
Globale evaluatie overstromingen 2010

BIJLAGE 2.1

Rapport van het Waterbouwkundig Labo



mei 2011



departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010

BESCHRIJVING HYDROLOGISCHE GEBEURTENISSEN



738_03

WL Rapporten

Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010

Beschrijving hydrologische gebeurtenissen

Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.; Vanneuvillie, W.; Viaene, P.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F.

April 2011

WL2011R738_03_4rev2_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.; Vanneuvillie, W.; Viaene, P.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2011). Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010: Beschrijving hydrologische gebeurtenissen. Versie 2_0. WL Rapporten, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

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

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

Documentidentificatie

Titel:	Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010: Beschrijving hydrologische gebeurtenissen		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2011R738_03_4rev2_0
Keywords (3-5):	Overstroming november 2010		
Tekst (p.):	87	Tabellen (p.):	/
Bijlagen (p.):	13	Figuren (p.):	/
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	☒ Nee		☐ Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.	Revisor Viaene, P.; Vanneuvillie, W.; Mostaert, F.	Projectleider Boeckx, L.	Afdelingshoofd Mostaert, F.
---	--	-----------------------------	--------------------------------

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	07/12/2010	Conceptversie	Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.
1_1	12/04/2011	Inhoudelijke revisie, gevalideerde data	Viaene, P.; Vanneuvillie, W.; Mostaert, F.
2_0	15/04/2011	Definitieve versie	Boeckx, L.

Abstract

In de periode van 11 tot 16 november 2010 werd Vlaanderen getroffen door zware overstromingen. Langs de Dender en het systeem Zenne-Zeekanaal waren de gevolgen van de overstromingen het ergst. In de dagen voor, tijdens en na de overstromingen maakte het HIC voorspellingen en verzamelde relevante informatie voor de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Met al deze basisinformatie konden steeds de meest recente verwachtingen opgemaakt worden. Dit rapport geeft de hydrologische gebeurtenissen weer in cijfers.

Neerslag: Tussen 11 en 14 november viel er in het centrum van het land ongeveer 80 mm neerslag, lokaal meer. Ook de Waalse bovenlopen van de Dender en de Zenne kregen neerslaghoeveelheden van die grootteorde tot zelfs iets meer te verwerken. Enkel in het westen viel beduidend minder neerslag. Deze gebeurtenis op zich is niet extreem, maar gecombineerd met de antecedente neerslag en bodemverzadiging kon dit leiden tot de extreme afvoeren die gemeten werden.

De gevallen neerslaghoeveelheden werden in het begin van de week onderschat door het KMI. Vrijdag werd de gevallen hoeveelheid neerslag min of meer juist voorspeld voor het ganse weekend, maar de regio (Vlaanderen/Wallonië) en de intensiteit van de neerslag op zaterdagvoormiddag werd nooit verwacht. De voorspelde hoeveelheden waren echter wel voldoende om een aantal preventieve maatregelen te nemen langs de bevaarbare waterlopen, wat ook gebeurde.

Dender: Op de Dender werd te Overboelare ongeveer 114 m³/s gemeten, wat bijna 50% meer is dan het maximale debiet in januari 2003 (81 m³/s). Bovendien kwam de piekafvoer van opwaarts (Dender in Overboelare) bijna gelijktijdig toe met de piekafvoeren van de belangrijkste zijwaterlopen. Hierdoor stroomde er zeer veel water tegelijk in de Dender. Dit vertaalde zich in een zeer trage beweging van de afvoergolf van op- naar afwaarts. Waar vroegere, kleinere afvoergolven enkele uren na de registratie in Overboelare al afwaarts waargenomen werden, duurde dit nu anderhalve dag.

Ook maandag 15/11 en dinsdag 16/11 waren er nog bijkomende overstromingen in de meer afwaartse delen langs de Dender.

Zenne-Zeekanaal: De overstromingen langs de Zenne en het Kanaal naar Charleroi waren te wijten aan de extreem hoge debieten die moesten afgevoerd worden. De afvoer van de Zenne opwaarts Brussel stort bij hoge afvoeren voor een groot stuk over in het Kanaal naar Charleroi. De som van de afvoer vanuit Wallonië op het Kanaal naar Charleroi en de overstort van de Zenne was te hoog om zonder waterstandstijging te verwerken, zelfs als de kunstwerken op het Kanaal naar Charleroi volledig werden ingezet om maximale afvoer te verzekeren. Op de bovenlopen van de Zenne in Wallonië werden retourperiodes van meer dan 100 jaar geregistreerd, op de Zenne zelf is voor het meetpunt te Tubize zelfs sprake van een terugkeerperiode van 1000 jaar (SETHY).

Elders in Vlaanderen: Ook op alle andere bevaarbare waterlopen in Vlaanderen waren de afvoeren sterk verhoogd, maar de gevolgen minder extreem. De retourperiodes van de afvoeren waren hier beduidend kleiner.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	IV
Lijst van de figuren	V
1 Werking HIC	1
Maandag 8/11/10 en dinsdag 9/11/10	1
Woensdag 10 november	1
Donderdag 11 november	2
Vrijdag 12 november	3
Zaterdag 13- maandag 15 november	3
2 Hydrologie	7
Antecedente neerslag	7
Neerslag 9-15 november 2010	9
Algemene beschrijving	9
Terugkeerperiode neerslag	10
Neerslag per bekken	11
Neerslag historische events	11
Combinatie antecedente neerslag en neerslag storm 9-15 november 2010	12
Bodemverzadiging	13
Hydrologische reactie van bekkens	14
Conclusie	16
3 Dender	17
Beschrijving van het riviersysteem	17
Metingen en registraties tijdens de hoogwaterperiode	23
Debieten	23
Waterstanden	27
Realiteit van meten tijdens een hoogwaterperiode	28
Overstromingen	30
Besluit Dender	32

4	Zenne-Zeekanaal	33
	Beschrijving van het riviersysteem	33
	Schematisatie	33
	Structuren	36
	Metingen en registraties tijdens de hoogwaterperiode	39
	Afvoeren vanuit Wallonië	39
	Wat gebeurt er in Vlaanderen met bovenstaande afvoeren?	40
	Brussel?	43
	Afwaarts Brussel?	43
	Overstromingen	44
	Conclusies voor het systeem Zenne-Zeekanaal	49
5	Bekkens van de Boven-Schelde, Leie, Gentse Kanalen en Brugse Polders	50
	Beschrijving van het riviersysteem	50
	Waterverdeling Groot Pand	51
	Kunswerken op Leie en Boven-Schelde	52
	Metingen en registraties tijdens hoogwaterperiode: Boven-Schelde	52
	Debieten Boven-Schelde	52
	Leie	56
	Debieten Leie	56
	Waterstanden Leie	59
	Debietsverdeling Groot Pand	61
	Peilen Groot Pand	61
	Afvoer richting Brugge-Oostende	62
	Afvoer richting Heist (Afleidingskanaal)	65
	Afvoer richting Terneuzen	67
	Afvoer richting Zeeschelde (Melle)	69
	Totale verdeling Debieten Groot Pand	70
6	Demer	72
	Beschrijving van het systeem	72
	Registraties tijdens de hoogwaterperiode	72
	Debieten	72
	Peilen	74
	Conclusie Demer	75

7	Tijgebied	76
	Algemeen	76
	Melle	77
	Netes	78
	Conclusies tijgebied	80
8	IJzer	81
	Beschrijving van het systeem	81
	Registraties tijdens hoogwaterperiode	83
	Conclusie IJzer	84
9	Maas	85
10	Referentielijst	86
	BIJLAGE A: metingen op-en afwaarts stuwen Dender	B1
	BIJLAGE B: NEERSLAG PER BEKKEN	B6
	Beschikbare pluviografen	B6
	Denderbekken	B8
	Zennebekken	B9
	IJzerbekken	B9
	Leiebekken	B10
	Boven-Scheldebekken	B10
	Bekken van de Gentse Kanalen	B11
	Bekken van de Brugse Polders	B11
	Demerbekken	B12
	Netebekken	B13
	Maasbekken	B13

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Aantal getroffen gebouwen volgens overlay van gekarteerde helikopterbeelden en CADMAP 2010	6
Tabel 2: Maandneerslagen augustus-november 2010	7
Tabel 3: Decadeneerslagen augustus-november 2010	8
Tabel 4: 20 grootste neerslaggebeurtenissen bij variërende agregatieduur (Ukkel)	8
Tabel 5: Overzicht neerslag historische events	11
Tabel 6: 20 grootste stormen bij variënde agregatieduur (Stehoux)	12
Tabel 7: Stuwpannen op de Vlaamse Dender met streefpeilen	19
Tabel 8: 15 hoogste afvoeren Dender Overboelare sinds 2001	24
Tabel 9: Overzicht maximale waterstanden november 2010 versus december 2002-januari 2003 en normaalpeilen	27
Tabel 10: Kunstwerken Leie en Boven-Schelde met bijhorende streefpeilen	52
Tabel 11: 15 hoogste afvoeren Boven-Schelde Bossuit sinds 2001	52
Tabel 12: 15 hoogste afvoeren Leie Menen sinds 1998	56
Tabel 13: 15 hoogste afvoeren voor de Leie te Sint-Baafs-Vlĳve	58
Tabel 14: Hoogste afvoeren op de Demer te Aarschot sinds 1975	73

Lijst van de figuren

Figuur 1: Deel uit het hoogwaterbericht van maandag 8 november, 14u	1
Figuur 2: Deel uit het hoogwaterbericht van woensdag 10 november, 9u Hoewel de verwachte neerslaghoeveelheden niet zouden leiden tot kritieke overstromingen langs de bevaarbare waterlopen, worden wel een aantal standaardmaatregelen genomen voor een periode met (sterk) verhoogde afvoeren.	2
Figuur 3: Neerslagverwachting van het KMI in actief verstuurde fax van donderdag 11 november, 13u ..	2
Figuur 4: Deel uit het hoogwaterbericht van vrijdag 12 november, 18u	3
Figuur 5: Neerslagverwachting van het KMI in actief verstuurde fax van vrijdag 12 november, 13u en kaartje met neerslagverwachtingen tussen vrijdag 12/11, 22u en zondag 14/11, 22u	3
Figuur 6: Gemeten (links) en voorspelde neerslag (rechts) voor zaterdagvoormiddag 13 november	4
Figuur 7: Voorspelde neerslag in het Dendervoorspellingsmodel van het HIC en gemeten neerslag voor dezelfde periode (Denderleeuw en Enghien): vrijdagmiddag tot zaterdagavond.....	4
Figuur 8: Alarmtoestand in Vlaanderen op de website van het HIC (www.waterstanden.be), zondagvoormiddag 14 november.....	5
Figuur 9: Gekarteerde overstromingen op basis van helikoptervluchten op het Geoloket enkele dagen na de overstromingen.	6
Figuur 10: Neerslaghoeveelheid per maand te Ukkel . 2010: rood, Gemiddelden:blauw	7
Figuur 11: Cumulatieve neerslag Ukkel (09/11/2010 00h00 - 16/11/2010 00h00).....	9
Figuur 12: Ruimtelijke verdeling neerslag voor storm november 2010voor gebied waarvan gevalideerde KMI-data beschikbaar zijn op het moment van publicatie	10
Figuur 13: Neerslag ifv aggregatieduur met aanduiding IDF - curves, Stehoux	11
Figuur 14: Ogenblikkelijke en antecedent neerslag voor stormen geselecteerd op basis van neerslagmeetreeks Stehoux	13
Figuur 15: Jaarlijkse evolutie L/Lmax uit hydrologisch model van de Zenne opwaarts Tubize.....	14
Figuur 16: Ruimtelijke variatie van gesimuleerd afvoervolume in Vlaanderen voor een uniforme neerslag en evapotranspiratie.....	15
Figuur 17: Ruimtelijke variatie van gesimuleerde piekdebieten in Vlaanderen voor een uniforme neerslag en evapotranspiratie	16
Figuur 18: Situering Dender	18
Figuur 19: Situering watering 2009 en Denderbellebroek.	20
Figuur 20: Meetpunten waterstanden en debieten in het Denderbekken	22
Figuur 21: Vergelijking neerslagsommen en debieten te Overboelare voor november 2010 en januari 2003	23
Figuur 22: Afijking van de extreme-waarden verdeling voor debieten te Overboelare zonder de gebeurtenissen van november 2010 en januari 2011	25
Figuur 23: Afijking van de extreme-waarden verdeling voor debieten te Overboelare met de gebeurtenissen van november 2010 en januari 2011	25
Figuur 24: Debieten op de Dender in Bilhée (zwart), Lessines (blauw) en Overboelare (rood).....	26
Figuur 25: Debieten op de belangrijkste zijwaterlopen van de Dender (Data VMM-niet gevalideerd)	26

