



Vlaanderen
is wetenschap



18_007_1
WL rapporten

Hindcast storm 3 januari 2018 met 1D-modellen

30/12/2017 – 09/01/2018

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Hindcast storm 3 januari 2018 met 1D-modellen

30/12/2017 – 09/01/2018

Coen, L.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
 De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
 Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2018
 D/2018/3241/027

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Mostaert, F. (2018). Hindcast storm 3 januari 2018 met 1D-modellen: 30/12/2017 – 09/01/2018. Versie 4.0. WL Rapporten, 18_007_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

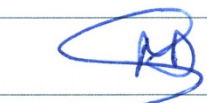

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2018R18_007_1
Keywords (3-5):	hindcast, storm, Zeeschelde, GOG		
Tekst (p.):	143	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s)	Coen, L.
-----------	----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Deschamps, M. Vanderkimpen, P.	
Projectleider:	Coen, L.	

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC	Deschamps, M.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



Abstract

De storm van 3 januari 2018 zorgde voor een verhoging van het hoogwater in het Zeescheldebekken, met een overschrijding van het waakpeil in Antwerpen, gevolgd door twee hoogwaters waarbij het prewaakpeil overschreden werd. Op 3 januari 2018 werd in Antwerpen aan het loodsgebouw een hoogwaterpeil van TAW +7,16 m gemeten. De gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) aangelegd in het kader van het Sigmaplan kenden allen, uitgezonderd GOG Wijmeers, vulling via de overlooppdijk. Deze stormperiode vond plaats tijdens een periode met verhoogde bovenafvoer.

Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over een 1D hydrodynamisch model van het Zeescheldebekken, het zogenaamde referentiemodel, en een hieruit afgeleid voorspellingsmodel. Het doel van deze studie is de performantie van deze modellen tijdens een zware storm, zoals deze van 3 januari 2018, te evalueren.

Het referentiemodel van het Zeescheldebekken en het voorspellingsmodel zijn geactualiseerd naar de situatie van januari 2018 en met deze modellen wordt de storm van 3 januari 2018 nagerekend. Daarbij zijn enkel historische meetreeksen als randvoorwaarde gebruikt (= "hindcast"). Waterpeilen zijn geëvalueerd ter hoogte van meetposten langs de Zeeschelde en getijgebonden zijrivieren. Ook in de GOG's zijn waterpeilen geëvalueerd op basis van meetgegevens van waterpeilmeters. De resultaten van de berekeningen met beide modellen worden ook onderling vergeleken. Algemeen kan gesteld worden dat langs de Zeeschelde en de afwaartse gedeelten van de tijgebonden zijrivieren de gesimuleerde waterpeilen de metingen vrij goed benaderen. De hoogwaters voor het stormhoogwater worden veelal overschat.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VIII
Lijst van de figuren	X
1 Inleiding	1
1.1 Kader.....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Opbouw van het rapport.....	1
2 1D-modellen	2
2.1 Situering studiegebied.....	2
2.1.1 Waterlopen.....	2
2.1.2 Gecontroleerde overstromingsgebieden	2
2.2 Software	3
2.3 Geografische referentie en tijdszone	3
2.4 Versiebeheer	3
2.5 Referentiemodel.....	8
2.6 Voorspellingsmodel.....	8
2.7 Randvoorwaarden	8
2.7.1 Afwaartse rand	8
2.7.2 Opwaartse randen.....	11
2.8 Simulatieperiode	14
2.9 Modelaanpassingen.....	15
2.9.1 Bathymetrie Durme	15
2.9.2 GGG-inwateringssluizen	16
2.9.3 Stuw Mechelen.....	16
2.9.4 Pomp Lokeren.....	16
2.10 Versie 02: aanpassing randvoorwaarde Merelbeke.....	16
3 Hindcast met 1D-referentiemodel	17
3.1 Validatiegegevens.....	17
3.2 Resultaten meetposten rivieren.....	20
3.2.1 Waterpeilen Westerschelde en Zeeschelde	20
3.2.2 Waterpeilen Durme	30

3.2.3	Waterpeilen Rupel.....	33
3.2.4	Waterpeilen Dijle en Demer.....	36
3.2.5	Waterpeilen Zenne.....	40
3.2.6	Waterpeilen Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.....	44
3.2.7	Samenvatting HW storm en LW voor storm.....	51
3.3	Resultaten GOG's.....	53
3.3.1	GOG Kruikebeke.....	53
3.3.2	Kruikebeekse kreek.....	55
3.3.3	GOG Bazel.....	57
3.3.4	GOG Lippenbroek.....	59
3.3.5	GOG Tielrodebroek.....	61
3.3.6	GOG Scheldebroek.....	63
3.3.7	GOG-GGG Bergenmeersen.....	65
3.3.8	GOG Potpolder I.....	68
3.3.9	GOG Bovenzanden.....	71
3.3.10	GOG Zennegat.....	73
3.3.11	GOG Polder van Lier.....	75
4	Hindcast met 1D-voorspellingsmodel.....	78
4.1	Validatiegegevens.....	78
4.2	Resultaten meetposten rivieren.....	78
4.2.1	Waterpeilen Westerschelde en Zeeschelde.....	78
4.2.2	Waterpeilen Durme.....	88
4.2.3	Waterpeilen Rupel.....	91
4.2.4	Waterpeilen Dijle en Demer.....	94
4.2.5	Waterpeilen Zenne.....	98
4.2.6	Waterpeilen Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.....	102
4.2.7	Samenvatting HW storm en LW voor storm.....	109
4.3	Resultaten GOG's.....	111
4.3.1	GOG Kruikebeke.....	111
4.3.2	Kruikebeekse Kreek.....	113
4.3.3	GOG Bazel.....	115
4.3.4	GOG Lippenbroek.....	117
4.3.5	GOG Tielrodebroek.....	119
4.3.6	GOG Scheldebroek.....	121
4.3.7	GOG-GGG Bergenmeersen.....	123
4.3.8	GOG Potpolder I.....	126

4.3.9	GOG Bovenzanden.....	129
4.3.10	GOG Zennegat	131
4.3.11	GOG Polder van Lier	133
5	Vergelijking resultaten hindcast referentiemodel en voorspellingsmodel	135
6	Conclusies	142
7	Referenties	143

Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Overzicht beschikbare gemeten debietreeksen	11
Tabel 2 - Opgelegde (gemeten) debietreeksen aan opwaartse randen van het model	11
Tabel 3 - Herschaalde debietreeksen opgelegd aan opwaartse randen van het model.....	13
Tabel 4 - Herschaalde debietreeksen opgelegd aan onbemeten deelbekkens	13
Tabel 5 - Overzicht beschikbare meetreeksen waterpeilen voor validatie.....	17
Tabel 6 - Overzicht waterpeilmeters WL en UA in GOG's	18
Tabel 7 - Overzicht gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten	51
Tabel 8 - Overzicht gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten	52
Tabel 9 - Kenmerken GOG Kruibeke.....	53
Tabel 10 - Kenmerken Kruibeekse Kreek.....	55
Tabel 11 - Kenmerken GOG Bazel.....	57
Tabel 12 - Kenmerken GOG Lippenbroek.....	59
Tabel 13 - Kenmerken GOG Tielrodebroek	61
Tabel 14 - Kenmerken GOG Scheldebreek	63
Tabel 15 - Kenmerken GOG-GGG Bergenmeersen.....	65
Tabel 16 - Kenmerken GOG Potpolder I	68
Tabel 17 - Kenmerken GOG Bovenzanden	71
Tabel 18 - Kenmerken GOG-GGG Zennegat	73
Tabel 19 - Kenmerken GOG Polder van Lier	75
Tabel 20 - Overzicht gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten.....	109
Tabel 21 - Overzicht gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten	110
Tabel 22 - Kenmerken GOG Kruibeke.....	111
Tabel 23 – Kenmerken Kruibeekse Kreek.....	113
Tabel 24 - Kenmerken GOG Bazel.....	115
Tabel 25 - Kenmerken GOG Lippenbroek.....	117
Tabel 26 - Kenmerken GOG Tielrodebroek	119
Tabel 27 - Kenmerken GOG Scheldebreek	121
Tabel 28 - Kenmerken GOG-GGG Bergenmeersen.....	123
Tabel 29 - Kenmerken GOG Potpolder I	126
Tabel 30 - Kenmerken GOG Bovenzanden	129

Tabel 31 - Kenmerken GOG-GGG Zennegat	131
Tabel 32 - Kenmerken GOG Polder van Lier	133
Tabel 33 - Vergelijking gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten.....	136
Tabel 34 - Vergelijking gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten.....	138
Tabel 35 - Vergelijking gemeten en gesimuleerd tijverschil -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten	140

Lijst van de figuren

Figuur 1 - Situering Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren opgenomen in het hydrodynamisch model.....	4
Figuur 2 - Overzicht gemodelleerde waterlopen in het referentiemodel van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren	5
Figuur 3 - Overzicht gemodelleerde waterlopen in het voorspellingsmodel van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren.....	6
Figuur 4 - Overzicht Gecontroleerde Overstromingsgebieden in het Zeescheldebekken	7
Figuur 5 - Verloop waterpeil te Vlissingen	9
Figuur 6 - Verloop windsnelheid te Vlissingen	9
Figuur 7 - Verloop windrichting te Vlissingen.....	10
Figuur 8 - Overzicht topobathymetrische opmetingen Durme	15
Figuur 9 - Situering meetposten Westerschelde en Beneden-Zeeschelde	21
Figuur 10 - Situering meetposten Boven-Zeeschelde	21
Figuur 11 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Terneuzen.....	22
Figuur 12 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Hansweert	22
Figuur 13 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Bath	23
Figuur 14 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder.....	23
Figuur 15 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Kallo	24
Figuur 16 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Liefkenshoek.....	24
Figuur 17 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Antwerpen	25
Figuur 18 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder.....	25
Figuur 19 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Temse ..	26
Figuur 20 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Sint-Amands.....	26
Figuur 21 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Dendermonde.....	27
Figuur 22 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Schoonaarde.....	27
Figuur 23 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Wetteren	28
Figuur 24 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Melle....	28

Figuur 25 - Lengteprofiel Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	29
Figuur 26 - Situering meetposten Durme	30
Figuur 27 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Tielrode.....	31
Figuur 28 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Waasmunster manta.....	31
Figuur 29 - Lengteprofiel Durme met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018.....	32
Figuur 30 - Situering meetposten Rupel.....	33
Figuur 31 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Boom Rupelbrug	34
Figuur 32 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Walem	34
Figuur 33 - Lengteprofiel Rupel – Dijle met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	35
Figuur 34 - Situering meetposten Dijle en Demer	36
Figuur 35 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen benedensluis.....	37
Figuur 36 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen opwaarts stuw	37
Figuur 37 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Rijmenam.....	38
Figuur 38 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Wilsele	38
Figuur 39 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Demer te Aarschot.....	39
Figuur 40 - Situering meetposten Zenne	40
Figuur 41 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Hombeek	41
Figuur 42 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Zemst	41
Figuur 43 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Eppegem	42
Figuur 44 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Vilvoorde.....	42
Figuur 45 - Lengteprofiel Zenne met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018.....	43
Figuur 46 - Situering meetposten Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.....	44
Figuur 47 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Duffel	45
Figuur 48 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Lier molbrug	45
Figuur 49 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Emblem	46
Figuur 50 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Grobbendonk.....	46
Figuur 51 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Kessel...	47
Figuur 52 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Hulshout	47

Figuur 53 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Geel-Zammel.....	48
Figuur 54 - Lengteprofiel Rupel – Kleine Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	49
Figuur 55 - Lengteprofiel Rupel – Grote Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	50
Figuur 56 - Situering druksensor en meetpost GOG Kruibeke	54
Figuur 57 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Kruibeke.....	54
Figuur 58 - Situering druksensor en meetpost Kruibeekse Kreek.....	55
Figuur 59 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en Kruibeekse Kreek.....	56
Figuur 60 - Situering druksensor en meetpost GOG Bazel	58
Figuur 61 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Bazel	58
Figuur 62 - Situering druksensor GOG Lippenbroek.....	59
Figuur 63 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Lippenbroek.....	60
Figuur 64 - Situering druksensoren GOG Tielrodebroek	61
Figuur 65 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 1	62
Figuur 66 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 2	62
Figuur 67 - Situering druksensoren GOG Scheldebroek.....	63
Figuur 68 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebroek thv druksensor 1	64
Figuur 69 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebroek thv druksensor 2	64
Figuur 70 - Situering druksensoren GOG Bergenmeersen	66
Figuur 71 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor 2	67
Figuur 72 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor UA set2.....	67
Figuur 73 - Situering druksensoren GOG Potpolder I.....	69
Figuur 74 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 1	70
Figuur 75 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 2	70
Figuur 76 - Situering druksensor GOG Bovenzanden	71
Figuur 77 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Rupel en GOG Bovenzanden	72

Figuur 78 - Situering druksensor GOG Zennegat.....	74
Figuur 79 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Dijle en GOG Zennegat.	74
Figuur 80 - Situering druksensoren GOG Polder van Lier.....	76
Figuur 81 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 2.....	76
Figuur 82 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 3.....	77
Figuur 83 - Situering meetposten Westerschelde en Beneden-Zeeschelde.....	79
Figuur 84 - Situering meetposten Boven-Zeeschelde.....	79
Figuur 85 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Terneuzen - voorspellingsmodel.....	80
Figuur 86 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Hansweert - voorspellingsmodel.....	80
Figuur 87 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Bath - voorspellingsmodel.....	81
Figuur 88 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder - voorspellingsmodel.....	81
Figuur 89 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Liefkenshoek - voorspellingsmodel.....	82
Figuur 90 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Kallo - voorspellingsmodel.....	82
Figuur 91 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Antwerpen - voorspellingsmodel.....	83
Figuur 92 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Hemiksem - voorspellingsmodel.....	83
Figuur 93 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Temse - voorspellingsmodel.....	84
Figuur 94 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Sint-Amands - voorspellingsmodel.....	84
Figuur 95 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Dendermonde - voorspellingsmodel.....	85
Figuur 96 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Schoonaarde - voorspellingsmodel.....	85
Figuur 97 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Wetteren - voorspellingsmodel.....	86
Figuur 98 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Melle - voorspellingsmodel.....	86
Figuur 99 - Lengteprofiel Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018 – voorspellingsmodel.....	87
Figuur 100 - Situering meetposten Durme.....	88

Figuur 101 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Tielrode - voorspellingsmodel	89
Figuur 102 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Waasmunster manta – voorspellingsmodel	89
Figuur 103 - Lengteprofiel Durme met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijvershil, tijdens storm 3 januari 2018 - voorspellingsmodel.....	90
Figuur 104 - Situering meetposten Rupel.....	91
Figuur 105 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Boom - voorspellingsmodel	92
Figuur 106 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Walem - voorspellingsmodel	92
Figuur 107 - Lengteprofiel Rupel-Dijle met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijvershil, tijdens storm 3 januari 2018 - voorspellingsmodel.....	93
Figuur 108 - Situering meetposten Dijle en Demer.....	94
Figuur 109 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen benedensluis - voorspellingsmodel.....	95
Figuur 110 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen opwaarts stuw - voorspellingsmodel	95
Figuur 111 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Rijmenam - voorspellingsmodel	96
Figuur 112 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Wilsele - voorspellingsmodel	96
Figuur 113 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Demer te Aarschot - voorspellingsmodel	97
Figuur 114 – Situering meetposten Zenne	98
Figuur 115 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Hombeek - voorspellingsmodel	99
Figuur 116 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Zemst - voorspellingsmodel	99
Figuur 117 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Epegem - voorspellingsmodel	100
Figuur 118 - Lengteprofiel Zenne met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijvershil, tijdens storm 3 januari 2018.....	101
Figuur 119 - Situering meetposten Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.....	102
Figuur 120 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Duffel - voorspellingsmodel	103
Figuur 121 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Lier Molbrug - voorspellingsmodel.....	103
Figuur 122 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Emblem - voorspellingsmodel	104
Figuur 123 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Grobbendonk - voorspellingsmodel.....	104

Figuur 124 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Kessel - voorspellingsmodel	105
Figuur 125 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Hulshout - voorspellingsmodel	105
Figuur 126 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Geel-Zammel - voorspellingsmodel	106
Figuur 127 - Lengteprofiel Rupel – Kleine Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	107
Figuur 128 - Lengteprofiel Rupel – Grote Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018	108
Figuur 129 - Situering druksensoren en meetpost GOG Kruike	112
Figuur 130 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Kruike - voorspellingsmodel	112
Figuur 131 - Situering druksensor en meetpost Kruike Kreek	113
Figuur 132 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en Kruike Kreek - voorspellingsmodel	114
Figuur 133 - Situering druksensor en meetpost GOG Bazel	116
Figuur 134 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Bazel - voorspellingsmodel	116
Figuur 135 - Situering druksensor GOG Lippenbroek	117
Figuur 136 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Lippenbroek - voorspellingsmodel	118
Figuur 137 - Situering druksensoren GOG Tielrodebroek	119
Figuur 138 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 1 - voorspellingsmodel	120
Figuur 139 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 2 - voorspellingsmodel	120
Figuur 140 - Situering druksensoren GOG Scheldebroek	121
Figuur 141 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebroek thv druksensor 1 - voorspellingsmodel	122
Figuur 142 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebroek thv druksensor 2 - voorspellingsmodel	122
Figuur 143 - Situering druksensoren GOG-GGG Bergenmeersen	124
Figuur 144 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor 2 - voorspellingsmodel	125
Figuur 145 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor UA set2 - voorspellingsmodel	125
Figuur 146 - Situering druksensoren GOG Potpolder I	127
Figuur 147 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 1 - voorspellingsmodel	128

Figuur 148 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 2 - voorspellingsmodel	128
Figuur 149 - Situering druksensor GOG Bovenzanden	129
Figuur 150 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Rupel en GOG Bovenzanden - voorspellingsmodel.....	130
Figuur 151 - Situering druksensor GOG Zennegat.....	132
Figuur 152 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Dijle en GOG Zennegat - voorspellingsmodel	132
Figuur 153 - Situering druksensoren GOG Polder van Lier	133
Figuur 154 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 2 - voorspellingsmodel	134
Figuur 155 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 3 - voorspellingsmodel	134

1 Inleiding

1.1 Kader

Op 3 januari 2018 werd in Antwerpen het waakpeil (= TAW +6,6 m) overschreden en werd aan het loodsgebouw een hoogwaterpeil van TAW +7,16 m gemeten. Reeds op 2 januari 2018 werd tijdens één hoogwater het prewaakpeil (= TAW +6,3 m) overschreden. Nog op 4 januari 2018 werd tijdens twee opeenvolgende hoogwaters het prewaakpeil overschreden. De gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) aangelegd in het kader van het Geactualiseerd Sigmaphan kenden allen, uitgezonderd GOG Wijmeers, vulling via de overlooppdijk.

Deze stormperiode vond plaats tijdens een periode met verhoogde bovenafvoer. Hierbij wordt ook verwezen naar het stormrapport (Meire *et al.*, 2018).

1.2 Doelstelling

Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over 1D-hydrodynamische modellen van het Zeescheldebekken. Het referentiemodel werd recent geactualiseerd. Van het referentiemodel werd een voorspellingsmodel afgeleid, dat gebruikt wordt in het operationele voorspellingsstelsel.

De hindcast heeft tot doel de performantie van de 1D-modellen tijdens de storm van 3 januari 2018 na te gaan (= validatie). De stormperiode wordt doorgerekend met zowel het 1D-voorspellingsmodel als het 1D-referentiemodel. Daarbij zal gebruik gemaakt worden van historische meetreeksen als randvoorwaarden (= "hindcast"). Ook in de GOG's worden waterpeilen geëvalueerd op basis van meetgegevens van waterpeilmeters

1.3 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de modellen.

Hoofdstuk 3 bespreekt de resultaten van de hindcastberekeningen met het 1D-referentiemodel voor de storm van 3 januari 2018.

Hoofdstuk 4 bespreekt de resultaten van de hindcastberekeningen met het 1D-voorspellingsmodel voor de storm van 3 januari 2018.

In hoofdstuk 3 en 4 is de situering van de meetposten, de beschrijving van de GOG's en de bespreking van de resultaten telkens volledig opgenomen. Deze hoofdstukken kunnen apart gelezen worden.

In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van de hindcastberekeningen met het 1D-referentiemodel en het 1D-voorspellingsmodel vergeleken.

Hoofdstuk 6 besluit met de conclusies.

2 1D-modellen

2.1 Situering studiegebied

2.1.1 Waterlopen

Het studiegebied omvat het volledige getijonderhevige Zeescheldebekken (Figuur 1). Volgende rivieren en rivierpanden zijn, met hun overstromingsgebieden, opgenomen in het hydrodynamisch model:

- Westerschelde vanaf Vlissingen tot de Belgische grens;
- Zeeschelde van Belgische grens tot Gent;
- Durme afwaarts Lokeren (=tij-Durme);
- Rupel en Benedennete;
- Kleine Nete afwaarts limnigraaf te Grobbendonk (knt03a-1066) (opwaarts duiker onder Albertkanaal);
- Grote Nete afwaarts duiker onder Albertkanaal;
- Dijle afwaarts limnigraaf te Wilsele-Wijgmaal (L08_093);
- Zenne afwaarts limnigraaf te Vilvoorde (zen04a_1066);
- Demer afwaarts limnigraaf te Aarschot (dem02a_1066).

Figuur 2 geeft een overzicht van de gemodelleerde waterlopen in het referentiemodel.

Figuur 3 geeft een overzicht van de gemodelleerde waterlopen in het voorspellingsmodel. In dit model zijn enkel de gecontroleerde overstromingsgebieden opgenomen in de riviervallei. De opwaartse rand van de Zenne ligt ter hoogte van de limnigraaf te Epegem (zen03a-1066). De tijarm van Zwijnaarde is niet opgenomen in het voorspellingsmodel.

2.1.2 Gecontroleerde overstromingsgebieden

De oorspronkelijke GOG's zijn aangelegd in het kader van het eerste Sigmaplan, zoals vastgelegd in de Regeringsbeslissing van oktober 1977. Tussen 1981 en 1989 werden 12 GOG's ingericht, zijnde:

1. Tielrodebroek (Boven-Zeeschelde)
2. Grote Wal (Boven-Zeeschelde)
3. Uiterdijk (Boven-Zeeschelde)
4. Scheldebroek (Boven-Zeeschelde)
5. Paardeweide (Boven-Zeeschelde)
6. Bergenmeersen (Boven-Zeeschelde)
7. Potpolder I (Durme)
8. Potpolder IV (Durme)
9. Bovenzanden (Rupel)
10. Anderstadt afwaarts (Beneden-Nete)
11. Anderstadt opwaarts (Beneden-Nete)
12. Polder van Lier (Beneden-Nete)

Daarna kwamen er nog een aantal GOG(-GGG)'s bij, deze worden hieronder chronologisch toegelicht.

In maart 2006 werd GOG-GGG Lippenbroek in werking gesteld.

GOG Bergenmeersen kent sinds april 2013 ook een gereduceerd getij waardoor het een GOG-GGG is geworden.

Het GOG-GGG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (KBR) werd op 3 oktober 2015 in gebruik genomen. Dit gebied bestaat uit drie delen: GOG-GGG Kruibeke, GOG-GGG Bazel en GOG Rupelmonde. Sinds 24 juni 2017 kennen de Kruibeekse polder en het noordoostelijk deel van de Bazelse polder ook GGG-werking.

In het najaar van 2015 zijn de ontpoldering en het GOG Wijmeers afgewerkt. Deze gebieden zijn gelegen net opwaarts van GOG Bergenmeersen.

In december 2015 werd de overloopdijk van voormalig GOG Uiterdijk afgegraven tot maaiveldhoogte, waardoor dit gebied nu werkt als ontpoldering.

Sinds januari 2017 is ook GOG-GGG Zennegat, aan de Dijlemonding, in werking.

Figuur 4 geeft een overzicht van de, in werking zijnde, GOG's in het Zeescheldebekken.

2.2 Software

De software gebruikt voor de 1D-hydrodynamische berekeningen is Mike11, versie 2012 SP3 (DHI, 2012).

Voor de verwerking van de gegevens in GIS wordt gebruik gemaakt van ArcMAP 10.1 SP1 (ESRI, 2012).

2.3 Geografische referentie en tijdszone

Het verticaal referentievlak is TAW, en als coördinatenstelsel wordt voor het 1D-model Lambert 1972 gebruikt.

De gebruikte tijdsreferentie is GMT+1 (winteruur).

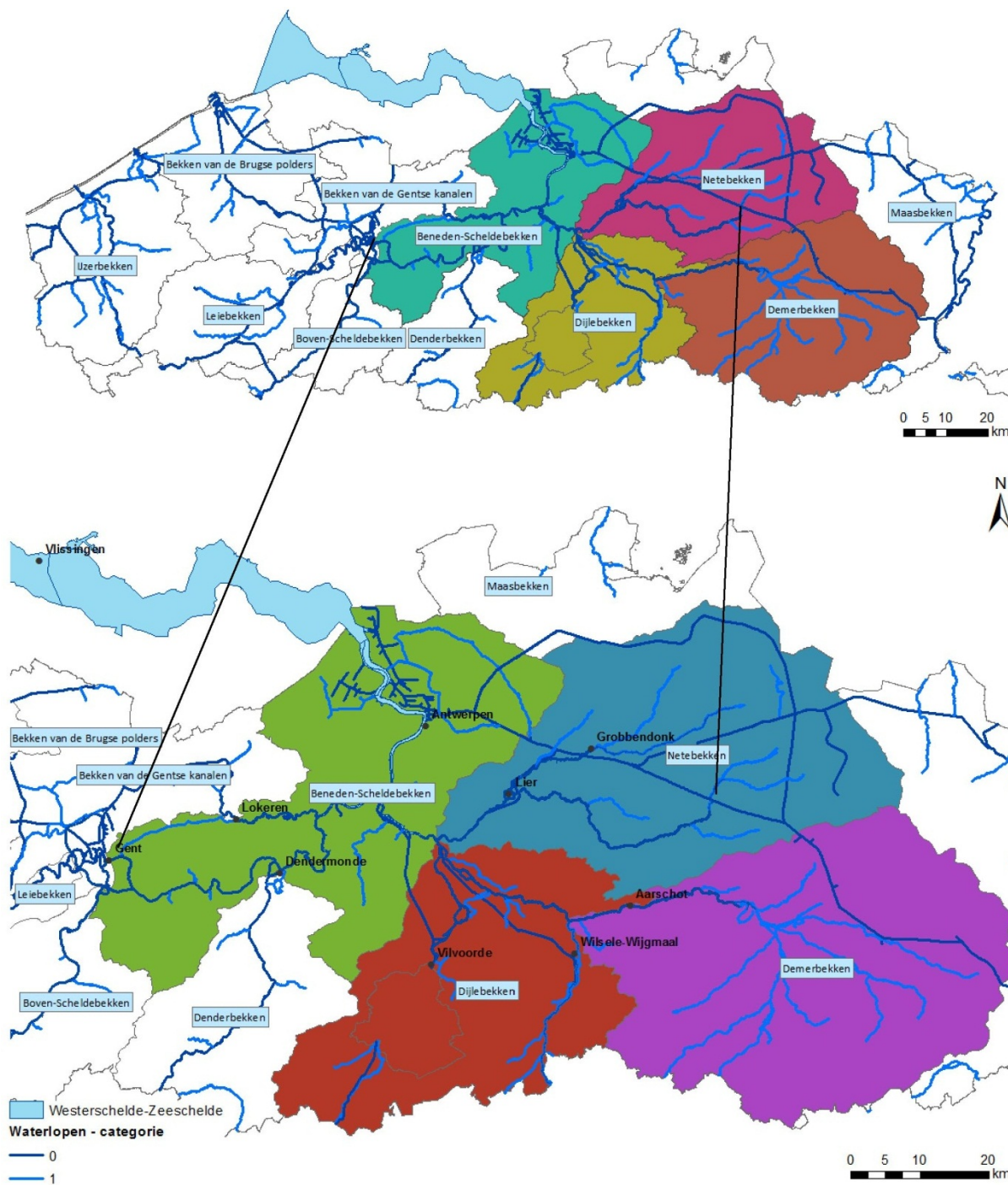
2.4 Versiebeheer

De modellen die gebruikt zijn in het kader van deze studie zijn gearhiveerd in het versiebeheer:

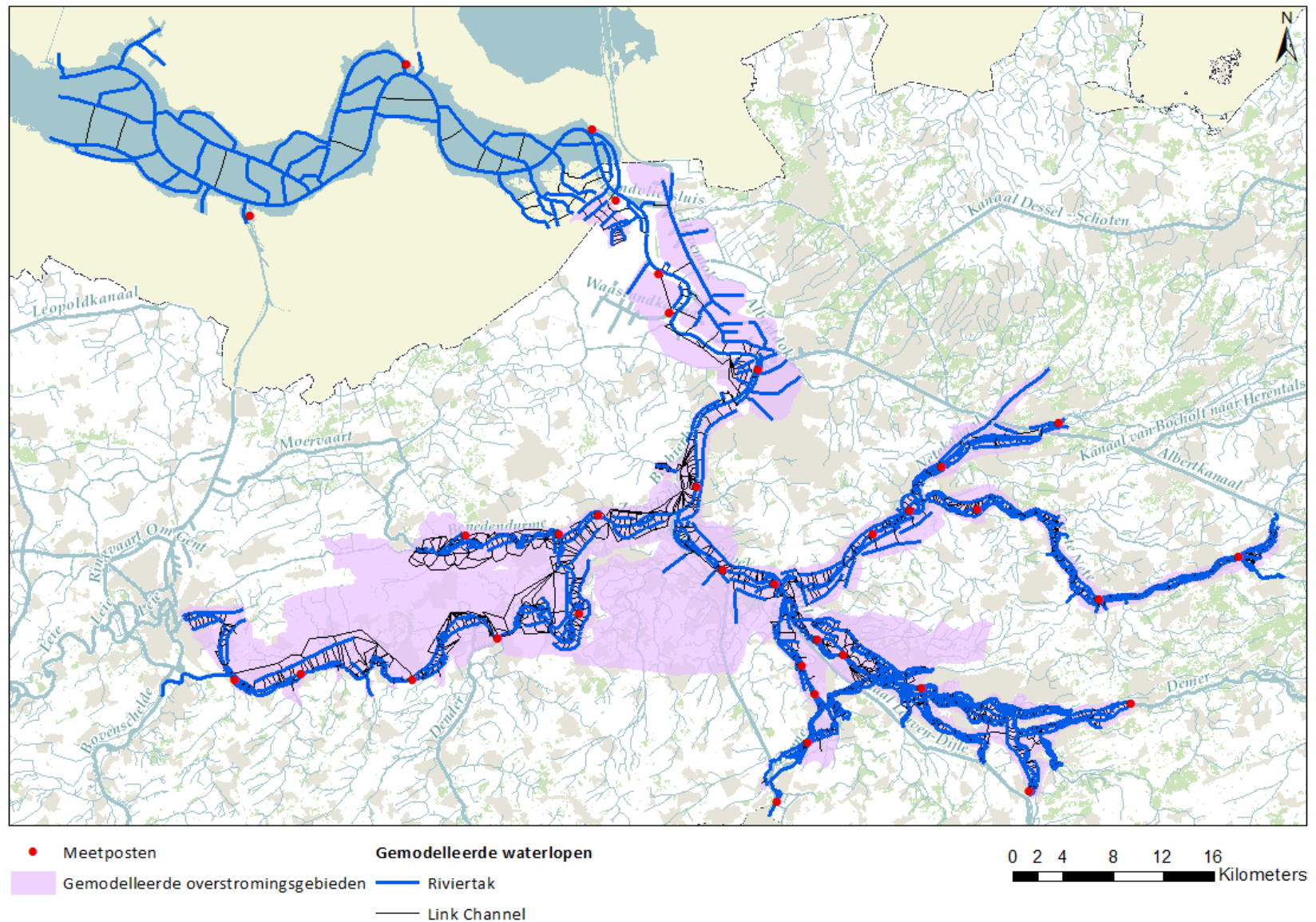
https://wl-subversion.vlaanderen.be/svn/repoSpNumMod/MIKE11/Sigma/SIGMA20180420_18_007

revisie 3107

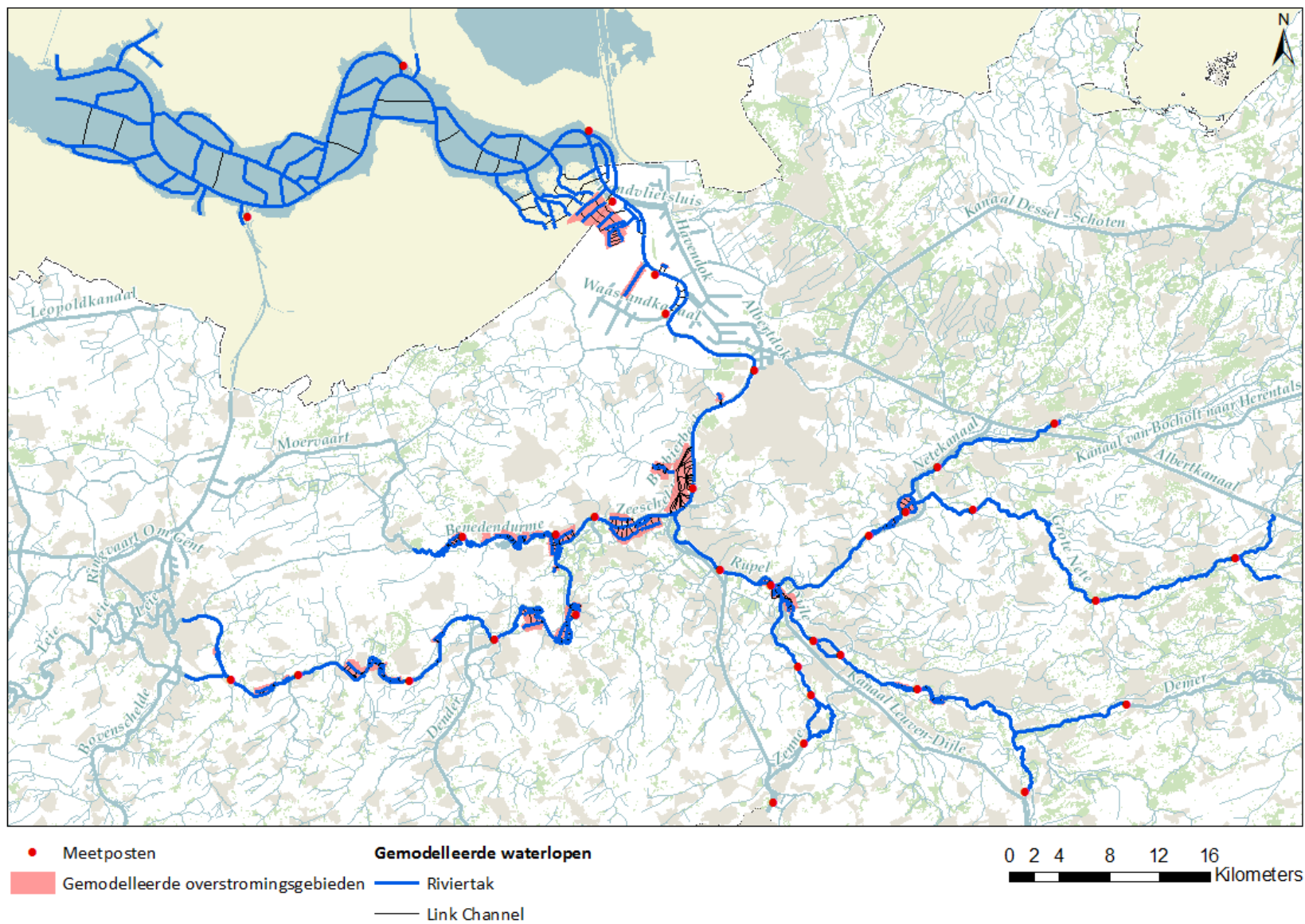
Figuur 1 - Situering Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren opgenomen in het hydrodynamisch model



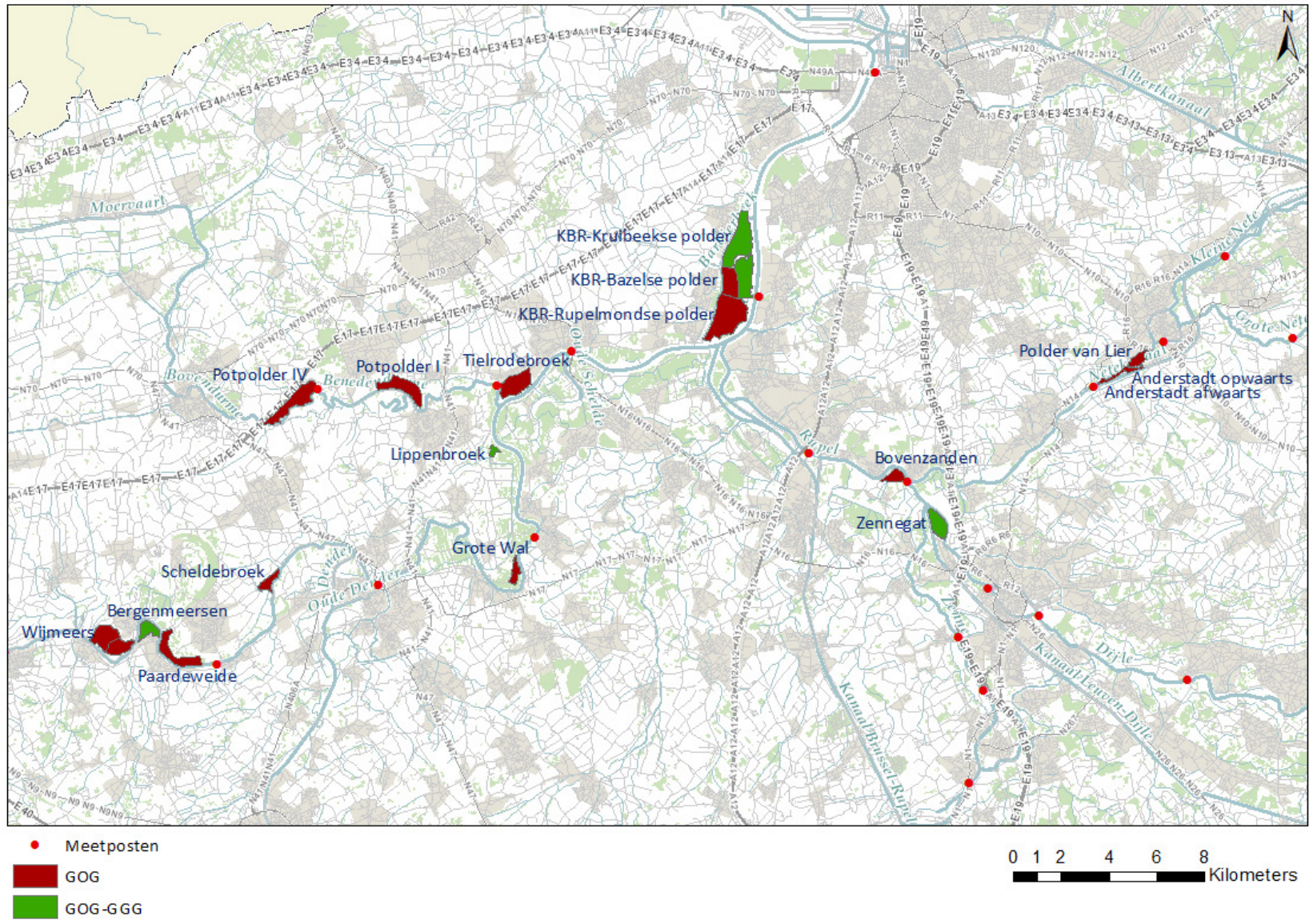
Figuur 2 - Overzicht gemodelleerde waterlopen in het referentiemodel van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren



Figuur 3 - Overzicht gemodelleerde waterlopen in het voorspellingsmodel van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren



Figuur 4 - Overzicht Gecontroleerde Overstromingsgebieden in het Zeescheldebekken



2.5 Referentiemodel

Het referentiemodel is het 1D-model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren, geactualiseerd en gekalibreerd in het kader van project 14_176 Integraal Plan Boven-Zeeschelde – Veiligheidstoets B- & C-alternatieven (Coen et al., 2017). Een uitgebreide beschrijving van het model wordt gegeven in (Coen et al., 2018). Bij de actualisatie is gebruik gemaakt van de voorhanden zijnde gegevens. In december 2017 werd de bathymetrie van het meest opwaartse deel van de Durme opnieuw opgemeten. Deze gegevens werden in het kader van de hindcast geïmplementeerd in het model (zie §2.9.1).

2.6 Voorspellingsmodel

Het voorspellingsmodel is opgemaakt vertrekkende van het referentiemodel. Om het model sneller te laten rekenen werden enkele aanpassingen uitgevoerd. Deze zijn beschreven in (Bogman *et al.*, 2018).

In de valleigebieden werden de niet-gecontroleerde overstromingsgebieden verwijderd. Ook de zijrivieren in de vallei van de Dijle werden verwijderd. De rainfall-runoff die in het referentiemodel opgelegd is op de parallelle takken en reservoirs in de overstromingsgebieden is verplaatst naar en verdeeld over de hoofdwaterlopen. De opwaartse rand van de Zenne werd verplaatst naar Eppegem. De tijarm van Zwijnaarde werd niet meegenomen in het model.

2.7 Randvoorwaarden

Voor het doorrekenen van de storm van 3 januari 2018 wordt gebruik gemaakt van historische randvoorwaarden. Waar beschikbaar worden hiervoor metingen gebruikt. Deze randvoorwaarden werden zodanig opgelegd aan het model dat zowel voor historische simulaties als voor simulaties met composietstormen eenzelfde netwerk- en randvoorwaardenbestand kan gebruikt worden. Enkel de verwijzingen naar de bestanden met de tijdreeksen dienen aangepast te worden.

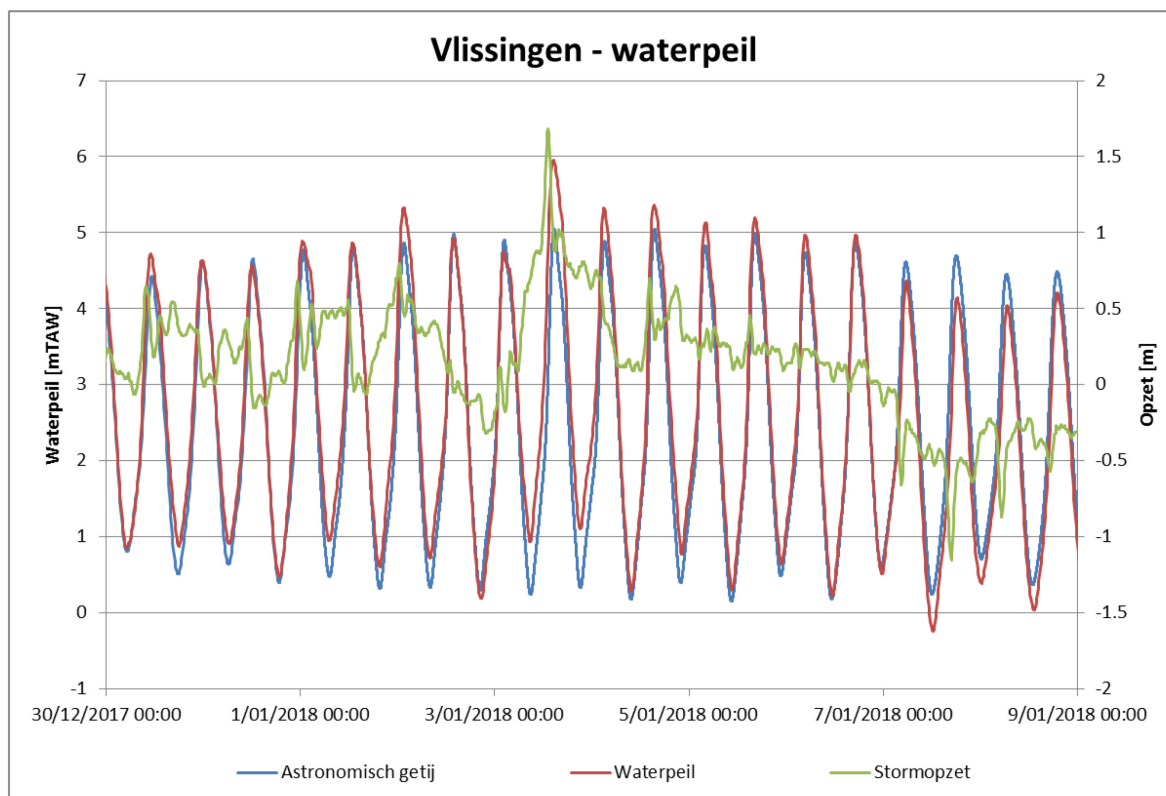
2.7.1 Afwaartse rand

Aan de afwaartse rand te Vlissingen wordt het gemeten waterpeil te Vlissingen opgelegd. Deze metingen zijn beschikbaar via de website van Rijkswaterstaat. De waterpeilen zijn gerefereerd aan het Nederlandse referentievlak (NAP) en worden omgerekend naar equivalente waarden t.o.v. het Belgische referentievlak (TAW) door toevoeging van 2,35 m.

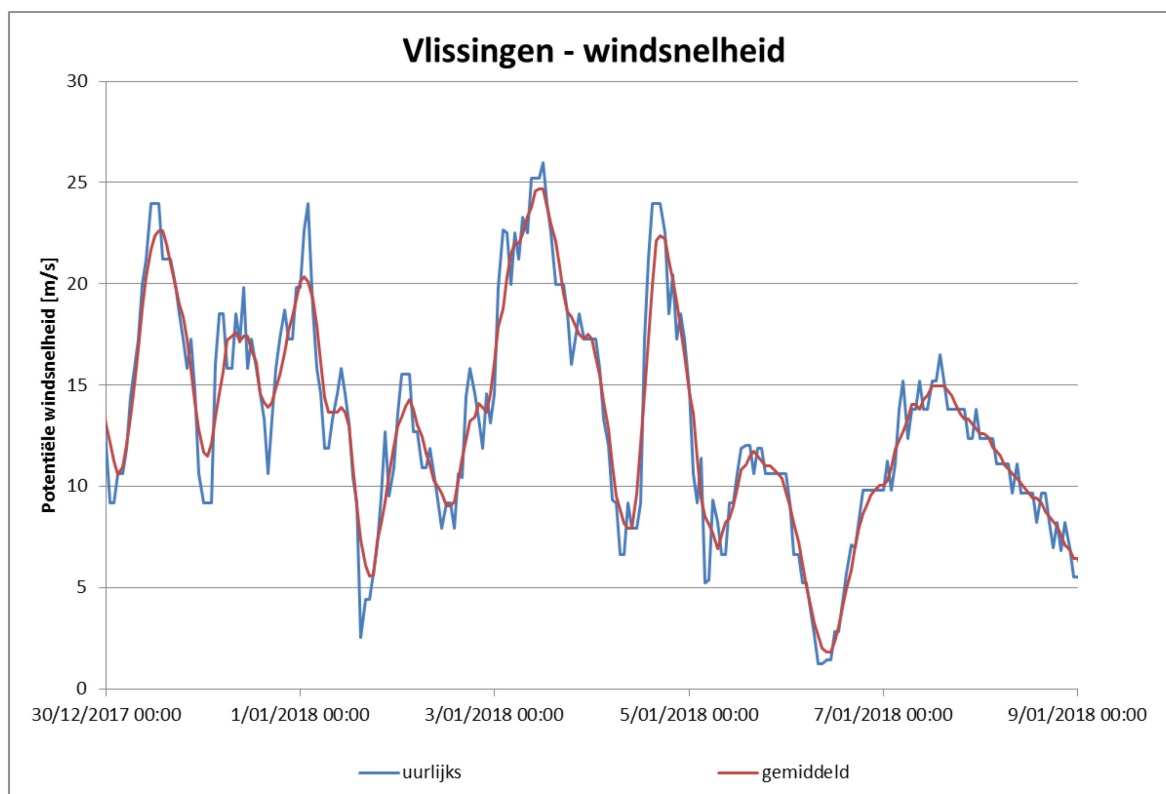
Figuur 5 toont het verloop van het waterpeil te Vlissingen. Uit een vergelijking met het astronomisch getij blijkt dat de stormopzet op het hoogste hoogwater ongeveer 1,7 m bedroeg (zie ook stormrapport (Meire *et al.*, 2018)).

Voor de windrandvoorwaarde op de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van de gemeten windsnelheid en windrichting te Vlissingen. De gebruikte gegevens zijn afkomstig van het KNMI. Het betreft uurlijkse gegevens van gemiddelde potentiële windsnelheden (over land en op 10 m hoogte) en van windrichtingen te Vlissingen. Deze worden omgezet naar de windsnelheid boven het wateroppervlak. Ten behoeve van de simulaties worden de uurlijkse waarden voor windsnelheid en windrichting uitgemiddeld over een periode van 6 uur. De verwerkte gegevens worden getoond in Figuur 6 en Figuur 7.

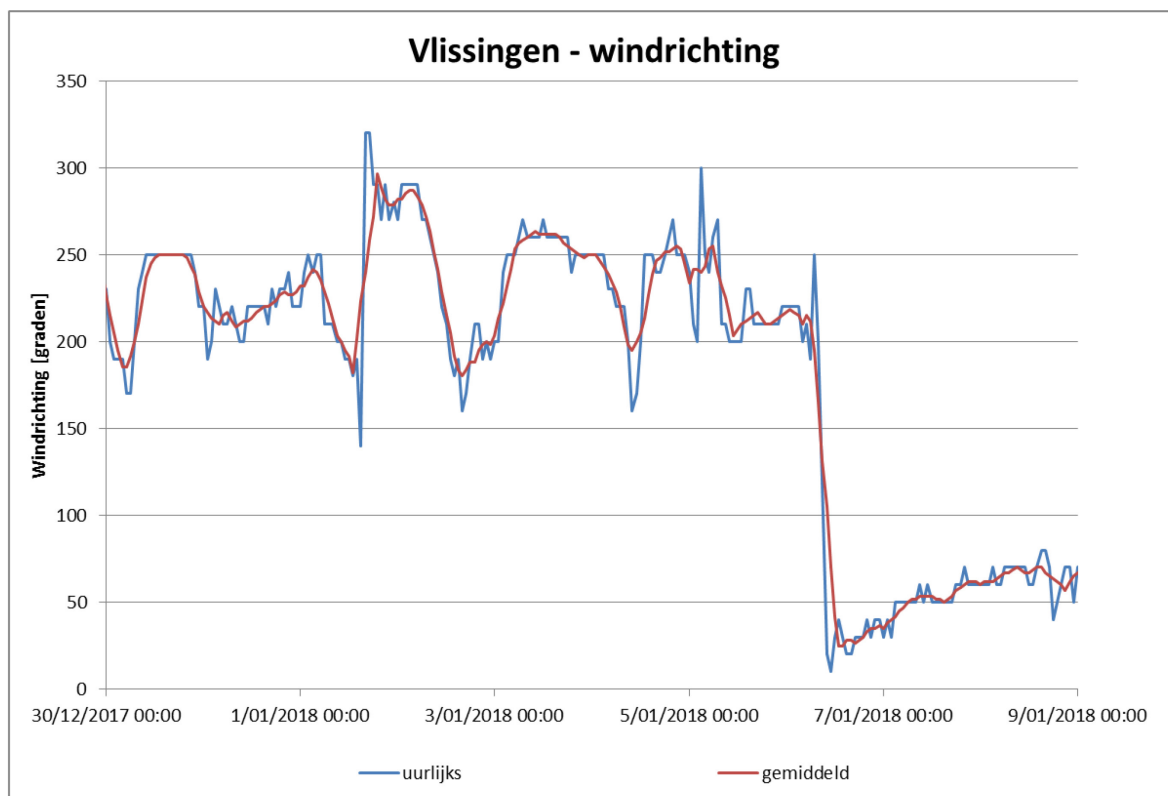
Figuur 5 - Verloop waterpeil te Vlissingen



Figuur 6 - Verloop windsnelheid te Vlissingen



Figuur 7 - Verloop windrichting te Vlissingen



2.7.2 Opwaartse randen

Beschikbare data

Aan de opwaartse randen van het model worden debieten opgelegd. Indien beschikbaar, wordt gebruik gemaakt van gemeten debietreeksen. Deze zijn beschikbaar via waterinfo.be. Zowel de debietreeksen van het HICals deze van VMM bevatten ongevalideerde waarden. Tabel 1 geeft een overzicht van de beschikbare debietreeksen.

Tabel 1 - Overzicht beschikbare gemeten debietreeksen

Waterloop	Locatie	Nr meetpost	Bron
Barbierbeek	Bazel	008	Waterinfo, VMM
Kleine Molenbeek	Liezele	036	Waterinfo, VMM
Grote Molenbeek	Malderen	037	Waterinfo, VMM
Kleine Nete	Grobbendonk	knt03a	Waterinfo, HIC
Grote Nete	Geel-Zammel	gnt07	Waterinfo, HIC
Grote Laak	Tessengerlo	087	Waterinfo, VMM
Dijle	Wilsele	093	Waterinfo, VMM
Demer	Aarschot	dem02a	Waterinfo, HIC
Winge	Rotselaar	141	Waterinfo, VMM
Grote Losting	Wezemaal	143	Waterinfo, VMM
Zenne	Vilvoorde	zen04a	Waterinfo, HIC
Zenne	Eppegem	zen03a	Waterinfo, HIC
Dender	Dendermonde	zes47a	Waterinfo, HIC
Zeeschelde	Melle	zes57a	Waterinfo, HIC

Bemeten bekkens

Aan de opwaartse randen van bemeten bekkens wordt een gemeten debietreeks opgelegd. In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de opwaartse randen waarvoor een gemeten debietreeks beschikbaar is.

Tabel 2 - Opgelegde (gemeten) debietreeksen aan opwaartse randen van het model

Opwaartse rand	Meetpost gemeten debietreeks
Barbierbeek, Bazel	008 – Bazel/Barbierbeek
Barebeek, Elewijt	111 – Elewijt/Barebeek
Bollaak, Pulle	062 – Pulle/Molenbeek
Demer, Aarschot	dem02a – Aarschot/Demer
Dijle, Wilsele	093 – Wilsele/Dijle

Opwaartse rand	Meetpost gemeten debietreeks
Durme, Lokeren	*
Grote Molenbeek, Malderen	037 – Malderen/Grote Molenbeek
Kleine Molenbeek, Liezele	036 – Liezele/Kleine Molenbeek
Kleine Nete, Grobbendonk	knt03a – Grobbendonk/Kleine Nete
Losting, Wezemaal	143 – Wezemaal/Losting
Tijarm Zwijnaarde, Zwijnaarde	**
Vunt, Wilsele	114 – Wilsele/Vunt
Weesbeek, Boortmeerbeek	110 – Boortmeerbeek/Weesbeek
Wimp, Wiekevorst	082 – Wiekevorst/Wimp
Winge, Rotselaar	141 – Rotselaar/Winge
Zenne, Vilvoorde	zen04a – Vilvoorde/Zenne
Zeeschelde, Dendermonde	zes47a – Dendermonde/Dender***
Zeeschelde, Merelbeke	zes57a – Zeeschelde/Melle**

*Aan de opwaartse rand van de Durme wordt een constant debiet van 0,78 m³/s opgelegd, als zijnde afkomstig van de RWZI Lokeren. Bijkomend wordt een geschat debiet opgelegd afkomstig van het vijzelgemaal te Lokeren.

** Aan de opwaartse rand van de Zeeschelde dienen debieten opgelegd te worden aan de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde. Er zijn twee mogelijke manieren om deze debieten te bepalen:

- Enerzijds op basis van de standen van de hef en wip van de stuwen;
- Anderzijds op basis van het gemeten debiet te Melle

Het debiet aan de stuwen in Merelbeke en Zwijnaarde kan berekend worden op basis van de stuwstanden en de waterstanden op- en afwaarts van de stuwen. Bij te hoge debieten zijn bovenstaande formules niet geldig. Voor deze hindcast worden daggemiddelde debieten van Melle opgelegd aan de opwaartse rand te Merelbeke. Aan de opwaartse randen te Zwijnaarde en Gentbrugge wordt dan een constant debiet van 1 m³/s opgelegd.

*** De Dender wordt niet als een aparte waterloop meegenomen in het model. Het daggemiddelde debiet van de Dender wordt wel als een randvoorwaarde opgelegd aan de Schelde in Dendermonde.

Onbemeten (deel)bekkens

Voor de opwaartse randen van het model waarvoor geen gemeten debietreeksen beschikbaar zijn, wordt gebruik gemaakt van herschaalde debietreeksen van naburige bekkens. De herschaling wordt uitgevoerd op basis van de relatieve oppervlakte van de betrokken deelbekkens. Tabel 3 geeft een overzicht van de opwaartse randen met herschaalde debietreeksen.

Het debiet opgelegd aan de opwaartse rand van de Grote Nete, ter hoogte van het Albertkanaal, wordt berekend als het verschil tussen het debiet te Geel-Zammel en het debiet afkomstig van de Grote Laak. Dit laatste wordt berekend door middel van een herschaling van het debiet van de Grote Laak te Tessenderlo.

Tabel 3 - Herschaalde debietreeksen opgelegd aan opwaartse randen van het model

Opwaartse rand	Meetpost herschaalde debietreeks
Barebeek, Elewijt	110 – Boortmeerbeek/Weesbeek
Grote Laak, Vorst	087 – Grote Laak/Tessenderlo
Grote Nete, Albertkanaal	gnt07 – Grote Nete/Geel-Zammel
Vunt, Wilsele	093 – Dijle/Wilsele

Voor de onbemeten (deel)bekkens wordt gebruik gemaakt van debietreeksen herschaald op basis van de oppervlakte van het (deel)bekken. Tabel 4 geeft een overzicht van de onbemeten (deel)bekkens die opgenomen zijn in het model en de meetpost waarvan de debietreeks herschaald werd.

Tabel 4 - Herschaalde debietreeksen opgelegd aan onbemeten deelbekkens

Onbemeten (deel)bekken	ID deelbekken	Meetpost herschaalde debietreeks
Durme-Zuid	V04DUR000080	008
Durme-Noord	V04DUR000090	008
Ledebeek (Durme)	V04LED000220	008
Lokerenbeek (Durme)	V04LOK000060	008
Rupel-RO (Rupel)	V04RUP000150	036
Molenbeek-Vliet (Rupel)	V04VLI000140	036
Zelebeek (Durme)	V04ZEL000050	008
Zielbeek (Durme)	V04ZIE000120	008
Zwartebeek (Rupel)	V04ZWA000130	036
Barebeek (Dijle)	V08BAR000375	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000390	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000440	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000455	110 / 111 / 093*
Vunt	V08DIJ000425	114 / 093*
Grote Laakbeek (Dijle)	V08GLA000450	122
Leibeek (Dijle)	V08LEI000420	110 / 093*
Lier (Benedennete)	V08LIE000510	052
Vrouwvliet (Dijle)	V08VRO000460	110 / 093*
Weesbeek (Dijle)	V08WEE000410	110 / 093*
Zenne-onbemeten	V08ZEN000480	175

Onbemeten (deel)bekken	ID deelbekken	Meetpost herschaalde debietreeks
Heilaakbeek (Demer)	V09HEI000290	122
Moutlaak (Demer)	V09MOU000280	122
Winge (Demer)	V09WIN000320	141
Bergebeek (Grote Nete)	V10BER000100	087
Bevelsebeek (Grote Nete)	V10BEV000120	087
Gestelbeek (Grote Nete)	V10GES000130	087
Goorloop (Grote Nete)	V10GOO000080	087
Kleine Laak (Grote Nete)	V10KLA076030	087
Krekelbeek (Kleine Nete)	V10KRE000110	052
Molenbeek (Grote Nete)	V10MOL000060	087
Molenbeek/Bollaak (Kleine Nete)	V10MOP000150	062
Benedennete-LO	V10NET000170	052
Benedennete-RO	V10NET000180	052
Rode Laak (Grote Nete)	V10ROL000040	087
Steenkensbeek (Grote Nete)	V10STE000070	087
Tappelbeek (Kleine Nete)	V10TAP000160	062
Wimp (Grote Nete)	V10WIM000090	082

*In sommige gevallen is de meetreeks van een meetpost niet volledig over de beschouwde periode. De gaten in deze meetreeks worden opgevuld door herschaling van het debiet van een andere nabijge meetpost.

2.8 Simulatieperiode

Het prewaakpeil in Antwerpen werd voor de eerste maal overschreden bij het hoogwater van 2 januari 2018 rond 03u00. De overschrijding van het waakpeil vond plaats bij het hoogwater van 3 januari 2018 rond 16u. De laatste overschrijding van het prewaakpeil vond plaats bij het hoogwater van 4 januari 2018 rond 16u30.

Deze periode met overschrijding van het prewaak- en waakpeil in Antwerpen vond plaats tijdens een periode met verhoogde bovenafvoer.

Op basis van de beschikbare data, en rekening houdend met de duur van de storm, de duur van de periode van verhoogde bovenafvoer, en initiële condities werd volgende simulatieperiode gekozen: 29/12/2017 17:00 – 09/01/2018 00:00. De periode loopt van laagwater tot laagwater en omvat 21 getijcycli.

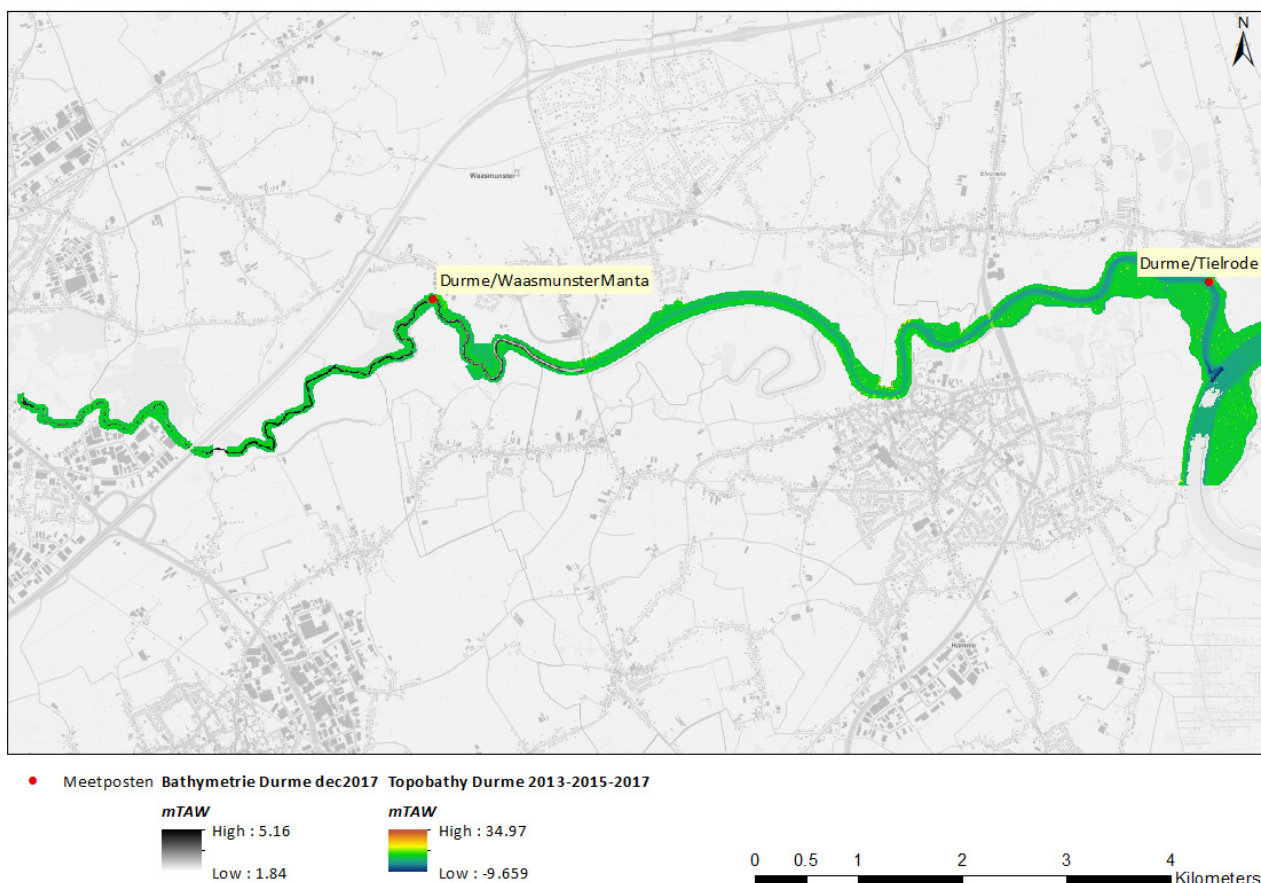
2.9 Modelaanpassingen

Naast aanpassing van de bathymetrie van de Durme werden in het model ook aanpassingen uitgevoerd om de toestand tijdens de storm weer te geven. Enkele GGG-inwateringsluizen werden gesloten tijdens het laagwater voor de storm, de stuw in Mechelen werd opgetrokken en het pompemaal in Lokeren trad in werking. Deze aanpassingen werden uitgevoerd zowel in het referentiemodel als in het voorspellingsmodel.

2.9.1 Bathymetrie Durme

In december 2017 werd de bathymetrie van de Durme opwaarts Waasmunster brug opnieuw opgemeten. Tussen Waasmunster brug en de brug van de E17 werden bathymetrische opmetingen uitgevoerd. Opwaarts de brug van de E17 werden dwarssecties topografisch gepeild. Deze nieuwe opmetingen werden gecombineerd met topografische opmetingen van de oevers uit 2013, en geïmplementeerd in het model (zie Figuur 8). De ruwheid van de rivierbedding in de Durme werd niet aangepast in het model.

Figuur 8 - Overzicht topobathymetrische opmetingen Durme



2.9.2 GGG-inwateringssluizen

De GGG-inwateringssluizen van de Kruibeekse en de Bazelse Polder, en van GOG Bergenmeersen werden gesloten voor de storm. In het model werd de 'Valve Regulation' van de kokers die de inwateringskokers voorstellen op 'No Flow' gezet.

In GOG Zennegat werd getracht de GGG-inwateringssluizen te sluiten voor de storm. Omwille van technische problemen lukte dit niet volledig. Slechts drie van de zes inwateringskokers werden, volledig gesloten. De andere drie konden slechts half gesloten worden. Er was dus nog 25% van de inwateringssluizen geopend (mond. comm. Frederik Van Overloop, districtshoofd a.i.). In het model werd de breedte en hoogte van de inwateringskokers aangepast.

Om de sluiting van de kokers net voor de storm te simuleren is de simulatie in twee delen opgesplitst:

- van 29/12/2017 17:00 tot 03/01/2018 09:00 met geopende kokers
- van 03/01/2018 09:00 tot 09/01/2018 00:00 met gesloten kokers ('No Flow') of deels gesloten kokers

Het tweede deel van de simulatie start met een 'Hot Start' vanaf het einde van het eerste deel van de simulatie.

2.9.3 Stuw Mechelen

De stuw op de Dijleafleiding te Mechelen werd opgetrokken tot 8 januari 12:45. Er werd een tijdreeks met stuwstanden opgelegd aan de 'Control Structures' die de boven- en benedenschuif van de stuw voorstellen in het model.

2.9.4 Pomp Lokeren

Wanneer de Moervaart een waterpeil bereikt van TAW +5,0 m treedt het pompgemaal in Lokeren in werking en wordt water vanuit de Moervaart of gekanaliseerde Durmeovergepompt naar de (tij-)Durme. Theoretisch kan er maximum 7,5 m³/s (vijzel 1: 2,5 m³/s; vijzel 2: 5 m³/s) overgepompt worden. Uit controlemetingen blijkt echter dat omwille van drijvend vuil de werking van het pompgemaal verstoord wordt en er slechts een debiet van 1,5 m³/s per vijzel kan verpompt worden. In de maand januari 2018 zou pomp 2 van het pompgemaal net geen 37 uren gewerkt hebben (pers. comm. Bart Antheunis, districtshoofd).

Het debiet van de pomp in Lokeren werd berekend op basis van de gemeten waterpeilen op- en afwaarts van het pompstation in Lokeren. Hierbij werd geen rekening gehouden met het waterpeil ter hoogte van Waasmunster brug. Er werd een aanslagpeil op de gekanaliseerde Durme te Lokeren aangenomen op TAW +4,95 m en een afslagpeil op TAW +4,9 m. Wanneer de duur tussen twee pompperiodes kleiner was dan enkele uren, werd deze periode ook opgevuld alsof er gepompt werd. Op deze wijze werd een totale pompduur van circa 36 uren bekomen. De tijdreeks met het gepompte debiet werd bijkomend opgelegd aan de opwaartse rand van de (tij-)Durme te Lokeren.

2.10 Versie 02: aanpassing randvoorwaarde Merelbeke

Omwille van stabiliteitsredenen wordt in het operationele model gewerkt met een opgelegd waterpeil aan de modelrand te Merelbeke. Om het effect hiervan te bekijken, wordt een tweede versie van het model doorgerekend met een opgelegd waterpeil te Merelbeke.

In het referentiemodel blijft het constante debiet van 1 m³/s aan de opwaartse randen te Zwijnaarde en Gentbrugge behouden.

3 Hindcast met 1D-referentiemodel

3.1 Validatiegegevens

Voor de evaluatie van de simulatieresultaten wordt gebruik gemaakt van gemeten waterpeilen langs de Zeeschelde en zijrivieren. Deze zijn beschikbaar via waterinfo.be Deze gegevens zijn nog niet gevalideerd.

De waterpeilen van de meetposten langs de Westerschelde zijn beschikbaar in de waterbase van Rijkswaterstaat.

Tabel 5 - Overzicht beschikbare meetreeksen waterpeilen voor validatie

Waterloop	Locatie	Nr meetpost	Bron
Westerschelde	Terneuzen	TERN-H10	RWS
	Hansweert	HANS-H10	RWS
	Bath	BATH-H10	RWS
Zeeschelde	Prosperpolder	zes01a	Waterinfo, HIC
	Liefkenshoek	zes10a	Waterinfo, HIC
	Kallo	zes14a	Waterinfo, HIC
	Antwerpen	zes21a	Waterinfo, HIC
	Hemiksem	zes28a	Waterinfo, HIC
	Temse	zes36a	Waterinfo, HIC
	Sint-Amands	zes42a	Waterinfo, HIC
	Dendermonde	zes47a	Waterinfo, HIC
	Schoonaarde	zes49a	Waterinfo, HIC
	Wetteren	zes55c	Waterinfo, HIC
	Melle	zes57a	Waterinfo, HIC
	Durme	Tielrode	dur01a
Waasmunster manta		dur05a	Waterinfo, HIC
Rupel	Boom, Rupelbrug	BS-RUP-1095	Waterinfo, EMT
	Walem	rup03a	Waterinfo, HIC
Dijle	Mechelen-benedensluis	dij06a	Waterinfo, HIC
	Mechelen opwaarts stuw	dij07a	Waterinfo, HIC
	Wilsele	093	Waterinfo, VMM
Demer	Aarschot	dem02a	Waterinfo, HIC
Zenne	Hombeek	zen01a	Waterinfo, HIC
	Zemst	zen02a	Waterinfo, HIC
	Epegem	zen03a	Waterinfo, HIC
	Vilvoorde	zen04a	Waterinfo, HIC

Benedennete	Duffel	bnt03	Waterinfo, HIC
	Lier Molbrug	bnt07a	Waterinfo, HIC
Kleine Nete	Emblem	knt01a	Waterinfo, HIC
	Grobbendonk	knt03a	Waterinfo, HIC
Grote Nete	Kessel	gnt02a	Waterinfo, HIC
	Hulshout	gnt05a	Waterinfo, HIC
	Geel-Zammel	gnt07a	Waterinfo, HIC

Ook het waterpeil in enkele GOG's wordt gemeten met behulp van druksensoren. Deze gegevens worden eveneens gebruikt voor de evaluatie van het waterpeil in de GOG's. De druksensoren zijn vaak geplaatst nabij uitwateringsconstructies. Tabel 6 geeft een overzicht van de druksensoren en waterpeilmeters van WL en UA in de GOG's.

