ook bij de Nederlandse Rijkswaterstaat. Zelfs al wordt frequenter gemeten, de uiteindelijke database gaat per tien minuten. Deze meetfrequentie blijkt in praktijk ook ruim voldoende te zijn, aangezien alle echte variaties in de waarden van de meetparameters worden gevat, er bijna geen storingen optreden ("spikes") die tienminuut-waarden zouden doen vervallen, en het -praktisch- naar voeding en data-opslag allemaal zonder problemen kan om toestellen eventueel lange tijd, zonder bezoek, opgesteld te laten.

3.1.3 normale verlopen van "fysische parameters" in functie van het getij

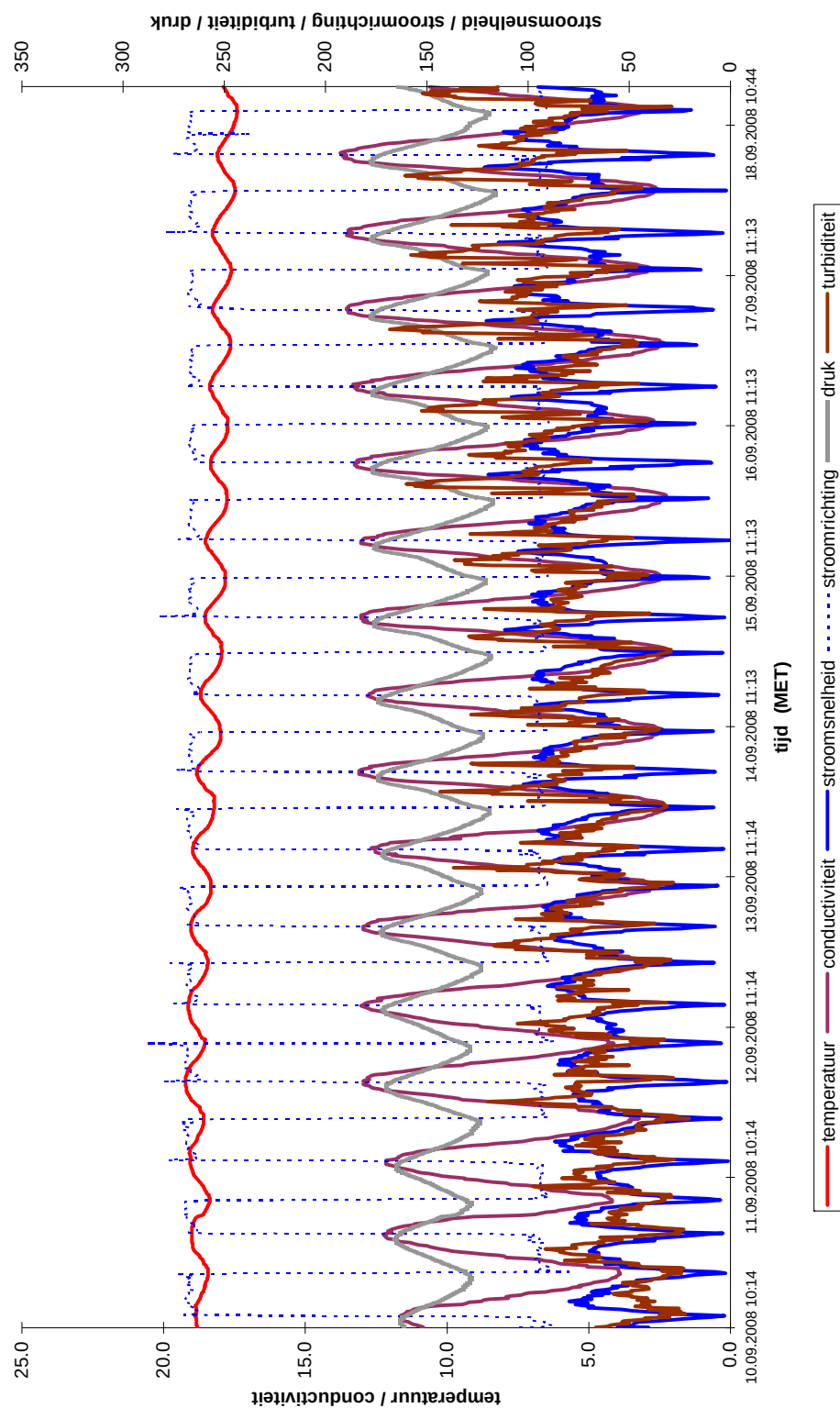
De Aanderaa-RCM9-multiparametertoestellen die in 2008 de dienst hebben uitgemaakt, meten temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (m.n. de som van atmosferische druk en druk van de waterkolom boven de meetsonde), en turbiditeit.

Figuur 58 toont het verloop van alle tienminuut-waarden van al die parameters over een voldoende lange periode om de typische variatie van doortij over middeltij naar springtij te tonen. Het zijn waarden van 10 tot en met 18 september 2008 van de locatie Oosterweel, meerbepaald het bovenste toestel (ongeveer een meter onder laag-laagwater).

De parameter druk is op zich niet zo waardevol, aangezien in het Zeescheldebekken, eender waar multiparametertoestellen worden geplaatst, meteen een tijmeter in de buurt staat die zonder omrekening de waterstand ter plaatse kan aangeven. De parameter druk wordt evenwel in verwerken en presenteren van de andere parameters gebruikt als een aangeven van of het laag- dan wel hoogwater is, of het om vloed dan wel eb gaat. Het vergemakkelijkt met andere woorden het vinden van zijn weg in de verlopen van de andere parameters. Deze druk wordt ook niet naar de eigenlijke "water"-druk omgerekend, gezien de kleine invloed van veranderingen in atmosferische druk. Bij de opstellingen van "divers" (waterstandsmeters via drukmeting in water met boven de meetsonde een relatief kleine waterkolom) o.a. in Gecontroleerde Overstromings-Gebieden (GOG's), al dan niet met Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GGG's), wordt de atmosferische druk wél in rekening gebracht, door meting van die barometrie via "baro-divers".

In figuur 58 is de druk in grijze lijn aangeduid, en toont praktisch een tijverloop, op en neer gaande tussen ongeveer 120 en 185 kPa, meerbepaald bij laag- resp. hoogwaters bij springtij (aan rechterzijde van de grafiek).

Beneden-Zeeschelde te Oosterweel (boven) :
verloop Aanderaa-meetgegevens 10 à 18 september 2008



Figuur 58 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen met name temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (zowel lucht- als waterdruk) en turbiditeit

De makkelijkst te herkennen parameter is temperatuur: de rode lijn met licht cosinusidaal verloop bovenaan de grafiek, in deze periode (nazomer) dalend van 19.5 naar 17.5 °C.

De vrij opdringerige bruine lijn is het verloop van de turbiditeit, maat van de concentratie aan zwevende stof (in het jargon van "Openbare Werken" eerder suspensiemateriaal genoemd, en dikwijls nog kortweg slibgehalte geheten). Aan linkerkant van de grafiek, zijnde doottij, zijn de turbiditeitswaarden kleiner dan aan rechterkant, zijnde springtij, zelfs een verdubbeling van die waarden. Er valt ook op dat er relatief grote schommelingen in het verloop optreden.

De volle blauwe lijn toont de stroomsnelheid, in absolute waarden, d.w.z. steeds positief voorgesteld al is het vloed, al is het eb. Tussen elke vloed en eb in, gaat de stroomsnelheid naar nul, soms inderdaad echt even nul, dikwijls bijna nul. Uiteraard is de snelheid bij het omdraaien van stroomrichting even zeer klein soms nul, doch duurt die periode zo kort dat het met metingen om tien minuten niet geheel gevat wordt. Op zich is dat niet erg.

In de grafiek is er nog een blauwe lijn, maar dan een streepjeslijn. Het gaat om de stroomrichting. In tegenstelling tot windrichting, waarbij gezegd wordt vanuit welke hoek de wind waait, is het bij stroomrichtingen -overigens conventioneel- net anders: er wordt aangegeven naar welke hoek de stroom gaat. Zo zijn er waarden te zien van enerzijds ongeveer 95° à 100° (met Noord is 0° is 360°) en dan gaat het op deze locatie Oosterweel om vloed dat naar het oosten stroomt, en anderzijds ongeveer 265° à 275° en dan is het eb dat naar het westen stroomt.

Wat moeilijker te zien, is de paarse lijn. Deze stelt de conductiviteit voor, meerbepaald deze bij heersende temperatuur. Het is een op en neer gaande lijn, ongeveer cosinusidaal, met op deze locatie en voor deze periode waarden tussen ongeveer 2 en 14 mS/cm. De conductiviteit van oppervlaktewater is functie van de opgeloste zouten én van de watertemperatuur, en kan gegeven worden bij heersende temperatuur, of kan omgerekend worden naar standaardwaarden van temperatuur. Waar zulks dertig jaar terug om een standaardwaarde van 15°C ging, evolueerde dat twintig jaar geleden naar 20°C en tegenwoordig wordt ook geregeld 25°C aangehouden.

Bovenstaande zaken geven zeer algemeen het verloop van zgde "fysische parameters" weer, te Oosterweel, voor een tiental dagen in september 2008, gaande van doottij over middeltij naar springtij. Het is een voorbeeld. In navolgende paragrafen worden die parameters apart of gekoppeld nader besproken, en worden jaaroverzichten gepresenteerd.

Alvorens daaraan begonnen wordt, is het evenwel nodig om het (normale) verloop van het (enkelvoudig) tij (gemiddeld 12u25min) in het Zeescheldebekken meer in detail uit te leggen, o.m. om het begrip kentering te tonen.

Figuur 59 geeft een typisch verloop van die zgde "fysische parameters" bij doottij, en figuur 60 bij springtij, telkens over één etmaal, om zaken nog duidelijker te maken. Uiteraard zijn de verlopen bij doottij "kalmer" en "kleiner" dan bij springtij, uitgezonderd de stroomrichting die onafhankelijk van het tijverschil vloed naar het oosten en eb naar het westen doet stromen, op enkele graden na steeds constant.

De eerste echte verlooplijn waarop aandacht moet getrokken worden, is de grijze lijn van de druk. Het gaat om de som van de atmosferische druk en de druk uitgaande van de waterkolom boven de meetsonde, en aangezien het toestel op constante hoogte boven de bodem blijft dus het tij die waterkolom doet vergroten (van LW naar HW toe) en verkleinen (omgekeerd van HW naar LW toe). Omdat de atmosferische druk maar een kleine rol in die som speelt, wordt de druk in wezen beschouwd als zijnde het tijverloop. Het dient uiteindelijk niet als tijverloop, want dat wordt gehaald uit de nabijgelegen tijmeetlocatie, in meter T.A.W. en niet in drukeenheid (hier kPa) dat dan nog met dichtheid van het Scheldewater moet omgezet worden naar een echte hoogte. De parameter druk wordt dus enkel gebruikt als een goede indicator om snel uit tabellen en grafieken te lezen of het laag- of hoogwater is, of stijgend dan wel dalend water.

Bij doottij is het tijverschil kleiner dan bij springtij, hetgeen dan ook geeft dat het drukverschil bij doottij kleiner is dan bij springtij, hetgeen in beide navolgende figuren is af te lezen.

Om even de andere parameters te overlopen:

- stroomrichting (de blauwe streepjeslijn): het is een soort Heaviside-functie ("stap-functie" of ook "kantelen-verloop" genoemd), waarbij het plots overgaat van enkele uren durende stroomrichting (bvb. van vloed) naar enkele nadien uren durende andere stroomrichting, met ongeveer 180° tussen beide waarden van stroomrichting in, ... waarbij die plotse overgang NIET op maxima of minima van het drukverloop geschiedt, doch steeds iets nadien. Het fysische proces is kortweg dat van de inertie, waarbij bij stijgend water uren vloed heerst (vloed = waterstroming vanuit zee), doch waar bij het moment van hoogwater zelf de vloedstroming nog een tijdje door blijft gaan om pas na een kwartuur tot driekwartuur soms een uur, de stroming van zin verandert ("kentert") en in eb (= stroomrichting naar zee) overgaat. Het waterpeil is dan al flink gedaald. Hetzelfde doet zich voor bij overgang van eb naar vloed, met een kentering iets na laagwater. Figuren 61 en 62 zullen dit nog nader aanduiden. Hoe ook, de stroomrichting gaat dus niet mee met hoog- en laagwater, doch wel met vloed en eb, en er is een tijdsverschuiving tussen hoogwater (HW) en kentering van hoogwater (KHW), en tussen laagwater (LW) en kentering van laagwater (KLW).

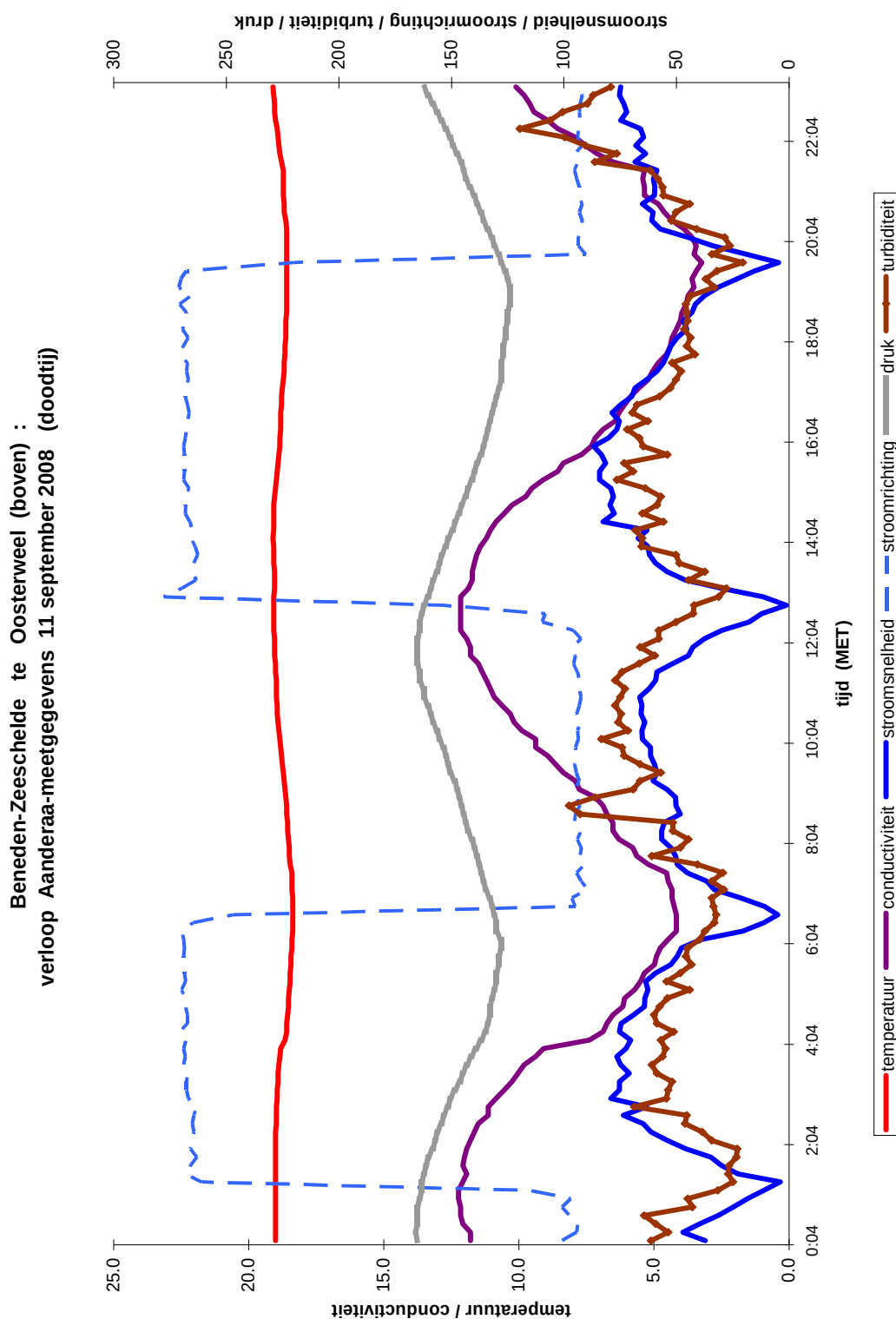
- stroomsnelheid (de volle blauwe lijn): is hier steeds als een positieve waarde voorgesteld, omdat het meettoestel buiten snelheid meteen ook richting meet en weergeeft, en uit die combinatie vloed of eb kan afgeleid worden. Binnen hydraulische modellen van estuaria, wordt doorgaans vloed als positieve zin gezien, en is eb negatief. Figuren 61 en 62 zijn wél met positieve en negatieve zinnen opgesteld. Ook hier valt meteen op dat de stroomsnelheden groter zijn bij springtij en kleiner bij doottij, en dat deze bij springtij nog meer schommelen dan bij doottij. In bijgaande voorbeelden gaan de stroomsnelheden bij doottij tot 75 cm/s en bij springtij tot bijna 125 cm/s, waarbij moet aangemerkt worden dat die stroomsnelheden te Oosterweel op een constante hoogte boven de bodem worden gemeten, dus bij laagwater eerder hoog in de waterkolom doch bij hoogwater eerder laag tot iets onder halverwege de verticale. Dat heeft uiteraard zijn weerslag; de stroomsnelheid is groter over de bovenste waterlagen van de verticale, en wordt klein vlakbij de bodem.

- temperatuur (de rode lijn bovenaan de grafiek): het cosinusidaal verloop heeft maxima bij de maxima van het drukverloop, dus bij hoogwater. Minima treden op bij minima van het drukverloop dus bij laagwater. Wat meteen niet juist is: de extrema van het temperatuurverloop vallen nogal exact op de momenten van plaatselijke kenteringen. In dit voorbeeld is de temperatuur lager bij KLW, doch dit hangt af van locatie en van seizoenen. In Westerschelde en in de afwaartse Beneden-Zeeschelde is het wél steeds duidelijk: vloed brengt altijd kouder water aan, eb warmer water. Bij KHW is de watertemperatuur dan ook kleiner dan bij KLW. Maar in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde en in de Bovenschelde is het doorgaans omgekeerd. Oosterweel ligt net tussen die beide zones in, zodat

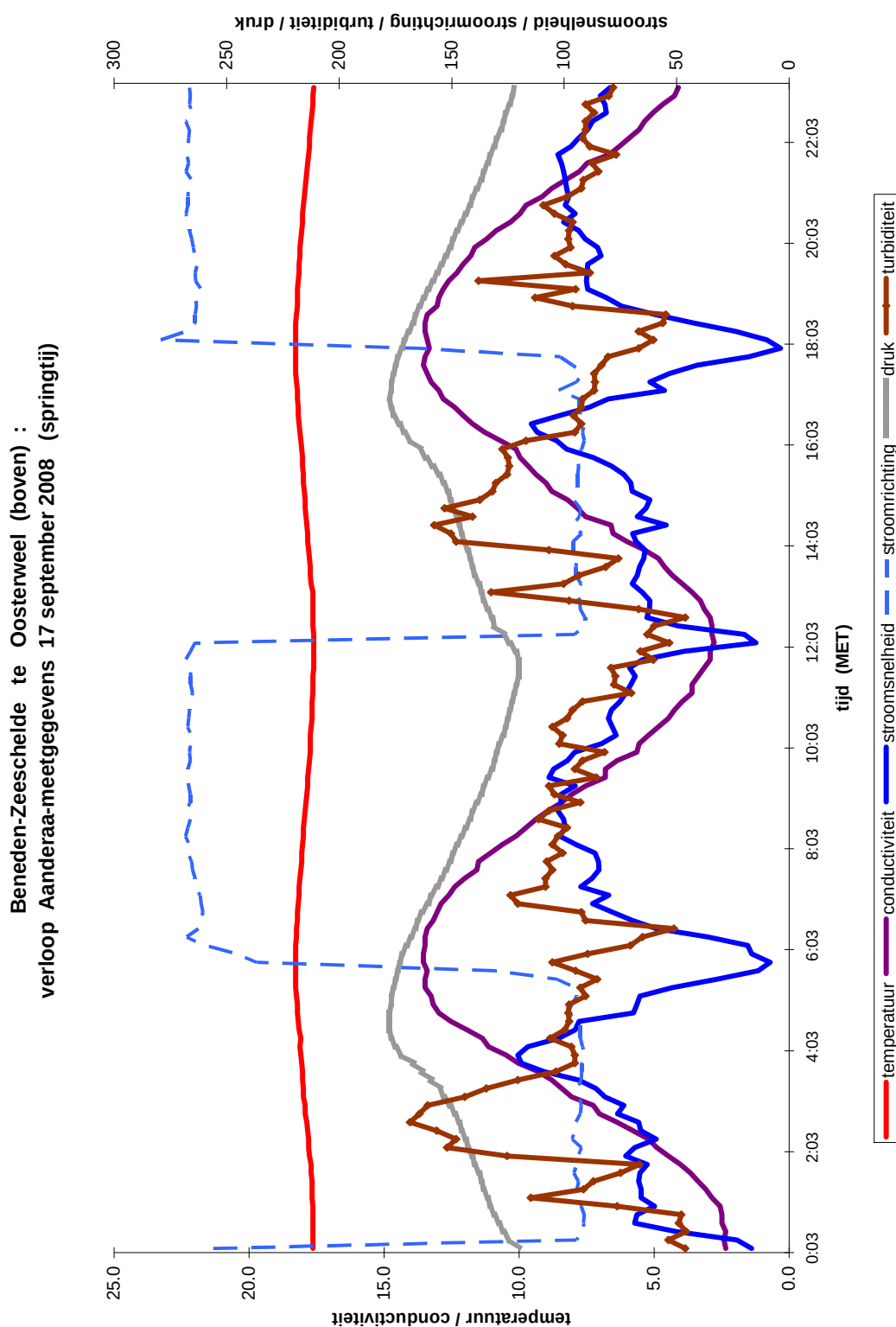
het temperatuursbeeld doorheen de seizoenen wisselt. Daarom wordt later (in paragraaf 3.1.4, bij de seizoenale verlopen) op ingegaan.

- conductiviteit (de paarse lijn): hier heerst een duidelijk cosinusidaal verloop, maar met extrema die steeds en overal duidelijk gelinkt zijn aan KHW en KLW: onafhankelijk van het temperatuursverloop stroomt zout water steeds vanuit zee naar land; de afvoer van het hydrografisch bekken van het gebied is immers arm aan chloriden, terwijl het in zeewater abundant is. Het aandeel van de chloriden in zeewater is, ook aan onze Noordzeekust, ongeveer constant, nl. 19.5 g op 35.5 g totale zeezouten, maar beide waarden schommelen al naargelang de locatie aan onze kust en al naargelang de seizoenen. Maar de verhouding van 55% chloride op 100% zeezouten blijft nagenoeg constant. Dit is niet meer het geval als het zeewater in zijn weg naar opwaarts met landwater wordt verdund. Dan komen andere ionen bij, en bvb. wordt het aandeel van carbonaten groter dan in zeewater het geval is. De verhouding van chloride op totaal opgeloste zouten (waarvan een deel zeezouten doch naar opwaarts meer en meer "land"-zouten) wordt kleiner. Maar in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken geldt uniform dat de parameter chloride sterk aanwezig is in Westerschelde doch naar opwaarts toe verkleint, om in Beneden-Zeeschelde sterk te verkleinen, en dan verder opwaarts zeer klein te blijven. Ook geldt uniform dat binnen één getij het maximum van chloridegehalte valt op praktisch exact KHW, en het minimum op KLW. Het op een locatie aanwezig zijn van chloride is gebonden aan het aan- of afstromen van zout water, dus niet op de extrema van de waterstand doch op de kenteringen. Aangezien in de Beneden-Zeeschelde het chloride veruit het meest voorkomende ion is, is het verloop van de conductiviteit er ten volle een afspiegeling van.