Figuur 26: Peilen Denderbelle afwaarts (blauw), Dendermonde opwaarts (rood) en het vulpeil van het Denderbellebroek (zwart).....	28
Figuur 27: Waterstanden in Overboelare (volle blauwe lijn: gemeten; blauwe streeplijn: gereconstrueerd)	29
Figuur 28: Debieten in Bilhée (volle blauwe lijn: gemeten; blauwe streeplijn: gereconstrueerd)	29
Figuur 29: Foto van de overstroomde gebieden langs de Dender ter hoogte van Geraardsbergen, genomen vanuit de helikopter (14/11/2010).....	30
Figuur 30: Kaart van de overstroomde gebieden langs de Dender op basis van de helikopterbeelden gemaakt op 14/11 en 15/11.	31
Figuur 31: Geografische situering Zenne-Zeekanaal	33
Figuur 32: Schematisatie systeem Zenne-Zeekanaal	34
Figuur 33: Vereenvoudigd schematisch overzicht interacties Zenne - Kanaal naar Charleroi – Zeekanaalsysteem	36
Figuur 34: Overlaat te Lembeek.....	37
Figuur 35: Overlaat van de AA	38
Figuur 36: Zelfaanzuigende Hevels te Vilvoorde	38
Figuur 37: Schematisatie van systeem Zenne-Zeekanaal met aanduiding metingen Q1 tot Q4.	39
Figuur 38: Overzicht afvoeren vanuit Wallonië: Zenne te Tubize (donderblauw), Samme te Ronquires (oranje), Senette te Oisquerc (groen) en de Hain te Brain-le-Chateau (lichtblauw).....	40
Figuur 39: Afvoeren op het Kanaal Brussel-Charleroi: Ruisbroek (groen-geschat), Lembeek (Oranje), Samme te Ronquieres (donkerblauw) lichtblauw (Hain te Brain-le-Chateau).....	41
Figuur 40: Waterstanden en afvoeren op de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel: peil Zenne Lembeek – opwaarts stuw (rood), peil Zenne te Lot (groen), afvoer Zenne Lot (blauw)	42
Figuur 41: Overstromingskaart Zenne-Kanaal naar Charleroi op 14/11/2011, 14u	42
Figuur 42: Overstroming sluis Anderlecht (links) en sluisplateau Molenbeek (rechts).....	43
Figuur 43: Afvoeren en waterstanden op de Zenne in Vlaanderen – afwaarts Brussel. Peil Eppegem (groen), afvoeren Eppegem (blauw) en Vilvoorde (oranje)	44
Figuur 44: Overstromingskaart omgeving Lembeek (14/11/2010 14u).....	45
Figuur 45: Overstromingskaart omgeving Ruisbroek (14/11/2010 14u)	46
Figuur 46: Foto van overstroming opwaarts Ruisbroek (Mouin de Ruisbroek) (14/11/2010 14u).....	46
Figuur 47: Overstromingskaart omgeving Lot (14/11/2010 14u).....	47
Figuur 48: Foto overstroming rond sluis Lot (14/11/2010 14u)	47
Figuur 49: Overstromingskaart omgeving Halle (14/11/2010 14u)	48
Figuur 50: Overstroming kanaal naar Charleroi opwaarts sluis te Halle (14/11/2011).....	49
Figuur 51: Bevaarbare waterlopen rond Gent met aanduiding van een aantal relevante meetlocaties...	50
Figuur 52: Debieten Boven-Schelde: Bossuit (rood) en Gavere (blauw)	53
Figuur 53: Waterstanden Boven-Schelde: Kerkhove opwaarts (rood) en Kerkhove afwaarts (blauw)	54
Figuur 54: Waterstanden Boven-Schelde: Oudenaarde opwaarts (rood) en Oudenaarde afwaarts (blauw)	55
Figuur 55: Waterstanden Boven-Schelde (Asper) opwaarts (zwart) en afwaarts (blauw)	55
Figuur 56: afijking extreme waarden verdeling Leie te Menen.....	56
Figuur 57: Debieten Leie: Menen (rood) en Machelen (blauw).....	57

Figuur 58: Afijking extreme waarden verdeling	58
Figuur 59: Peilen Leie Menen met aanduiding waak-en alarmdrempel	59
Figuur 60: Peilen Leie: Harelbeke opwaarts (rood) en Harelbeke afwaarts (groen)	60
Figuur 61: Luchtbeeld sluis/stuw Sint-Baafs-Vijve (bron: Google Maps) en peilen opwaarts (rood) en afwaarts (groen) de stuw	60
Figuur 62: Peilen Ringvaart te Evergem met weergave van waak-en alarmpeil	61
Figuur 63: Peilen Leie te Deinze met weergave van waak-en alarmpeil	62
Figuur 64: Peilen Sas Slijkens opwaarts (groen) en afwaarts (rood)	63
Figuur 65: Debiet (rechts) en peilen (links) Kanaal Gent-Oostende te Varsenare	63
Figuur 66: Peilen Kanaal Gent-Oostende te Oudenburg-Plassendale	64
Figuur 67: Afvoer Kanaal Gent-Oostende te Beernem via de Keersluis (blauw) en peilen Brugge-Steenbrugge (groen). Debieten via de stuw naast de Keersluis zijn niet weergegeven	65
Figuur 68: Peilen Afleidingskanaal te Adegem-Balgerhoeke	66
Figuur 69: Afvoeren op het Afleidingskanaal (Merendree rood, Zomergem blauw)	67
Figuur 70: Indicatieve debieten Ringvaart Evergem	68
Figuur 71: Peilen Moervaart Sinaai (zwart) en Mendonk (rood), peilen Kanaal Gent-Terneuzen Wondelgem (groen).	68
Figuur 72: Peilen opwaarts Merelbeke (rood) en afwaarts Merelbeke (blauwx)	69
Figuur 73: Zeeschelde Melle debieten	70
Figuur 74: Schema waterverdeling Groot Pand tijdens was november 2010	71
Figuur 75: Bevaarbare Demer met aanduiding van de belangrijkste meetlocaties	72
Figuur 76: Debieten op de Demer: Diest (blauw) Zichem (zwart) en Aarschot (rood)	73
Figuur 77: Peil Demer te Aarschot met aanduiding van waak-en alarmpeil	74
Figuur 78: Peil Demer te Zichem met aanduiding waak-en alarmpeil	75
Figuur 79: Afvoeren aan de opwaartse randen van het tijgebied	76
Figuur 80: Afvoer Schelde te Melle	77
Figuur 81: Waterstanden Zeeschelde te Melle	78
Figuur 82: Afvoer Kleine Nete: Grobbendonk (rood) en Grote Nete (Hulshout): blauw	79
Figuur 83: Peil Grobbendonk (Kleine Nete) met aanduiding van waak-en alarmpeil	79
Figuur 84: Peil Grote Nete (Hulshout) met aanduiding van waak-en alarmpeil	80
Figuur 85: Belangrijke bevaarbare assen voor het waterbeheer in het IJzerbekken met aanduiding van de belangrijkste meetposten	82
Figuur 86: Debiet IJzer Roesbrugge: november 2010 en 15 hoogste afvoeren sinds 1987	83
Figuur 87: Afvoer Lokanaal Lo-Reninge (links) en Peil Lokanaal Lo-Reninge (links)	83
Figuur 88: Peil IJzer Lo-Fintele	84
Figuur 89: Peil Kanaal Duinkerke-Nieuwpoort te Veurne	84
Figuur 90: Debiet Maas te Maaseik	85
Figuur 91: Peil Maas te Lanaken-Smeermaas met aanduiding van waak-en alarmpeil	85

Figuur 92: Waterstanden op-en afwaarts stuw Geraardsbergen: piek werd geschat	B1
Figuur 93: Waterstanden op-en afwaarts stuw Idegem	B2
Figuur 94: Waterstanden op-en afwaarts stuw Pollare	B3
Figuur 95: Waterstanden op-en afwaarts stuw Denderleeuw	B3
Figuur 96: Waterstanden op-en afwaarts stuw Terafene	B4
Figuur 97: Waterstanden op-en afwaarts stuw Aalst	B4
Figuur 98: Waterstanden op-en afwaarts stuw Denderbelle	B5
Figuur 99: Cumulatieve neerslag pluviografen in het Denderbekken	B8
Figuur 100: Cumulatieve neerslag voor pluviografen in het Zennebekken en Brussel	B9
Figuur 101: Cumulatieve neerslag pluviografen IJzerbekken	B9
Figuur 102: Cumulatieve neerslag pluviografen Leiebekken	B10
Figuur 103: Cumulatieve neerslag pluviografen Boven-Scheldebekken	B10
Figuur 104: Cumulatieve neerslag pluviografen Gentse Kanalen	B11
Figuur 105: Cumulatieve neerslag pluviografen Bekken van de Brugse Polders	B11
Figuur 106: Cumulatieve neerslag pluviografen Demerbekken	B12
Figuur 107: Cumulatieve neerslag pluviografen Netebekken	B13
Figuur 108: Cumulatieve neerslag pluviografen Maasbekken	B13

1 Werking HIC

In wat volgt wordt de werking van de permanentiedienst van het HIC (Hydrologisch InformatieCentrum) van het Waterbouwkundig Laboratorium beschreven. Het HIC is ondermeer verantwoordelijk voor het meten en voorspellen op de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Bij gebeurtenissen zoals in november 2010 is de permanentiedienst verantwoordelijk voor het aanleveren van correcte informatie en geïnterpreteerde verwachtingen.

Maandag 8/11/10 en dinsdag 9/11/10

Maandag 8 november geeft de voorspeller van dienst per mail aan alle collega's van het voorspelteam aan dat er veel neerslag verwacht wordt tegen het einde van de week. Strikte opvolging is noodzakelijk.

De verwachte neerslaghoeveelheden van het KMI, Bodemkundige Dienst en Weerdirect zijn aanzienlijk kleiner dan de hoeveelheid neerslag die uiteindelijk zal vallen. Figuur 1 geeft de Meteorologische verwachtingen uit het hoogwaterbericht van maandagmiddag 8 november.

Hydrologische situatie op 08/11/10 om 14 uur

1. Meteorologische verwachtingen

Deze namiddag fris en vrij windig met regen vanaf de Franse grens (neerslaghoeveelheid ongeveer 5 mm).

Deze avond en nacht is het zwaarbewolkt en gaat het overal licht tot matig regenen. Op het einde van de nacht wordt de wind opnieuw matig en plaatselijk zwak.

Morgen is het zwaarbewolkt met perioden van (lichte) regen. De wind is meestal zwak uit het zuidoosten. In het noorden en het westen van het land is de wind matig uit oost tot noordoost, soms zelfs vrij krachtig aan de kust met windstoten tot 50 km/u.

Woensdag is het meestal zwaarbewolkt met buien (neerslaghoeveelheden tot 10 mm).

Donderdag is het tijdelijk droger en wisselend bewolkt, maar vanaf het westen neemt de bewolking toe en volgt er later regen. De matige wind krimpt van west naar zuid.