Tabel 6 - Overzicht waterpeilmeters WL en UA in GOG's

Waterloop	GOG/Naam meetlocatie	Locatie	Bron
Zeeschelde	Kruikeke Grote Uitlaat	ter hoogte van de grote uitlaat naar de Zeeschelde	WL
	Kruikeke Kreek	aan de opwaartse kant van de kreek van de Barbierbeek	UA
	Kruikeekse Kreek Centraal	centraal in de Kruikeekse Kreek	UA
	Bazelse Polder	woelkom nabij de zuidelijke in- en uitwatering	UA
	Lippenbroek	zijtak centrale gracht, ten zuidoosten van in- en uitwatering	UA
	Tielrodebroek1	ter hoogte van afwaartse uitwateringsconstructie, Sluis Veyt	WL
	Tielrodebroek2	ter hoogte van opwaartse uitwateringsconstructie	WL
	Scheldebroek1	ter hoogte van afwaartse uitwateringsconstructie	WL
	Scheldebroek2	ter hoogte van opwaartse uitwateringsconstructie	WL
	Bergenmeersen-Schelde	ter hoogte van gecombineerde in- en uitwaterings-constructie, Zeescheldezijde	WL
	Bergenmeersen2	ter hoogte van 2 ^{de} uitwateringsconstructie	WL

Waterloop	GOG/Naam meetlocatie	Locatie	Bron
	Bergenmeersen set2	in het zuidwesten van het GOG-GGG	UA
Durme	Potpolder I 1	ter hoogte van afwaartse uitwateringsconstructie	WL
	Potpolder I 2	ter hoogte van middenste uitwateringsconstructie	WL
Rupel	Bovenzanden	ter hoogte van uitwateringsconstructie	WL
Dijle	Zennegat	nabij gecombineerde in- en uitwateringsconstructie	UA
Benedennete	Polder van Lier2	ter hoogte van middenste uitwateringsconstructie	WL
	Polder van Lier3	ter hoogte van afwaartse uitwateringsconstructie	WL

3.2 Resultaten meetposten rivieren

De gesimuleerde en gemeten waterpeilen en debieten in de Zeeschelde en getijgebonden zijrivieren worden vergeleken ter hoogte van de meetposten. Er wordt telkens een overzichtskaart gegeven met de meetposten, en per meetpost een grafiek met de gemeten en gesimuleerde waterpeilen. De gemeten tijdreeksen worden in rood weergegeven, de gesimuleerde tijdreeksen in lichtblauw (modelversie 01) of groen (modelversie 02). Tevens wordt per waterloop een lengteprofiel gegeven met de gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil (berekend als hoogwater-laagwater).

Aangezien de wijziging van de randvoorwaarde in Merelbeke, in modelversie 02, enkel effect heeft op de waterpeilen in de Zeeschelde, worden de tijdreeksen van deze modelversie enkel weergegeven in de grafieken vanaf Antwerpen tot en met Melle, en in het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde.

In §3.2.7 worden tabellen gegeven met gemeten en gesimuleerde waarden van het stormhoogwater en het laagwater voor de storm ter hoogte van de meetposten.

3.2.1 Waterpeilen Westerschelde en Zeeschelde

Figuur 9 en Figuur 10 geven een overzicht van de meetposten langs de Westerschelde en de Zeeschelde.

Figuur 11 tot en met Figuur 13 geven de waterpeilen ter hoogte van de meetposten langs de Westerschelde. Figuur 14 tot en met Figuur 24 geven de waterpeilen ter hoogte van de meetposten langs de Zeeschelde. Figuur 25 geeft een lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

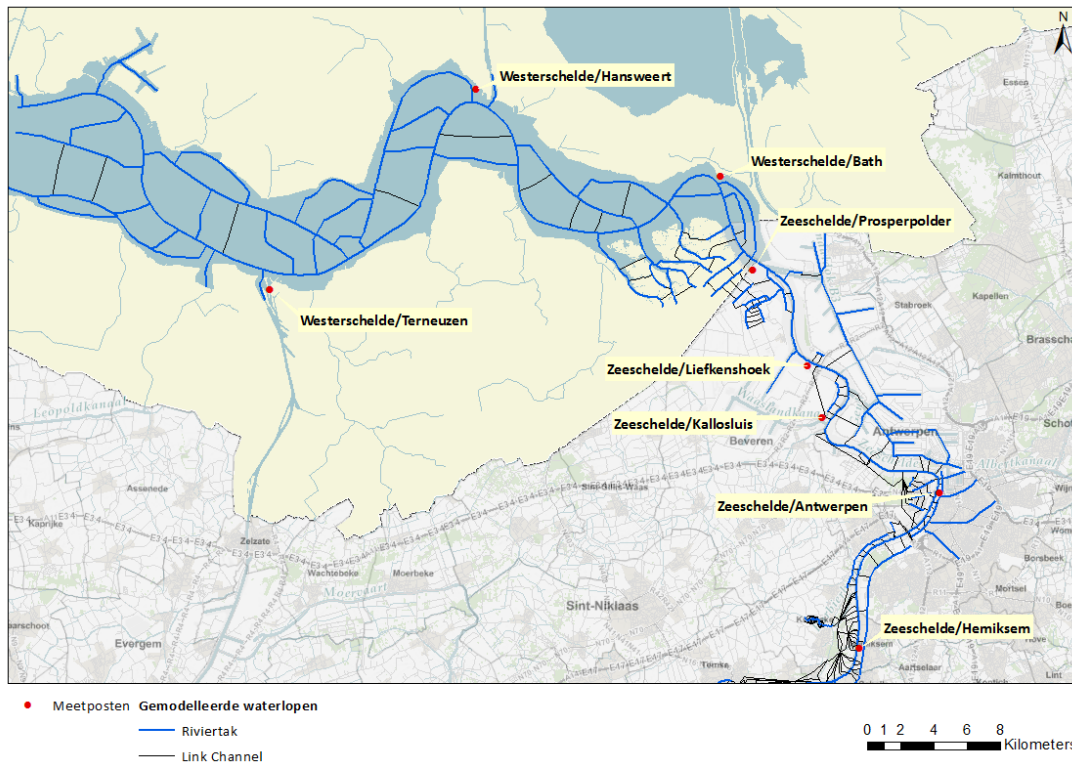
Ter hoogte van de meetposten langs de Westerschelde wordt het stormhoogwater onderschat. Het verschil bedraagt maximum 8 cm ter hoogte van Terneuzen en minimum 1 cm ter hoogte van Hansweert. Over de hele simulatieperiode worden de laagwaters onderschat.

Ook ter hoogte van de meetposten langs de Beneden-Zeeschelde wordt het stormhoogwater vaak onderschat. Het verschil bedraagt maximum 7 cm ter hoogte van Temse en 0 cm ter hoogte van Kallo. Te Antwerpen bedraagt het verschil tussen het gesimuleerde en het gemeten stormhoogwater 3 cm.

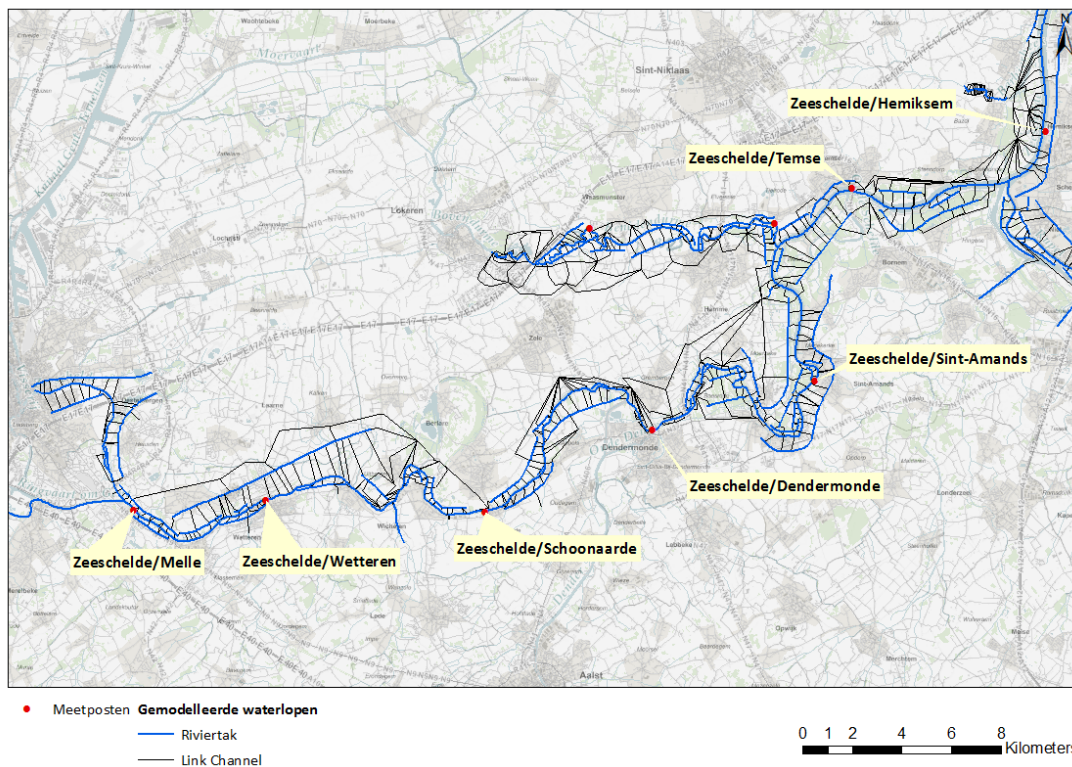
Langs de Boven-Zeeschelde ter hoogte van Sint-Amands en Dendermonde wordt het stormhoogwater nog onderschat, met respectievelijk 8 cm en 6 cm. Wanneer gebruik gemaakt wordt van gemeten waterpeilen aan de opwaartse rand in Merelbeke zijn de gesimuleerde waarden voor het stormhoogwater ter hoogte van Temse, Sint-Amands en Dendermonde 1 of 2 cm hoger. Vanaf de meetpost te Schoonaarde naar opwaarts toe wordt het stormhoogwater overschat, met maximum 30 cm te Melle. Wanneer aan de opwaartse rand te Merelbeke het gemeten waterpeil opgelegd wordt, is deze overschatting kleiner, tot 1 cm in Melle. Ook de getijamplitude wordt dan minder overschat.

Het opleggen van het gemeten waterpeil aan de opwaartse rand leidt hier tot een betere benadering van de gemeten waarden. Dagdebieten zijn niet voldoende om goed de waterstanden te modelleren afwaarts Melle. In de doorgerekende periode werd de sluis te Merelbeke geopend en gesloten. Dit is duidelijk merkbaar in de metingen (zie Stormrapport (Meire *et al.*, 2018)).

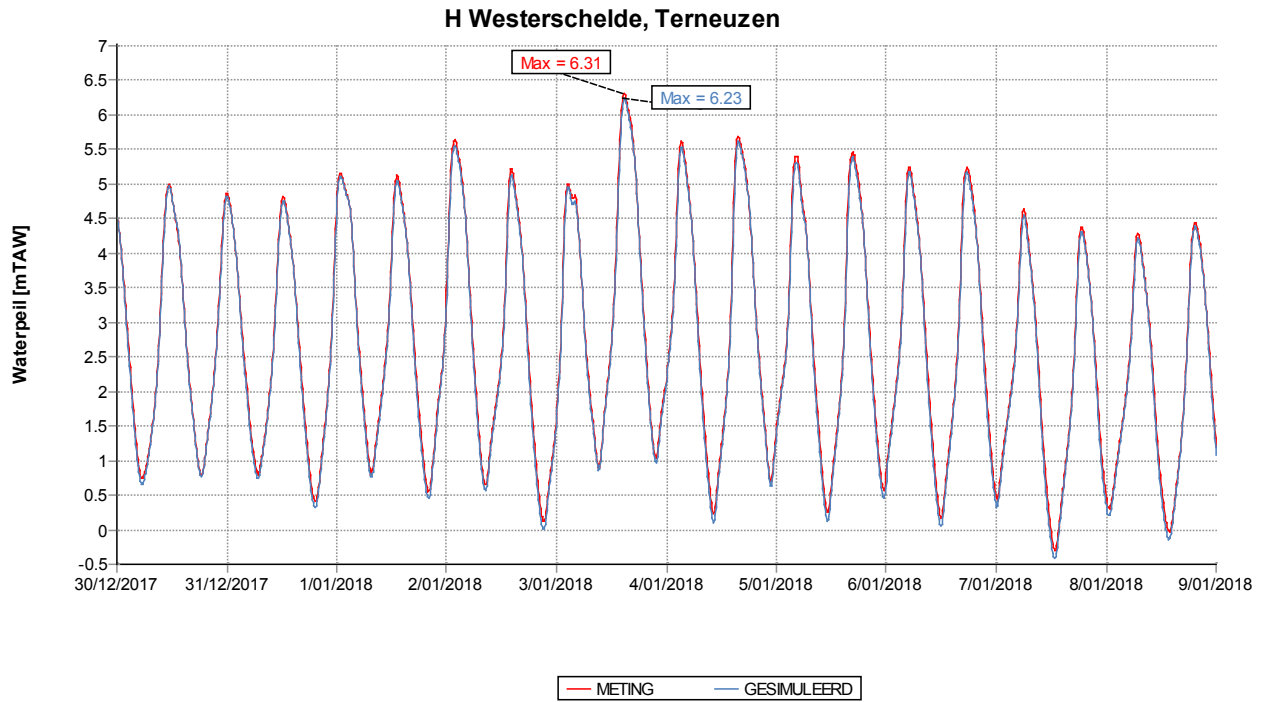
Figuur 9 - Situering meetposten Westerschelde en Beneden-Zeeschelde



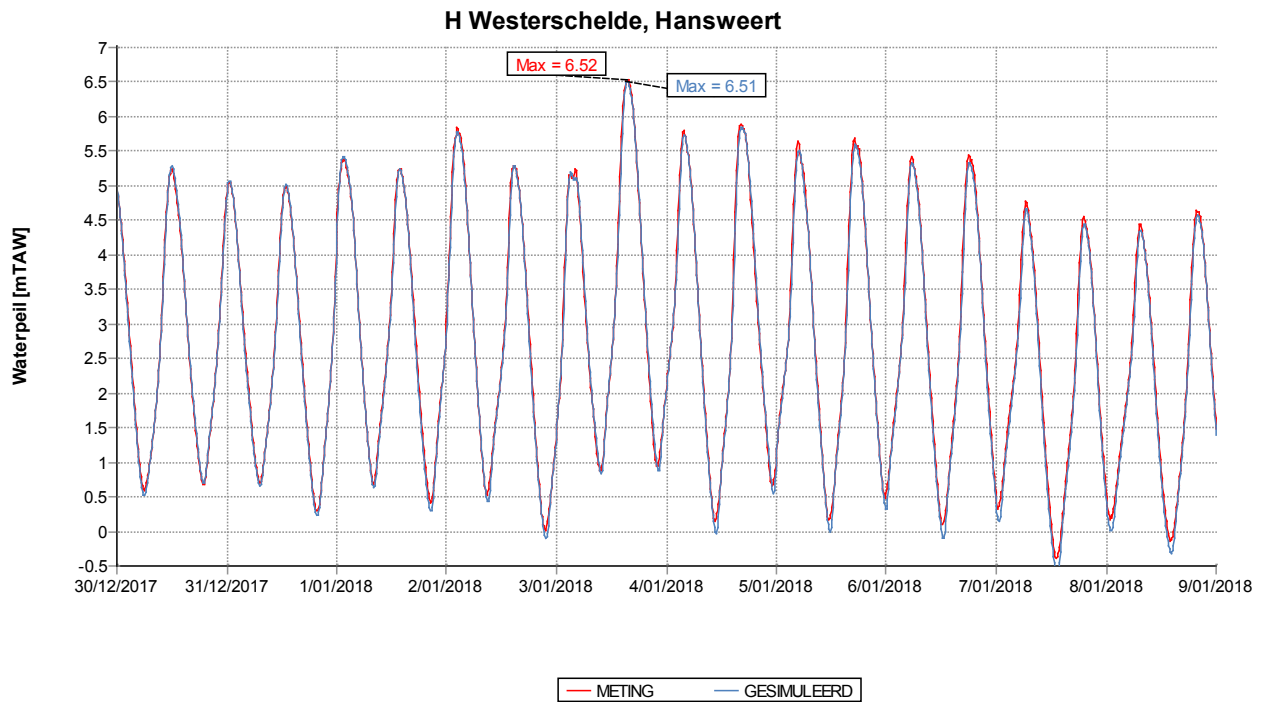
Figuur 10 - Situering meetposten Boven-Zeeschelde



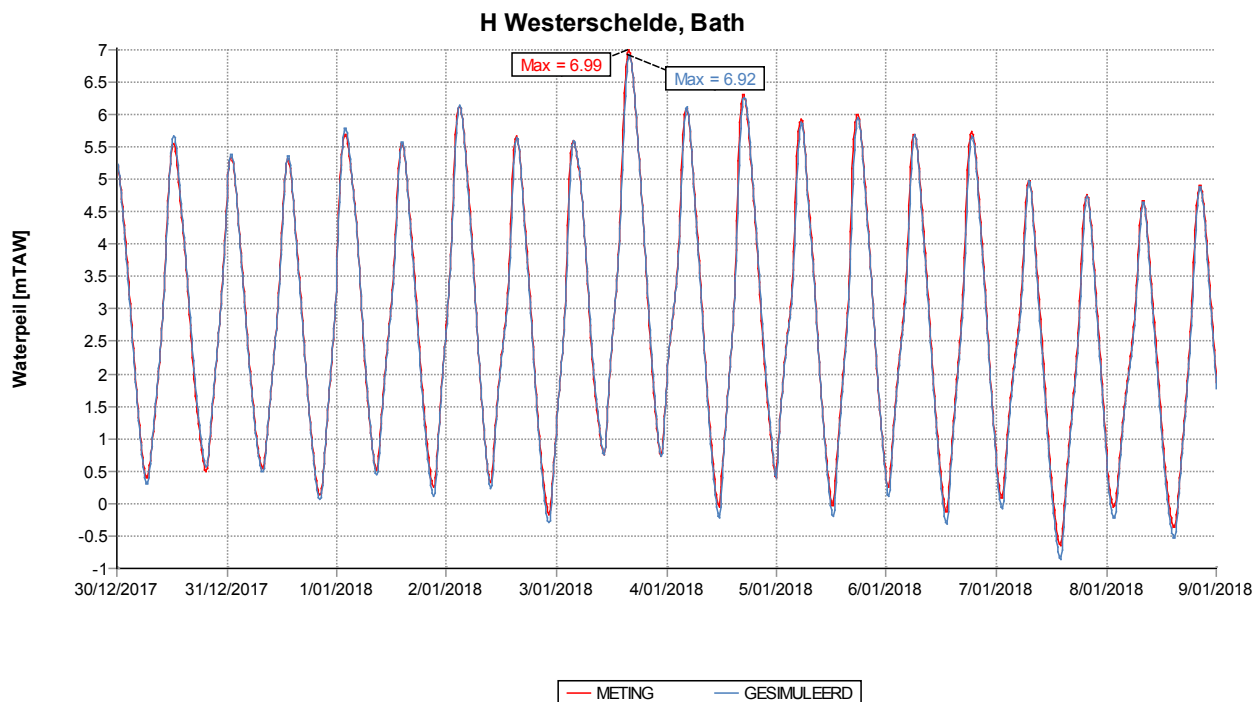
Figuur 11 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Terneuzen



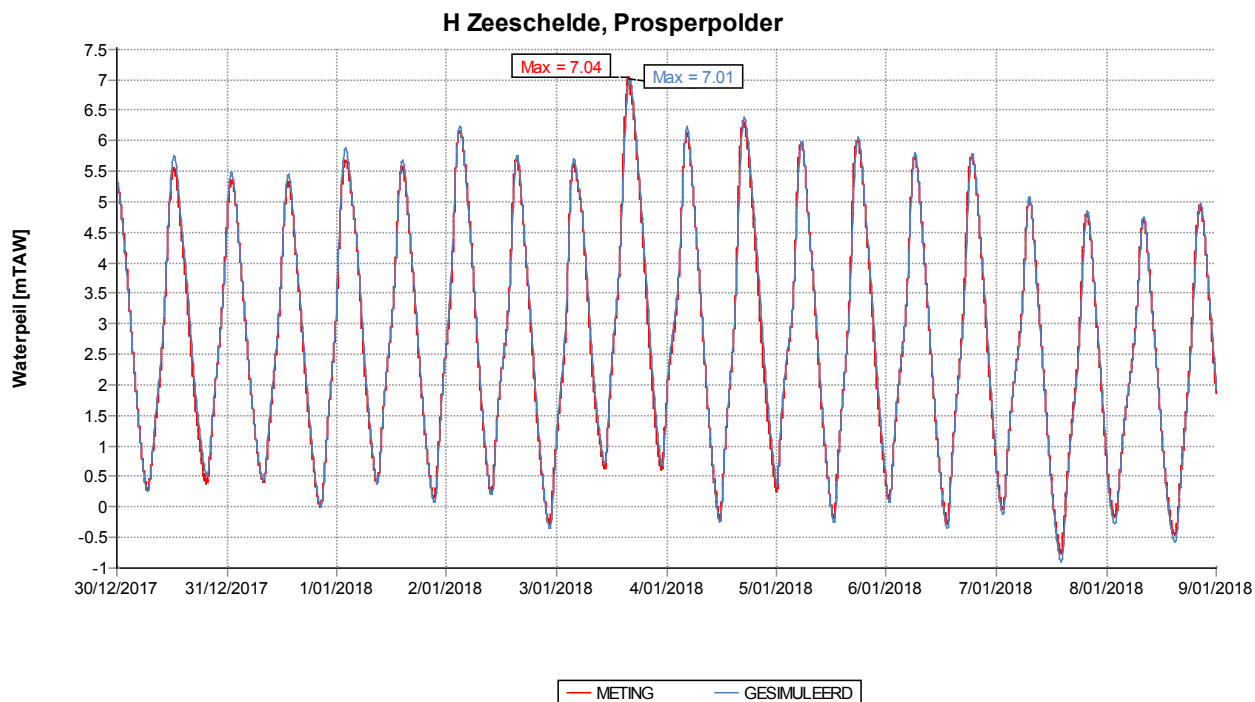
Figuur 12 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Hansweert



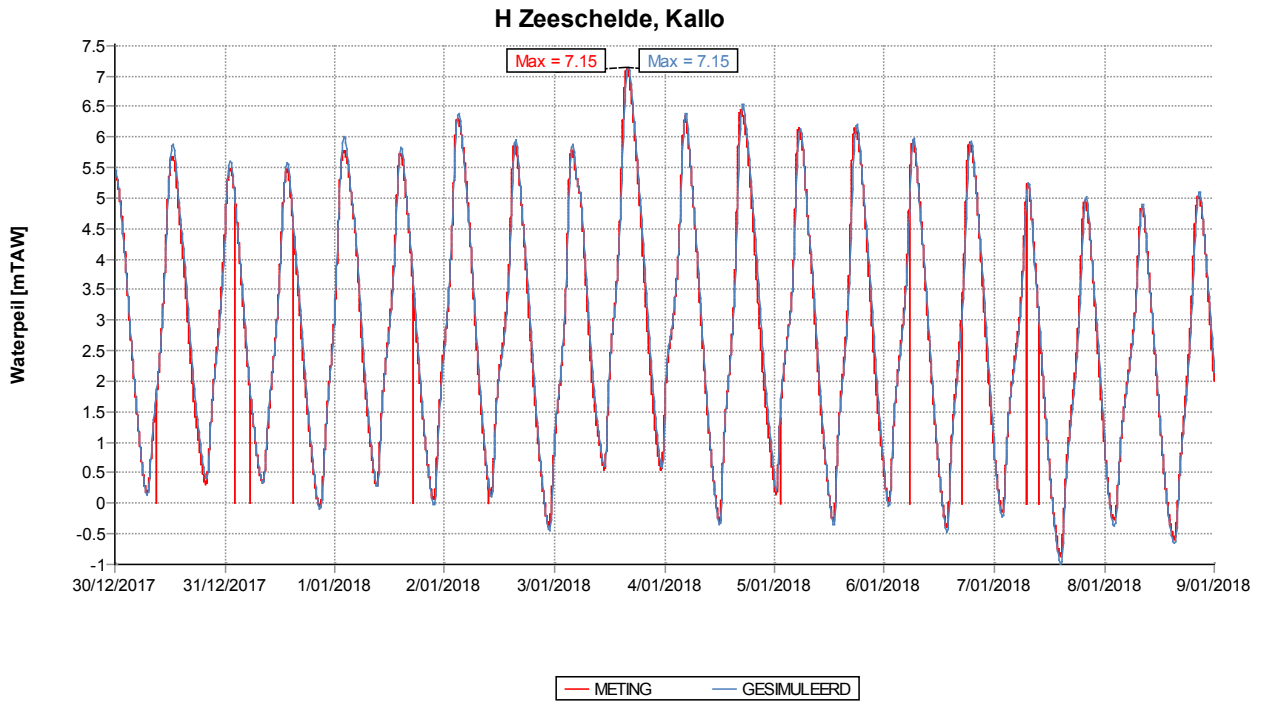
Figuur 13 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Bath



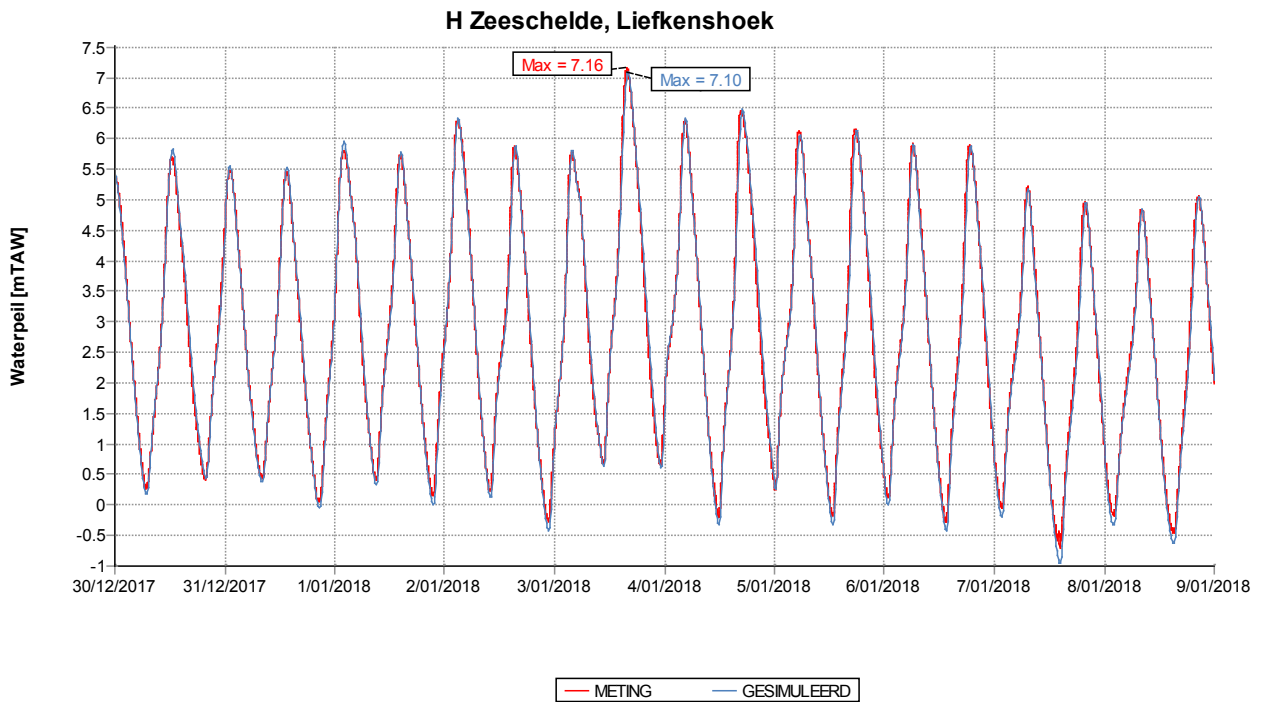
Figuur 14 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder



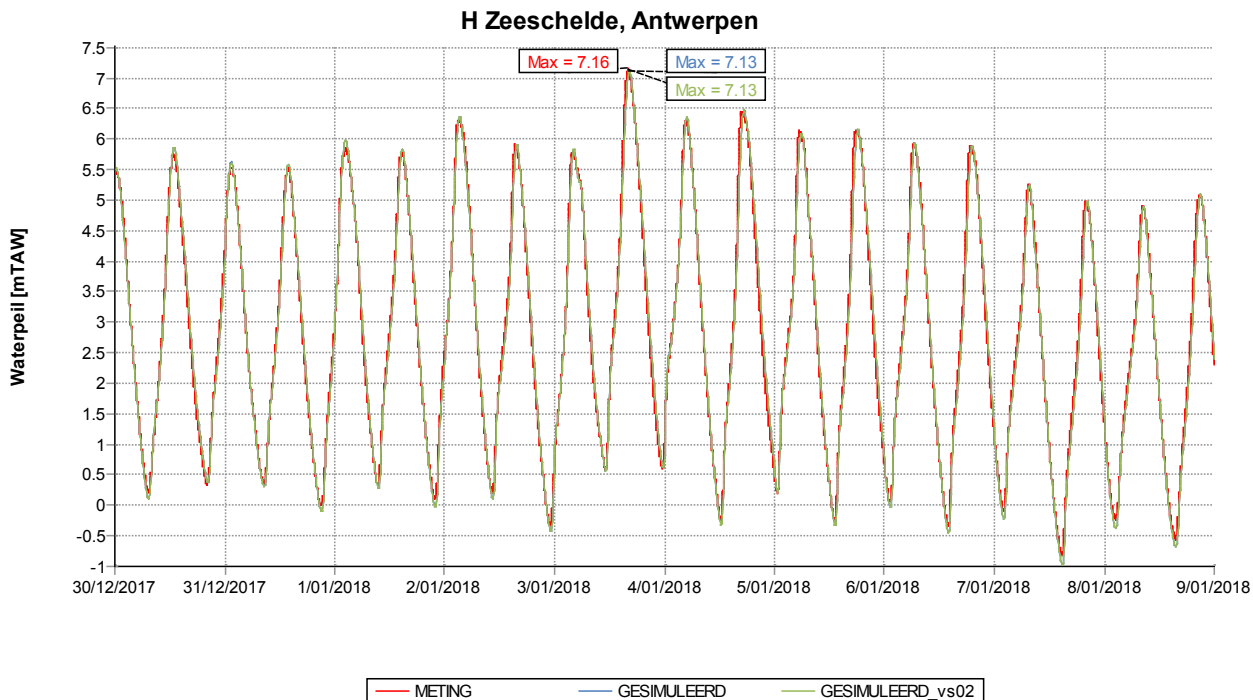
Figuur 15 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Kallo



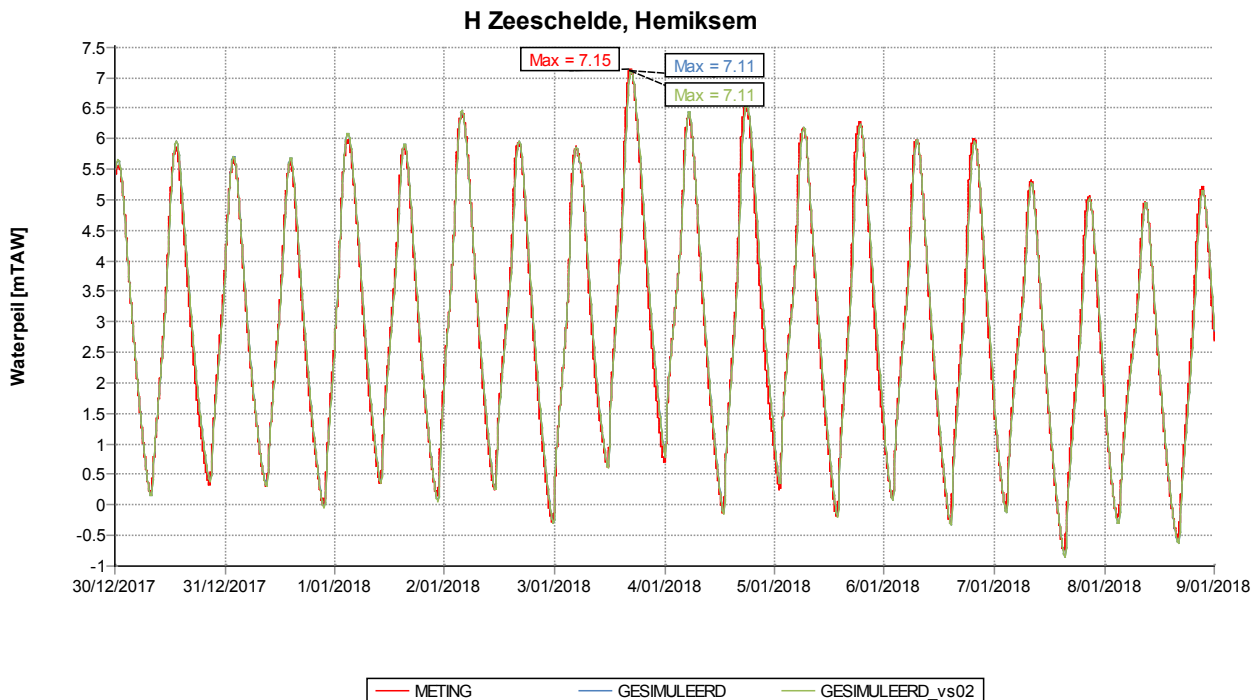
Figuur 16 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Liefkenshoek



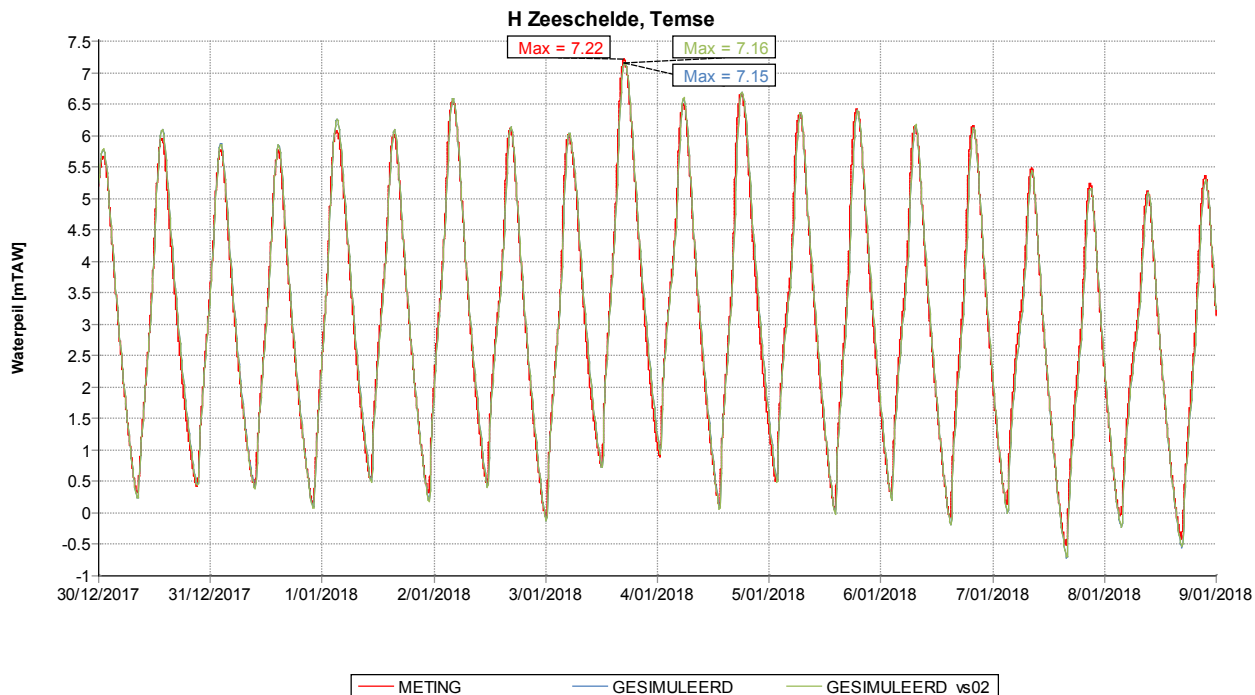
Figuur 17 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Antwerpen



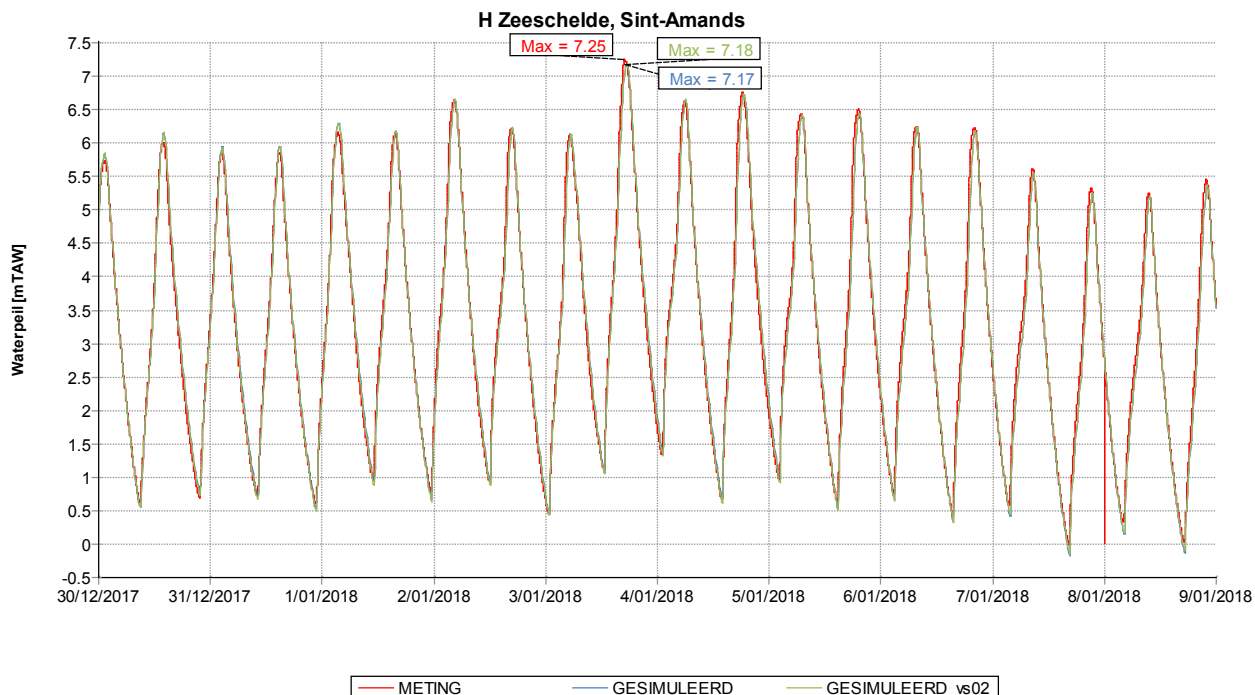
Figuur 18 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder



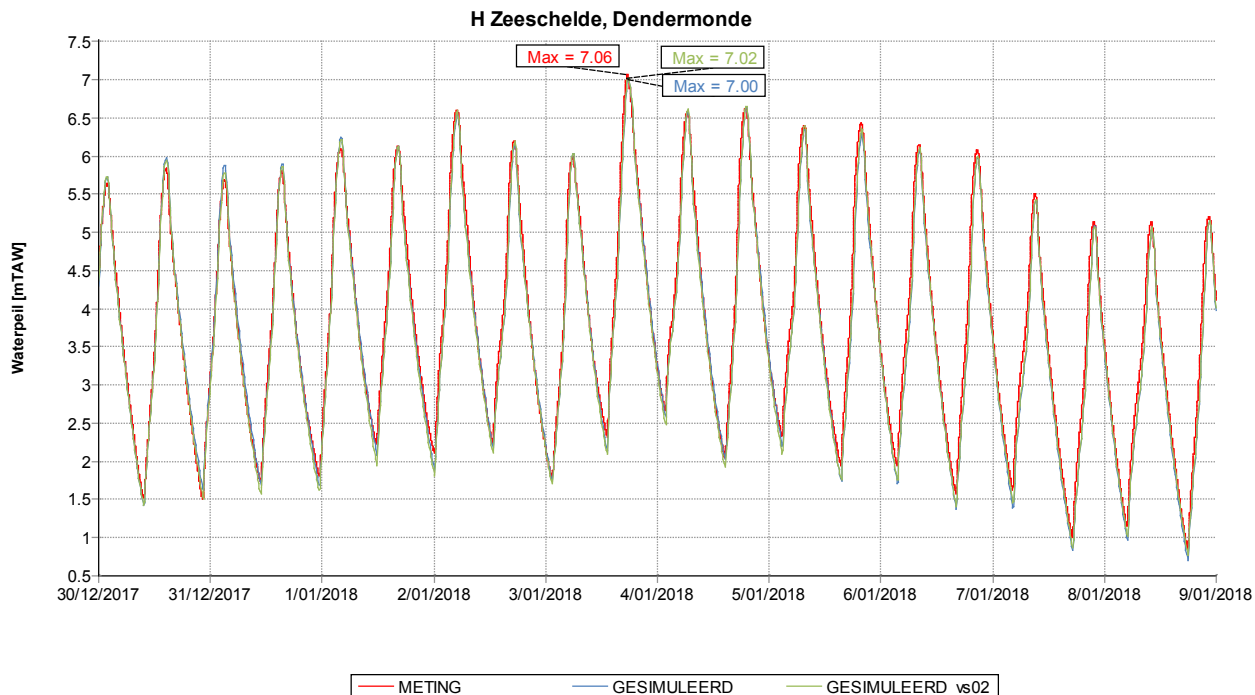
Figuur 19 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Temse



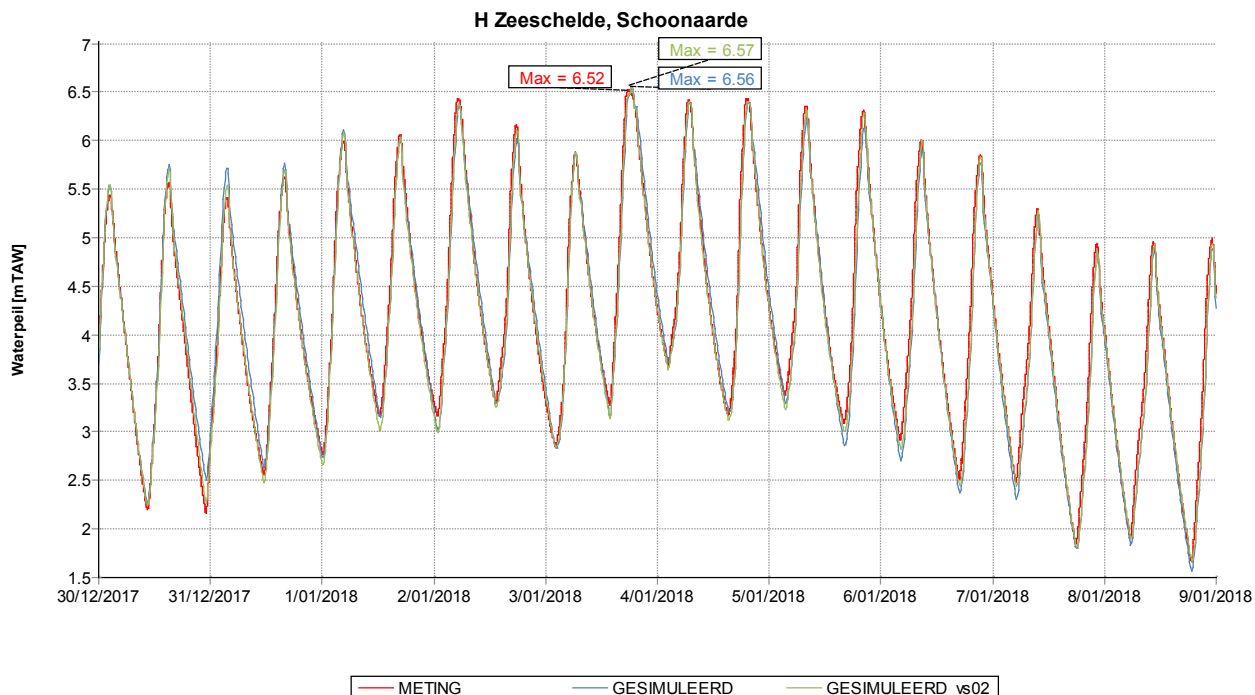
Figuur 20 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Sint-Amands



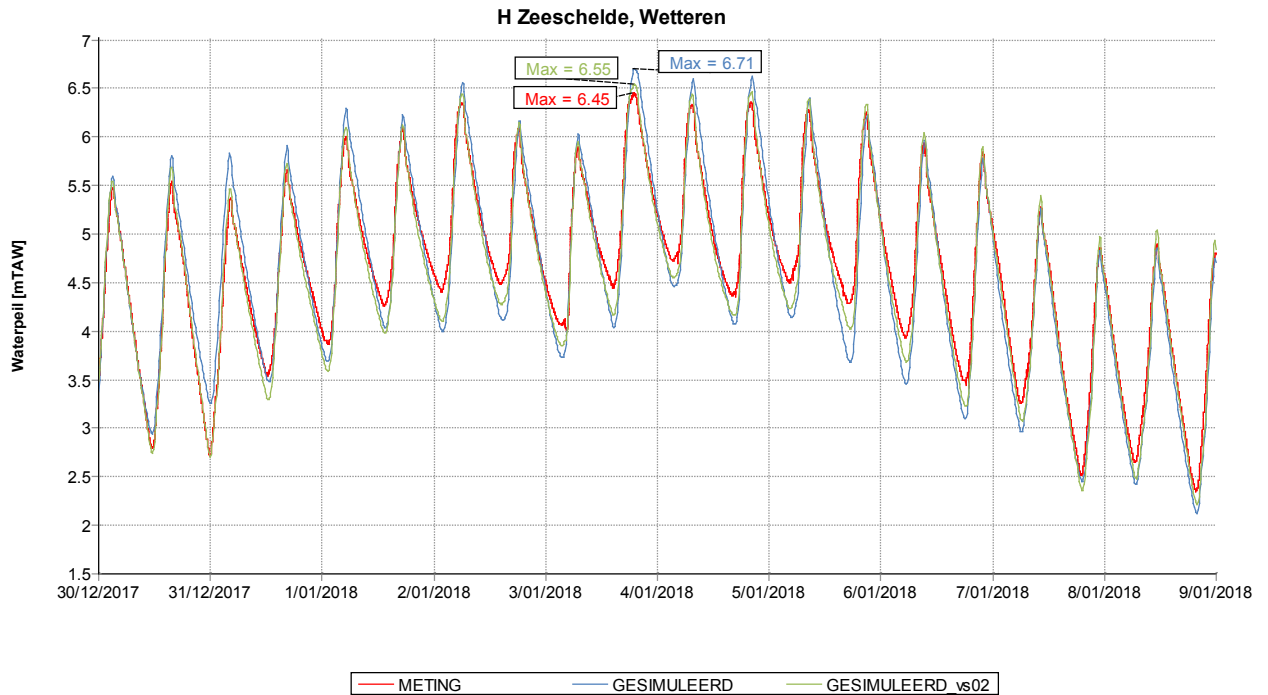
Figuur 21 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Dendermonde



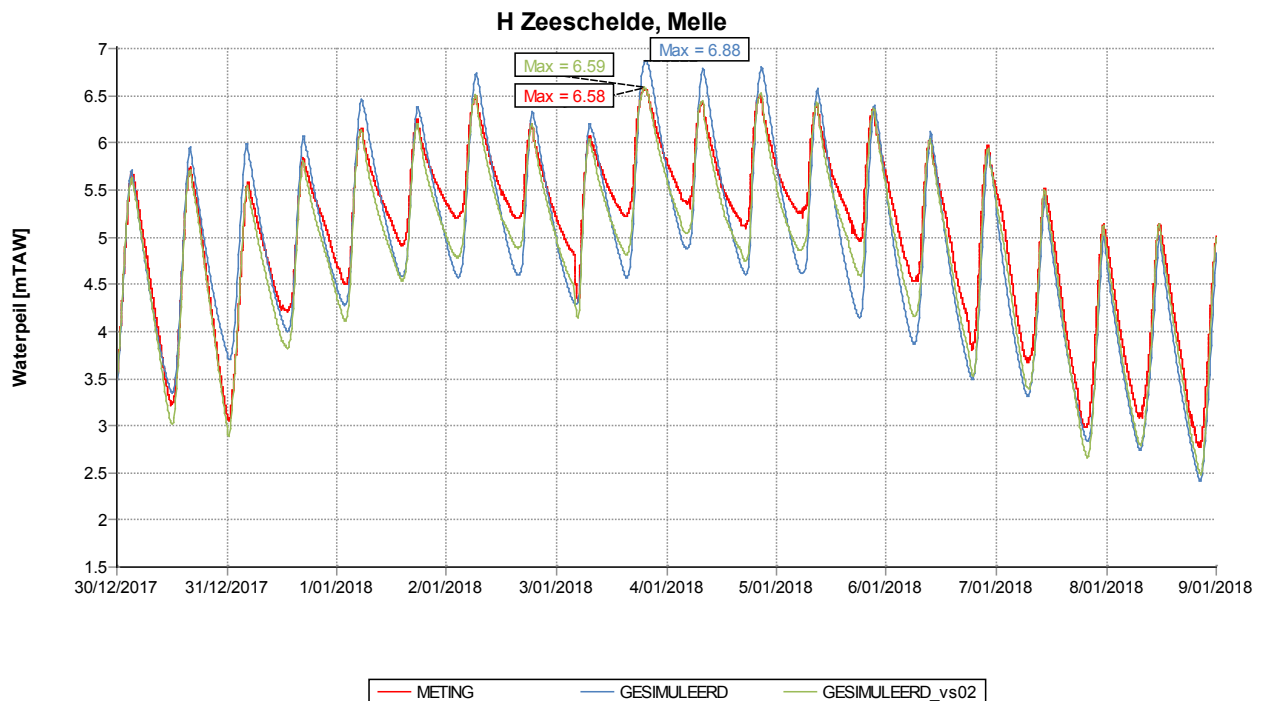
Figuur 22 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Schoonaarde



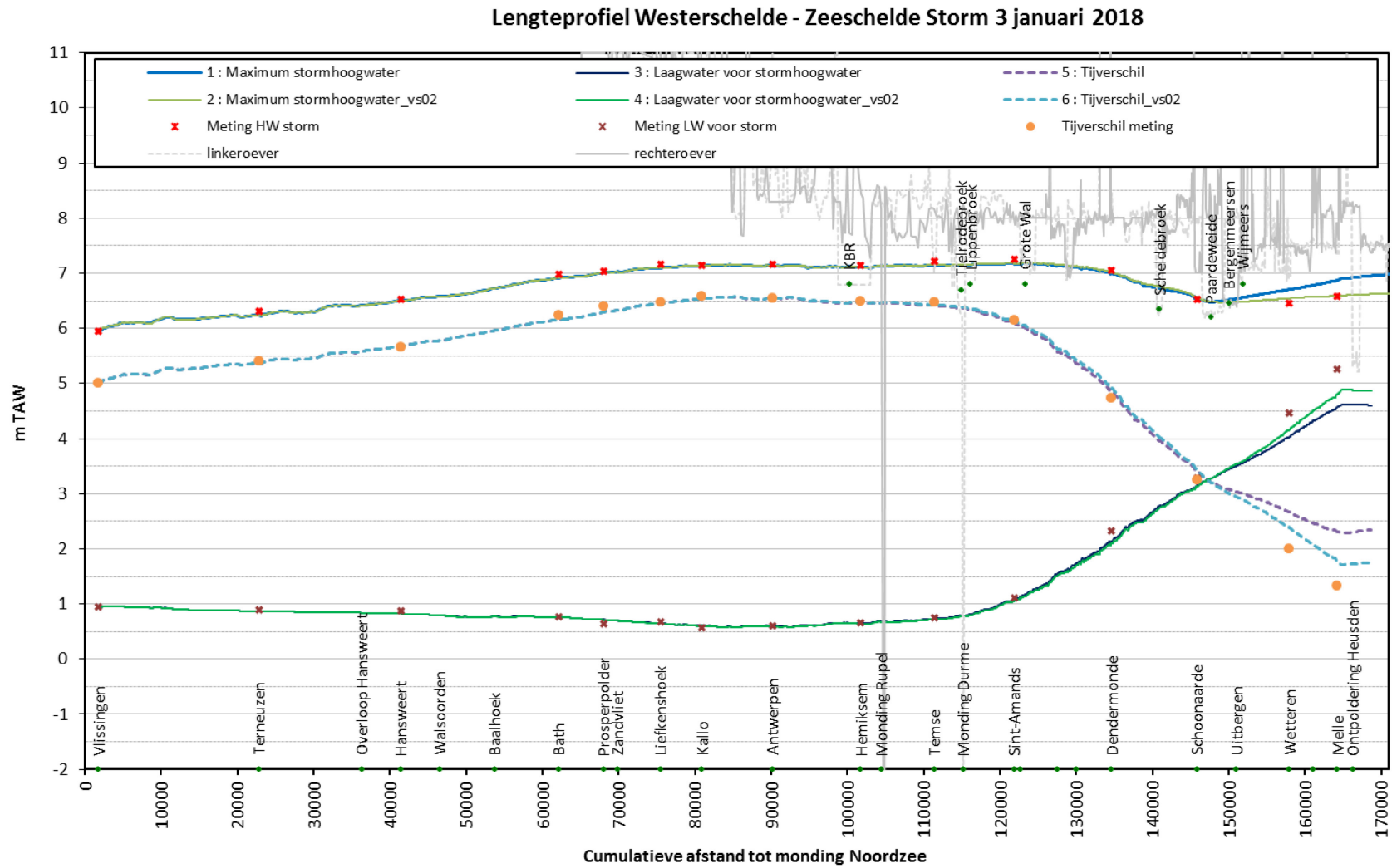
Figuur 23 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Wetteren



Figuur 24 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Melle



Figuur 25 - Lengteprofiel Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018

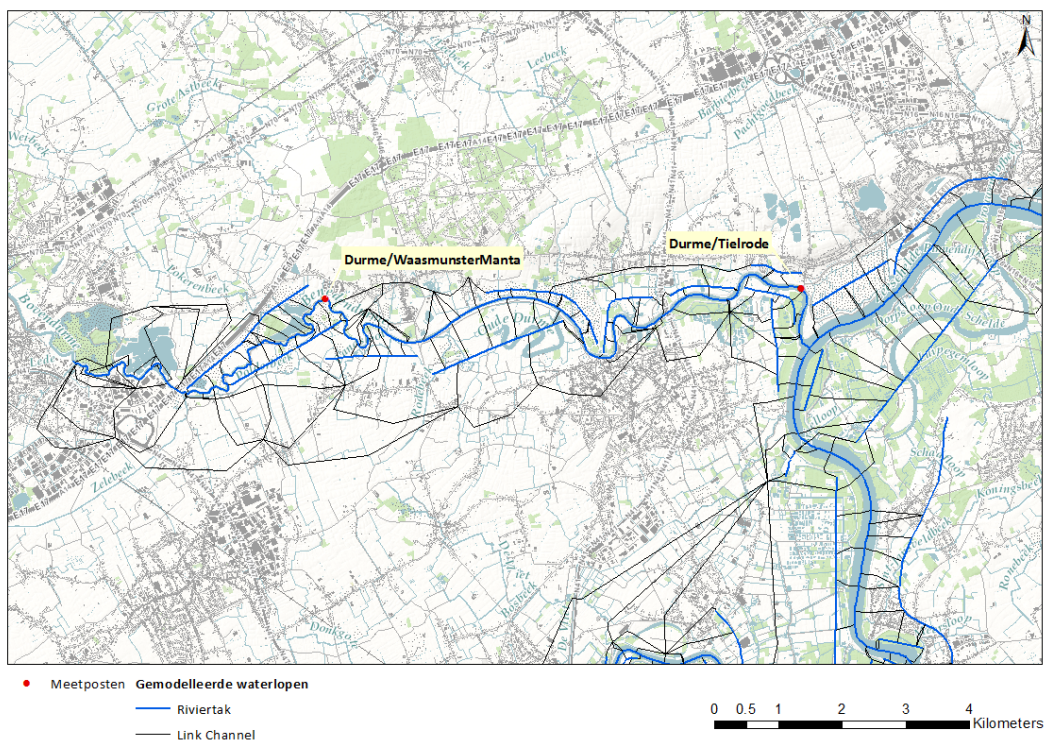


3.2.2 Waterpeilen Durme

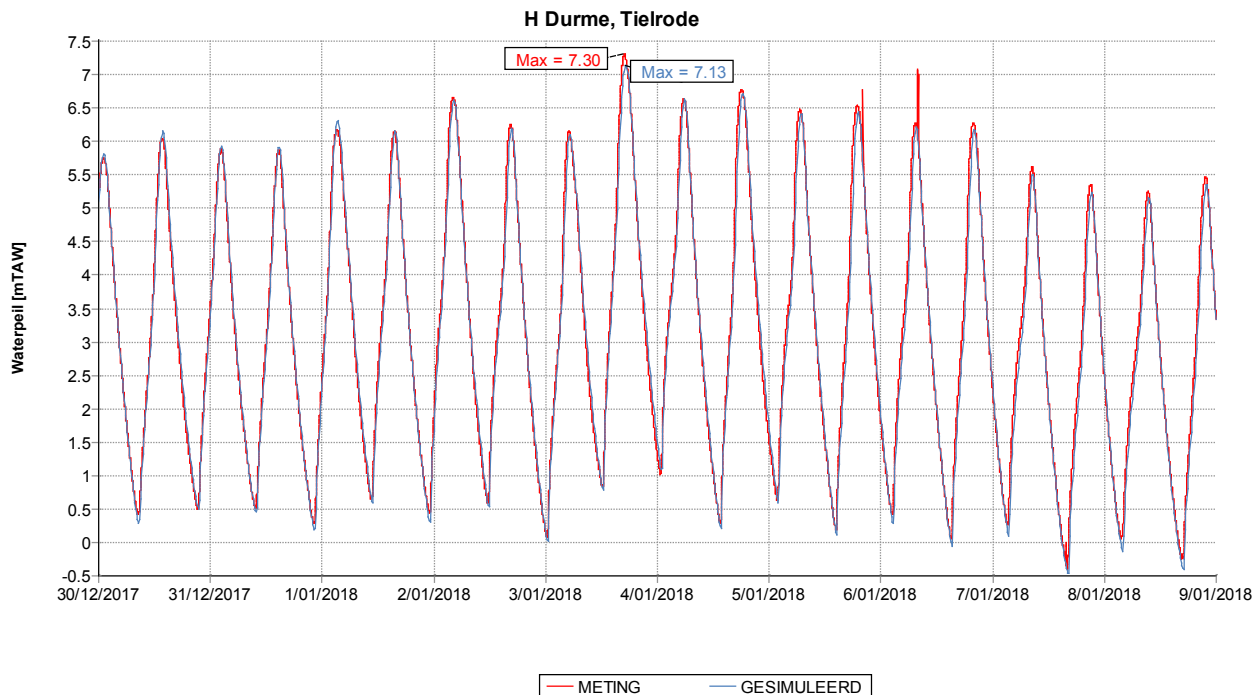
Figuur 26 geeft een overzicht van de meetposten langs de Durme. Figuur 27 en Figuur 28 geven de waterpeilen op de Durme ter hoogte van deze meetposten. Figuur 29 geeft een lengteprofiel van de Durme met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Ter hoogte van de meetposten langs de Durme wordt het stormhoogwater onderschat met 17 cm ter hoogte van Tielrode, en 24 cm ter hoogte van Waasmunster manta. Ter hoogte van Waasmunster manta worden ook de gemeten laagwaters sterk onderschat door de gesimuleerde waarden. Dit kan er op wijzen dat de ruwheid van deze riviertak nog moet aangepast worden in het model. Deze ruwheid werd niet aangepast bij de implementatie van de nieuwe bathymetrie.

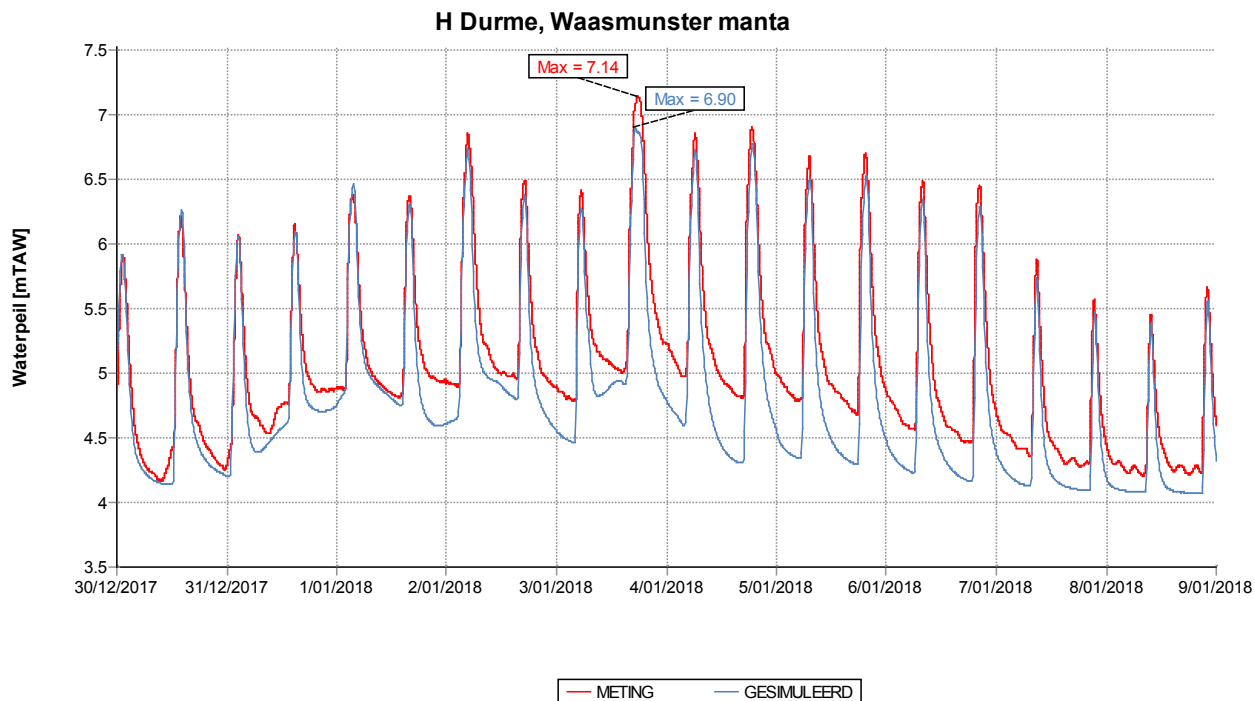
Figuur 26 - Situering meetposten Durme



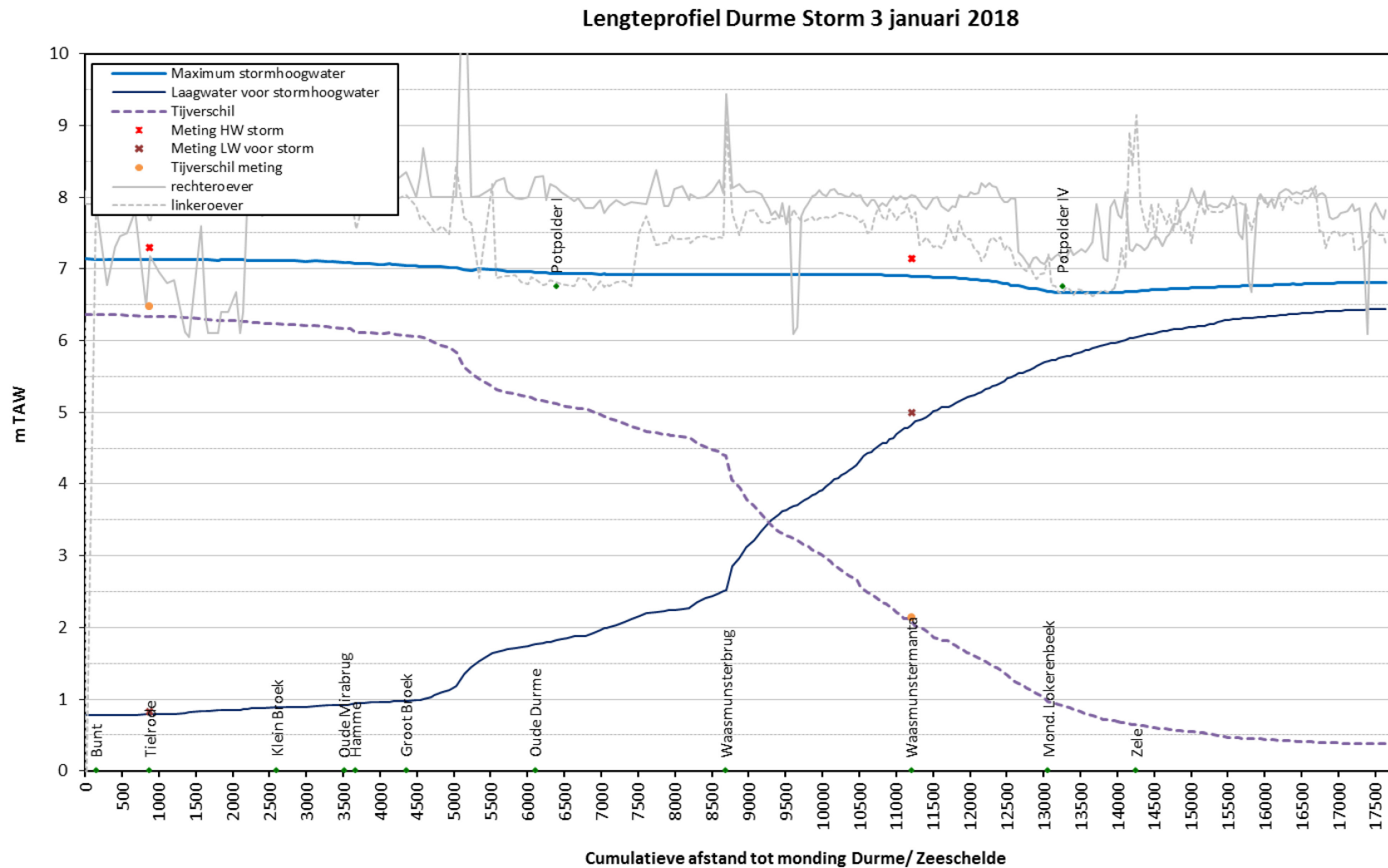
Figuur 27 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Tielrode



Figuur 28 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Waasmunster manta



Figuur 29 - Lengteprofiel Durme met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018

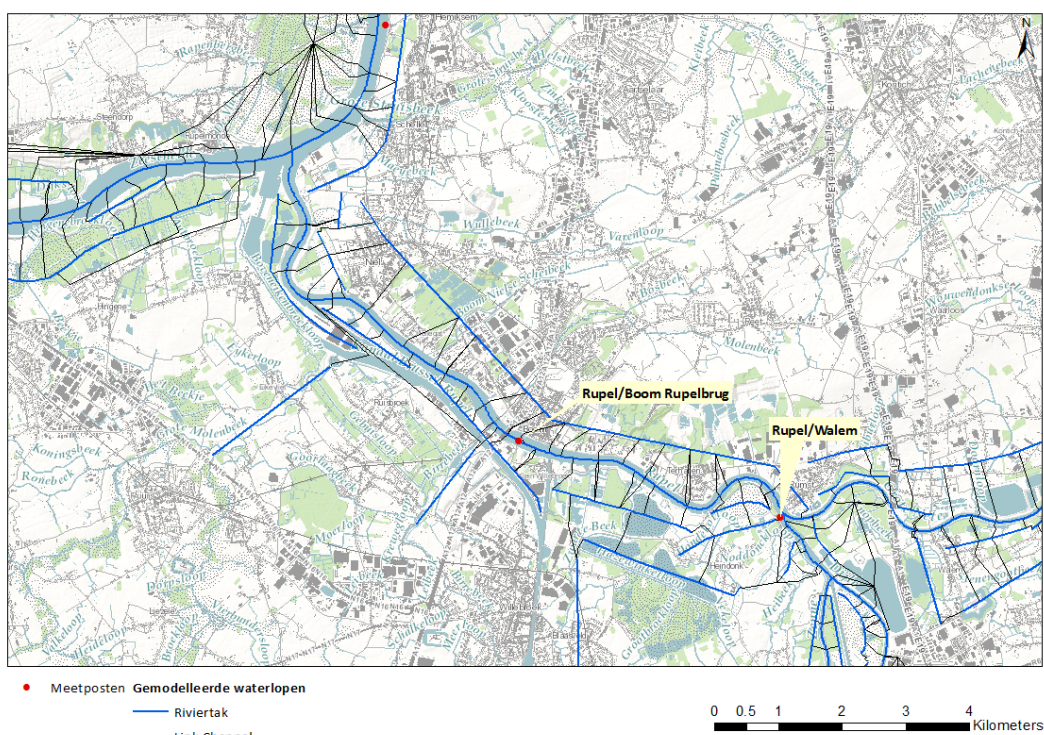


3.2.3 Waterpeilen Rupel

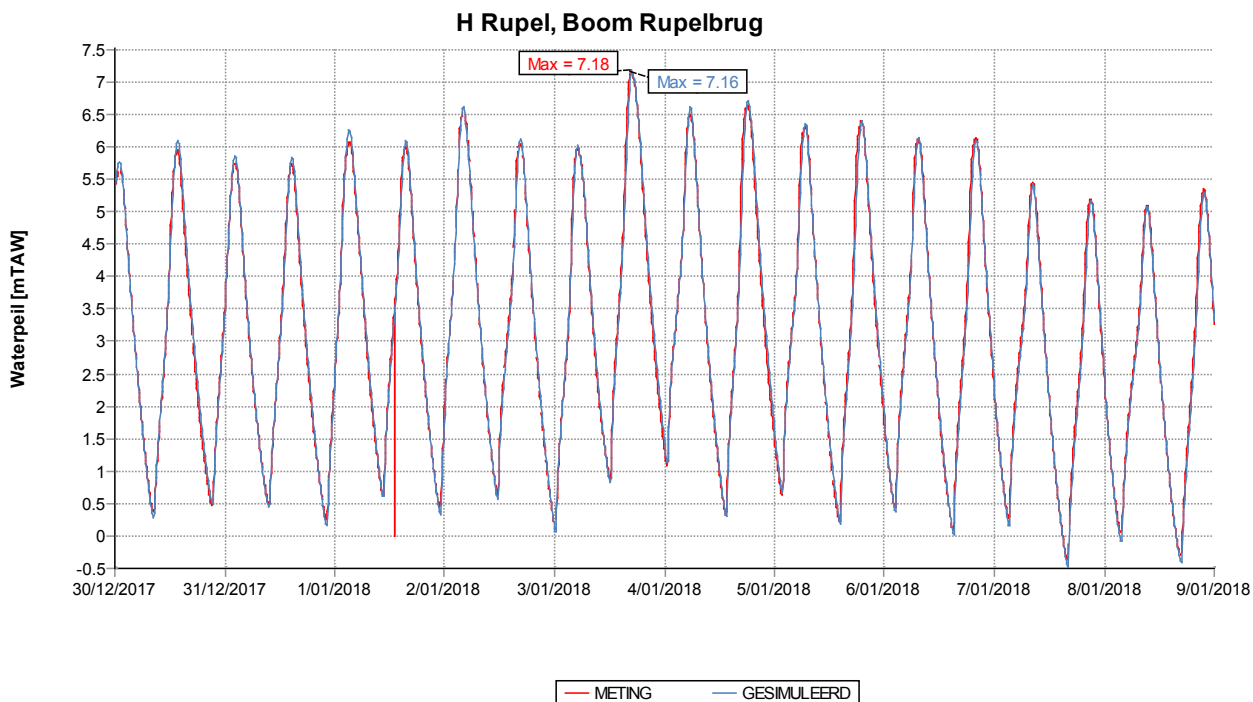
Figuur 30 geeft een overzicht van de meetposten langs de Rupel. Figuur 31 en Figuur 32 geven de waterpeilen op de Rupel ter hoogte van deze meetposten. Figuur 33 geeft een lengteprofiel van de Rupel en de Dijle met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Ter hoogte van de meetposten van Boom en Walem, langs de Rupel, wordt het stormhoogwater met respectievelijk 2 cm en 6 cm onderschat.