- turbiditeit (in bruine lijn): de turbiditeit is een maat voor de aanwezigheid van vaste deeltjes in het water. In onderhavig geval handelt het om het gehalte aan suspensiemateriaal, en omdat het in de waterkolom van de Beneden-Zeeschelde meestal gaat om fijn materiaal, wordt het vaak aangegeven als slibgehalte. Dat begrip weze best niet overal aangehouden, gezien bij sommigen enige pejoratieve bijklank, doch ook omdat het niet geheel samenvalt met de 63 (64) micrometer die in grondmechanica granulometrisch het onderscheid tussen "slib" (grondmechanisch eigenlijk "silt") en "fijn zand" maakt. In estuariene morfologie wordt nl. ook gerekend met rheologische klassen, en uitgaande van het feit dat "fijn zand" er zich tot grootte van 100 micron rheologisch als "silt" gedraagt, wordt de grens van 63 micron vaak verlegd naar 100 micron. De met Aanderaa-mettoestellen turbiditeit moet ook in die zin begrepen worden. Indien via ijkmonsters en filtering van turbiditeit naar concentratie aan suspensiemateriaal wordt overgegaan, geschiedt ook geen eerdere scheiding op 63 micron, maar worden grote korrels, als ze duidelijk een aparte korrel te midden van "het slib" zijn, wat al eens kan voorkomen, en worden ongerechtigheden zoals "pakbaar" organisch materiaal, er eerst uit gehaald. Dat "slibgehalte" moet dan ook als "materiaal fijner dan 10 micron" begrepen worden. Buiten de granulometrie moet aangegeven worden dat turbiditeit ook de kleuring van het water zelf inhoudt. En aangezien het meten van de turbiditeit geschiedt via laser-backscattering, is ook de vorm van de granulaten van tel. Kleur en vorm verschillen van seizoenen tot seizoenen; het gehalte aan suspensiemateriaal uiteraard ook. Turbiditeit wordt uitgedrukt in NTU, "Nephelometric Turbidity Unit", en is een uniforme maat voor turbiditeit. De omzetting van turbiditeit naar gehalte aan suspensiemateriaal (of "slibgehalte") is evenwel een seizoenaal en zeer lokaal gegeven, dat regelmatige ijking vergt. Tot daar enige uitleg over het soms verwarrende begrip "turbiditeit". Op de figuren 59 en 60, bij doottij resp. springtij, is het grillige verloop van turbiditeit te zien, met beduidend grotere waarden bij springtij, en in eenzelfde type tij grotere waarden bij steeds dezelfde momenten binnen het tijverloop zelf. Doch dergelijke zaken zijn zeer plaatsgebonden. Algemeen kan gesteld dat grotere waterstromingen ook grotere waarden aan turbiditeit geven, en aangezien de grootte van de watersnelheid ook verbonden is aan de maat van stijging of daling per tijdsperiode (bvb. tien minuten) van het tijwater, is turbiditeit ook verbonden aan het tijverloop. In paragraaf 3.1.4 wordt er verder op ingegaan.



Figuur 59 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen met name temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (zowel lucht- als waterdruk) en turbiditeit en zulks bij een doodtij (gedurende één etmaal)



Figuur 60 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meetstations met name temperatuur, conductiviteit (bij heersende temperatuur), stroomsnelheid, stroomrichting, druk (zowel lucht- als waterdruk) en turbiditeit en zulks bij een springtij (gedurende één etmaal)

Het begrip "kentering" is enerzijds te onbekend en anderzijds te belangrijk, zodat het hier nog extra in de verf gezet wordt.

De figuren 61 en 62 tonen het verloop van druk (dus waterstand zijnde tij), stroomsnelheid en stroomrichting van de meetplaats Oosterweel (bovenste van beide Aanderaa-meettoestellen, dus op ongeveer 4.5 m boven de bodem, op iets onder laag-laagwater). Figuur 61 toont het beeld van een etmaal bij springtij, figuur 62 bij doottij. Gezien de locatie kan dat ook zonder aangeven afgeleid worden uit het tijdstip van vloed en eb, of van hoog- en laagwater: hoogwater 's middags is bij doottij, hoogwater 's morgens en late namiddag of vooravond is bij springtij. Op beide figuren is duidelijk de décalage in het etmaal te zien van vnl. de stroomrichting, nl. ongeveer 6 à 7 uren verschillend, precies hét onderscheid tussen dood- en springtij. Nogmaals: het tijdstip binnen het etmaal van bvb. hoog- en laagwater doottij of springtij, hangt af van de locatie in het tijbekken. Het is in deze alinea gegeven voor de regio Antwerpen.

Op figuren 61 en 62 zijn verticale hulplijnen getrokken: de (korte) rode streeplijnen zijn getrokken op de opeenvolgende momenten van hoog- en laagwater, dus bij de extrema van het verloop in waterstand. De (lange) roze punt-streep-lijnen zijn getrokken op de momenten van de opeenvolgende kenteringen, van hoog- en laagwater. Het tijdsverschil tussen elk moment van extremum in waterstand en zijn moment van kentering, is duidelijk. Het is -voor deze locatie- ook duidelijk verschillend tussen kenteringen van hoogwater en kenteringen laagwater.

Het "kenteren" op zich staat voor het omslaan van de stroomrichting, dus op een "tijdstip", alhoewel het kenteren over de volle sectie van een tijrivier niet op één enkele seconde plaatsvindt want enige minuten kan duren van bvb. linker- naar rechteroever, al naargelang rivierbochten en geulen. Het begrip "kentering" slaat wél op een "tijdsduur", nl. het tijdsverschil tussen bvb. hoogwater en zijn moment van kenteren; in het jargon worden beide begrippen al eens door elkaar gebruikt en wordt uit de context duidelijk wat precies bedoeld wordt.

Aldus, en geldig voor de locatie Oosterweel:

- duurt de kentering van HW drie kwartuur tot een uur;
- duurt de kentering van LW 20 à 40 minuten.

Over de extrema in waterstand en over het omslaan van de stroming, worden ook de begrippen horizontaal en verticaal tij gebruikt. "Horizontaal tij" slaat duidelijk op stijgen en dalen van de waterstand, o.m. op HW en LW. "Verticaal tij" doelt op de stroming, dus vloed en eb, o.m. ook op KHW en KLW. Bij deel 2 over de bovendebieten in het Zeescheldebekken, was sprake van een schijn-getij, nl. dat er enkel en steeds een horizontaal tij heerst (water gaat op en neer, al naargelang opwaartse aanvoer, en cumulatie of niet door afwaarts hoog- of laagwater), doch nooit verticaal tij (dus nooit vloed, want altijd eb, al zijn deze begrippen dan net aan de rand van hun betekenis in de context van tij).

Aan de Belgische kust vallen de ogenblikken van de kenteringen ongeveer samen met de ogenblikken van halftij. Stroomrozen tonen dit mooi. Er gaat van halftij tussen laag- en hoogwater zee-water van zuid-west naar noordoost (van Frankrijk naar Nederland), zulks ook bij moment van plaatselijk hoogwater, en dat tot halftij van hoog- naar laagwater. Dan keert de stroming om, van Nederland naar Frankrijk. In de Westerschelde en de Zeeschelde verschuiven de momenten van de kenteringen meteen van halftij op naar hoog- en laagwater. Deze verschuiving wordt des te groter langs de langsas van de Zeeschelde, tot bepaalde afstand.

Te Dendermonde duurt de kentering zeer kort, en opwaarts ervan valt het moment van kenteren van hoogwater zelfs eerder dan het ogenblik van hoogwater zelf. In de aan tij onderhevige bijrivieren zoals Dijle, Zenne en Nete's valt uiteindelijk de vloedkentering samen met deze van eb, waarna er verder opwaarts geen omkeren van de stroomrichting meer is: er is daar ver van zee geen vloed meer maar enkel eb, dus enkel nog maar water dat steeds van land naar zee stroomt, en waar in de overgang een schijngetij kan heersen, zoals hoger al vermeld.

De uitleg van de "kenteringen" in een tijrivier zoals de Schelde, is vrij mechanisch van aard, en kan heel theoretisch uitgelegd worden, zoals in onderstaand kaderstuk.

kaderstuk over "Kenteren en kentering"

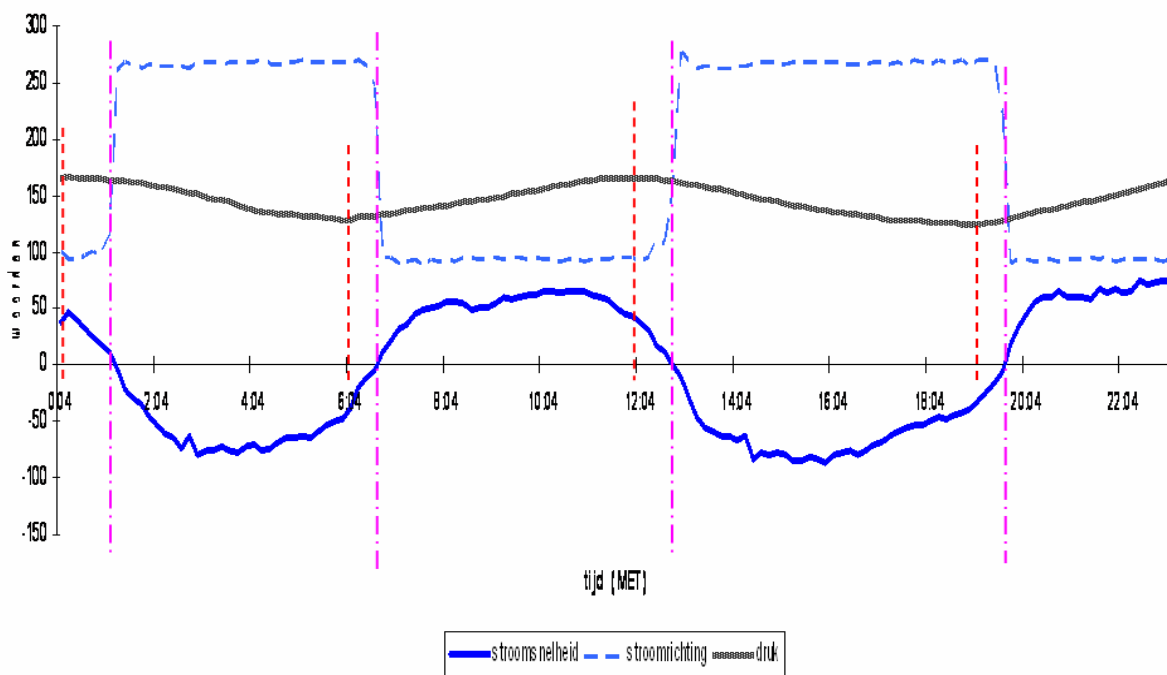
De uitleg van de "kenteringen" in een tijrivier zoals de Schelde, is vrij mechanisch van aard, en stoelt enerzijds op de (maritieme) getijbeweging als zijnde een zuivere golfbeweging van zee naar land (nl. de opeenvolging van zogenaamde hoogwater- en laagwatergolven na elkaar, die van zee de Schelde landwaarts instromen) en anderzijds op de (fluviatiele) waterbeweging door een stroming met verhang, zijnde de afvoer van landwater naar zee (neerslagwater, lozingen enz.). De zaak kan heel theoretisch uitgelegd worden, doch in het kader van dit rapport kan volstaan worden met de uitleg die stoelt op energieverlies vanwege de weerstand van de rivier, zoals bvb. de indringsnelheid van de hoog- resp. laagwatergolf (*duur van HW op een plaats langs de rivier t.o.v. het moment van HW Vlissingen, en idem voor LW*), en bij de vaststelling van een inkorting van de vloedduur tegen een verlenging van de ebduur naarmate men zich naar opwaarts begeeft.

Op het ogenblik van laagwater aan de monding, of in een ander willekeurig punt van de rivier, is er steeds een groot gedeelte van watervolume van de voorgaande getijgolf in de rivier aanwezig. Het spel van vloed en eb, van HW en LW, is er één van eeuwigdurende opeenvolging. Voor dit volume is er in een getijrivier als de Schelde slechts één weg, nl. naar zee. Aan het opwaartse einde zijn er stuwen en sluizen, waar enkel (fluviaal) water van het hoger gelegen kanaalpand naar de afwaarts gelegen tijrivier kan komen, doch nooit omgekeerd. Als het waterpeil bij LW aan de monding onder invloed van het getij in de Noordzee, gaat stijgen, is deze vooralsnog te klein (energetisch beschouwd) om de heersende naar zee gerichte stroming tegen te houden, laat staan te keren.

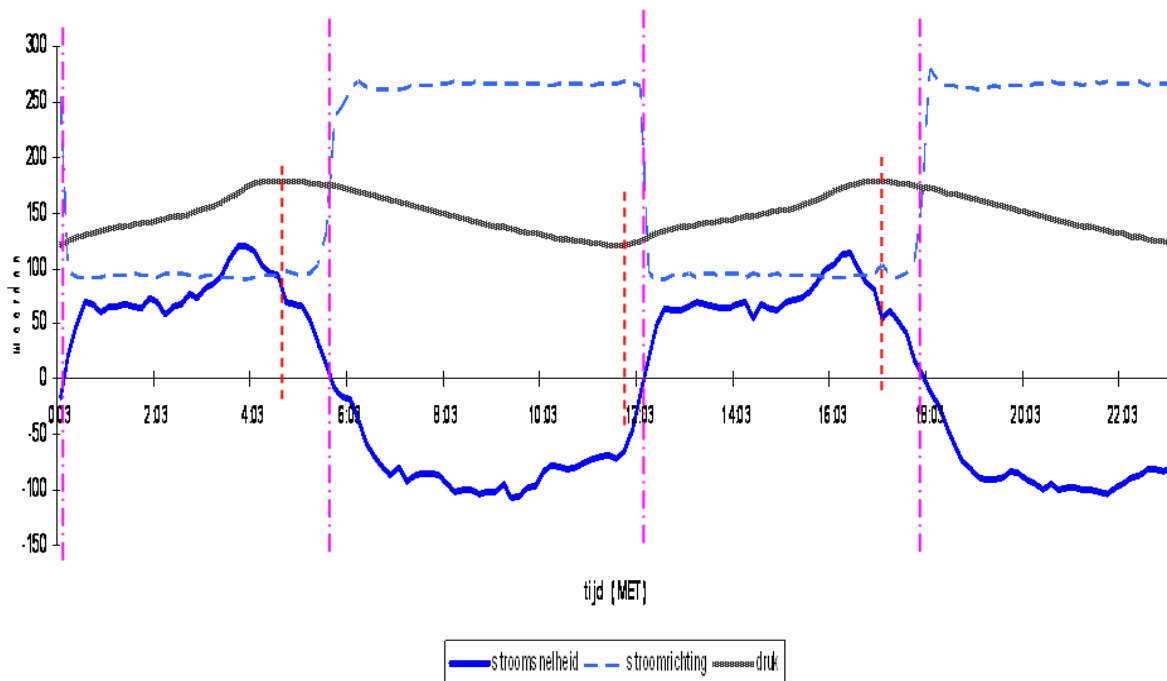
Op een bepaald ogenblik wordt de energie van de vanuit zee opkomende stijging van het waterpeil te Vlissingen evenwel dermate sterk, om de heersende ebstroming juist genoeg tegen te houden. Dát is het moment van KHW. Van dan af heerst er vloed, en gaan stijging van het waterpeil en landinwaartse waterstroming samen. Eenzelfde redenering leidt ertoe dat ook na het bereiken van hoogwater te Vlissingen, er nog een tijd vloed heerst, tot de energie van dalend water deze van instromend water egaliseert: KHW. Van dan af heerst er eb.

Bij dat alles komen er in het Schelde-estuarium, en dan vooral in de Nederlandse Westerschelde, nog andere belangrijke factoren hun rol opeisen. De Westerschelde is bij uitstek gekenmerkt door een bochtige maar doorgaande ebgeul (*de hoofdvaargeul*), door een dynamische afwisseling van platen en slikken (*die bij laagwater droogvallen doch bij hoogwater overstromen*), en door (*min of meer doodlopende*) neven-geulen, zowel vloed- als eb-scharen. De morfologie van deze neven-geulen en platen is vrij dynamisch, en, in scharen, kan door bagger- en stortactiviteiten beduidend worden beïnvloed. Het geheel maakt wel dat de vloedstroming zich uiteindelijk over gemiddeld hogere waterstanden afspeelt dan wel de ebstroming. Er wordt ook wel gesproken van het feit dat de vloed zich over de volle breedte van de rivier afspeelt, over geulen én platen, terwijl de eb zich meer in de geulen concentreert.

Over de platen gaat er omwille van het bestaan van de kenteringen, en in de tijd van een tij bezien, meer vloedstroming dan ebstroming. Dat heeft belangrijke gevolgen. De vloed kent aldus *-globaal genomen-* minder weerstand van de rivier dan de eb; de vloed gaat volgens een minder bochtig tracé dan de eb (*want de vloed verloopt eerder tussen de tracés van de dijken, daar waar de eb zich eerder tussen de lijnen van de vaargeul = ebgeul beweegt*). Het komt uiteindelijk ook hier weer neer op het zich sneller voortplanten van de hoogwatergolf dan deze van laagwater, en op het steeds korter worden van de vloedduur t.o.v. een langer worden van de ebduur. Het resulteert in de al omschreven naar opwaarts groter wordende asymmetrie van de tijkromme.



Figuur 61 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, en zulks bij een doottij (gedurende één etmaal)



Figuur 62 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, met name stroomsnelheid, stroomrichting en druk, met hulplijnen van hoog- en laagwater en kenteringen, en zulks bij een springtij (gedurende één etmaal)

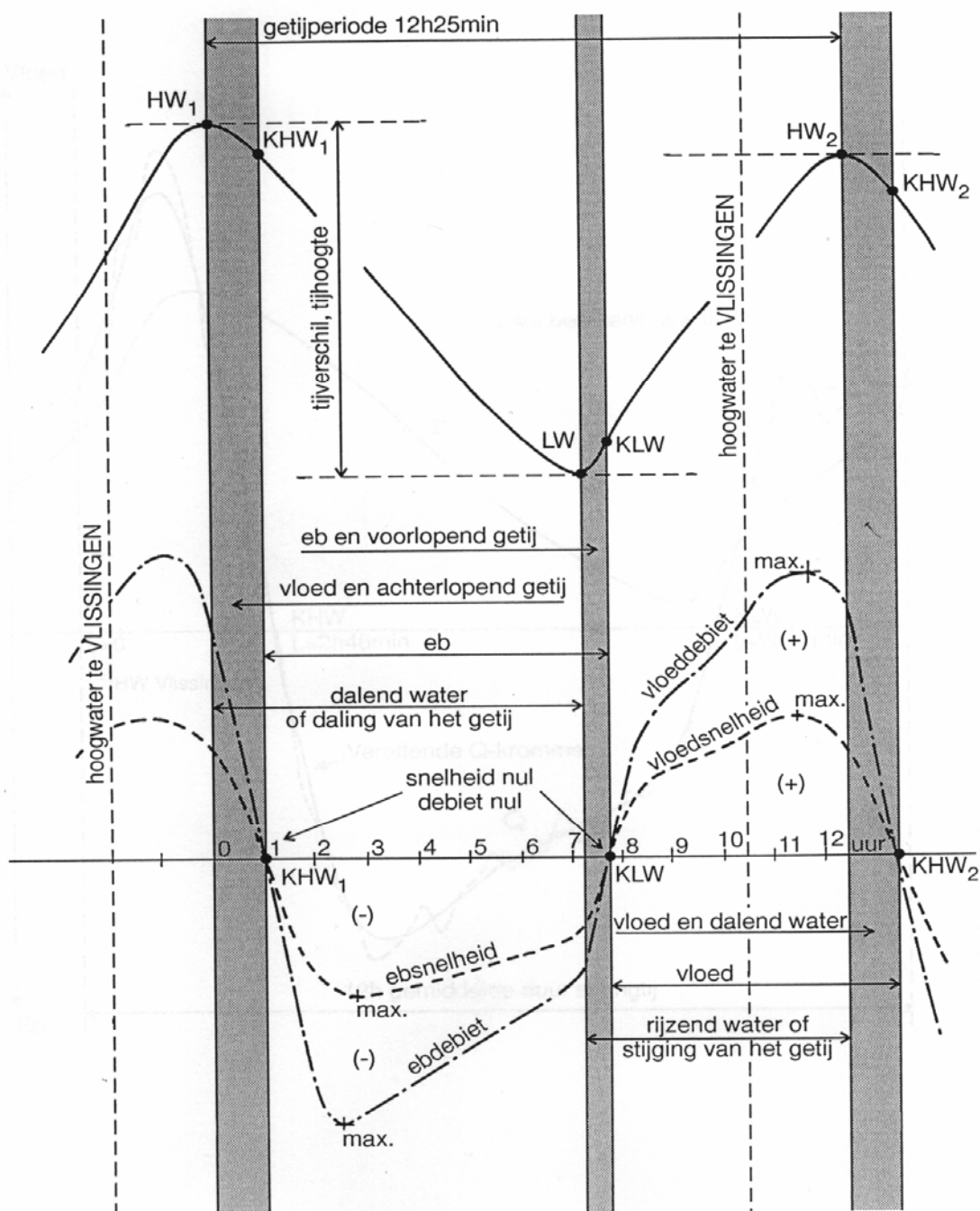
Nogmaals: de waarden van en het tijverloop van druk, stroomsnelheid en stroomrichting, en van de duur van kenteringen, hangt af van de locatie, van de diepte onder waterlijn of vanaf bodem, van het type tij (doodtij/middeltij/springtij), van de seizoenen (invloed bovendebiet Schelle op bvb. turbiditeit en conductiviteit) (invloed luchttemperatuur), enz. De op vorige bladzijden getoonde beelden zijn dus niet universeel geldig. Bvb. of de stroomsnelheden bij vloed inderdaad steeds of doorgaans groter zijn dan deze bij eb, hangt af van de plaats in de dwarssectie, eigenlijk van het algemeen stroombeeld van dat vak ten aanzien van de invloed van bochten in de rivier. Zo wordt dus onderscheid gemaakt tussen wat heet vloed-dominante plaatsen tegen eb-dominante.

Figuur 63 geeft een algemeen (gemiddeld) beeld van het tijverloop te Antwerpen, maar geldt voor de regio Bath-Temse, mits kleine aanpassingen in tijd en hoogte qua waterstand, of in grootte qua debiet en snelheid. Doch de zgde y-as is niet getalmatig uitgedrukt. De figuur wil enkel een algemene schets geven, en enkele benamingen juist stellen.

Het is ook geen beeld van een meetpunt (x,y,z) ergens in de rivier, maar geeft het verloop van waterstand, snelheid en debiet aan zoals geldt over een ganse dwarssectie. In die zin is het dus zeker enkel voorbeeldmatig te benaderen.

Toch zijn de typische trekken goed geschetst: na hoogwater heerst er een relatief lange kenteringsduur, waar na K LW een vrij gelijkmatige daling van de waterstand optreedt (tijdens de kentering zelf was die nl. relatief matig per tijdseenheid), met een op een kwart van eb grootste ebsnelheid en grootste ebdebet, waarna eb-snelheid en -debet verkleinen doch relatief groot blijven, tot LW zelf, en pas dan maar snel tot nul reduceren. Een relatief korte kenteringsduur na laagwater geeft wel al een behoorlijke stijging van het waterpeil te zien, doch de vloed-snelheid en -debet zetten pas een uur na HW flink in, om gestaag te vergroten tot ongeveer een uur voor HW : "maximum-vloed" genaamd. Maar opmerkelijk: bij HW zelf heerst er nog een zeer grote vloedsnelheid, weliswaar iets kleiner (relatief) dan bij maximum-vloed. Tijdens de kenteringsduur verkleinen vloed-snelheid en dus -debet van nog grote waarden tot nul, volgens een lineair verloop.