Vrijdag is het meestal bewolkt met perioden van regen en/of buien. Er kunnen neerslaghoeveelheden tot 20 mm vallen.

Zaterdag is het tijdelijk rustiger maar in de loop van de dag verwachten we een actieve regenzone vanuit het zuidwesten (neerslaghoeveelheid 10-15 mm).

Bron: Weerdirect, Bodemkundige Dienst van België, KMI

Figuur 1: Deel uit het hoogwaterbericht van maandag 8 november, 14u

Dinsdag 9 november geven de ALADIN-voorspellingen van het KMI even wat minder neerslag aan voor het einde van de week. De modellen van het HIC, die voorspellingen genereren voor de komende 48 uur, geven aan dat een eerste passerende neerslagzone op 11 november aanleiding zal geven tot verhoogde afvoeren. De vraag is of deze (eerste) piekafvoer al voldoende gedaald zal zijn voor de verwachte neerslagzone van het weekend zich aandient.

Op vraag van de coördinator waterbeheer wordt een regeling uitgewerkt voor de feestdag van 11 november. In normale omstandigheden wordt de situatie tijdens het weekend en op feestdagen slechts één maal per dag (9u) opgevolgd. In deze omstandigheden worden de nodige afspraken gemaakt om ook op 11 november minstens drie keer de situatie te bekijken.

Woensdag 10 november

Woensdag 10 november neemt de voorspeller van dienst rond 13.00u contact op met de weerkamer van het KMI omdat verschillende bronnen uiteenlopende neerslagverwachtingen weergeven voor de komende dagen. Er wordt 20-40 mm verwacht tussen vrijdag en zondag, lokaal is 60 mm mogelijk. Met die neerslaghoeveelheden worden geen kritieke overstromingen langs de bevaarbare waterlopen verwacht. Nadien zal blijken dat er in die periode 80 mm neerslag is gevallen over een groot deel van het land, lokaal tot 120 mm.

Hydrologische situatie op 10/11/10 om 9 uur

1. Meteorologische verwachtingen

Vandaag verlaat de regenzone ons land richting Duitsland. Vanaf de kust wordt het dan wisselvallig met opklaringen maar ook enkele buien, vooral in het westen van het land. De wind waait matig en zee soms vrij krachtig uit noord tot noordwest.

Vanavond en vannacht wordt het droger met brede opklaringen. De wind wordt zwak, aanvankelijk nog matig aan zee, eerst uit veranderlijke richtingen en tegen de ochtend uit zuid tot zuidwest.

Morgen donderdag trekt vanaf de kust een actieve regenzone over het land. De wind trekt daarbij snel aan en er zijn dan rukwinden mogelijk tot 80 à 90 km/u in het binnenland en tot 100 km/u aan zee. **Vrijdag** is het ook nog zeer winderig met kans op regen. **Zaterdag** trekt opnieuw een zeer actieve regenzone over het land met lokaal veel regen. Mogelijk neemt de wind wat af. De neerslaghoeveelheid over deze dagen kan samen 40-60 mm bedragen. Verschillende bronnen gaan echter uit van uiteenlopende waarden.

Zondag wordt het rustiger en geleidelijk ook droger maar een bui blijft nog mogelijk.

Bron: Weerdirect, Bodemkundige Dienst van België, KMI

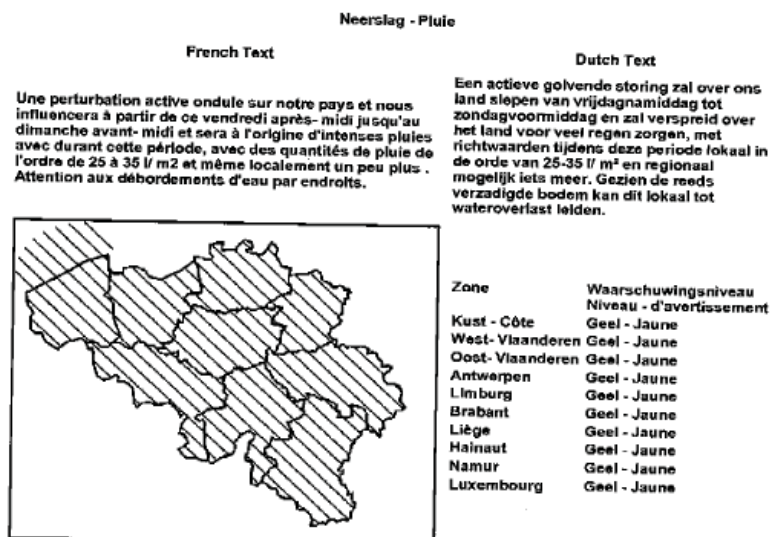
Figuur 2: Deel uit het hoogwaterbericht van woensdag 10 november, 9u

Hoewel de verwachte neerslaghoeveelheden niet zouden leiden tot kritieke overstromingen langs de bevaarbare waterlopen, worden wel een aantal standaardmaatregelen genomen voor een periode met (sterk) verhoogde afvoeren.

- Er wordt telefonisch contact genomen met de beheerders van de bevaarbare waterlopen, die preventief zoveel mogelijk water lozen.
- Onderhoudsfirma's van meetposten worden in stand-by gezet om ook op feestdagen en tijdens het weekend snelle interventietijden bij pannes te verzekeren
- De rekenfrequentie van de voorspellingsmodellen wordt opgedreven
- De firma die de helikoptervluchten boven overstroomde gebieden uitvoert voor het HIC wordt in stand-by gezet. Op de onbevaarbare waterlopen worden mogelijk kritieke overstromingen verwacht.

Donderdag 11 november

De vooruitzichten wijzigen niet substantieel: verschillende bronnen verwachten verschillende neerslaghoeveelheden, maar geen hoeveelheden die kunnen leiden tot kritieke overstromingen langs de bevaarbare waterlopen. VMM geeft een persbericht uit dat waarschuwt voor kritieke overstromingen langs onbevaarbare waterlopen. Het HIC checkt opnieuw beschikbare informatie, die niet eenduidig is. De interpretatie van het KMI van de beschikbare informatie geeft opnieuw iets lagere neerslaghoeveelheden aan tussen vrijdag en zondag (25-35 mm, lokaal iets meer). Er wordt een extra hoogwaterbericht gepubliceerd om 14u.



Figuur 3: Neerslagverwachting van het KMI in actief verstuurd fax van donderdag 11 november, 13u

Vrijdag 12 november

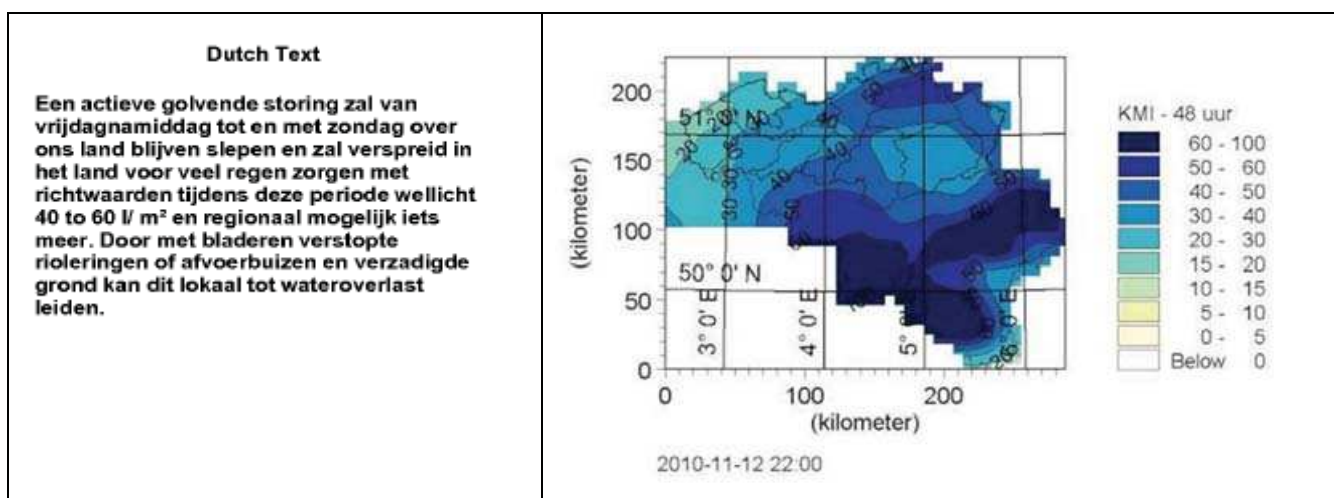
In de ochtend wordt het duidelijk dat er langs onbevaarbare waterlopen al kritieke overstromingen optreden. Het aantal telefoons en emails neemt sterk toe. De permanentiedienst van het HIC wordt door verschillende beheerders en de pers gecontacteerd. Brandweerkorpsen vragen log-ins voor het afgeschermd gedeelte van de website www.waterstanden.be. Daar zijn niet-geïnterpreteerde voorspellingen te raadplegen voor beheerders en hulpverleners.

De neerslagverwachtingen van het KMI geven nu beduidend meer neerslag dan donderdag: 40-60 mm neerslag in de periode tot zondag. Met die hoeveelheid zullen er ook op de bevaarbare waterlopen waak-en alarmpeilen overschreden worden. De grootste neerslaghoeveelheden worden verwacht voor Wallonië.

4. Hydrologische verwachtingen

De gevallen en nog te verwachten neerslag zorgt ook op de **bevaarbare waterlopen** voor verhoogde waterstanden. De afvoeren zullen vanaf deze avond en nacht sterk toenemen met overschrijdingen van waak- en alarmpeilen tot gevolg.

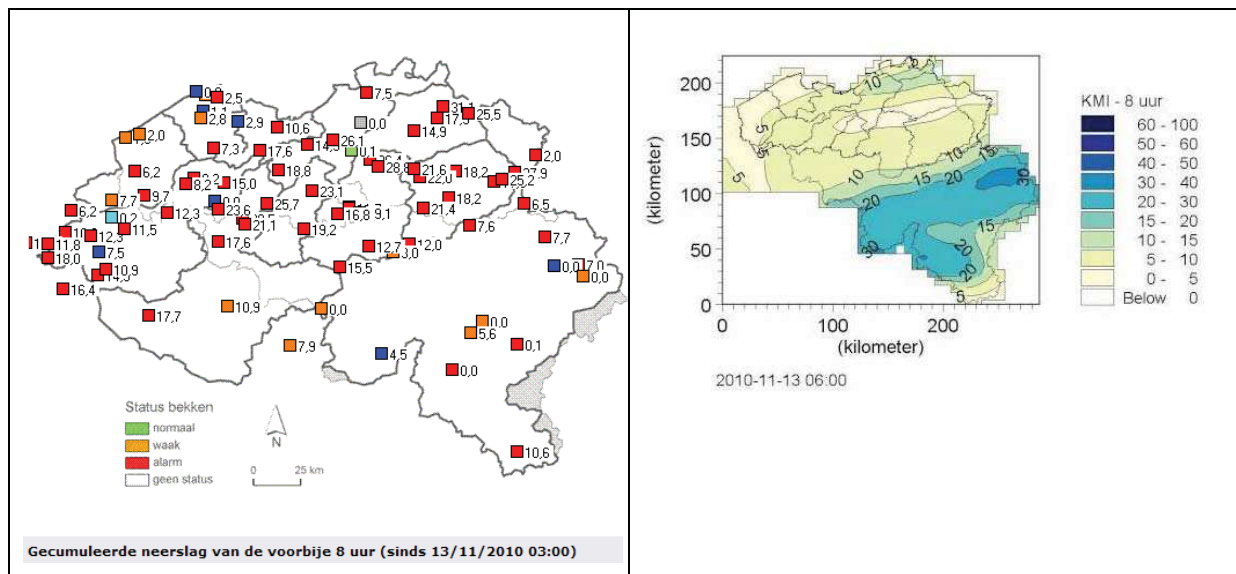
Figuur 4: Deel uit het hoogwaterbericht van vrijdag 12 november, 18u