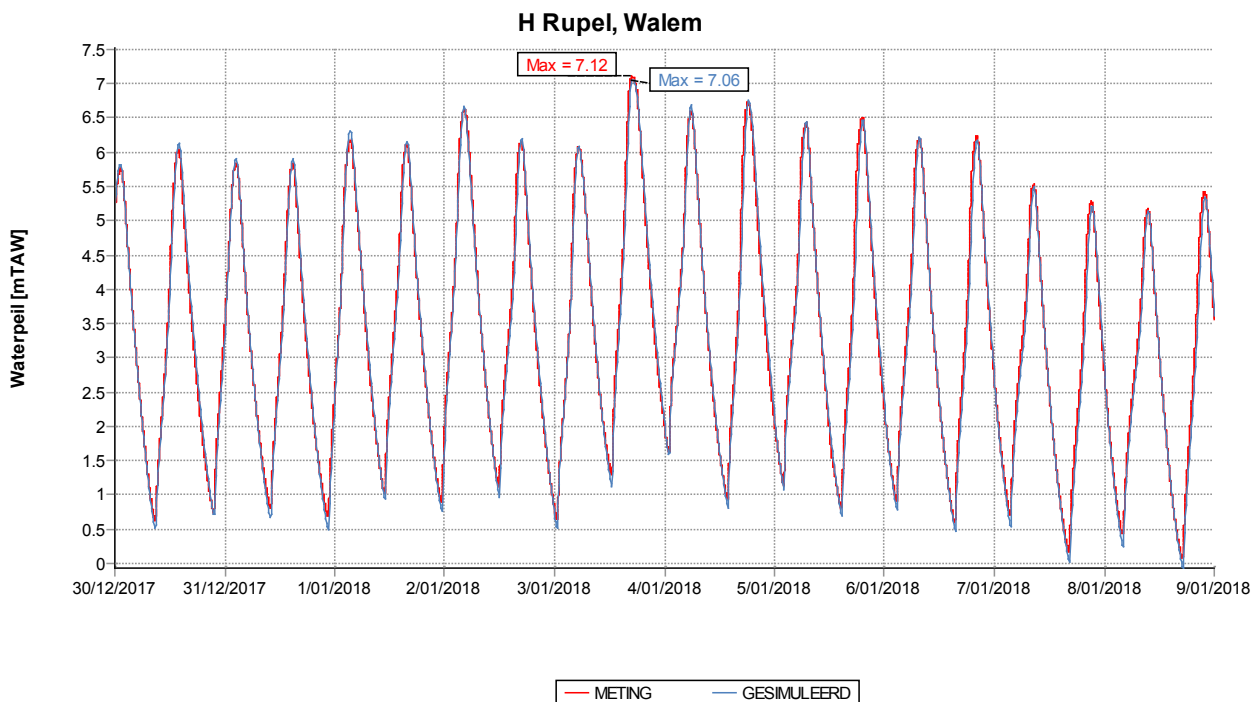
Figuur 30 - Situering meetposten Rupel



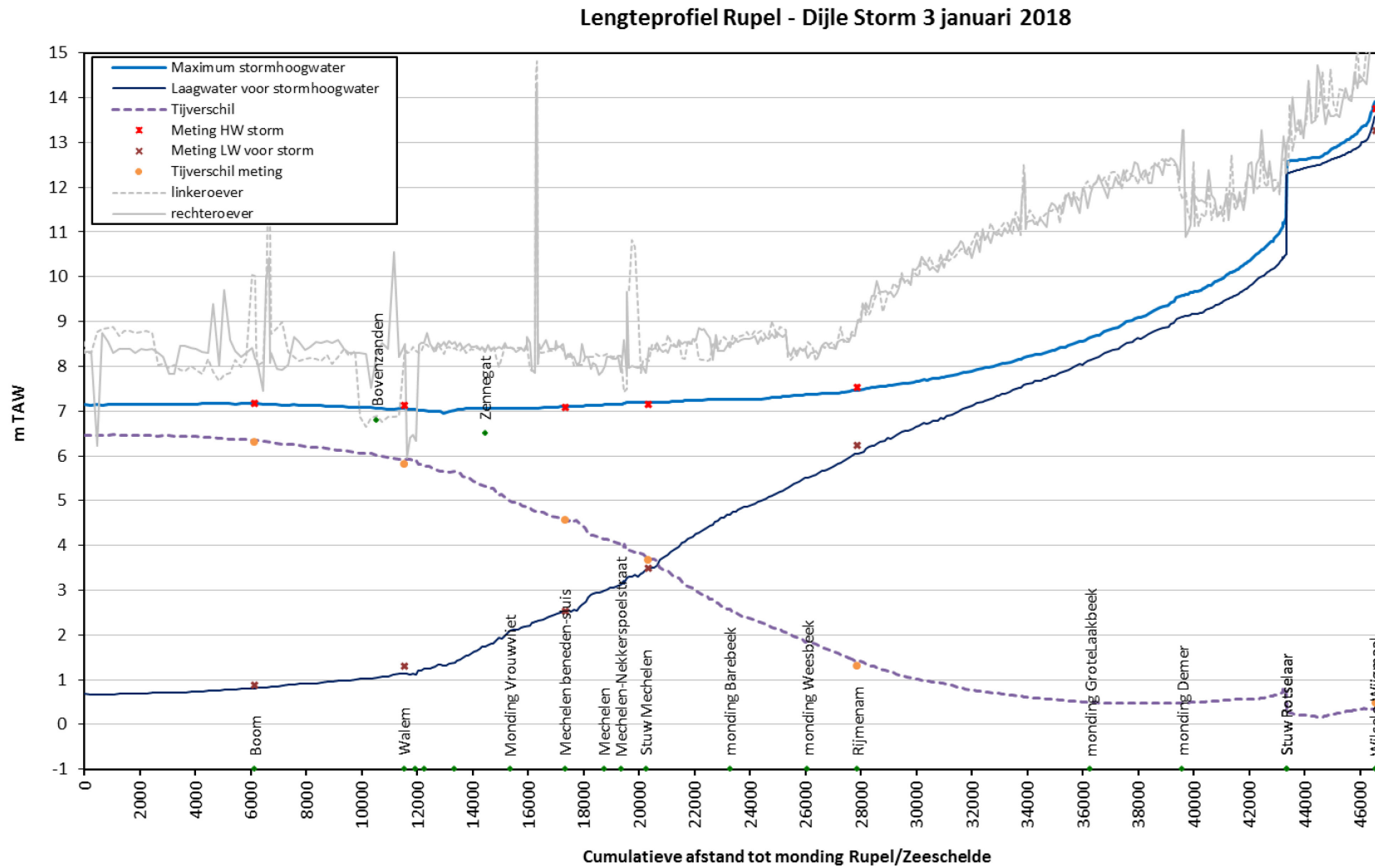
Figuur 31 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Boom Rupelbrug



Figuur 32 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Walem



Figuur 33 - Lengteprofiel Rupel – Dijle met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



3.2.4 Waterpeilen Dijle en Demer

Figuur 34 geeft een overzicht van de meetposten langs de Demer en de Dijle. Figuur 35 tot en met Figuur 38 geven de waterpeilen op de Dijle ter hoogte van de meetposten. Figuur 39 geeft het waterpeil op de Demer ter hoogte van de meetpost te Aarschot. Figuur 33 geeft een lengteprofiel van de Rupel en de Dijle met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

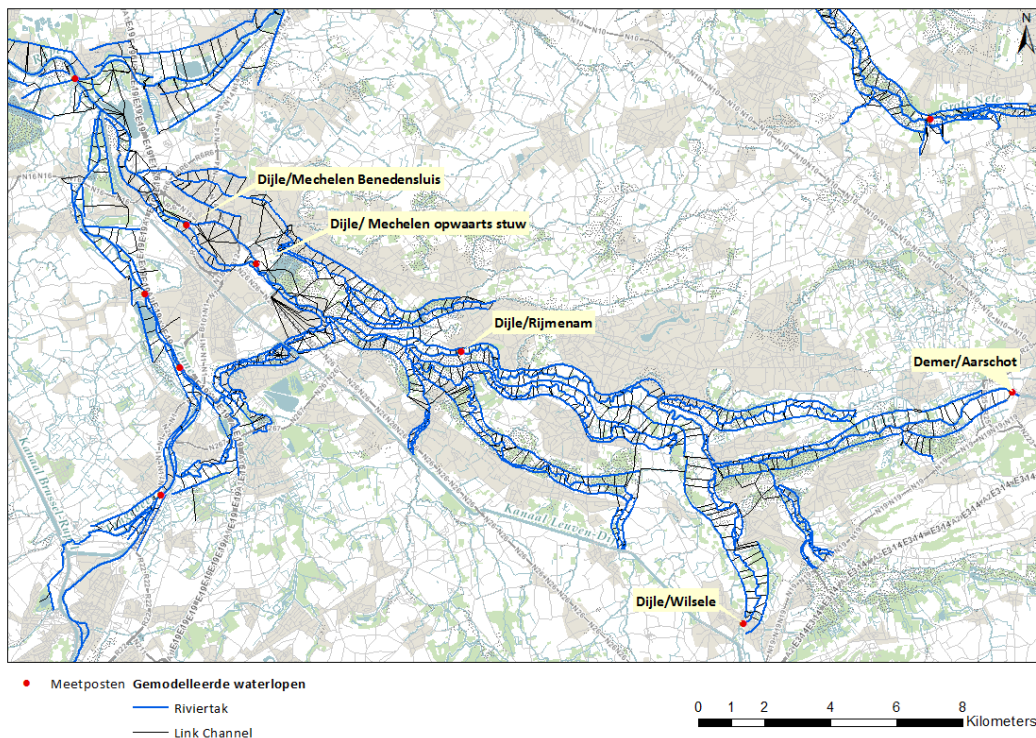
Ter hoogte van de meetpost Mechelen-Benedensluis, langs de Dijle, verschilt de hoogte van het gesimuleerde en gemeten stormhoogwater slechts 1 cm. Ook de getijamplitude wordt goed gesimuleerd.

Ter hoogte van de meetpost Mechelen opwaarts stuw wordt het stormhoogwater met 4 cm overschat door de gemodelleerde waarden. De stuw lijkt even gesloten te zijn op 5 januari 2018. Dit is niet meegenomen in de simulatie. Het stormhoogwater kent langs de Dijle te Mechelen een tweede piek, waarschijnlijk ten gevolge van een volledige vulling van GOG Zennegat.

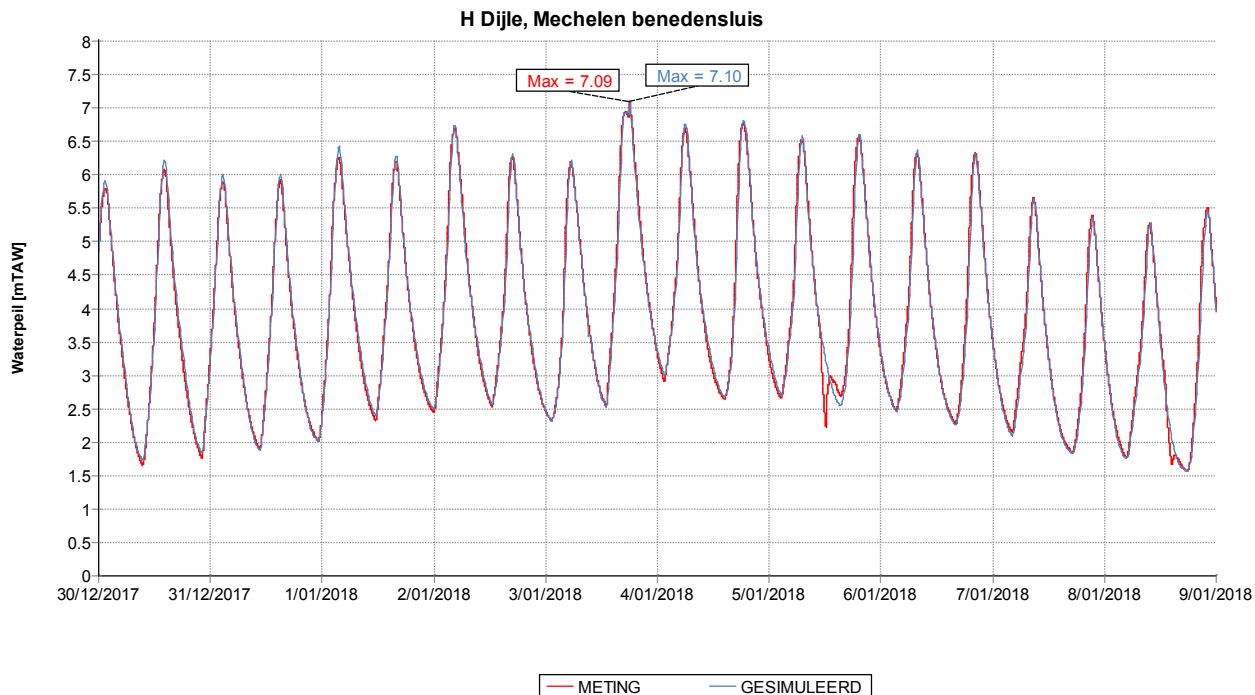
Ook ter hoogte van de meetpost te Rijmenam is deze tweede piek in het stormhoogwater nog te zien. De gemeten waarde wordt hier weerom onderschat door de gemodelleerde waarde.

Ter hoogte van de meetpost te Wilsele, aan de opwaartse rand van de Dijle, en ter hoogte van de meetpost te Aarschot, aan de opwaartse rand van de Demer, worden de gemeten waterpeilen overschat in de simulatie, met respectievelijk circa 15 cm en circa 30 cm.

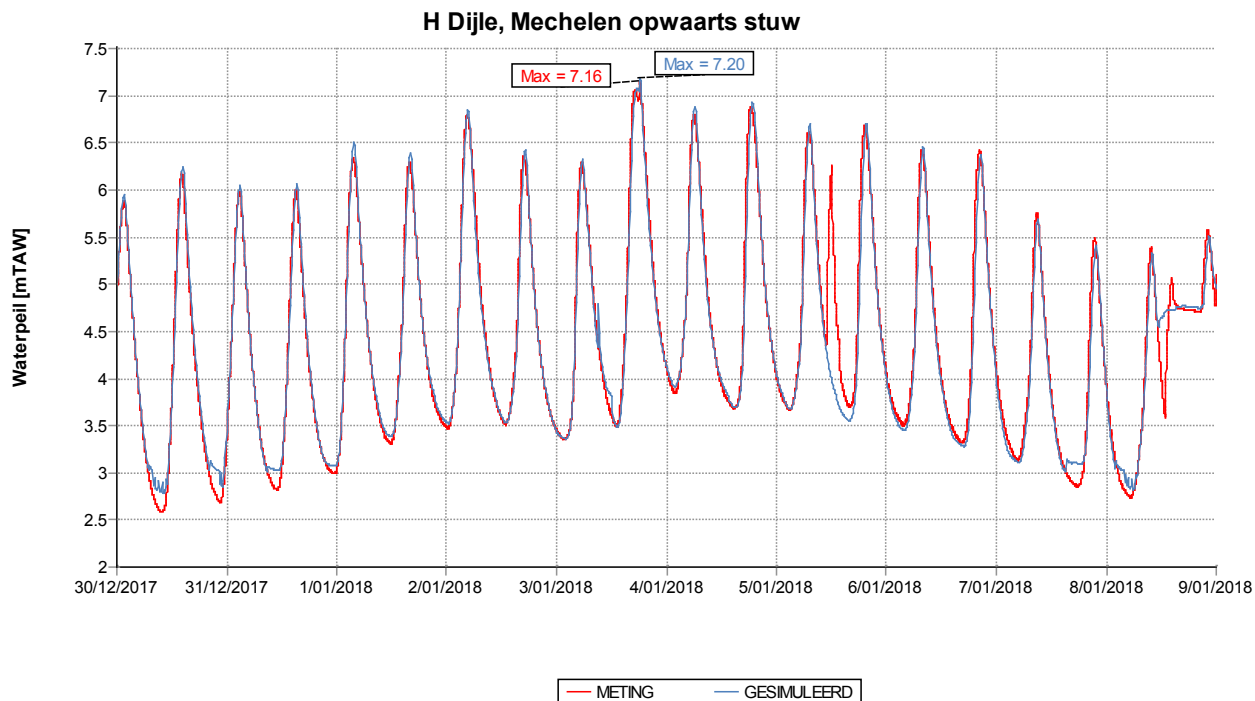
Figuur 34 - Situering meetposten Dijle en Demer



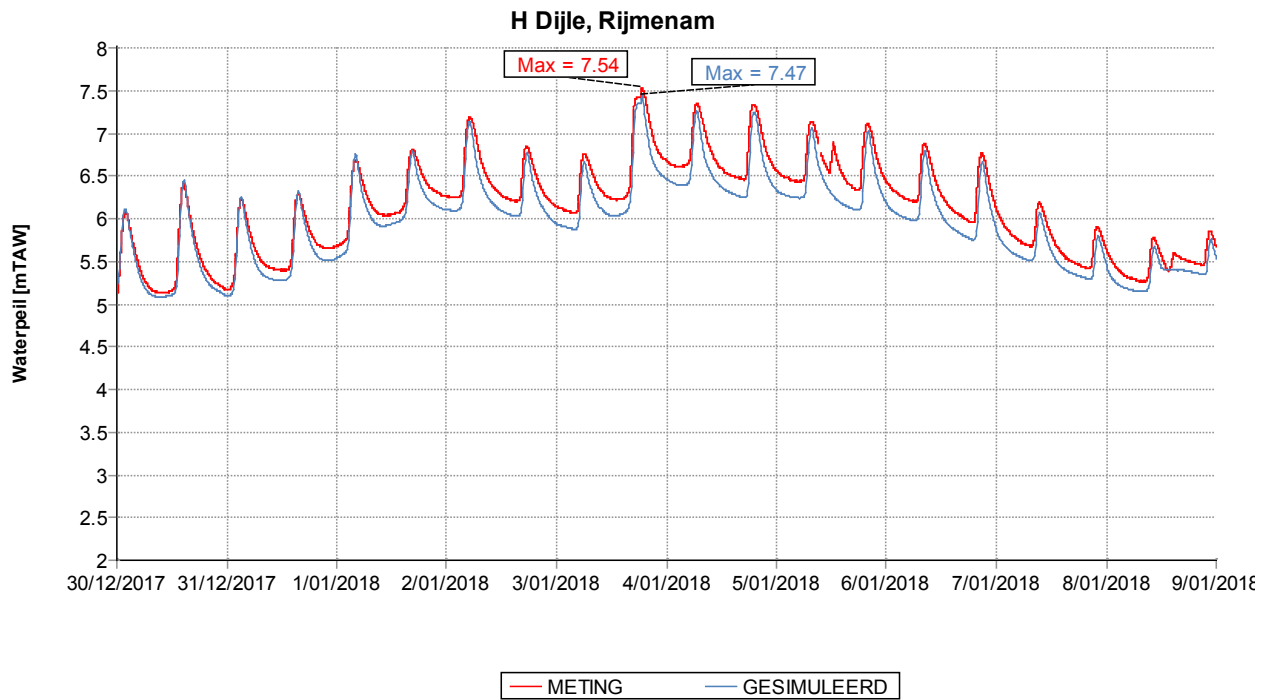
Figuur 35 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen benedensluis



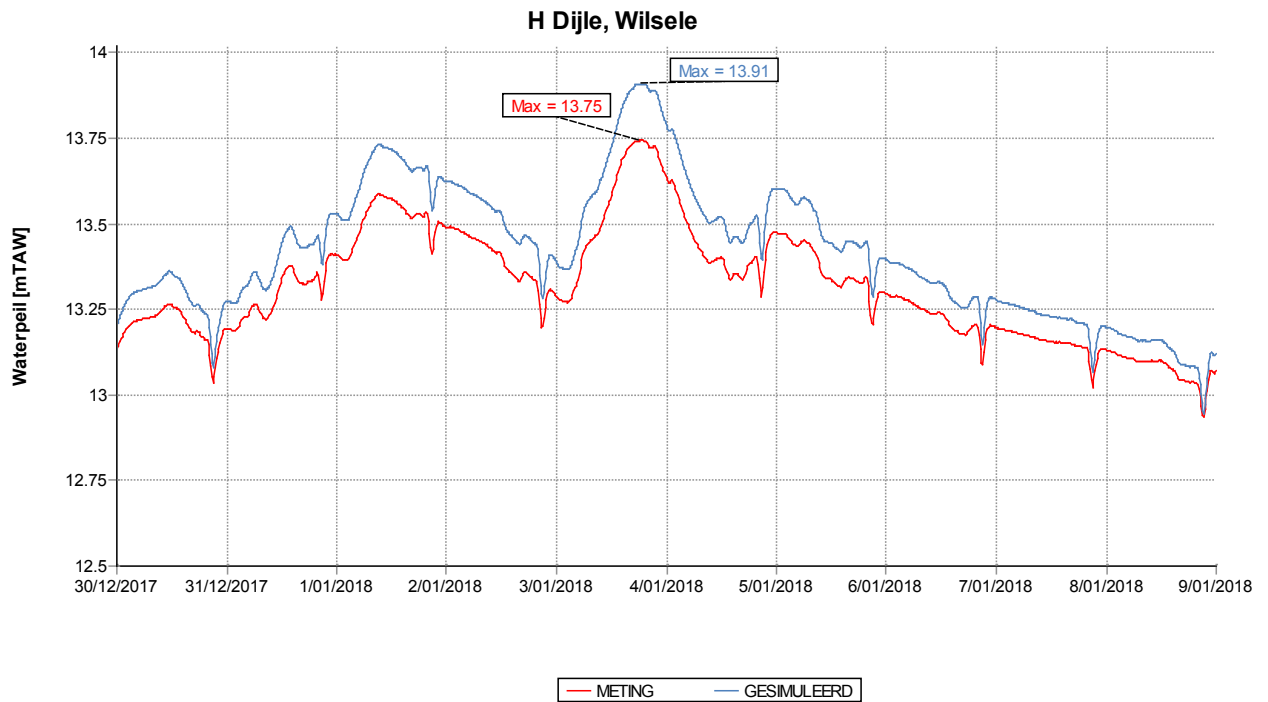
Figuur 36 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen opwaarts stuw



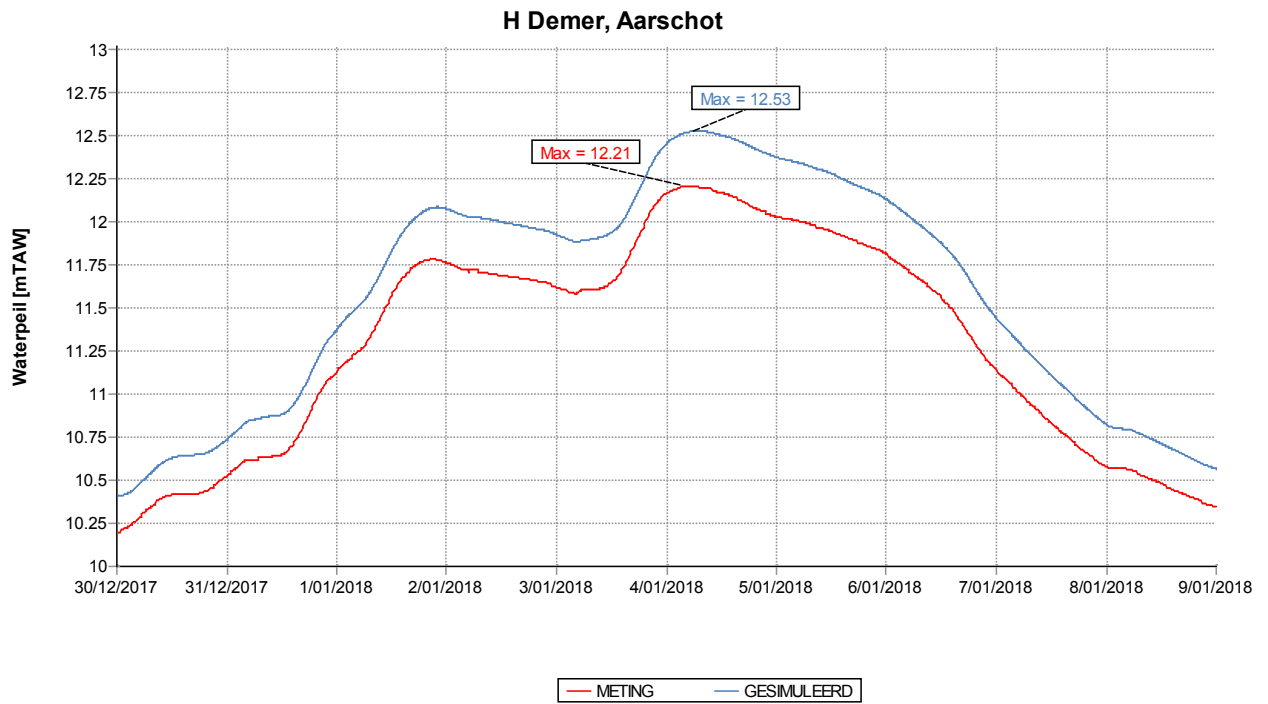
Figuur 37 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Rijmenam



Figuur 38 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Wilsele



Figuur 39 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Demer te Aarschot



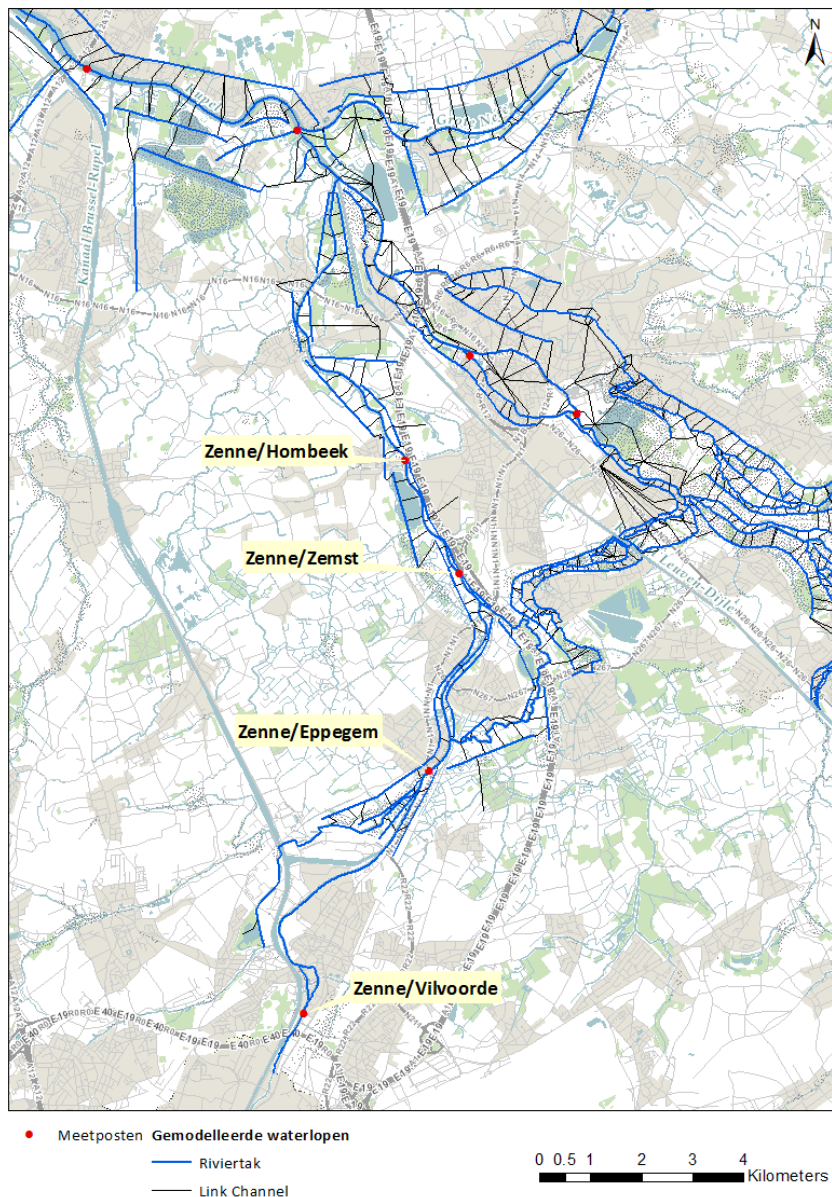
3.2.5 Waterpeilen Zenne

Figuur 40 geeft een overzicht van de meetposten langs de Zenne. Figuur 41 tot en met Figuur 44 geven de waterpeilen op de Zenne ter hoogte van de meetposten. Figuur 45 geeft een lengteprofiel van de Zenne met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

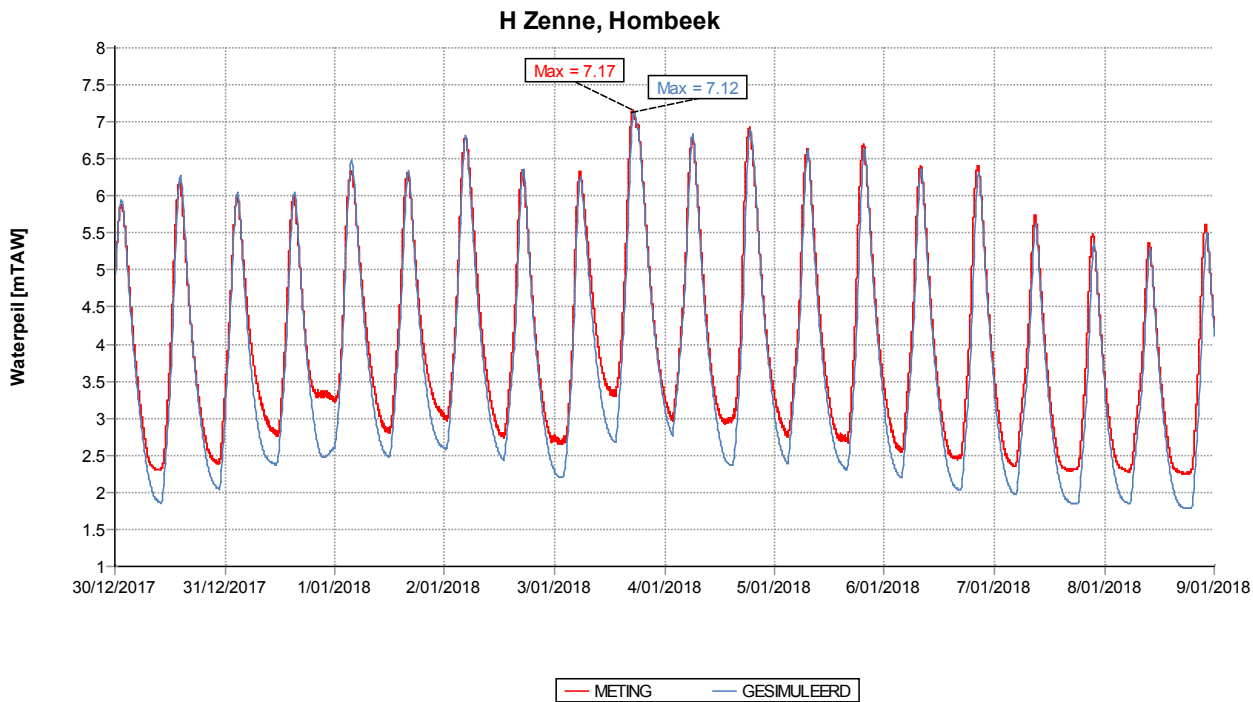
Langs de Zenne wordt het stormhoogwater in de verschillende meetposten onderschat. Ter hoogte van Hombeek is het verschil 5 cm en ter hoogte van Zemst 4 cm. De laagwaters worden bij deze meetposten tevens sterk onderschat in de simulatie. Er werd echter geen debiet van de hevels opgelegd, of een ander zijdelings debiet, aangezien dit niet gemeten wordt.

Ter hoogte van Epegem en Vilvoorde worden de waterpeilen over de volledige tijdreeks onderschat. Dit heeft vermoedelijk te maken met een verouderde bathymetrie in het model. Er zijn echter nog geen recentere metingen ter beschikking.

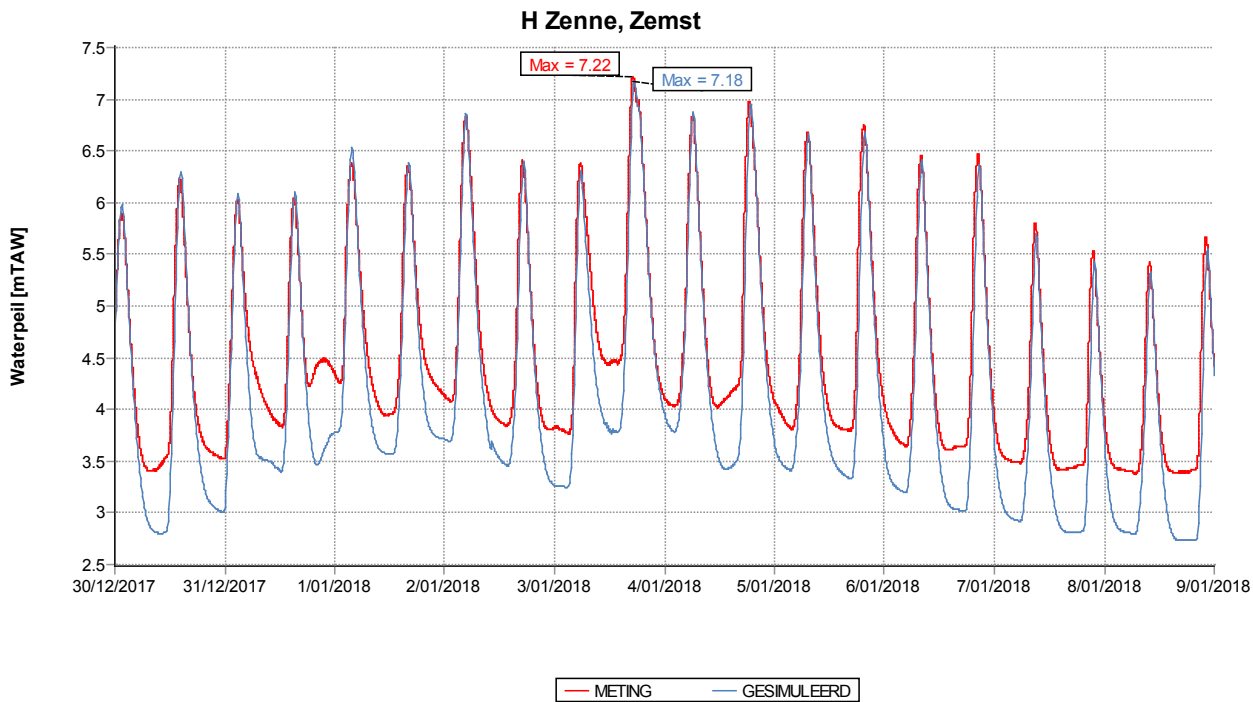
Figuur 40 - Situering meetposten Zenne



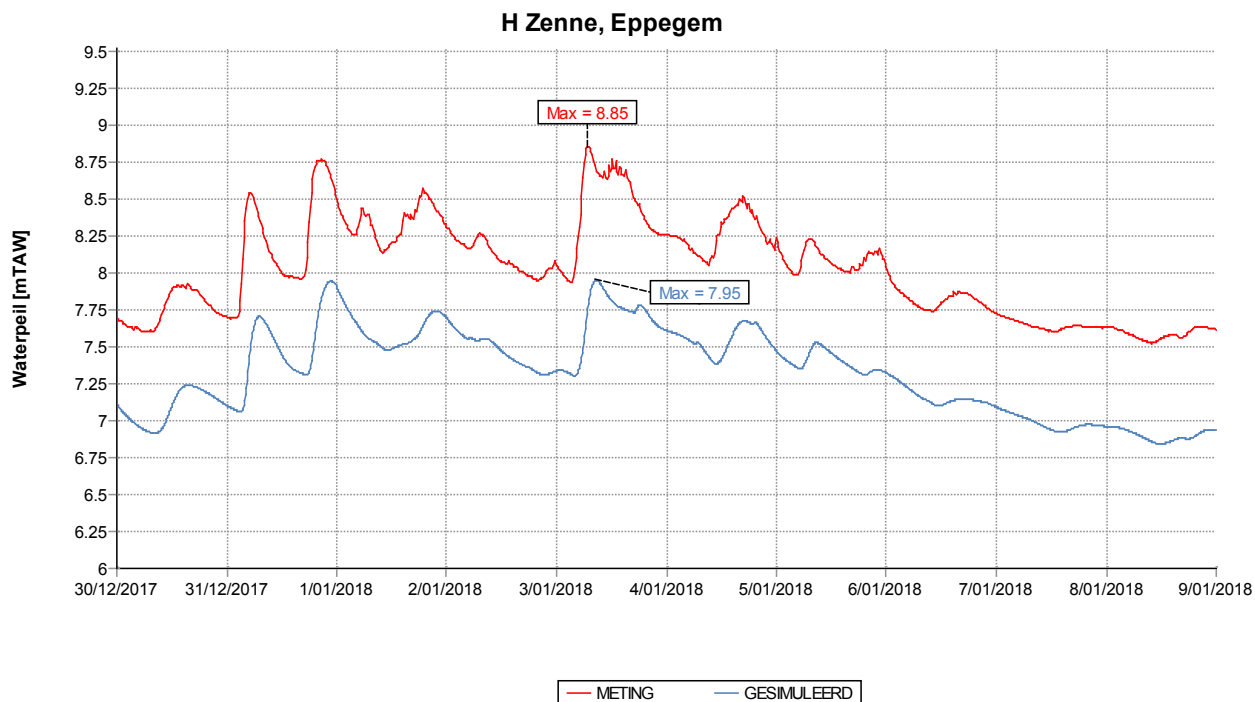
Figuur 41 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Hombeek



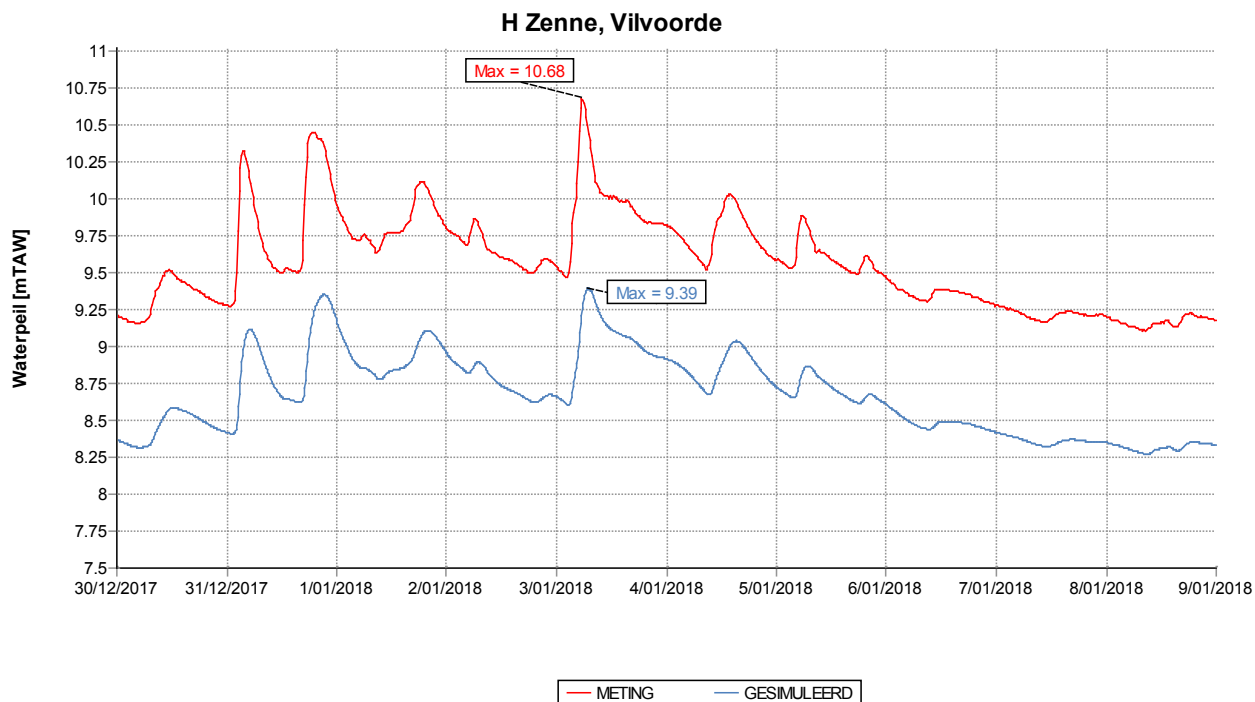
Figuur 42 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Zemst



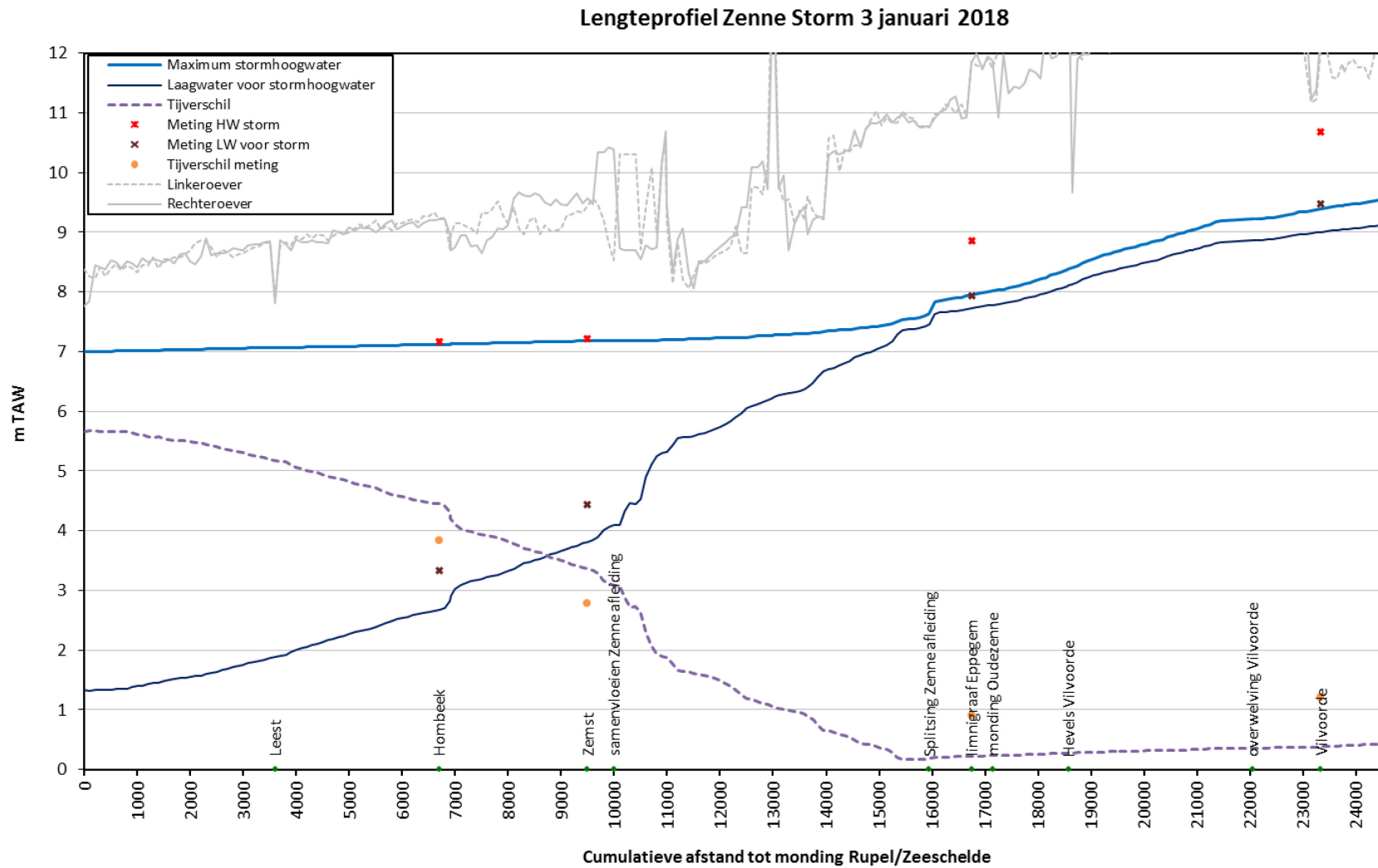
Figuur 43 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Eppegem



Figuur 44 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Vilvoorde



Figuur 45 - Lengteprofiel Zenne met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



3.2.6 Waterpeilen Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete

Figuur 46 geeft een overzicht van de meetposten langs de Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.

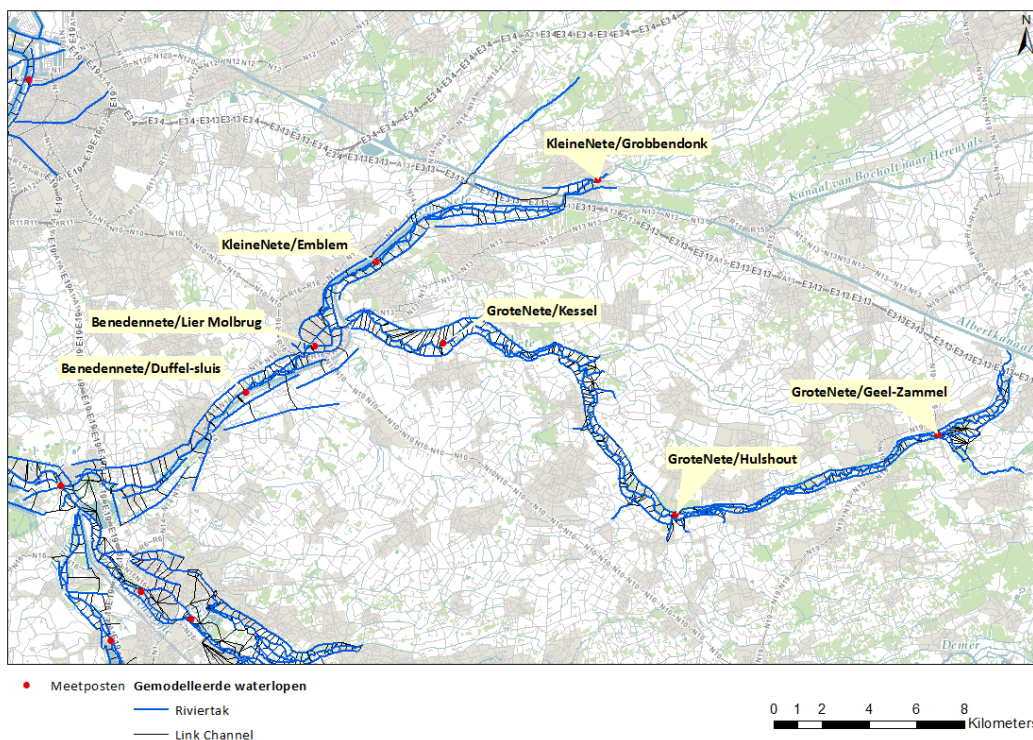
Figuur 47 en Figuur 48 geven de waterpeilen op de Benedennete ter hoogte van de meetposten. Figuur 49 en Figuur 50 geven de waterpeilen op de Kleine Nete ter hoogte van de meetposten. Figuur 51 tot en met Figuur 53 geven de waterpeilen op de Grote Nete ter hoogte van de meetposten. Figuur 54 en Figuur 55 geven een lengteprofiel van de Rupel, Benedennete en respectievelijk Kleine Nete, en Grote Nete met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Langs de Benedennete ter hoogte van Duffel wordt het stormhoogwater met 3 cm overschat. Ter hoogte van Lier Molbrug wordt het stormhoogwater met 2 cm onderschat.

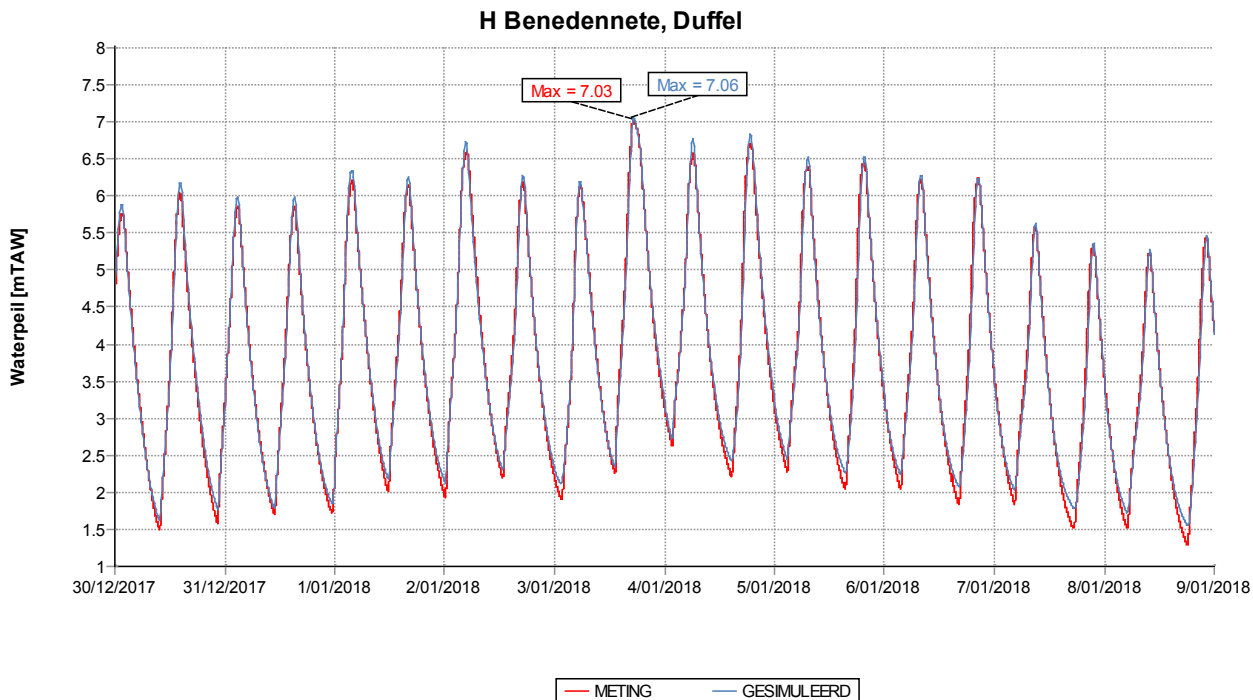
Het stormhoogwater op de Kleine Nete ter hoogte van Emblem wordt met slechts 1 cm overschat. Ter hoogte van Grobbendonk wordt het waterpeil over de volledige simulatie met circa 15 tot 20 cm overschat.

Op de Grote Nete te Kessel wordt het stormhoogwater met 4 cm onderschat. Ter hoogte van Hulshout en Geel-Zammel is het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen tijdens de stormperiode kleiner dan 10 cm. De maximum gemeten en gesimuleerde waterpeilen vallen echter niet op hetzelfde tijdstip.

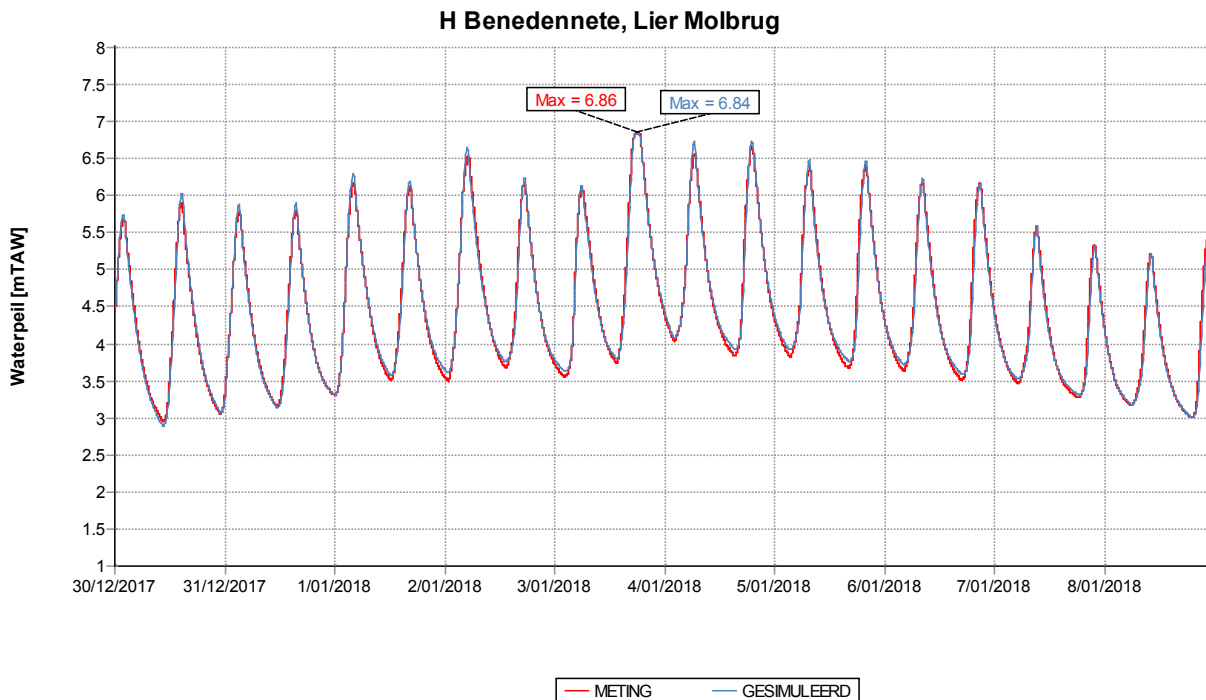
Figuur 46 - Situering meetposten Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete



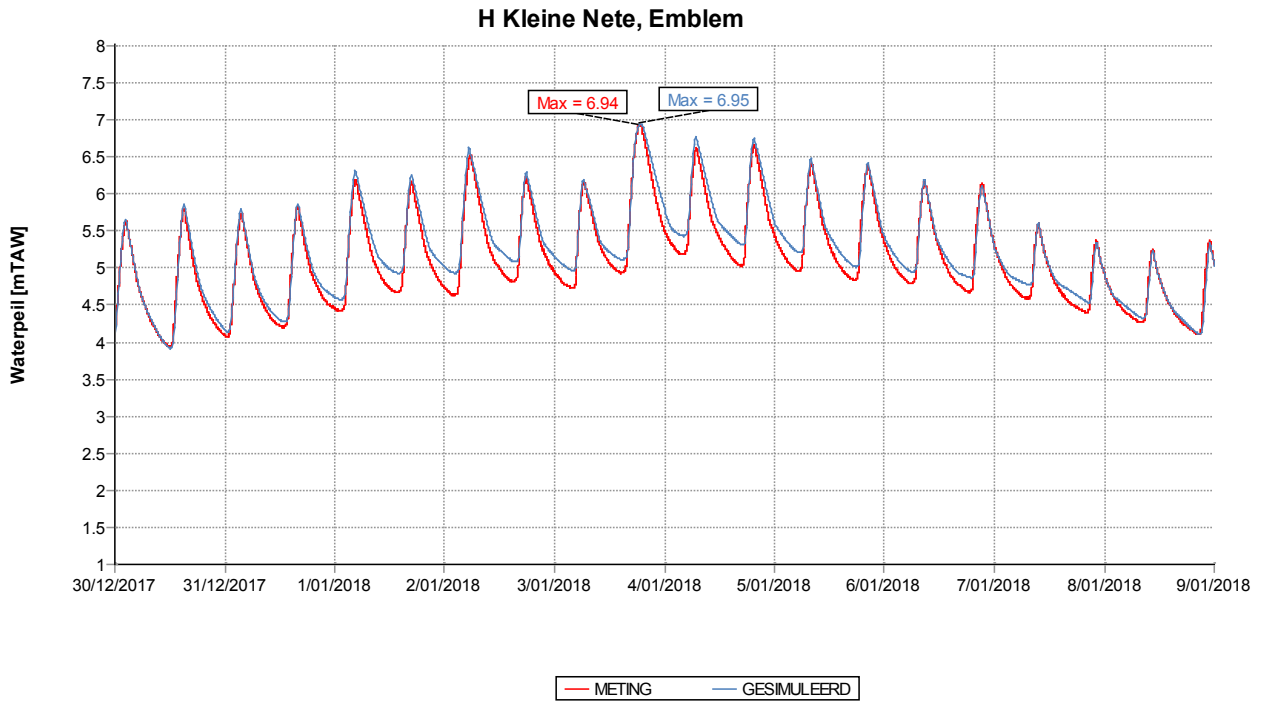
Figuur 47 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Duffel



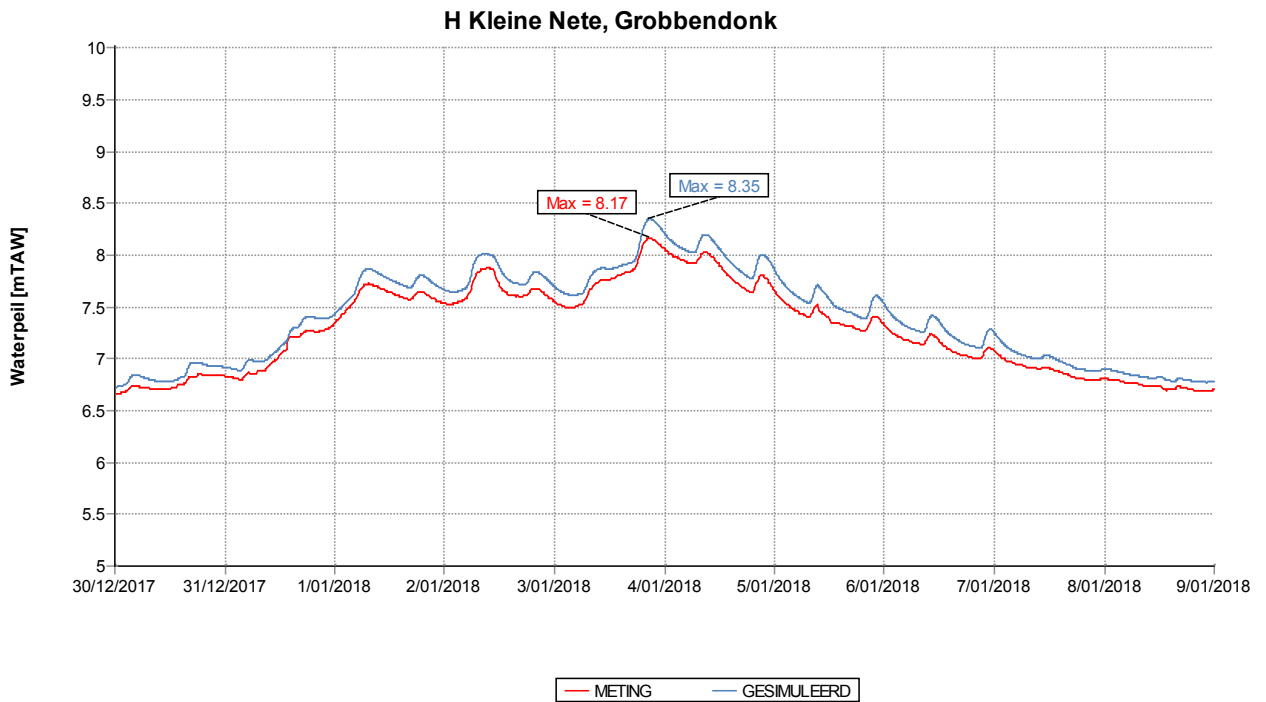
Figuur 48 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Lier molbrug



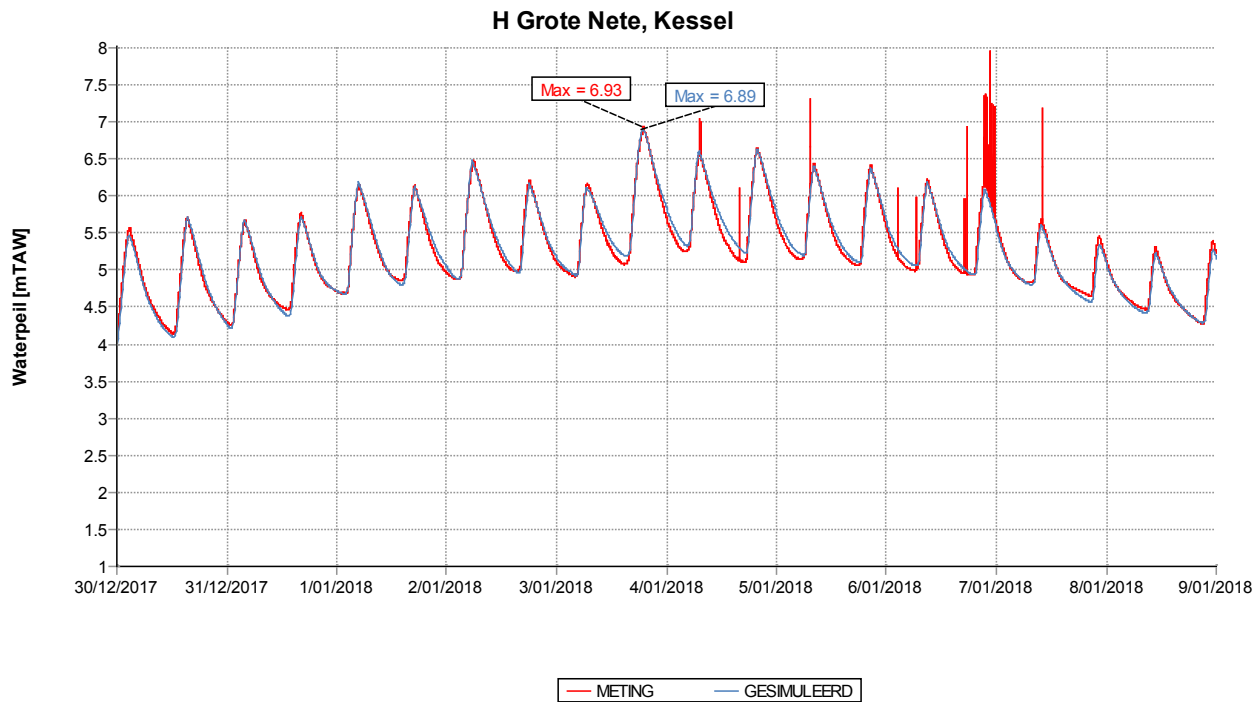
Figuur 49 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Emblem



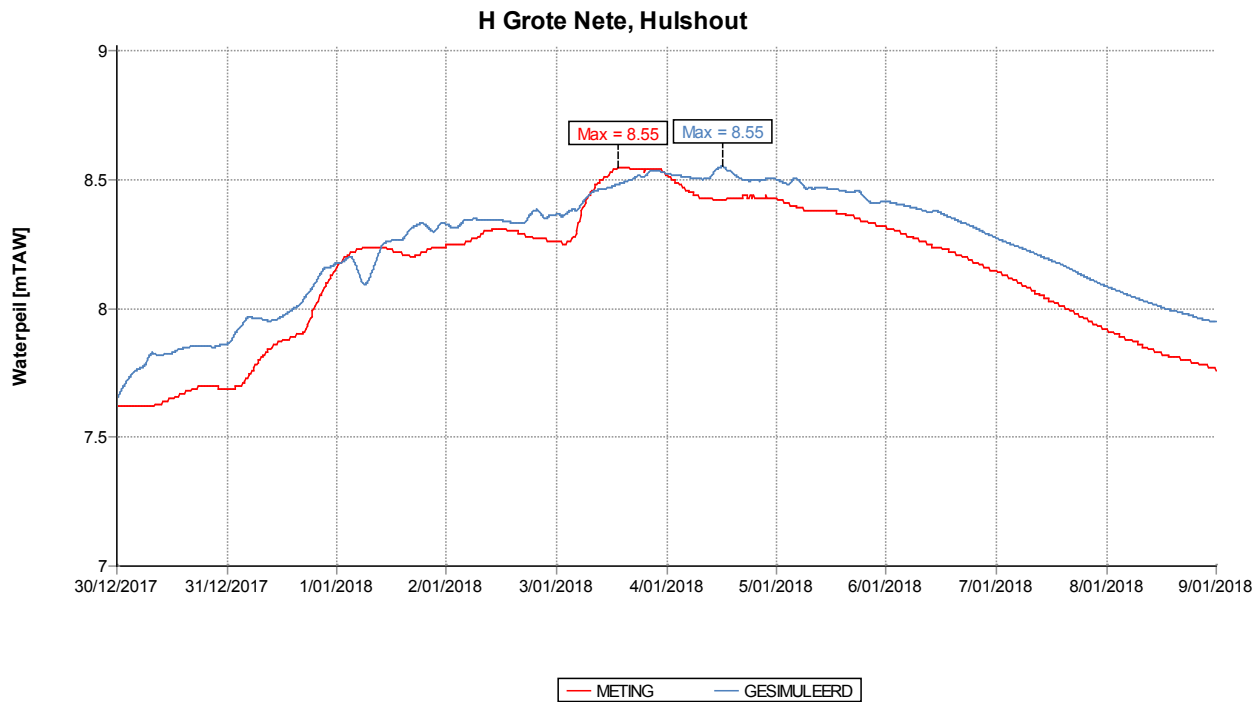
Figuur 50 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Grobbendonk



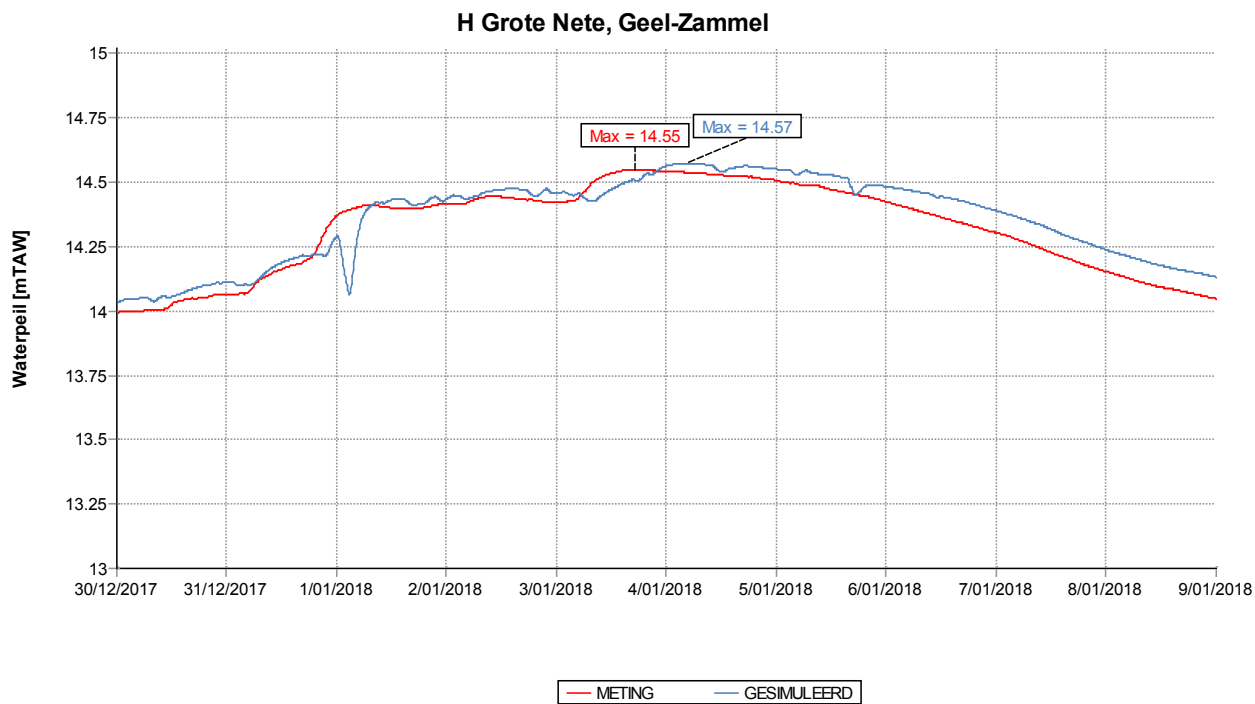
Figuur 51 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Kessel



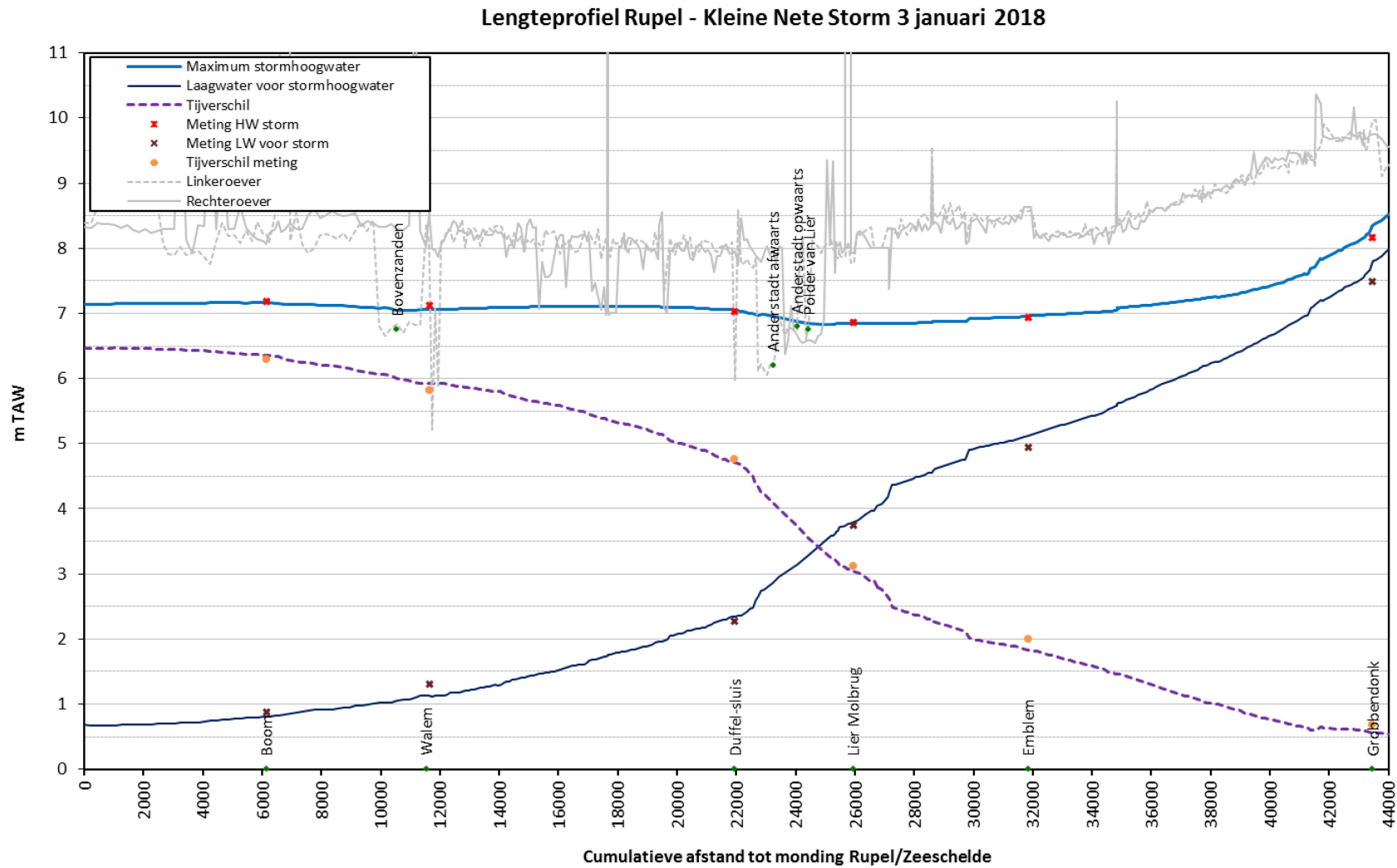
Figuur 52 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Hulshout



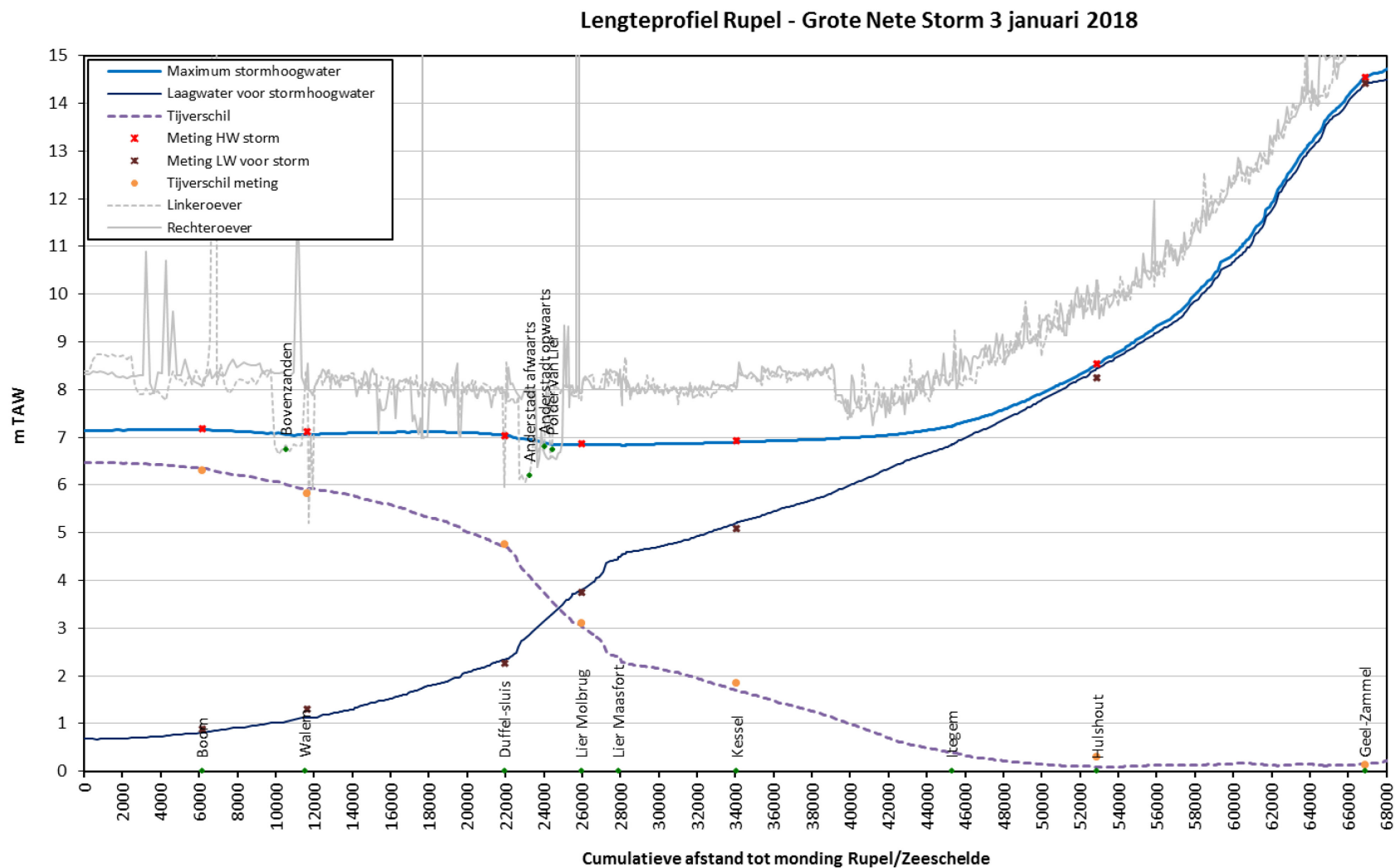
Figuur 53 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Geel-Zammel



Figuur 54 - Lengteprofiel Rupel – Kleine Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



Figuur 55 - Lengteprofiel Rupel – Grote Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



3.2.7 Samenvatting HW storm en LW voor storm

Tabel 7 - Overzicht gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	H _{max} gemeten [mTAW]	H _{max} gesimuleerd [mTAW]	H _{max} gesimuleerd_ vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd - gemeten [cm]	Vershil gesimuleerd_ vs02 – gemeten [cm]
Westerschelde	Terneuzen	6.31	6.23	6.23	-8	-8
	Hansweert	6.52	6.51	6.51	-1	-1
	Bath	6.99	6.92	6.92	-7	-7
Zeeschelde	Prosperpolder	7.04	7.01	7.01	-3	-3
	Liefkenshoek	7.16	7.10	7.10	-6	-6
	Kallo	7.15	7.15	7.15	0	0
	Antwerpen	7.16	7.13	7.13	-3	-3
	Hemiksem	7.15	7.11	7.11	-4	-4
	Temse	7.22	7.15	7.16	-7	-6
	Sint-Amands	7.25	7.17	7.18	-8	-7
	Dendermonde	7.06	7.00	7.02	-6	-4
	Schoonaarde	6.52	6.56	6.57	4	5
	Wetteren	6.45	6.71	6.55	26	10
	Melle	6.58	6.88	6.59	30	1
Durme	Tielrode	7.3	7.13	7.13	-17	-17
	Waasmunster manta	7.14	6.90	6.90	-24	-24
Rupel	Walem	7.12	7.06	7.06	-6	-6
	Boom	7.18	7.16	7.16	-2	-2
Dijle	Mechelen benedensluis	7.09	7.10	7.10	1	1
	Mechelen opwaarts stuw	7.16	7.20	7.21	4	4
	Rijmenam	7.54	7.47	7.47	-7	-7
	Wilslele	13.75	13.91	13.91	16	16
Demer	Aarschot	12.21	12.53	12.53	32	32
Zenne	Hombeek	7.17	7.12	7.12	-5	-5
	Zemst	7.22	7.18	7.18	-4	-4
	Epepegem	8.85	7.95	7.95	-90	-90
	Vilvoorde	10.68	9.39	9.39	-129	-129
Benedennete	Duffel	7.03	7.06	7.06	3	3
	Lier Molbrug	6.86	6.84	6.84	-2	-2
Kleine Nete	Emblem	6.94	6.95	6.95	1	1
	Grobbendonk	8.17	8.35	8.35	18	18
Grote Nete	Kessel	6.93	6.89	6.90	-4	-4
	Hulshout	8.55	8.55	8.55	0	0
	Geel-Zammel	14.55	14.57	14.57	2	2

Tabel 8 - Overzicht gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	LW voor storm gemeten [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd - gemeten [cm]	Vershil gesimuleerd_vs02 - gemeten [cm]
Westerschelde	Terneuzen	0.90	0.87	0.87	-3	-3
	Hansweert	0.87	0.83	0.83	-5	-5
	Bath	0.76	0.76	0.76	0	0
Zeeschelde	Prosperpolder	0.64	0.71	0.71	7	7
	Liefkenshoek	0.68	0.64	0.64	-4	-4
	Kallo	0.57	0.61	0.61	4	4
	Antwerpen	0.61	0.58	0.58	-3	-3
	Hemiksem	0.65	0.64	0.64	-1	-2
	Temse	0.74	0.74	0.73	0	-2
	Sint-Amands	1.11	1.07	1.05	-4	-6
	Dendermonde	2.32	2.13	2.09	-19	-23
	Schoonaarde	3.28	3.15	3.14	-13	-15
	Wetteren	4.46	4.04	4.17	-42	-29
	Melle	5.26	4.57	4.82	-69	-44
Durme	Tielrode	0.82	0.79	0.78	-3	-4
	Waasmunster manta	5.00	4.82	4.82	-18	-18
Rupel	Walem	1.30	1.13	1.13	-17	-17
	Boom	0.88	0.81	0.81	-7	-7
Dijle	Mechelen benedensluis	2.54	2.53	2.55	-1	1
	Mechelen opwaarts stuw	3.49	3.48	3.48	-1	-1
	Rijmenam	6.23	6.04	6.05	-19	-18
	Wilsele	13.27	13.59	13.59	32	32
Demer	Aarschot	11.58	11.90	11.90	32	32
Zenne	Hombeek	3.33	2.67	2.68	-66	-66
	Zemst	4.44	3.82	3.82	-63	-62
	Eppegem	7.94	7.73	7.73	-21	-21
	Vilvoorde	9.47	9.01	9.01	-46	-46
Benedennete	Duffel	2.27	2.34	2.34	7	7
	Lier Molbrug	3.75	3.80	3.80	5	5
Kleine Nete	Emblem	4.94	5.12	5.12	18	18
	Grobbendonk	7.49	7.80	7.80	31	31
Grote Nete	Kessel	5.09	5.20	5.20	11	11
	Hulshout	8.25	8.46	8.46	21	21
	Geel-Zammel	14.42	14.43	14.43	1	1

3.3 Resultaten GOG's

De gemeten en gesimuleerde waterpeilen in de GOG's worden vergeleken. Per GOG wordt een overzichtstabel gegeven met de kenmerken van de overlooptdijk en de in- en uitwateringsconstructies. Daarna wordt een overzichtskaart gegeven met de locatie van de meetposten. Per druksensor of meetlocatie wordt een grafiek gegeven met het gemeten en gesimuleerde waterpeil in het GOG en het gesimuleerde waterpeil in de rivier. Waar mogelijk wordt ook het gemeten waterpeil ter hoogte van het GOG gegeven. Het gemeten waterpeil in het GOG wordt steeds in het rood weergegeven en het gesimuleerde peil in lichtblauw. Indien beschikbaar wordt het gemeten waterpeil in de rivier in donkerblauw weergegeven. Het gesimuleerde waterpeil in de rivier wordt in paars weergegeven.