In principe zou turbiditeit dat verloop van snelheid volgen, de omgevingsfactoren zoals aanvoer van bovendebieten daar gelaten. Het verloop van temperatuur en conductiviteit gaat van kentering naar kentering, met daarbij schommelingen die afhankelijk zijn van het debietverloop, nl. de tij-gerelateerde aanvoer of afvoer van warmer/kouder of zouter/zoeter Scheldewater.

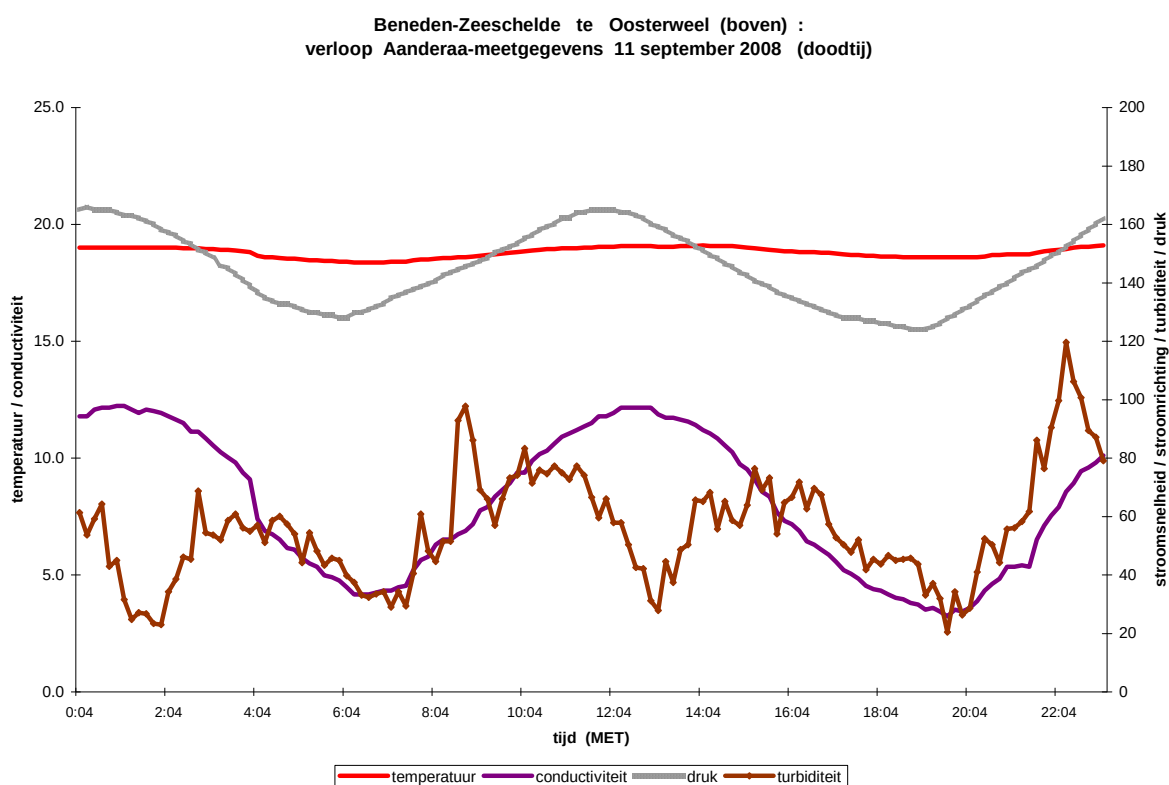


Figuur 63 - typisch verloop van het tij: verloop van de waterstand (bovenaan), het debiet doorheen de ganse dwarssectie (zie ebdebiet en vloeddebiet), en de gemiddelde waterstroomsnelheid door de ganse dwarssectie (zie ebsnelheid en vloedsnelheid). De kenteringen (duur van ~) zijn door grijze kolommen aangeduid. Voorts zijn de gangbare termen i.v.m. het tij vermeld. De verwijzing naar HW Vlissingen wijst aan dat hier om het tij te Antwerpen gaat.

Buiten druk, stroomsnelheid en stroomrichting, hebben ook temperatuur, conductiviteit en turbiditeit hun typische verlopen in functie van het tij, zie figuren 64 en 65 voor de locatie Oosterweel, periode september 2008, voor een gemiddeld doottij resp. een gemiddeld springtij.

Zoals al hoger vermeld, volgen de verlopen van temperatuur en conductiviteit (en dus ook van chloridegehalte) het tijverloop van kentering naar kentering. Conductiviteit (en chloridegehalte) is bij KHW steeds groter dan bij KLW. Temperatuur kan groter zijn KHW dan bij KLW, of omgekeerd, al gelang locatie en seizoen, hoewel het in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kallo wél éénduidig is: met vloed komt tot Kallo steeds kouder water naar opwaarts en met eb gaat steeds warmer naar afwaarts, zodat de temperatuur bij KHW steeds kleiner is dan bij KLW. Het verschil tussen die waarden bij KHW en KLW, bvb. dag op dag of week op week genomen, of met het feit van nieuwe berekeningsmethode van de afvoer van het Zeescheldebekken (bovendebieten Schelde te Schelle) op vijfdaagse basis en met inrekening van tijdsvertraging, per opeenvolgende vijfdaagse periode, ... het verschil tussen die waarden bij KHW en KLW is niet constant, noch absoluut noch procentueel. Het hangt af van de seizoenen, en uiteraard per locatie. In paragraaf 3.1.4 (normale verlopen van "fysische parameters" in functie van de seizoenen) wordt er nader op ingegaan.

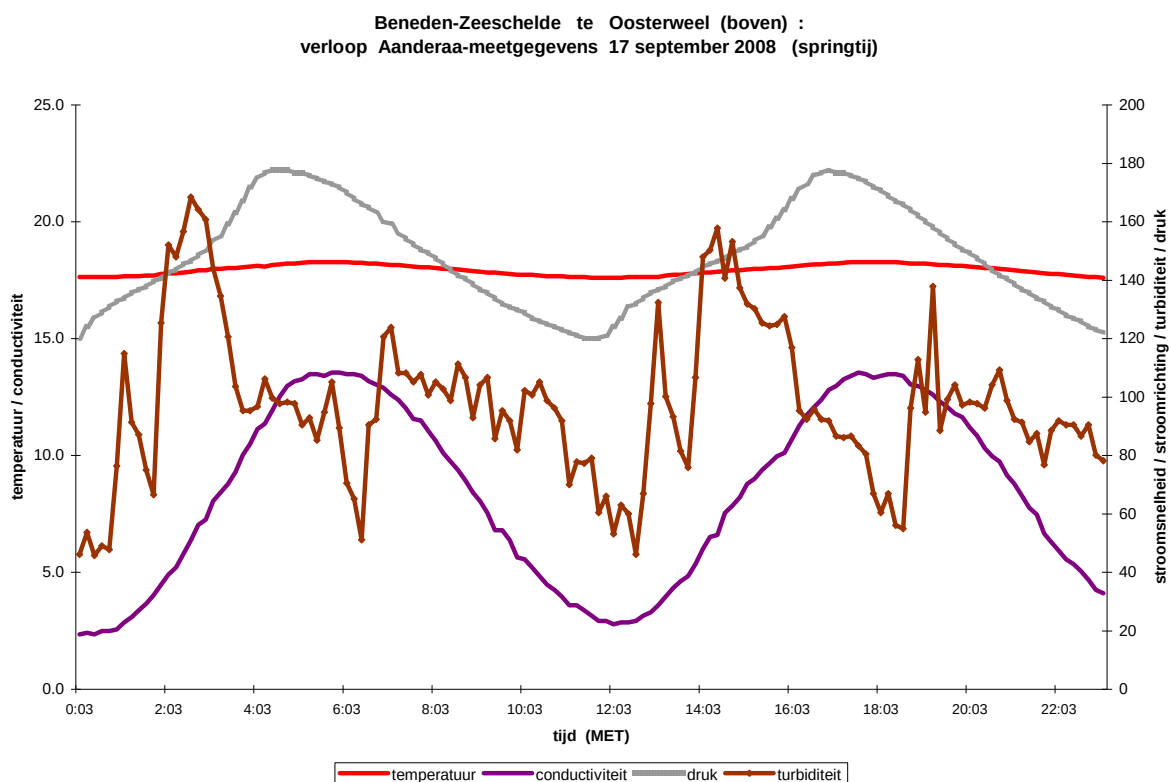
In ieder geval is het regel dat het verschil tussen de waarden van temperatuur en conductiviteit (en dus chloridegehalte) mee gaat met het tijverschil, dus dat het verschil kleiner is bij doottij dan bij middeltij, en dat het bij springtij groter is dan bij middeltij.



Figuur 64 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meet toestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, turbiditeit en druk, en zulks bij een doottij (gedurende één etmaal)

Het verloop van de turbiditeit is ingewikkelder. In principe moet het -andere omstandigheden gelijk blijvend- mee gaan met de stroomsnelheid. Aangezien de stroomsnelheden per tijdsafhankelijk zijn van het tijverschil, hoort ook hier een nauwe band met doodtij, middeltij en springtij. Onderstaande figuur toont (bruine lijn) het verloop bij een gemiddeld springtij: na laagwater komen rond éénkwart en tweekwart van vloed, periodes voor met piekwaarden, en daalt de turbiditeit bij maximum-vloed. Bij dit gezegde moet evenwel voorzichtigheid geboden worden en mag niet veralgemeend worden; deze zaken zijn zeer plaatsgebonden, niet alleen waar in de rivier, maar ook de wijze van ophangen/opstellen van het meettoestel: ofwel op constante diepte onder watervlak ofwel op constante hoogte boven bodem, geeft beduidende invloed.

Het verloop van de turbiditeit is de moeilijkste om vatten, zowel om metingen uit te werken, kenmerkende waarden van te bepalen, en het onderwerp goed te presenteren.



Figuur 65 - typisch verloop van de tienminuut-meetresultaten van Aanderaa-meettoestellen, m.n. temperatuur, conductiviteit, turbiditeit en druk, **en zulks bij een springtij** (gedurende één etmaal)

3.1.4 normale verlopen van "fysische parameters" in functie van de seizoenen

Sommige verlopen van zgde "fysische parameters" van Scheldewater zijn schijnbaar te triviaal om te vernoemen, en toch. Dat de watertemperatuur meegaat met de beter gekende luchttemperatuur, is algemeen bekend. Dat daarbij een na-ijling optreedt, is ook ruim bekend. Toch blijft de temperatuur een basis-parameter bij quasi alle monitoringen.

Zoals hoger al ruim kon begrepen worden, is er -overigens al vele jaren- een continue meting (om tien minuten) van o.a. watertemperatuur op de locatie Oosterweel. O.m. in 2008 hingen twee Aanderaa-RCM9-toestellen op constante hoogte boven de bodem, nl. één met sondes op ongeveer een meter boven de bodem, en het andere op ongeveer 4,5 meter boven de bodem, dus ongeveer een meter onder het laag-laagwaterpeil.

Beide toestellen meten met dezelfde frequentie dezelfde parameters. Voor stroomsnelheid, druk en turbiditeit is er uiteraard een fysisch verklaarbaar beduidend verschil tussen de meetwaarden van het bovenste en het onderste meettoestel. Voor temperatuur en conductiviteit is er geen of slechts weinig verschil, gezien de zeer goede menging van het Scheldewater en gezien de kleine verschillen op eenzelfde ogenblik in die regio, eender aan linker- dan wel aan rechteroever, dan wel bovenaan als onderaan de verticale. De verschillen zijn kleiner of gelijk aan de meetnauwkeurigheden die bij de praktijk van dergelijke continue maritieme metingen horen: plusminus 0,2 °C en plusminus 0,2 mS/cm.

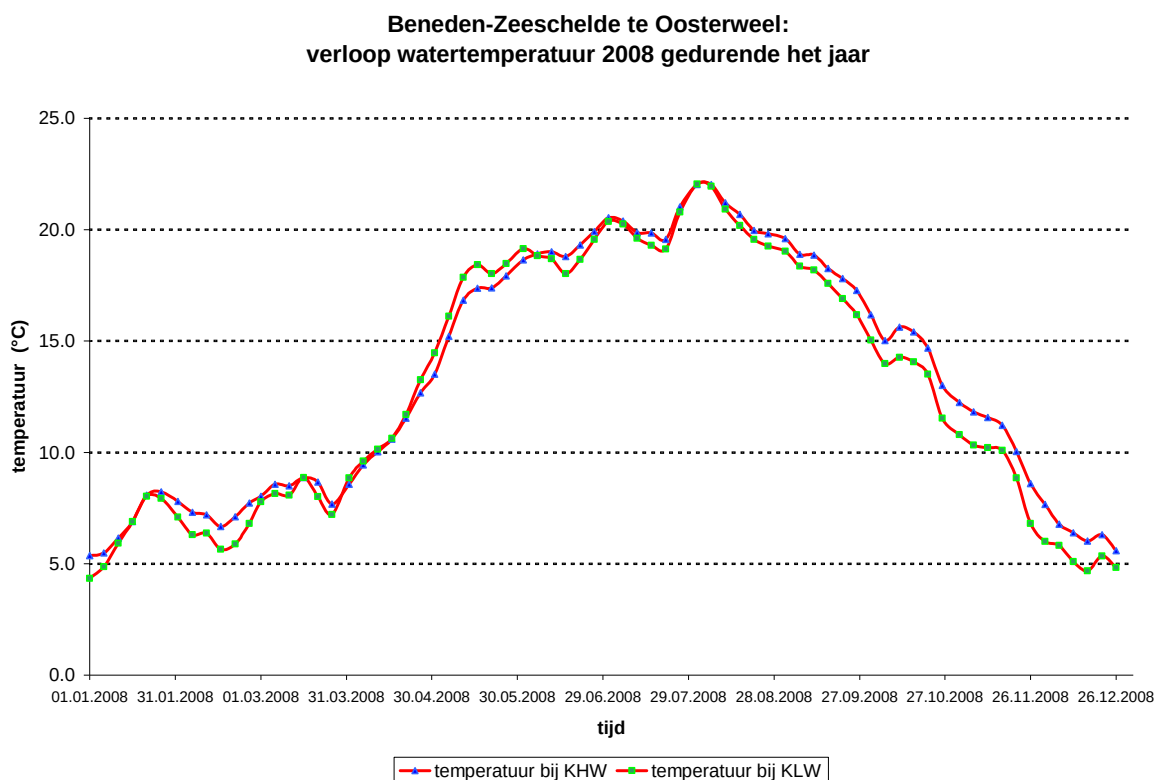


Figuur 66 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: foto van de meetdukdaif met aan linkerkant (opwaartse zijde) de twee kranen elk dragend een Aanderaa-RCM9-meettoestel en aan rechterkant (afwaartse zijde van de dukdalf) de meethut met tij- en meteo-meting

Aldus kan figuur 67 met het jaarverloop 2008 van de watertemperatuur te Oosterweel bij enerzijds kentering van hoogwater en anderzijds kentering van laagwater begrepen worden. Zoals hoger aangegeven komen de tij-afhankelijke extrema van temperatuur (zoals van conductiviteit) voor bij KHW en KLW.

In figuur 67 (en in de meeste navolgende figuren) is het verloop over het jaar gegeven per waarde van vijfdaagse periode, identiek aan de vijfdaagse perioden zoals gedefinieerd bij het berekenen van de bovendebieten van "de Schelde te Schelle", ook al doet dat bovendebiet in dit geval van watertemperatuur niet correlatief terzake.

Alleszins geven de waarden per vijfdaagse periode een goed beeld. De temperatuur tussen KHW en KLW verschilt iets van nature, en de mate waarin is afhankelijk van de seizoenen. In voorjaar en zomer is het verschil klein, doch in winter en herfst kan het temperatuursverschil tussen deze bij KHW en de naburige KLW's tot een tweetal °C oplopen. Wat ook kan gemerkt worden, is dat het te Oosterweel niet éénduidig is dat het Scheldewater bij KHW steeds kouder is dan deze bij KLW zoals in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans steeds het geval is. Hier is een seizoenale afhankelijkheid, nl. dat in winter en in de jaarperiode waarbij het Scheldewater algemeen kouder wordt, de temperatuur (te Oosterweel! want dat is plaatsafhankelijk!) bij KHW hoger is dan bij KLW. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse vnl. petrochemische industrieën, speelt een rol. Dat mag niet veralgemeend worden, en aangevuld met temperatuursmetingen op vele andere locaties.



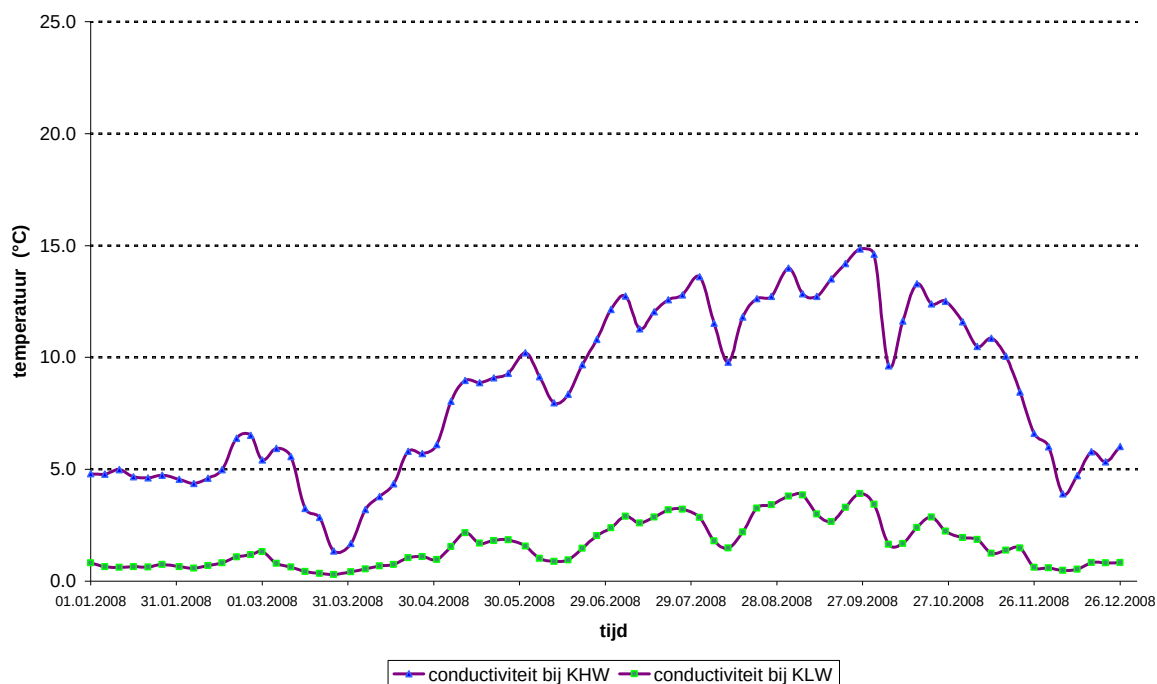
Figuur 67 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van de watertemperatuur per vijfdaagse periode, met onderscheid naar de temperatuur bij KHW en bij KLW

De figuur 68 toont het jaarverloop in 2008 van de conductiviteit van het Scheldewater te Oosterweel. Dat verloop geldt typisch voor alle locaties in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. De conductiviteit hangt -zie hoger- in hoofdzaak af van het gehalte aan zeewater zegge chloride, en gezien het in figuur 68 handelt om de conductiviteit bij heersende temperatuur ook doch in Westerschelde en in Beneden-Zeeschelde minder, van die temperatuur.

Alleszins is het bij KHW steeds conductiever dan bij KLW, zonder uitzondering. Het verschil tussen de grotere conductiviteit bij KHW en de lagere bij KLW, is wel verschillend doorheen het jaar. Het is relatief klein tot vrij klein in winter en na-herfst, en groot tot flink groot in voorjaar, zomer en na-zomer. De precieze periodes van ofwel kleiner dan wel groter verschil hangt af van de grootte van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle", dat een grote rol speelt in het aandeel zeewater op een locatie, en van de temperatuur. Mooie na-zomers (kleine bovendebieten, grote dag- en nacht-temperaturen) geven aanleiding tot een langdurige grote waarde van de conductiviteit bij KHW en ook doch in mindere mate, althans hier te Oosterweel, bij KLW. De locatie Oosterweel ligt qua het verloop van chloridegehalte dus conductiviteit, in een overgangszone, daar waar mooie nazomers in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans, aanhoudend grote waarden van conductiviteit geeft zowel bij KHW als bij KLW.

Dat het verschil tussen conductiviteit bij KHW en bij KLW in een tij-dag zo groot kan worden, is opmerkenswaardig en typisch voor de overgangszone waarin Oosterweel ligt. KLW geeft in wezen een achtergrondwaarde terwijl KHW aanleiding geeft tot uiteenlopende waarden, van niet zo groot bij flinke afvoer van het Zeescheldebekken, tot vrij groot bij kleine (en vooral aanhoudend kleine) afvoer.

**Beneden-Zeeschelde te Oosterweel:
verloop conductiviteit 2008 gedurende het jaar**

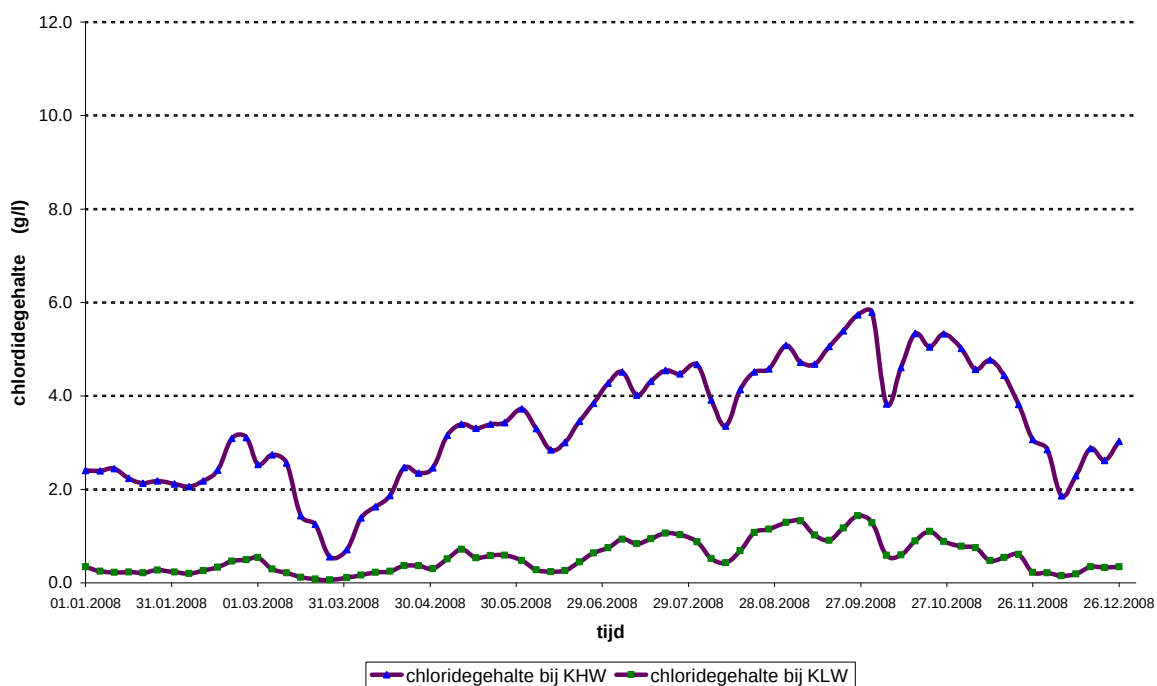


Figuur 68 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van de conductiviteit per vijfdaagse periode, met onderscheid naar de conductiviteit bij KHW en bij KLW

Nogmaals: dit alles geldt voor de locatie Oosterweel, of voor de regio Kallo à Schelle, nl. dat vak van de Zeeschelde waar volgens de langsas bekeken, de helling in ogenblikkelijk verloop, moment per moment, of per KHW of per KWL, van de conductiviteit want van het chloridegehalte, beduidend groter is dan afwaarts ervan. Opwaarts verkleint dat "verhang" in chloride dermate en is zelfs zeer flauw, dat er geen groot verschil meer is tussen conductiviteit of chloridegehalte bij KHW en KWL. Uit dat alles komt naar voor dat alhoewel de conductiviteit (en het chloridegehalte te Oosterweel bij KWL relatief klein blijft en relatief niet zo'n grote variaties kent (relatief!), dat conductiviteit en chloridegehalte bij KHW wél in zomerse periode relatief zeer groot worden en wél grote variaties in jaarverloop kent, vnl. aan een grote invloed van verandering en bovendeblaten van de "Schelde te Schelle" onderhevig is.