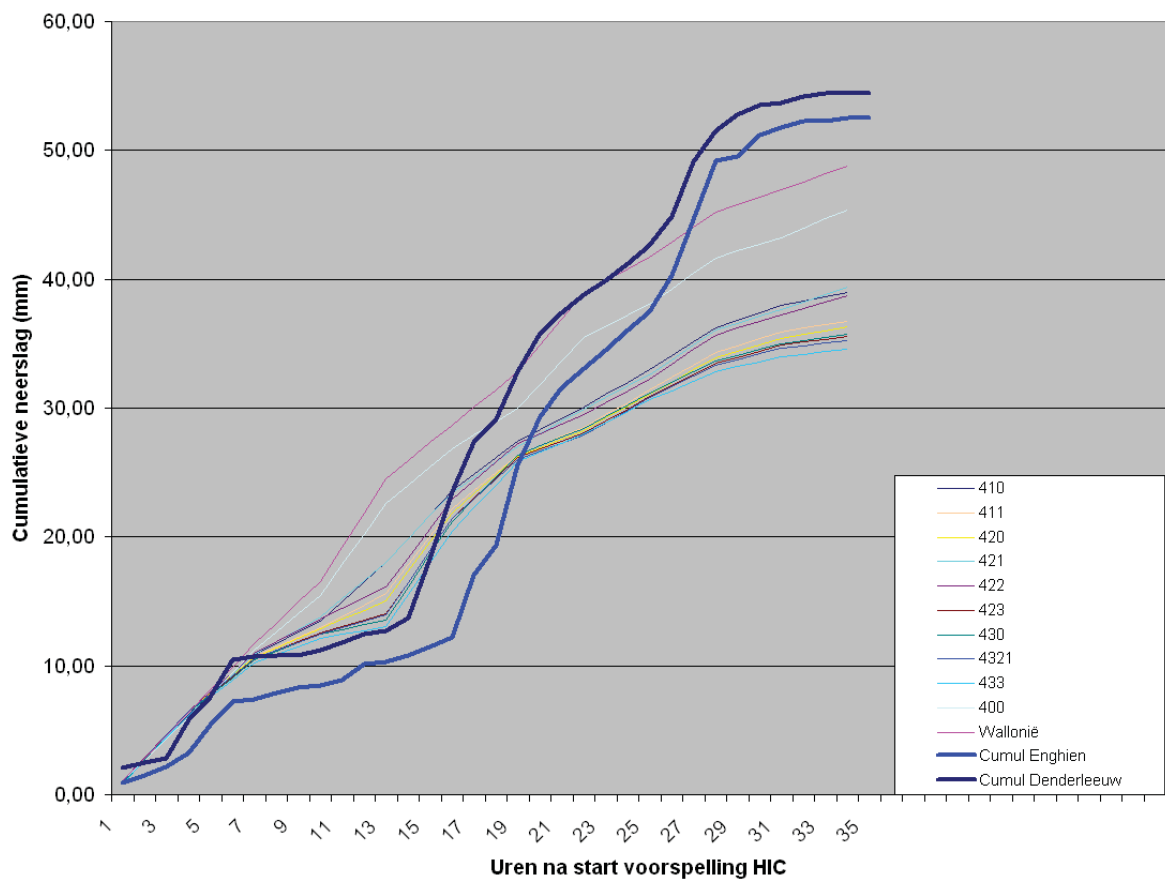
Figuur 5: Neerslagverwachting van het KMI in actief verstuurd fax van vrijdag 12 november, 13u en kaartje met neerslagverwachtingen tussen vrijdag 12/11, 22u en zondag 14/11, 22u

Zaterdag 13- maandag 15 november

Zaterdagvoormiddag 13 november stijgen de debieten op de Dender en Zenne sneller dan verwacht. De intensiteiten die het KMI voorspeld had voor zaterdag en zondag waren gelijkmatig verdeeld over die periode. Zaterdagvoormiddag valt er echter 20 mm meer neerslag dan verwacht. De grootste hoeveelheden vallen die voormiddag niet in Wallonië, maar in Vlaanderen. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 6 en Figuur 7.



Figuur 6: Gemeten (links) en voorspelde neerslag (rechts) voor zaterdagvoormiddag 13 november



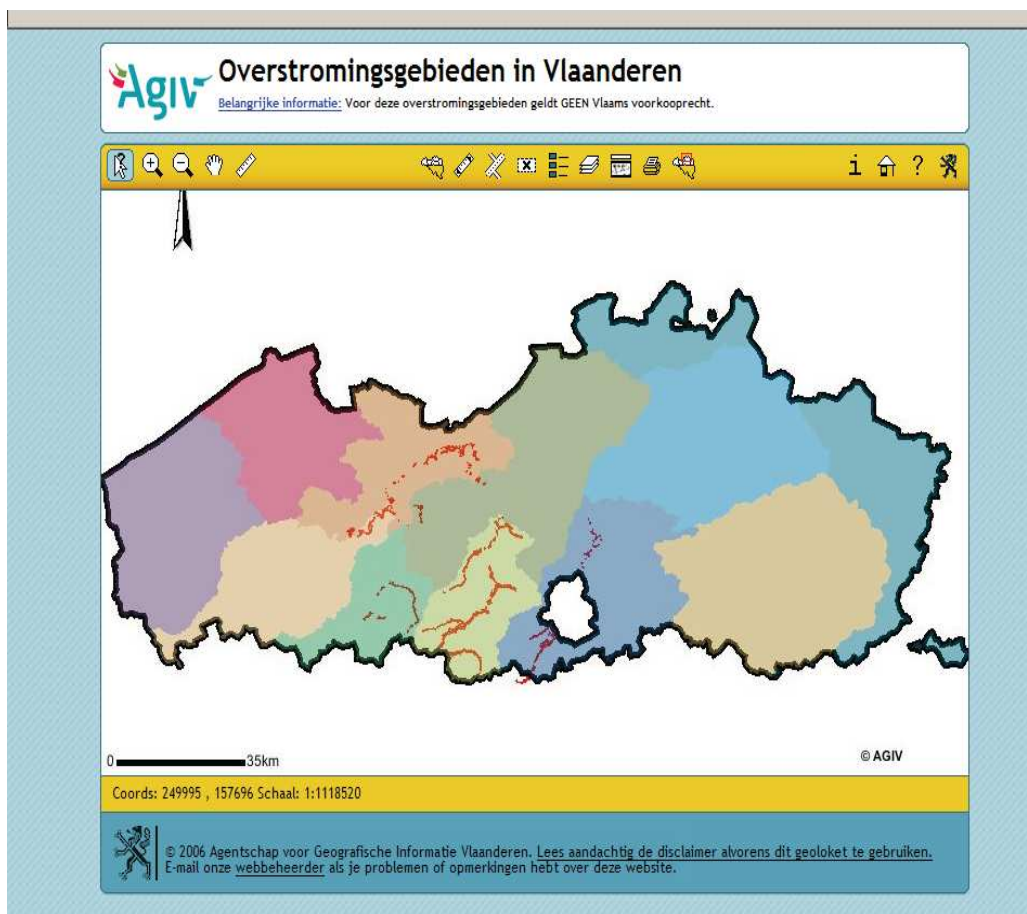
Figuur 7: Voorspelde neerslag in het Dendervoorspellingsmodel van het HIC en gemeten neerslag voor dezelfde periode (Denderleeuw en Enghien): vrijdagmiddag tot zaterdagavond.

In zowat alle bekkens worden waak-en alarmpeilen overschreden, of zullen ze in de loop van het weekend overschreden worden (Figuur 8).



Figuur 8: Alarmtoestand in Vlaanderen op de website van het HIC (www.waterstanden.be), zondagvoormiddag 14 november

Zaterdagmiddag wordt beslist om helikoptervluchten uit te voeren op zondag 14 en maandag 15 november. De opgemaakte kaarten hiervan staan reeds de week nadien ter beschikking op het Geoloket Vlaanderen. Een eerste schatting leert dat er ongeveer 2500 gebouwen in het water stonden in de overvlogen gebieden. Dit wil daarom nog niet zeggen dat het water ook over de drempel, en dus binnen in de gebouwen, stond.



Figuur 9: Gekarteerde overstromingen op basis van helikoptervluchten op het Geoloket enkele dagen na de overstromingen.

Tabel 1: Aantal getroffen gebouwen volgens overlay van gekarteerde helikopterbeelden en CADMAP 2010

Aantal getroffen gebouwen (volgens CADMAP 2010) volgens de overstromingskaart op basis van helikopteropnames van 14-15 november 2010	
Denderbekken	1480
Zennebekken	854
Boven-Scheldebekken	109
Durme-Moervaart	4
omgeving van Gent	23

Heel het weekend heeft het permanentieteam contact met de beheerders van W&Z en nv De Scheepvaart, de Waalse collega's van SETHY, het Franse DREAL, het KMI, VMM, Crisiscentrum Binnenlandse zaken en de pers. Telefoontjes van burgers komen slechts sporadisch binnen – wat ook de bedoeling is. Ook het uitvoeren van ijkingsmetingen en het herstellen van defecte meetposten eist de nodige aandacht.

In de week na 15 november wordt eerst nog de nodige aandacht gegeven aan de Dender, waar de afvoergolf slechts heel langzaam verder afwaarts beweegt. De eerste (voorlopige) rapporten worden opgemaakt. Over de hele periode worden er 25 hoogwaterberichten actief verstuurd.

2 Hydrologie

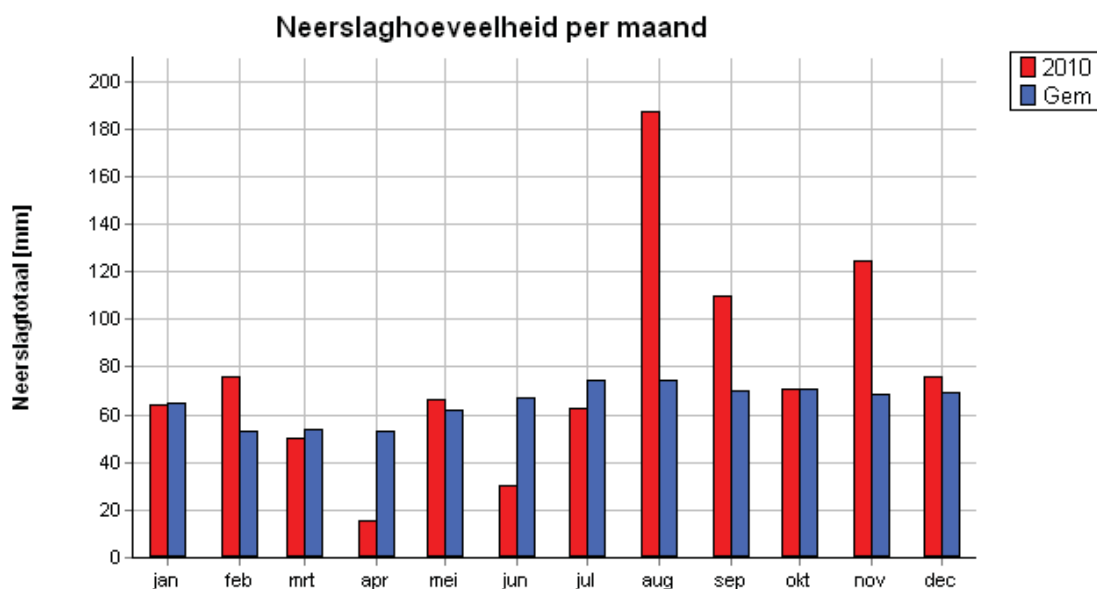
Antecedente neerslag

De neerslag die in de periode voorafgaand aan overstromingen gevallen is, kan een indicatie zijn voor de verzadiging van de bovenste laag van de bodem en de infiltratiecapaciteit die nog rest op het moment van overvloedige regenval. De concrete invloed hiervan op overstromingen is echter afhankelijk van bodemtype en bodemgebruik en dus niet zomaar te veralgemenen.