In de GOG's is het laagst gemeten waterpeil vaak gelijk aan de hoogte waarop het meettoestel of de druksensor hangt. Een lager waterpeil kan bijgevolg niet geregistreerd worden.

3.3.1 GOG Kruibeke

Het GOG-GGG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde werd op 3 oktober 2015 in gebruik genomen. Tijdens de storm van januari 2018 kende dit gebied voor het eerst GOG-werking. Het GOG Kruibeke kent tevens GGG-werking sinds juni 2017. Tijdens het laagwater voor de storm werden de GGG-inwateringsluizen gesloten. Tabel 9 geeft een overzicht van enkele kenmerken van het gebied.

Figuur 56 geeft een overzicht van de locatie van de druksensor in het gebied en de meetpost van Hemiksem langs de Zeeschelde. Door het WL wordt het waterpeil in het GGG gemeten aan de grote uitlaat. Door de UA wordt het waterpeil gemeten aan de opwaartse kant van de kreek door het gebied. Figuur 57 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Kruibeke ter hoogte van de druksensor en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG, aan de meetpost van Hemiksem.

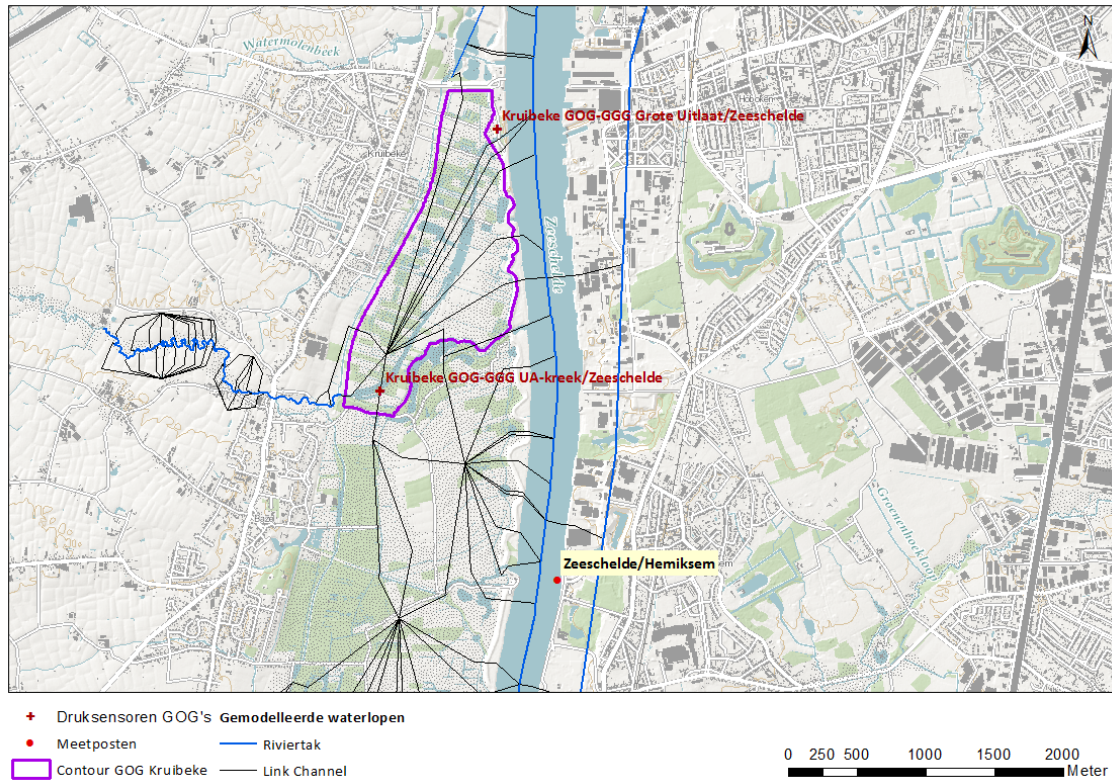
Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 25 cm wanneer er geen GOG- en GGG-werking is, in de periode na de storm. De GGG-werking, in de periode voor de storm, zorgt voor een schommeling van 50 tot 75 cm. De GGG-inwateringsluizen werden voor de storm gesloten. Tijdens de storm stijgt het waterpeil in het GOG met circa 70 cm tot TAW +2,19 m. Dit is even hoog als het hoogwaterpeil drie hoogwaters eerder bij GGG-werking.

Voor de storm worden de hoogwaterpeilen in het GOG overschat. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt echter onderschat, net als het stormhoogwater op de Zeeschelde (zie Figuur 57).

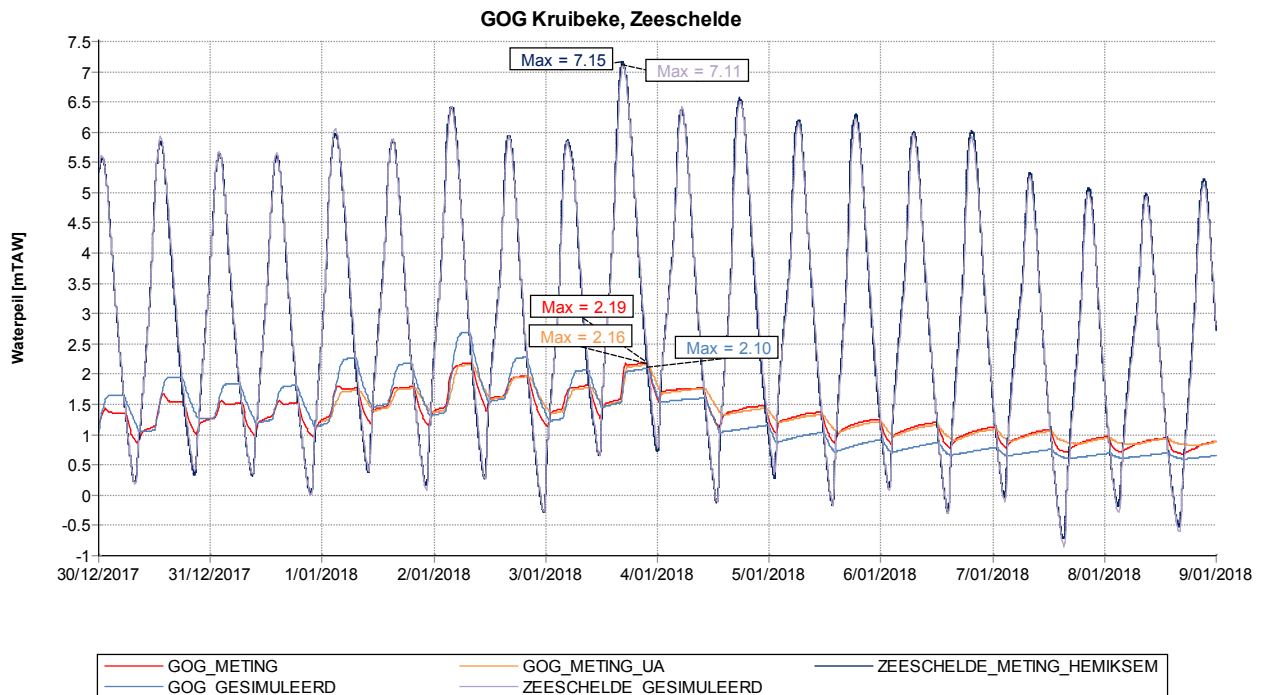
Tabel 9 - Kenmerken GOG Kruibeke

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.8	Ontwerp
Inwatering GGG	+4.5	Ontwerp
Uitwatering GOG	+0.5	Ontwerp

Figuur 56 - Situering druksensor en meetpost GOG Kruibeke



Figuur 57 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Kruibeke



3.3.2 Kruibeekse kreek

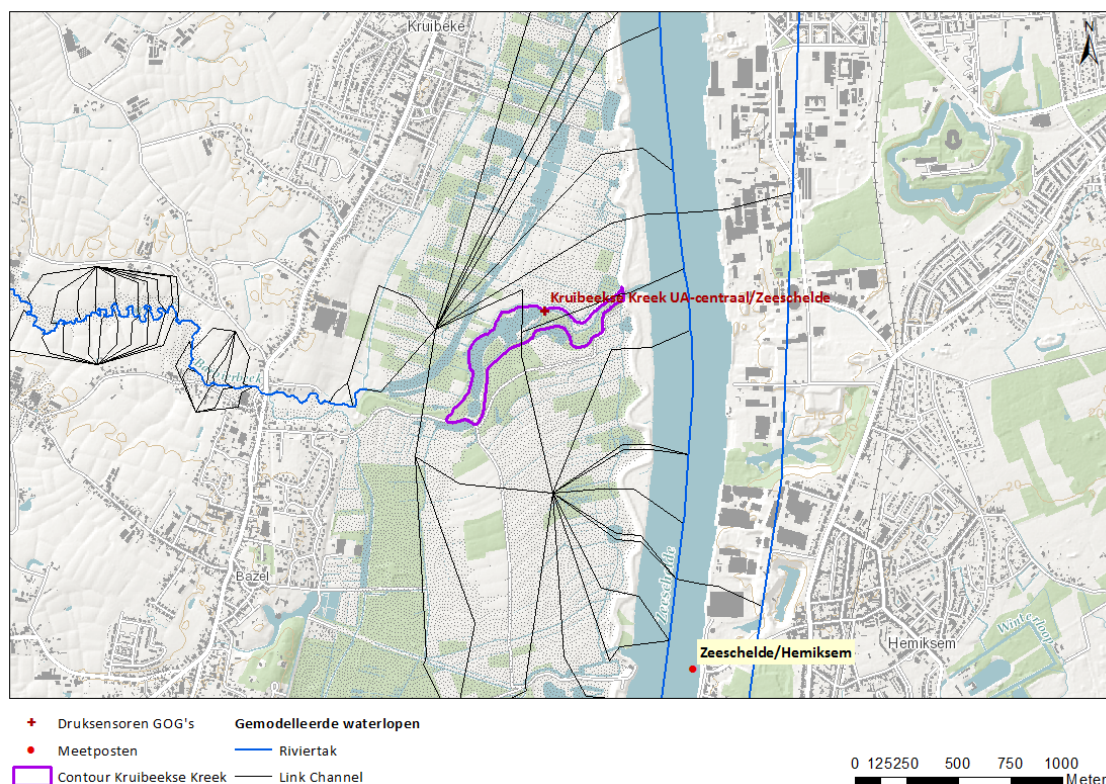
De Kruibeekse Kreek is aangetakt aan de Zeeschelde door middel van twee kokers. Eén koker heeft een terugslagklep die werkt als uitlaat. De tweede koker heeft geen terugslagklep, en heeft een opening van circa 20 cm hoogte. Tabel 10 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In de Kruibeekse Kreek zijn druksensoren geplaatst door de UA (zie Figuur 58). Figuur 59 geeft de gemeten en gesimuleerde waterpeilen ter hoogte van de druksensor centraal in de Kruibeekse Kreek en in de Zeeschelde ter hoogte van de meetpost te Hemiksem. Het inwateringsvolume in het gebied wordt onderschat. Tijdens de storm werd de inwateringskoker van het gebied niet gesloten. Deze werd in de simulatie, net als de andere inwateringskokers, wel gesloten.

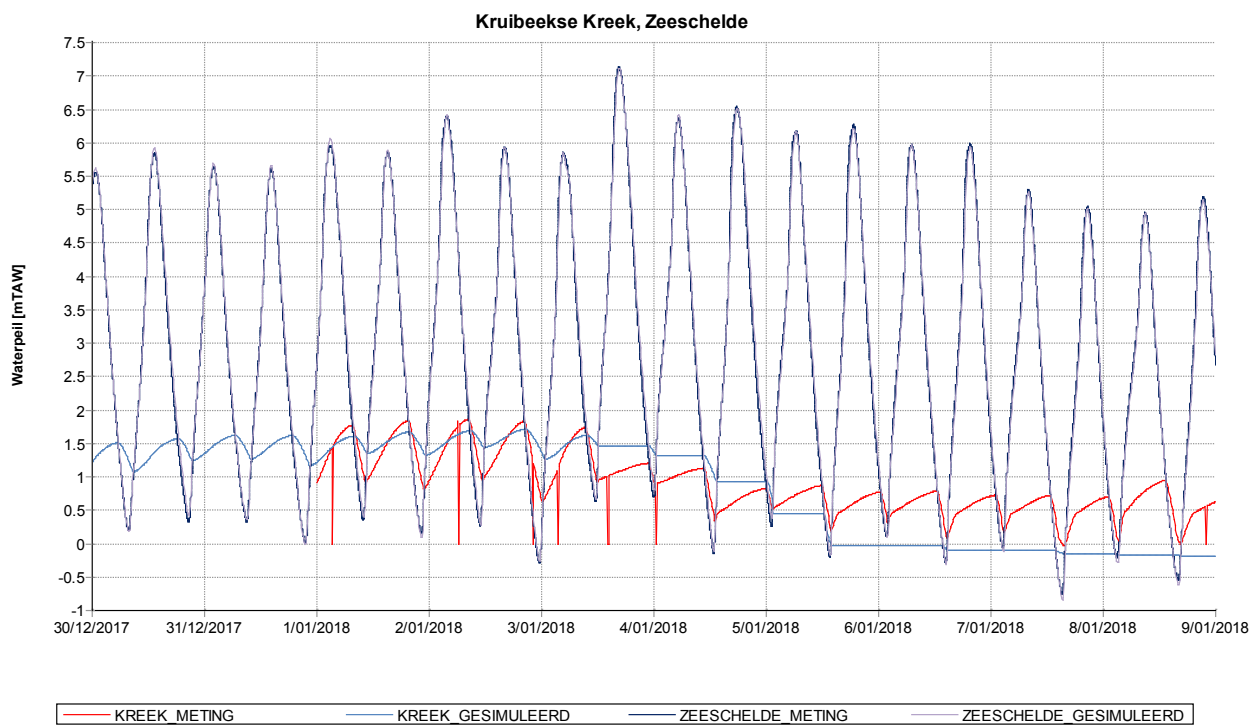
Tabel 10 - Kenmerken Kruibeekse Kreek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Inwatering	-0.25	Ontwerp
Uitwatering	-0.25	Ontwerp

Figuur 58 - Situering druksensor en meetpost Kruibeekse Kreek



Figuur 59 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en Kruibeekse Kreek



3.3.3 GOG Bazel

Het GOG Bazel omvat een overlooptdijk, twee inwateringsstructuren en drie uitwateringsstructuren. Het gebied wordt in twee gedeeld door een lage dijk in het midden. Hierdoor kent enkel het oostelijke deel GGG-werking. Tabel 11 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

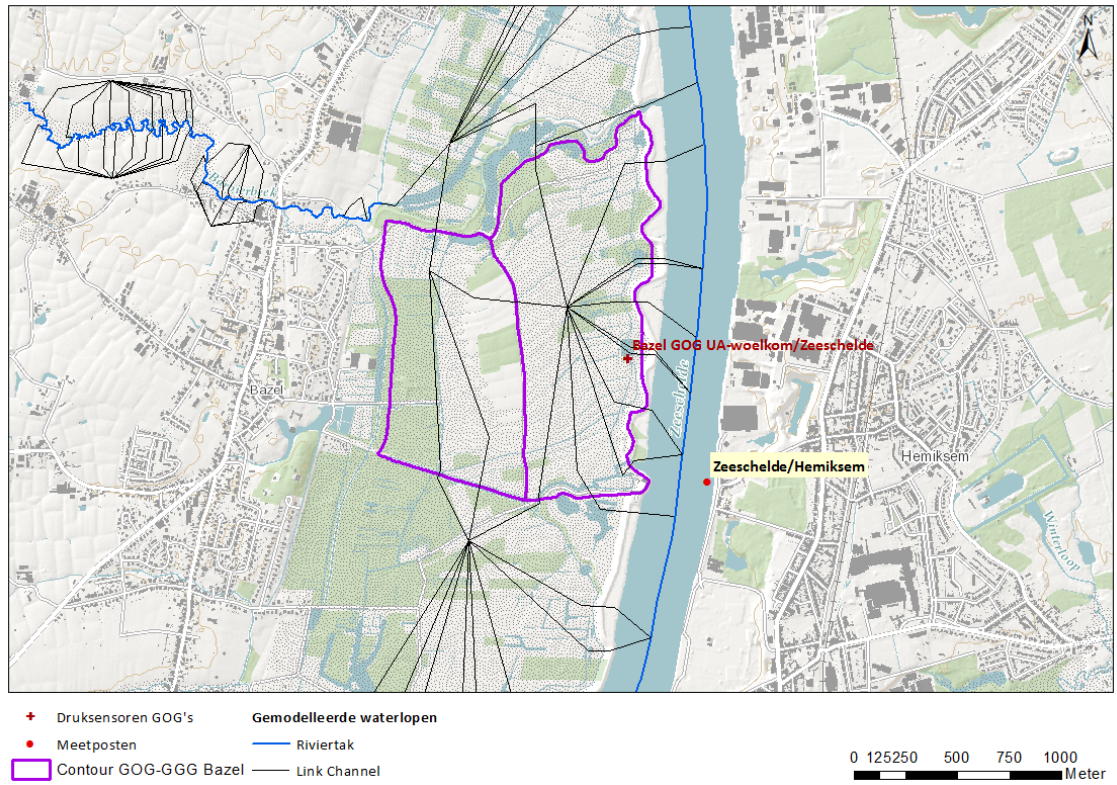
In het GOG-GGG Bazel wordt het waterpeil gemeten met druksensoren van UA. Figuur 60 geeft een overzicht van de locatie van de druksensor in het gebied en de meetpost van Hemiksem langs de Zeeschelde. Het waterpeil in het gebied wordt gemeten in de woelkom nabij de zuidelijke in- en uitwatering. Figuur 61 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Bazel ter hoogte van de druksensor en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG, aan de meetpost van Hemiksem.

Het maximum waterpeil in het GOG tijdens de storm wordt met 2 cm overschat. Voor de storm vertoont het gemeten waterpeil in het GOG een schommeling van circa 1 m, waarbij het waterpeil reeds begint te stijgen voor het drempelpeil van de inwateringskokers overtopt is. Ook na de storm, wanneer de inwateringskokers nog gesloten zijn, vertoont het gemeten waterpeil in het GOG nog een schommeling van bijna 1 m. Dit doet vermoeden dat er nog een volume water binnenkomt langs de uitwateringskokers of door bovenstroomse afvoer.

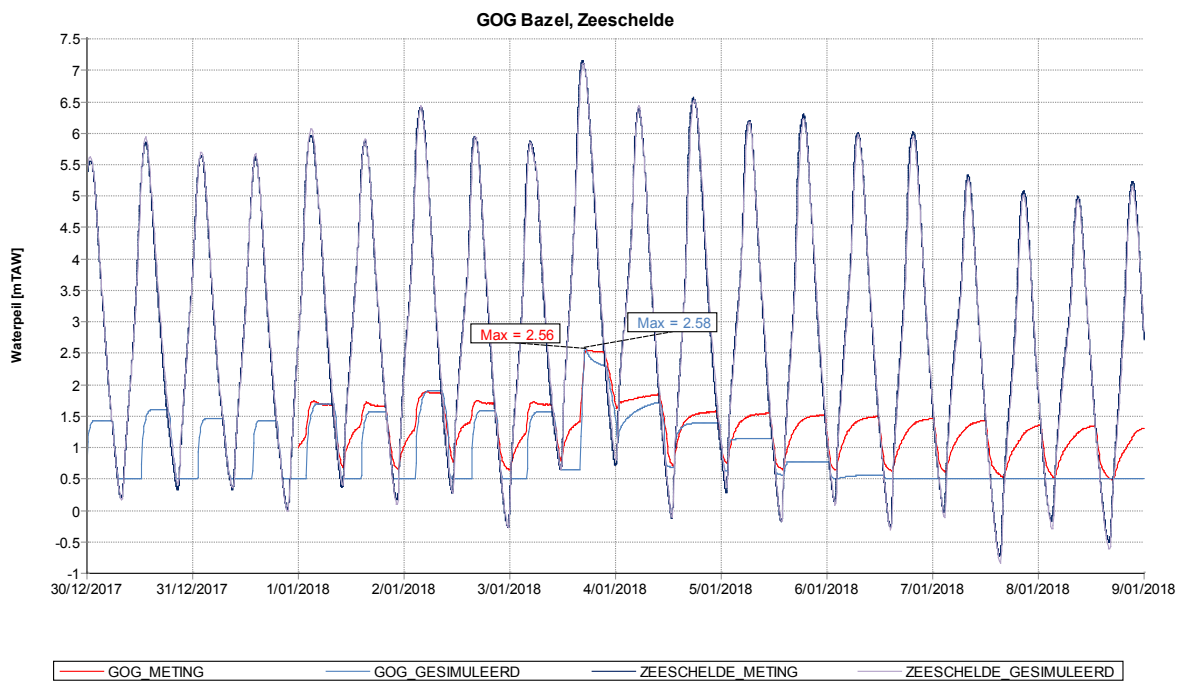
Tabel 11 - Kenmerken GOG Bazel

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.8	Ontwerp
Inwatering noord	+5.2	Ontwerp
Uitwatering 1 noord	+0.5	Ontwerp
Inwatering zuid	+5.1 / +5.3	Ontwerp
Uitwatering 2 zuid	+0.5	Ontwerp
Uitwatering 3	+0.5	Ontwerp

Figuur 60 - Situering druksensor en meetpost GOG Bazel



Figuur 61 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Bazel



3.3.4 GOG Lippenbroek

Het GOG Lippenbroek omvat een korte overlooptdijk, een inwateringsstructuur en een uitwateringsstructuur. Tabel 12 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

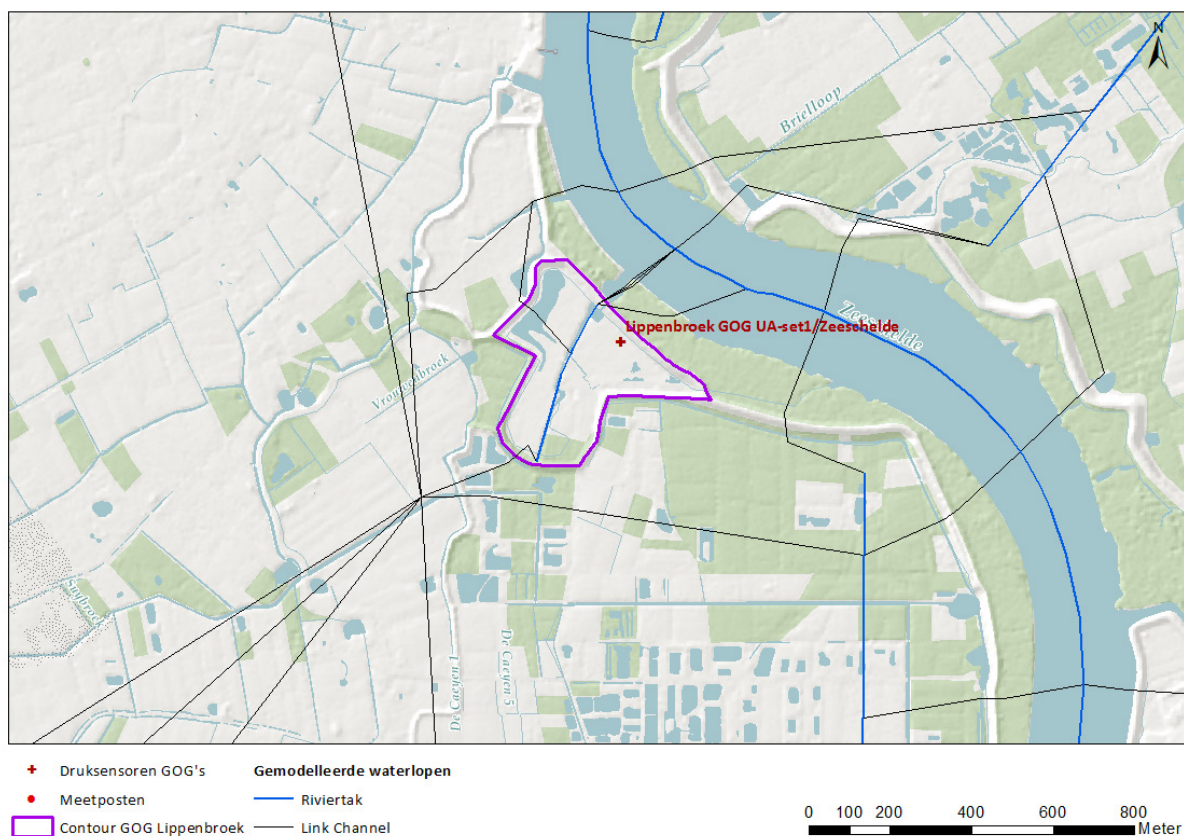
In het GOG Lippenbroek wordt het waterpeil gemeten met druksensoren, door de UA. Figuur 62 toont de locatie van de druksensor in het gebied. Figuur 63 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Lippenbroek, en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG.

Het inwaterend volume tijdens de GGG-werking wordt onderschat. Ook het maximum waterpeil tijdens de storm wordt onderschat. Het gemeten waterpeil in het gebied begint echter reeds te stijgen voor het drempelpeil van de inwatering overtopt is. Dit doet vermoeden dat er ook een inwaterend volume is via de uitwateringsconstructie.

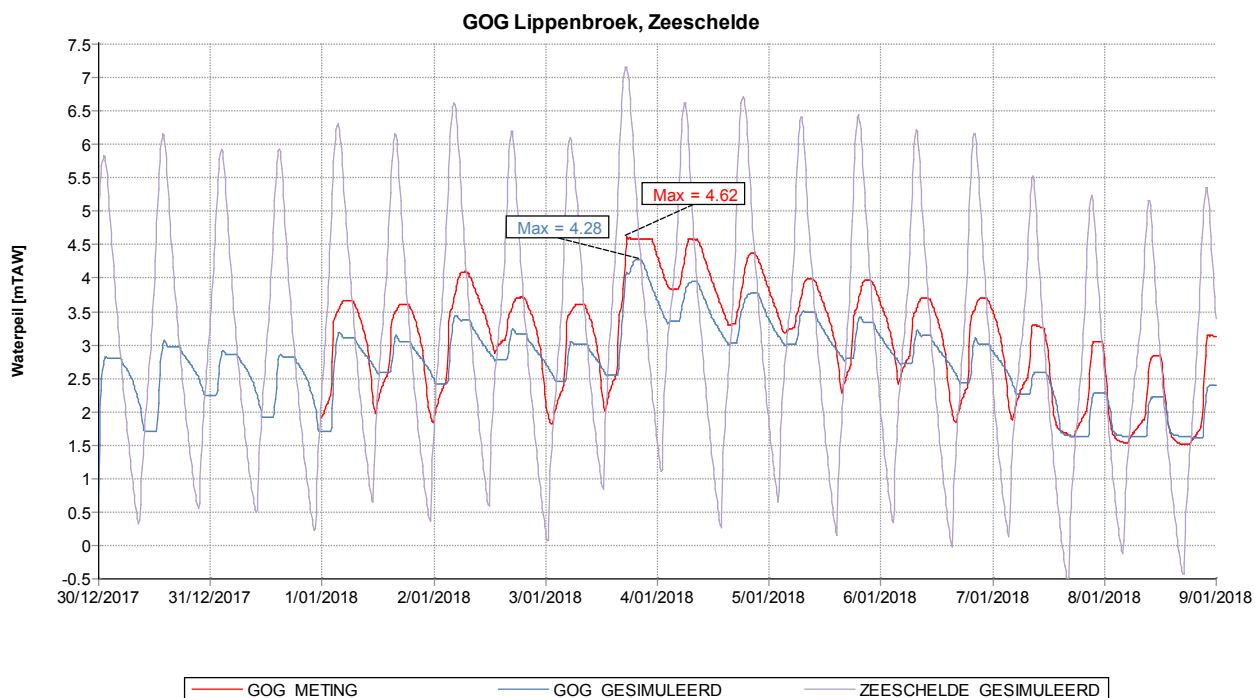
Tabel 12 - Kenmerken GOG Lippenbroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.8	Opmeting
Inwatering	+4.7/+5.0/+5.3	Opmeting
Uitwatering	+1.61	Opmeting

Figuur 62 - Situering druksensor GOG Lippenbroek



Figuur 63 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Lippenbroek



3.3.5 GOG Tielrodebroek

Het GOG Tielrodebroek omvat een overlooppdijk en twee uitwateringsstructuren. Tabel 13 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

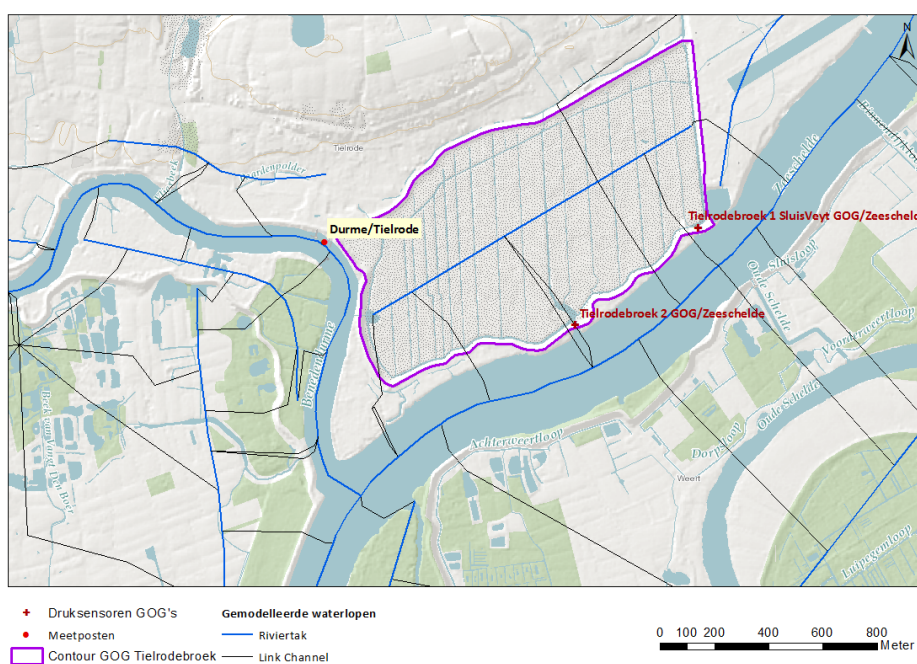
In het GOG Tielrodebroek zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van uitwateringsconstructies van het gebied. Figuur 64 toont de locatie van de druksensoren in het gebied. Figuur 65 en Figuur 66 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Tielrodebroek ter hoogte van de druksensoren en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG.

Ook in GOG Tielrodebroek vertoont het waterpeil, in de periode voor de storm, een schommeling van 60 tot 75 cm. Het maximum waterpeil in GOG Tielrodebroek stijgt tot TAW +3,66 m. Dit is circa 2,5 m boven het basispeil in het GOG. De gemodelleerde inwatering lijkt sneller te gaan dan in werkelijkheid. Vermoedelijk is het gesimuleerde overloopvolume te groot. Ook de gesimuleerde GOG-uitwatering lijkt sneller te gaan dan de uitwatering op basis van de gemeten waterpeilen. De schommeling van het waterpeil in het GOG voor de storm wijst op mogelijk afvoer van water van het achterland door het GOG, of in een instromend debiet langs de uitwateringskokers. Er is getracht dit te simuleren door een beperkt extra debiet van 0,1 m³/s op te leggen op de riviertak die het GOG voorstelt. Het debiet blijkt echter onvoldoende te zijn.

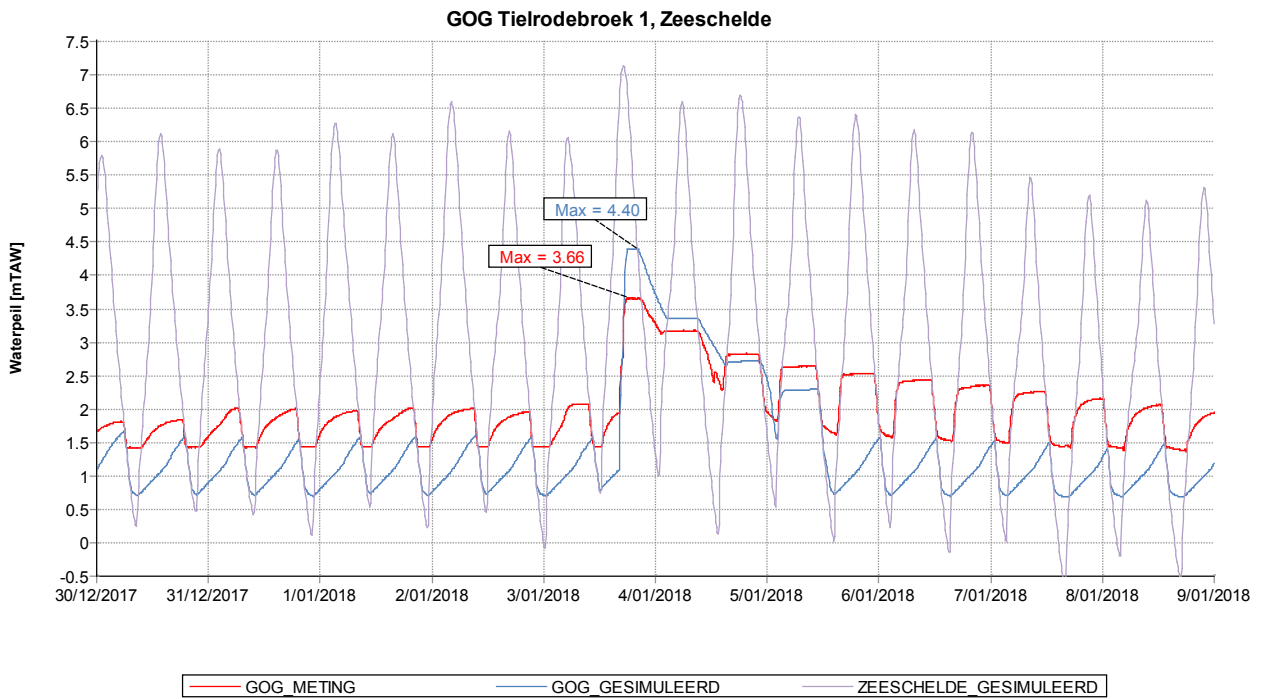
Tabel 13 - Kenmerken GOG Tielrodebroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.65	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+0.5 à +0.6	Opmeting
Uitwatering 2 (opwaarts)	+2.78	Opmeting

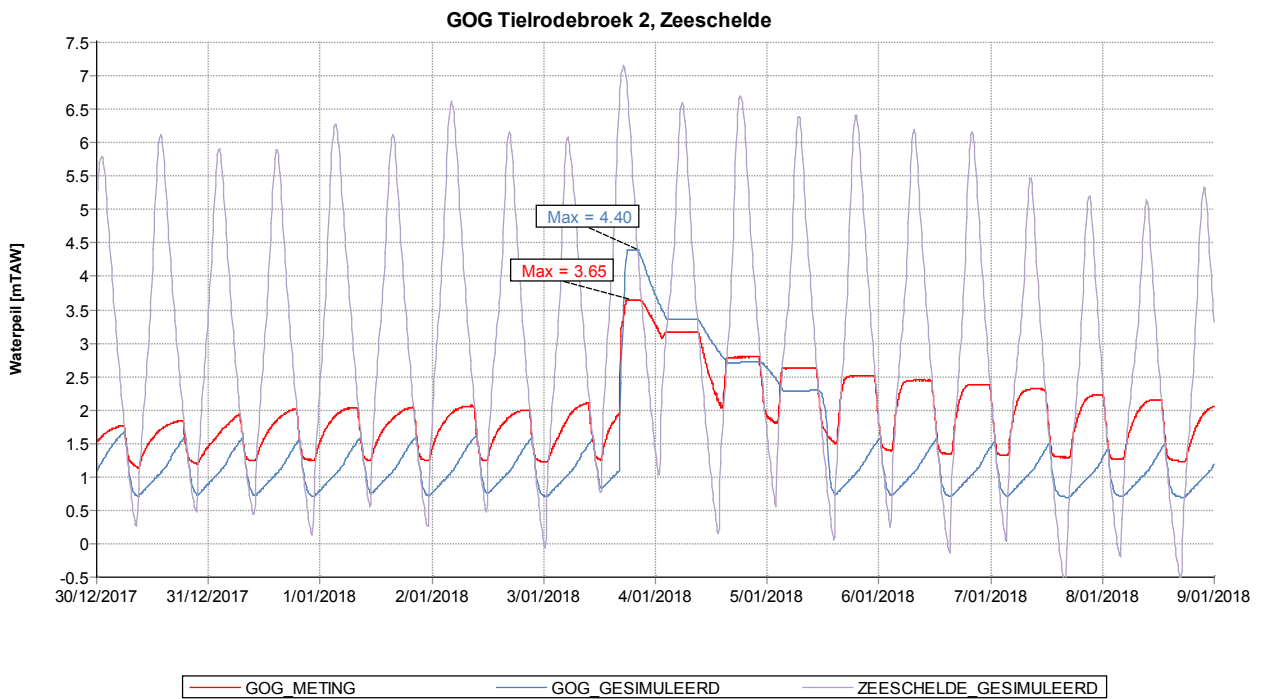
Figuur 64 - Situering druksensoren GOG Tielrodebroek



Figuur 65 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 1



Figuur 66 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 2



3.3.6 GOG Scheldebroek

Het GOG Scheldebroek omvat een overlooptdijk en twee uitwateringsstructuren. Tabel 14 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In het GOG Scheldebroek zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van uitwateringsconstructies van het gebied. Figuur 67 toont de locatie van de druksensoren in het gebied. Figuur 68 en Figuur 69 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Scheldebroek ter hoogte van de druksensoren en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG.

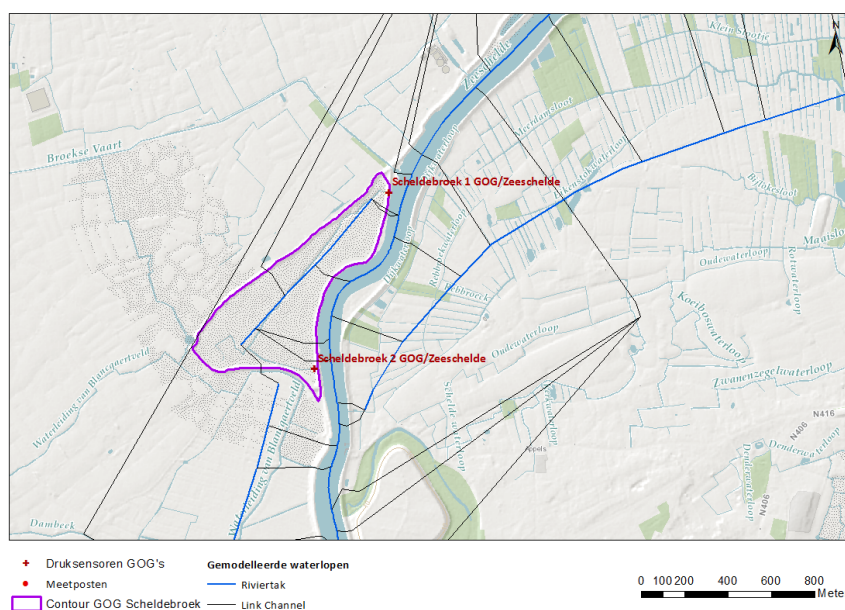
In GOG Scheldebroek bereikt het maximum waterpeil in het gebied dezelfde hoogte als het stormhoogwater in de Zeeschelde. Dit is hoger dan de overlooptdijk. Het GOG wordt dus volledig gevuld. Het stormhoogwater in het gebied wordt overschat door de gesimuleerde waarde, met 11 cm voor druksensor 1 en 14 cm voor druksensor 2.

Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 75 cm wanneer er geen GOG-vulling is. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Scheldebroek, toch blijft deze schommeling onderschat. De GOG-vulling en -uitwatering lijkt in de simulatie sneller te verlopen dan in werkelijkheid. Voornamelijk bij de laagwaters na het stormhoogwater lijkt het GOG veel trager leeg te lopen dan in de simulatie. Vermoedelijk heeft dit te maken met afvoer van het achterland via het GOG of een verstopping van de uitwateringskokers door drijfvuil opgewoeld door GOG-werking.

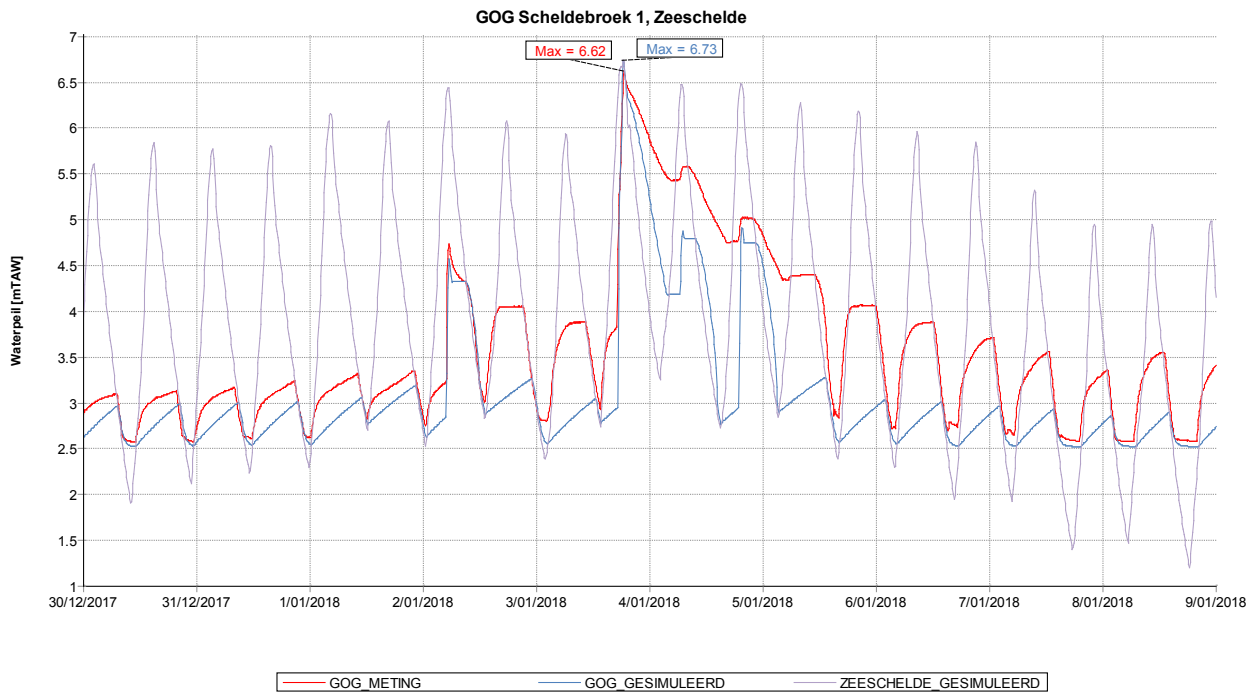
Tabel 14 - Kenmerken GOG Scheldebroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.30	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+2.42	Opmeting
Uitwatering 2 (opwaarts)	+2.45	Opmeting

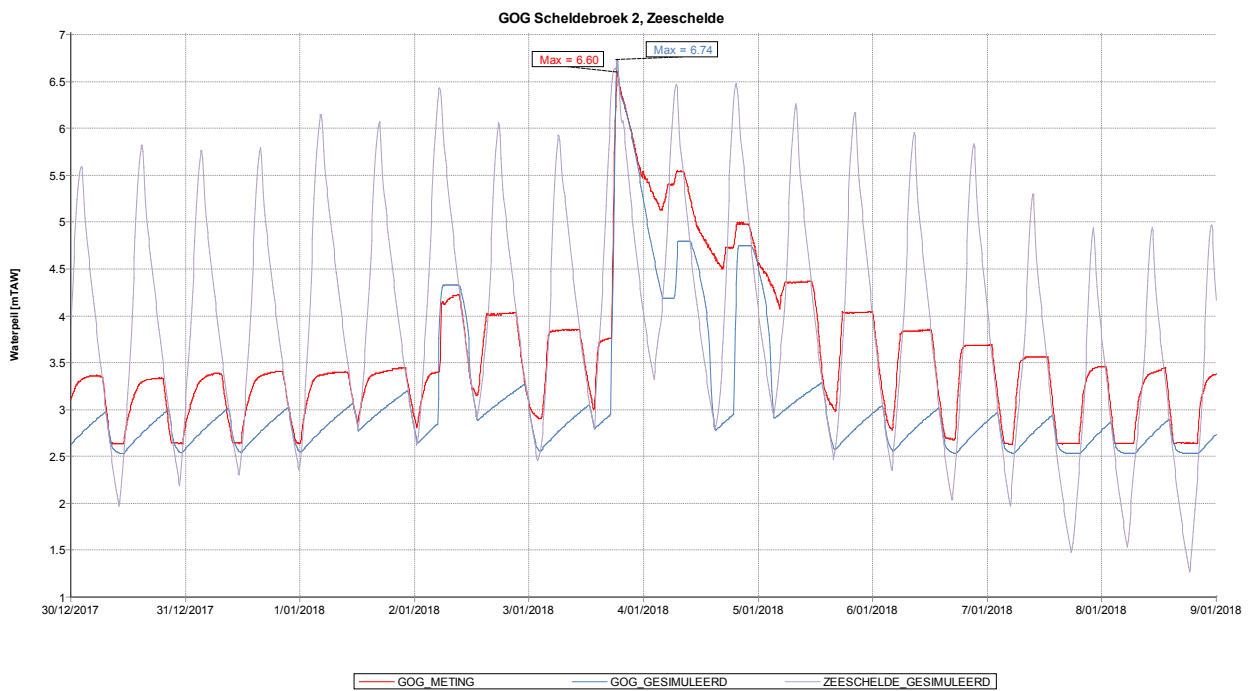
Figuur 67 - Situering druksensoren GOG Scheldebroek



Figuur 68 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebreek thv druksensor 1



Figuur 69 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebreek thv druksensor 2



3.3.7 GOG-GGG Bergenmeersen

Het GOG Bergenmeersen omvat een overlooptdijk, een (oude) uitwateringsconstructie en een (nieuwe) gecombineerde in- en uitwateringsconstructie. Dit gebied kent sinds april 2013 GGG-werking. Tabel 15 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In het GOG Bergenmeersen zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie, waarvan één druksensor het waterpeil in de Schelde meet. Van de andere druksensor zijn geen gegevens beschikbaar. Ter hoogte van de oostelijke uitwatering is een tweede druksensor in het gebied geplaatst. In het westelijk deel van het gebied is een druksensor geplaatst door de UA, set2. Figuur 70 toont de locatie van de druksensoren in het gebied waarvan meetgegevens beschikbaar zijn. Figuur 71 en Figuur 72 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG-GGG Bergenmeersen ter hoogte van respectievelijk druksensor 2 en UA-set2, en in de Zeeschelde ter hoogte van de gecombineerde in- en uitwatering van het gebied.

Het gemeten en gesimuleerde waterpeil in de Zeeschelde ter hoogte van Bergenmeersen vertonen een zeer gelijkaardig verloop. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt 5 cm overschat.

Het gemeten waterpeil in het GOG-GGG Bergenmeersen ter hoogte van druksensor 2 vertoont een verloop dat niet overeenstemt met wat verwacht wordt op basis van de drempelpeilen van de in- en uitwateringssluizen. In het logboek staat echter vermeld dat er heel veel drijfvuil aanwezig is rondom de koker, en sediment in de koker, die als bescherming rond de druksensor hangt. Dit beïnvloedt vermoedelijk het waterpeil in de koker waardoor de meting minder betrouwbaar is.

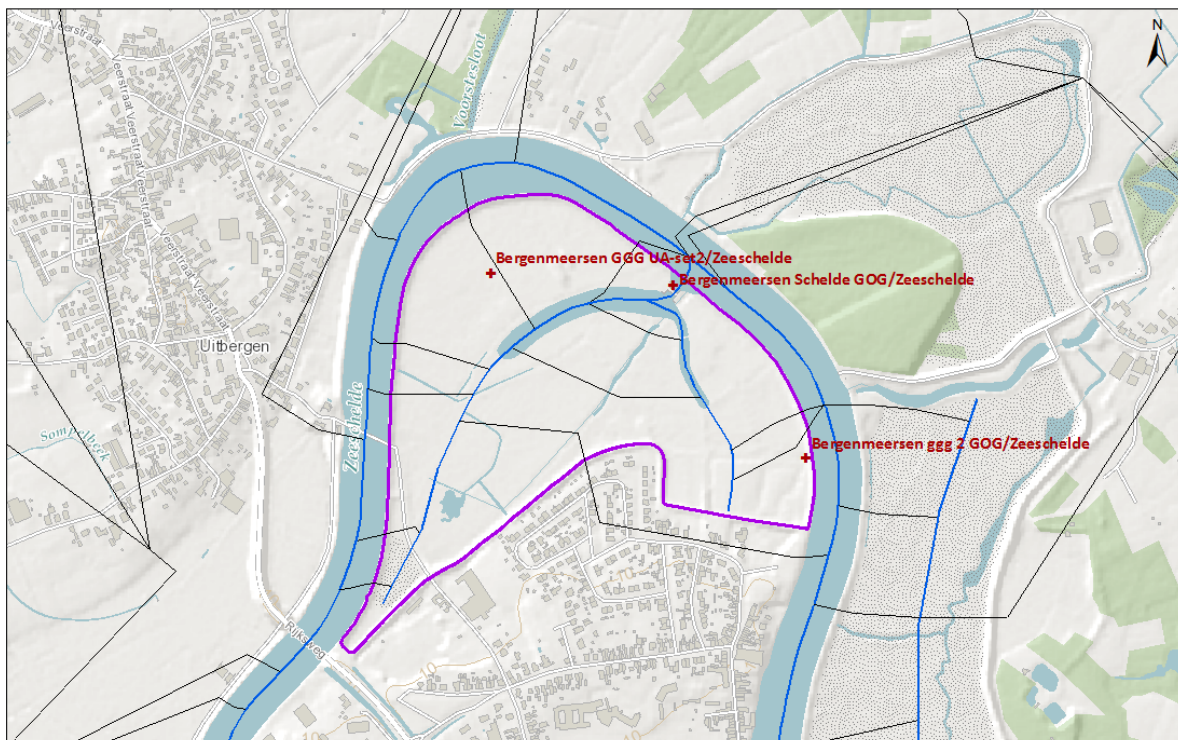
Op basis van het gemeten waterpeil ter hoogte van druksensor UA-set2 kan gesteld worden dat het inwateringsvolume overschat wordt, zowel bij de GGG- als GOG-werking.

De GGG-inwateringssluizen werden gesloten tijdens het laagwater voor de storm. De stijging van het waterpeil tijdens de storm, toont aan dat het gebied wel GOG-werking gekend heeft, hetzij beperkt.

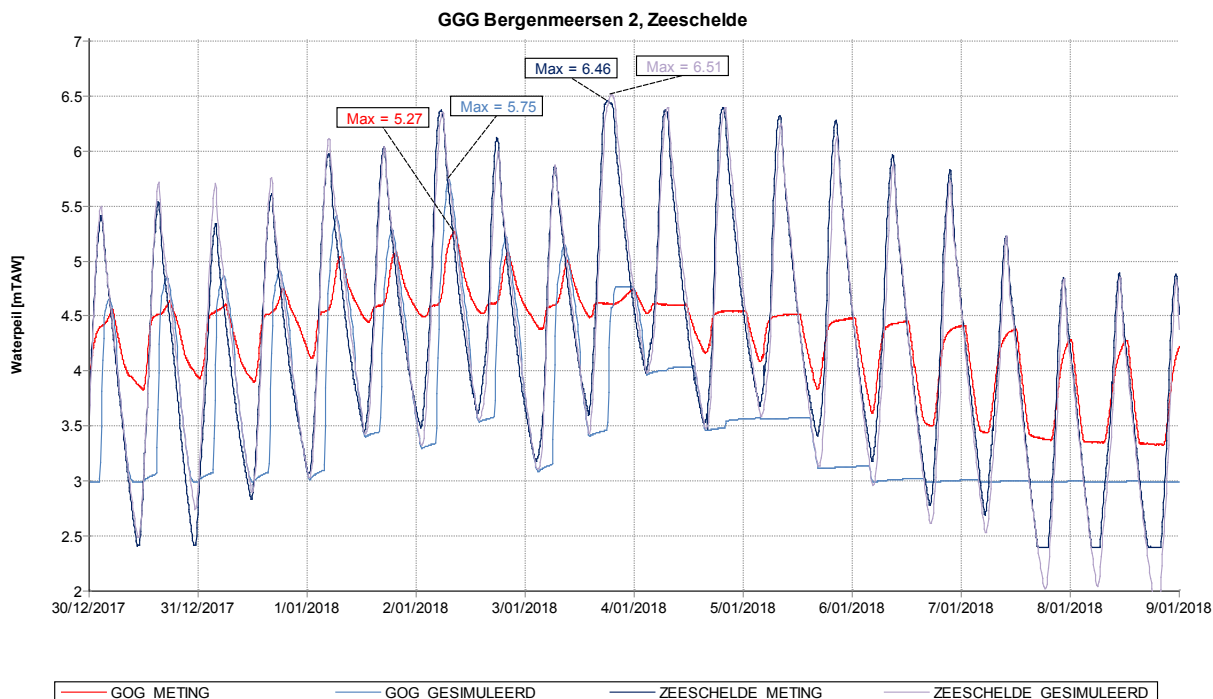
Tabel 15 - Kenmerken GOG-GGG Bergenmeersen

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.35	Opmeting
Inwatering 1 (GGG)	+4.2, +4.35, +4.5	Opmeting
Uitwatering 1 (GGG)	+2.7	Opmeting
Uitwatering 2 (oost)	+2.92	Opmeting

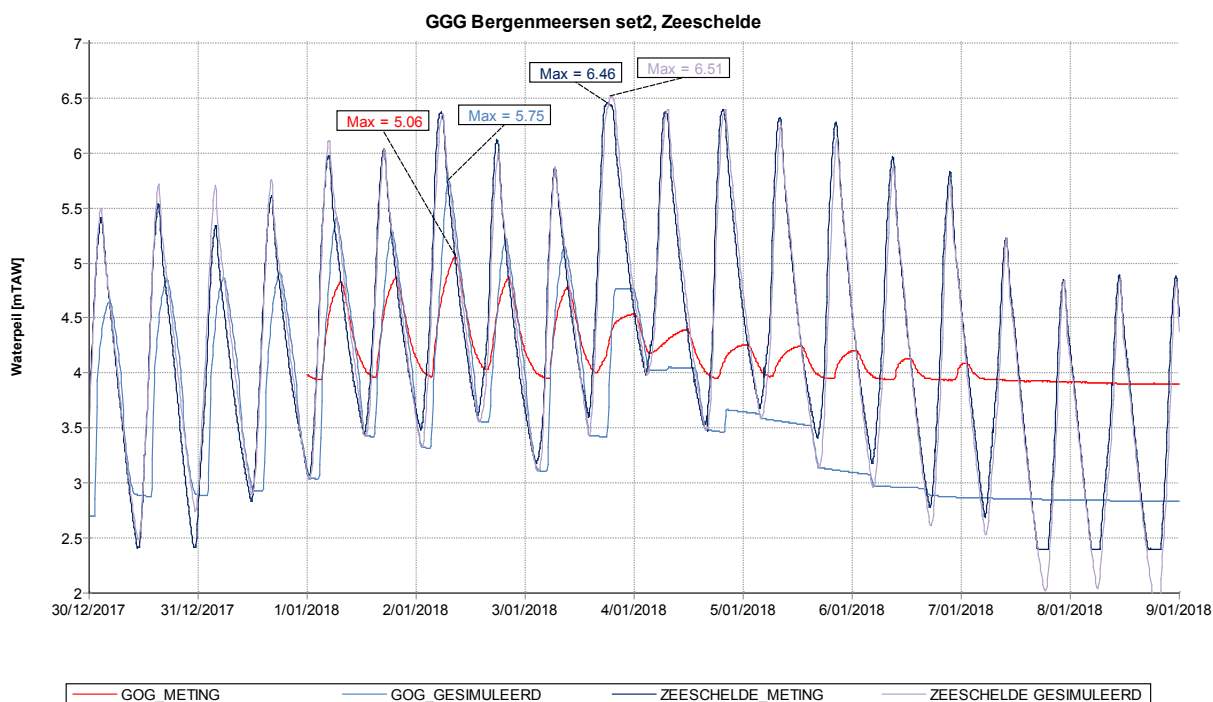
Figuur 70 - Situering druksensoren GOG Bergenmeersen



Figuur 71 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor 2



Figuur 72 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor UA set2



3.3.8 GOG Potpolder I

Het GOG Potpolder I omvat een overlooppdijk en zeven uitwateringsstructuren, waarvan er nog vijf in gebruik zijn. Tabel 16 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken. In het GOG Potpolder I zijn twee druksensoren aanwezig nabij de afwaartse en centrale uitwateringsconstructie in het gebied (zie Figuur 73).

Figuur 74 en Figuur 75 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Potpolder I ter hoogte van de druksensoren en in de Durme ter hoogte van het GOG.

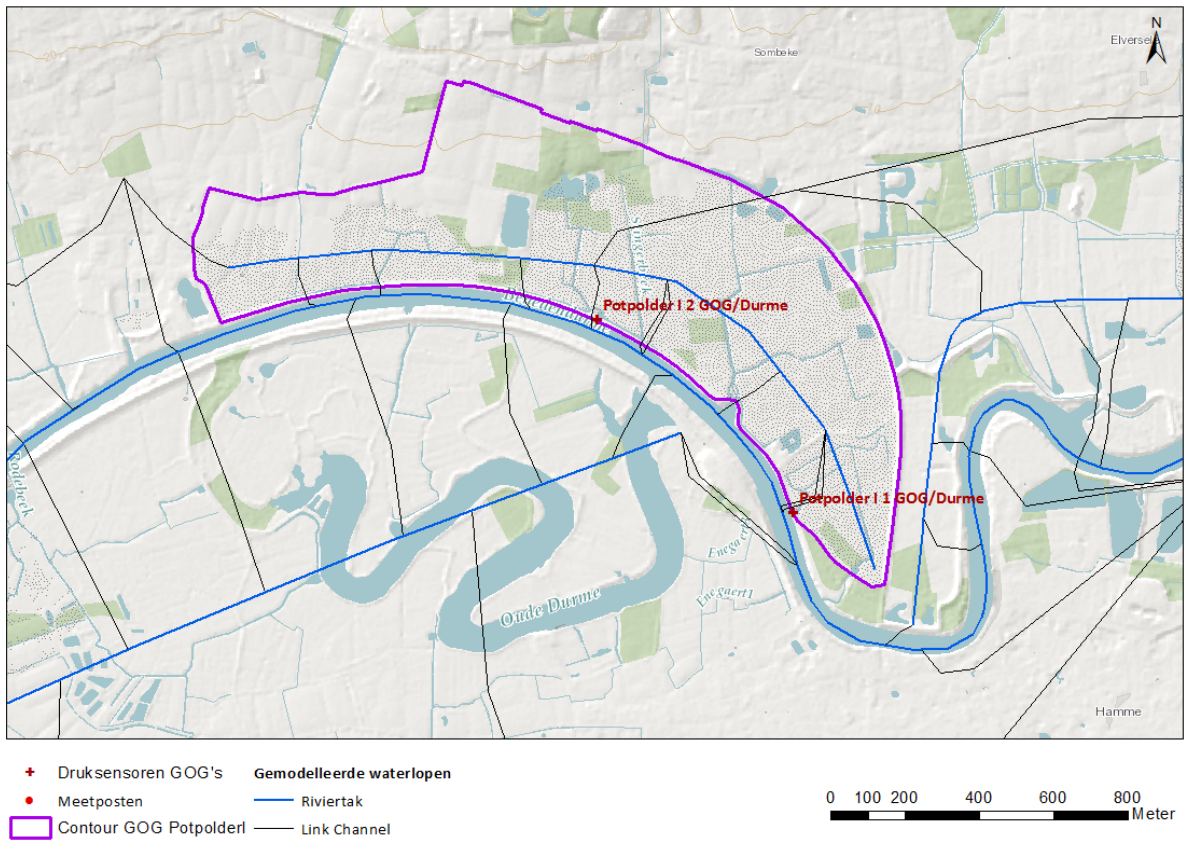
In GOG Potpolder I vertoont het gemeten waterpeil een schommeling van meer dan 1 m wanneer er geen GOG-vulling is. Deze is vermoedelijk te wijten aan de afvoer van water van het achterland via het GOG of door een instromend debiet via een uitwateringssluis. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Potpolder I, toch blijft deze schommeling onderschat.

Het gesimuleerd waterpeil in het GOG stijgt tijdens de storm 15 cm hoger dan het gemeten waterpeil ter hoogte van druksensor 1. Ter hoogte van druksensor 2 bedraagt het verschil 9 cm. Het gemeten waterpeil ter hoogte van druksensor 2 kent echter een tragere daling tijdens de uitwatering na de storm, waardoor het GOG niet volledig leeggelopen is voor het volgende hoogwater. Het gesimuleerde waterpeil daalt te snel na het stormhoogwater. Dit is mogelijk ook te wijten aan de grotere bovenafvoer die in werkelijkheid aanwezig is, of een geblokkeerde uitwateringskoker.