Daarmee is de overgang naar het chloridegehalte gemaakt. Figuur 69 toont het jaarverloop in 2008 te Oosterweel. Het beeld is vanzelfsprekend vrij congruent aan dat van de conductiviteit. Waar het chloridegehalte in 2008 steeds kleiner was dan 1,8 g/l bij KWL (gerekend aan vijfdaagse gemiddelden), varieert het chloridegehalte bij KHW van een minimumwaarde rond 0,7 g/l tot een maximum van bijna 6 g/l. Uiteraard hangen deze minima en maxima af van de bovendeblaten "Schelde te Schelle" en zijn dus van jaar tot jaar verschillend, maar de algemene trend is typisch.

**Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
verloop chloridegehalte gedurende het jaar 2008**



Figuur 69 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel: jaarverloop 2008 van het chloridegehalte per vijfdaagse periode, met onderscheid naar het chloridegehalte bij KHW en bij KWL

In volgende jaren zullen analoge beelden kunnen getoond worden voor andere locaties, en kan gezien worden hoe de locatie Oosterweel in bepaalde mate singulier is. Verder in rapport komen nog waarden aan bod gemeten tijdens kenteringsvaarten bij zowel KHW als KWL, van Bath tot Rupelmonde, en kunnen al ruimer geldende conclusies getrokken worden.

3.2 verloop 2008 stroomsnelheid- en richting meetlocaties Beneden-Zeeschelde

3.2.1 verloop van stroomsnelheid

In vorige paragrafen werd al het verloop van stroomsnelheid en -richting doorheen een tij-dag aangegeven. De waarden stroomsnelheid rond en om de kenteringen zijn zeer klein tot bijna nul, en hebben op zich geen fysische betekenis om er jaarbeelden of evoluties van aan te maken.

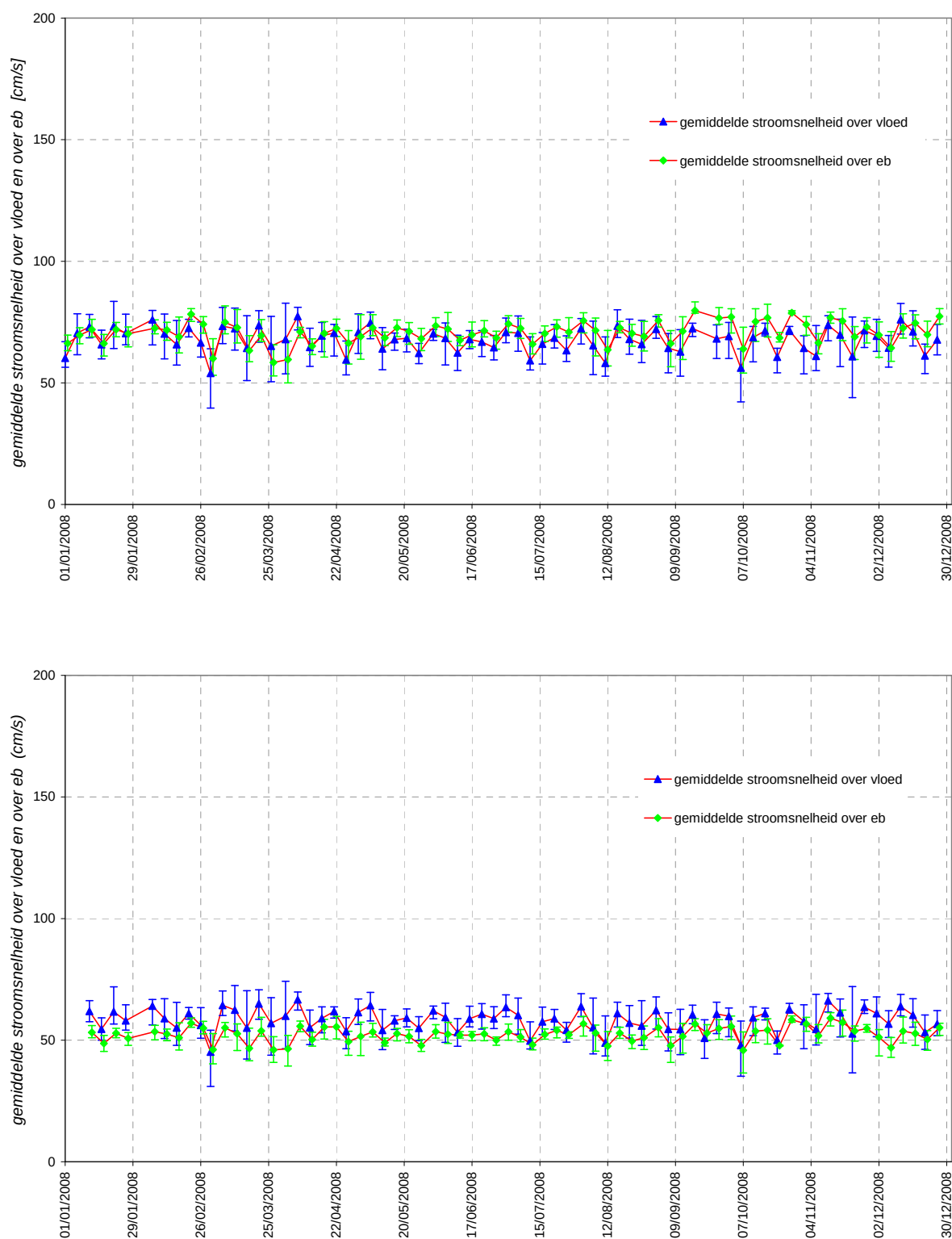
Worden rond en om het moment van de kenteringen, de stroomsnelheden tussen een bepaalde tijdsduur voor kentering tot een andere bepaalde tijdsduur na kentering, niet beschouwd, dan kunnen gemiddelde stroomsnelheden voor de overgebleven tijdsduren van vloed resp. eb bepaald worden. Deze hebben wel een fysische betekenis: bij springtijden zijn ze groter dan bij middeltijden die dan weer groter zijn dan bij doottijden. Bij stormtijden kunnen die stroomsnelheden beduidend groter zijn. In wezen is de stroomsnelheid een functie van het tijverschil. Vraag is of doorheen het jaarverloop, het omgaan met tijdsduren rond en om de kenteringen om de aldan kleine of nul-stroomsnelheden buiten beschouwing te laten, handig is. Gekozen is om niet met dergelijke tijdsduren te werken, doch met een snelheidsminimum: stromingen met kleinere snelheden worden buiten beschouwing gelaten, enkel de grotere worden -apart per vloed en eb- behandeld. Men kan bvb. (en dit gaat af op ervaring én proberen) een minimumsnelheid van 0,20 of 0,25 m/s nemen, indien het gaat om meetpunten waar niet de morfologie van belang is. Is deze wél van belang, bvb. stroomsnelheden over slikken en platen, dan kunnen grotere minimumwaarden genomen worden, beneden dewelke de morfologische effecten nl (te) klein zijn.

Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en eb, gelden ook de maximum stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er afhankelijkheid van doottij, middeltij, springtij, stormtij.

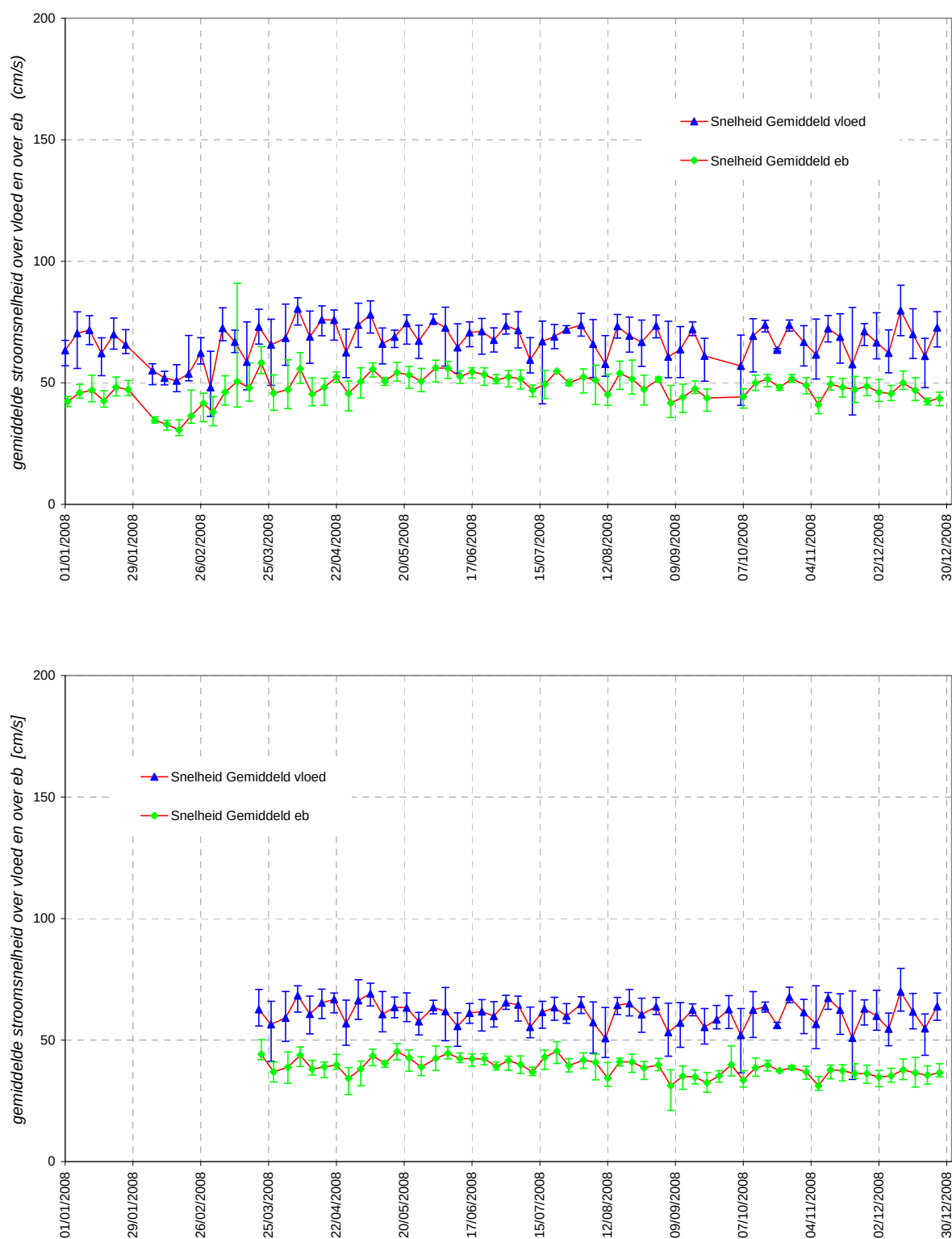
In de vier navolgende figuren 70 t/m 73 zijn resp. de gemiddelde (fig. 70 en 71) stroomsnelheden bij vloed en bij eb, en de maximale (fig. 72 en 73) stroomsnelheden bij vloed en bij eb weergegeven voor resp. de locaties Oosterweel en Boei 84, met op elke figuur bovenaan deze van het bovenste meettoestel (4,5 m boven bodem) en onderaan deze van het onderste meettoestel (1 à 1,5 m boven bodem). De verlopen tonen de gemiddelde resp. maximale waarden aan per vijfdaagse periode (nl. de blauwe en groene punten, verbonden door rode lijnen) alsook de minimale waarde en de maximale waarde in elke vijfdaagse periode (als een soort van verticale fouten-balk doch hier zijnde een bereik-balk).

De conclusies zijn duidelijk: steeds is het patroon van doottij/middeltij/springtij te herkennen. De stroomsnelheden bij vloed zijn ook groter dan bij eb, zowel gemiddelde stroomsnelheden als maximale stroomsnelheden, als is het verschil te Oosterweel kleiner dan aan Boei 84, en voor de bovenste meetplaats te Oosterweel is de gemiddelde stroomsnelheid bij vloed gelijk of iets kleiner dan bij eb. Dat is een plaatsgebonden resultaat; de maximale stroomsnelheden zijn duidelijk altijd groter.

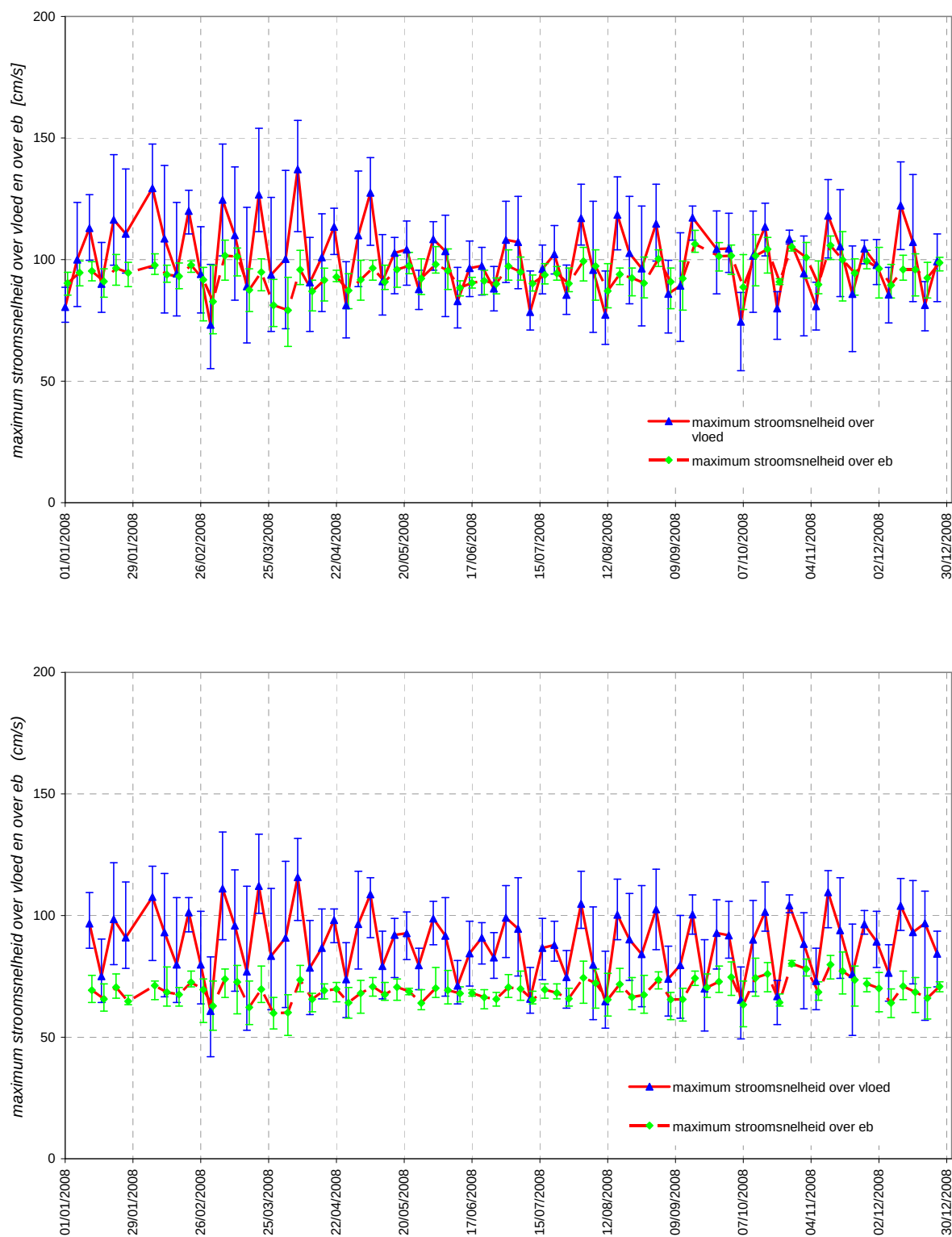
Rond en om de gemiddelde waarden per vijfdaagse periode, zijn flinke variaties in het bereik mogelijk.



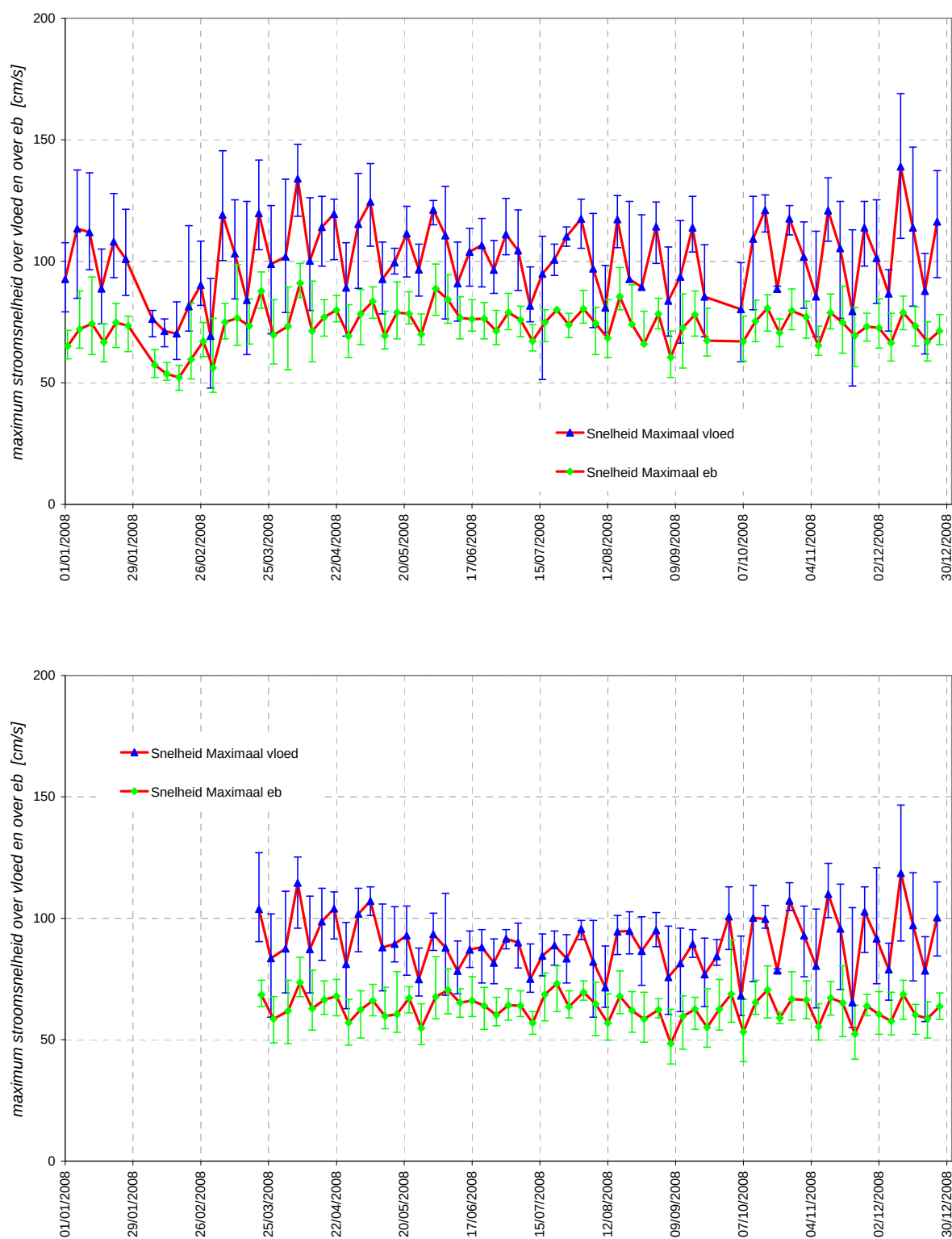
*Figuur 70 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



Figuur 71 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)



*Figuur 72 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



Figuur 73 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)

De grafieken spreken grotendeels voor zich. Samengevat kan worden: de gemiddelde stroomsnelheid is uiteraard groter bij de bovenste toestellen; gemiddelde stroomsnelheden te Oosterweel over vloed en over eb zijn per hoogte ongeveer gelijk, en gaan van (afgerond) 40 à 60 cm/s voor het toestel vlak boven de bodem, en van 60 à 75 cm/s voor het toestel net onder laag-laagwaterpeil. Vanzelfsprekend zijn er waarden die flink van de gemiddelde waarden verschillen, afhankelijk van de grootte van het tijverschil. De maximum-snelheden te Oosterweel over vloed zijn doorgaans groter dan deze over eb, al is het verschil voor het toestel net onder laag-laagwaterlijn klein, en is het verschil voor het toestel over de bodem van orde van grootte 20 à 25 cm/s.

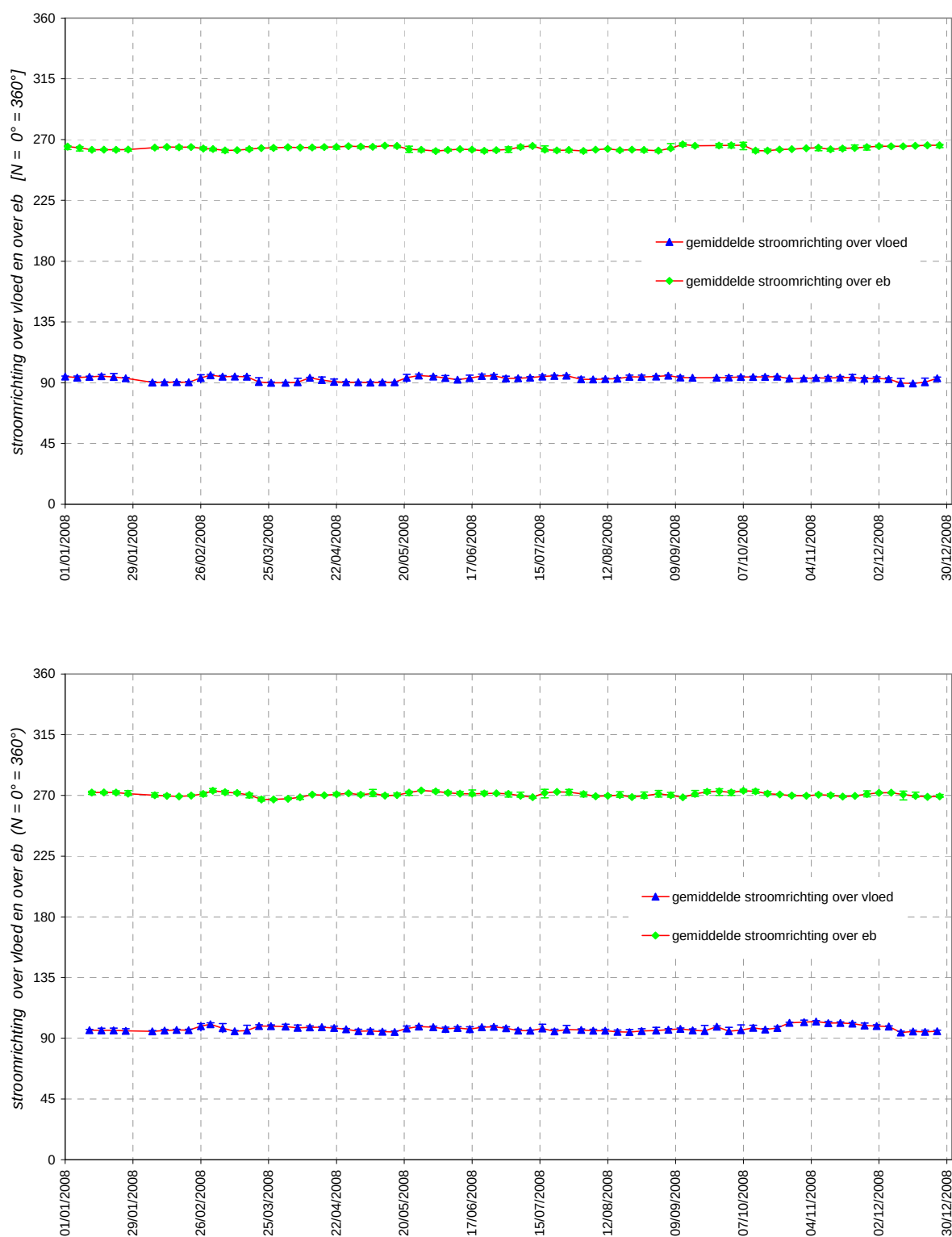
Er mag niet vergeten worden dat het om puntstroomsnelheidsmetingen gaat, weliswaar zo representatief mogelijk voor de dwarssectie gekozen, doch afhankelijk van de locatie waar gemeten wordt, wat niet zomaar kan gekozen worden want buiten vaargeul moet liggen en aan een steiger of dukdalf moet kunnen geplaatst worden. In Moneos is o.a. opgenomen om o.m. stroommetingen doorheen de ganse dwarssectie te doen, over een gans getij (dertienuurs-metingen) om aldus de puntsnelheidsmetingen aan waarden over de ganse dwarssectie (snelheden en debiet) te kunnen koppelen.