Tabel 2 geeft voor Ukkel de gemiddelde neerslag voor de maanden voorafgaand aan het event van november en vergelijkt deze met de langjarige gemiddelden. Uit Figuur 10 is duidelijk dat de maanden augustus en september significant natter zijn dan het gemiddelde. In de tweede decade van augustus werd zelfs de grootste neerslaghoeveelheid sinds het begin van de registraties in 1901 opgetekend (110,5 mm). Dit wordt weergegeven in Tabel 3.

Tabel 2: Maandneerslagen augustus-november 2010

Maand	Gemiddelde neerslaghoeveelheid (Ukkel, KMI)	Neerslaghoeveelheid 2010 (Ukkel, KMI)
Augustus	63,7	187,4
September	63	109,8
Oktober	68,1	70,8



Figuur 10: Neerslaghoeveelheid per maand te Ukkel . 2010: rood, Gemiddelden:blauw

Tabel 3: Decadeneerslagen augustus-november 2010

Maand	Decade	Beschrijving	Gemeten (mm)
augustus	1	normaal	20,6
augustus	1	normaal	20,6
augustus	2	uitzonderlijk hoog	110,5
augustus	3	abnormaal hoog	56,3
september	1	zeer abnormaal hoog	49
september	2	normaal	21,5
september	3	normaal	39,3
oktober	1	normaal	13,7
oktober	2	normaal	36,6
oktober	3	normaal	20,5
november	1	normaal	27,1
Data afkomstig van KMI			

Uit de parameters van het hydrologisch model van de Zenne opwaarts van Tubize kunnen we afleiden dat de recessieconstante van de basisafvoer gelijk is aan 75 dagen. Daarom wordt in Tabel 4 eveneens de maximale neerslaghoeveelheid uit de meetreeks weergegeven bij een aggregatieduur van 80 dagen. Wat hierin onmiddellijk opvalt, is dat november 2010 niet terug te vinden is tussen de grootste 20 neerslaggebeurtenissen voor neerslag gecumuleerd over 80 dagen.

Tabel 4: 20 grootste neerslaggebeurtenissen bij variërende agregatieduur (Ukkel)

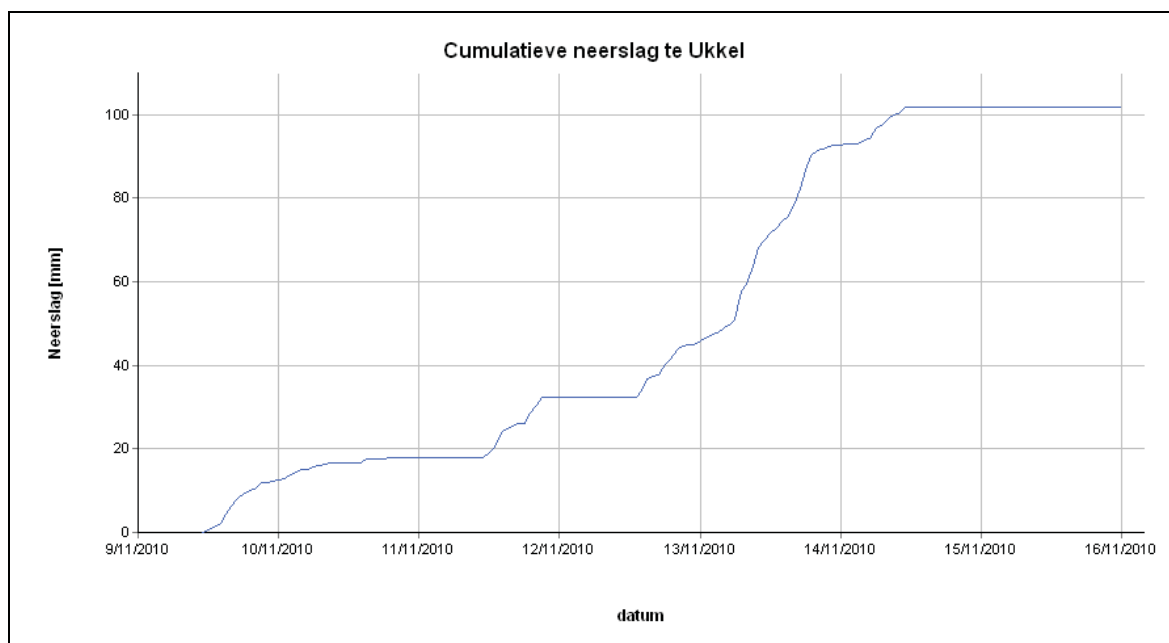
Nr	1 dag		4 dagen		80 dagen	
	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum
1	66.2	7/10/2009	100.5	31/08/1996	386.5	8/03/1995
2	57.6	2/06/1992	92.7	14/11/2010	356.2	25/11/1984
3	52.2	29/08/1996	90.2	22/10/1986	356.1	6/10/2001
4	51.3	13/11/2010	84.2	9/10/2009	346.0	8/11/1998
5	47.2	15/09/1986	81.3	5/06/1992	341.1	12/01/1991
6	41.5	8/09/2010	80.8	17/08/2010	340.7	20/08/1992
7	41.0	28/10/1990	73.2	1/01/2003	333.3	27/01/1994
8	40.6	21/10/1986	72.4	22/12/1995	321.9	27/09/2010
9	40.0	14/09/1984	69.5	26/12/1999	319.2	18/02/2000
10	38.8	12/08/1996	67.3	14/10/1993	317.9	3/01/2003
11	38.7	15/08/2010	65.2	28/10/1990	314.9	20/03/1988
12	36.9	3/08/2008	63.7	17/09/1984	298.3	29/07/1987
13	36.5	30/04/1991	63.1	16/09/1986	296.1	25/01/2011
14	36.5	28/08/2003	62.2	9/09/2010	286.8	4/04/2002
15	32.8	12/07/1992	60.0	9/09/1984	279.9	29/07/2000
16	32.8	14/10/1993	59.7	14/01/2004	279.5	10/04/2001
17	32.8	28/05/1995	59.1	30/03/1986	278.7	21/12/2009
18	32.5	22/07/2004	58.2	19/07/1987	275.7	27/07/2007
19	32.5	3/08/2006	58.2	19/09/2001	267.6	8/06/1985
20	32.1	7/03/1989	56.8	29/12/1994	266.2	22/03/1999

We kunnen voorlopig concluderen dat de neerslag tijdens de maanden augustus en september significant hoger is dan gemiddeld maar dat deze neerslaghoeveelheden op zichzelf geen uitzonderlijke gebeurtenis vormen.

Neerslag 9-15 november 2010

Algemene beschrijving

Figuur 11 geeft de cumulatieve neerslag weer voor de periode van 9 november 2010 tot 15 november 2010 zoals opgemeten door de pluviograaf in Ukkel (KMI). Uit deze figuur kunnen we afleiden dat er 3 neerslagzones over het land zijn getrokken gedurende deze periode. De 3^e en laatste neerslagzone, die begon op 12/11 12h en duurde tot 14/11 12h, was verantwoordelijk voor de grootste neerslaghoeveelheden. De neerslag van 11 november zorgde voor een (beperkte) piekafvoer, die nog niet overal genormaliseerd was toen het op vrijdag 12 november opnieuw begon te regenen. De grootste intensiteiten vielen zaterdag overdag. Pas in de namiddag van zondag 14 november werd het weer over heel Vlaanderen droog.

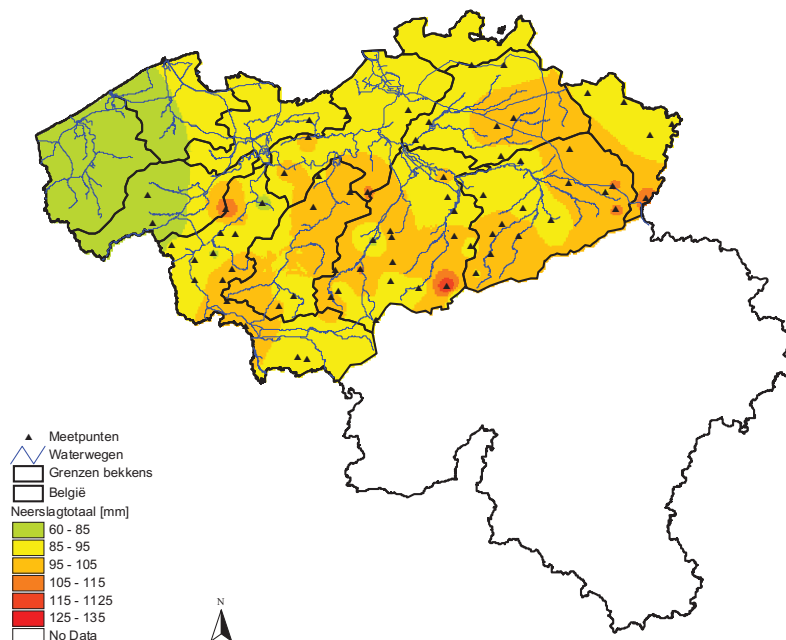


Figuur 11: Cumulatieve neerslag Ukkel (09/11/2010 00h00 - 16/11/2010 00h00)

Figuur 12 geeft een beeld van de ruimtelijke spreiding van deze neerslag over Vlaanderen. Deze figuur is opgemaakt op basis van gevalideerde puntmetingen van het KMI voor de locaties waar de terugkeerperiode van de neerslag 20 jaar of hoger was (KMI, 2010). In het noordoosten en het zuidwesten van het land is de terugkeerperiode van de gevallen neerslag minder dan 20 jaar.

In het westen van het land vielen de kleinste neerslaghoeveelheden. De grootste neerslaghoeveelheden werden gemeten in het **centrum van het land en het uiterste oosten**. In het centrum viel lokaal meer dan 120 mm neerslag op 4 dagen.

Neerslagtotaal in België (09/11/2010 09h - 14/11/2010 08h)



Figuur 12: Ruimtelijke verdeling neerslag voor storm november 2010 voor gebied waarvan gevalideerde KMI-data beschikbaar zijn op het moment van publicatie

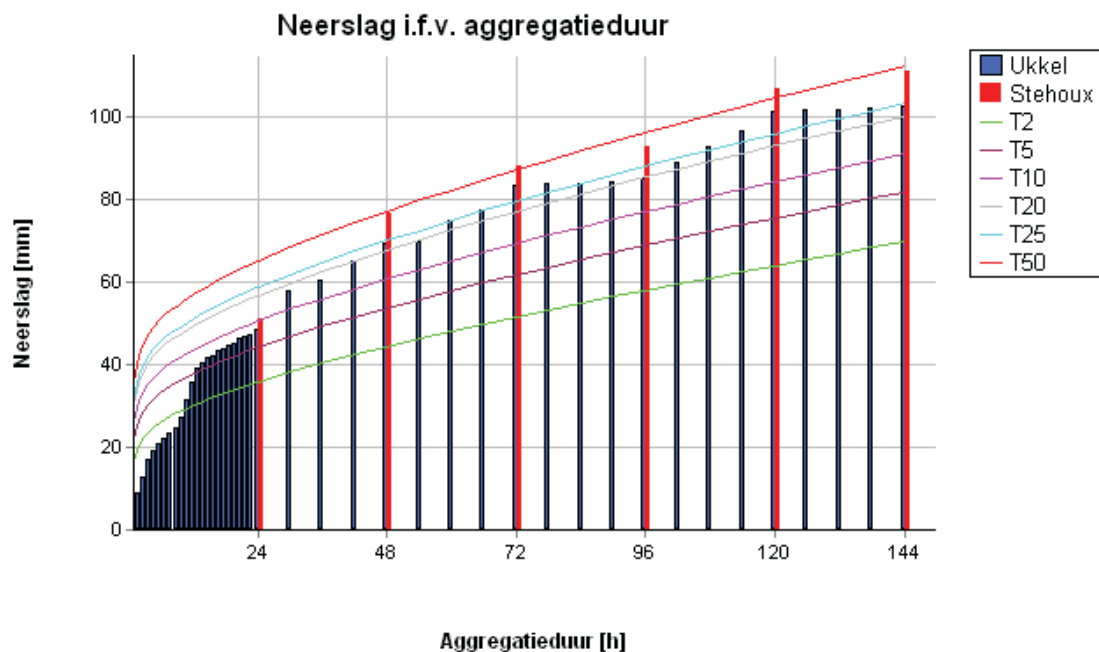
Terugkeerperiode neerslag

De terugkeerperiode van de neerslag in twee stations wordt in wat volgt in detail besproken. Ukkel wordt opgenomen omdat het KMI voor die locatie IDF-curves¹ bepaalde, Stehoux wordt meegegenomen omwille van zijn ligging: in het opwaartse Zennebekken, waar de gevolgen van de overstromingen het ergste waren. Voor Stehoux (KMI-neerslagstation) zijn gevalideerde data beschikbaar van 01/07/1984 tot 28/02/2011.