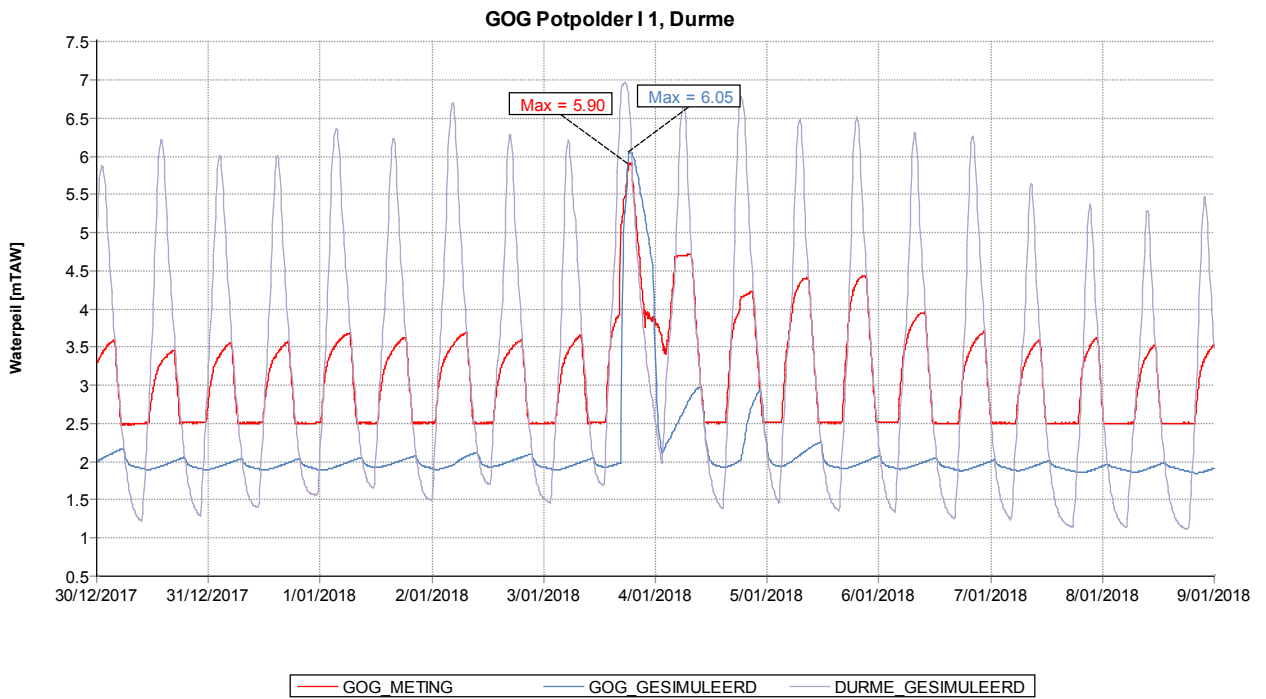
Tabel 16 - Kenmerken GOG Potpolder I

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+1.88	Opmeting
Uitwatering 2 (centraal)	+1.61	Opmeting
Uitwatering 3 (opwaarts)	+2.51	Opmeting
Uitwatering 4 (tussen 1 en 2)	+1.96	Opmeting
Uitwatering 5 (tussen 2 en 3)	+1.99	Opmeting

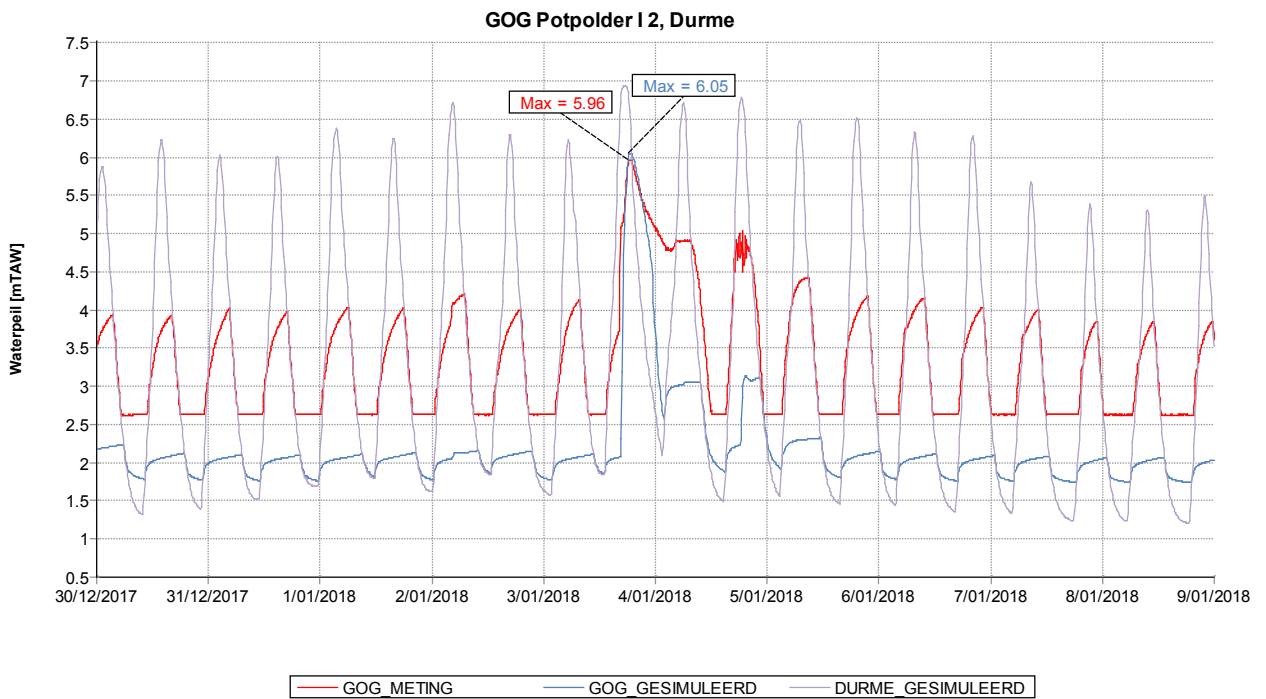
Figuur 73 - Situering druksensoren GOG Potpolder I



Figuur 74 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 1



Figuur 75 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 2



3.3.9 GOG Bovenzanden

Het GOG Bovenzanden omvat een overloopdijk en één uitwateringsstructuur. Tabel 17 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken.

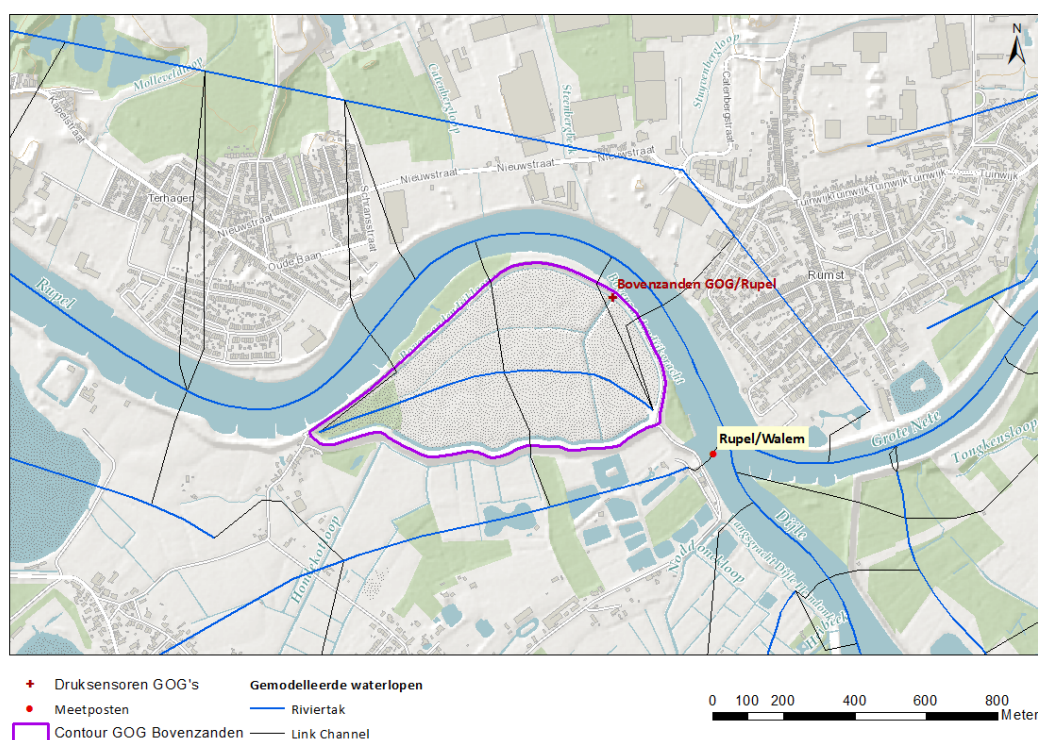
In het GOG Bovenzanden is één druksensor aanwezig, ter hoogte van de uitwateringsconstructie van het gebied (zie Figuur 76). Het drempelpeil van deze uitwatering is niet gekend en werd daarom gelijk genomen aan het minimum gemeten waterpeil. Dit komt echter overeen met de hoogte waarop de druksensor hangt. Figuur 77 toont het gemeten en gesimuleerde waterpeil in GOG Bovenzanden en in de Rupel ter hoogte van het GOG.

Het gemeten waterpeil in GOG Bovenzanden stijgt net niet tot de overloopdijkhoogte van het gebied. Het GOG werd dus net niet volledig gevuld tijdens de storm. Het gesimuleerde waterpeil stijgt echter wel net tot boven de overloopdijkhoogte. De overschatting van het waterpeil in het GOG kan niet te wijten zijn aan het gesimuleerde waterpeil in de Rupel want dit wordt onderschat. Mogelijk is de hoogte en lengte van de overloopdijk een oorzaak hiervan, of een onderschatting van het volume van het GOG. Het gesimuleerde waterpeil in het GOG daalt na het stormhoogwater sneller dan het gemeten waterpeil. Het verschil blijft echter beperkt.

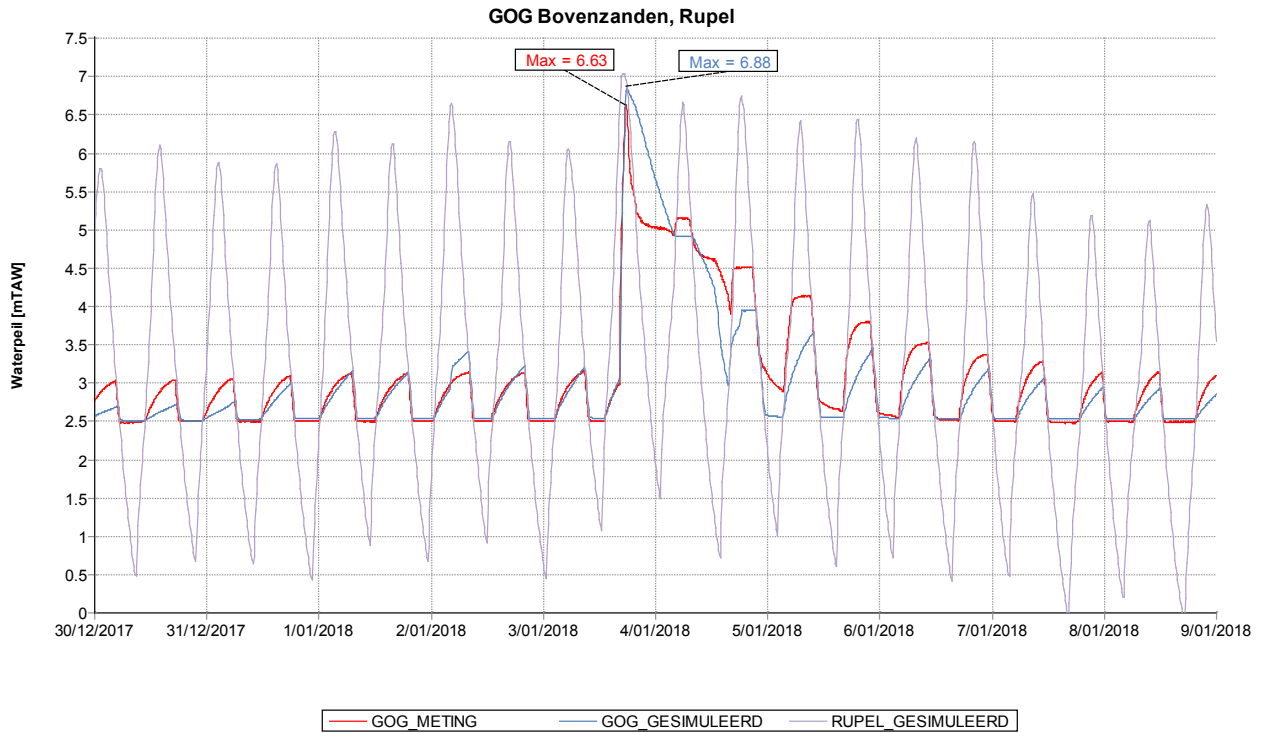
Tabel 17 - Kenmerken GOG Bovenzanden

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overloopdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering	+2.5	Meting waterpeil

Figuur 76 - Situering druksensor GOG Bovenzanden



Figuur 77 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Rupel en GOG Bovenzanden



3.3.10 GOG Zennegat

Het GOG Zennegat omvat een overlooppdijk en een gecombineerde in- en uitwateringsconstructie. Tabel 18 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In het GOG Zennegat wordt het waterpeil gemeten met druksensoren, door de UA. De druksensor situeert zich nabij de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie (Figuur 78).

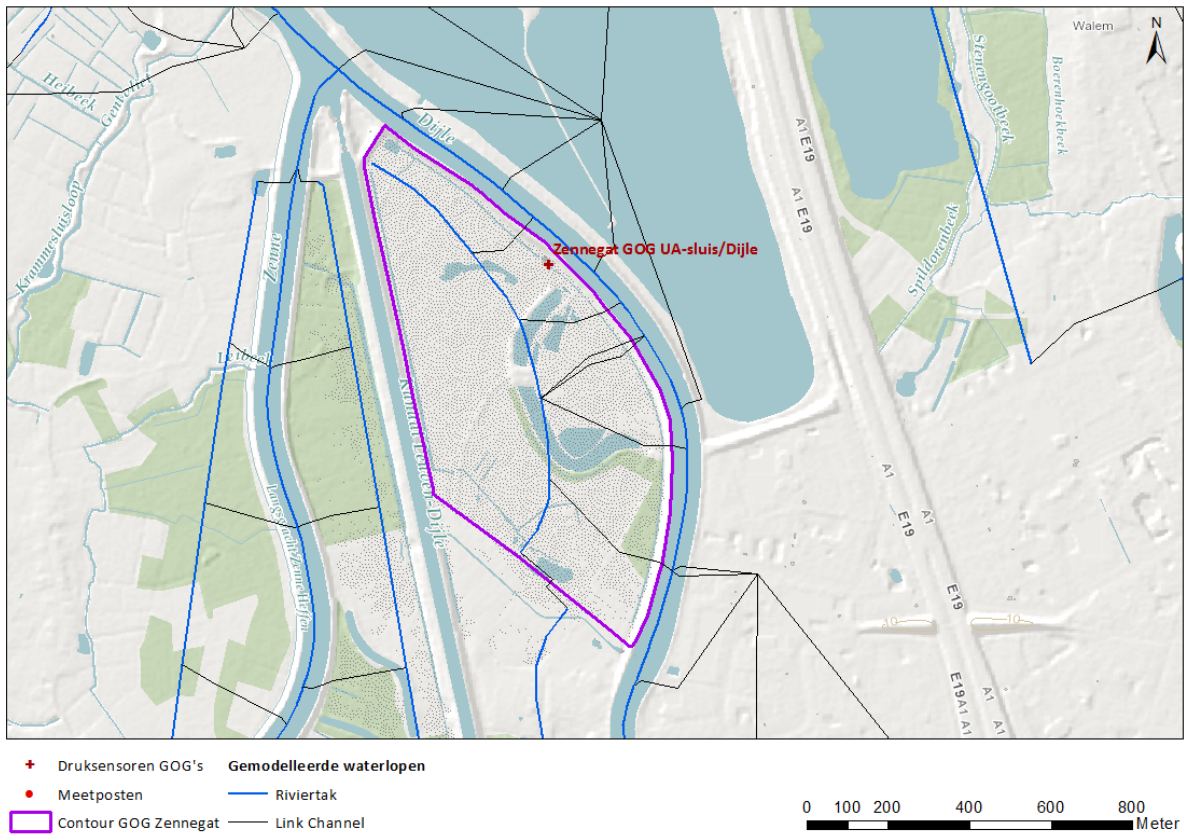
Figuur 79 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Zennegat en in de Dijle ter hoogte van het GOG. In de periode voor de storm worden de hoogwaters in het gebied overschat. Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 2 m in de periode voor de storm, en van circa 1,5 m in de periode na de storm. Zowel het gemeten als het gesimuleerde waterpeil in het gebied begint reeds te stijgen voor het drempelpeil van de inwateringskokers overtopt is. Dit kan te wijten zijn aan een beperkt instromend debiet door een uitwateringskoker of door afvoer van bovenstroomse gebieden via het GOG. In het model wordt een beperkt debiet afkomstig van rainfall-runoff opgelegd.

Tijdens de storm is het maximum waterpeil in het gebied gestegen tot boven de hoogte van de overlooppdijk. Het GOG werd volledig gevuld. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt met 1 cm onderschat. Het waterpeil op de Dijle ter hoogte van Mechelen benedensluis wordt met 1 cm overschat. Tijdens de twee volgende hoogwaters kent het gebied nog GOG-werking en worden de hoogwaterpeilen licht overschat.

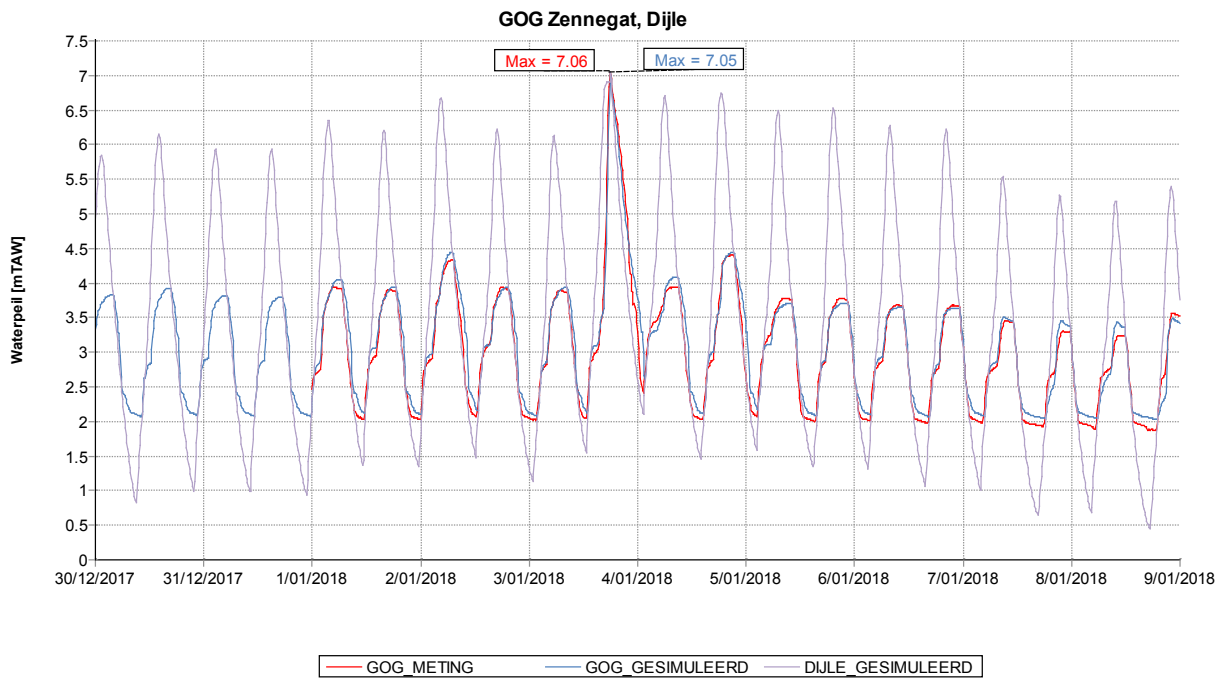
Tabel 18 - Kenmerken GOG-GGG Zennegat

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.5	Ontwerp
Inwatering (GGG)	+4.3	Ontwerp
Uitwatering	+0.8	Ontwerp

Figuur 78 - Situering druksensor GOG Zennegat



Figuur 79 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Dijle en GOG Zennegat



3.3.11 GOG Polder van Lier

Het GOG Polder van Lier omvat een overloopdijk en drie uitwateringsstructuren. Tabel 19 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken.

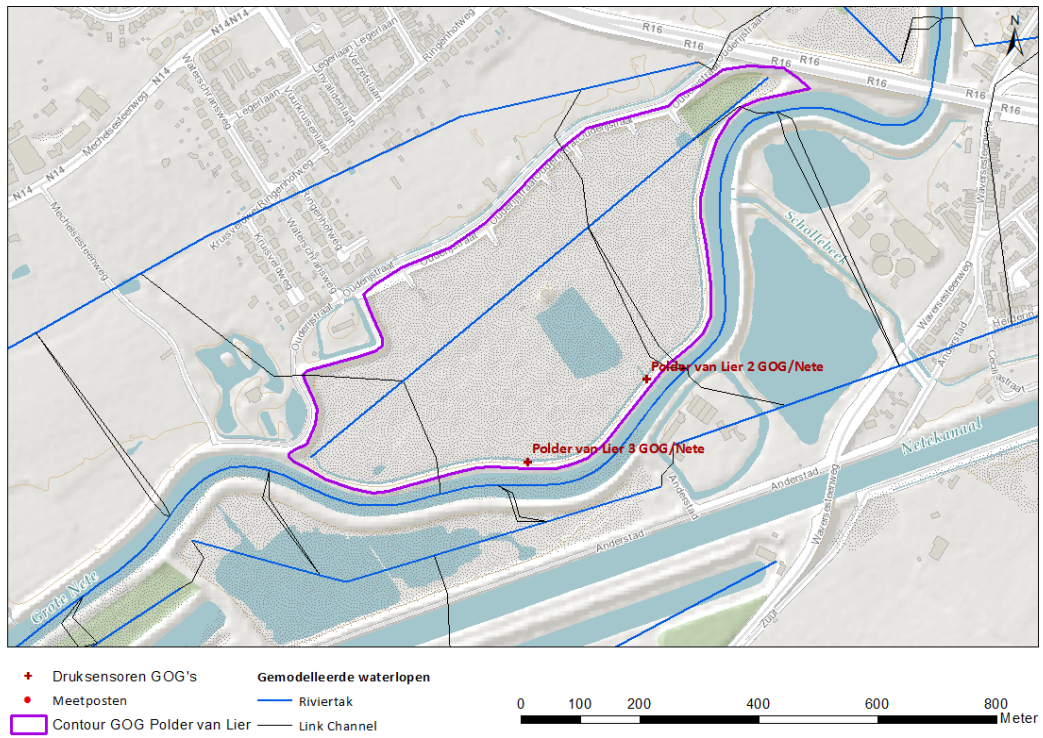
In het GOG Polder van Lier zijn twee druksensoren aanwezig, ter hoogte van de uitwateringsconstructies van het gebied (zie Figuur 80). Oorspronkelijk werden er drie druksensoren geplaatst, waarvan één later verplaatst werd naar GOG Anderstadt opwaarts. Hiervan zijn echter geen betrouwbare gegevens beschikbaar. Figuur 81 en Figuur 82 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Polder van Lier in de Benedennete ter hoogte van het GOG.

Het gemeten waterpeil in GOG Polder van Lier vertoont een schommeling van 20 tot 30 cm tijdens de periode voor de GOG-werking. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Polder van Lier, toch blijft deze schommeling onderschat. Tijdens het stormhoogwater lijken de gemeten waterpeilen in het GOG echter afgetopt, waardoor het maximum waterpeil in het GOG niet geverifieerd kan worden.

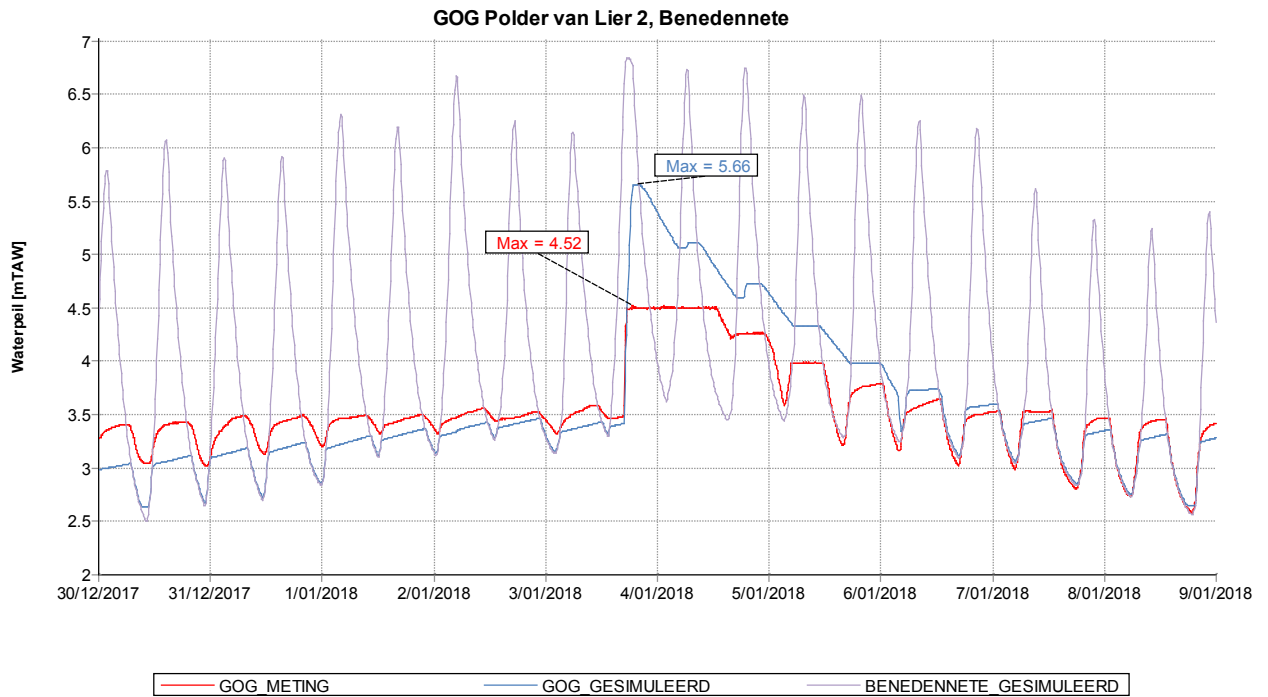
Tabel 19 - Kenmerken GOG Polder van Lier

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overloopdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering 1 (opwaarts)	onbekend	-
Uitwatering 2 (centraal)	+2.4	Opmeting
Uitwatering 3 (afwaarts)	onbekend	-

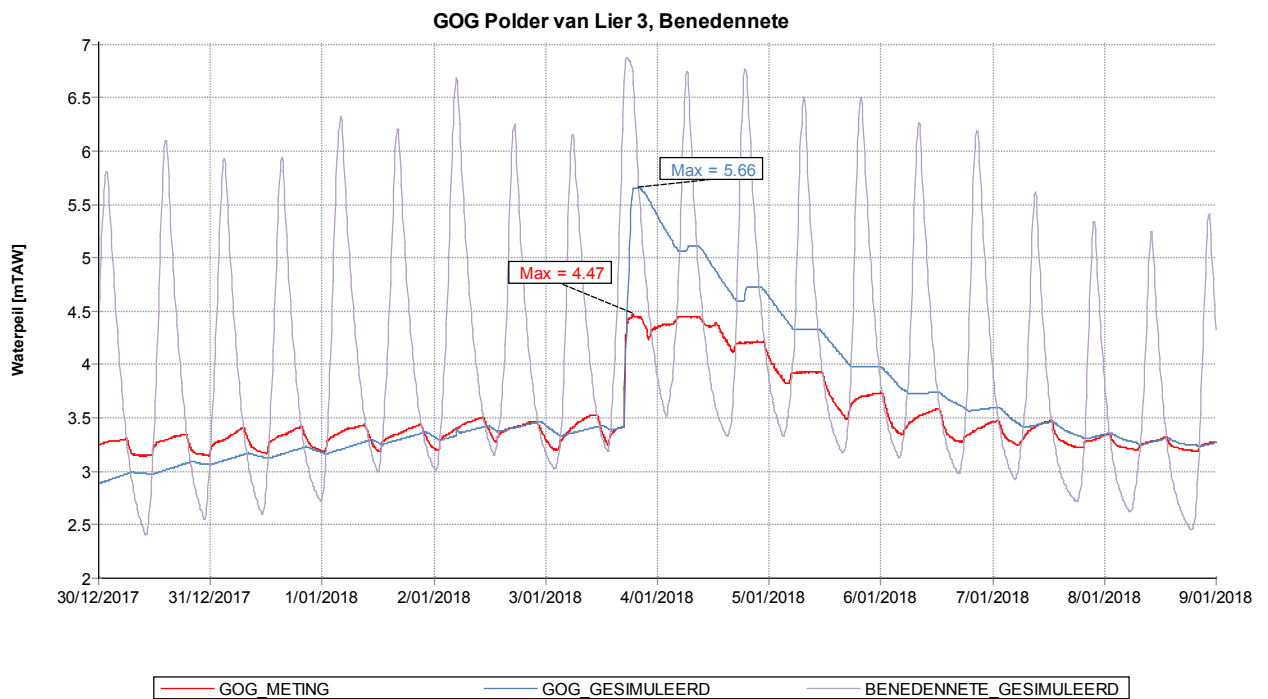
Figuur 80 - Situering druksensoren GOG Polder van Lier



Figuur 81 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 2



Figuur 82 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 3



4 Hindcast met 1D-voorspellingsmodel

4.1 Validatiegegevens

Voor de evaluatie van de hindcast met het 1D-voorspellingsmodel wordt gebruik gemaakt van dezelfde validatiegegevens als voor het 1D-referentiemodel.

4.2 Resultaten meetposten rivieren

De gesimuleerde en gemeten waterpeilen en debieten in de Zeeschelde en getijgebonden zijrivieren worden vergeleken ter hoogte van de meetposten. Er wordt telkens een overzichtskaart gegeven met de meetposten, en per meetpost een grafiek met de gemeten en gesimuleerde waterpeilen. De gemeten tijdreeksen worden in rood weergegeven, de gesimuleerde tijdreeksen in lichtblauw (modelversie 01) of groen (modelversie 02) (zie §2.10). Tevens wordt per waterloop een lengteprofiel gegeven met de gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil (berekend als hoogwater-laagwater).

Aangezien de wijziging van de randvoorwaarde in Merelbeke, in modelversie 02, enkel effect heeft op de waterpeilen in de Zeeschelde, worden de tijdreeksen van deze modelversie enkel weergegeven in de grafieken vanaf Prosperpolder tot en met Melle, en in het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde.

In §4.2.7 worden tabellen gegeven met gemeten en gesimuleerde waarden van het stormhoogwater en het laagwater voor de storm ter hoogte van de meetposten.

4.2.1 Waterpeilen Westerschelde en Zeeschelde

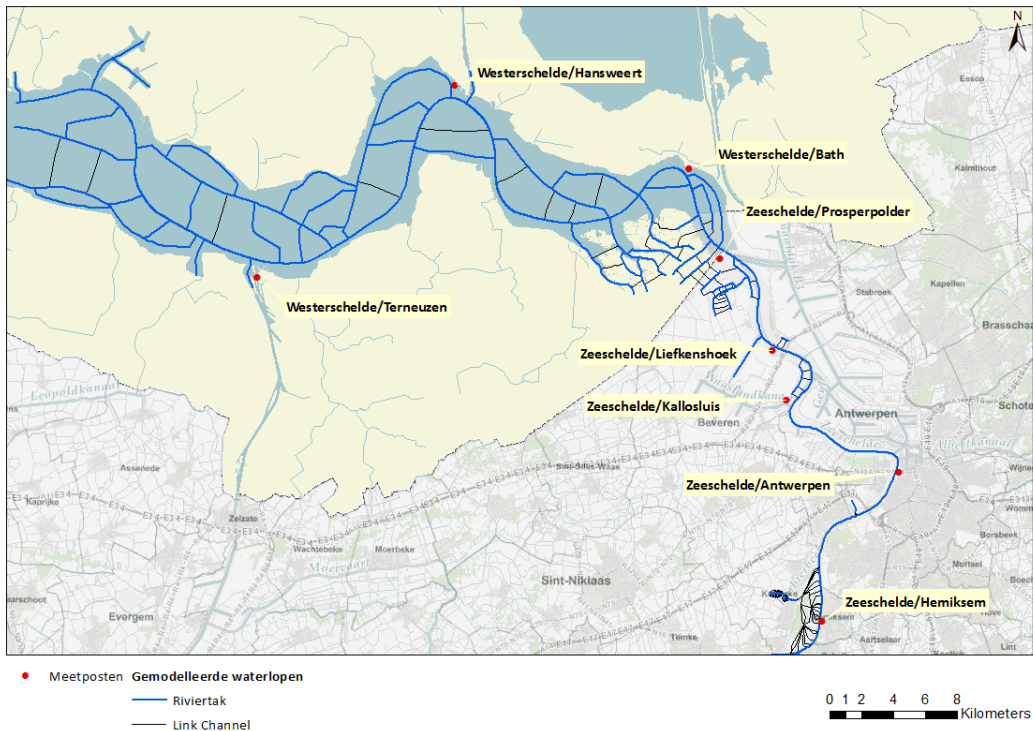
Figuur 83 en Figuur 84 geven een overzicht van de meetposten langs de Westerschelde en de Zeeschelde. Figuur 85 tot en met Figuur 87 geven de waterpeilen ter hoogte van de meetposten langs de Westerschelde. Figuur 88 tot en met Figuur 98 geven de waterpeilen ter hoogte van de meetposten langs de Zeeschelde. Figuur 99 geeft een lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Ter hoogte van de meetposten langs de Westerschelde wordt het stormhoogwater onderschat. Het verschil bedraagt maximum 8 cm ter hoogte van Terneuzen en minimum 1 cm ter hoogte van Hansweert. Over de hele simulatieperiode worden de laagwaters onderschat. Ook ter hoogte van de meetposten langs de Beneden-Zeeschelde wordt het stormhoogwater vaak onderschat. Het verschil bedraagt maximum 6 cm ter hoogte van Liefkenshoek en Temse en 1 cm ter hoogte van Kallo. Te Antwerpen bedraagt het verschil tussen het gesimuleerde en het gemeten stormhoogwater 3 cm.

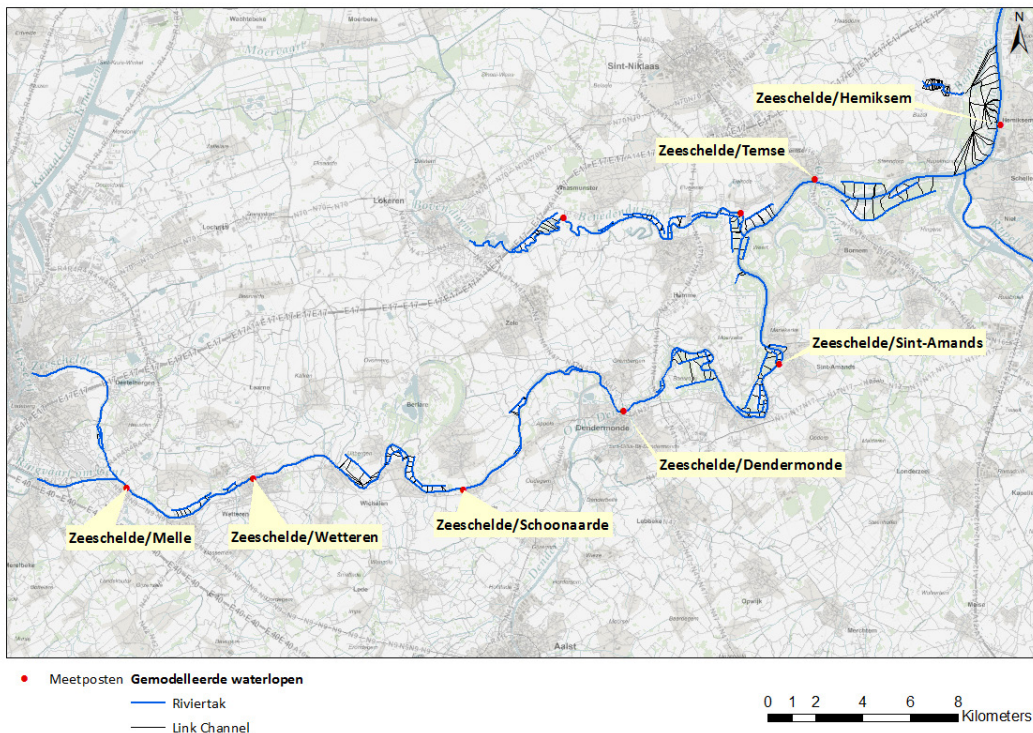
Langs de Boven-Zeeschelde ter hoogte van Sint-Amands en Dendermonde wordt het stormhoogwater nog onderschat, met respectievelijk 7 cm en 4 cm. Wanneer gebruik gemaakt wordt van gemeten waterpeilen aan de opwaartse rand in Merelbeke zijn de gesimuleerde waarden voor het stormhoogwater ter hoogte van Sint-Amands en Dendermonde 1 of 2 cm hoger. Vanaf de meetpost te Schoonaarde naar opwaarts toe wordt het stormhoogwater overschat, met maximum 30 cm te Melle. Wanneer aan de opwaartse rand te Merelbeke het gemeten waterpeil opgelegd wordt, is deze overschatting kleiner, tot 1 cm in Melle. Ook de getijamplitude wordt dan minder overschat.

Het opleggen van het gemeten waterpeil aan de opwaartse rand leidt hier tot een betere benadering van de gemeten waarden. Dagdebieten zijn niet voldoende om goed de waterstanden te modelleren afwaarts Melle. In de doorgerekende periode werd de sluis te Merelbeke geopend en gesloten. Dit is duidelijk merkbaar in de metingen (zie Stormrapport (Meire *et al.*, 2018)).

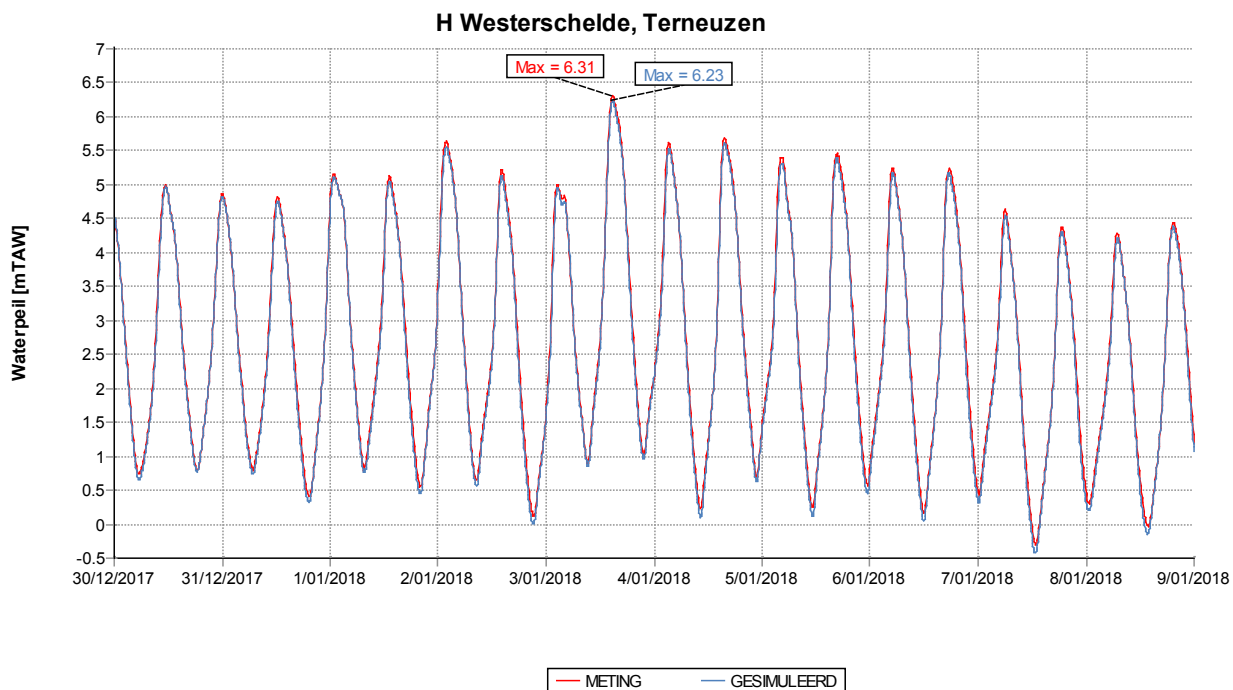
Figuur 83 - Situering meetposten Westerschelde en Beneden-Zeeschelde



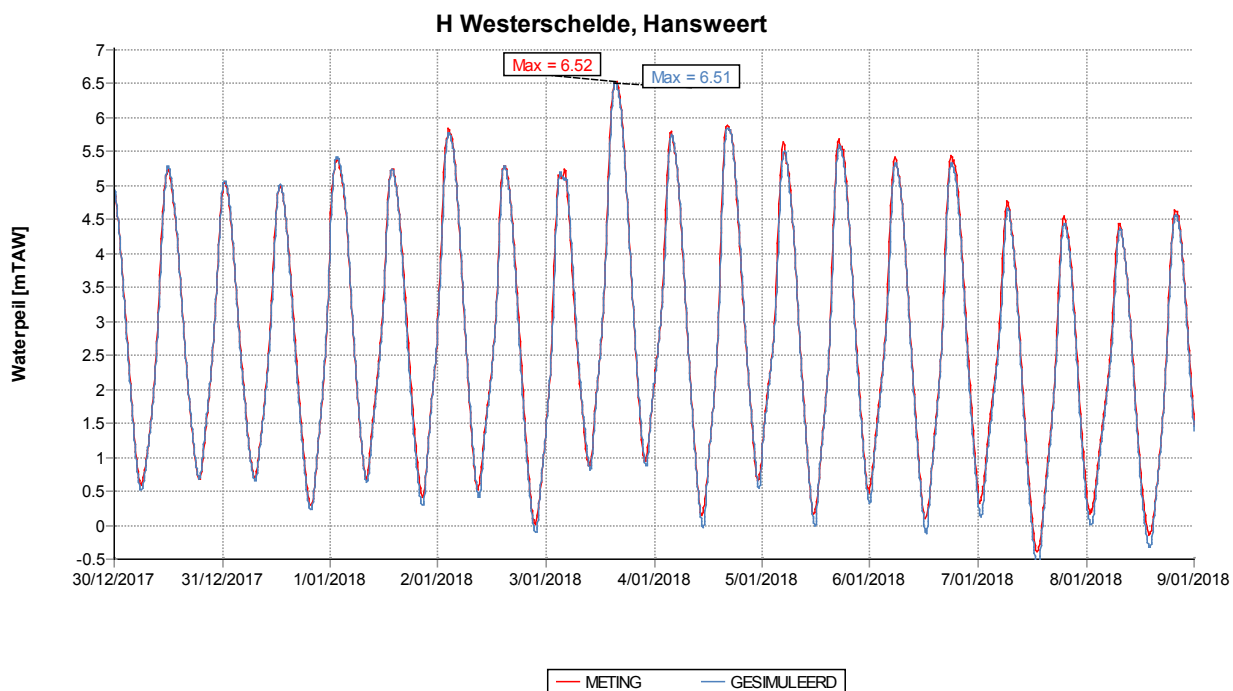
Figuur 84 - Situering meetposten Boven-Zeeschelde



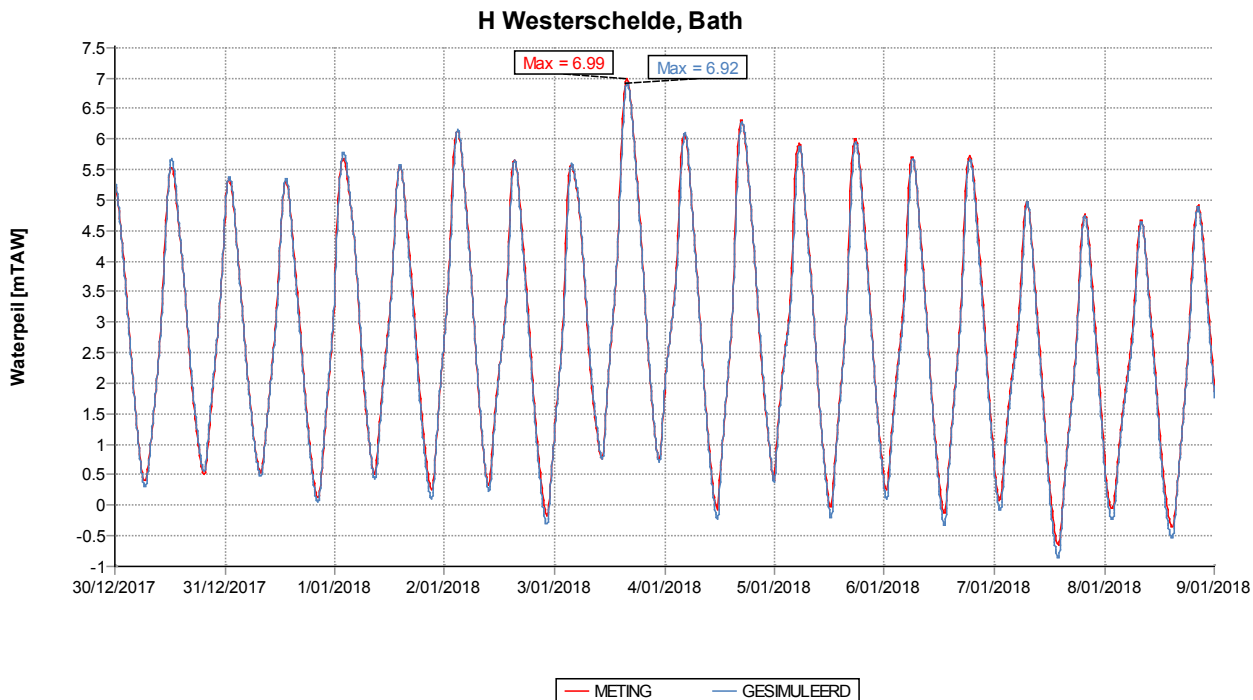
Figuur 85 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Terneuzen - voorspellingsmodel



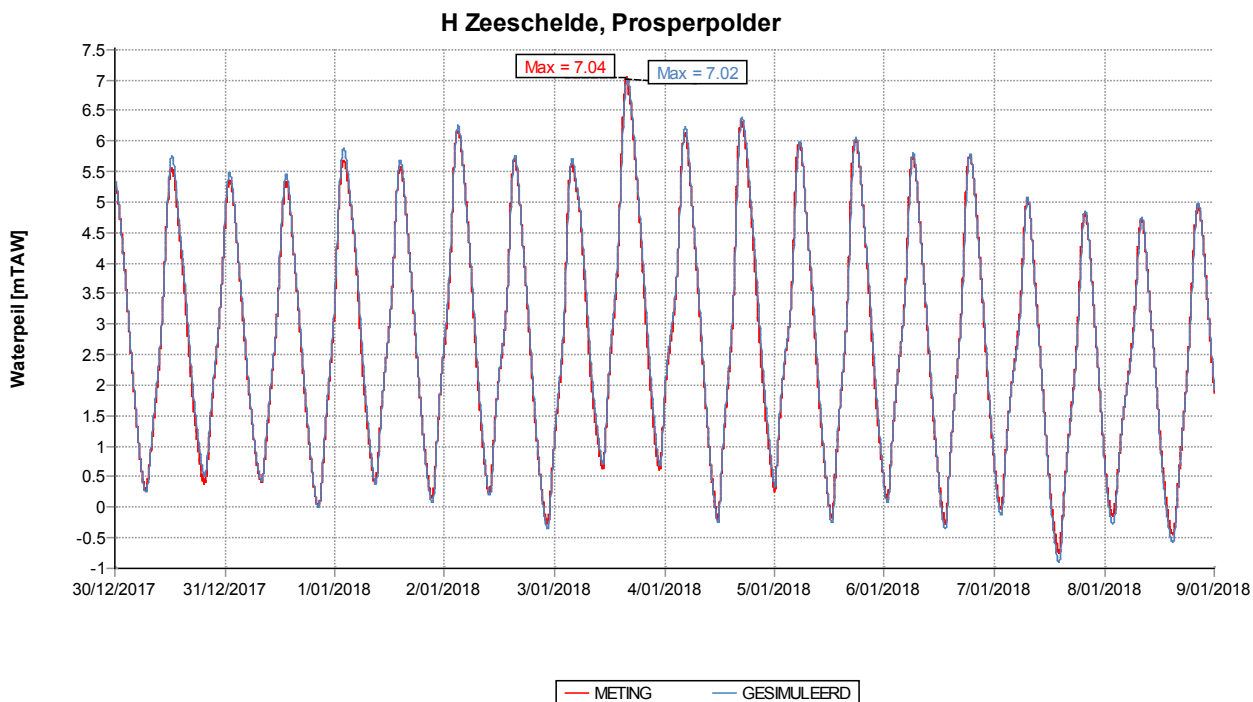
Figuur 86 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Hansweert - voorspellingsmodel



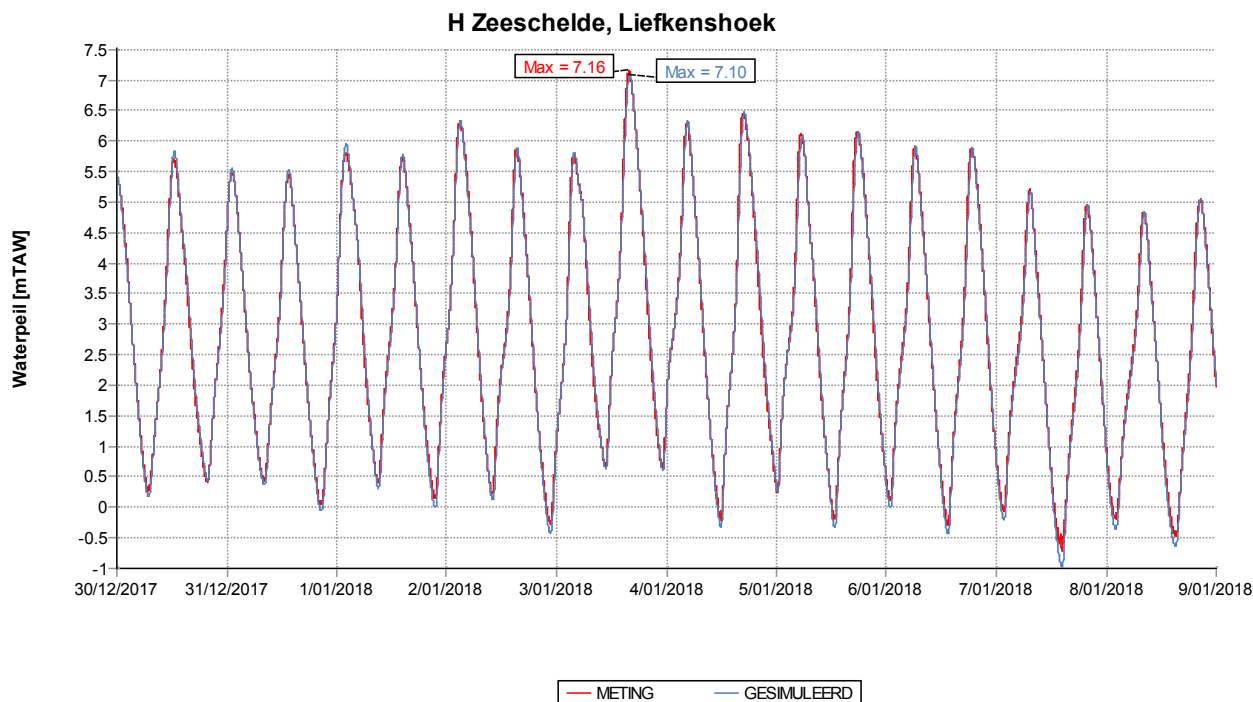
Figuur 87 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Westerschelde te Bath - voorspellingsmodel



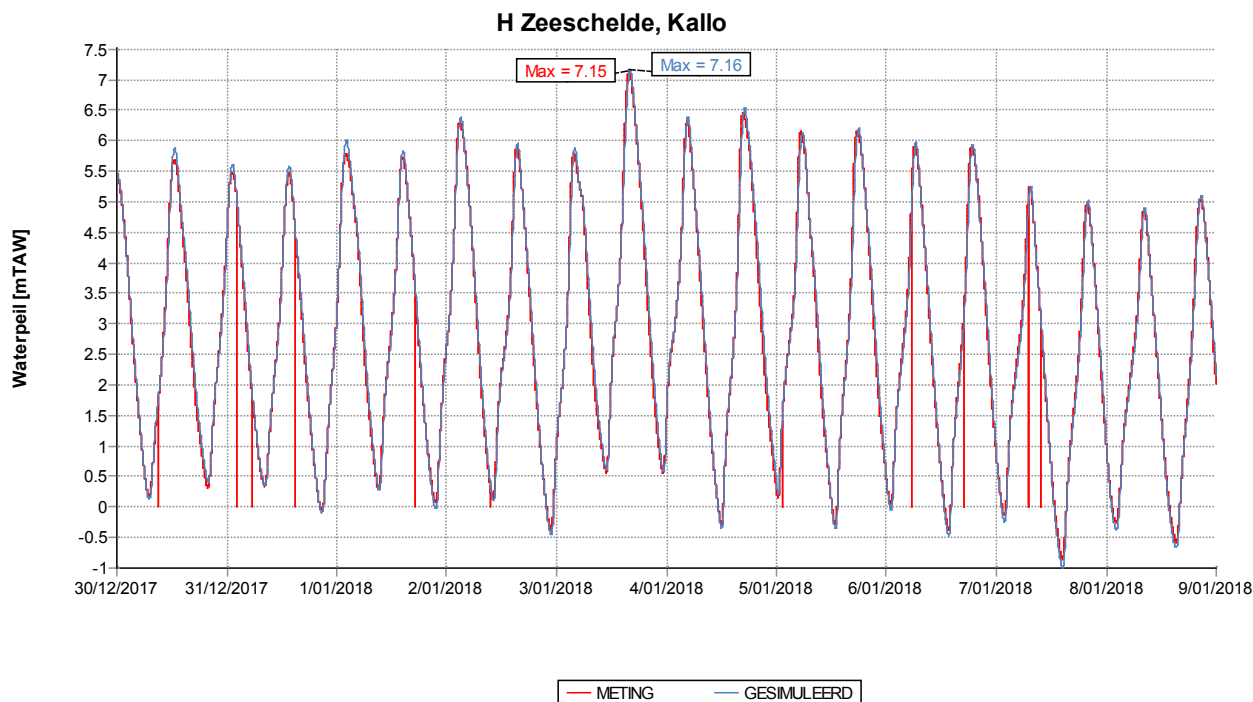
Figuur 88 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Prosperpolder - voorspellingsmodel



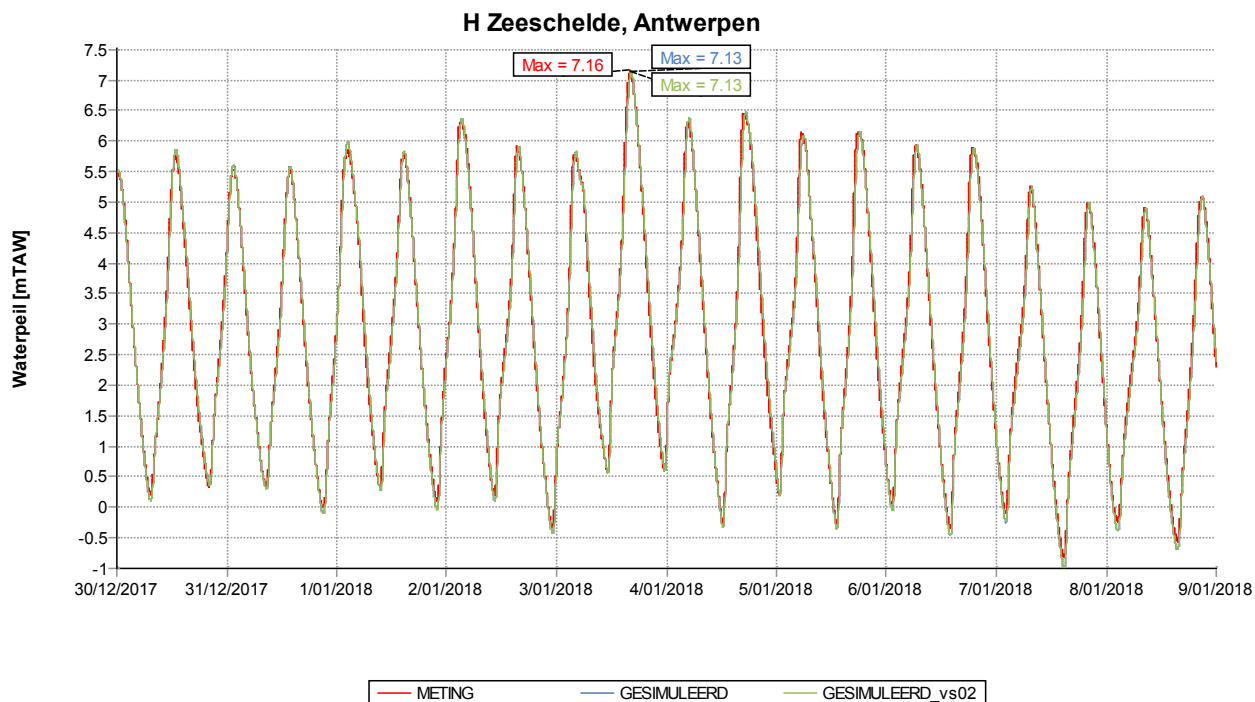
Figuur 89 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Liefkenshoek - voorspellingsmodel



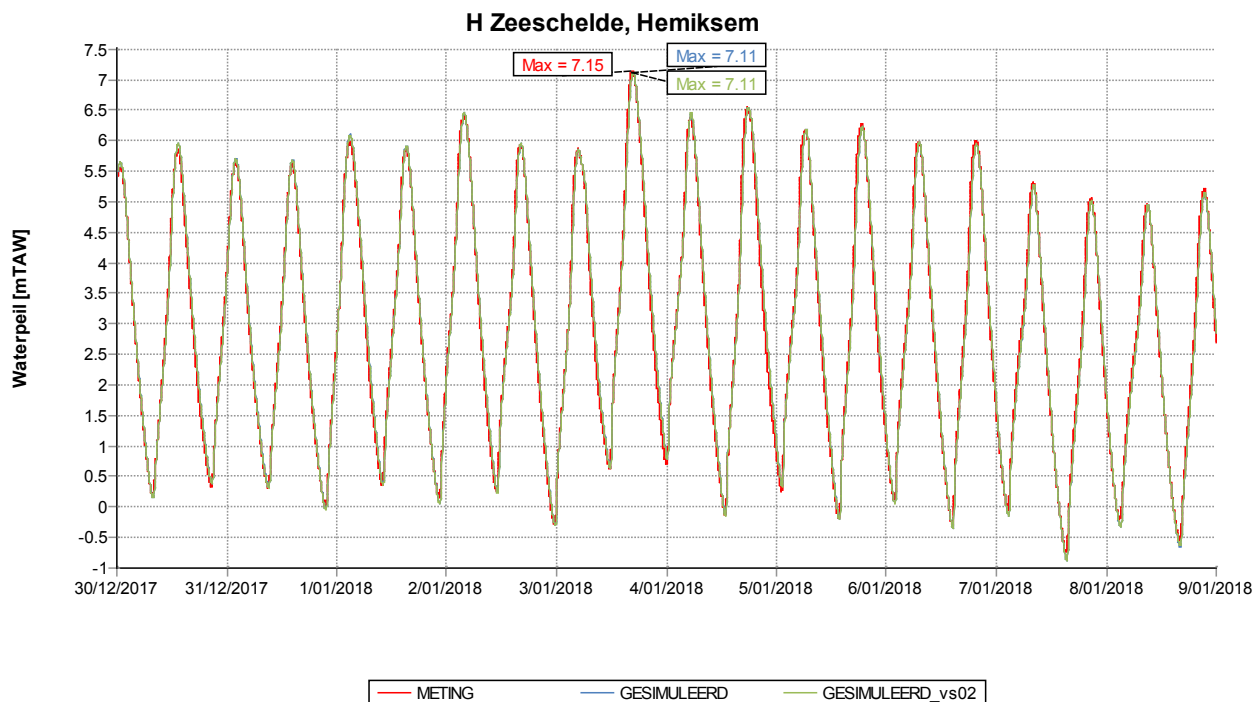
Figuur 90 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Kallo - voorspellingsmodel



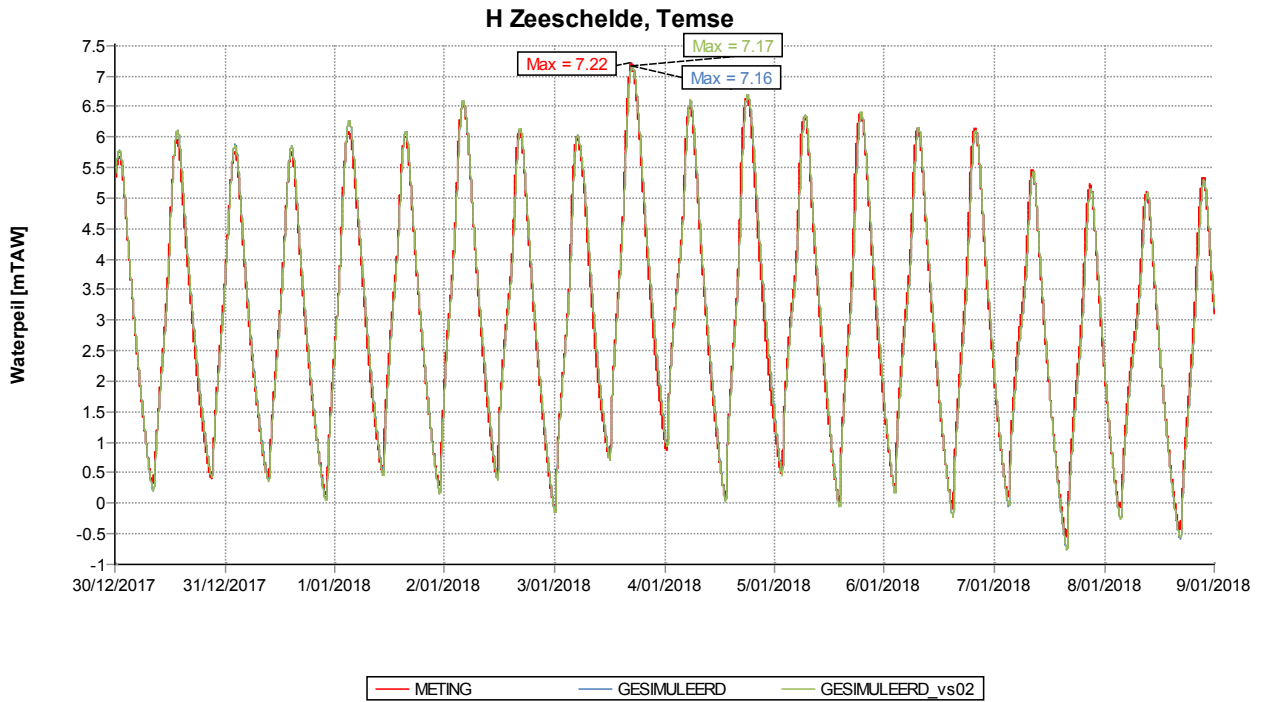
Figuur 91 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Antwerpen - voorspellingsmodel



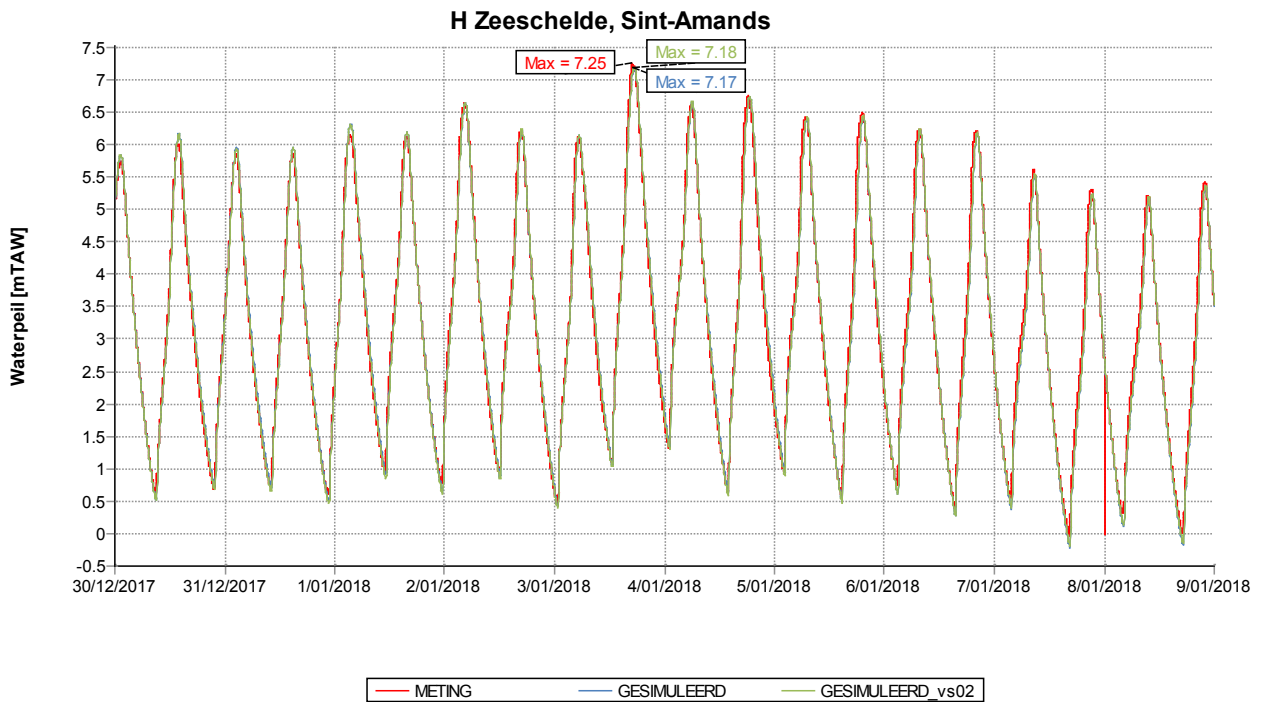
Figuur 92 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Hemiksem - voorspellingsmodel



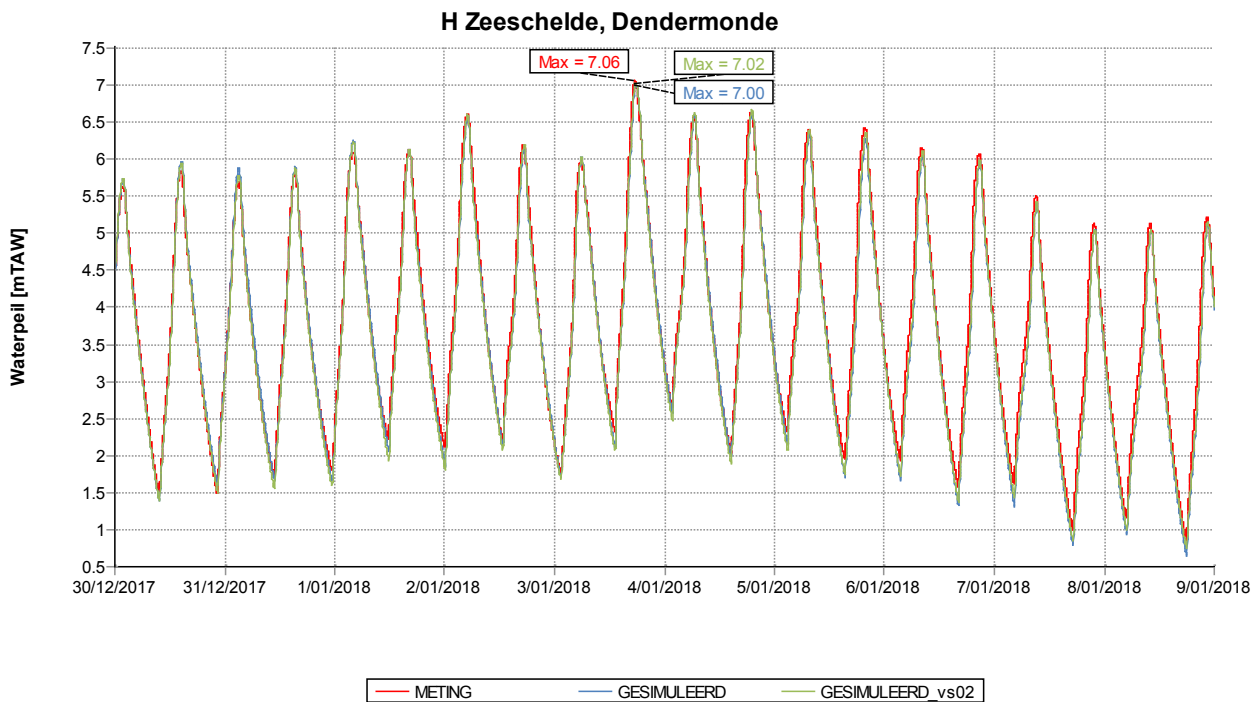
Figuur 93 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Temse - voorspellingsmodel



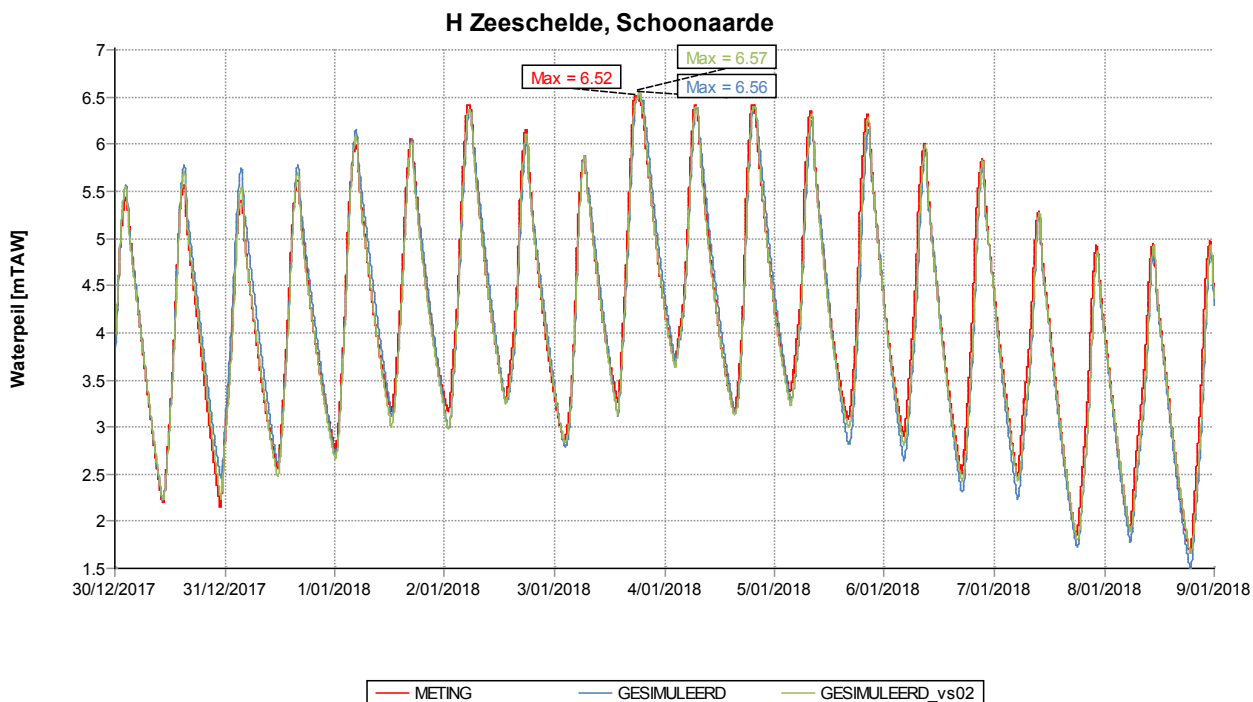
Figuur 94 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Sint-Amands - voorspellingsmodel