Aan Boei 84 zijn de verschillen tussen de stroomsnelheden bij vloed en deze bij eb uitgesprokener. Gemiddelde snelheden van 60 à 75 cm/s bij vloed gelden voor beide meettoestellen, en bij eb 30 à 65 cm/s. Daarin is enige overlapping, maar niet zo dat per tij, per dag of per bvb. vijfdaagse periode overlapping is: per tij genomen is er steeds een beduidend verschil tussen gemiddelde snelheid over vloed en over eb, nl. een verschil van ongeveer 20 cm/s. De maximale snelheden aan Boei 84 tonen ook eenzelfde beeld aan: maximale stroomsnelheden bij vloed zijn steeds groter dan deze bij eb in dezelfde periode beschouwd. Ook hier is een duidelijke variatie in het verloop wegens doortij/middeltij/springtij. Maximum stroomsnelheden bij vloed gaan van (afgerond) 75 à 125 cm/s (met bij het bovenste meettoestel uiteraard grotere snelheden dan bij het toestel vlak boven bodem) en bij eb gaat het (afgerond) van 50 tot 75 cm/s.

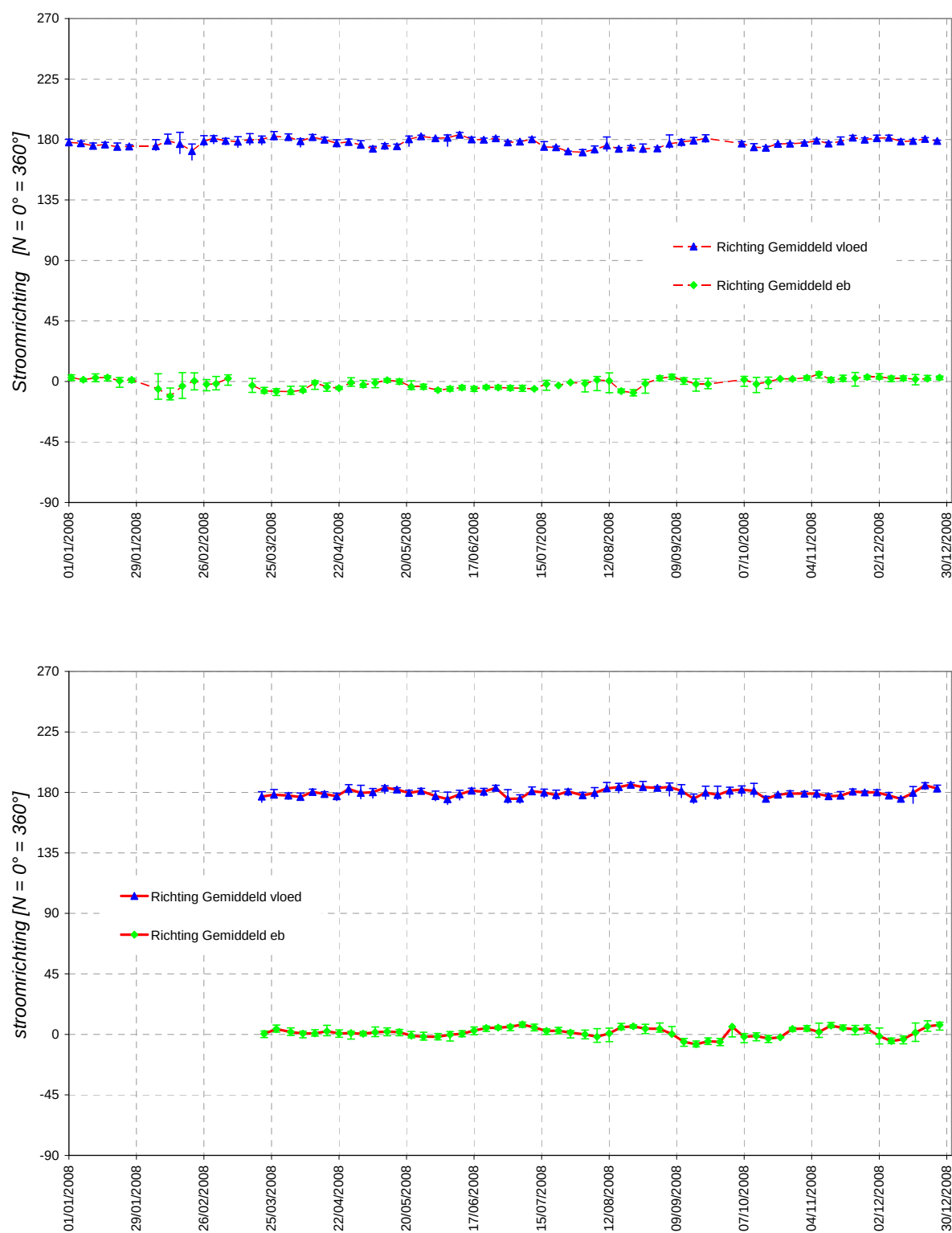
3.2.2 verloop van stroomrichting

De Aanderaa-RCM9-multiparametertoestellen meten de vectoriële watersnelheid in een horizontaal vlak, tot een drietal meter rondom de meetsonde. Buiten de absolute snelheid is dus ook de stroomrichting gekend. Deze wordt klassiek uitgedrukt in 360-delige graden t.o.v. Noord. De waterstroomrichting duidt de richting aan waarnaar de stroming gaat, in tegenstelling tot windrichting.

De twee volgende figuren tonen de stroomrichting over het jaar 2008. Zoals verwacht is er een éénduidige stroomrichting bij vloed, en een andere bij eb, en is er een verschil tussen beide van ongeveer 180°. De stroomrichting per locatie en dan per vloed resp. eb, varieert voorts niet (of amper) gedurende de seizoenen. De grafieken 74 en 75 spreken voorts voor zich.



*Figuur 74 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomrichting over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



*Figuur 75 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde stroomrichting over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*

3.3 verloop 2008 temperatuur continue meetlocaties en langsvaarten

3.3.1 verloop van temperatuur op continue meetplaatsen Beneden-Zeeschelde

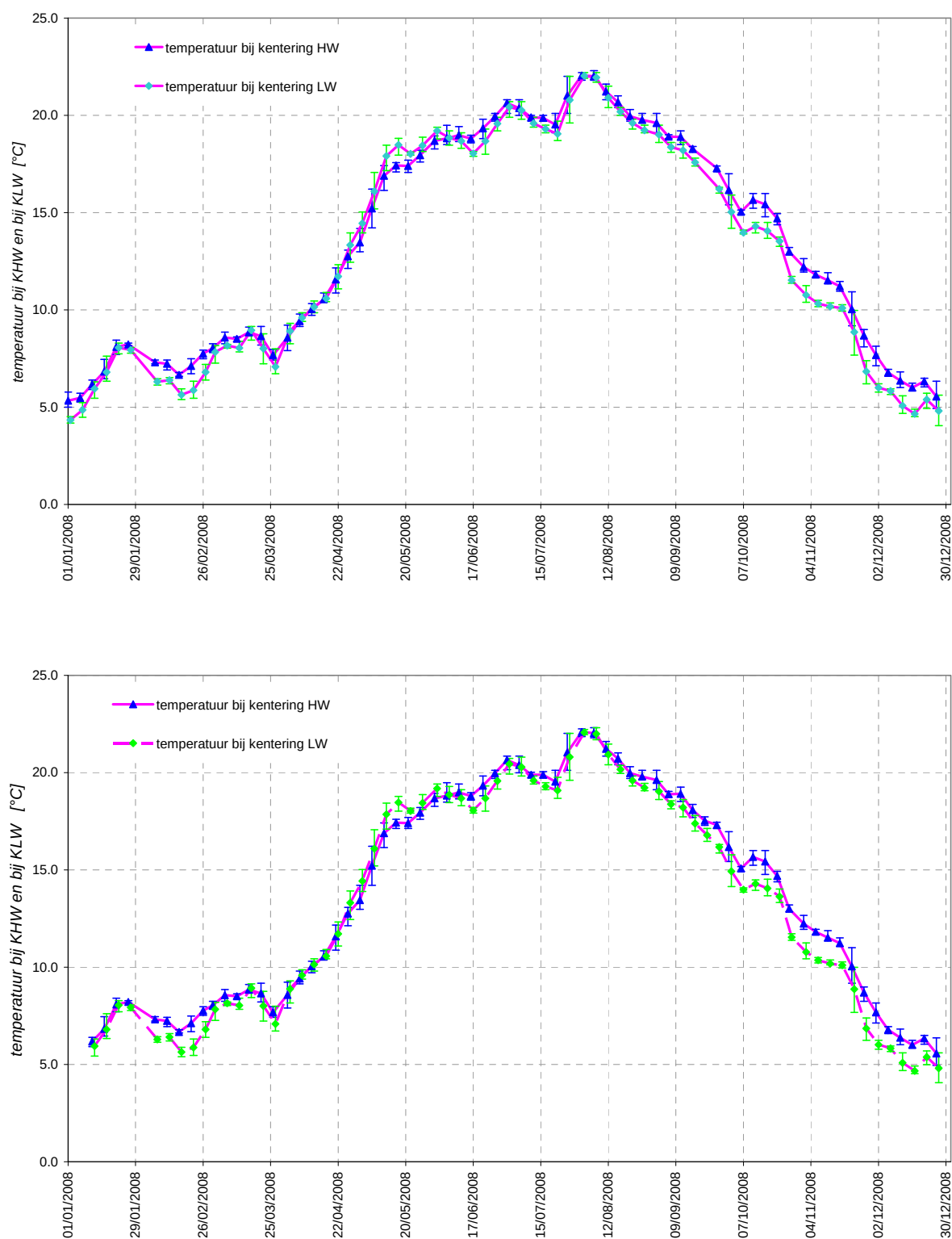
Zowel te Oosterweel als aan Boei 84 wordt op twee plaatsen over de verticale, de watertemperatuur continu gemeten. Zoals al hoger aangehaald, betekent "continu" een meting om de tien minuten. Telkens staat een toestel vlakbij de bodem, met de sondes op ongeveer één meter boven bodempeil, en staat een ander toestel net onder het peil van laag-laagwater zijnde op beide meetplaatsen ongeveer 4,5 meter boven bodem. Hoe ook, door de grote menging is er weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel. Er is wel een verloop gedurende een tij, zie hoger in dit rapport onder de paragrafen 3.1.3 en 3.1.4. Dat maakt dat de temperaturen, net zoals de conductiviteit en het chloridegehalte, bepaald worden bij de kenteringen. Het ongeveer cosinusidale verloop tussen KHW en KLW en dan terug naar KHW, verschilt licht van meetlocatie tot meetlocatie.

Het temperatuursverloop aan Boei 84 is duidelijk: onafhankelijk van de seizoenen is het Schelde-water steeds iets kouder bij KHW dan bij KLW. Het temperatuursverschil is niet constant, en hangt al af van het tijverschil: hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen. Het verschil bij de opeenvolgende kenteringen in een tij, een dag, een bvb. vijfdaagse periode, kent ook een kleine seizoenale invloed, want bedraagt minder in het voorjaar bij opwarming van het Scheldewater, dan in andere periodes.

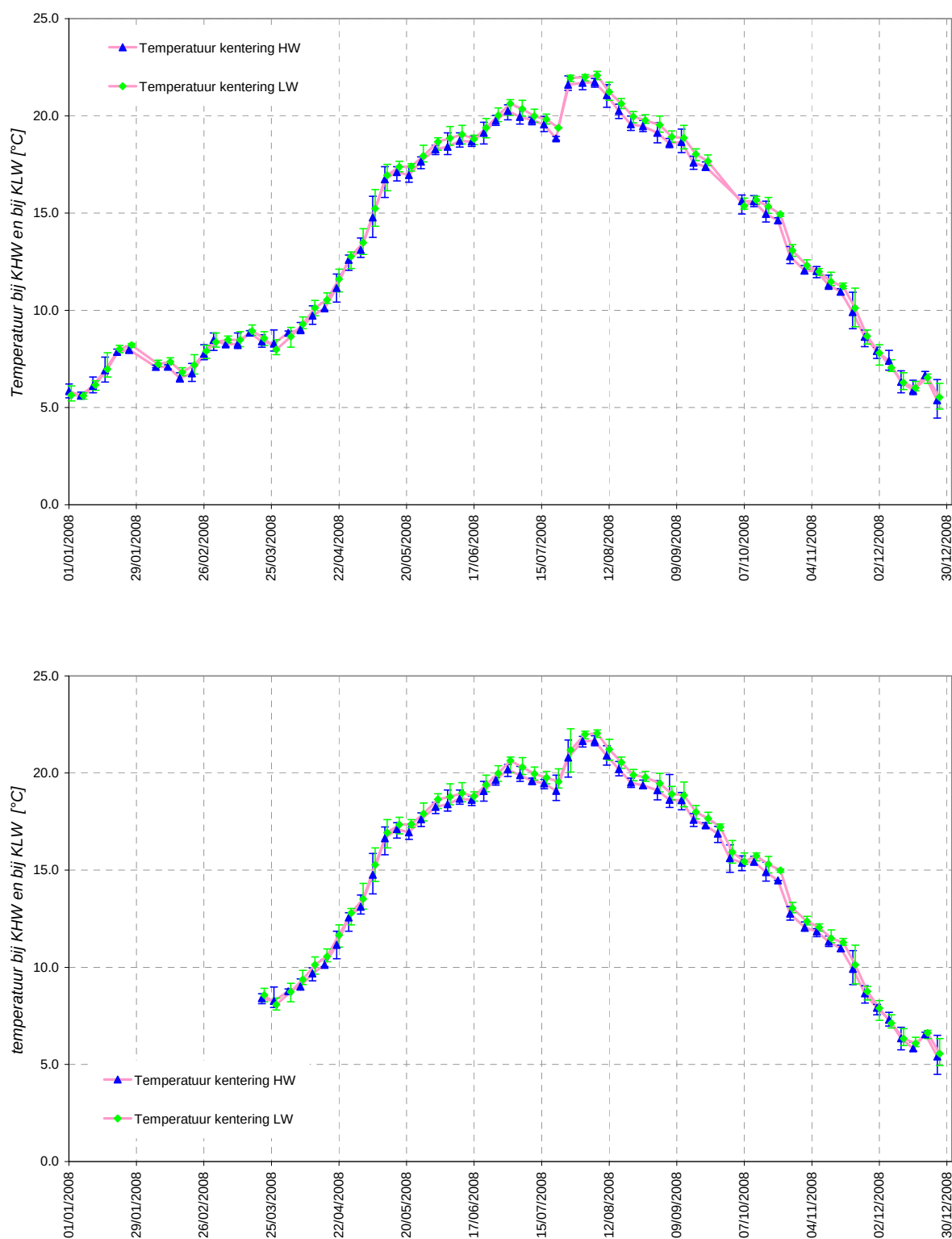
Het temperatuursverloop aan Boei 84 toont daarmee eenzelfde globaal beeld als in de Westerschelde en geldt ook voor de Beneden-Zeeschelde afwaarts Kruisschans: vloed brengt van afwaarts kouder (en ook zouter, doch dat staat hier los van) water aan tot een tijdelijk minimum wordt bereikt waarna het, met eb, weer "warmer" wordt.

Het temperatuursverloop te Oosterweel kijkt daar iets van af. Weerom is de reden dat het om een overgangszone gaat waarbij het feit of het bij KHW iets warmer of iets kouder is dan bij de omringende KLW's, van de seizoenen afhangt. Figuur 76 geeft de verlopen aan: of KHW warmer dan wel kouder is dan KLW kan niet aan een "warmere" of aan een "koudere" periode worden gerelateerd. Wel is te zien dat bij afkoeling (nazomer + herfst + begin van winter) het een omgekeerd beeld geeft van wat aan Boei 84 gans het jaar door bestaat. Maar ook in na-winter en -in 2008- in juni was de watertemperatuur bij KHW groter dan bij KLW. Bij het overlopen van de watertemperatuur bij de kenteringsvaarten, dus over een langsas van Bath tot Rupelmonde, zal hier nader worden ingegaan.

Bij vergelijking van de watertemperaturen van enerzijds Oosterweel en anderzijds Boei 84, geldt dat deze temperatuur goed overeenkomen, behalve vanaf nazomer tot en met winterperiode, wanneer de watertemperaturen te Oosterweel bij kentering van laagwater beduidend kouder is dan te Boei 84. Een "warmtehart" tussen Oosterweel en Boei 84 levert dergelijk beeld, als bij koud Scheldewater de verschillende en soms erg belangrijke warmtelozingen tussen Kallo en de grens hun effect tonen.



*Figuur 76 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de temperatuur bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



*Figuur 77 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84 :
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de temperatuur bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*

3.3.2 verloop van temperatuur tijdens langsvaarten

Reeds bijna vijftig jaar lang worden elke maand langsvaarten gedaan van Bath naar Rupelmonde, nl. één bij KHW en één bij K LW. Destijds was de Belgische vaart beperkt over de Belgisch/Nederlandse grens tot Kruibeke, en deed de Nederlandse Rijkswaterstaat er dezelfde dag doch enkel bij K LW, een analoge vaart tussen Hansweert en de grens. Aan die grens werd een gezamenlijk "internationaal" watermonster genomen, om de meetresultaten kwalitatief op elkaar af te stemmen. Een en ander kaderde in de Belgische vraag om rechte trekking van de Bocht van Bath en om de aanleg van het Baalhoekkanaal. De "Belgische" kenteringsvaarten zijn steeds behouden geworden, en van meet af aan werden ook vaarten bij kentering van hoogwater gedaan.

De meetparameters door "Hydrometrie-Schelde" (vanouds het Ministerie van Openbare Werken) zijn de klassiekers: temperatuur, conductiviteit, saliniteit maar eigenlijk chloridegehalte en zuurtegraad. Door VMM werden bij de maandelijkse vaarten van K LW heel wat parameters gemeten, algemeen fysisco-chemische parameters zoals in de monitoring van VMM (destijds het Ministerie van Volksgezondheid) past.

De vier navolgende figuren tonen beelden van vier dergelijke langsvaarten, nl. twee bij K HW en twee bij K LW, en telkens gekozen in een zomerse situatie (september 2008) en een winterse (december 2008). Op x-as zijn de meetlocaties aangeduid in hun kilometrage; de opeenvolgende meetlocaties gaan van Boei 79 (Bath) via grens, Doel, Liefkenshoek, Kruisschans, Kallo, Oosterweel, Antwerpen, Burcht, Kruibeke naar Rupelmonde; onderweg wordt op 17 plaatsen gemeten.

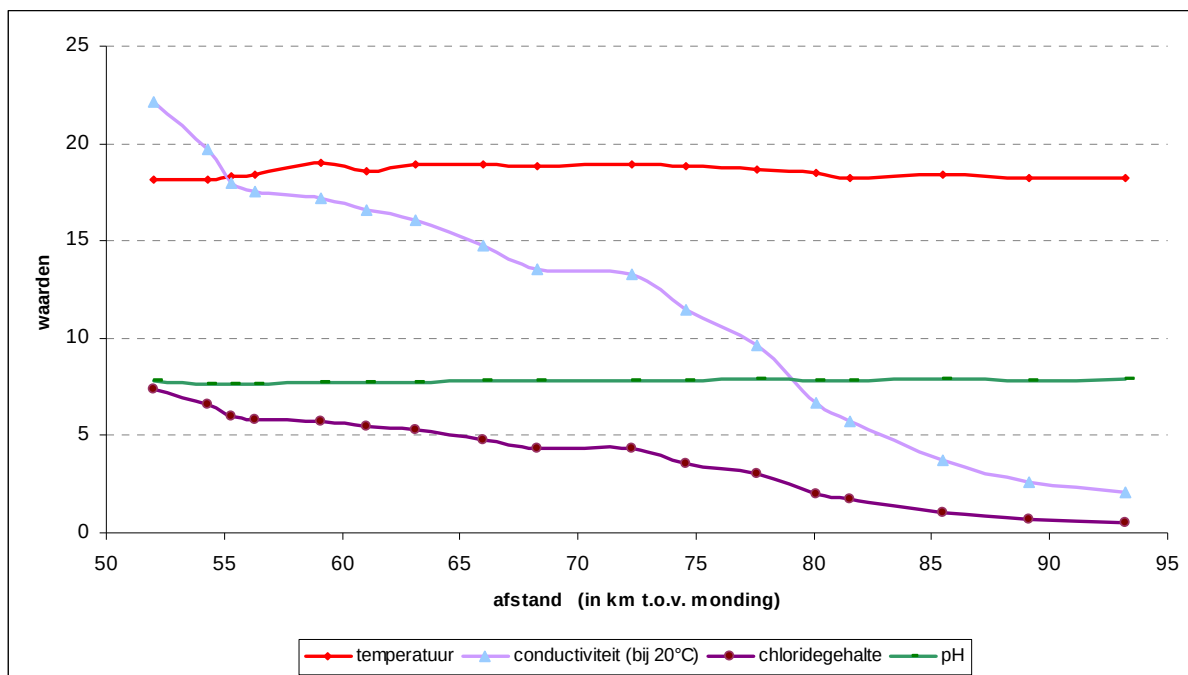
Elke van de vier navolgende figuren toont het langsverloop van de betrokken parameters: temperatuur, conductiviteit (hier wél omgerekend naar een standaard-temperatuur nl. van 20°C), chloridegehalte en pH.

In deze paragraaf wordt ingezoomd op het temperatuursverloop. Het beeld is niet constant. Uiteraard is er relatief weinig temperatuursverschil over de langsas, maar meestal is er een iets grotere temperatuur in het middengedeelte van het gevaren traject, zeker bij K HW-vaaarten, doch is er wisselvalligheid bij de K LW-vaaarten. In ieder geval blijft het temperatuursverschil over het traject relatief klein.