In Figuur 13 is de neerslag gemeten te Ukkel en Stehoux uitgezet ten opzichte van de bijhorende IDF-curves te Ukkel. Hieruit blijkt dat de neerslaghoeveelheden verre van uitzonderlijk zijn voor de lagere aggregatietijden. Tot een aggregatietijd van 10h is de terugkeerperiode van de gevallen neerslag lager dan 2 jaar. Doch bij hogere aggregatieduur kunnen we wel spreken van eerder uitzonderlijke neerslaghoeveelheden. Voor een aggregatieduur gaande van 2 tot 6 dagen hebben we te maken met neerslaghoeveelheden met een **terugkeerperiode tussen 20 en 50 jaar voor Ukkel**.

In Stehoux is er meer neerslag geregistreerd dan ter hoogte van Ukkel. Voor een aggregatieduur gaande van 2 tot 6 dagen komen de geregistreerde neerslaghoeveelheden in **Stehoux in de buurt van een terugkeerperiode van 50 jaar**. Dit wil dus zeggen dat de hoeveelheid neerslag eerder uitzonderlijk te noemen is. Als we gaan kijken naar een aggregatieduur van 4 dagen is er slechts één maal in de meetreeks sinds 1984 een storm voorgekomen waarbij over 4 dagen een hogere neerslaghoeveelheid geregistreerd is.

¹ IDF-curve= Intensiteit-Duur-Frequentie-curve



Figuur 13: Neerslag ifv aggregatieduur met aanduiding IDF - curves, Stehoux

Neerslag per bekken

In bijlage B worden de cumulatieve neerslagen weergegeven voor de pluviografen waarover het HIC in realtime kan beschikken. Het gaat om pluviografen van het HIC zelf, van DIREN en Météo-France (MFR) in Noord-Frankrijk, SETHY (Wallonië), SBGE (Brussel), VMM AOW, VMM Lucht en het KMI.

De pluviografen werden onderworpen aan een visuele controle, waarbij de cumulatieve neerslag werd vergeleken. De geregistreerde hoeveelheden en intensiteiten die per regio in dezelfde richting wijzen, werden weerhouden, zodat de gebruikte data minstens als relatief betrouwbaar beschouwd kunnen worden. Wanneer nabijgelegen pluviografen een duidelijk afwijkende hoeveelheid neerslag registreerden, werden de data verder niet meer in beschouwing genomen.

Neerslag historische events

Ter info wordt in

Tabel 5 de neerslag van een aantal recente historische events gegeven.

Tabel 5: Overzicht neerslag historische events

Tijdstip	Maximale cumulatieve neerslag in Vlaanderen (mm)	Tijdsduur Neerslag (dagen)	Ergst getroffen bevaarbare waterlopen
22 november - 7 december 2009	145-185	16	IJzer
23-25 januari 2009	50	2	Nergens Kritieke overstromingen
9-11 februari 2009	30-50	2 à 3	Nergens Kritieke overstromingen
23 juli 2007	70-90	1	IJzer
3-4 juli 2005	90-95	1	IJzer
24 december 2002-4 januari 2003	100-115	10	Dender
13-14 september 1998	80-100	2	Demer, Netes

Combinatie antecedente neerslag en neerslag storm 9-15 november 2010

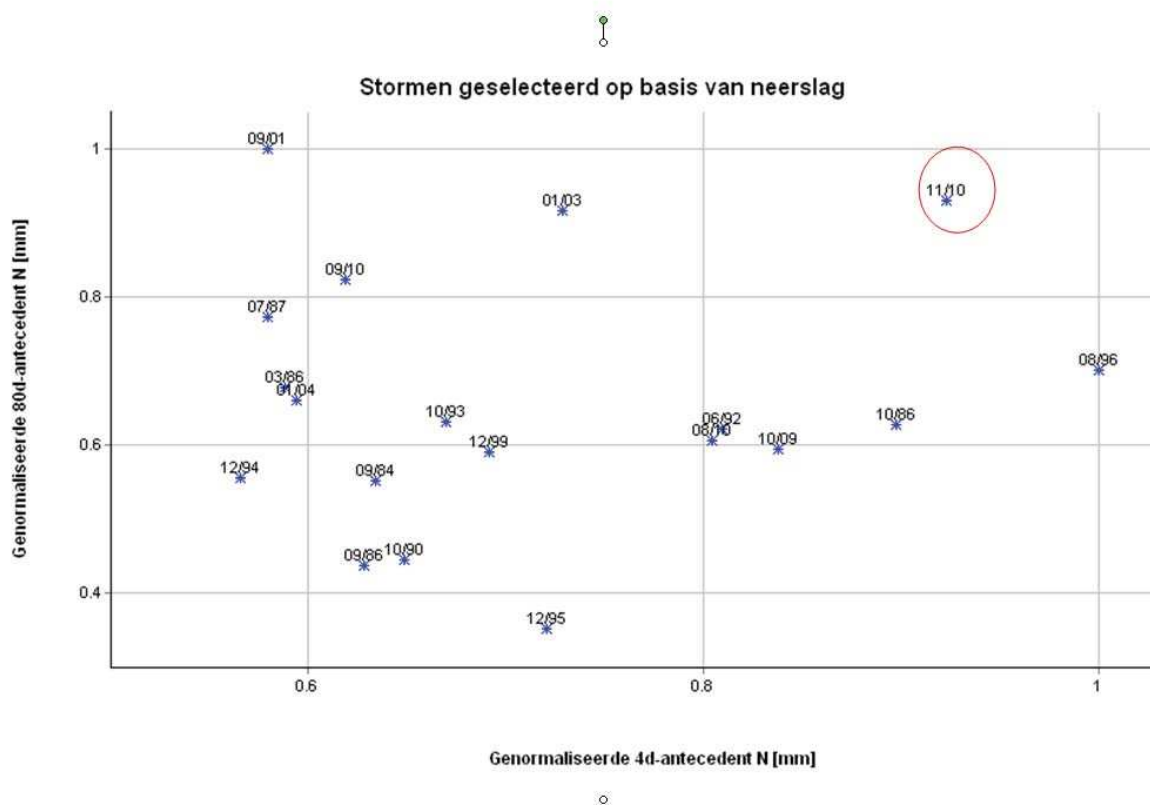
Uit paragraaf 2.1 is duidelijk dat er in de periode voor de storm van november 2010 wel significant meer neerslag viel dan gemiddeld, maar niet zoveel dat de antecedente neerslag in de top 20 terechtkomt. De analyse in paragraaf 0 toont dat er wel degelijk veel neerslag gevallen is tussen 9 en 16 november 2010, maar dat deze neerslaghoeveelheden geen afdoende verklaring kunnen geven voor het extreme karakter van de waargenomen afvoeren en overstromingen. Er is dus reden om aan te nemen dat de combinatie van de antecedente neerslag en de neerslag tijdens het event de oorzaak zijn van de waargenomen extreme afvoeren (zie verder).

Om deze mogelijkheid te onderzoeken hebben we uit de meetreeks van Stehoux de 20 stormen geselecteerd met de grootste neerslaghoeveelheden bij een aggregatietijd van 4 dagen. Dit zijn aldus de stormen die weergegeven zijn in Tabel 6. Voor deze stormen werd ook de bijhorende 80-dagen antecedente neerslag opgezocht. De bekomen waarden zijn telkens genormaliseerd door ze te delen door het maximum dat voorkomt in de meetreeks en worden weergegeven in Figuur 14.

Tabel 6: 20 grootste stormen bij variënde aggregatieduur (Stehoux)

Nr	1 dag		4 dagen		80 dagen	
	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum
1	66.2	7/10/2009	100.5	31/08/1996	386.5	8/03/1995
2	57.6	2/06/1992	92.7	14/11/2010	356.2	25/11/1984
3	52.2	29/08/1996	90.2	22/10/1986	356.1	6/10/2001
4	51.3	13/11/2010	84.2	9/10/2009	346.0	8/11/1998
5	47.2	15/09/1986	81.3	5/06/1992	341.1	12/01/1991
6	41.5	8/09/2010	80.8	17/08/2010	340.7	20/08/1992
7	41.0	28/10/1990	73.2	1/01/2003	333.3	27/01/1994
8	40.6	21/10/1986	72.4	22/12/1995	321.9	27/09/2010
9	40.0	14/09/1984	69.5	26/12/1999	319.2	18/02/2000
10	38.8	12/08/1996	67.3	14/10/1993	317.9	3/01/2003
11	38.7	15/08/2010	65.2	28/10/1990	314.9	20/03/1988
12	36.9	3/08/2008	63.7	17/09/1984	298.3	29/07/1987
13	36.5	30/04/1991	63.1	16/09/1986	296.1	25/01/2011
14	36.5	28/08/2003	62.2	9/09/2010	286.8	4/04/2002
15	32.8	12/07/1992	60.0	9/09/1984	279.9	29/07/2000
16	32.8	14/10/1993	59.7	14/01/2004	279.5	10/04/2001
17	32.8	28/05/1995	59.1	30/03/1986	278.7	21/12/2009
18	32.5	22/07/2004	58.2	19/07/1987	275.7	27/07/2007
19	32.5	3/08/2006	58.2	19/09/2001	267.6	8/06/1985
20	32.1	7/03/1989	56.8	29/12/1994	266.2	22/03/1999

Uit Figuur 14 valt af te leiden dat stormen met een gelijkaardige hoeveelheid neerslag over 4 dagen een beduidend lager antecedente neerslag hebben en vice versa. Het event van november 2010 (11/10) heeft een hoge voorafgaande 4-dagen neerslag EN een hoge voorafgaande 80-dagen neerslag. Een gelijkaardige analyse op de pluviometer ter hoogte van Ukkel toont aan dat deze combinatie van de hoeveelheid neerslag geaggregeerd over 4 dagen en 80 dagen sinds 1951 nog nooit eerder is voorgekomen.



Figuur 14: Ogenblikkelijke en antecedent neerslag voor stormen geselecteerd op basis van neerslagmeetreeks Stehoux

Bodemverzadiging

Al onmiddellijk na de gebeurtenissen van november werd geopperd dat de bodem verzadigd zou zijn geweest. Om hier een beter inzicht in te krijgen, werd gebruikt gemaakt van hydrologische modellering met de hydrologische NAM-modellen.

Aangezien NAM een conceptueel, gebiedsgemiddeld model is, kan geen van de parameters een exacte fysische waarde toegedicht worden. De parameter $L/L_{\max}$ kan gezien worden als een **maat voor bodemverzadiging** maar deze kan hier niet volledig aan gelijk gesteld worden!