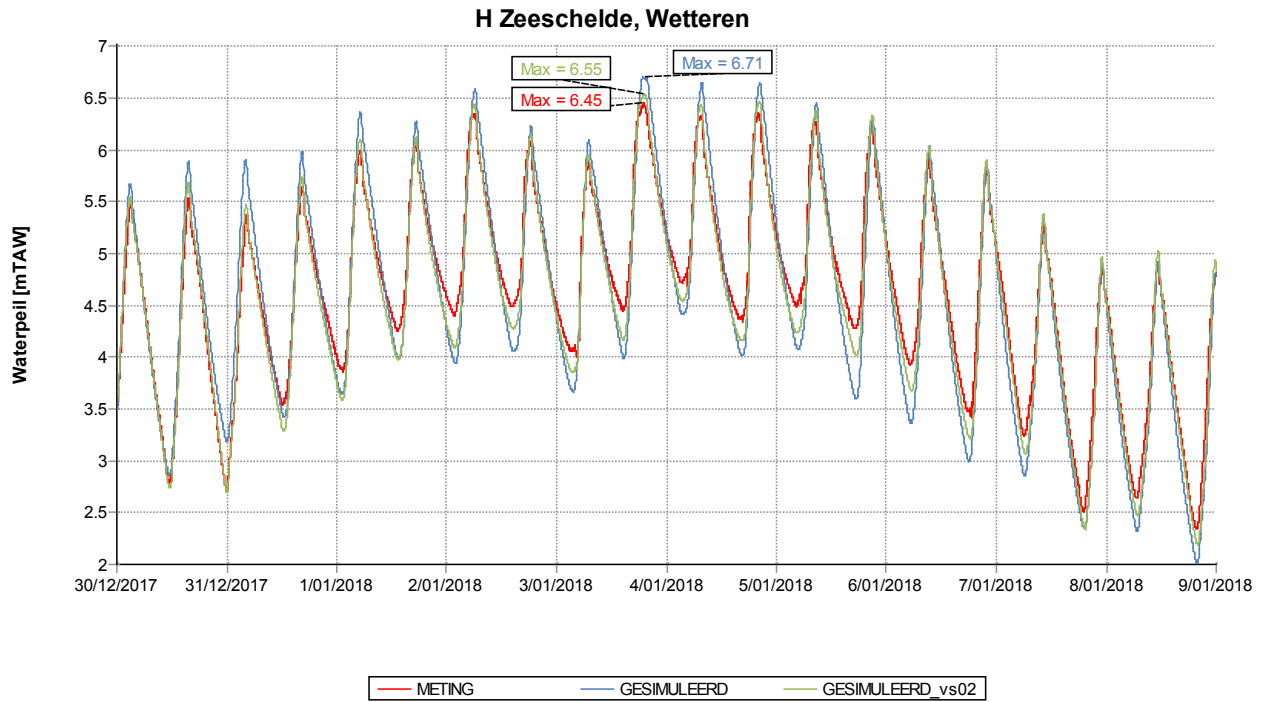
Figuur 95 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Dendermonde - voorspellingsmodel



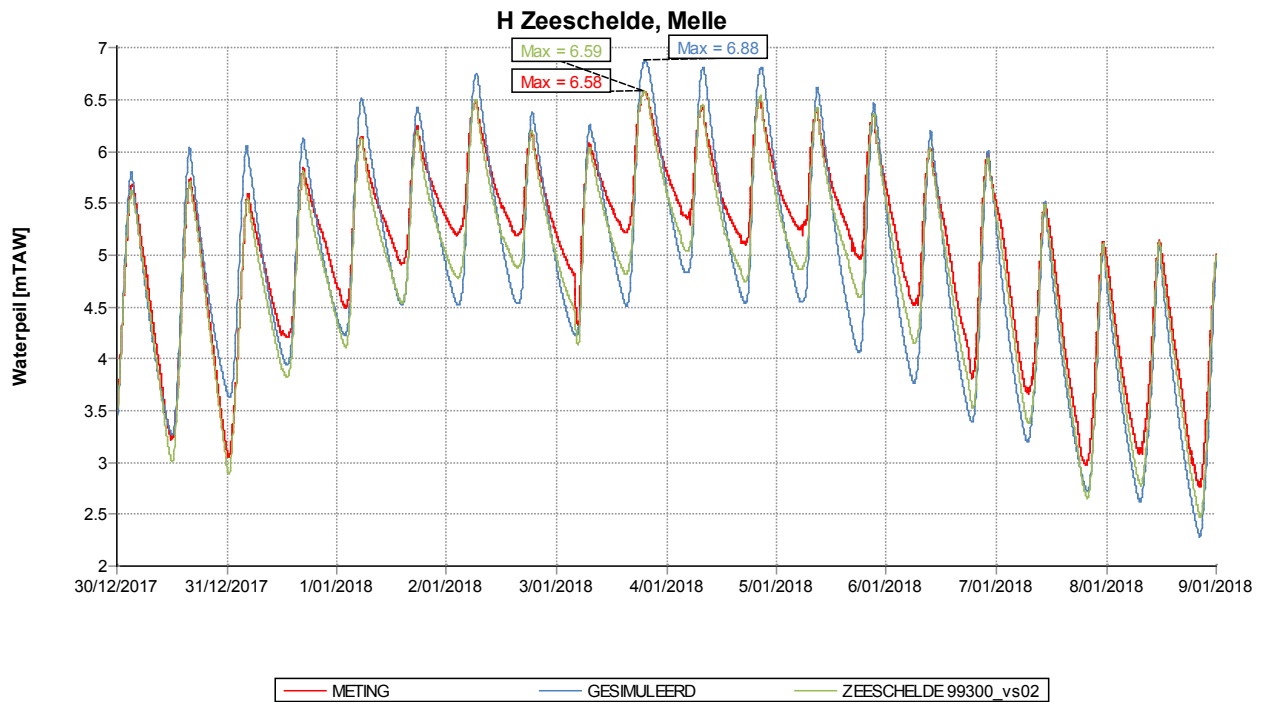
Figuur 96 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Schoonaarde - voorspellingsmodel



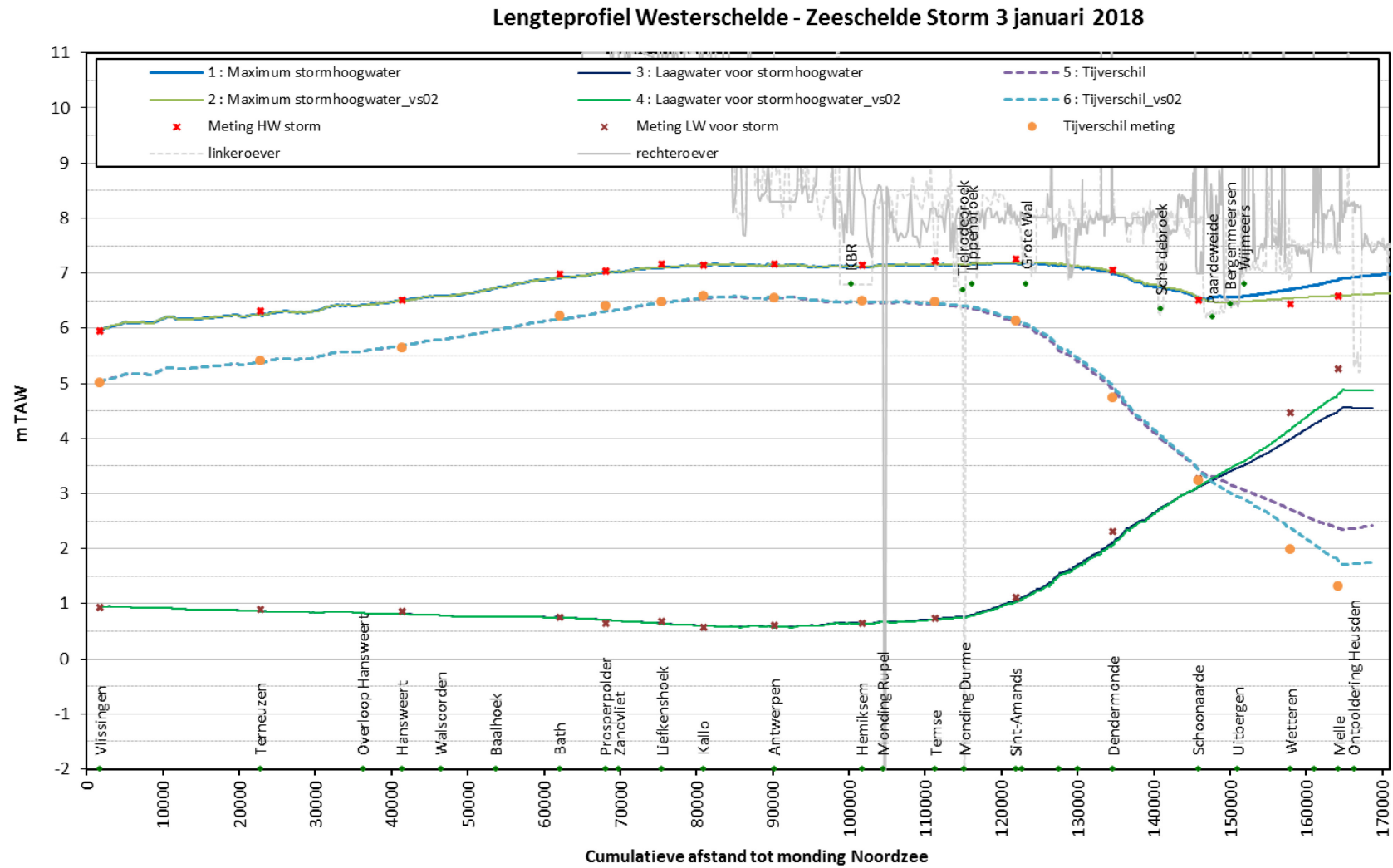
Figuur 97 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Wetteren - voorspellingsmodel



Figuur 98 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zeeschelde te Melle - voorspellingsmodel



Figuur 99 - Lengteprofiel Westerschelde en Zeeschelde met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018 – voorspellingsmodel



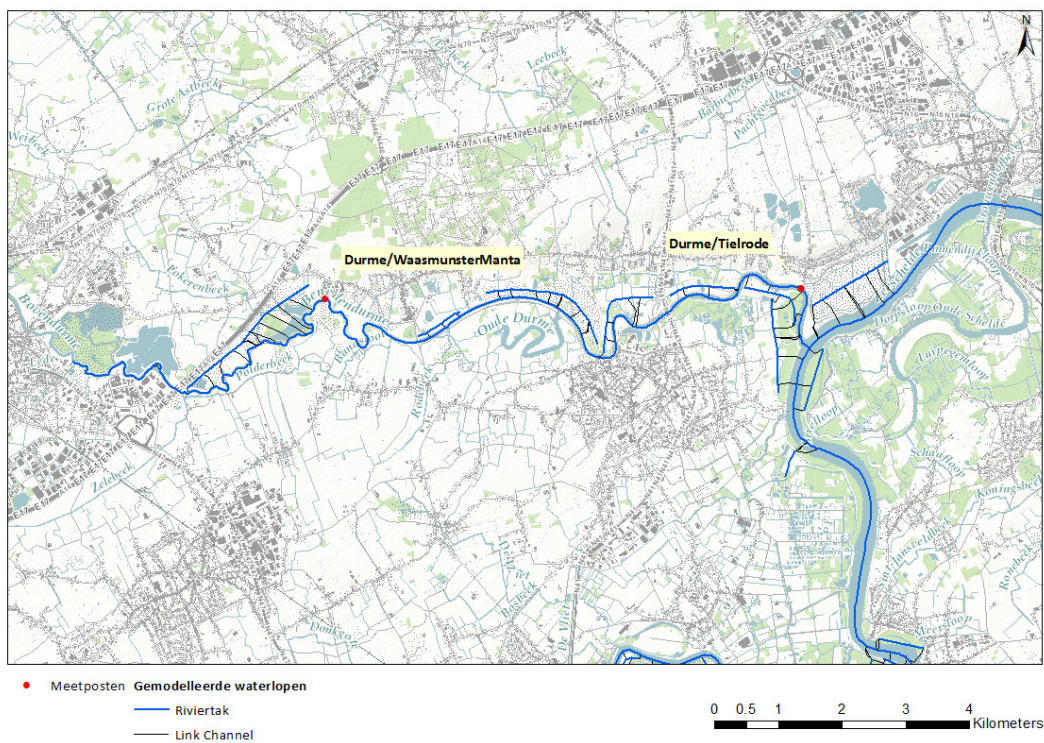
4.2.2 Waterpeilen Durme

Figuur 100 geeft een overzicht van de meetposten langs de Durme. Figuur 101 en Figuur 102 geven de waterpeilen op de Durme ter hoogte van deze meetposten. Figuur 103 geeft een lengteprofiel van de Durme met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

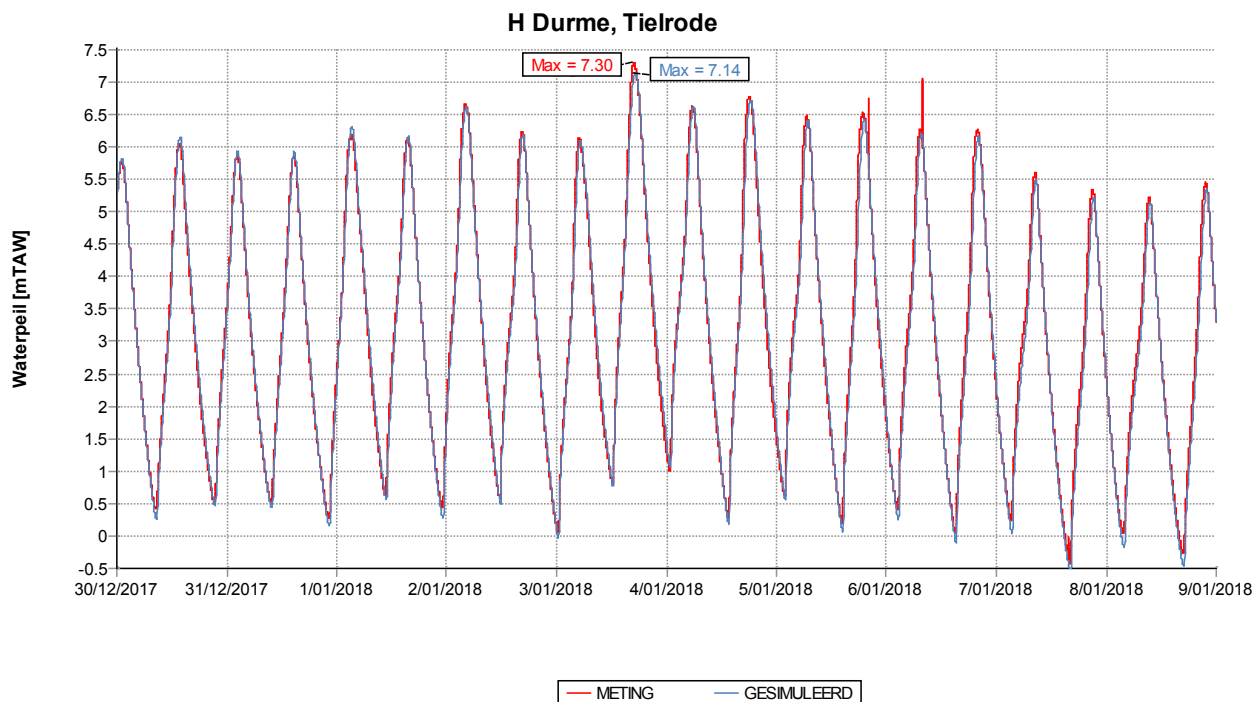
Ter hoogte van de meetposten langs de Durme wordt het stormhoogwater onderschat met 16 cm ter hoogte van Tielrode, en 26 cm ter hoogte van Waasmunster manta.

Ter hoogte van Waasmunster manta worden ook de gemeten laagwaters sterk onderschat door de gesimuleerde waarden. Dit kan er op wijzen dat de ruwheid van deze riviertak nog moet aangepast worden in het model. Deze ruwheid werd niet aangepast bij de implementatie van de nieuwe bathymetrie.

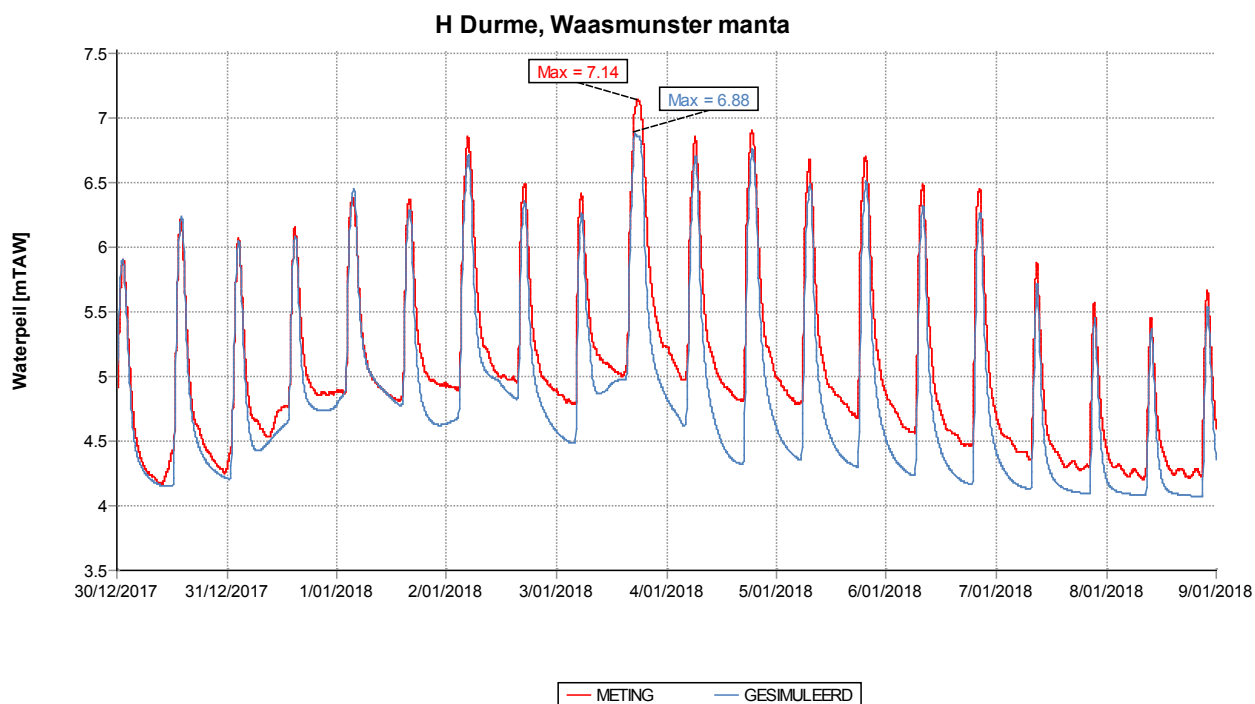
Figuur 100 - Situering meetposten Durme



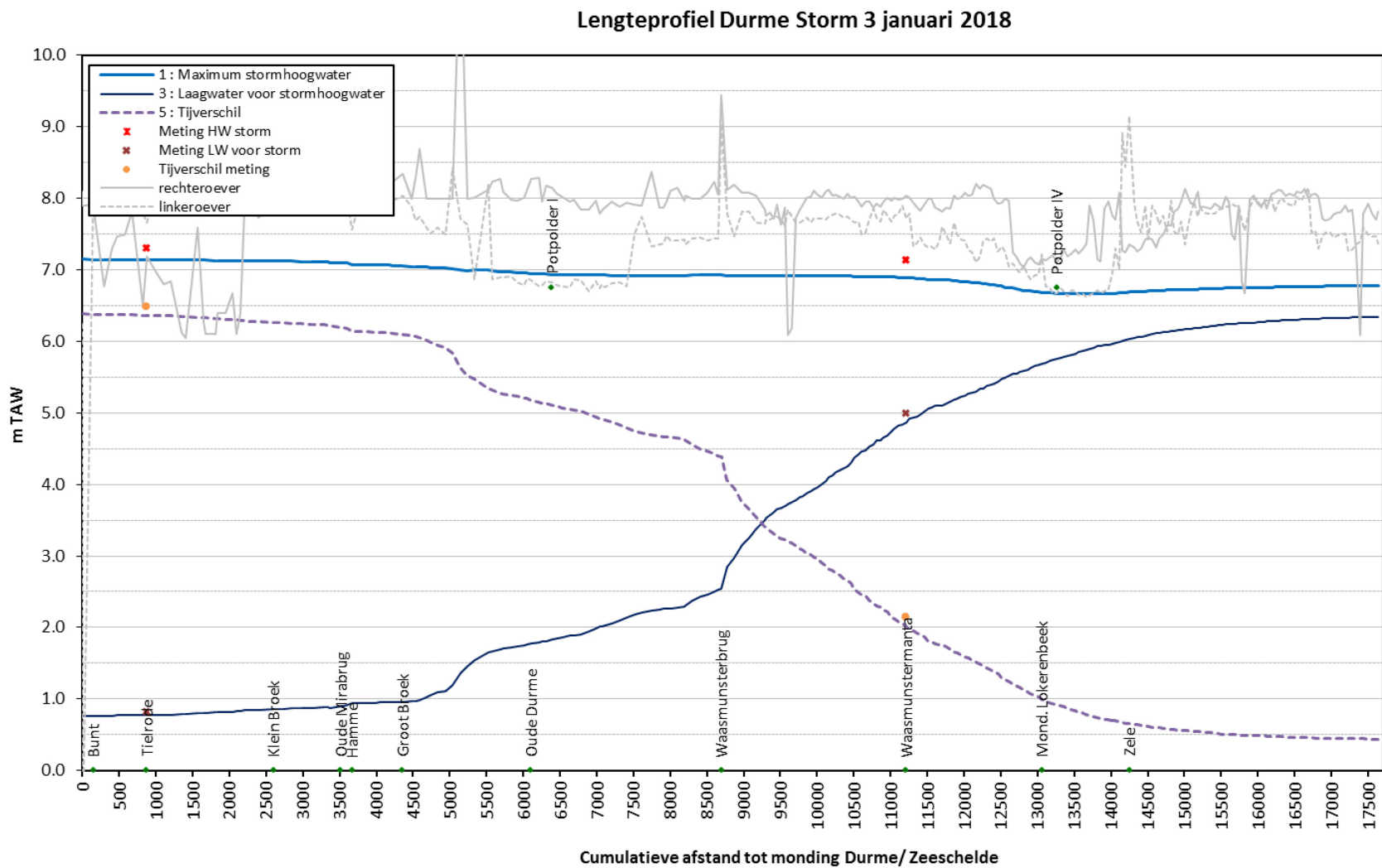
Figuur 101 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Tielrode - voorspellingsmodel



Figuur 102 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Durme te Waasmunster manta – voorspellingsmodel



Figuur 103 - Lengteprofiel Durme met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018 - voorspellingsmodel

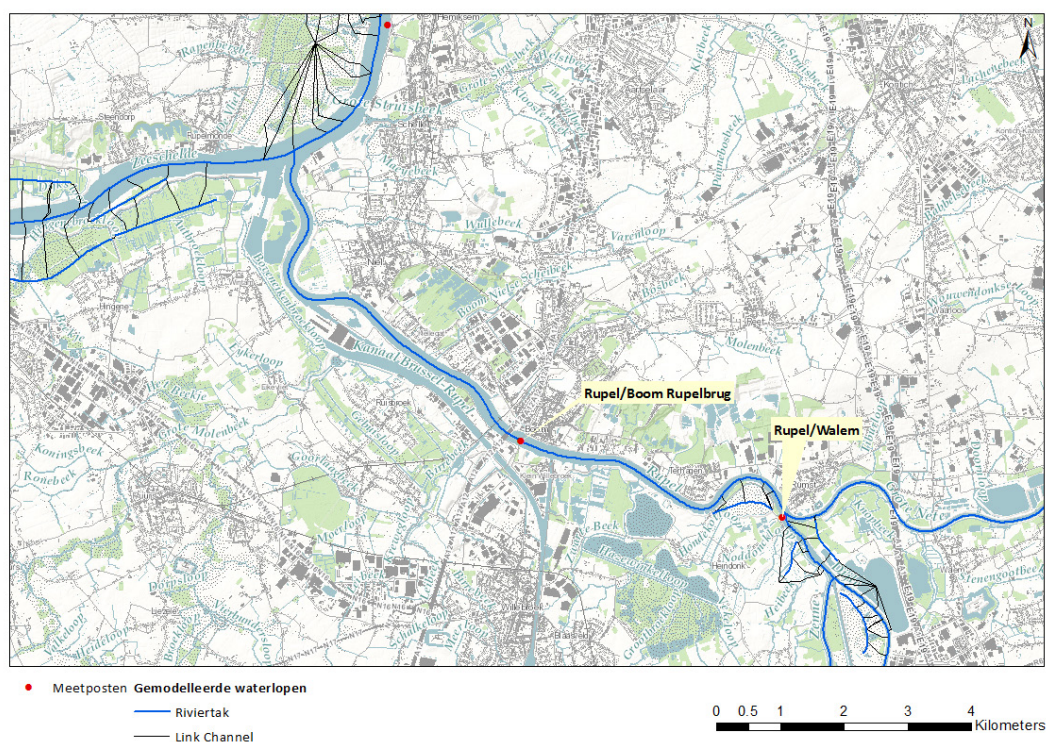


4.2.3 Waterpeilen Rupel

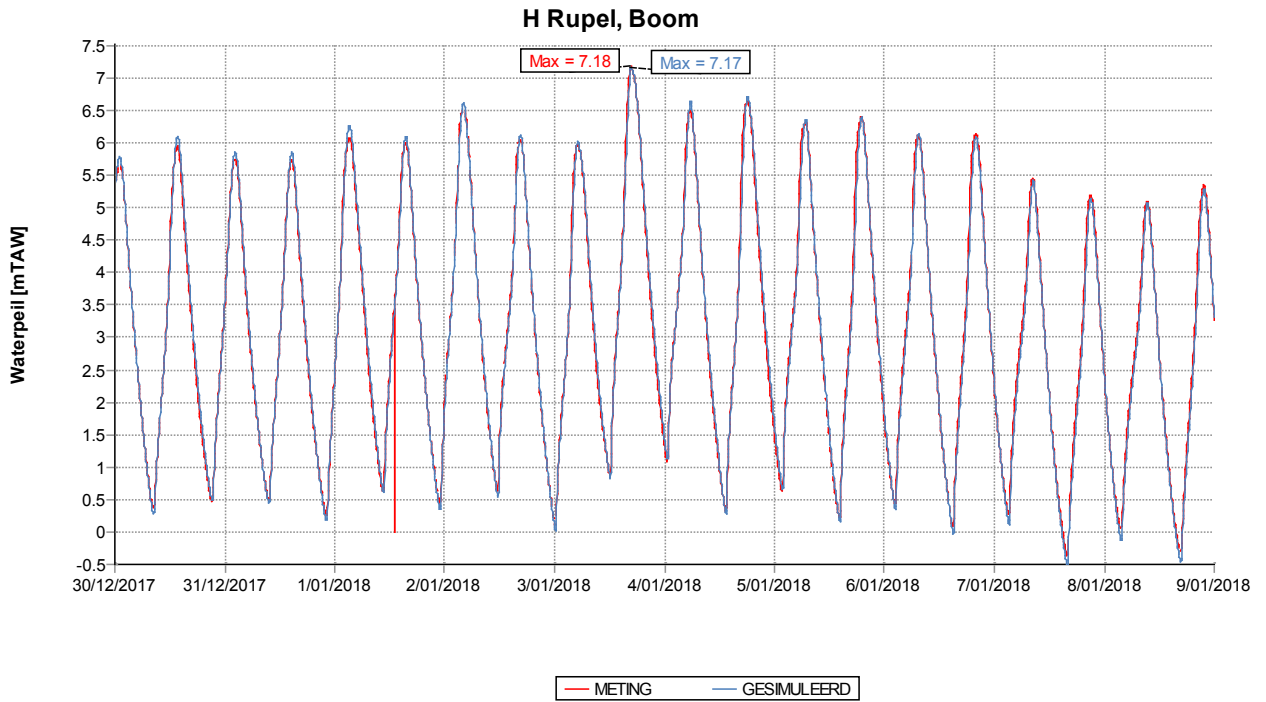
Figuur 104 geeft een overzicht van de meetposten langs de Rupel. Figuur 105 en Figuur 106 geven de waterpeilen op de Rupel ter hoogte van deze meetposten. Figuur 107 geeft een lengteprofiel van de Rupel en de Dijle met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Ter hoogte van de meetposten van Boom en Walem, langs de Rupel, wordt het stormhoogwater met respectievelijk 1 cm en 5 cm onderschat.

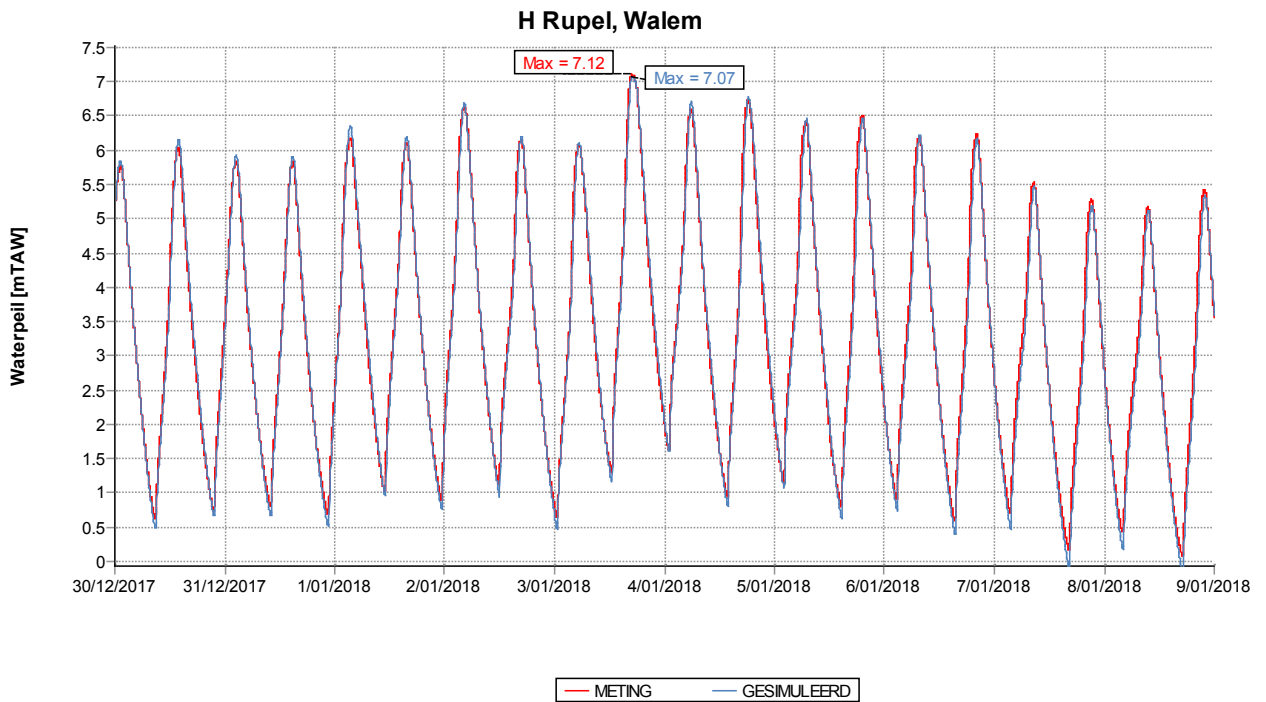
Figuur 104 - Situering meetposten Rupel



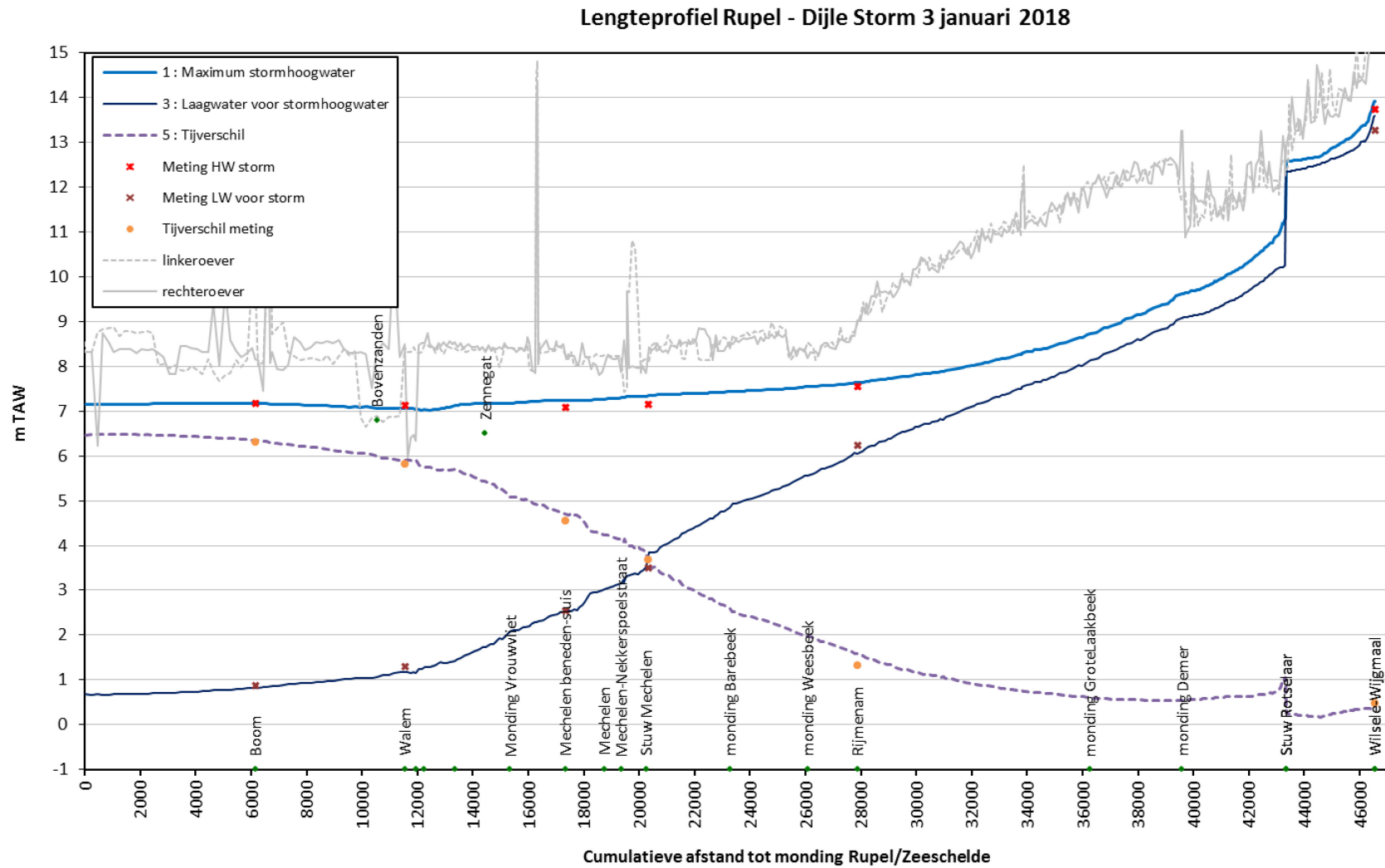
Figuur 105 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Boom - voorspellingsmodel



Figuur 106 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Rupel te Walem - voorspellingsmodel



Figuur 107 - Lengteprofiel Rupel-Dijle met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018 - voorspellingsmodel



4.2.4 Waterpeilen Dijke en Demer

Figuur 34 geeft een overzicht van de meetposten langs de Demer en de Dijke. Figuur 109 tot en met Figuur 112 geven de waterpeilen op de Dijke ter hoogte van de meetposten. Figuur 113 geeft het waterpeil op de Demer ter hoogte van de meetpost te Aarschot. Figuur 107 geeft een lengteprofiel van de Rupel en de Dijke met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

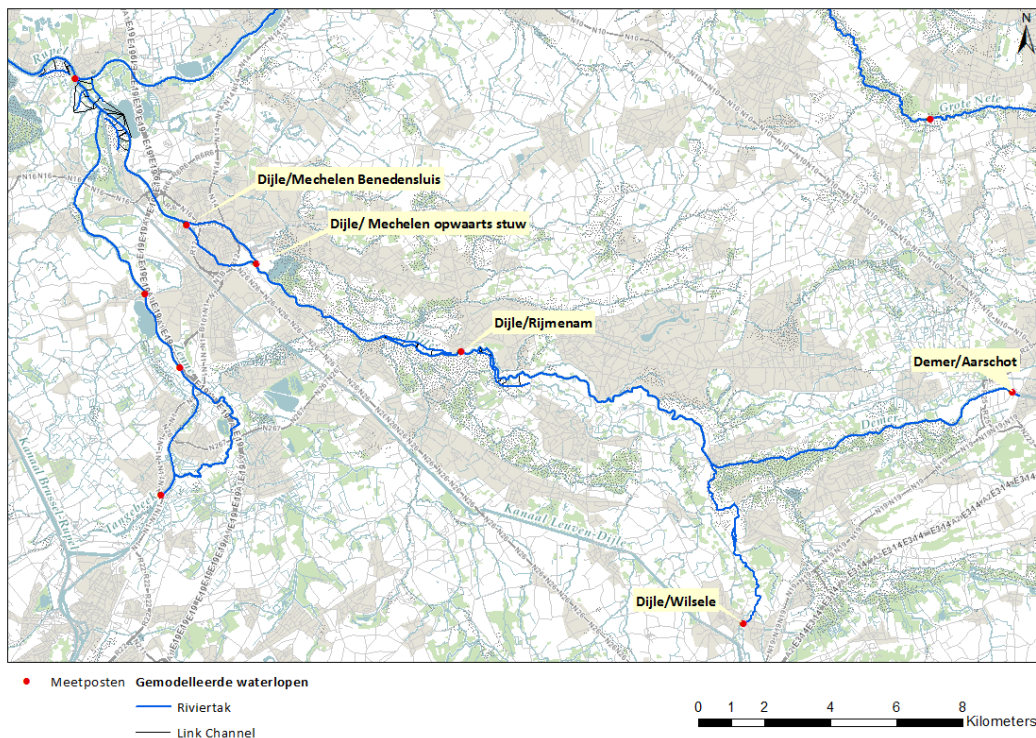
Ter hoogte van de meetpost Mechelen benedensluis, langs de Dijke, wordt het stormhoogwater met 15 cm onderschat in de simulatie.

Ter hoogte van de meetpost Mechelen opwaarts stuw wordt het stormhoogwater met 19 cm overschat door de gemodelleerde waarden. Het stormhoogwater kent hier een tweede piek, waarschijnlijk ten gevolge van een volledige vulling van GOG Zennegat.

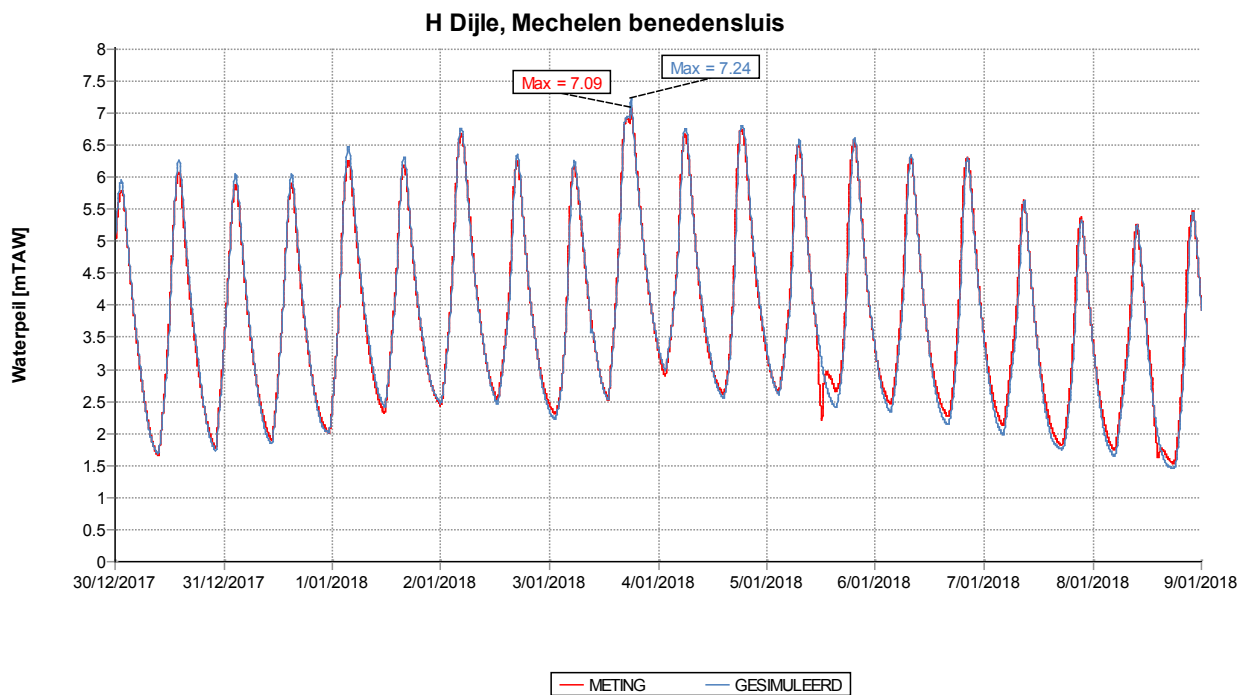
Ook ter hoogte van de meetpost te Rijmenam is deze tweede piek in het stormhoogwater nog te zien. De gemeten waarde wordt hier weerom overschat door de gemodelleerde waarde. De laagwaters worden echter onderschat.

Ter hoogte van de meetpost te Wilsele, aan de opwaartse rand van de Dijke, en ter hoogte van de meetpost te Aarschot, aan de opwaartse rand van de Demer, worden de gemeten waterpeilen overschat in de simulatie, met respectievelijk circa 15 cm en circa 30 cm.

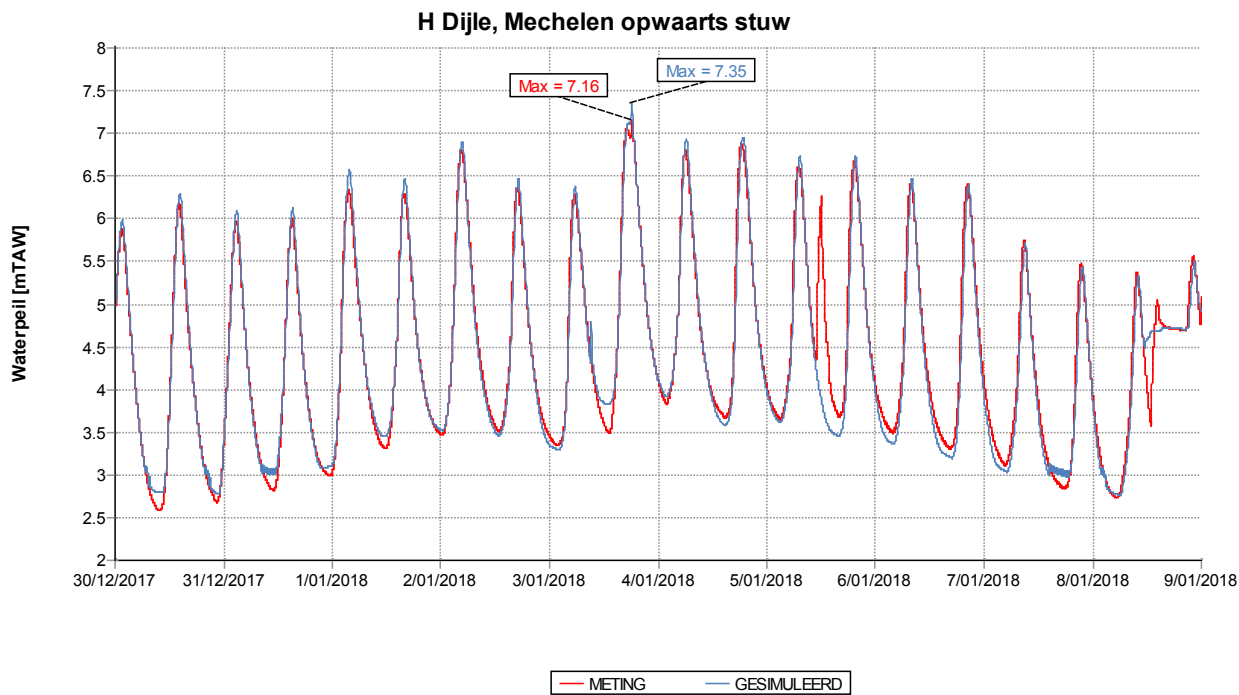
Figuur 108 - Situering meetposten Dijke en Demer



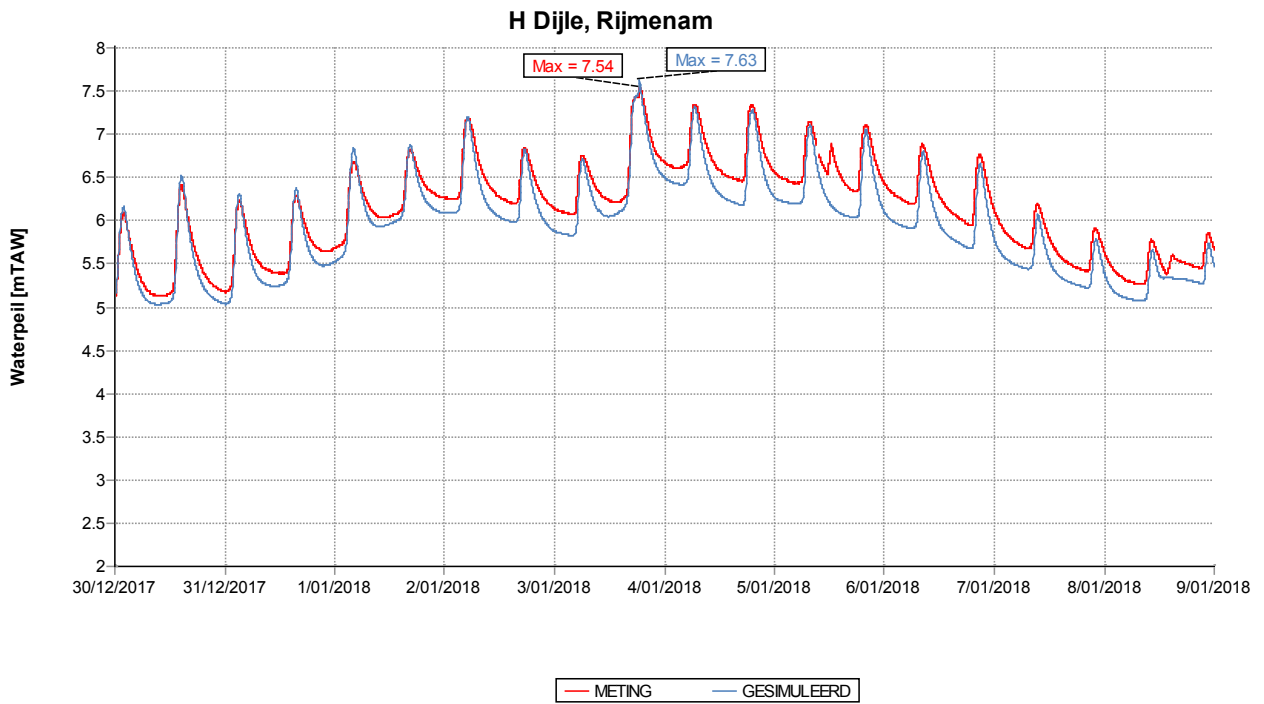
Figuur 109 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen benedensluis - voorspellingsmodel



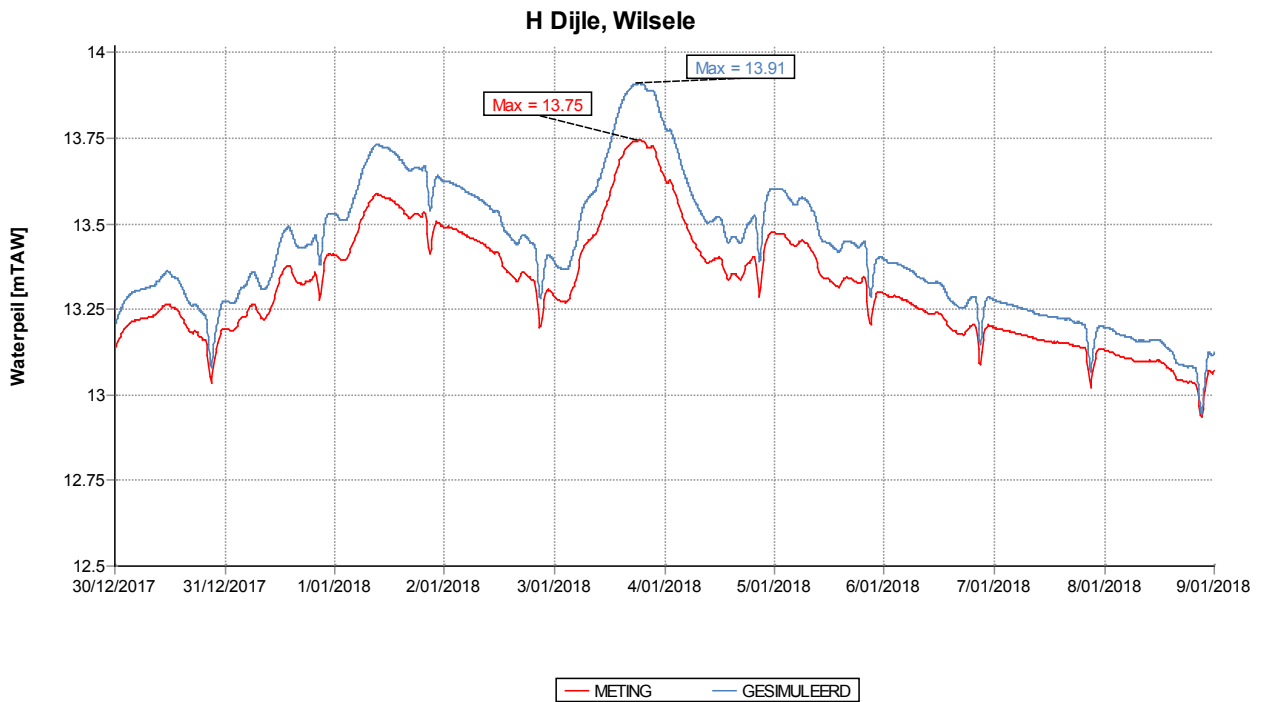
Figuur 110 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Mechelen opwaarts stuw - voorspellingsmodel



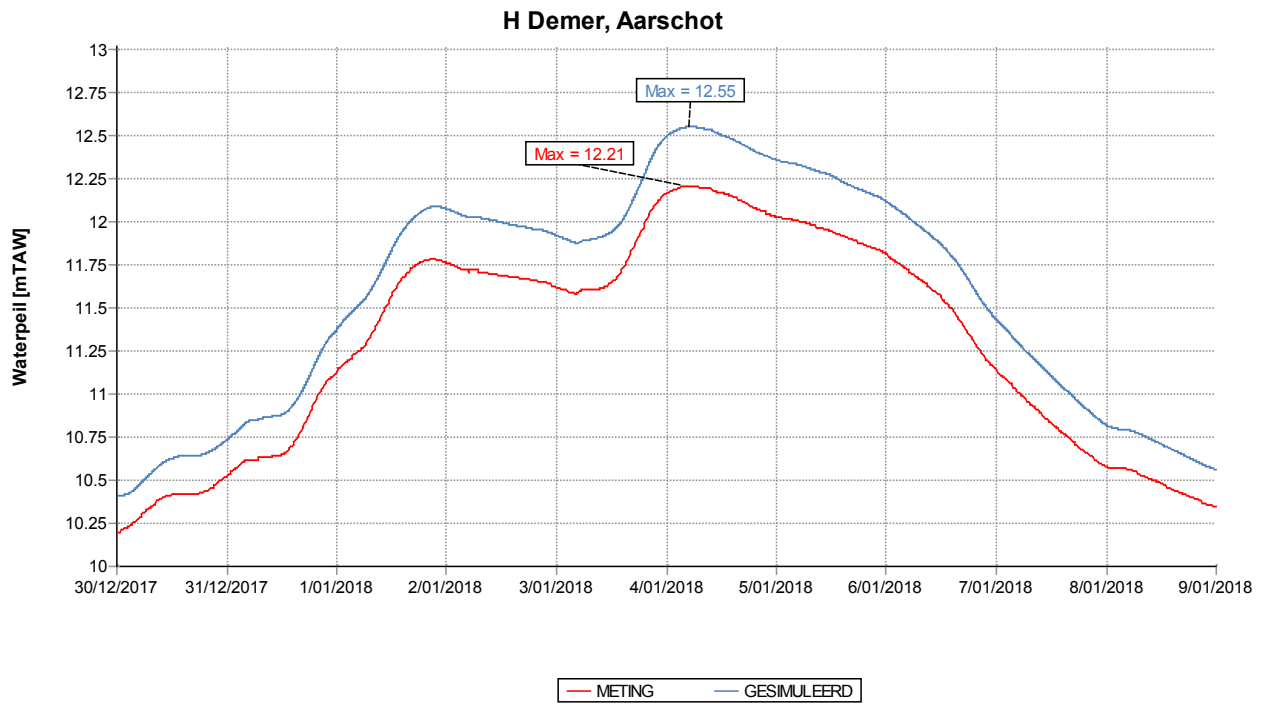
Figuur 111 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Rijmenam - voorspellingsmodel



Figuur 112 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Dijle te Wilsele - voorspellingsmodel



Figuur 113 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Demer te Aarschot - voorspellingsmodel

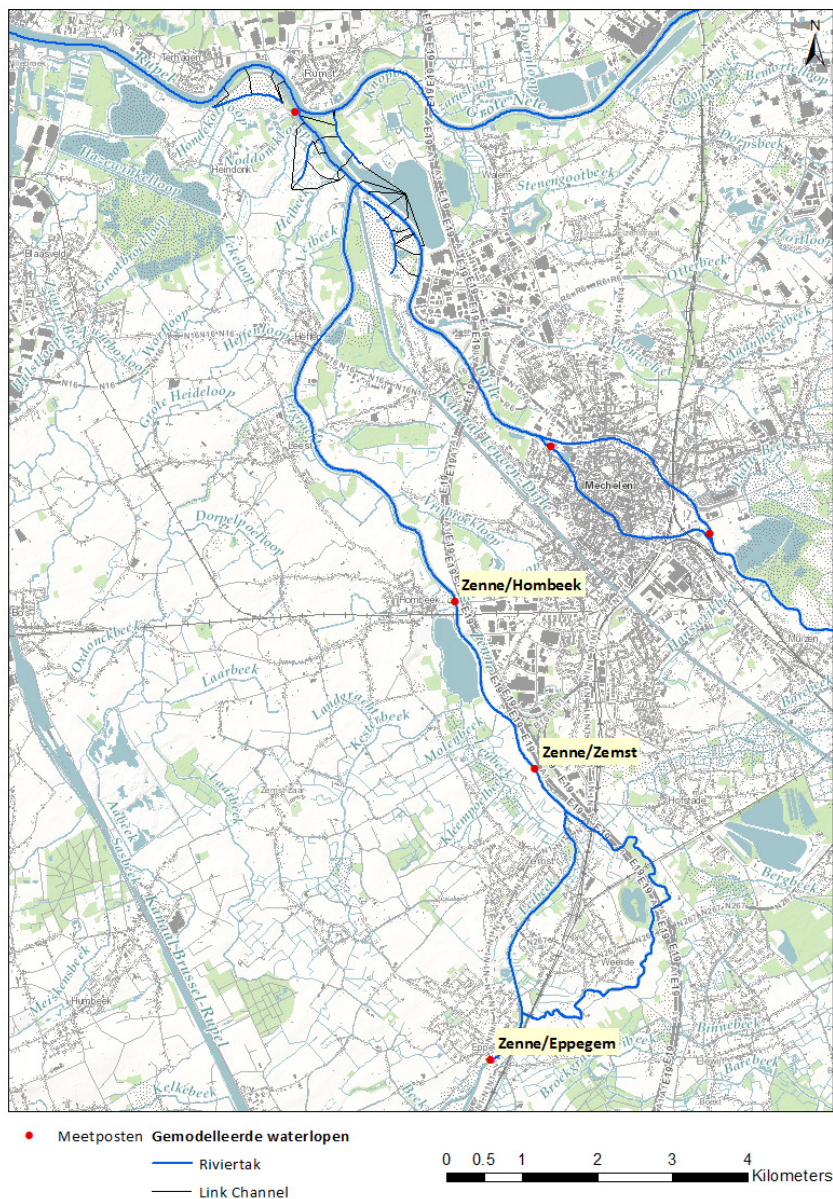


4.2.5 Waterpeilen Zenne

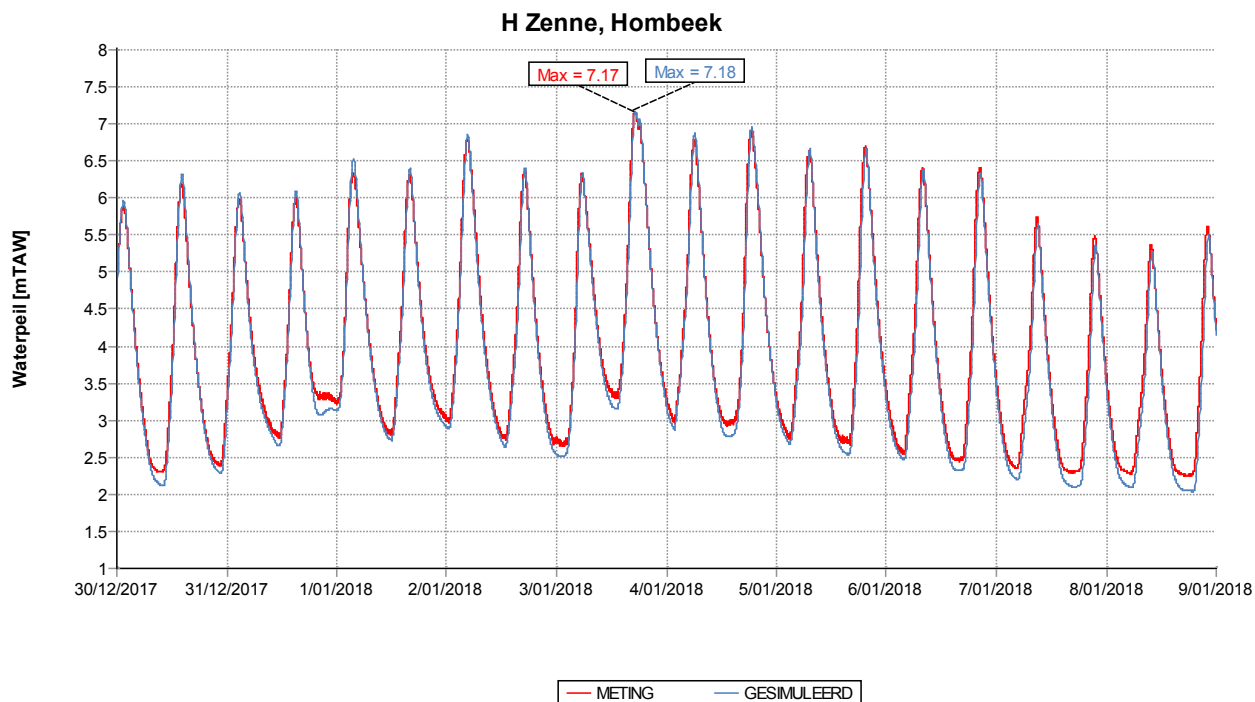
Figuur 40 geeft een overzicht van de meetposten langs de Zenne. Figuur 115 tot en met Figuur 117 geven de waterpeilen op de Zenne ter hoogte van de meetposten. Figuur 118 geeft een lengteprofiel van de Zenne met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Langs de Zenne wordt het stormhoogwater ter hoogte van de meetposten overschat te Hombeek en Zemst, met respectievelijk 1 cm en 3 cm. De laagwaters worden bij deze meetposten tevens onderschat in de simulatie. Ter hoogte van Epegem worden de waterpeilen over de volledige tijdreeks onderschat. Dit heeft vermoedelijk te maken met een verouderde bathymetrie in het model. Bij het stormhoogwater bedraagt het verschil slechts 4 cm.

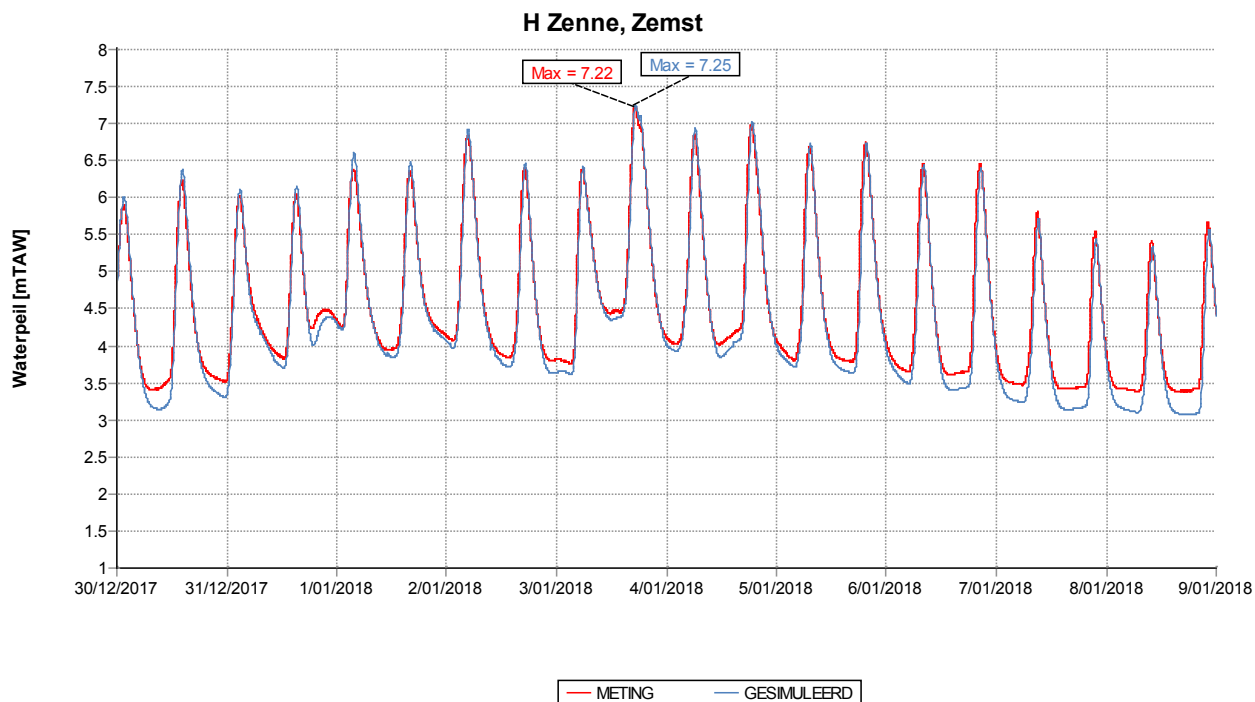
Figuur 114 – Situering meetposten Zenne



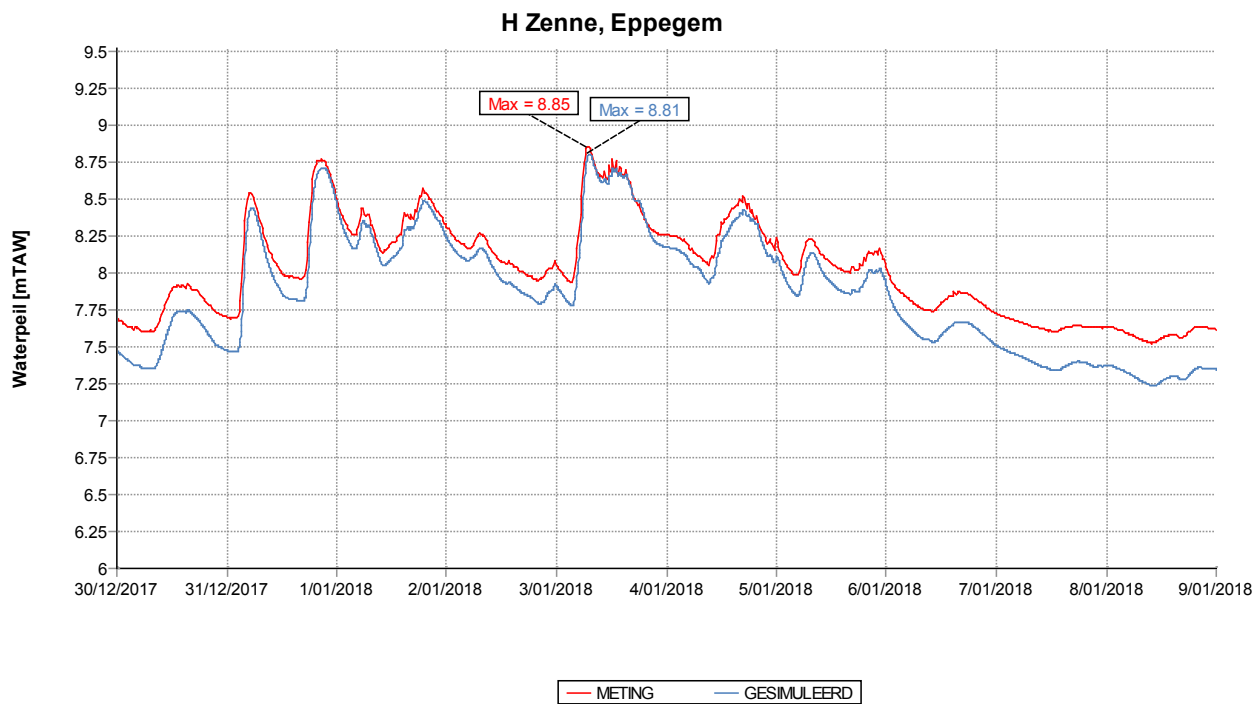
Figuur 115 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Hombeek - voorspellingsmodel



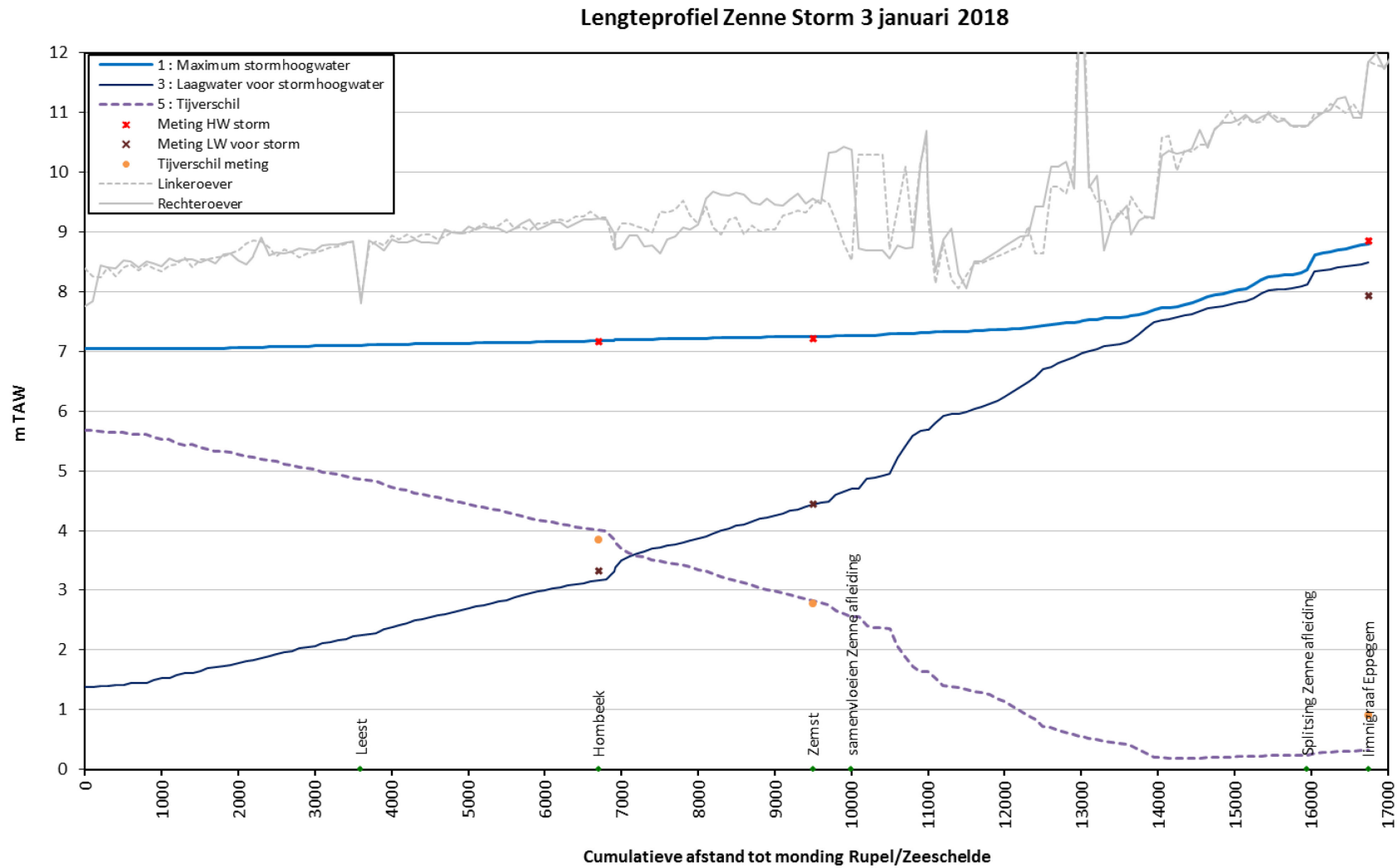
Figuur 116 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Zemst - voorspellingsmodel



Figuur 117 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Zenne te Epepegem - voorspellingsmodel



Figuur 118 - Lengteprofiel Zenne met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



4.2.6 Waterpeilen Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete

Figuur 119 geeft een overzicht van de meetposten langs de Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete.

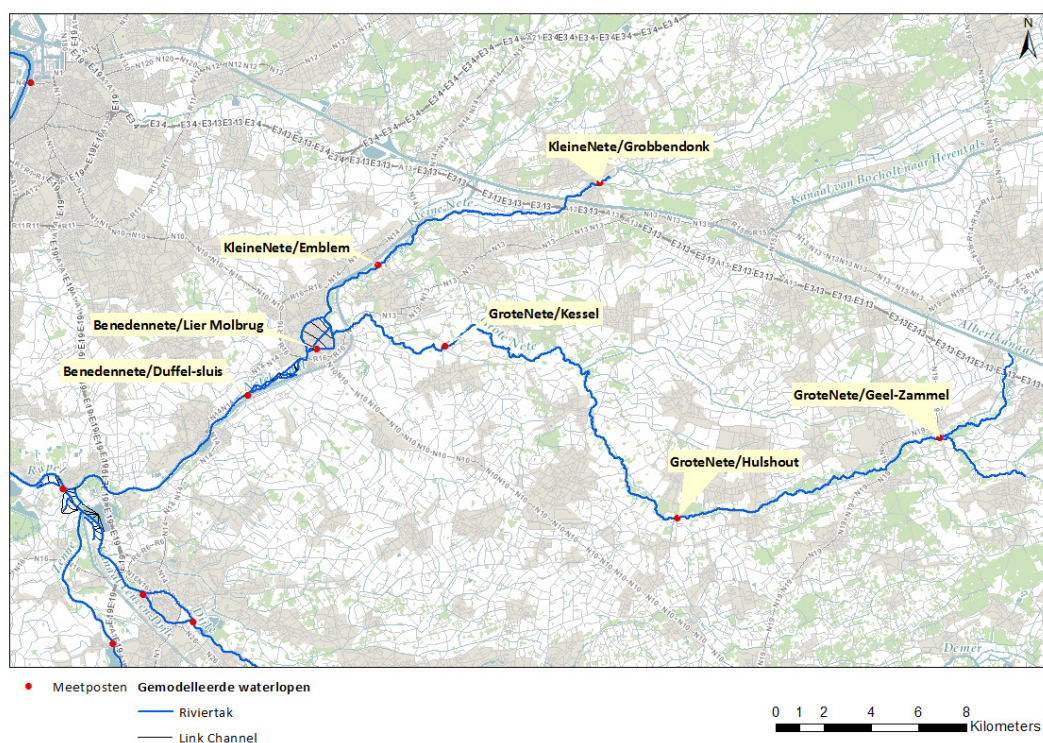
Figuur 120 en Figuur 121 geven de waterpeilen op de Benedennete ter hoogte van de meetposten. Figuur 122 en Figuur 123 geven de waterpeilen op de Kleine Nete ter hoogte van de meetposten. Figuur 124 tot en met Figuur 126 geven de waterpeilen op de Grote Nete ter hoogte van de meetposten. Figuur 127 en Figuur 128 geven een lengteprofiel van de Rupel, Benedennete en respectievelijk Kleine Nete, en Grote Nete met gesimuleerde en gemeten hoogwaters tijdens de storm, laagwaters voor de storm en het tijverschil.