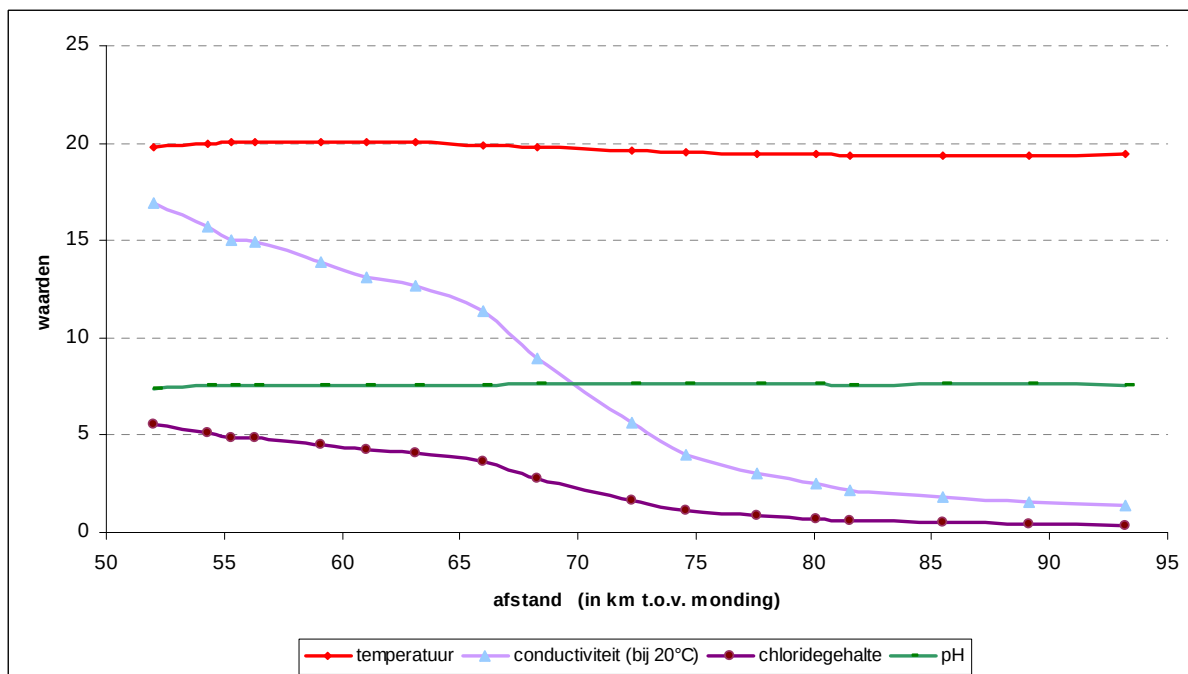
In eerste instantie dienden deze vaarten -historisch bezien- immers voor de langstrajecten te kennen van het chloridegehalte, wat immers van maritiem belang is want impact op de densiteit van het water dus de inzinking van diepstekende zeeschepen en op het gebruik van Scheldewater als koelwater.

Bij volgende paragrafen wordt op diezelfde figuren teruggekomen, nl. voor conductiviteit (chloridegehalte) en zuurtegraad (pH).

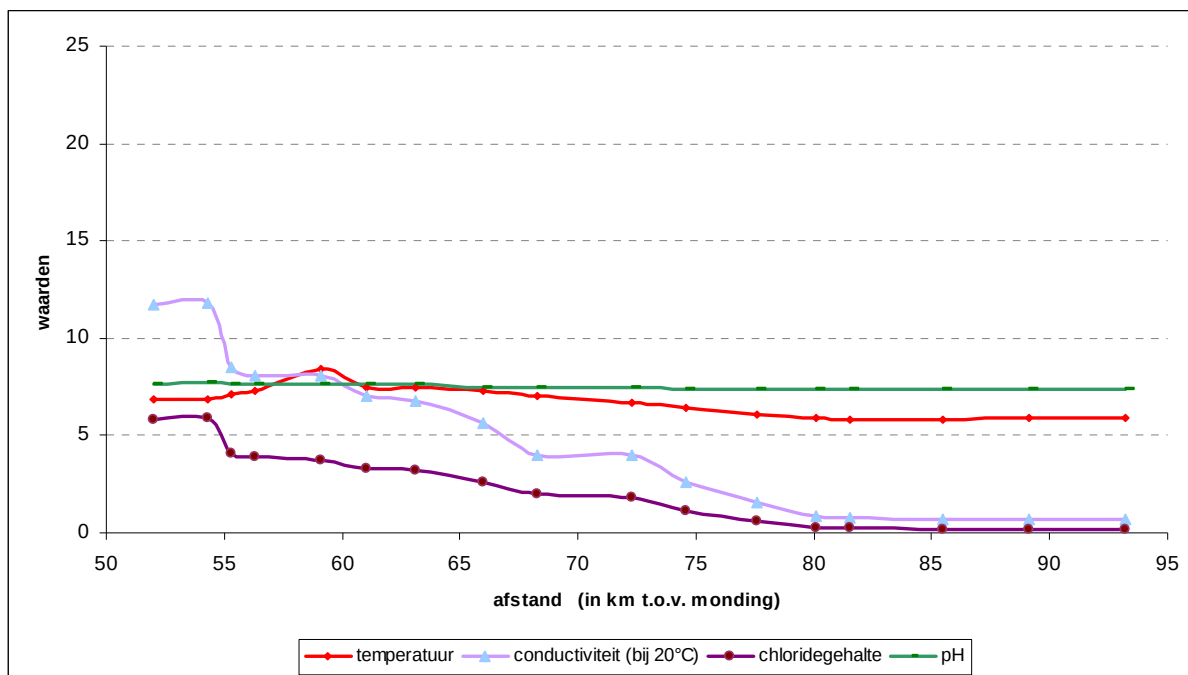
In het bijlagen-rapport horend bij dit (tekst-)rapport zijn alle kenteringsvaarten opgenomen, zo in tabel als in grafie.



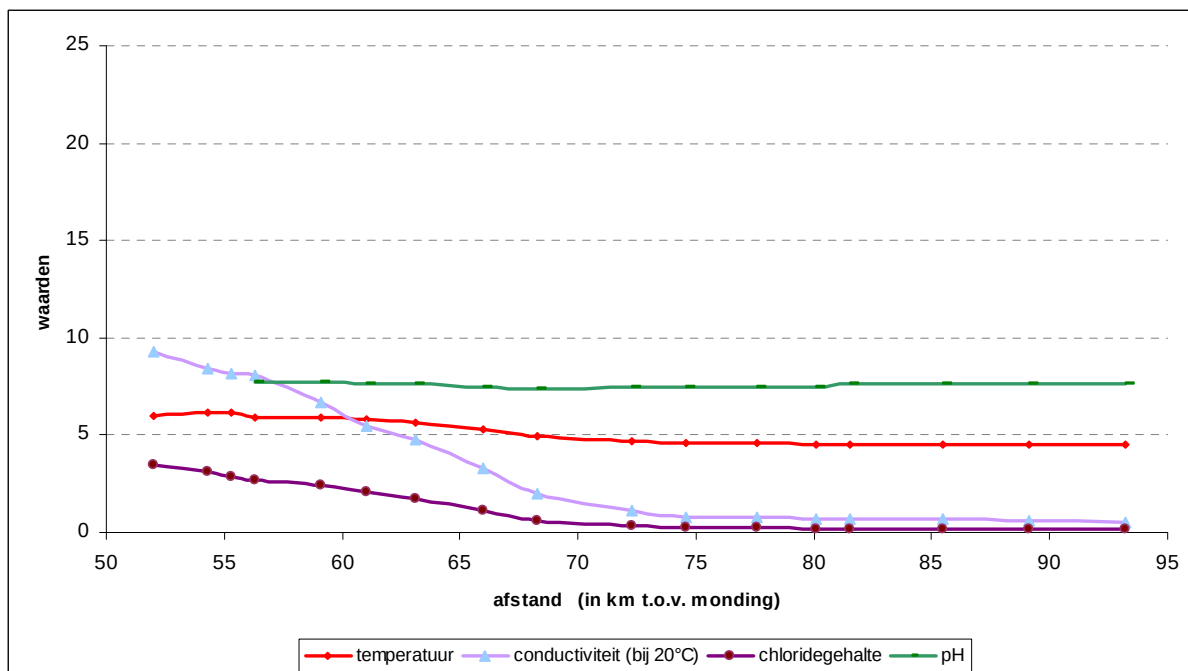
Figuur 78 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering hoogwater op 09.09.2008 - verloop alle meetresultaten



Figuur 79 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering laagwater op 01.09.2008 - verloop alle meetresultaten



Figuur 80 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering hoogwater op 08.12.2008 - verloop alle meetresultaten



Figuur 81 - Westerschelde en Zeeschelde tussen Bath en Rupelmonde : langsvaart bij kentering laagwater op 15.12.2008 - verloop alle meetresultaten

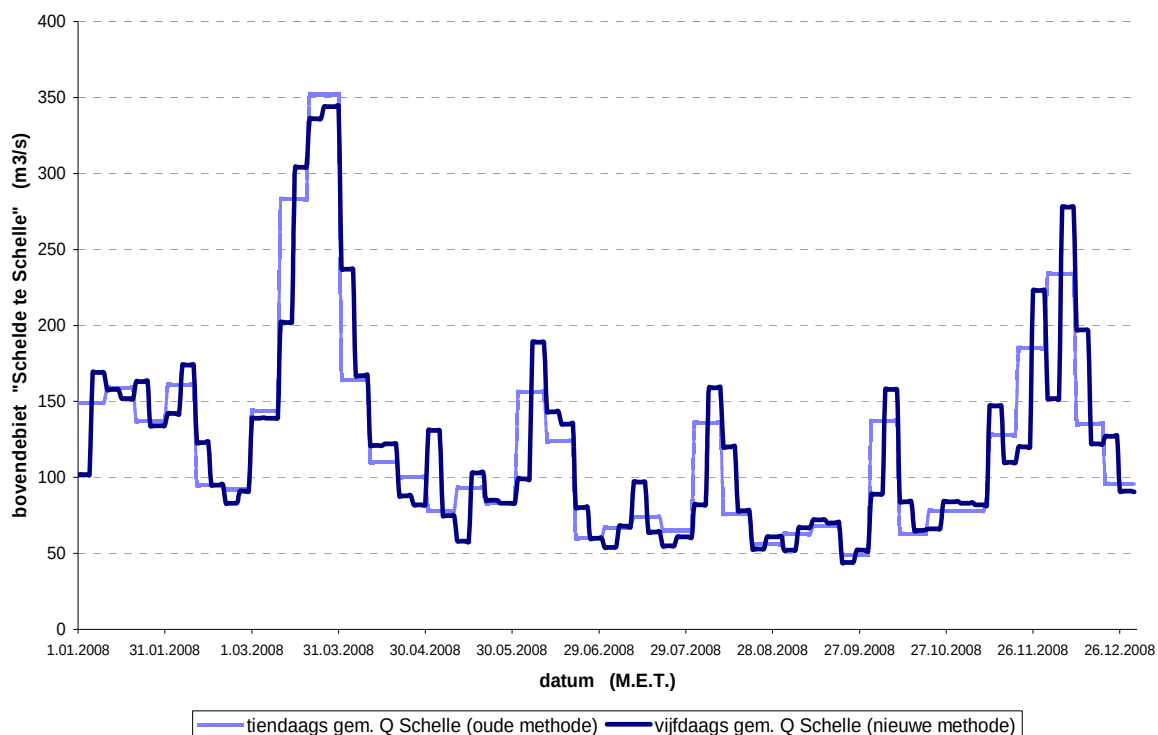
3.4 verloop 2008 conductiviteit continue meetlocaties en langsvaarten

3.4.1 verloop van conductiviteit continue meetlocaties

De conductiviteit van het Scheldewater in de Beneden-Zeeschelde hangt af van vooral het gehalte aan zeewater (zegge het chloridegehalte), en in -maar in mindere mate- van de watertemperatuur. Herhaald weze dat in dit rapport met conductiviteit steeds de absolute conductiviteit bedoeld wordt, dus deze bij heersende watertemperatuur, dus niet een herleide conductiviteit naar een standaardtemperatuur (bvb. 20 of 25°C).

Het is dan ook duidelijk dat de conductiviteit bij elk KHW groter is dan bij de in tijd omringende KLW's, en dat de conductiviteit kleiner wordt naar opwaarts. Seizoenaal is de hoofdbepalende invloed deze van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle". Deze afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, heeft immers een zeer grote invloed op de conductiviteit (of het chloridegehalte) op een plaats. Die afvoer varieert flink doorheen het jaar, en bedroeg in 2008 en op vijfdaagse basis gemiddeld 122 m³/s doch een kleinste waarde van 44 m³/s (in september) en een grootste waarde van 344 m³/s (einde maart). Vanzelfsprekend is een jaarverloop van die afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, steeds per jaar te herbekijken, want hangt helemaal af van wat droge of natte jaren, seizoenen en maanden worden genoemd.

Afvoer van het Zeescheldebekken 2008 :
gemiddelde tiendaagse en vijfdaagse bovendebieten "Schelde te Schelle"

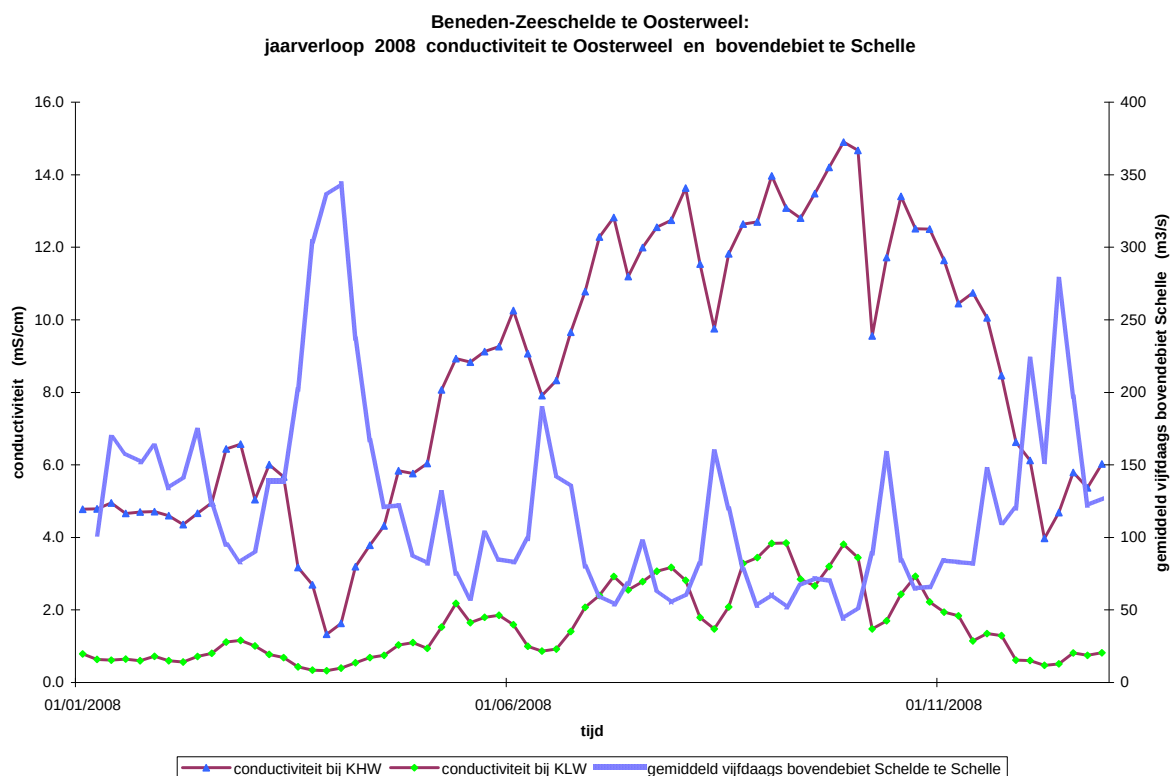


Figuur 82 - Afvoer van het Zeescheldebekken naar zee in 2008 :
vijfdaagse en tiendaagse waarden van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle"

Dé hoofdpijk van die afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, situeerde zich in 2008 einde maart / begin april. In de jaarverlopen van de conductiviteit te Oosterweel en aan Boei 84 (zie de twee desbetreffende iets verder volgende figuren 84 en 85 met hun jaarverlopen) is duidelijk het gevolg te zien: een flink dieptepunt in het verloop van conductiviteit. Te Oosterweel blijft de conductiviteit bij KLW steeds relatief klein, doch ook daar is dat gevolg duidelijk. Bij de verlopen van conductiviteit bij KHW is het gevolg nog duidelijker.

Verdere pieken in grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, waren er half juni, half augustus, half oktober, en vooral van half november tot half december 2008. Elk van deze flinke verhogingen in de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, heeft vrij snel een grote repercussie op de conductiviteit, zowel te Oosterweel als aan Boei 84. Die repercussie komt aan Boei 84 in dezelfde vijfdaagse periode voor als te Oosterweel, want de tijdsdcalage van passeren van de afvoer van het Zeescheldebekken tussen beide locaties is ongeveer een dag, mix van enerzijds de materiële verplaatsing van waterdeeltjes en anderzijds de verplaatsing van de afwaarts gericht fluviatiele golfbeweging.

Minder snel te zien is dat bij het verminderen van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, de conductiviteit minder snel groter wordt dan dat zij bij vergroting van die afvoer vrij snel verkleint. Het is een bekend en typisch verschijnsel.



Figuur 83 - jaarverloop van conductiviteit bij KHW en bij KLW te Oosterweel en jaarverloop van afvoer van het Zeescheldebekken naar zee in 2008 per vijfdaagse periode beschouwd

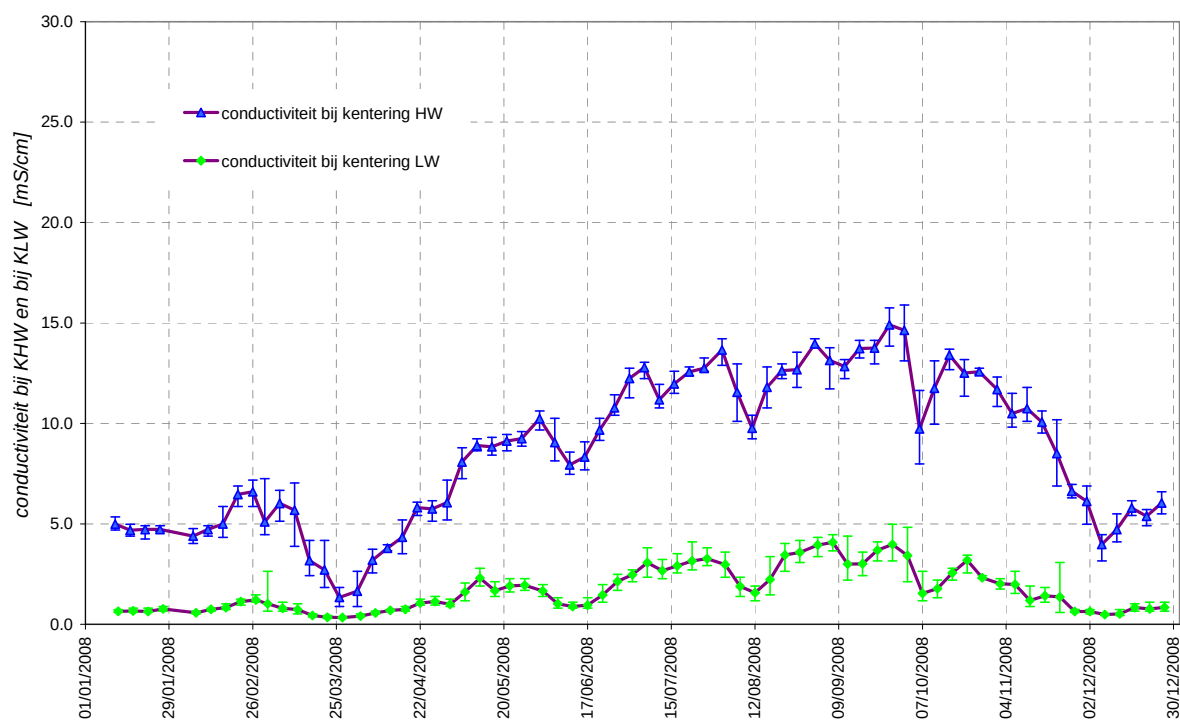
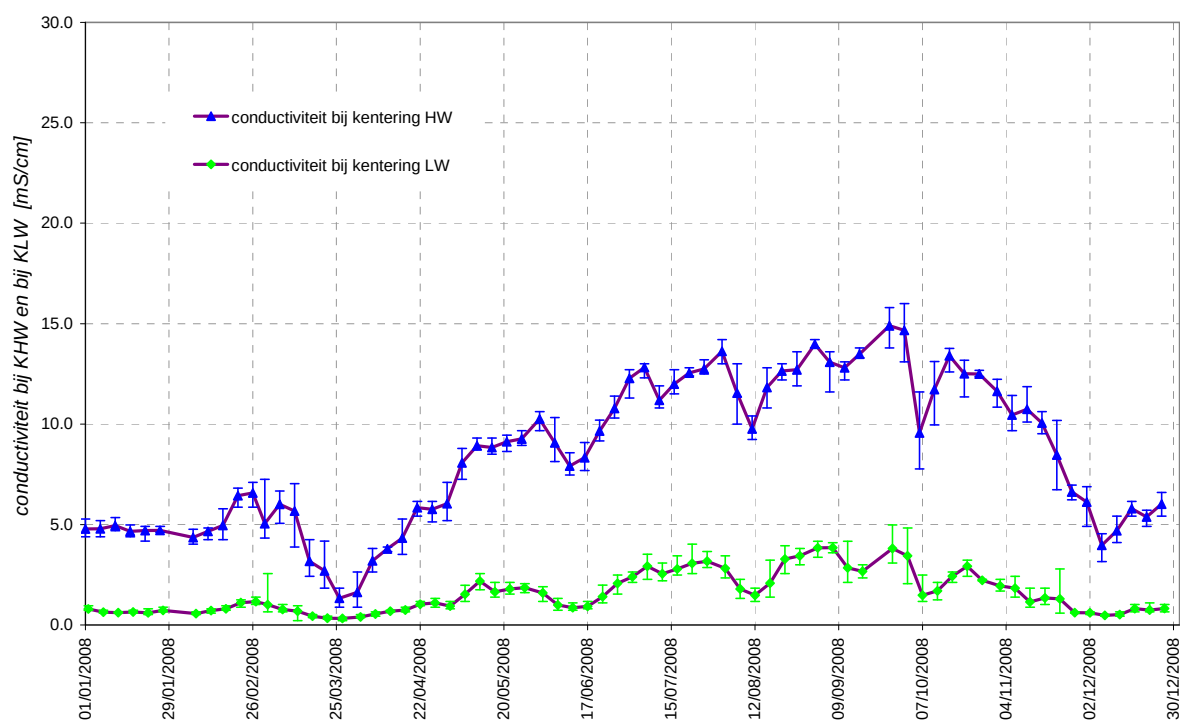
Er kan ook gewezen worden op het verschil van conductiviteit bij KHW met dat bij KLW in eenzelfde tij, dezelfde dag, of dezelfde bvb. vijfdaagse periode. Te Oosterweel blijft de conductiviteit bij KLW (in alle relativiteit met deze bij KHW aldaar of met de kenteringswaarden aan Boei 84) vrij klein, met enige variatie in functie van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee. Die variatie bij KHW is groot, zeer groot. Aan Boei 84 zijn de variaties zowel bij KLW als bij KHW zeer groot, en congruent. Het is dan logisch dat het verschil tussen de conductiviteit bij KHW en bij KLW in eenzelfde periode, zeer groot is te Oosterweel doch relatief "constant" is aan Boei 84.