$L_{\max}$ staat voor de maximale inhoud van een (lager) reservoir² in de bodem en kan geïnterpreteerd worden als het gemiddeld maximale bodemvochtgehalte in de wortelzone dat beschikbaar is voor vegetatieve transpiratie. $L_{\max}$ is dus een constante in het hydrologische NAM-model en is ondermeer afhankelijk van het type bodem.

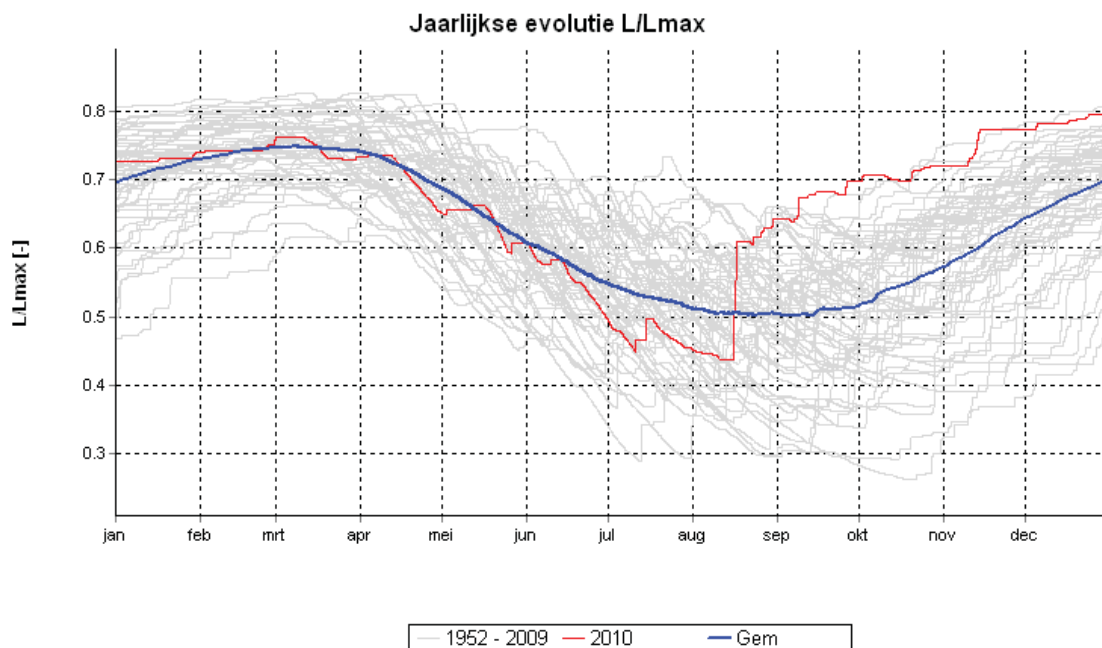
L is een maat voor het bodemvochtgehalte op een bepaald moment van het lager reservoir. Voor de berekening hiervan houdt het model rekening met het voorafgaande bodemvochtgehalte, de hoeveelheid neerslag die (niet (meer)) geborgen kan worden in de oppervlakte, de hoeveelheid neerslag die afstroomt en de hoeveelheid water die doorstroomt naar het grondwater.

² NAM-modellen maken gebruik van 3 reservoirs, een oppervlakte reservoir, een lager reservoir (met 'grootte' $L_{\max}$) en een grondwaterreservoir.

Deze hoeveelheden worden berekend met afgeijkte parameters gerelateerd aan bodemeigenschappen en bodemgebruik.

Wanneer L gelijk wordt aan $L_{\max}$ kan het reservoir als 'vol' beschouwd worden, en is de bodem volledig verzadigd. Hoe dichter $L/L_{\max}$ bij 1 ligt, hoe meer verzadigd de bodem is.

In Figuur 15 wordt de evolutie van de parameter $L/L_{\max}$ doorheen het jaar weergegeven van 1952 tot en met 2010 voor het hydrologische bekken opwaarts van Tubize (Zenne). Voor ieder tijdstip van het jaar is eveneens de gemiddelde waarde van deze parameter bepaald en weergegeven in de figuur. Hier wordt duidelijk aangetoond dat de bodemverzadiging begin november reeds abnormaal hoog was. Deze abnormaal hoge waarde van bodemverzadiging is initieel veroorzaakt door de storm van 15 & 16 augustus 2010. De uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden tijdens de maanden augustus en september hebben ervoor gezorgd dat deze bodemverzadiging enkel verder is blijven stijgen. In dit licht is het ook weinig verwonderlijk dat een dergelijke situatie aanleiding geeft tot massale overstromingen.



Figuur 15: Jaarlijkse evolutie $L/L_{\max}$ uit hydrologisch model van de Zenne opwaarts Tubize.

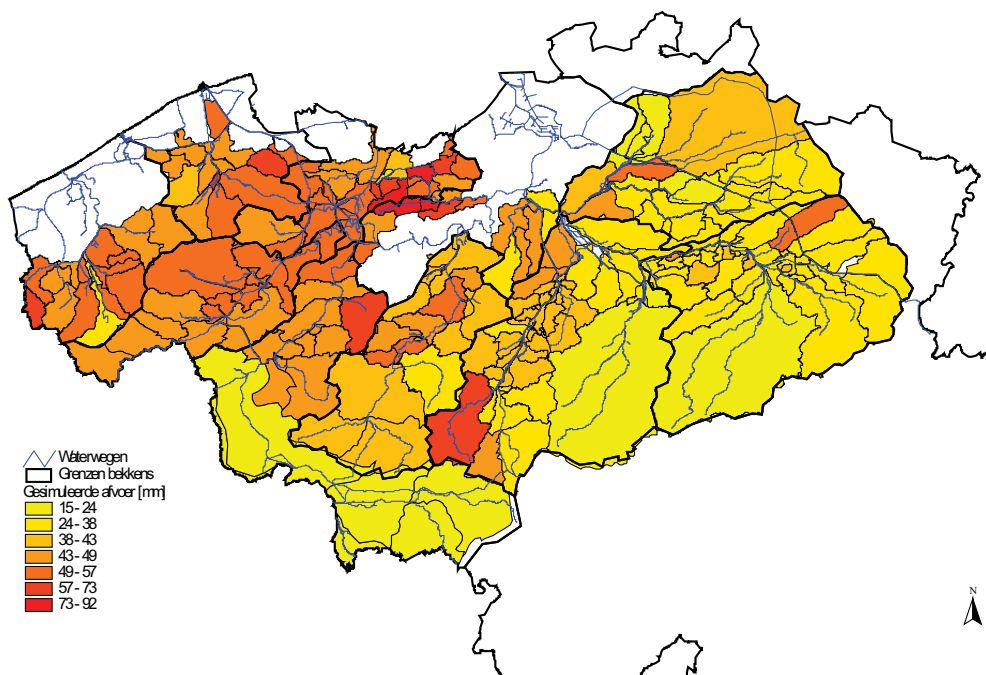
Hydrologische reactie van bekkens

Uit bovenstaande paragrafen werd al aangetoond dat de combinatie van de antecedente neerslag en de neerslag tijdens het event zelf uitzonderlijk was. De bodem had al voor de neerslaggebeurtenis van 11-14 november een hoge verzadigingsgraad.

In deze paragraaf wordt kort aangetoond dat de reactie van een bekken, of de optredende afvoeren, bij een dergelijke uitgangssituatie niet overal in Vlaanderen gelijk is. Dit verschil kan onderzocht worden door de hydrologische modellen van alle gekalibreerde hydrologische bekkens door te rekenen met één uniforme neerslag en evaporatie. De geobserveerde variabiliteit in gesimuleerde afvoer kan vervolgens geïnterpreteerd worden als een maat voor de gevoeligheid aan een dergelijke storm. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het met deze analyse niet de bedoeling is om het gemeten debiet correct te simuleren maar enkel de relatieve verschillen te ontdekken.

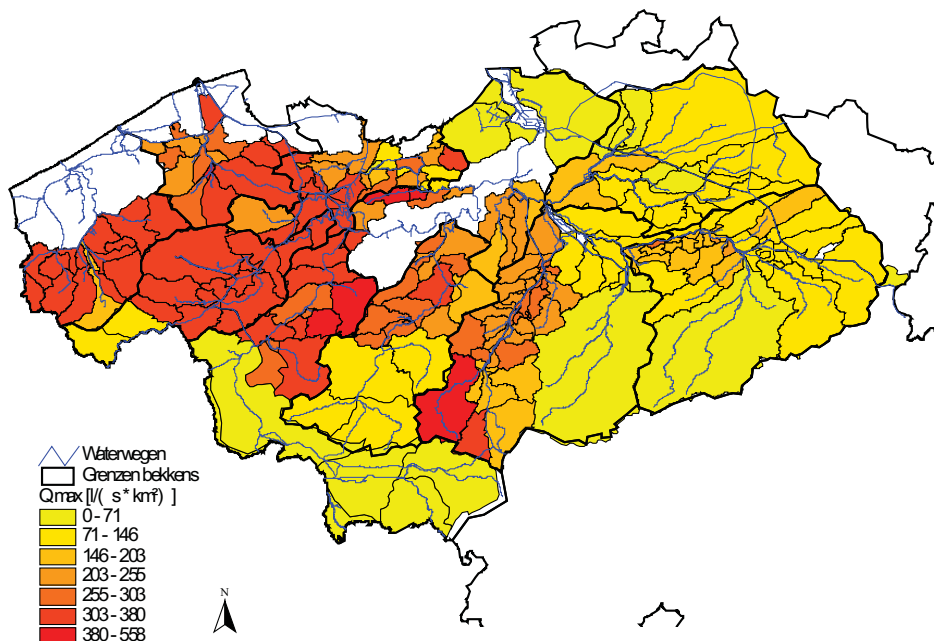
In Figuur 16 wordt het gesimuleerde afvoervolume tussen 09/11/2010 00h00 en 20/11/2010 00h00 weergegeven. Dit is aldus het totale cumulatieve volume dat gedurende deze periode wordt gesimuleerd door het hydrologisch model. Figuur 17 geeft het gesimuleerde piekdebiet weer gedurende dezelfde periode. Dit piekdebiet is gedeeld door de oppervlakte van ieder bekken om onderlinge vergelijking mogelijk te maken. Beide figuren geven eenzelfde algemeen beeld weer. Onmiddellijk valt het grote bereik op van het gesimuleerde debiet en volume over de verschillende hydrologische bekkens. De hydrologische bekkens in het Nete-, Dijle- en Demerbekken blijken minder gevoelig voor de storm van november. Uit de modelresultaten blijkt dat zij over het algemeen een aanzienlijk lager volume en piekdebiet simuleren. De bekkens van de Dender, Zenne, Boven-Schelde en Leie blijken meer gevoelig voor een dergelijke storm. Dit strookt met het feit dat er in het bekken van de Dender en de Zenne ernstige problemen waren, en veel minder in het Demer- en Netebekken, hoewel de gevallen neerslaghoeveelheden tijdens de storm van november daar niet veel kleiner waren.

Gesimuleerde afvoer (09/11/2010 00h00 - 20/11/2010 00h00)



Figuur 16: Ruimtelijke variatie van gesimuleerd afvoervolume in Vlaanderen voor een uniforme neerslag en evapotranspiratie

Gesimuleerd piekdebiet was November 2010



Figuur 17: Ruimtelijke variatie van gesimuleerde piekdebieten in Vlaanderen voor een uniforme neerslag en evapotranspiratie

Conclusie

In bovenstaande analyse is een verklaring gezocht voor de afvoeren die in Vlaanderen werden waargenomen tussen 13 en 16 november 2010 en vooral in het Zenne- en Denderbekken problematisch waren.