Langs de Benedennete ter hoogte van Duffel en Lier Molbrug wordt het stormhoogwater met respectievelijk 4 cm en 3 cm overschat.

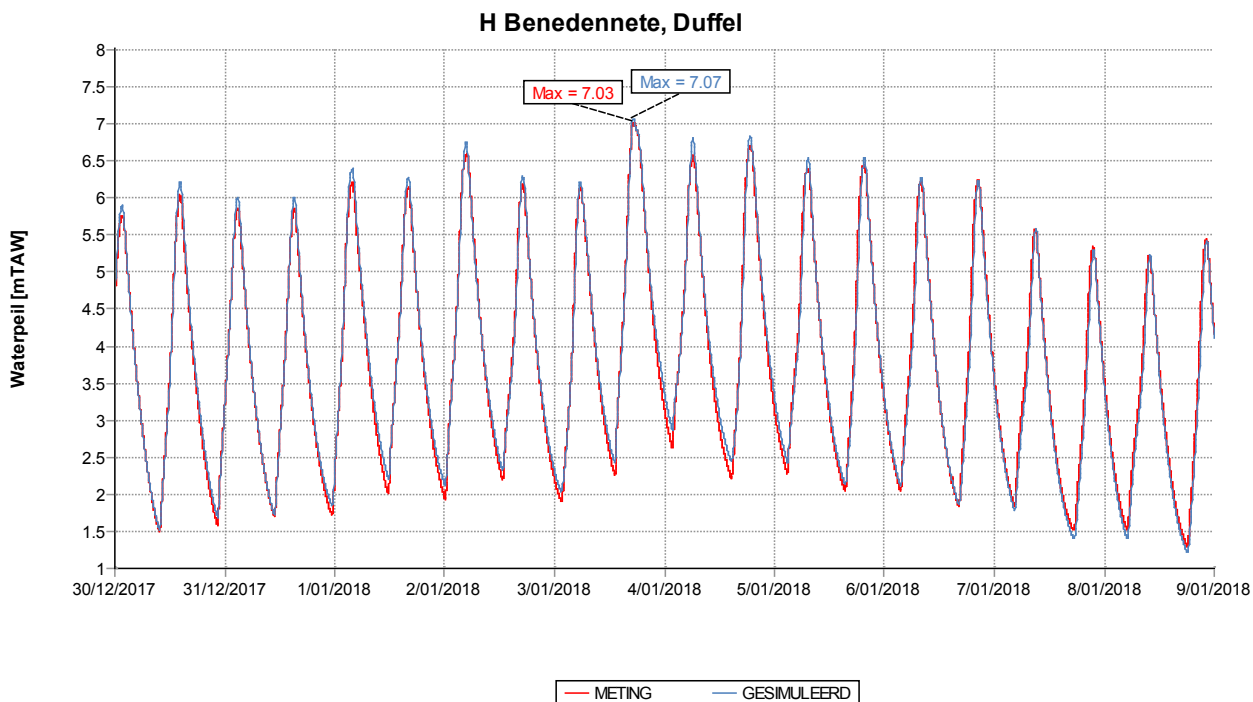
Het stormhoogwater op de Kleine Nete ter hoogte van Emblem wordt met 15 cm overschat. Ter hoogte van Grobbendonk wordt het waterpeil over de volledige simulatie met circa 10 tot 20 cm overschat in de simulatie. Bij het stormhoogwater bedraagt het verschil zelfs 22 cm.

Op de Grote Nete te Kessel wordt het stormhoogwater met 11 cm onderschat. Ter hoogte van Hulshout wordt het waterpeil overschat in de simulatie, bij het stormhoogwater bedraagt het verschil 22 cm. Ter hoogte van Geel-Zammel is het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen tijdens de stormperiode kleiner dan 10 cm, met een verschil van 6 cm bij het stormhoogwater.

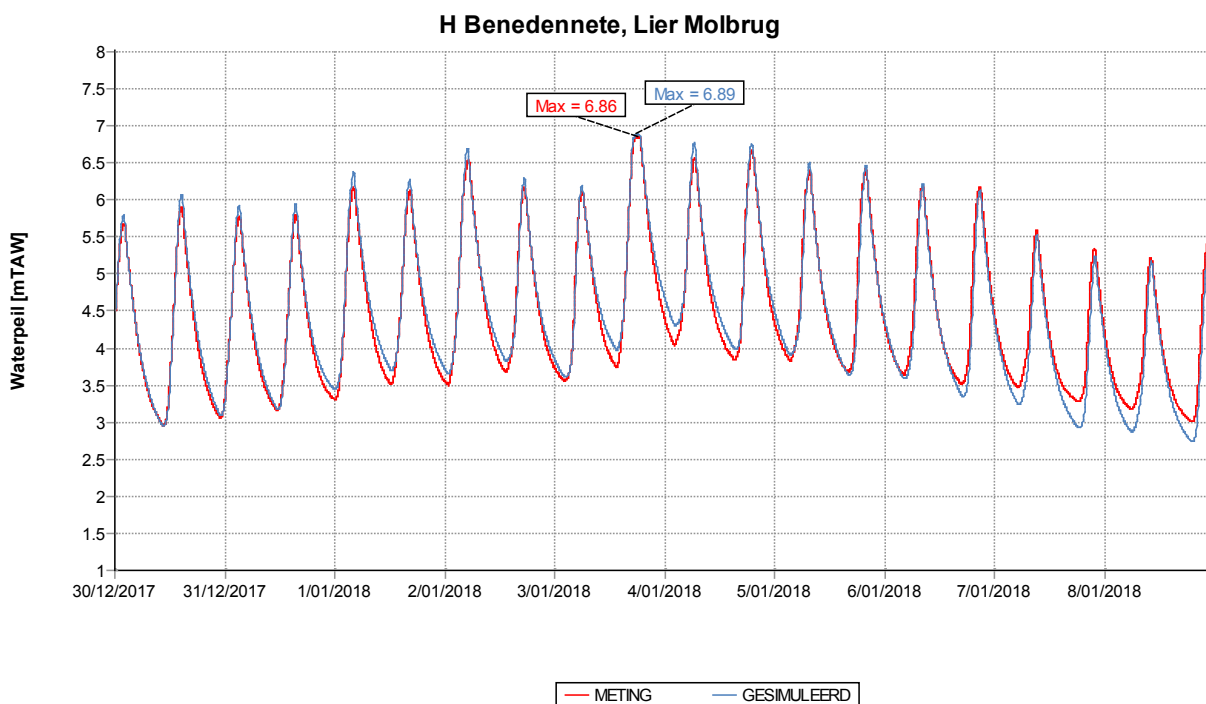
Figuur 119 - Situering meetposten Benedennete, Kleine Nete en Grote Nete



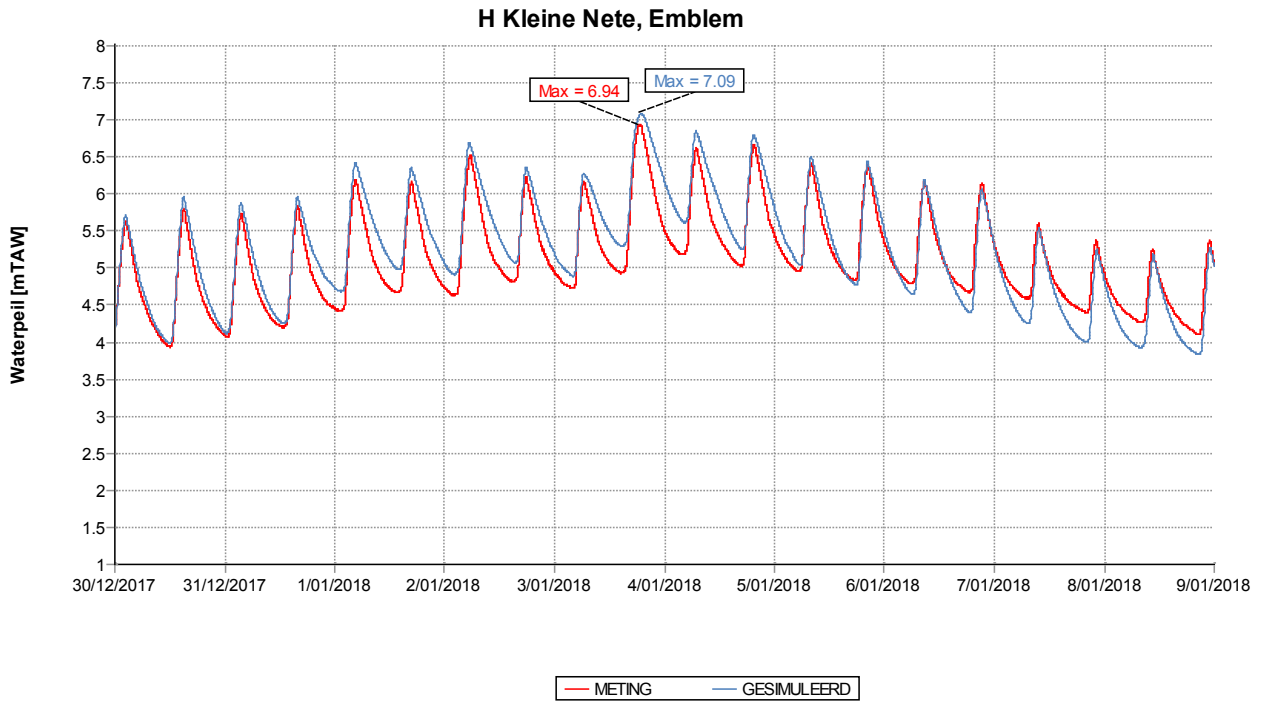
Figuur 120 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Duffel - voorspellingsmodel



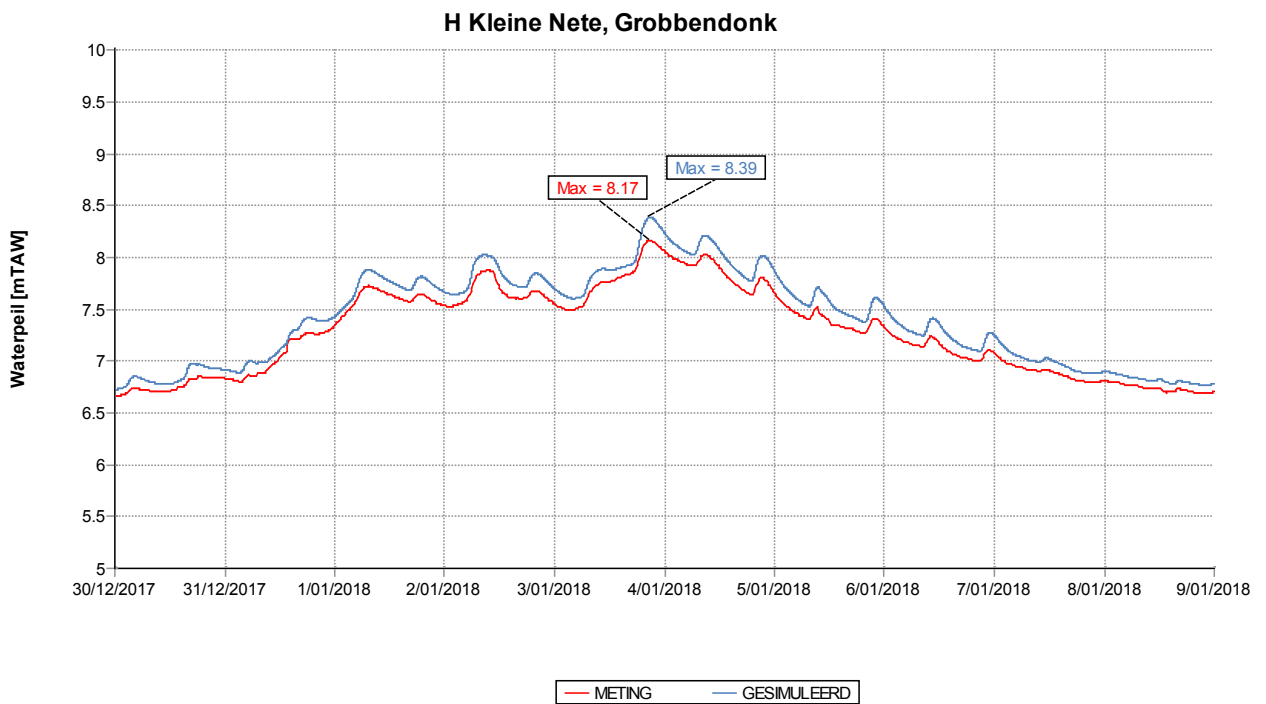
Figuur 121 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Benedennete te Lier Molbrug - voorspellingsmodel



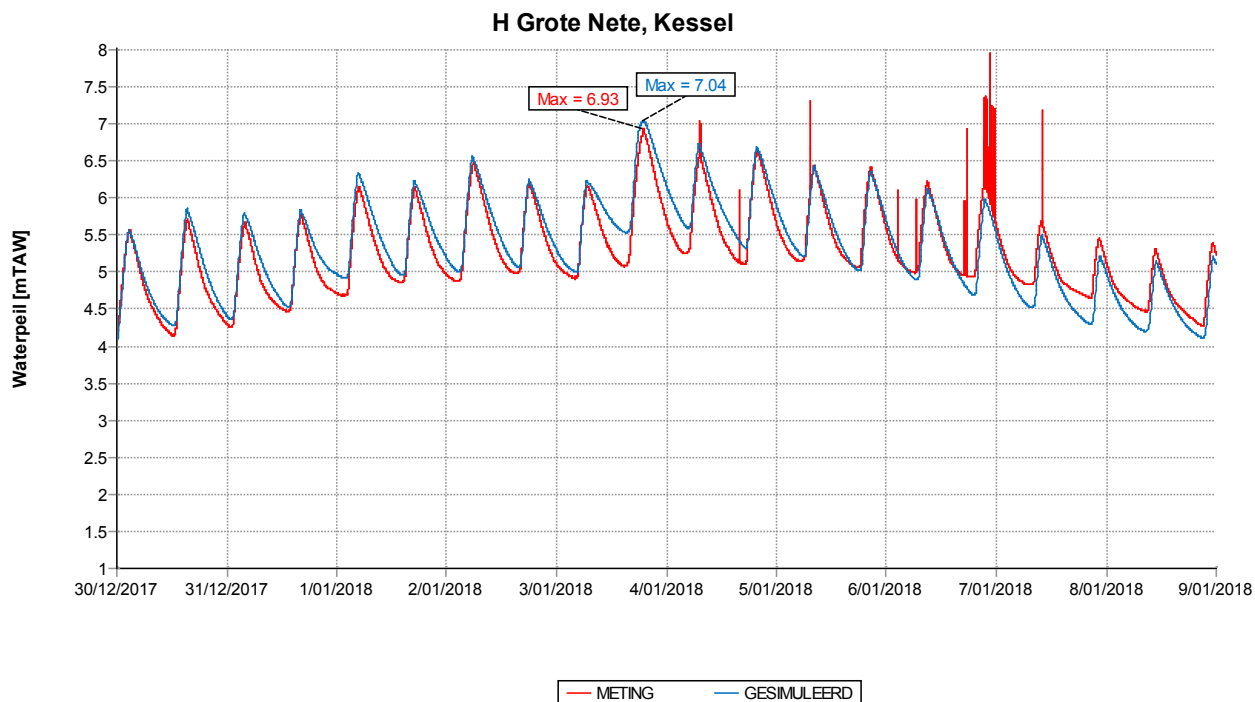
Figuur 122 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Emblem - voorspellingsmodel



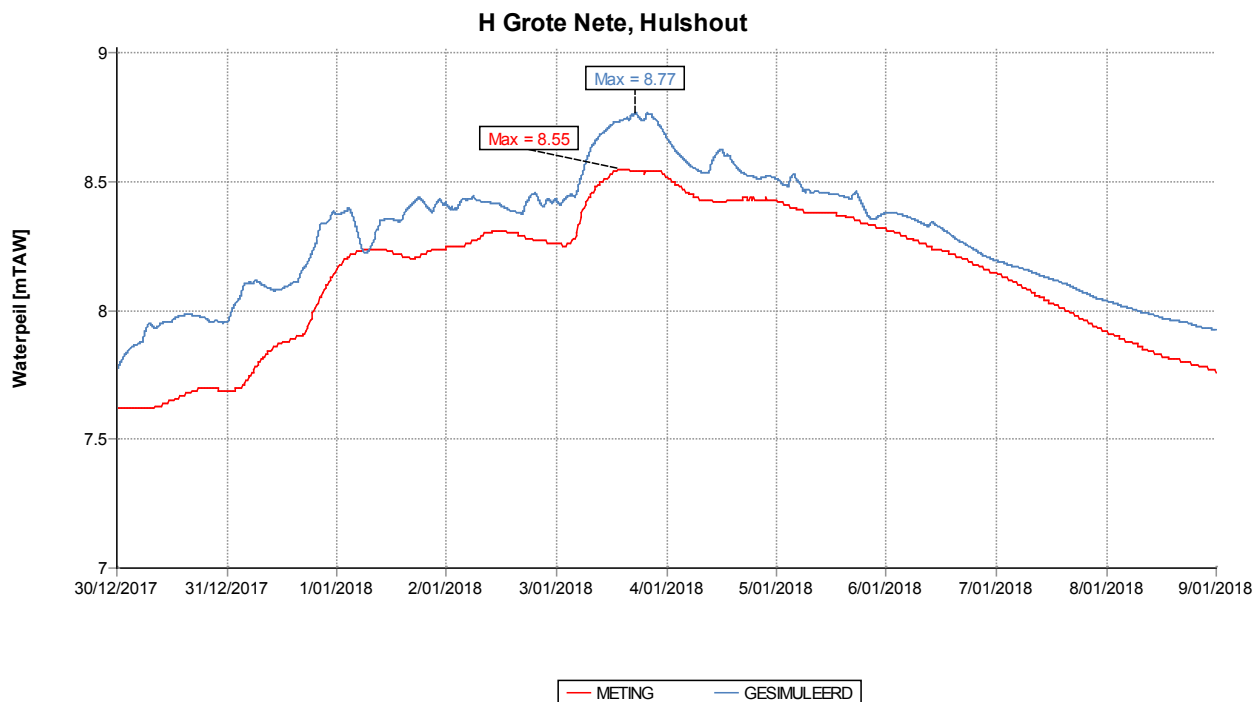
Figuur 123 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Kleine Nete te Grobbendonk - voorspellingsmodel



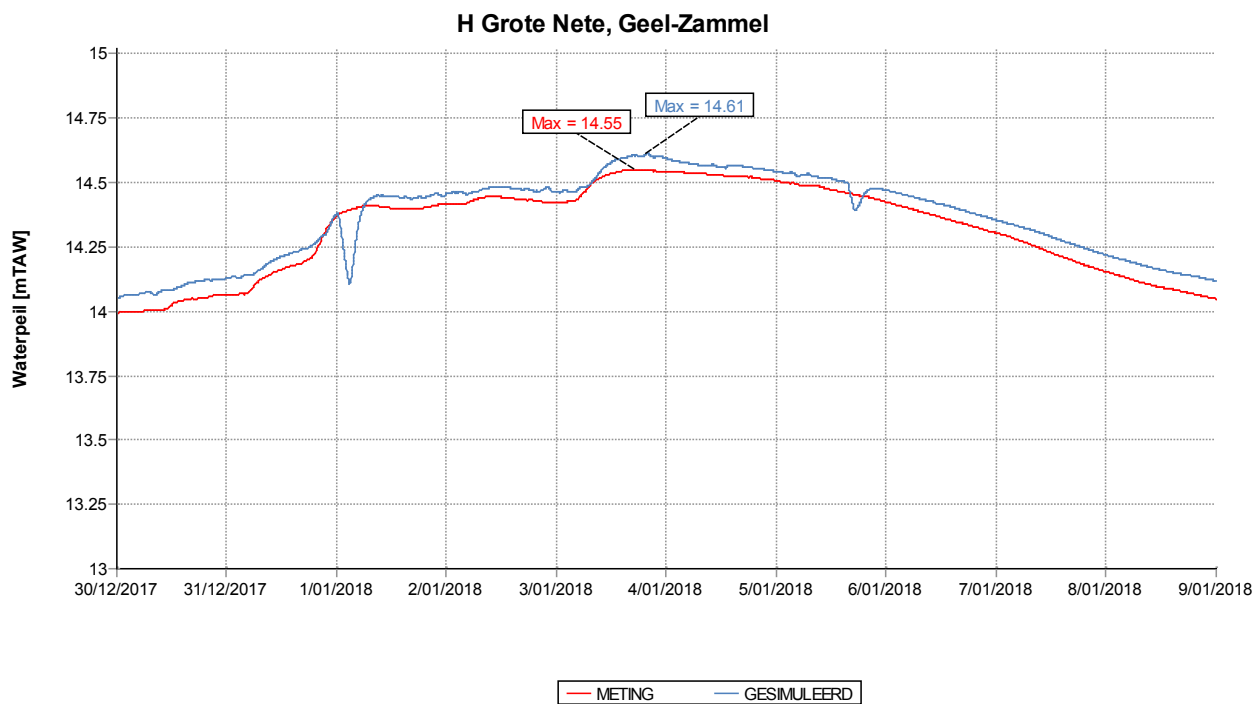
Figuur 124 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Kessel - voorspellingsmodel



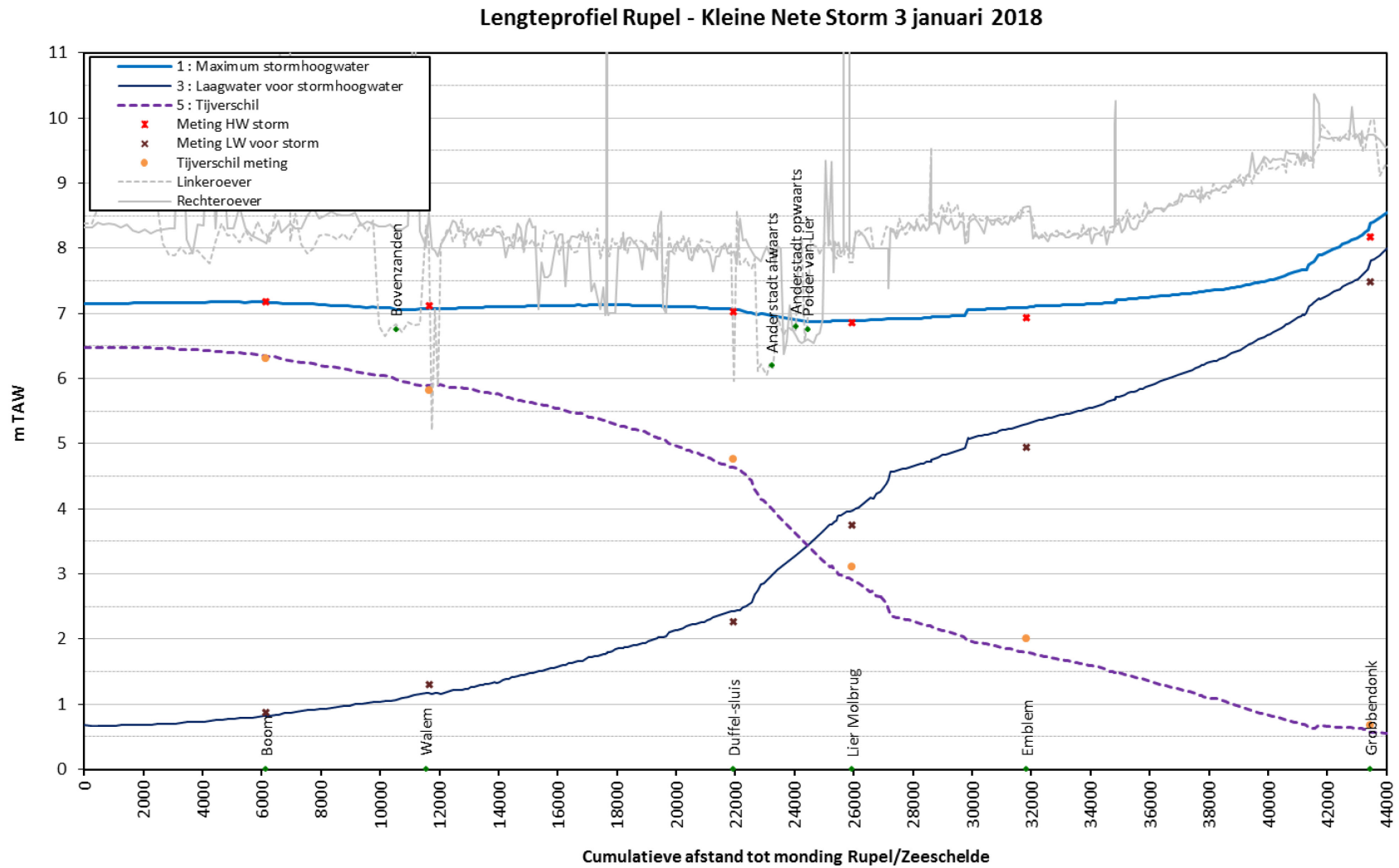
Figuur 125 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Hulshout - voorspellingsmodel



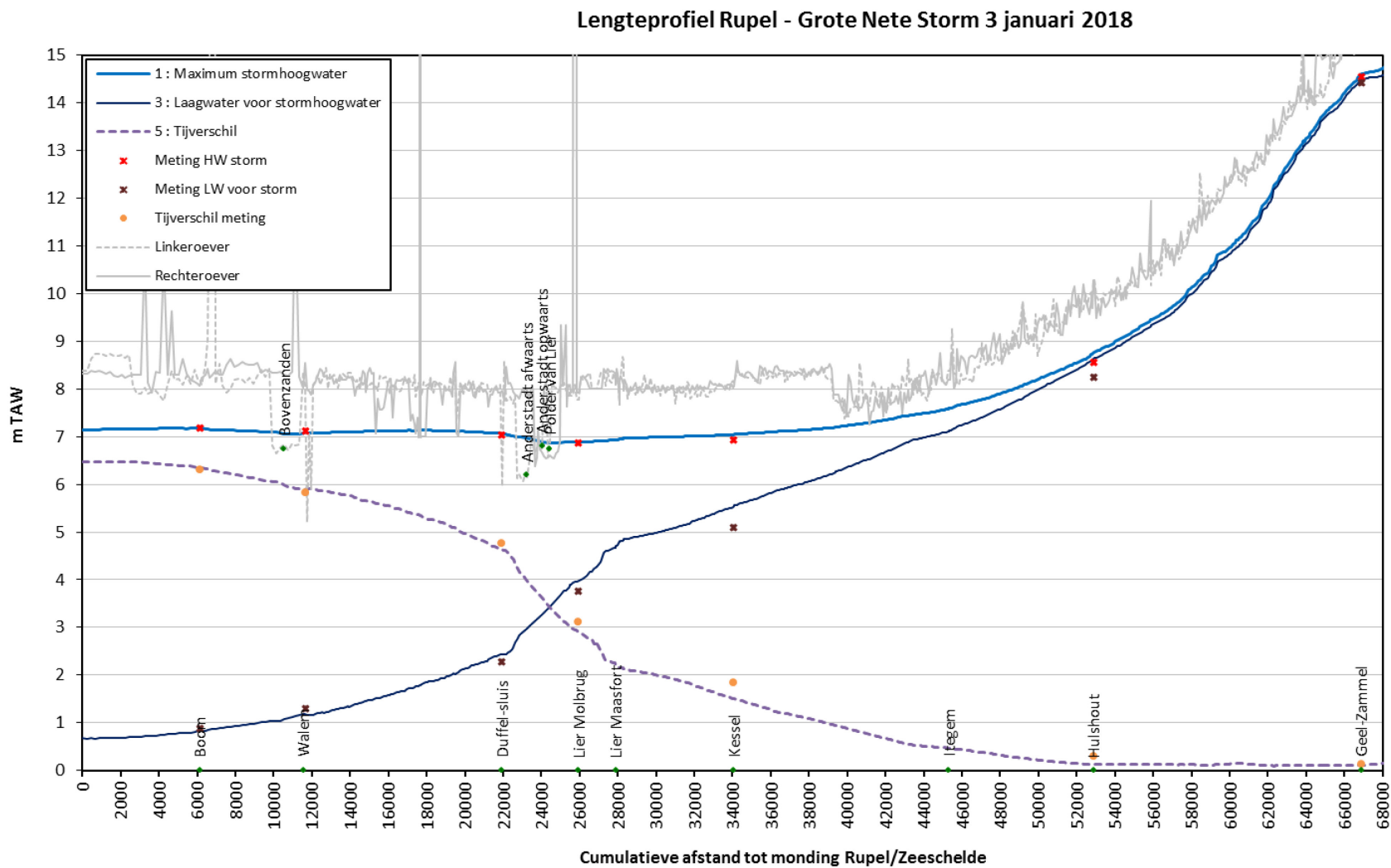
Figuur 126 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 op de Grote Nete te Geel-Zammel - voorspellingsmodel



Figuur 127 - Lengteprofiel Rupel – Kleine Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



Figuur 128 - Lengteprofiel Rupel – Grote Nete met gesimuleerde en gemeten HW bij storm, LW voor storm en tijverschil, tijdens storm 3 januari 2018



4.2.7 Samenvatting HW storm en LW voor storm

Tabel 20 - Overzicht gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	H _{max} gemeten [mTAW]	H _{max} gesimuleerd [mTAW]	H _{max} gesimuleerd_ vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd - gemeten [cm]	Vershil gesimuleerd_ vs02 – gemeten [cm]
Westerschelde	Terneuzen	6.31	6.23	6.23	-8	-8
	Hansweert	6.52	6.51	6.51	-1	-1
	Bath	6.99	6.92	6.92	-7	-7
Zeeschelde	Prosperpolder	7.04	7.02	7.02	-2	-2
	Liefkenshoek	7.16	7.10	7.10	-6	-6
	Kallo	7.15	7.16	7.16	1	1
	Antwerpen	7.16	7.13	7.13	-3	-3
	Hemiksem	7.15	7.11	7.11	-4	-4
	Temse	7.22	7.16	7.16	-6	-5
	Sint-Amands	7.25	7.18	7.18	-8	-7
	Dendermonde	7.06	7.00	7.02	-6	-4
	Schoonaarde	6.52	6.56	6.57	4	5
	Wetteren	6.45	6.71	6.55	26	9
	Melle	6.58	6.89	6.59	31	1
Durme	Tielrode	7.3	7.14	7.14	-16	-16
	Waasmunster manta	7.14	6.88	6.88	-26	-26
Rupel	Walem	7.12	7.07	7.07	-5	-5
	Boom	7.18	7.17	7.17	-1	-1
Dijle	Mechelen benedensluis	7.09	7.24	7.25	15	16
	Mechelen opwaarts stuw	7.16	7.35	7.36	19	20
	Rijmenam	7.54	7.64	7.64	9	10
	Wilsle	13.75	13.91	13.91	16	16
Demer	Aarschot	12.21	12.55	12.55	34	34
Zenne	Hombeek	7.17	7.18	7.18	0	1
	Zemst	7.22	7.25	7.25	3	3
	Epegem	8.85	8.81	8.81	-4	-4
Benedennete	Duffel	7.03	7.07	7.07	4	4
	Lier Molbrug	6.86	6.89	6.89	3	3
Kleine Nete	Emblem	6.94	7.09	7.09	15	15
	Grobbendonk	8.17	8.39	8.39	22	22
Grote Nete	Kessel	6.93	7.04	7.04	11	11
	Hulshout	8.55	8.77	8.77	22	22
	Geel-Zammel	14.55	14.61	14.61	6	6

Tabel 21 - Overzicht gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	LW voor storm gemeten [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd - gemeten [cm]	Vershil gesimuleerd_vs02 - gemeten [cm]
Westerschelde	Terneuzen	0.90	0.86	0.86	-4	-4
	Hansweert	0.87	0.82	0.82	-5	-5
	Bath	0.76	0.76	0.75	-1	-1
Zeeschelde	Prosperpolder	0.64	0.71	0.71	7	7
	Liefkenshoek	0.68	0.64	0.64	-4	-4
	Kallo	0.57	0.60	0.60	3	3
	Antwerpen	0.61	0.58	0.57	-3	-4
	Hemiksem	0.65	0.64	0.63	-1	-2
	Temse	0.74	0.72	0.71	-2	-3
	Sint-Amands	1.11	1.06	1.03	-5	-8
	Dendermonde	2.32	2.11	2.07	-21	-25
	Schoonaarde	3.28	3.12	3.13	-16	-15
	Wetteren	4.46	3.99	4.17	-47	-29
	Melle	5.26	4.51	4.82	-75	-44
Durme	Tielrode	0.82	0.78	0.76	-4	-6
	Waasmunster manta	5.00	4.87	4.87	-13	-13
Rupel	Walem	1.30	1.17	1.17	-13	-13
	Boom	0.88	0.83	0.82	-5	-6
Dijle	Mechelen benedensluis	2.54	2.54	2.54	0	0
	Mechelen opwaarts stuw	3.49	3.84	3.84	35	35
	Rijmenam	6.23	6.05	6.05	-18	-18
	Witsele	13.27	13.59	13.59	32	32
Demer	Aarschot	11.58	11.90	11.90	32	32
Zenne	Hombeek	3.33	3.16	3.16	-17	-17
	Zemst	4.44	4.43	4.43	-1	-1
	Eppegem	7.94	8.49	8.49	55	55
Benedennete	Duffel	2.27	2.43	2.43	16	16
	Lier Molbrug	3.75	3.98	3.91	23	16
Kleine Nete	Emblem	4.94	5.30	5.30	36	36
	Grobbendonk	7.49	7.81	7.81	32	32
Grote Nete	Kessel	5.09	5.54	5.54	45	45
	Hulshout	8.25	8.65	8.65	40	40
	Geel-Zammel	14.42	14.51	14.51	9	9

4.3 Resultaten GOG's

De gemeten en gesimuleerde waterpeilen in de GOG's worden vergeleken. Per GOG wordt een overzichtstabel gegeven met de kenmerken van de overlooppdijk en de in- en uitwateringsconstructies. Daarna wordt een overzichtskaart gegeven met de locatie van de meetposten. Per druksensor of meetlocatie wordt een grafiek gegeven met het gemeten en gesimuleerde waterpeil in het GOG en het gesimuleerde waterpeil in de rivier. Waar mogelijk wordt ook het gemeten waterpeil ter hoogte van het GOG gegeven. Het gemeten waterpeil in het GOG wordt steeds in het rood weergegeven en het gesimuleerde peil in lichtblauw. Indien beschikbaar wordt het gemeten waterpeil in de rivier in donkerblauw weergegeven. Het gesimuleerde waterpeil in de rivier wordt in paars weergegeven.

In de GOG's is het laagst gemeten waterpeil vaak gelijk aan de hoogte waarop het meettoestel of de druksensor hangt. Een lager waterpeil kan bijgevolg niet geregistreerd worden.

4.3.1 GOG Kruibeke

Het GOG-GGG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde werd op 3 oktober 2015 in gebruik genomen. Tijdens de storm van januari 2018 kende dit gebied voor het eerst GOG-werking. Het GOG Kruibeke kent tevens GGG-werking, sinds juni 2017. Tijdens het laagwater voor de storm werden de GGG-inwateringssluizen echter gesloten. Tabel 22 geeft een overzicht van enkele kenmerken van het gebied.

Figuur 129 geeft een overzicht van de locatie van de druksensoren in het gebied en de meetpost van Hemiksem langs de Zeeschelde. Door het WL wordt het waterpeil in het GGG gemeten aan de grote uitlaat. Door de UA wordt het waterpeil gemeten aan de opwaartse kant van de kreek door het gebied. Figuur 130 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Kruibeke ter hoogte van de druksensoren en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG, aan de meetpost van Hemiksem.

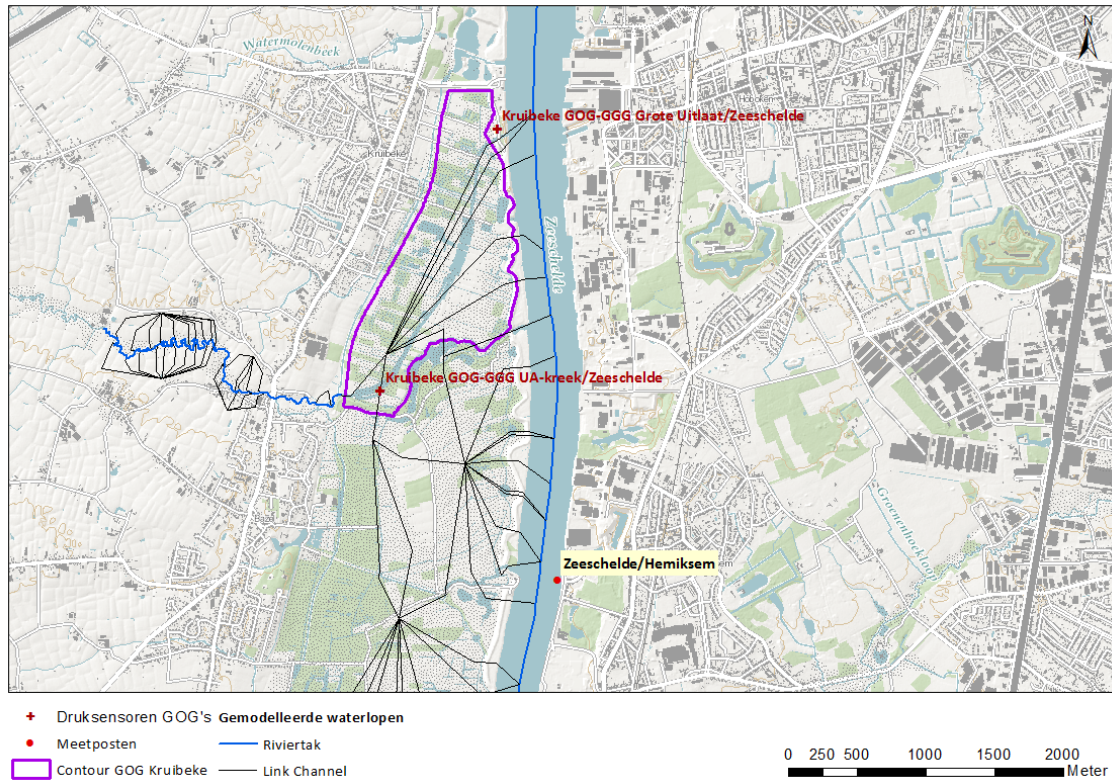
Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 25 cm wanneer er geen GOG- en GGG-werking is, in de periode na de storm. De GGG-werking, in de periode voor de storm, zorgt voor een schommeling van 50 tot 75 cm. De GGG-inwateringssluizen werden voor de storm gesloten. Tijdens de storm stijgt het waterpeil in het GOG, met circa 70 cm, tot TAW +2,19 m. Dit is even hoog als het hoogwaterpeil drie hoogwaters eerder bij GGG-werking.

Voor de storm worden de hoogwaterpeilen in het GOG overschat. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt echter onderschat, net als het stormhoogwater op de Zeeschelde.

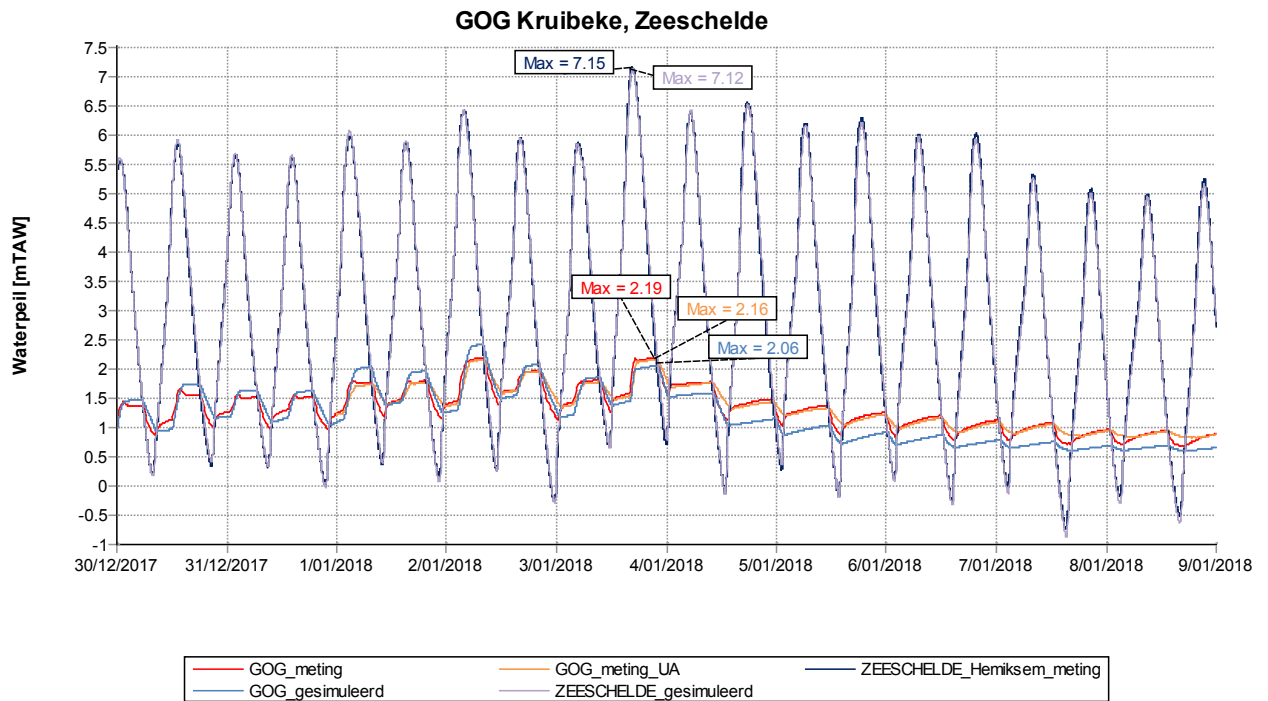
Tabel 22 - Kenmerken GOG Kruibeke

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.8	Ontwerp
Inwatering GGG	+4.5	Ontwerp
Uitwatering GOG	+0.5	Ontwerp

Figuur 129 - Situering druksensoren en meetpost GOG Kruibeke



Figuur 130 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Kruibeke - voorspellingsmodel



4.3.2 Kruibeekse Kreek

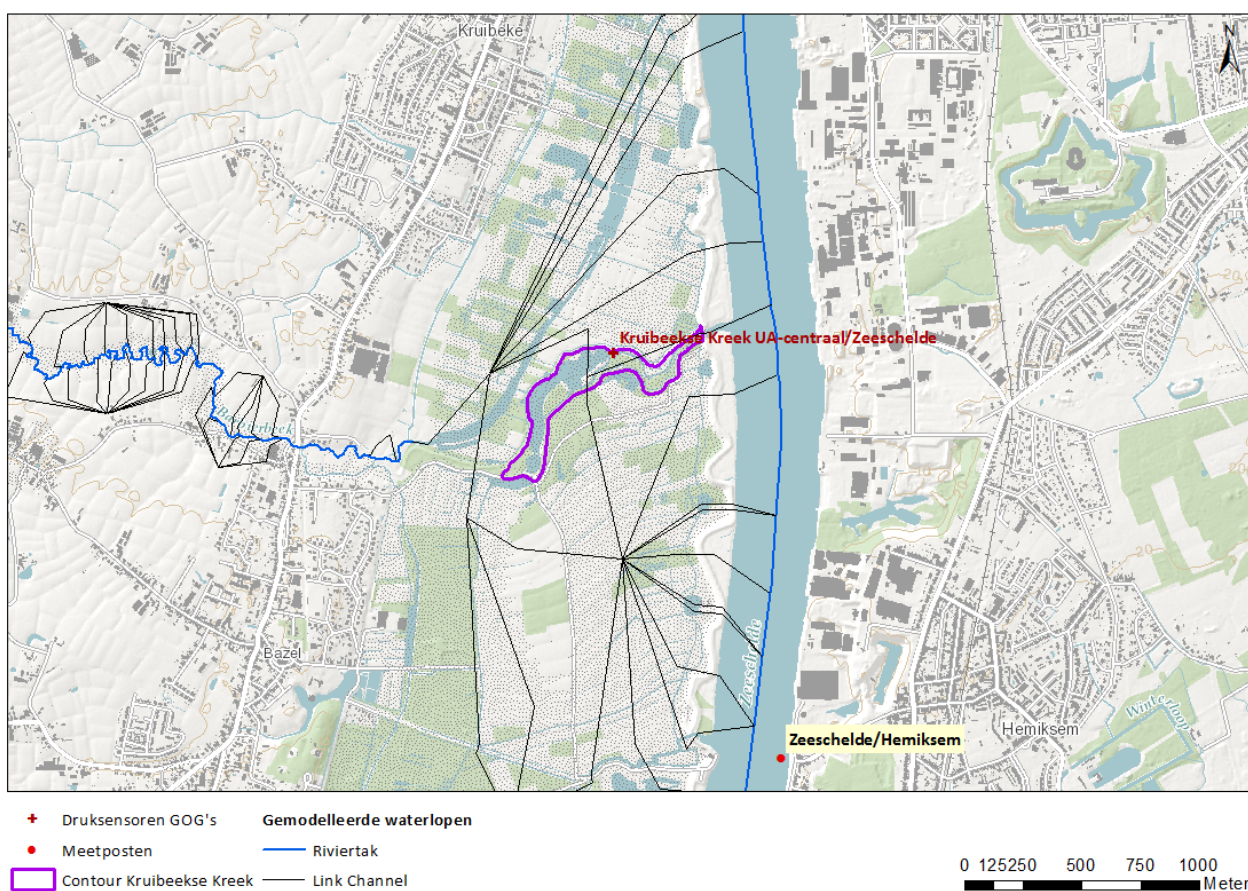
De Kruibeekse Kreek is aangetakt aan de Zeeschelde door middel van twee kokers. Eén koker heeft een terugslagklep werkt als uitlaat. De tweede koker heeft geen terugslagklep, en heeft een opening van circa 20 cm hoogte. Tabel 10 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In de Kruibeekse Kreek zijn druksensoren geplaatst door de UA (zie Figuur 131). Figuur 132 geeft de gemeten en gesimuleerde waterpeilen ter hoogte van de druksensor centraal in de Kruibeekse Kreek en in de Zeeschelde ter hoogte van de meetpost te Hemiksem. Het inwateringsvolume in het gebied wordt onderschat. Tijdens de storm werd de inwateringskoker van het gebied niet gesloten. Dit werd in de simulatie wel gedaan.

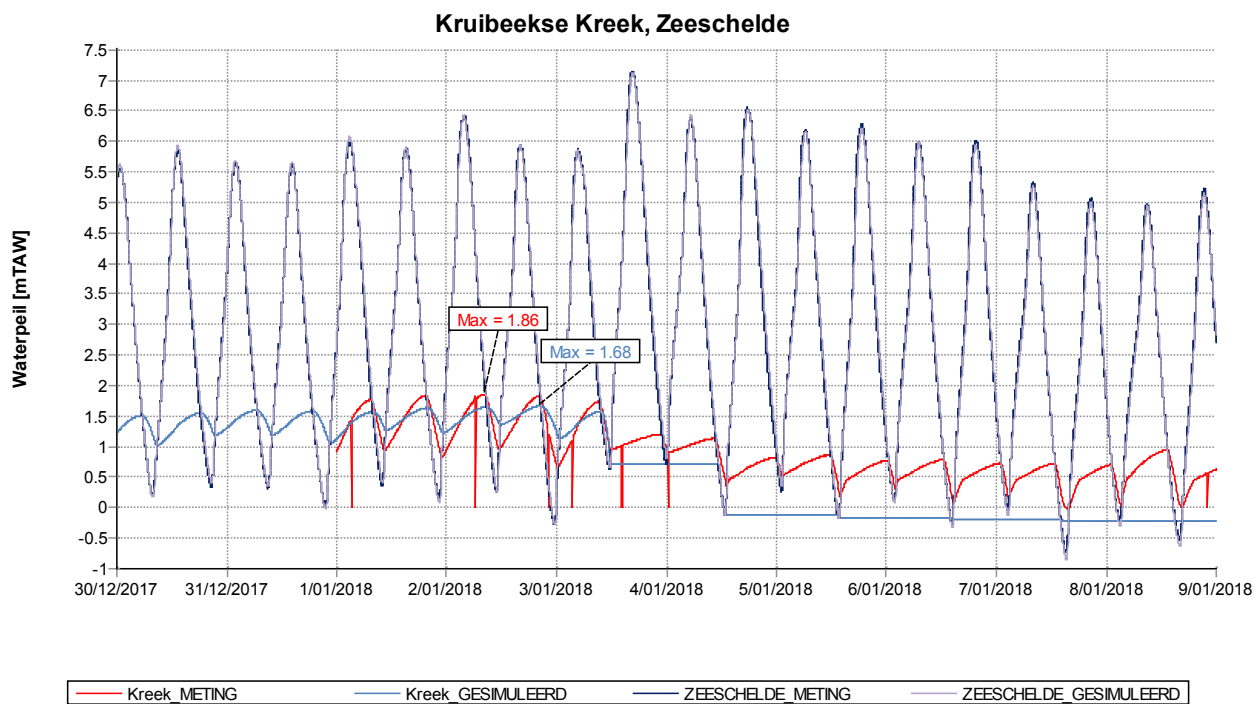
Tabel 23 – Kenmerken Kruibeekse Kreek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Inwatering	-0.25	Ontwerp
Uitwatering	-0.25	Ontwerp

Figuur 131 - Situering druksensor en meetpost Kruibeekse Kreek



Figuur 132 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en Kruibeekse Kreek - voorspellingsmodel



4.3.3 GOG Bazel

Het GOG Bazel omvat een overlooptdijk, twee inwateringsstructuren en drie uitwateringsstructuren. Het gebied wordt in twee gedeeld door een lage dijk in het midden. Hierdoor kent enkel het oostelijke deel GGG-werking. Tabel 24 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

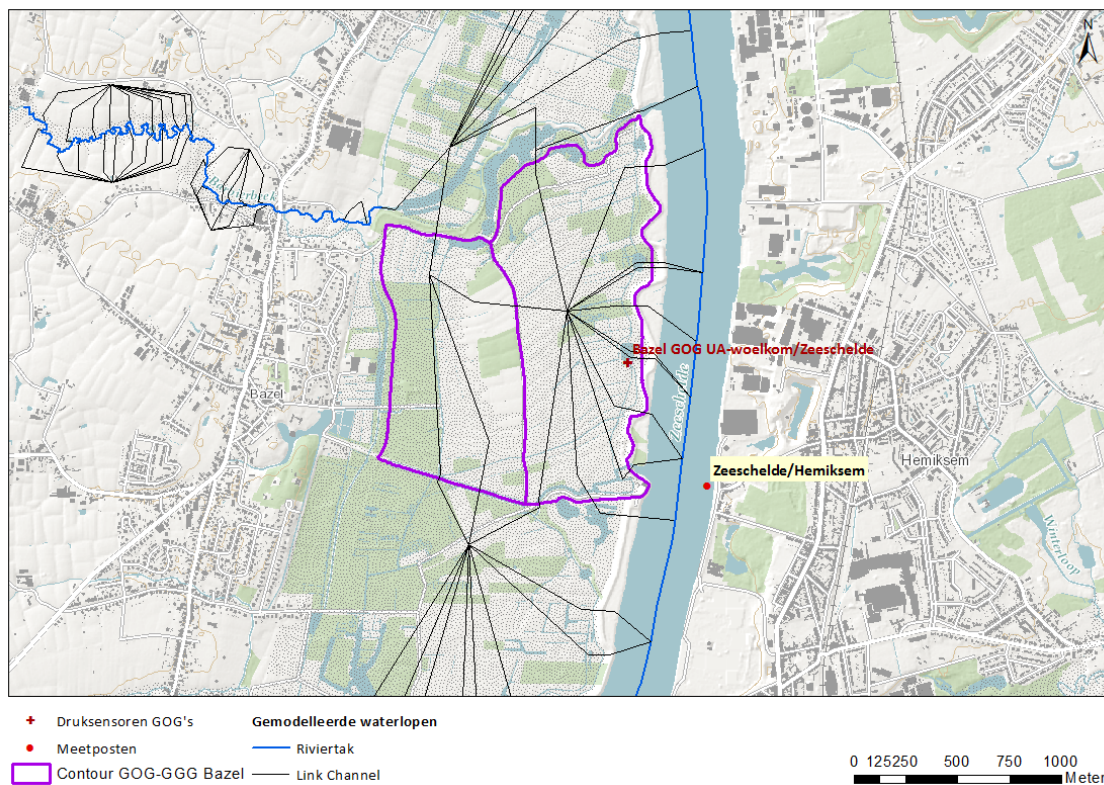
In het GOG-GGG Bazel wordt het waterpeil gemeten met druksensoren van UA. Figuur 133 geeft een overzicht van de locatie van de druksensor in het gebied en de meetpost van Hemiksem langs de Zeeschelde. Het waterpeil in het gebied wordt gemeten in de woelkom nabij de zuidelijke in- en uitwatering. Figuur 134 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Kruikeke ter hoogte van de druksensor en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG, aan de meetpost van Hemiksem.

Het maximum waterpeil in het GOG tijdens de storm wordt met 5 cm overschat. Voor de storm vertoont het gemeten waterpeil in het GOG een schommeling van circa 1 m, waarbij het waterpeil reeds begint te stijgen voor het drempelpeil van de inwateringskokers overtopt is. Ook na de storm, wanneer de inwateringskokers nog gesloten zijn, vertoont het gemeten waterpeil in het GOG nog een schommeling van bijna 1 m. Dit doet vermoeden dat er nog een volume water binnenkomt langs de uitwateringskokers.

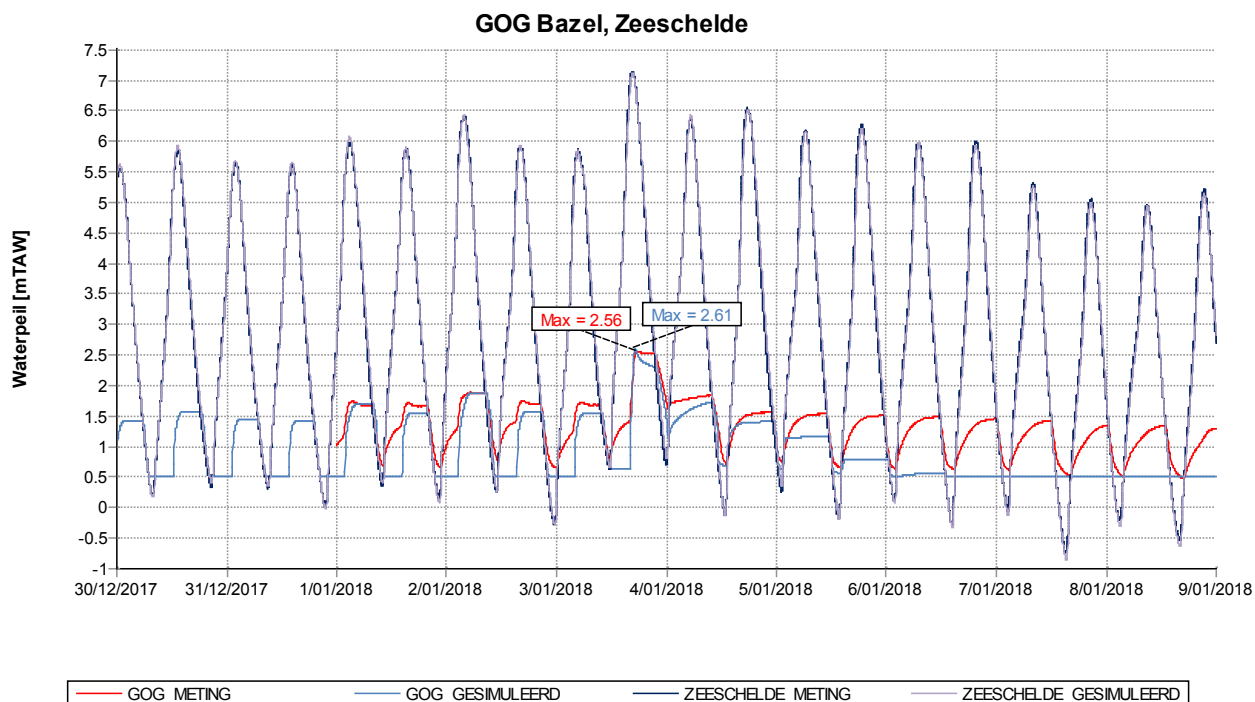
Tabel 24 - Kenmerken GOG Bazel

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.8	Ontwerp
Inwatering noord	+5.2	Ontwerp
Uitwatering 1 noord	+0.5	Ontwerp
Inwatering zuid	+5.1 / +5.3	Ontwerp
Uitwatering 2 zuid	+0.5	Ontwerp
Uitwatering 3	+0.5	Ontwerp

Figuur 133 - Situering druksensor en meetpost GOG Bazel



Figuur 134 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Bazel - voorspellingsmodel



4.3.4 GOG Lippenbroek

Het GOG Lippenbroek omvat een korte overlooptdijk, een inwateringsstructuur en een uitwateringsstructuur. Tabel 12 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

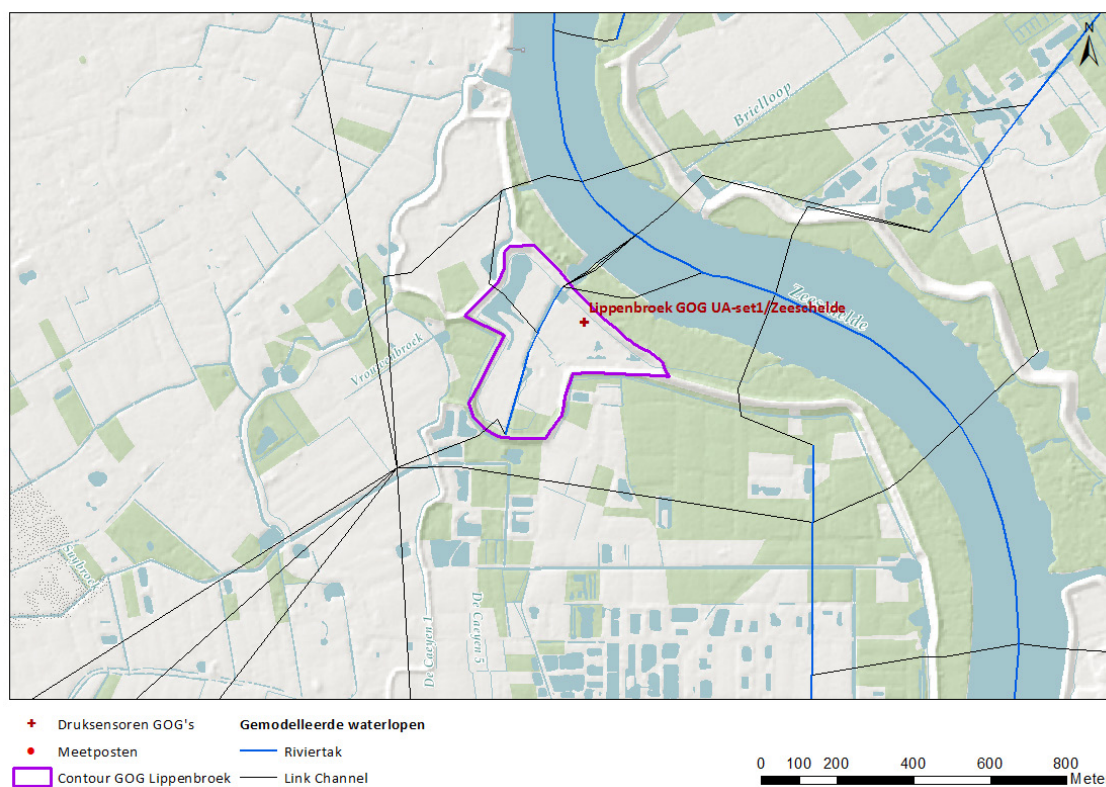
In het GOG Lippenbroek wordt het waterpeil gemeten met druksensoren, door de UA. Figuur 62 toont de locatie van de druksensor in het gebied. Figuur 136 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Lippenbroek, en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG.

Het inwaterend volume tijdens de GGG-werking wordt onderschat. Ook het maximum waterpeil tijdens de storm wordt onderschat. Het gemeten waterpeil in het gebied begint echter reeds te stijgen voor het drempelpeil van de inwatering overtopt is. Dit doet vermoeden dat er ook een inwaterend volume is via de uitwateringsconstructie.

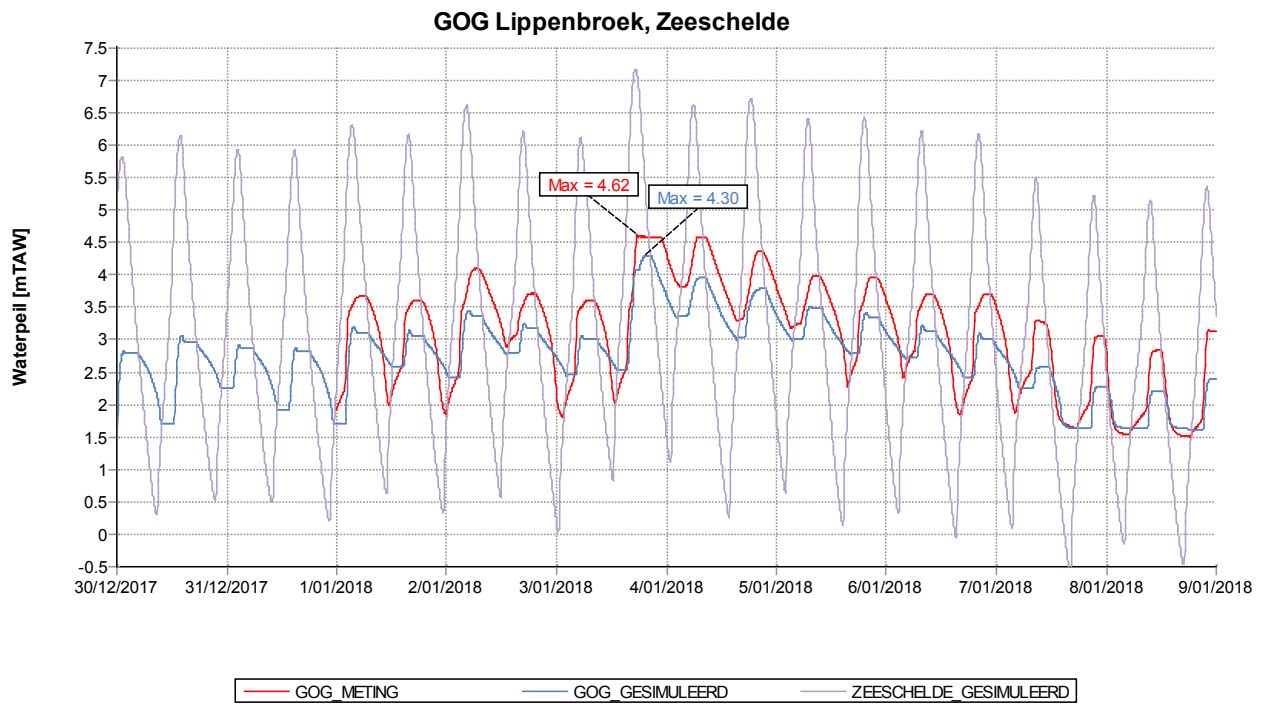
Tabel 25 - Kenmerken GOG Lippenbroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.8	Opmeting
Inwatering	+4.7/+5.0/+5.3	Opmeting
Uitwatering	+1.61	Opmeting

Figuur 135 - Situering druksensor GOG Lippenbroek



Figuur 136 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Lippenbroek - voorspellingsmodel



4.3.5 GOG Tielrodebroek

Het GOG Tielrodebroek omvat een overlooptdijk en twee uitwateringsstructuren. Tabel 26 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

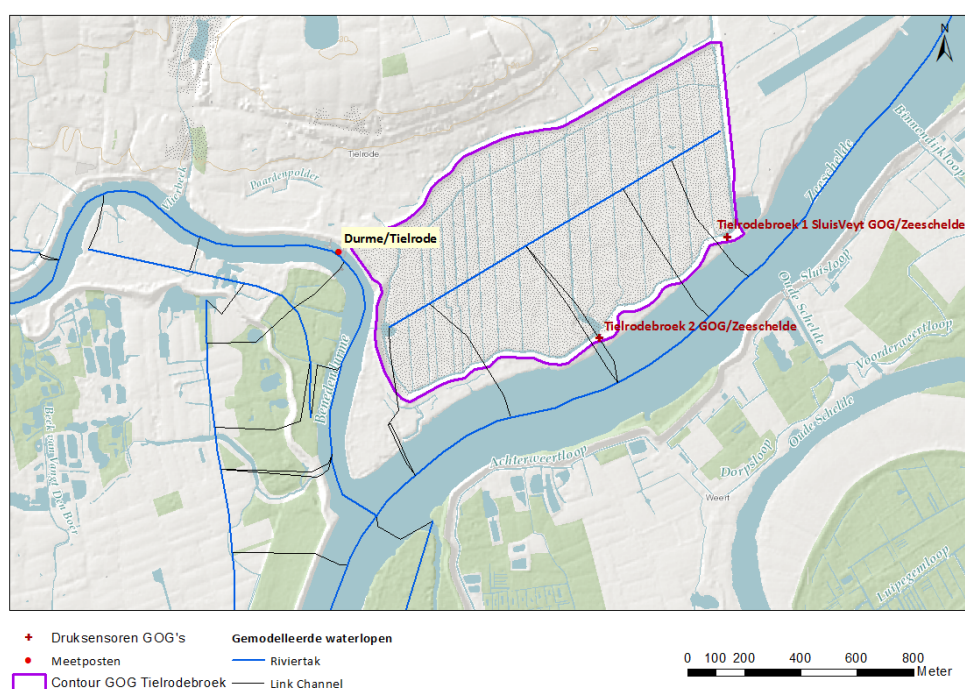
In het GOG Tielrodebroek zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van uitwateringsconstructies van het gebied. Figuur 137 toont de locatie van de druksensoren in het gebied.

In GOG Tielrodebroek vertoont het waterpeil, in de periode voor de storm, een schommeling van 60 tot 75 cm. Het maximum waterpeil in GOG Tielrodebroek stijgt tot TAW +3,66 m. Dit is circa 2,5 m boven het basispeil in het GOG. De gemodelleerde inwatering lijkt sneller te gaan dan in werkelijkheid. Vermoedelijk is het gesimuleerde overloopvolume te groot. Ook de gesimuleerde GOG-uitwatering lijkt wat sneller te gaan dan de uitwatering op basis van de gemeten waterpeilen. De schommeling van het waterpeil in het GOG wijst op mogelijk afvoer van water van het achterland door het GOG. Dit is getracht te simuleren door een extra debiet van 0,1 m³/s op te leggen op de riviertak die het GOG voorstelt. Het debiet blijkt echter onvoldoende te zijn.

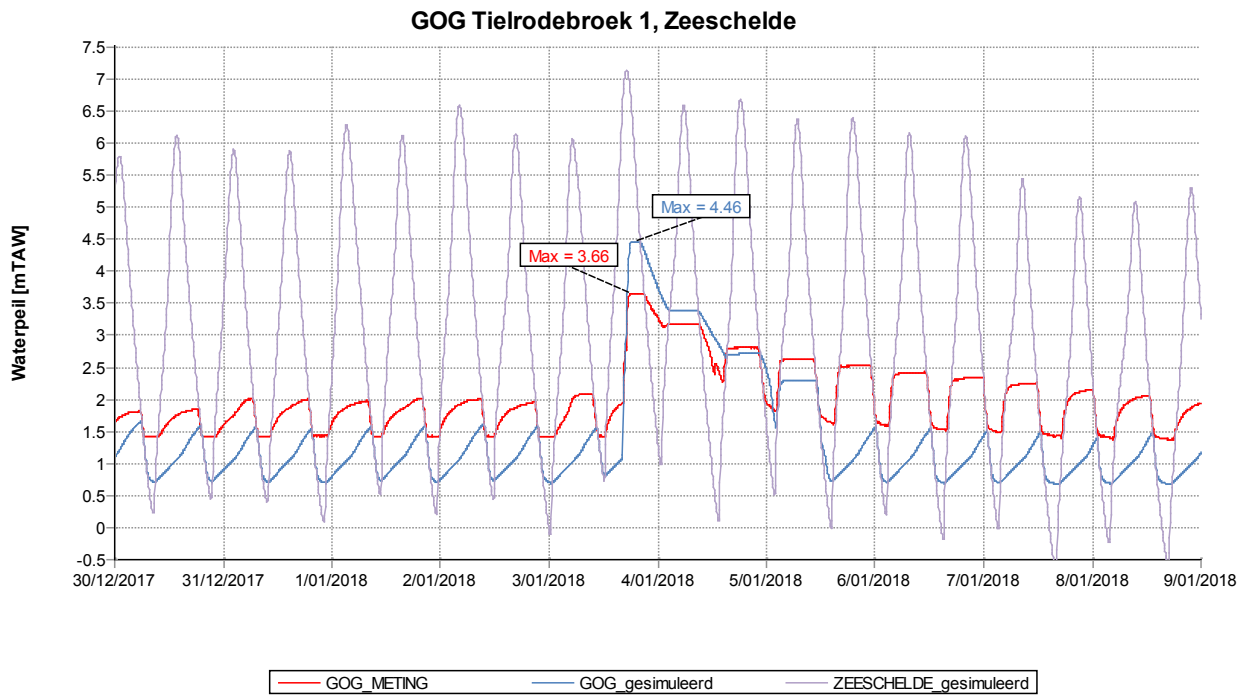
Tabel 26 - Kenmerken GOG Tielrodebroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.65	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+0.5 à +0.6	Opmeting
Uitwatering 2 (opwaarts)	+2.78	Opmeting

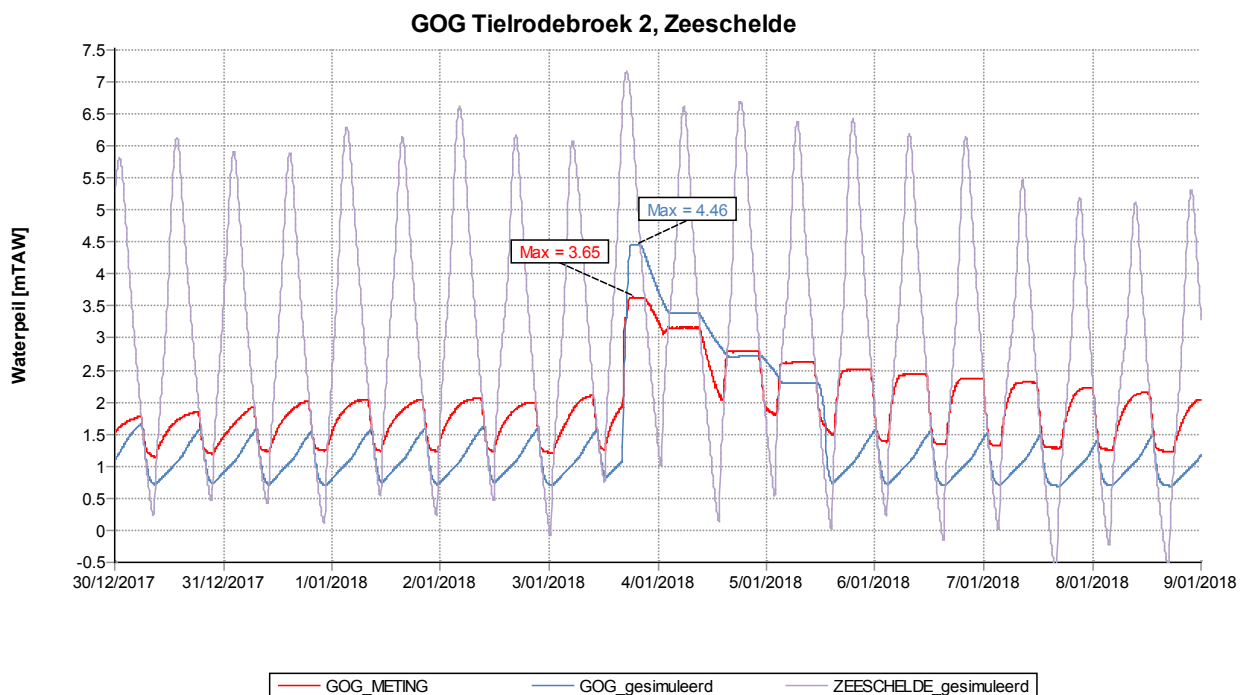
Figuur 137 - Situering druksensoren GOG Tielrodebroek



Figuur 138 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 1 - voorspellingsmodel



Figuur 139 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Tielrodebroek thv druksensor 2 - voorspellingsmodel



4.3.6 GOG Scheldebroek

Het GOG Scheldebroek omvat eveneens een overlooptdijk en twee uitwateringsstructuren. Tabel 27 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied. In het GOG Scheldebroek zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van uitwateringsconstructies van het gebied. Figuur 140 toont de locatie van de druksensoren in het gebied. Figuur 141 en Figuur 142 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Scheldebroek ter hoogte van de druksensoren en in de Zeeschelde ter hoogte van het GOG.