Dit is regio-gebonden. Wat hier te merken is voor de locatie Oosterweel geldt voor een gans riviervak, van bvb. Kallo tot Schelle. Opwaarts de Rupelmonding zijn de tijdsverlopen van conductiviteit bij KHW en bij KLW zeer congruent aan elkaar, met trouwens een slechts klein conductiviteitsverschil tussen beide. De conductiviteit schommelt weinig in functie van het tijverloop.

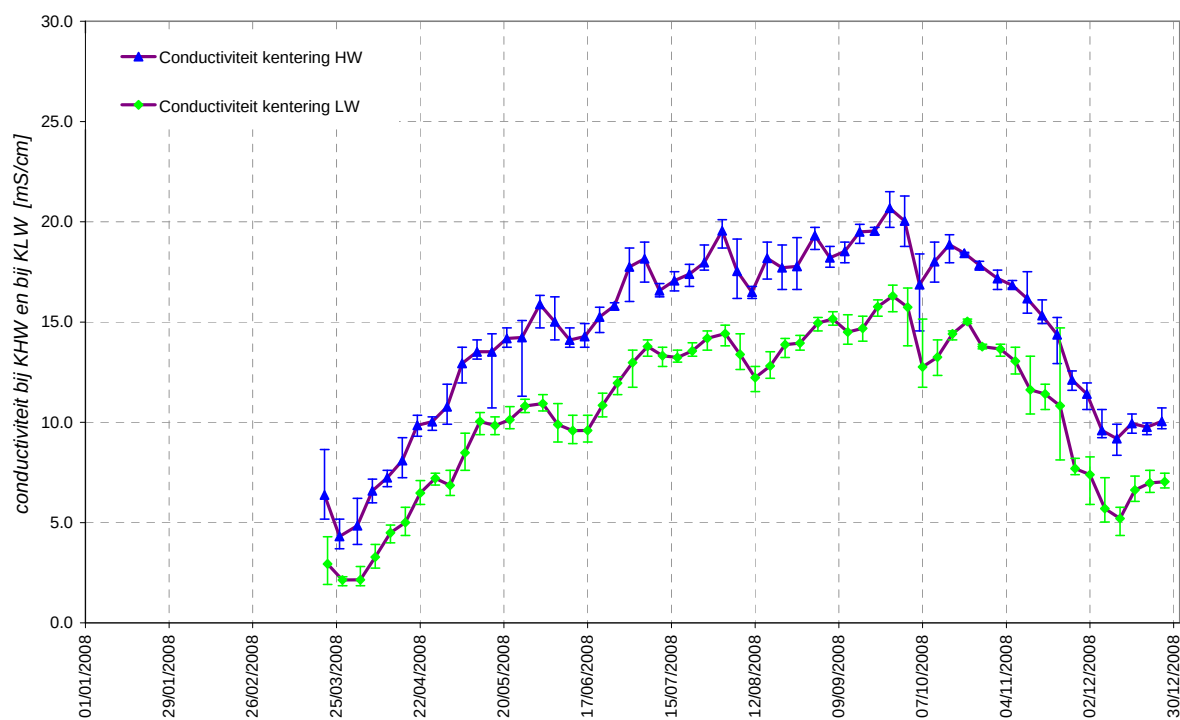
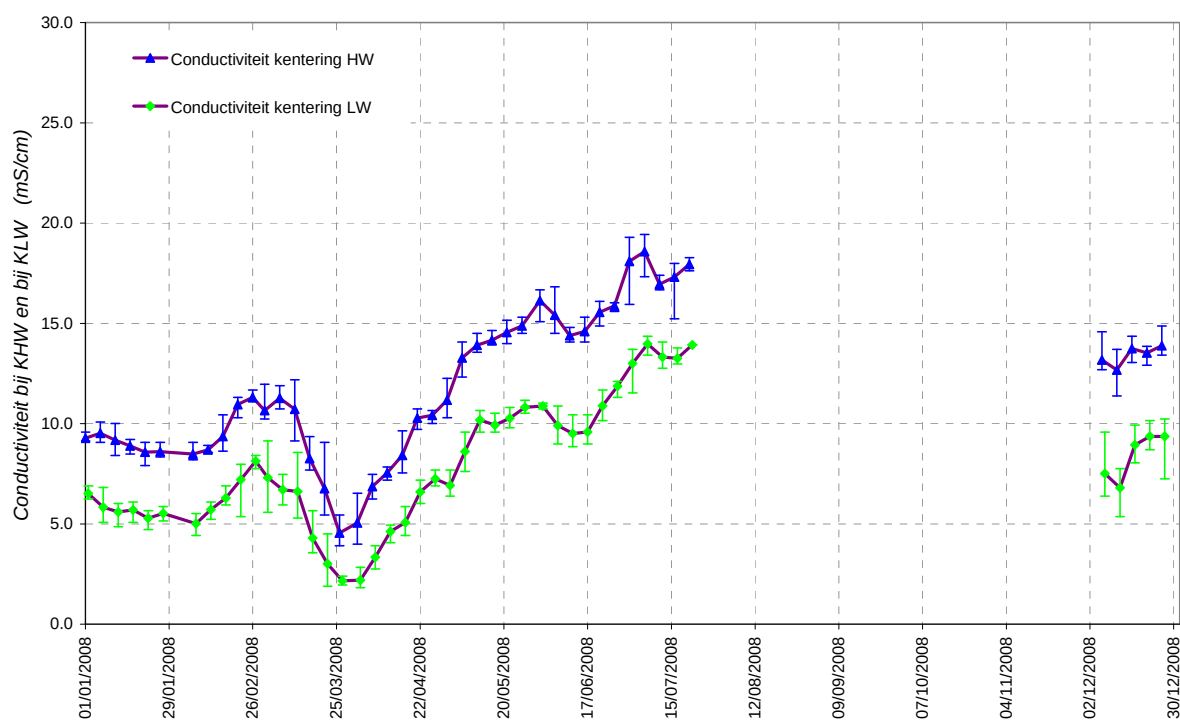
Aan der andere kant is het beeld aan Boei 84 representatief voor het vak Bath-Kallo, zelfs naar afwaarts uitbreidbaar tot Hansweert. Nog verder naar afwaarts verkleinen de tij-gebonden verschillen van conductiviteit en chloridegehalte danig.

Op eenzelfde locatie is het verschil in conductiviteit tussen het nabij de bodem gesitueerde meettoestel en het net onder laag-laagwaterpeil zijnde meettoestel, zeer klein. Dat kan anders zijn, als een locatie gekozen wordt waar dichtheidsstromingen over de bodem aandrijfkraft zijn van ware densiteits-stromingen zegge hoog-gesuspendeerde waterlagen boven de bodem.

Voorts kunnen uit de hiernavolgende figuren het verloop van de conductiviteit ook getalmatig gelezen worden.



*Figuur 84 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de conductiviteit bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



*Figuur 85 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de conductiviteit bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*

3.4.2 verloop van conductiviteit en chloridegehalte tijdens langsvaarten

Hier moge verwezen worden naar de hogerstaande figuren 78 t/m 81 op p; 127 en 128. Zoals als hoger uitgelegd, is er een duidelijk afnemend verloop van conductiviteit en chloridegehalte van af naar opwaarts, en zijn conductiviteit en chloride-gehalte bij KHW steeds groter dan bij KLW in dezelfde periode (een tij, een etmaal, een vijfdaagse periode). Per locatie blijvend is er een duidelijke grote invloed van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee op conductiviteit en chloridegehalte. Tijdens periodes van verkleinende afvoer van het Zeescheldebekken, nemen conductiviteit en chloride-gehalte op een locatie blijvend, gestaag toe, relatief "traag", doch als plots grote bovendebieten aankomen, verkleinen conductiviteit en chloride-gehalte snel. Dat algemene beeld wordt uiteraard teruggevonden in de maandelijkse langsvaarten bij KHW en bij KLW.

Bij alle kenteringsvaarten bij KHW valt op dat het langsverloop van conductiviteit in het afwaartse gedeelte, alsook te Kallo, schommelt. Dit is te wijten aan het tussen Bath en Doel bestaan van scharen, weliswaar omljnd door een strek- of leidam, doch dat laatste speelt bij hoogwater minder aangezien die dammen al uren "verdrongen" zijn. De schommeling is algemeen en typisch, al jaren, en hangt ten dele ook af aan het feit dat systematisch een (opwaartse) kenteringsvaart wordt gevaren langs de rechterkant van de vaargeul. De vaart doorkruist dan stromingspatronen die door scharen en geulen gevormd worden.

Dat beeld is enigszins ook in het chlorideverloop terug te vinden, doch uiteraard in mindere mate (de getalmatige waarden zijn kleiner). Bij de in dit rapport gegeven voorbeelden (figuren 78 t/m 81) kan gewezen worden op de schuinte van het langsverloop van conductiviteit en van chloridegehalte. Bij de vaarten in september vallen de typische langshellingen van bvb. het conductiviteitsverloop op: een flauwere helling aan afwaartse kant van het gevaren traject, een sterke helling in het middendeel, en een zeer flauwe helling in het opwaartse deel. Bij de vaart bij KLW is dat beeld zeer uitgesproken. Nogmaals: de langsverlopen zijn zeer typisch, elke keer terugkomend, elk jaar. Het naar op- of afwaarts verschuiven van de zone met sterke helling (groot verschil van conductiviteit en chloridegehalte per lopende kilometer langsas) gaat mee met de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee. Dit verschuiven van langsverhang in conductiviteit is aanleiding tot wat het jaarverloop van conductiviteit te Oosterweel te zien gaf, zie hoger, nl. bij hoogwater ligt Oosterweel net binnen een zone van hoge conductiviteit en grote chloridegehalte, en bij laagwater in eenzelfde periode (tij, dag, ...) ligt Oosterweel er opwaarts van.

De figuren met de langsverlopen bij kenteringsvaarten tonen ook dat 's winters er wegens aanhoudend grote tot zeer grote afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, de schuinte van het langsverloop van conductiviteit en uitgesprokener van chloride-gehalte, vanaf Kallo naar opwaarts vrij klein is en blijft.

Voor getalmatige waarden kan verwezen worden naar bovenstaande figuren 78 t/m 81 als zomerse en winterse voorbeelden, of naar het bijlagen-rapport waar alle kenteringsvaarten in zijn opgenomen.

3.5 verloop 2008 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties Beneden-Zeeschelde

3.5.1 verloop van turbiditeit en suspensiegehalte continue meetlocaties

Via laser-backscattering-technologie wordt op de meetlocaties Oosterweel en Boei 84 op twee hoogten over de verticale, turbiditeit gemeten. Deze meting is continu, d.w.z. om tien minuten. Hierna volgt een voorstelling van de meetresultaten over het jaar 2008, op eenzelfde manier als hoger voor de andere "fysische parameters" werd gedaan.

Voor de parameter turbiditeit blijken -uit de lange rij van àlle tienminuut-waarden- drie hoofdkenmerkende waarden te kunnen worden afgeleid:

- de waarde bij de kenteringen, waarbij turbiditeit het kleinst is tijdens het tijverloop, maar dat zinnig als een achtergrondwaarde kan worden beschouwd;
- de gemiddelde waarde over vloed en over eb;
- de maximum waarde over vloed en over eb.

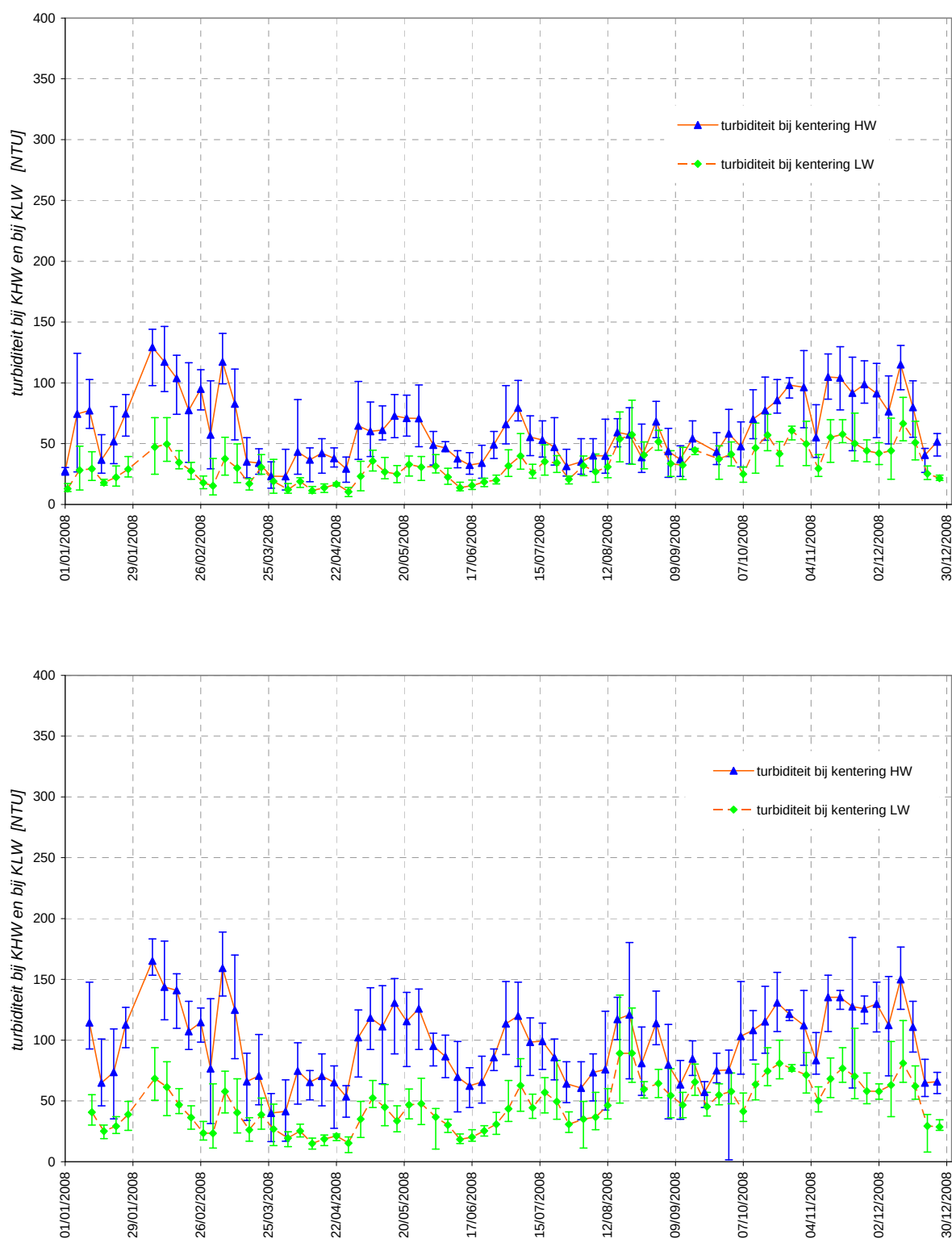
De volgende figuren tonen achtereenvolgens deze hoofdkenmerkende waarden voor Oosterweel en Boei 84, en zoals op vorige bladzijden met de andere parameters, per vijfdaagse periode beschouwd, met telkens het aangeven (als een soort verticale "foutenbalk") van het bereik waarover de beschouwde parameter in de betrokken vijfdaagse periode ging.

Het is bekend dat zich tussen Antwerpen en Doel, een zone van zgde "maximum-turbiditeit" voordoet, die volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone.

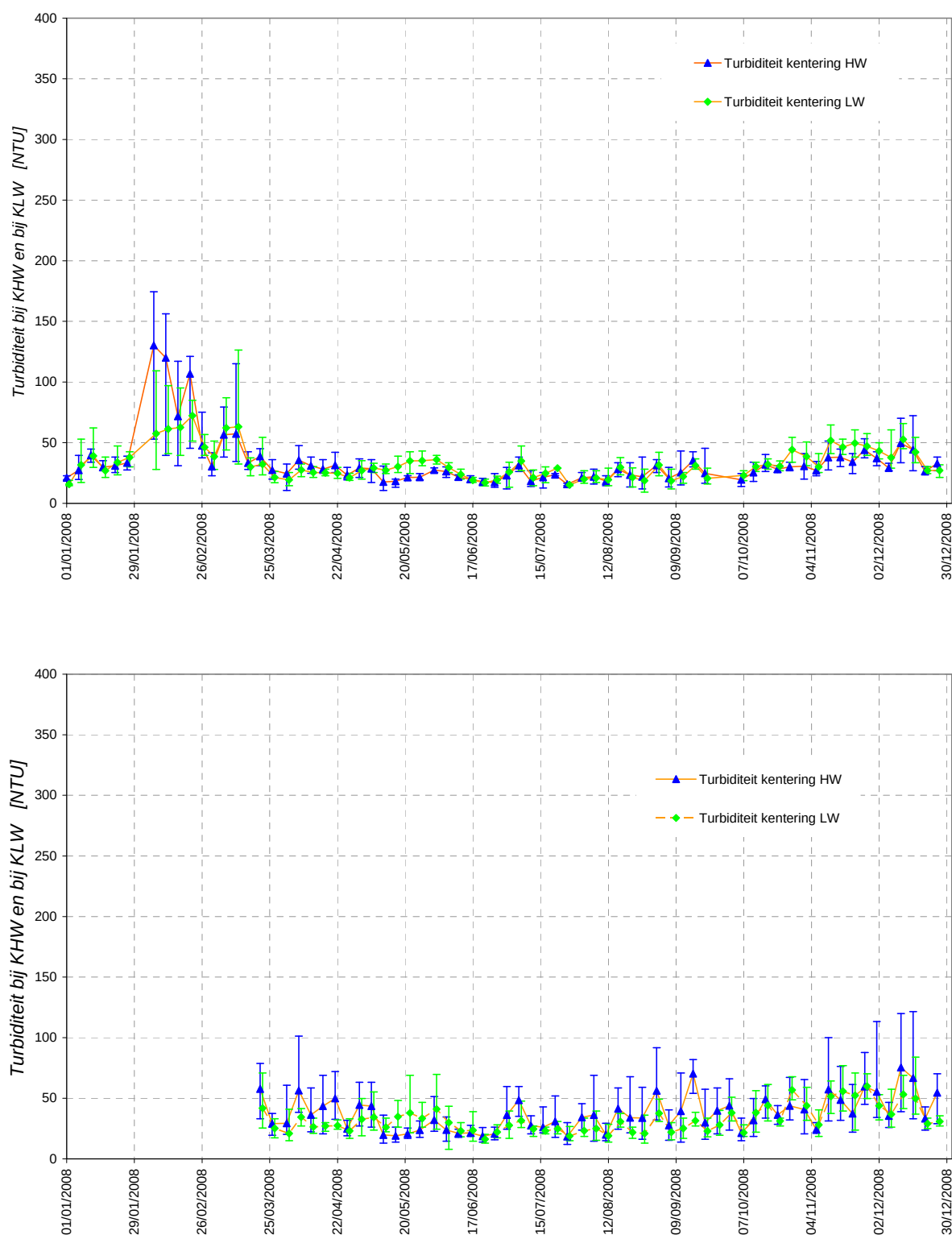
Het is daarom niet verbazend, maar uit het jaarverloop van de turbiditeit te Oosterweel blijkt het zeer treffend, dat de turbiditeit bij de kenteringen periodes van grote waarden en periodes van kleine waarden kent, die bijna volkomen samenvallen met periodes van kleine resp. grote afvoer van het Zeescheldebekken naar zee. Ook hier blijkt Oosterweel aan de rand van een rivierzone te liggen, net zoals al bij de conductiviteit (of het chloride-gehalte) kon worden opgemerkt, waar de afvoer van het Zeescheldebekken uitmaakt of aan die plaats tijdelijk de opwaartse grens van de zone van "maximum-turbiditeit" raakt, dan wel dat die zone duidelijk afwaarts van Oosterweel blijft.

Het verloop van de turbiditeit bij de kenteringen te Oosterweel (figuur 86) komt bijna perfect overeen met het verloop van het bovendebiet van "de Schelde te Schelle" (zie figuur 82): grote waarden bij kleine bovendebieten waardoor de zone van maximum-turbiditeit naar opwaarts, tot net voorbij Oosterweel, verschuift, en omgekeerd kleine waarden van turbiditeit bij periodes van grote bovendebieten. Zowel de waarden van turbiditeit bij KHW als bij KLW hebben deze relatie, al weze het bij het verloop bij KHW nog uitgesprokener.

Deze relatie is ook enigszins te herkennen in het verloop van de turbiditeit bij de kenteringen aan Boei 84, maar de impact is veel kleiner. Buiten grote waarden in de maand februari 2008, blijft de turbiditeit bij de kenteringen aan Boei 84 klein, eigenlijk ook net boven de bodem.



*Figuur 86 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de turbiditeit bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



*Figuur 87 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de turbiditeit bij KHW en bij KLW
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*

De beide navolgende figuren tonen het jaarverloop van de gemiddelde turbiditeit over vloed en over eb, te Oosterweel en aan Boei 84. Voor de locatie Oosterweel is opnieuw een zeer sterke relatie met de bovendebieten van "de Schelde te Schelle" te zien: alle vijf te herkennen afzonderlijke periodes van grote tot zeer grote bovendebieten te Schelle, leveren met slechts een paar dagen vertraging grote invloed op de gemiddelde turbiditeit te Oosterweel. Maar ook aan Boei 84 is nu ook duidelijk een flinke relatie te zien, het bij grote afvoer van het Zeescheldebekken verminderen van de gemiddelde turbiditeit, zo over vloed als over eb, als is het bij het meettoestel net boven de bodem niet zo uitgesproken.

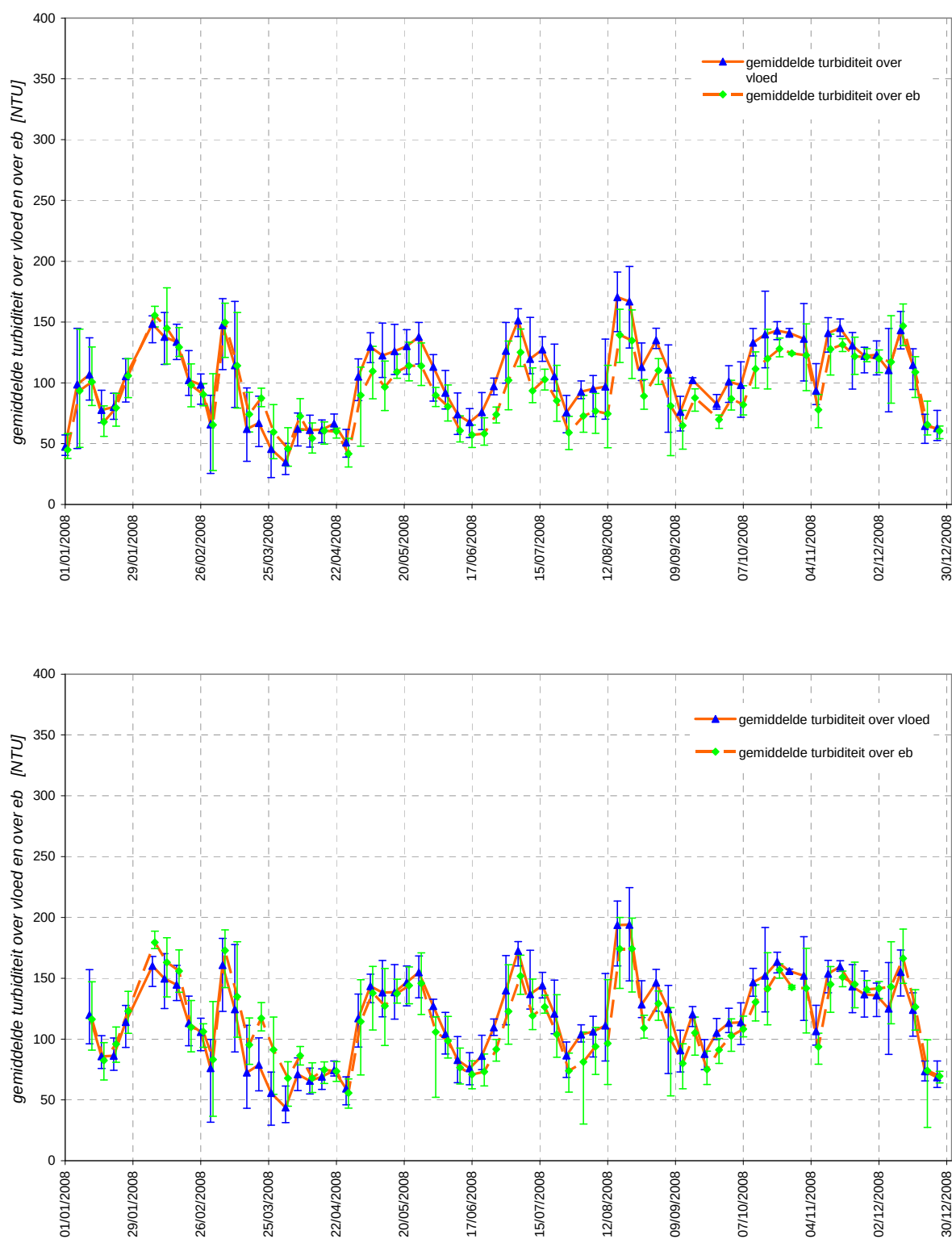
Dezelfde relatie tussen vergroting van afvoer Zeescheldebekken naar zee geeft vermindering van turbiditeit te Oosterweel, en omgekeerd, manifesteert zich bij de verdere twee figuren nl. met de maximum-waarden van turbiditeit tijdens vloed en idem over eb.

Te Oosterweel zijn zaken duidelijk: er heerst een zone van maximum-turbiditeit tussen (ongeveer) Antwerpen en Doel, die bij kleine afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, in opwaartse zin verschuift zodat de opwaartse grens van die zone Oosterweel passeert. Bij grote en zeer grote afvoer naar zee, verschuift de zone van maximum-turbiditeit naar afwaarts, waarbij de opwaartse grens van die zone duidelijk afwaarts Oosterweel gaat.

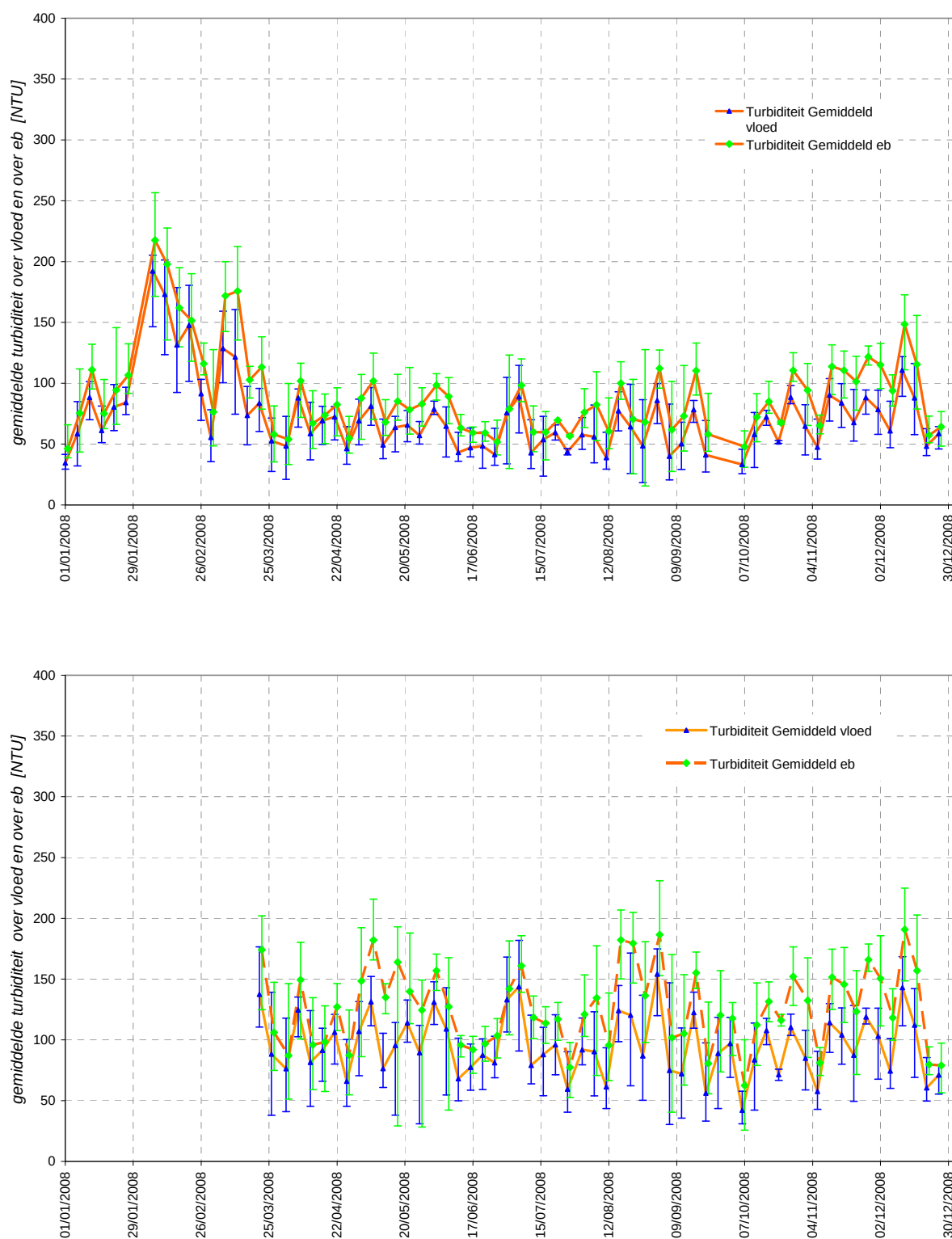
Aan Boei 84 is deze relatie duidelijk te herkennen bij de maximum-waarden van turbiditeit over vloed en over eb, doch minder tot bijna niet bij de gemiddelde turbiditeit of bij de turbiditeit bij de kenteringen, en dan nog slechts moeizaam net boven de bodem.

Getalmatig kan naar alle figuren over de parameter turbiditeit verwezen worden.

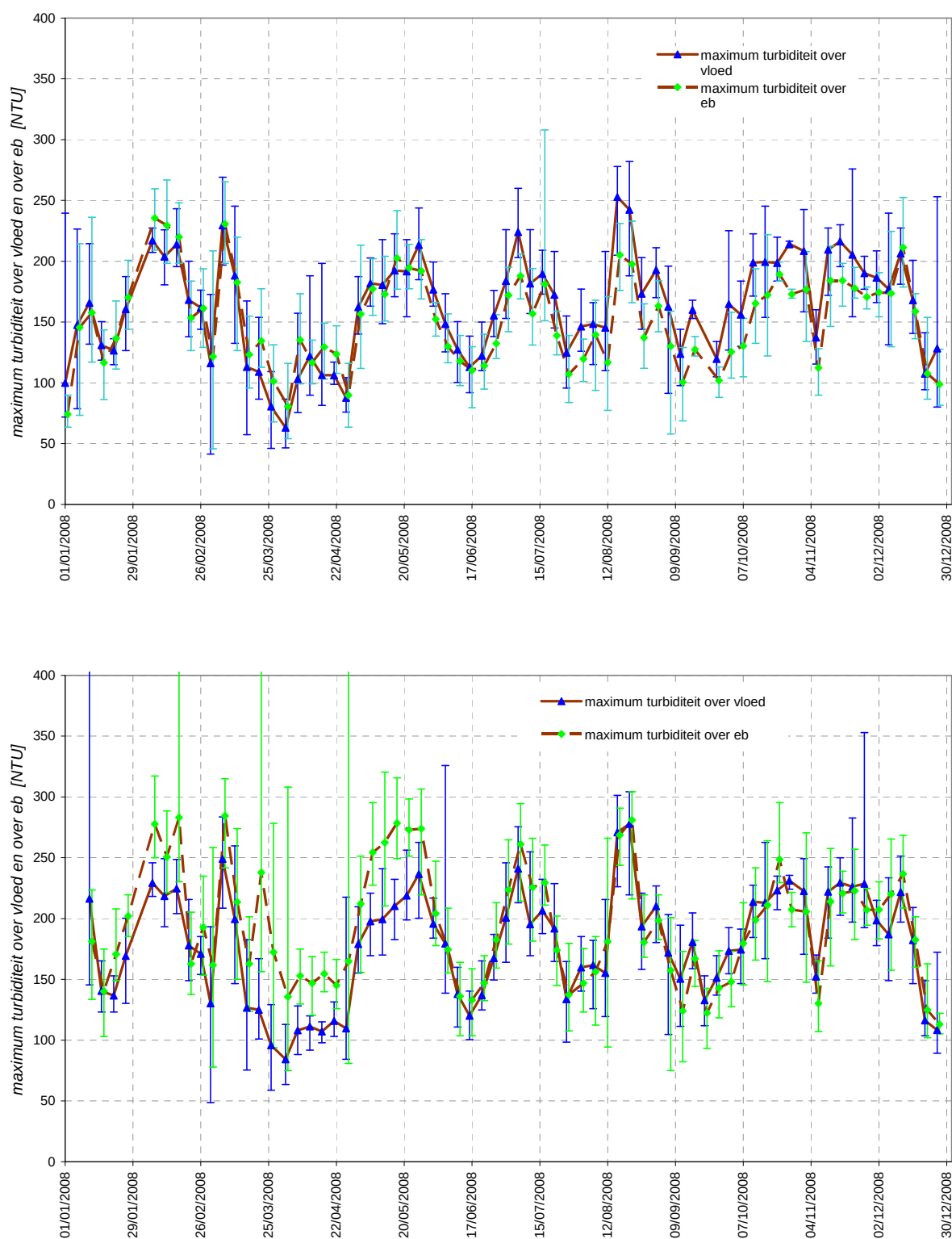
Daarbij moet bedacht worden dat afwijkend grote of afwijkend kleine individuele waarden, bvb. bij de gemiddelde turbiditeit en zeker bij de maximum-turbiditeit, zeer groot resp. zeer klein kunnen zijn, zie grafieken, zonder dat daaraan grote betekenis moet gehecht worden. Het betreffen uitschieters die bij turbiditeitsmetingen, zeker continue, meettechnisch optreden zonder meteen ten volle een fysische betekenis te hebben. De technologie van turbiditeitsmetingen is de jongste jaren sterk geëvolueerd, maar de omstandigheden waarin de meettoestellen twee à drie soms vier weken zonder controle in situ blijven doormeten, staan veraf van mooie labo-omstandigheden of van bvb dertienuursmetingen waarbij de toestellen onder bijna bestendig toezicht opereren.



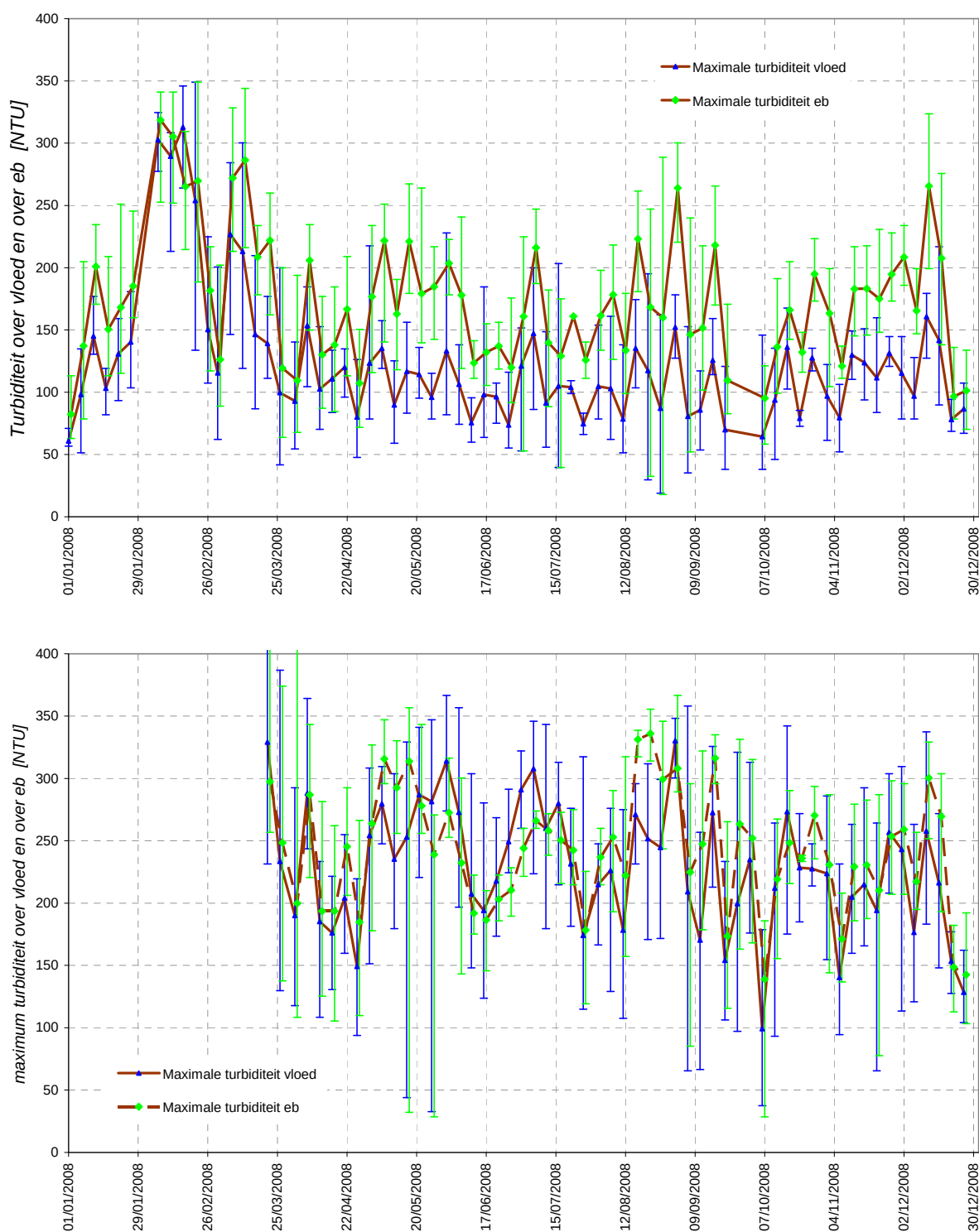
*Figuur 88 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde turbiditeit over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



Figuur 89 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de gemiddelde turbiditeit over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)



*Figuur 90 - Beneden-Zeeschelde te Oosterweel:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale turbiditeit over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)*



Figuur 91 - Beneden-Zeeschelde te Boei 84:
jaarverloop 2008 per vijfdaagse periode van de maximale turbiditeit over vloed en over eb
(bovenste figuur gaat over het bovenste meettoestel, onderste figuur over het onderste)

3.6 verloop 2008 zuurtegraad meetlocaties langsvaarten

Een parameter die slechts weinig variatie over de langsas van de Zeeschelde kent, en ook geen grote verschillen ontmoet over een tijverloop of doorheen de seizoenen, is de zuurtegraad (pH). Het kan bij dergelijke logaritmische grootte in zo'n massa "natuurlijk" water als dat van Westerschelde en Zeescheldebekken ook moeilijk anders.

De waarden van de zuurtegraad schommelen doorgaans tussen 7,4 en 7,9; de waarden 7,3 en 8,0 komen sporadisch voor; nog kleinere of nog grotere niet. De metingen gebeuren met een nauwkeurigheid van plusminus 0,2 à 0,3.

Kenmerkend is dat bij grote afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, de zuurtegraad op een locatie blijvend wat vermindert, en bij kleine afvoer per locatie wat vergroot. Deze trend is niet altijd uitgesproken aanwezig, doch wel meestentijds.

In het bijlagenrapport staan o.a. alle kenteringsvaarten van 2008 via tabel en grafiek, o.a. de zuurtegraad. Figuren 78 t/m 81 tonen er een typische zomerse en een typische winterse toestand van.

3.7 verloop 2008 turbiditeit en suspensiegehalte meetlocaties rand van het tijgebied

3.7.1 algemeen

In de Beneden-Zeeschelde heerst tussen Antwerpen en Doel een zone van maximum-turbiditeit. Ook in het middengebied van de Boven-Zeeschelde schuilt dergelijke zone.

De turbiditeit in het Zeescheldebekken kent diverse bronnen, zoals de fluviatiele aanvoer vanuit de opwaarts gelegen hydrografische bekkens, de zijdelingse aanvoer vanuit zijbekkens, de erosie of deponie van suspensiedeeltjes (silt en fijn zand) van en op geulen, scharen, slikken, platen, schorren enz. Al naargelang de regio binnen het Zeescheldebekken, wijzigt het belang van die bronnen.

Alleszins is er een toestroom van fluviatiel suspensiemateriaal uit de hydrografische bekkens, die zeer belangrijk is, zeker in de opwaartse delen van het tijbekken, maar dat doorstroomt naar afwaarts. Momenteel worden -deels ook in het kader van Moneos- op heel wat locaties in het Zeescheldebekken doch ook opwaarts van de randen van het tijgebied, meettoestellen geplaatst die continu ondermeer de turbiditeit meten en via ijking ook het gehalte aan zwevende stof zullen geven.

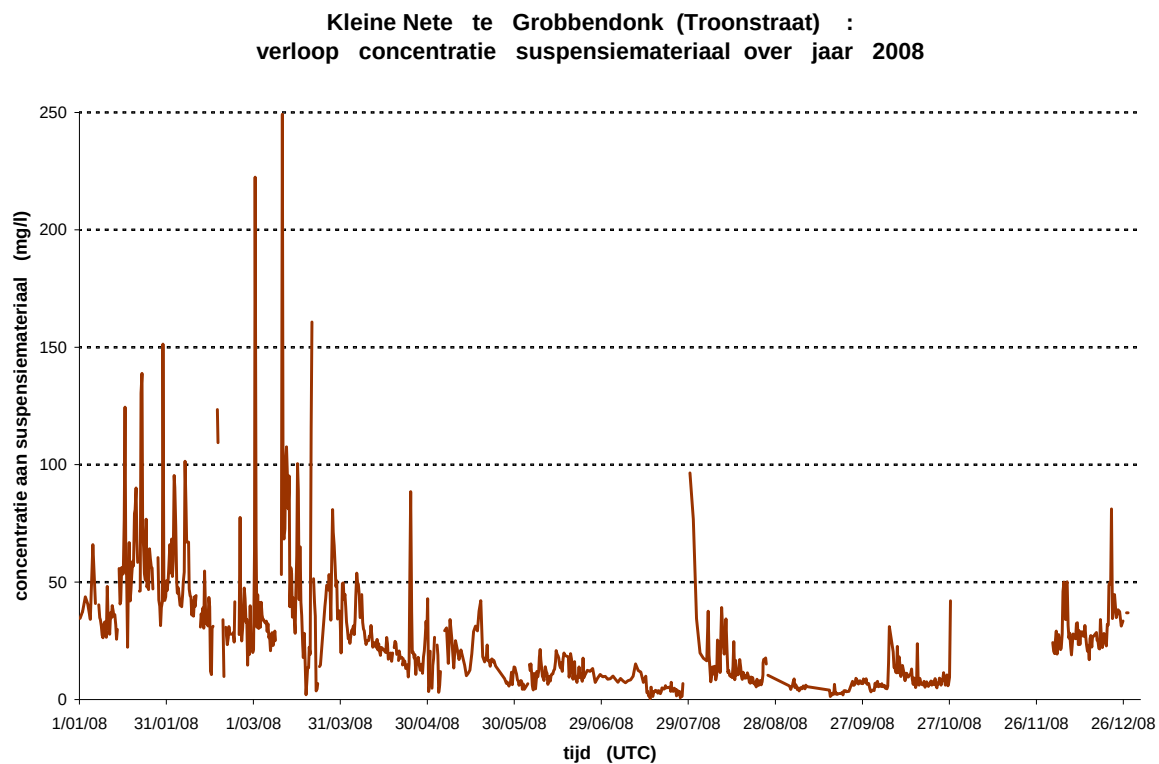
3.7.2 aanvoer suspensiemateriaal via Kleine Nete te Grobbendonk

Reeds jaren is dergelijk meetstation met succes actief op de Kleine Nete te Grobbendonk. Buiten continue meting van de turbiditeit worden er -alle dagen door- om zeven uur een waterstaal genomen dat nadien o.m. naar gehalte aan zwevend materiaal wordt gefilterd. Dat suspensiemateriaal omvat ook de organische stoffen.

De afvoer van suspensiemateriaal gaat uiteraard mee met het verloop van de afvoer op die plaats. Bij grote bovendebieten vermeerderd relatief snel en flink het gehalte aan suspensiemateriaal, zeker na een periode van relatieve kleinere afvoeren zodat veel suspensiemateriaal in het bekken is afgezet en bij toename van de afvoer beschikbaar is voor doorstromen naar afwaarts.

De figuur 92 toont als voorbeeld het jaarverloop 2008 van de concentratie aan suspensiemateriaal in de Kleine Nete te Grobbendonk. Het verloop daarvan stemt overeen met dat van de afvoer van water.

Zomerse waarden van die concentratie schommelen dagenlang rond 10 à 25 mg/l. Bij behoorlijke bovendebieten vergroten deze waarden makkelijk tot groter dan 50 mg/l, en vanzelfsprekend zijn piekwaarden bij grote bovendebieten aanwezig die 100 mg/l overstijgen en kunnen gaan tot zeer grote waarden, meer dan 250 mg/l.



*Figuur 92 - Kleine Nete te Grobbendonk (Troonstraat) :
jaarverloop 2008 van de concentratie aan suspensiemateriaal*

Colofon

Dit is het eerste van een reeks elk jaar op te stellen WL-rapporten met een "Jaarbeeld" van WL-monitoring over tij, bovendebieten, en "fysische parameters" in het Zeescheldebekken, meerbepaald ten nutte van MONEOS, zijnde de monitoring die hoort bij de Ontwikkelingsschets-2010 (OS-2010), om te beantwoorden aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie van het Schelde-estuarium (LTV-2030), en dat op zich monitoring bundelt in het kader van enerzijds de Verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, en anderzijds de uitvoering van het Geactualiseerd Sigmaplan.

auteur: ir. Eric Taverniers,
staflid-expert WL-Borgerhout

medewerking: aan het tot stand komen van dit "Jaarbeeld" dragen velen van WL-Borgerhout bij, in diverse aspecten en domeinen. Metingen vormen er de basis van, met in het bijzonder dank aan dhr. Guy Coppens en mevr. Rita De Bock voor hun dagdagelijkse inzet en zorg voor de continue meetnetten en singuliere metingen van vooral tij en bovendebieten, aan mevr. Gudrun Timp voor de onafgebroken reeks digitalisering en die zoals steeds zeer nauwkeurig werden nagekeken, aan dhr. Erwin De Backer voor alle zorg en controle bij de metingen met multiparameter-toestellen, aan mevr. Ria Paulussen voor het bijwerken van ontbrekende gegevens, afrondende controles en het uitwerken van de nodige presentaties, en zeer zeker aan de stuwende kracht achter Hydrometrie-Schelde, dhr. Marc Wouters, in alle kalmte doch met zo veel inzicht van alle markten in het Zeescheldebekken thuis, organisator van alle taken en oplosser van eenieders problemen.

De collega's ir. Hans Vereecken en ir. Yves Plancke hebben ook enorm aan dit "Jaarbeeld" bijgedragen, door hun meedenken en nader uitwerken van wat en hoe met die grote hoop aan meetgegevens aan te vangen, er voorstellingen van aan te geven, verbanden uit te pluizen, de nodige mathematisch hulpmiddelen te creëren, en die mathematica ook daadwerkelijk en succesvol te doen draaien.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be