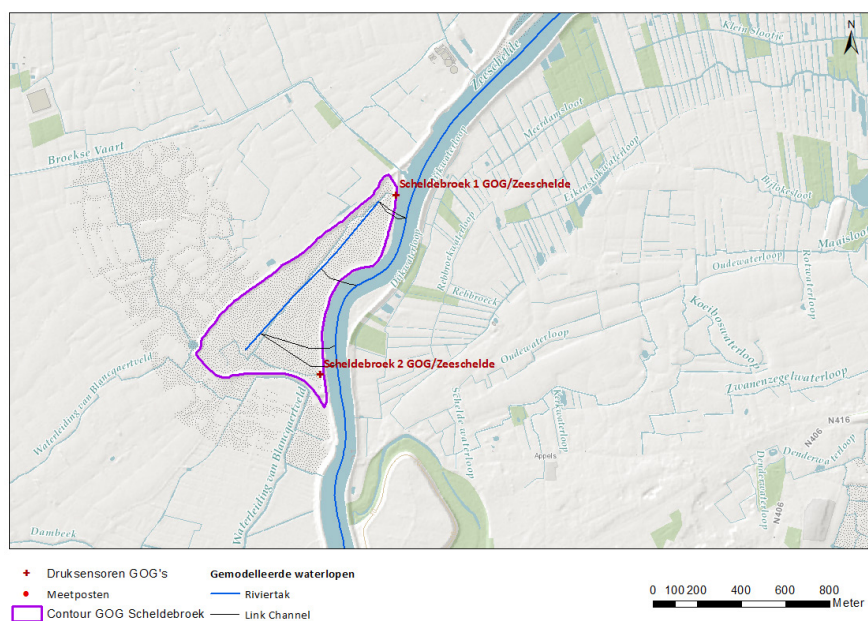
In GOG Scheldebroek bereikt het maximum waterpeil in het gebied dezelfde hoogte als het stormhoogwater in de Zeeschelde. Dit is hoger dan de overlooptdijk. Het GOG wordt dus volledig gevuld. Het stormhoogwater in het gebied wordt overschat door de gesimuleerde waarde, met 12 cm voor zowel druksensor 1 als druksensor 2. Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 75 cm wanneer er geen GOG-vulling is. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Scheldebroek, toch blijft deze schommeling onderschat.

De GOG-vulling en -uitwatering lijkt in de simulatie sneller te verlopen dan in werkelijkheid. Voornamelijk bij de laagwaters na het stormhoogwater lijkt het GOG veel trager leeg te lopen dan in de simulatie. Vermoedelijk heeft dit te maken met afvoer van het achterland via het GOG, of een verstopping van de uitwateringskokers door drijfvuil opgewoeld door GOG-werking.

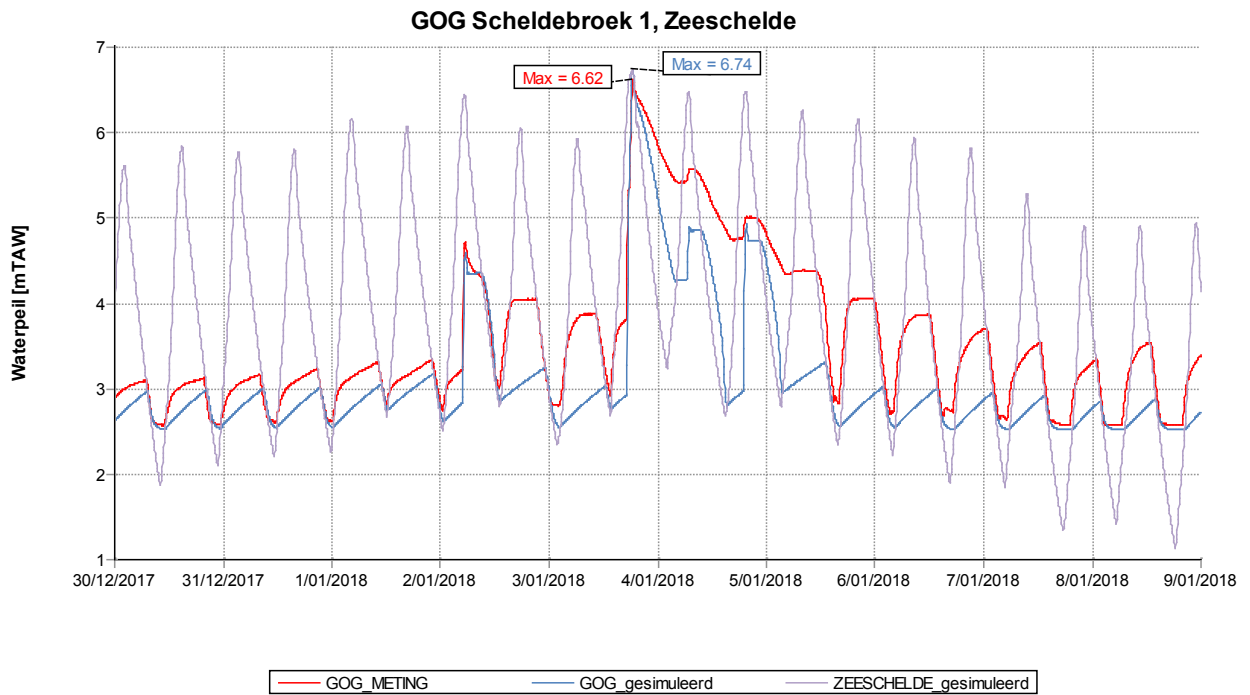
Tabel 27 - Kenmerken GOG Scheldebroek

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.30	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+2.42	Opmeting
Uitwatering 2 (opwaarts)	+2.45	Opmeting

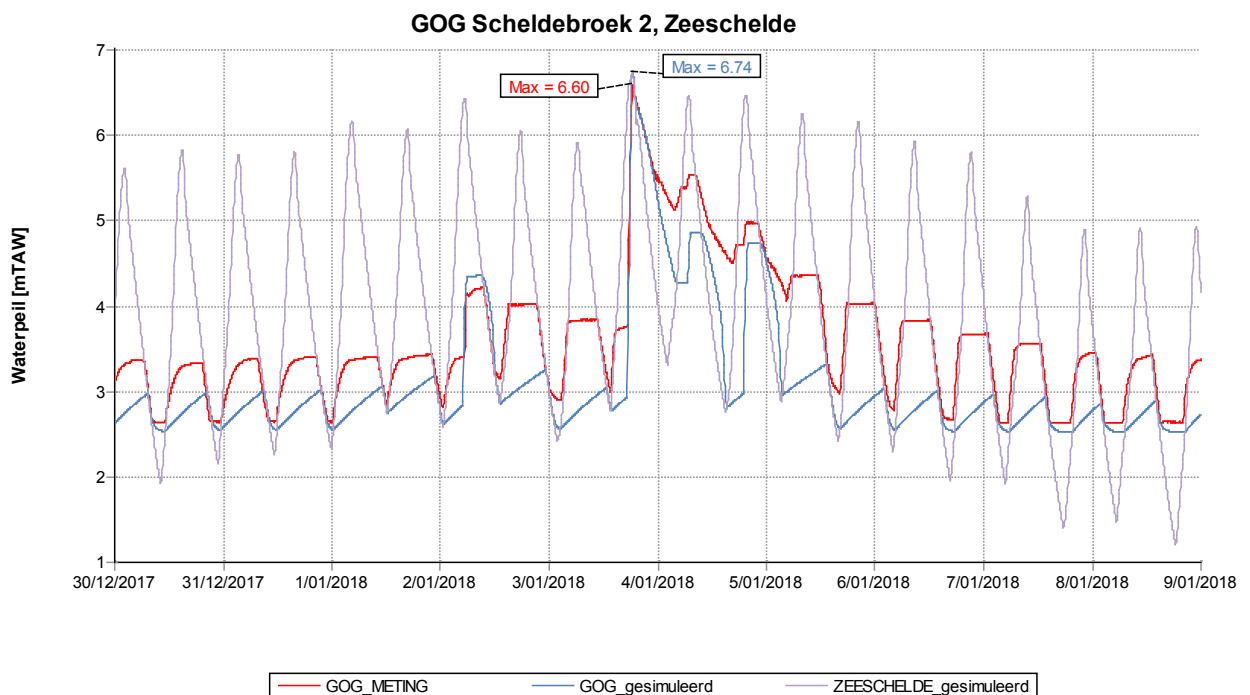
Figuur 140 - Situering druksensoren GOG Scheldebroek



Figuur 141 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebreek thv druksensor 1 - voorspellingsmodel



Figuur 142 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG Scheldebreek thv druksensor 2 - voorspellingsmodel



4.3.7 GOG-GGG Bergenmeersen

Het GOG Bergenmeersen omvat een overlooppdijk, een (oude) uitwateringsconstructie en een (nieuwe) gecombineerde in- en uitwateringsconstructie. Dit gebied kent sinds april 2013 GGG-werking.

Tabel 28 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In het GOG Bergenmeersen zijn twee druksensoren geplaatst ter hoogte van de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie, waarvan één druksensor het waterpeil in de Schelde meet. Van de andere druksensor zijn geen gegevens beschikbaar. Ter hoogte van de oostelijke uitwatering is een tweede druksensor in het gebied geplaatst. In het westelijk deel van het gebied is een druksensor geplaatst door de UA, set2. Figuur 143 toont de locatie van de druksensoren in het gebied waarvan meetgegevens beschikbaar zijn. Figuur 144 en Figuur 145 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG-GGG Bergenmeersen ter hoogte van respectievelijk druksensor 2 en UA-set2, en in de Zeeschelde ter hoogte van het de gecombineerde in- en uitwatering van het gebied.

Het gemeten en gesimuleerde waterpeil in de Zeeschelde ter hoogte van Bergenmeersen vertonen een zeer gelijkaardig verloop. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt 9 cm overschat.

Het gemeten waterpeil in het GOG-GGG Bergenmeersen ter hoogte van druksensor 2 vertoont een verloop dat niet overeenstemt met wat verwacht wordt op basis van de drempelpeilen van de in- en uitwateringssluizen. In het logboek staat echter vermeld dat er heel veel drijfvuil aanwezig is rondom de koker, en sediment in de koker, die als bescherming rond de druksensor hangt. Dit beïnvloedt vermoedelijk het waterpeil in de koker waardoor de meting minder betrouwbaar is.

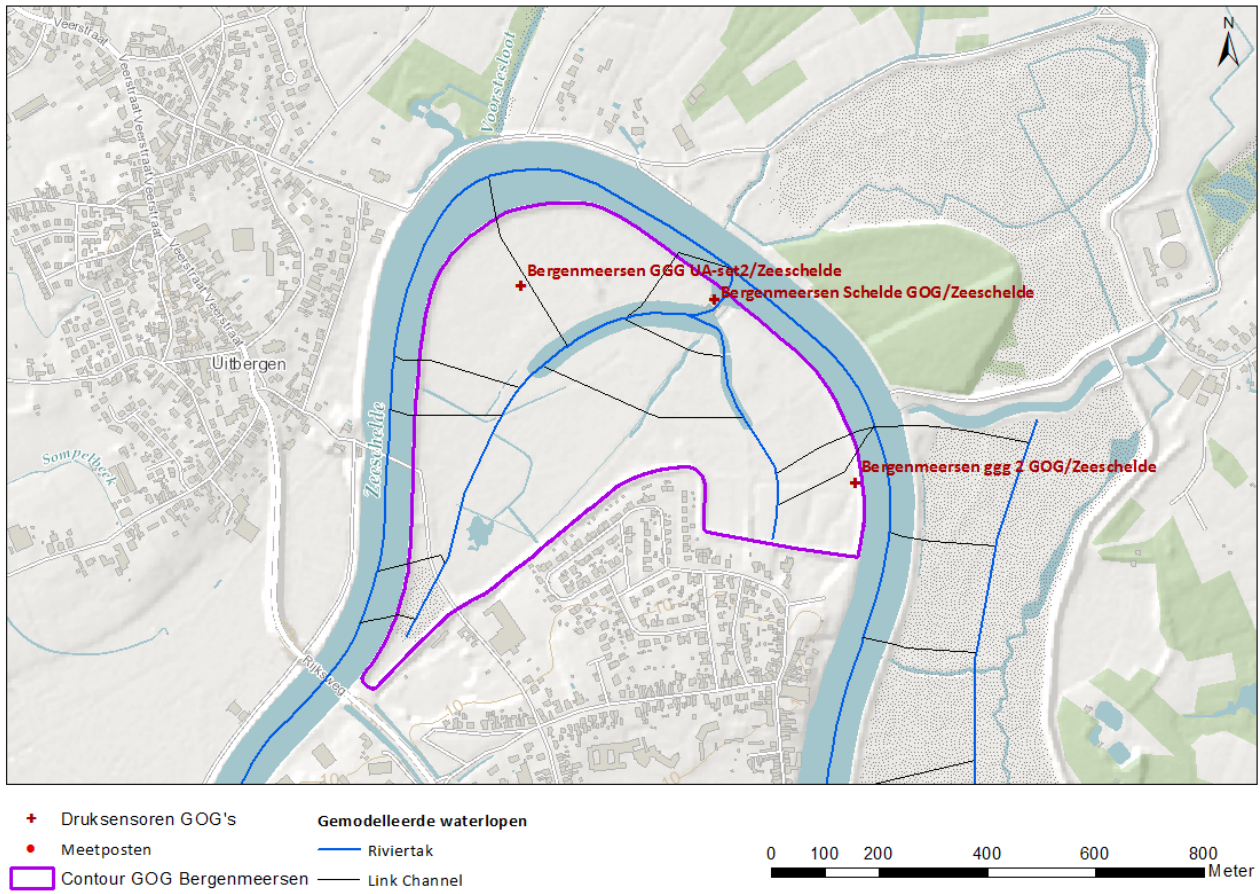
Op basis van het gemeten waterpeil ter hoogte van druksensor UA-set2 kan gesteld worden dat het inwateringsvolume overschat wordt, zowel bij de GGG- als GOG-werking.

De GGG-inwateringssluizen werden gesloten tijdens het laagwater voor de storm. De stijging van het waterpeil tijdens de storm, toont aan dat het gebied wel GOG-werking gekend heeft, hetzij beperkt.

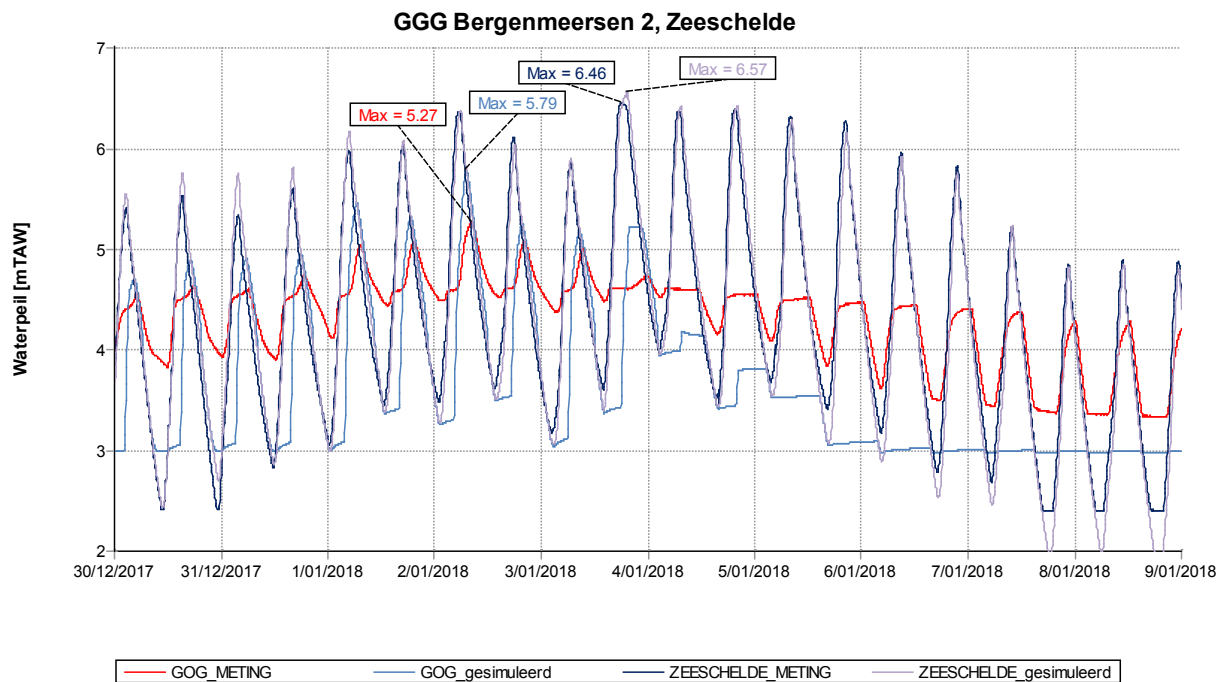
Tabel 28 - Kenmerken GOG-GGG Bergenmeersen

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.35	Opmeting
Inwatering 1 (GGG)	+4.2, +4.35, +4.5	Opmeting
Uitwatering 1 (GGG)	+2.7	Opmeting
Uitwatering 2 (oost)	+2.92	Opmeting

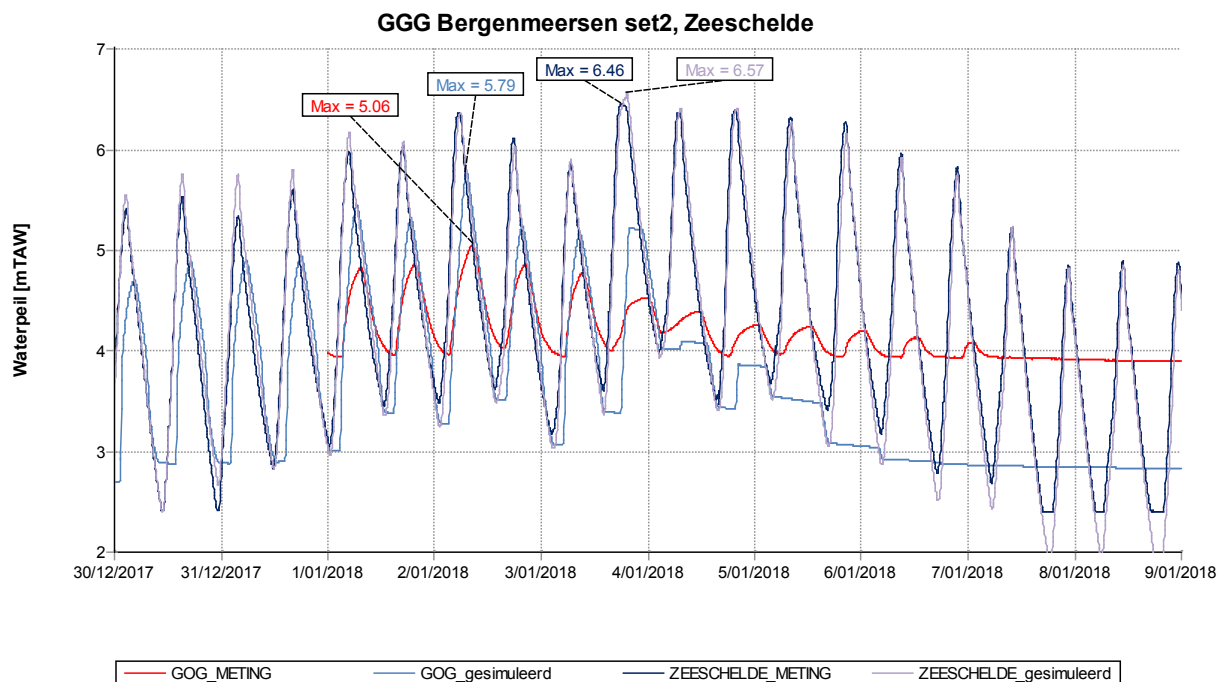
Figuur 143 - Situering druksensoren GOG-GGG Bergenmeersen



Figuur 144 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor 2 - voorspellingsmodel



Figuur 145 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Zeeschelde en GOG-GGG Bergenmeersen thv druksensor UA set2 - voorspellingsmodel



4.3.8 GOG Potpolder I

Het GOG Potpolder I omvat een overlooptdijk en zeven uitwateringsstructuren, waarvan er nog vijf in gebruik zijn. Tabel 29 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken. In het GOG Potpolder I zijn twee druksensoren aanwezig nabij de afwaartse en centrale uitwateringsconstructie in het gebied (zie Figuur 146).

Figuur 147 en Figuur 148 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Potpolder I ter hoogte van de druksensoren en in de Durme ter hoogte van het GOG.

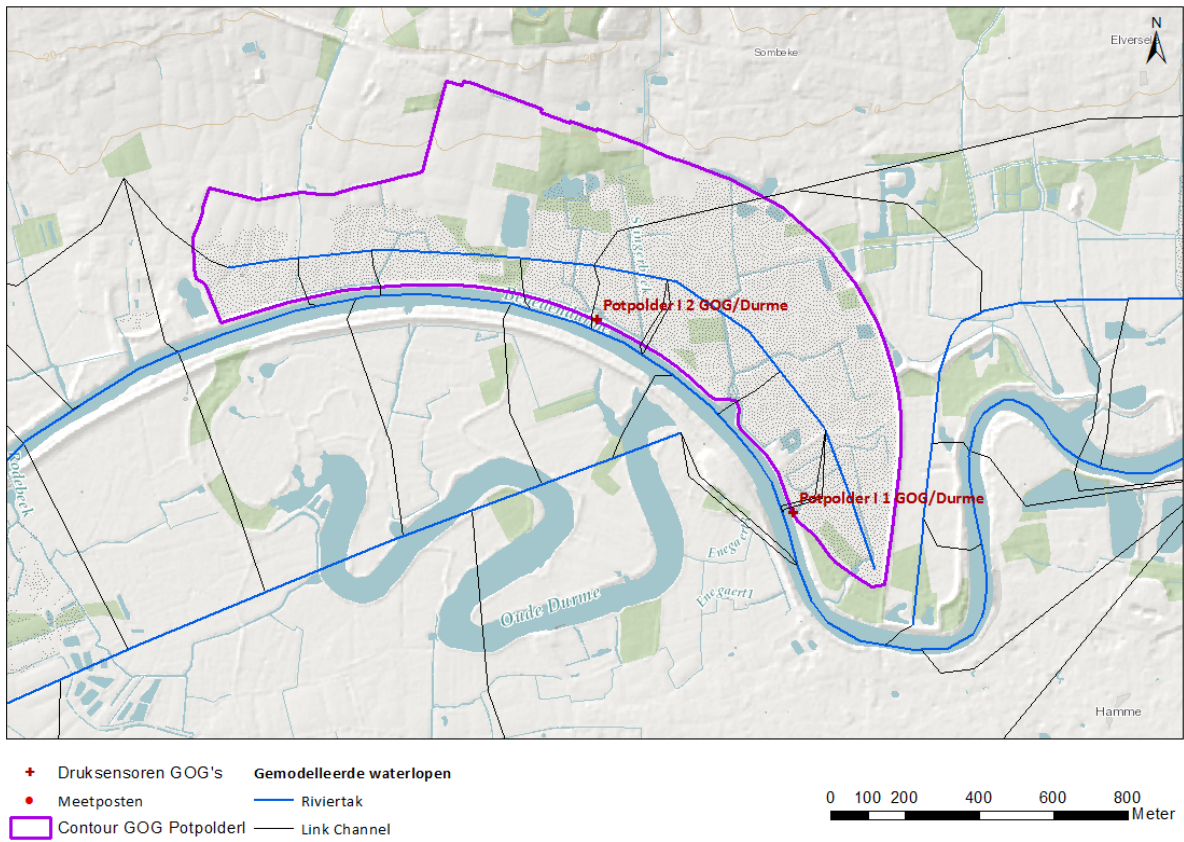
In GOG Potpolder I vertoont het gemeten waterpeil een schommeling van meer dan 1 m wanneer er geen GOG-vulling is. Deze is vermoedelijk te wijten aan de afvoer van water van het achterland via het GOG of door een instromend debiet via een uitwateringssluis. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Potpolder I, maar toch blijft deze schommeling onderschat.

Het gemeten hoogwaterpeil in het GOG tijdens de storm ter hoogte van druksensor 1 wordt met 15 cm overschat door het gesimuleerde waterpeil. Ter hoogte van druksensor 2 bedraagt het verschil 8 cm. Het gemeten waterpeil kent, ter hoogte van druksensor 2, echter een tragere daling tijdens de uitwatering na de storm, waardoor het GOG niet volledig leeggelopen is voor het volgende hoogwater. Het gesimuleerde waterpeil daalt te snel na het stormhoogwater. Dit is mogelijks ook te wijten aan de grotere bovenafvoer die in werkelijkheid aanwezig is, of een geblokkeerde uitwateringskoker.

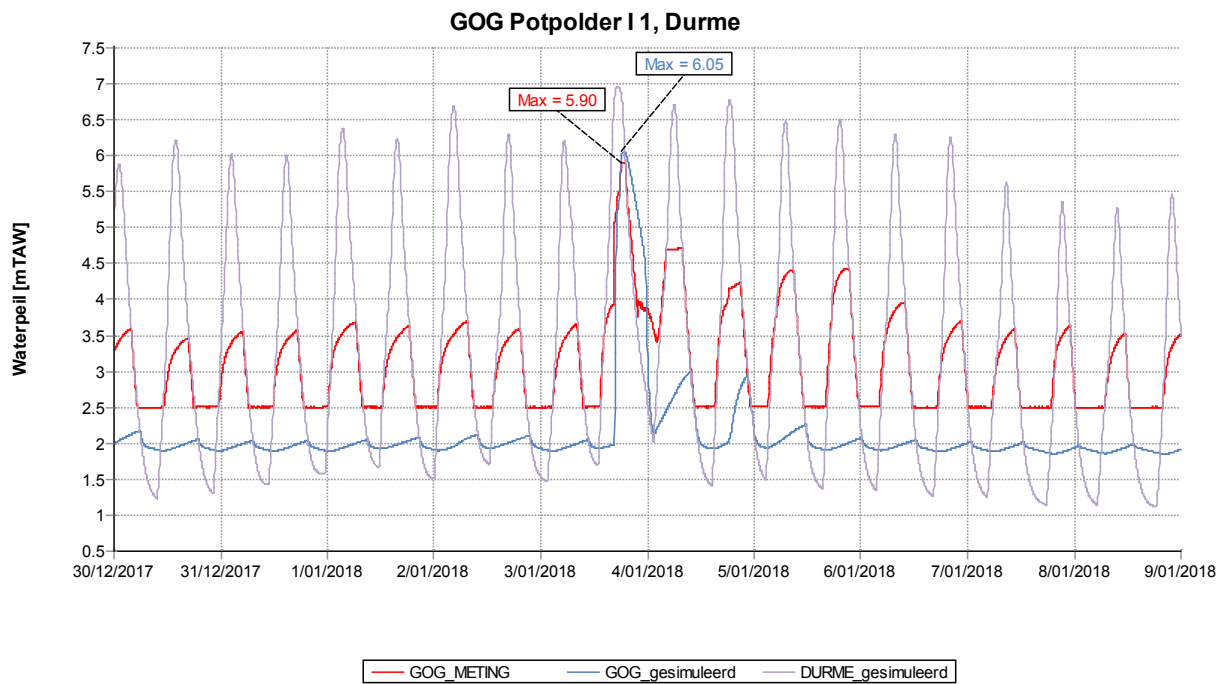
Tabel 29 - Kenmerken GOG Potpolder I

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering 1 (afwaarts)	+1.88	Opmeting
Uitwatering 2 (centraal)	+1.61	Opmeting
Uitwatering 3 (opwaarts)	+2.51	Opmeting
Uitwatering 4 (tussen 1 en 2)	+1.96	Opmeting
Uitwatering 5 (tussen 2 en 3)	+1.99	Opmeting

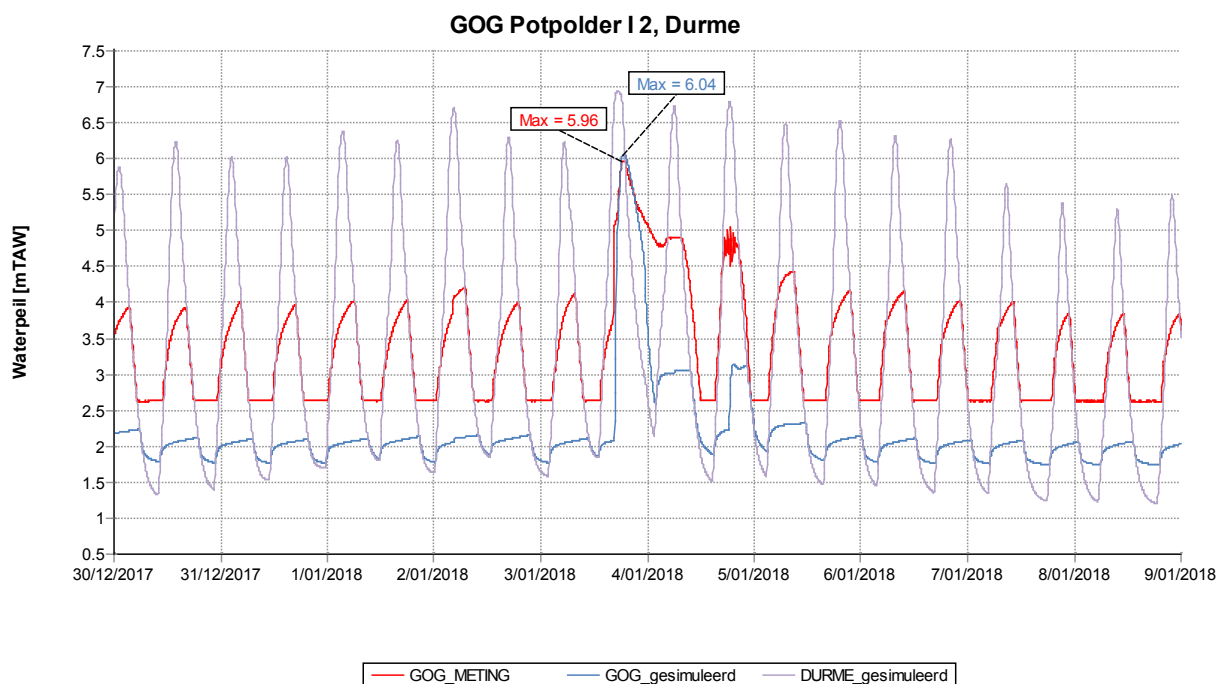
Figuur 146 - Situering druksensoren GOG Potpolder I



Figuur 147 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 1 - voorspellingsmodel



Figuur 148 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Durme en GOG Potpolder I thv druksensor 2 - voorspellingsmodel



4.3.9 GOG Bovenzanden

Het GOG Bovenzanden omvat een overlooptdijk en één uitwateringsstructuur. Tabel 30 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken.

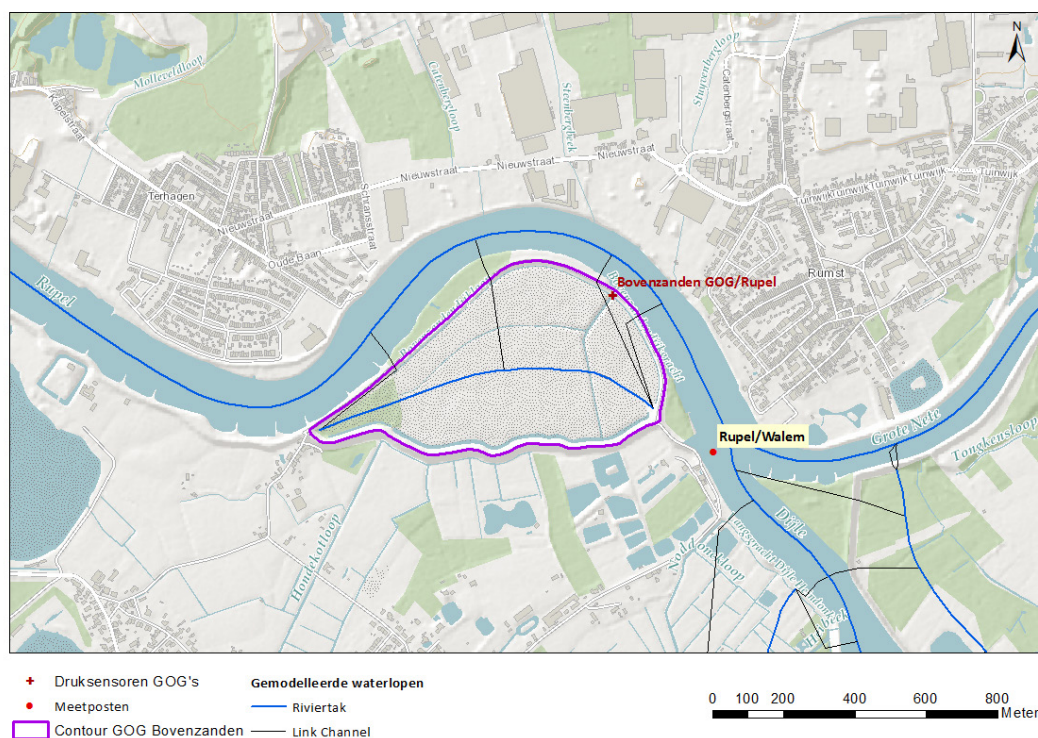
In het GOG Bovenzanden is één druksensor aanwezig, ter hoogte van de uitwateringsconstructie van het gebied (zie Figuur 149). Het drempelpeil van deze uitwatering is niet gekend en werd daarom gelijk genomen aan het minimum gemeten waterpeil. Dit komt echter overeen met de hoogte waarop de druksensor hangt. Figuur 150 toont het gemeten en gesimuleerde waterpeil in GOG Bovenzanden en in de Rupel ter hoogte van het GOG.

Het gemeten waterpeil in GOG Bovenzanden stijgt net niet tot de overlooptdijkhoogte van het gebied. Het GOG werd dus net niet volledig gevuld tijdens de storm. Het gesimuleerde waterpeil stijgt echter wel tot boven de overlooptdijkhoogte. De overschatting van het waterpeil in het GOG kan niet te wijten zijn aan het gesimuleerde waterpeil in de Rupel want dit wordt onderschat. Mogelijk is de hoogte en lengte van de overlooptdijk, of een onderschatting van het volume van het GOG een oorzaak hiervan. Het gesimuleerde waterpeil in het GOG daalt na het stormhoogwater sneller dan het gemeten waterpeil. Het verschil blijft echter beperkt.

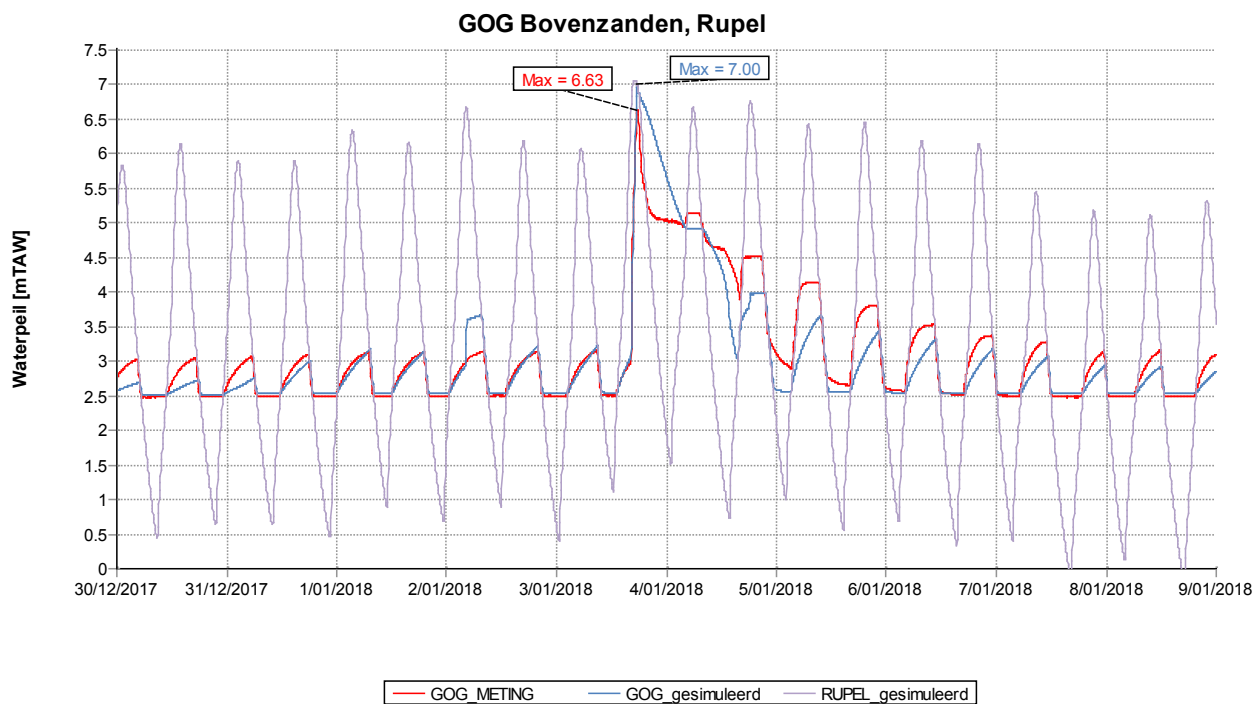
Tabel 30 - Kenmerken GOG Bovenzanden

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooptdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering	+2.5	Meting waterpeil

Figuur 149 - Situering druksensor GOG Bovenzanden



Figuur 150 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Rupel en GOG Bovenzanden - voorspellingsmodel



4.3.10 GOG Zennegat

Het GOG Zennegat omvat een overlooppdijk en een gecombineerde in- en uitwateringsconstructie. Tabel 31 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van het gebied.

In het GOG Zennegat wordt het waterpeil gemeten met druksensoren, door de UA. De druksensor situeert zich nabij de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie (Figuur 151).

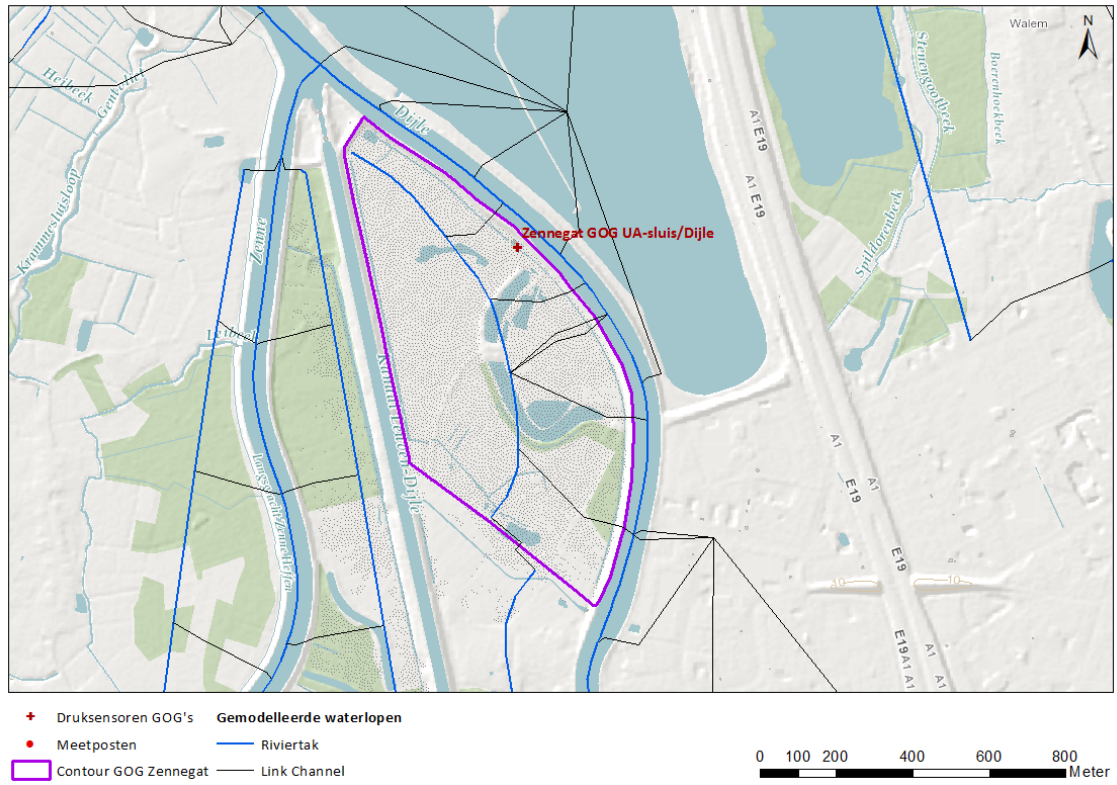
Figuur 152 toont de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Zennegat en in de Dijle ter hoogte van het GOG. In de periode voor de storm worden de hoogwaters in het gebied onderschat. Het gemeten waterpeil vertoont een schommeling van circa 2 m in de periode voor de storm, en van circa 1,5 m in de periode na de storm. Zowel het gemeten als het gesimuleerde waterpeil in het gebied begint reeds te stijgen voor het drempelpeil van de inwateringskokers overtopt is. Dit kan te wijten zijn aan een beperkt instromend debiet door een uitwateringskoker of door afvoer van bovenstroomse gebieden via het GOG. Er wordt echter een beperkt debiet afkomstig van rainfall-runoff opgelegd in het model.

Tijdens de storm is het maximum waterpeil in het debiet gestegen tot boven de hoogte van de overlooppdijk. Het GOG werd volledig gevuld. Het maximum waterpeil tijdens de storm wordt overschat, net als het waterpeil op de Dijle ter hoogte van Mechelen benedensluis. Tijdens de twee volgende hoogwaters kent het gebied nog GOG-werking en worden de hoogwaterpeilen weerom overschat.

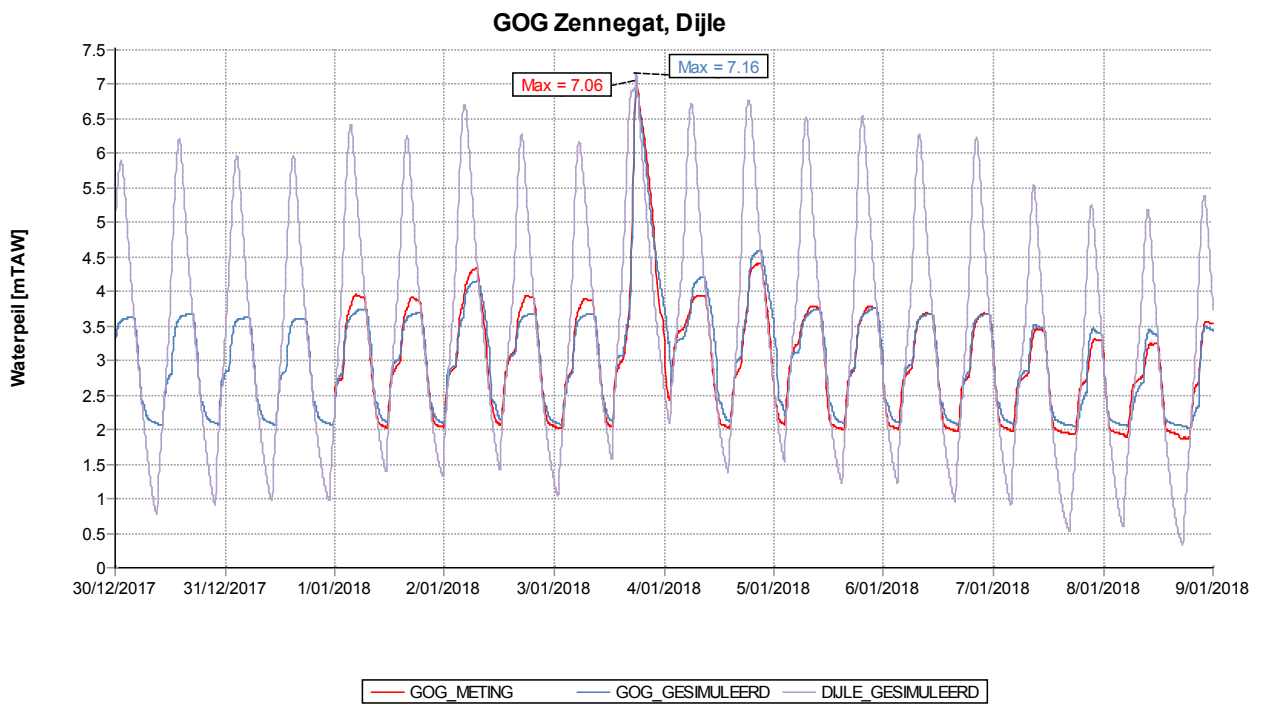
Tabel 31 - Kenmerken GOG-GGG Zennegat

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.5	Ontwerp
Inwatering (GGG)	+4.3	Ontwerp
Uitwatering	+0.8	Ontwerp

Figuur 151 - Situering druksensor GOG Zennegat



Figuur 152 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Dijle en GOG Zennegat - voorspellingsmodel



4.3.11 GOG Polder van Lier

Het GOG Polder van Lier omvat een overlooppdijk en drie uitwateringsstructuren. Tabel 32 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken.

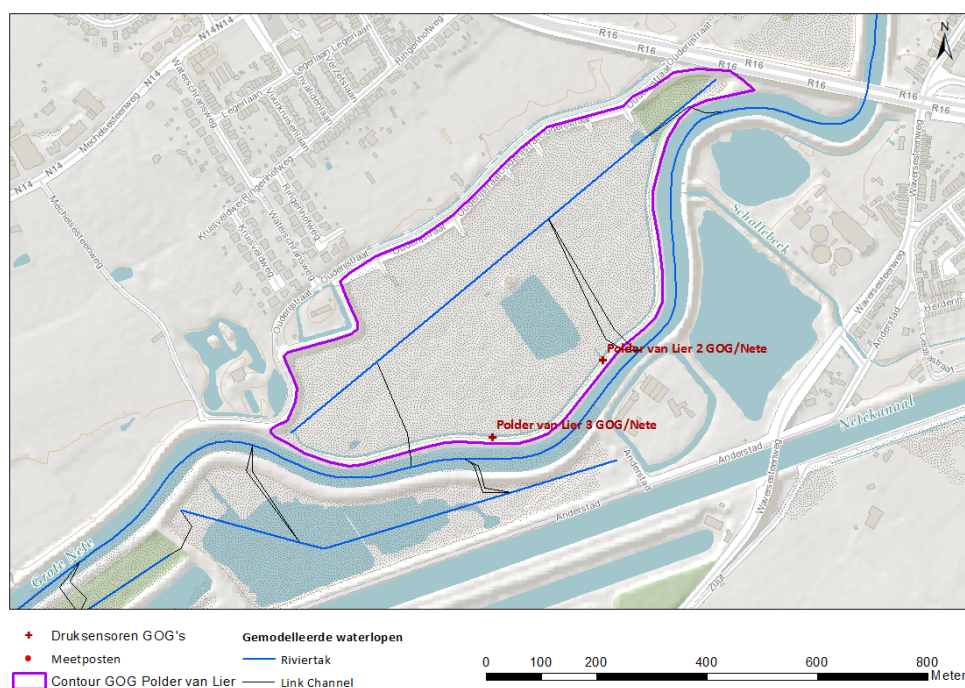
In het GOG Polder van Lier zijn twee druksensoren aanwezig, ter hoogte van de uitwateringsconstructies van het gebied (zie Figuur 153). Oorspronkelijk werden er drie druksensoren geplaatst, waarvan één later verplaatst werd naar GOG Anderstadt opwaarts. Hiervan zijn echter geen betrouwbare gegevens beschikbaar. Figuur 154 en Figuur 155 tonen de gemeten en gesimuleerde waterpeilen in GOG Polder van Lier in de Benedennete ter hoogte van het GOG.

Het gemeten waterpeil in GOG Polder van Lier vertoont een schommeling van 20 tot 30 cm tijdens de periode voor de GOG-werking. Er werd een beperkt debiet van 0,1 m³/s opgelegd op de riviertak van GOG Polder van Lier, toch blijft deze schommeling onderschat. Tijdens het stormhoogwater lijken de gemeten waterpeilen in het GOG echter afgetopt, waardoor het maximum waterpeil in het GOG niet geverifieerd kan worden.

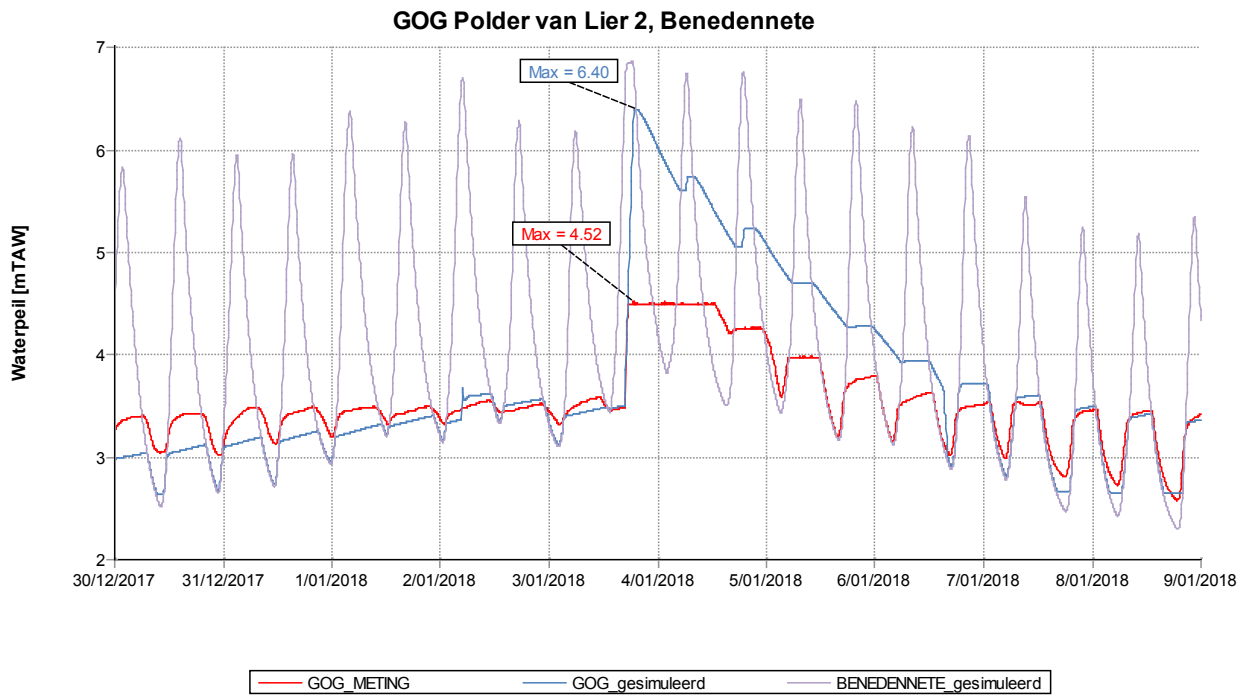
Tabel 32 - Kenmerken GOG Polder van Lier

Structuur	Peil [mTAW]	Herkomst gegevens
Overlooppdijk	+6.75	Opmeting
Uitwatering 1 (opwaarts)	onbekend	-
Uitwatering 2 (centraal)	+2.4	Opmeting
Uitwatering 3 (afwaarts)	onbekend	-

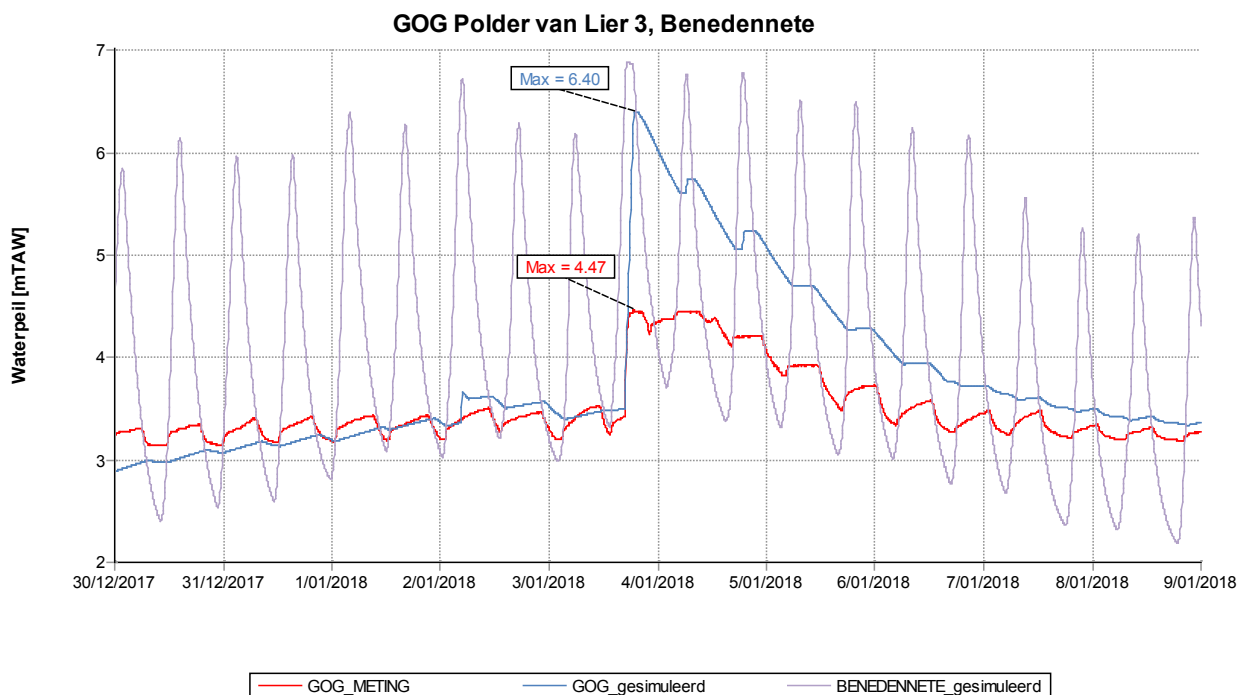
Figuur 153 - Situering druksensoren GOG Polder van Lier



Figuur 154 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 2 - voorspellingsmodel



Figuur 155 - Gemeten en gesimuleerd waterpeil tijdens storm 3 januari 2018 in de Benedennete en GOG Polder van Lier thv druksensor 3 - voorspellingsmodel



5 Vergelijking resultaten hindcast referentiemodel en voorspellingsmodel

Tabel 33 en Tabel 34 geven de gemeten en gesimuleerde waarden van respectievelijk het hoogwater tijdens de storm en het laagwater voor de storm ter hoogte van de verschillende meetposten, zowel voor het referentiemodel als voor het voorspellingsmodel, voor versie 02. Tabel 35 geeft de gemeten en gesimuleerde waarden van het tijverschil, berekend als het verschil tussen het hoog- en laagwater.

Langs de Westerschelde en Zeeschelde is het verschil in de hoog- en laagwaters, tussen het referentie- en studiemodel, quasi nihil. Langs de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde is het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde waarden met beide modellen ook quasi nihil. Langs de Boven-Zeeschelde zijn de verschillen, tussen de gemeten en gesimuleerde waarden met beide modellen, groter naar opwaarts toe. Wanneer echter het waterpeil te Merelbeke opgelegd wordt aan de opwaartse rand, worden de waterpeilen beter gesimuleerd.

Langs de Durme en Rupel bedraagt het verschil tussen beide modellen hoogwaters maximum 2 cm, en in laagwaters maximum 4 cm.

Langs de Dijle zijn de verschillen in hoogwaters groter tussen voorspellings- en studiemodel. Dit is vermoedelijk te wijten aan de afwezigheid van de valleigebieden in het voorspellingsmodel. Hierdoor wordt in het voorspellingsmodel het opwaarts debiet van de (on)bemeten deelbekkens rechtstreeks op de hoofdwaterloop opgelegd, wat leidt tot hogere waterstanden (= overschatting). In het referentiemodel wordt dit debiet verdeeld over de riviertakken en reservoirs in de valleigebieden. Deze benadering komt ook beter overeen met de werkelijkheid waarin een groot deel van de bovenafvoer vertraagd wordt afgevoerd via de valleigebieden.

Het grote verschil in maximum hoogwater op de Zenne te Eppegem is te wijten aan de verschillende opwaartse rand. In het voorspellingsmodel ligt de opwaartse rand van de Zenne te Eppegem, waar het debiet van de limnigraaf opgelegd wordt. De verouderde bathymetrie zorgt daar voor een afwijking van het gesimuleerde ten opzichte van het gemeten hoogwater. In het referentiemodel ligt de opwaartse rand van de Zenne te Vilvoorde, waar eveneens het debiet van de limnigraaf opgelegd wordt. Het zijdelings debiet tussen Vilvoorde en Eppegem is echter niet gekend en ontbreekt in het model. Hierdoor, en tevens door de verouderde bathymetrie, zijn de gesimuleerde stormhoogwaters en laagwaters voor de storm in het referentiemodel ter hoogte van Eppegem, Zemst en Hombeek te laag.

Langs de Benedennete is het verschil in de hoogwaters tussen de modellen beperkt. De laagwaters zijn in het voorspellingsmodel circa 10 cm meer te hoog in vergelijking met het referentiemodel. Langs de afwaartse delen van de Kleine Nete en de Grote Nete zijn de verschillen weerom wat groter. Dit kan op dezelfde wijze verklaard worden als voor de verschillen langs de Dijle. Ook hier wordt in het voorspellingsmodel het opwaarts debiet van de (on)bemeten deelbekkens rechtstreeks op de hoofdwaterloop opgelegd. In het referentiemodel wordt dit debiet verdeeld over de riviertakken en reservoirs in de valleigebieden.

Tabel 33 - Vergelijking gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verschil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		H _{max} gemeten [mTAW]	H _{max} gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	H _{max} gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Westerschelde	Terneuzen	6.31	6.23	-8	6.23	-8	0
	Hansweert	6.52	6.51	-1	6.51	-1	0
	Bath	6.99	6.92	-7	6.92	-7	0
Zeeschelde	Prosperpolder	7.04	7.01	-3	7.02	-2	-1
	Liefkenshoek	7.16	7.10	-6	7.10	-6	0
	Kallo	7.15	7.15	0	7.16	1	-1
	Antwerpen	7.16	7.13	-3	7.13	-3	-1
	Hemiksem	7.15	7.11	-4	7.11	-4	0
	Temse	7.22	7.16	-6	7.17	-5	-1
	Sint-Amands	7.25	7.18	-7	7.19	-7	-1
	Dendermonde	7.06	7.02	-4	7.03	-3	-1
	Schoonaarde	6.52	6.57	5	6.57	5	0
	Wetteren	6.45	6.55	10	6.55	9	0
	Melle	6.58	6.59	1	6.59	1	0
Durme	Tielrode	7.3	7.13	-17	7.14	-16	-1
	Waasmunster manta	7.14	6.90	-24	6.88	-26	2
Rupel	Walem	7.12	7.06	-6	7.07	-5	-1
	Boom	7.18	7.16	-2	7.17	-1	-1
Dijle	Mechelen benedensluis	7.09	7.10	1	7.25	16	-15
	Mechelen opwaarts stuw	7.16	7.21	4	7.36	20	-15
	Rijmenam	7.54	7.47	-7	7.64	10	-17
	Wilsele	13.75	13.91	16	13.91	16	0

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verskil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		H _{max} gemeten [mTAW]	H _{max} gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verskil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	H _{max} gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verskil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Demer	Aarschot	12.21	12.53	32	12.55	34	-3
Zenne	Hombeek	7.17	7.12	-5	7.18	1	-5
	Zemst	7.22	7.18	-4	7.25	3	-7
	Epegem	8.85	7.95	-90	8.81	-4	-85
	Vilvoorde	10.68	9.39	-129			
Benedennete	Duffel	7.03	7.06	3	7.07	4	-1
	Lier Molbrug	6.86	6.84	-2	6.89	3	-5
Kleine Nete	Emblem	6.94	6.95	1	7.09	15	-14
	Grobbendonk	8.17	8.35	18	8.39	22	-3
Grote Nete	Kessel	6.93	6.90	-4	7.04	11	-14
	Hulshout	8.55	8.55	0	8.77	22	-22
	Geel-Zammel	14.55	14.57	2	14.61	6	-4

Tabel 34 - Vergelijking gemeten en gesimuleerde laagwaters voor storm -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verschil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		LW voor storm gemeten [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Westerschelde	Terneuzen	0.90	0.87	-3	0.86	-4	0
	Hansweert	0.87	0.83	-5	0.82	-5	1
	Bath	0.76	0.76	0	0.76	-1	0
Zeeschelde	Prosperpolder	0.64	0.71	7	0.71	7	0
	Liefkenshoek	0.68	0.64	-4	0.64	-4	1
	Kallo	0.57	0.61	4	0.60	3	0
	Antwerpen	0.61	0.58	-3	0.57	-4	0
	Hemiksem	0.65	0.64	-2	0.63	-2	0
	Temse	0.74	0.73	-2	0.71	-3	2
	Sint-Amands	1.11	1.05	-6	1.03	-8	2
	Dendermonde	2.32	2.09	-23	2.07	-25	2
	Schoonaarde	3.28	3.14	-15	3.13	-15	0
	Wetteren	4.46	4.17	-29	4.17	-29	0
	Melle	5.26	4.82	-44	4.82	-44	0
Durme	Tielrode	0.82	0.78	-4	0.76	-6	2
	Waasmunster manta	5.00	4.82	-18	4.87	-13	-5
Rupel	Walem	1.30	1.13	-17	1.17	-13	-4
	Boom	0.88	0.81	-7	0.82	-6	-1
Dijle	Mechelen benedensluis	2.54	2.55	1	2.54	0	1
	Mechelen opwaarts stuw	3.49	3.48	1	3.84	35	-34
	Rijmenam	6.23	6.05	-18	6.05	-18	0
	Witsele	13.27	13.59	32	13.59	32	0
Demer	Aarschot	11.58	11.90	32	11.90	32	0

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verschil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		LW voor storm gemeten [mTAW]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	LW voor storm gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Zenne	Hombeek	3.33	2.68	-66	3.16	-17	-49
	Zemst	4.44	3.82	-62	4.43	-1	-60
	Epepegem	7.94	7.73	-21	8.49	55	-76
	Vilvoorde	9.47	9.01	-46			
Benedennete	Duffel	2.27	2.34	7	2.43	16	-9
	Lier Molbrug	3.75	3.80	5	3.98	23	-18
Kleine Nete	Emblem	4.94	5.12	18	5.30	36	-18
	Grobbendonk	7.49	7.80	31	7.81	32	-1
Grote Nete	Kessel	5.09	5.20	11	5.54	45	-34
	Hulshout	8.25	8.46	21	8.65	40	-19
	Geel-Zammel	14.42	14.43	1	14.51	9	-8

Tabel 35 - Vergelijking gemeten en gesimuleerd tijverschil -met referentiemodel en voorspellingsmodel- tijdens storm 3 januari 2018 ter hoogte van de meetposten

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verschil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		Tijverschil gemeten [mTAW]	Tijverschil gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	Tijverschil gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Verschil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Westerschelde	Terneuzen	5.44	5.36	-8	5.37	-7	-1
	Hansweert	5.70	5.68	-1	5.69	0	-1
	Bath	6.23	6.16	-7	6.17	-7	-1
Zeeschelde	Prosperpolder	6.33	6.30	-3	6.31	-2	-1
	Liefkenshoek	6.52	6.45	-6	6.46	-6	-1
	Kallo	6.55	6.54	0	6.56	1	-1
	Antwerpen	6.58	6.55	-3	6.56	-2	-1
	Hemiksem	6.52	6.47	-4	6.48	-3	-1
	Temse	6.50	6.43	-6	6.46	-4	-2
	Sint-Amands	6.20	6.13	-7	6.15	-5	-2
	Dendermonde	4.97	4.92	-4	4.95	-1	-3
	Schoonaarde	3.39	3.43	5	3.44	5	0
	Wetteren	2.28	2.38	10	2.38	9	0
	Melle	1.76	1.78	1	1.77	1	0
Durme	Tielrode	6.53	6.36	-17	6.39	-14	-3
	Waasmunster manta	2.32	2.08	-24	2.02	-30	6
Rupel	Walem	5.99	5.92	-6	5.90	-9	2
	Boom	6.37	6.35	-2	6.35	-2	0
Dijle	Mechelen benedensluis	4.54	4.56	2	4.71	17	-16
	Mechelen opwaarts stuw	3.67	3.71	4	3.52	-14	19
	Rijmenam	1.49	1.42	-7	1.59	10	-17
	Wilsele	0.16	0.32	16	0.33	16	0

Rivier	Meetpost	METING	Referentiemodel		Voorspellingsmodel		Verskil referentie – voorspellingsmodel [cm]
		Tijverschil gemeten [mTAW]	Tijverschil gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	Tijverschil gesimuleerd_vs02 [mTAW]	Vershil gesimuleerd_vs02 – gemeten [cm]	
Demer	Aarschot	0.31	0.63	32	0.65	34	-3
Zenne	Hombeek	4.50	4.45	-5	4.02	-48	43
	Zemst	3.40	3.36	-4	2.83	-57	53
	Epepegem	1.12	0.22	-90	0.32	-80	-10
	Vilvoorde	1.67	0.39	-129	0.00	-167	39
Benedennete	Duffel	4.69	4.72	3	4.64	-4	7
	Lier Molbrug	3.06	3.04	-2	2.91	-15	13
Kleine Nete	Emblem	1.82	1.83	1	1.79	-3	4
	Grobbendonk	0.37	0.55	18	0.57	21	-2
Grote Nete	Kessel	1.73	1.70	-4	1.50	-23	19
	Hulshout	0.10	0.10	0	0.12	3	-3
	Geel-Zammel	0.12	0.15	2	0.11	-2	4

6 Conclusies

De storm van 3 januari 2018 zorgde voor een verhoging van het hoogwater in het Zeescheldebekken, met als gevolg een overschrijding van het waakpeil in Antwerpen, gevolgd door twee hoogwaters waarbij het prewaakpeil overschreden werd.

Met het recent geactualiseerde 1D-referentiemodel van de Zeeschelde, en het hieruit afgeleide voorspellingsmodel, werd deze storm nagerekend. De resultaten van deze berekening werden gebruikt voor een evaluatie van de performantie van deze modellen. Algemeen kan gesteld worden dat langs de Zeeschelde en de afwaartse gedeelten van de tijgebonden zijrivieren de gesimuleerde waterpeilen de metingen vrij goed benaderen. De hoogwaters voor het stormhoogwater worden veelal overschat. Het stormhoogwater en de twee volgende verhoogde hoogwaters worden meestal onderschat. Het verschil bedraagt echter maximum 12 cm langs de Zeeschelde.

Langs de Boven-Zeeschelde benaderen de gesimuleerde waterpeilen beter de metingen wanneer gebruik gemaakt wordt van een opgelegd gemeten waterpeil aan de opwaartse rand te Merelbeke. Dit wordt tevens toegepast in het operationele voorspellingsstelsel, hetzij met een voorspeld waterpeil uit het model van Leie-Bovenschelde. Dagdebieten zijn niet voldoende om goed de waterstanden te modelleren afwaarts Melle. In de doorgerekende periode werd de sluis te Merelbeke geopend en gesloten. Dit is duidelijk merkbaar in de metingen (zie Stormrapport (Meire *et al.*, 2018)).

Langs de meer opwaartse gedeelten van de zijrivieren is het verschil tussen gemeten en gesimuleerde stormhoogwaters groter, evenals het verschil tussen de gesimuleerde hoogwaters in de modellen. Zowel langs de Grote Nete als de Kleine Nete kan dit verklaard worden door de bodemruwheid in het model. Deze is sterk afhankelijk van de plantengroei in de rivier. Het verschil in gesimuleerde waterpeilen tussen de modellen is hier te verklaren door de afwezigheid van parallelle takken die het valleigebied voorstellen in het voorspellingsmodel. Hierdoor wordt het zijdelings debiet van de (on)bemeten deelbekkens overschat.

In de Zenne worden de verschillen enerzijds veroorzaakt door de verouderde bathymetrie in de modellen, en anderzijds door de verschillende ligging van de opwaartse rand in het model. In het voorspellingsmodel ligt de opwaartse rand van de Zenne in Epegem, waardoor hier een correct debiet opgelegd wordt. In het referentiemodel is het debiet ter hoogte van Epegem bepaald door het opgelegde debiet in Vilvoorde en het ongekende zijdelingse debiet van onder andere de hevels.

Door de beschikbaarheid van waterpeilmetingen (druksensoren) in een aantal GOG's in het Zeescheldebekken kon ook het berekende waterpeil in deze GOG's geëvalueerd worden. In de GOG's is het laagst gemeten waterpeil vaak gelijk aan de hoogte waarop het meettoestel hangt. Een lager waterpeil kan bijgevolg niet geregistreerd worden. Vaak treedt er voor en na de storm een schommeling op van het waterpeil in het GOG of verloopt de uitwatering te traag of te snel. Dit gedrag zou veroorzaakt kunnen worden door de aanwezigheid van slib in de uitwateringsstructuur, lekkende terugslagkleppen of afvoer van water uit het achterland via het GOG. Dit zou op het terrein gecontroleerd moeten worden.

In GOG Tielrodebroek, Scheldebreek, Potpolder I en Bovenzanden wordt het maximum waterpeil in het GOG overschat, terwijl het hoogste hoogwater in de Zeeschelde, Rupel of Durme onderschat wordt. Dit betekent dat het overloopdebiet overschat wordt of het bergingsvolume in het GOG onderschat wordt.

De gemeten waterpeilen in GOG-GGG Bergenmeersen vertonen een verloop dat niet overeenstemt met wat verwacht wordt op basis van de drempelpeilen van de in- en uitwateringssluizen. In het logboek staat echter vermeld dat er heel veel drijfvuil aanwezig is rondom de koker, en sediment in de koker. Dit beïnvloedt vermoedelijk het waterpeil in de koker waardoor de meting minder betrouwbaar is.

In het GOG Polder van Lier zijn de gemeten waarden afgetoet, waardoor het maximum waterpeil in het GOG niet kan geverifieerd worden.

7 Referenties

Bogman, P.; Gullentops, C.; Smets, S.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2018). Uitbreiding functionaliteit voorspellingssysteem HIC: FEWS Vlaanderen 2: deelrapport 1. Optimalisatie en uitbouw FEWS Vlaanderen. Versie 3.0. *WL Rapporten, 15_105_1*. IMDC: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=292685>

Coen, L.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Mostaert, F. (2018). Mike11 model Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren - Beschrijving versie 2015. Versie 4.0. *WL Rapporten, 14_106_6*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Coen, L.; Vanderkimpen, P.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Integraal plan Boven-Zeeschelde – Veiligheidstoets B-&C-alternatieven: deelrapport 1. Kalibratie Zeescheldemodel. Versie 5.0. *WL Rapporten, 14_176_1*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. XXVII, 54 + 199 appendices pp.

DHI. (2012). MIKE11. A modelling system for rivers and channels. Reference manuel. MIKE by DHI

Meire, D.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2018). Stormrapport: Storm januari 2018. Versie 4.0 *WL Rapporten, 00_119_13*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Gegevens waterpeilen en debieten, wind, stuwen, uitwateringsconstructies:

- Hydrologisch Informatiecentrum en VMM: www.waterinfo.be
- Rijkswaterstaat: <http://live.waterbase.nl> en waterinfo.rws.nl
- KNMI: www.knmi.nl
- Patrimoniumdatabank De Vlaamse Waterweg: <http://patrimonium.wenz.local/pdb/>

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be