Uit de neerslagdata blijkt dat de neerslag die is gevallen van 9/11 tot 16/11 behoorlijk hoog is. De terugkeerperiode van een dergelijke gebeurtenis schommelt tussen de 20 en 50 jaar. Deze neerslaghoeveelheden zijn echter niet van die aard dat ze de extremititeit van de waargenomen afvoer kunnen verklaren. Een analyse van de neerslag die gevallen is in de 80 dagen voorafgaand aan de overstromingen toont echter reeds aan dat de combinatie een hoge neerslaghoeveelheid op relatief korte termijn met een hoge neerslaghoeveelheid in de voorafgaande maanden uitzonderlijk is. De combinatie van de hoeveelheden die nu zijn waargenomen hebben zich in de geschiedenis nog nooit eerder voorgedaan. Deze conclusie wordt verder ondersteund door analyses met het hydrologisch model van de Zenne te Tubize. Uit de lange termijn simulatie wordt duidelijk dat de parameter $L/L_{\max}$, die een maat is voor de bodemverzadiging, reeds op het historisch maximum is bij aanvang van de storm van november. De relatief grote neerslaghoeveelheden die nog gevallen zijn op de reeds verzadigde bodem hebben vervolgens aanleiding gegeven tot zeer extreme afvoeren.

Tot slot speelt ook de hydrologische gevoeligheid van een bekken een belangrijke rol. Uit analyses blijkt dat de bekkens van de Zenne, Dender, Boven-Schelde en Leie de meest gevoelige zijn voor gebeurtenissen zoals in november 2010. Dit strookt met het feit dat er in het bekken van de Dender en de Zenne ernstige problemen waren, en veel minder in het Demer- en Netebekken, hoewel de gevallen neerslaghoeveelheden tijdens de storm van november daar niet veel kleiner waren.

3 Dender

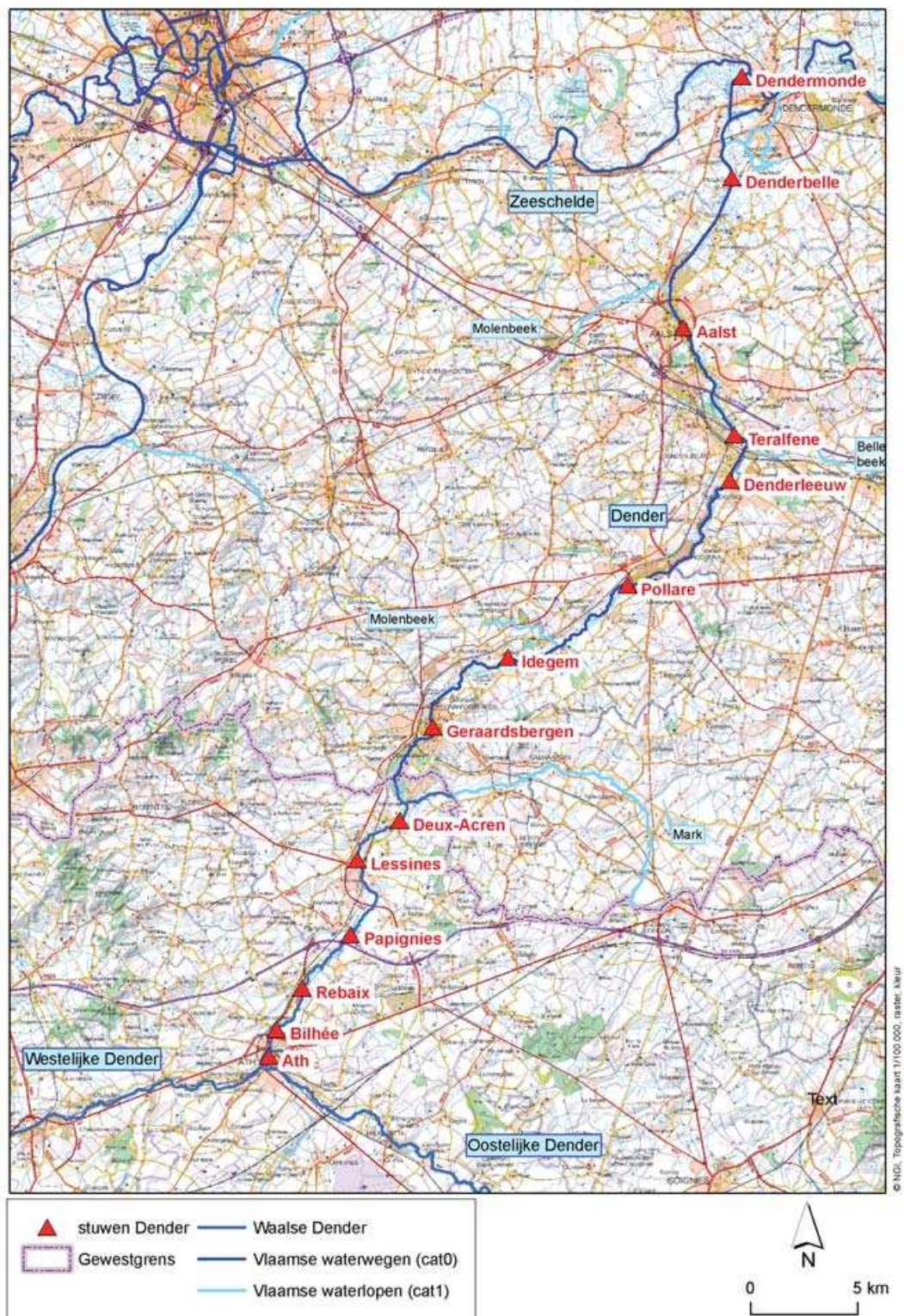
Beschrijving van het riviersysteem

De Dender ontspringt in Wallonië als de Oostelijke Dender en de Westelijke Dender. Beide waterlopen vloeien samen in Ath en vormen vanaf daar de Dender. Ongeveer 17km verder stroomafwaarts loopt de Dender Vlaanderen binnen ter hoogte van Overboelare. 48km verder mondt de Dender uit in de Schelde ter hoogte van Dendermonde.

Op dit traject van 65km bevinden zich in totaal 14 stuwen, waarvan er 8 in Vlaanderen zijn gelegen. De verschillende stuwen van op- naar afwaarts zijn:

- *Ath*
- *Bilhée*
- *Rebaix*
- *Papignies*
- *Lessines*
- *Deux-Acren (Wallonië)*
- Geraardsbergen (Vlaanderen)
- Idegem
- Pollare
- Denderleeuw
- Terafene
- Aalst
- Denderbelle
- Dendermonde

De geografische situering van de Dender met de stuwen en de belangrijkste zijrivieren is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: Situering Dender

Op Vlaams grondgebied bevinden zich tussen de verschillende stuwen (of meer bepaald stuwsluiscomplexen) dus 8 opeenvolgende panden. In normale omstandigheden worden de waterpeilen met behulp van de stuwen zo geregeld, dat de normaalpeilen worden gehandhaafd. Dit betekent dat bij afnemende of toenemende afvoeren de stuwen meer gesloten of meer geopend worden om de vastgelegde streefpeilen te behouden. Tabel 7 geeft een overzicht van de opeenvolgende panden en de te handhaven streefpeilen opwaarts van de stuw.

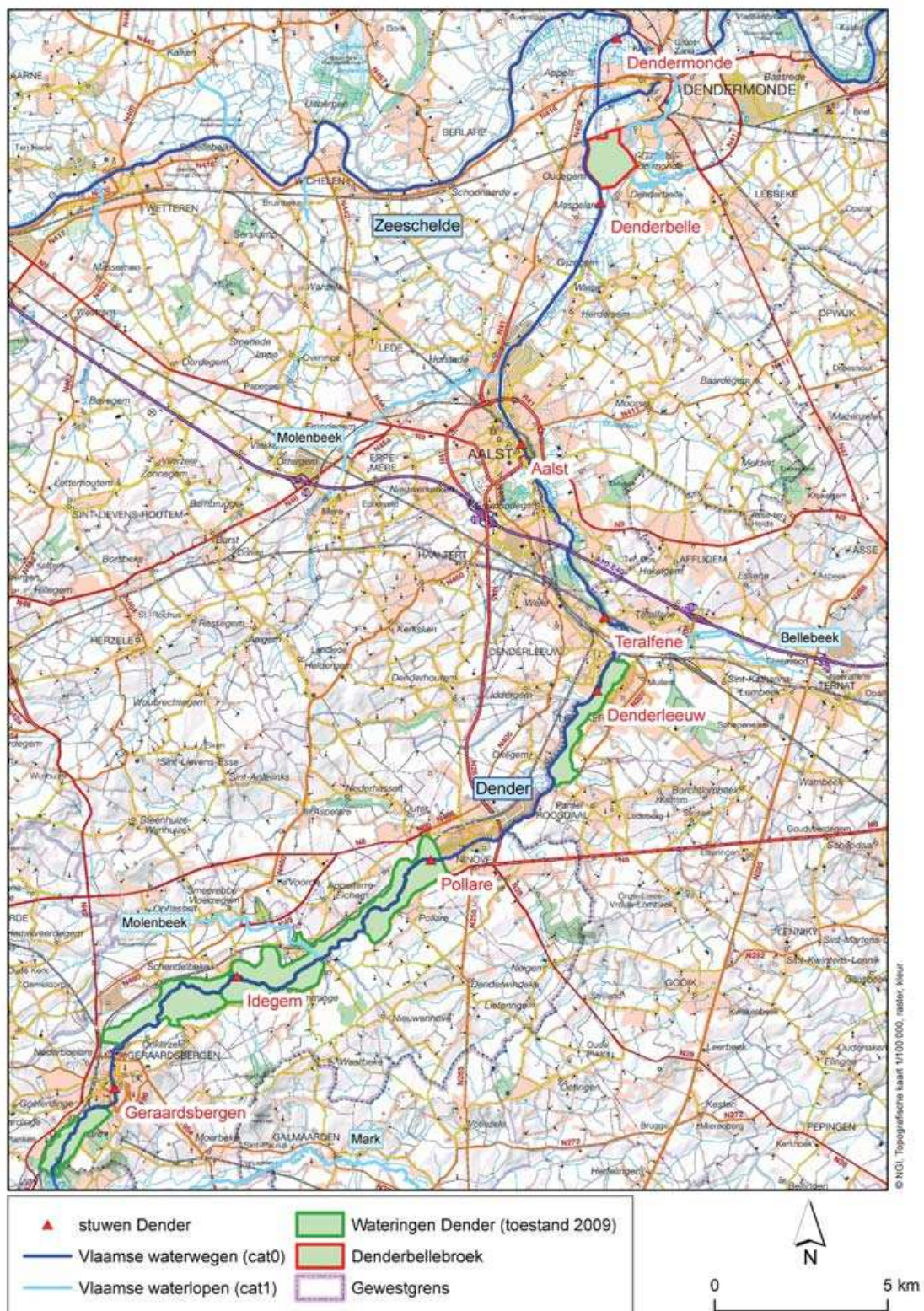
Tabel 7: Stuwpanen op de Vlaamse Dender met streefpeilen

Pand	Normaalpeil of streefpeil (m TAW)
opwaarts Geraardsbergen	16,85
Geraardsbergen - Idegem	15,23
Idegem - Pollare	12,88
Pollare - Denderleeuw	10,37
Denderleeuw - Terafene	8,17
Terafene - Aalst	7,61
Aalst - Denderbelle	5,83
Denderbelle - Dendermonde	3,82

In Dendermonde kent de Schelde nog een duidelijke getijdencyclus met afwisseling van hoogwaters en laagwaters. Dit heeft echter tot gevolg dat er geen continue lozing kan plaatsvinden van de Dender naar de Schelde. Bij hoogwater verhindert de stuwsuis van Dendermonde wel dat er Scheldewater de Dender in stroomt, maar dan is ook geen afvoer mogelijk. De waterafvoer van de Dender is bijgevolg beperkt tot de periodes van laagtij, wat de afwatering van de afwaartse panden bemoeilijkt.

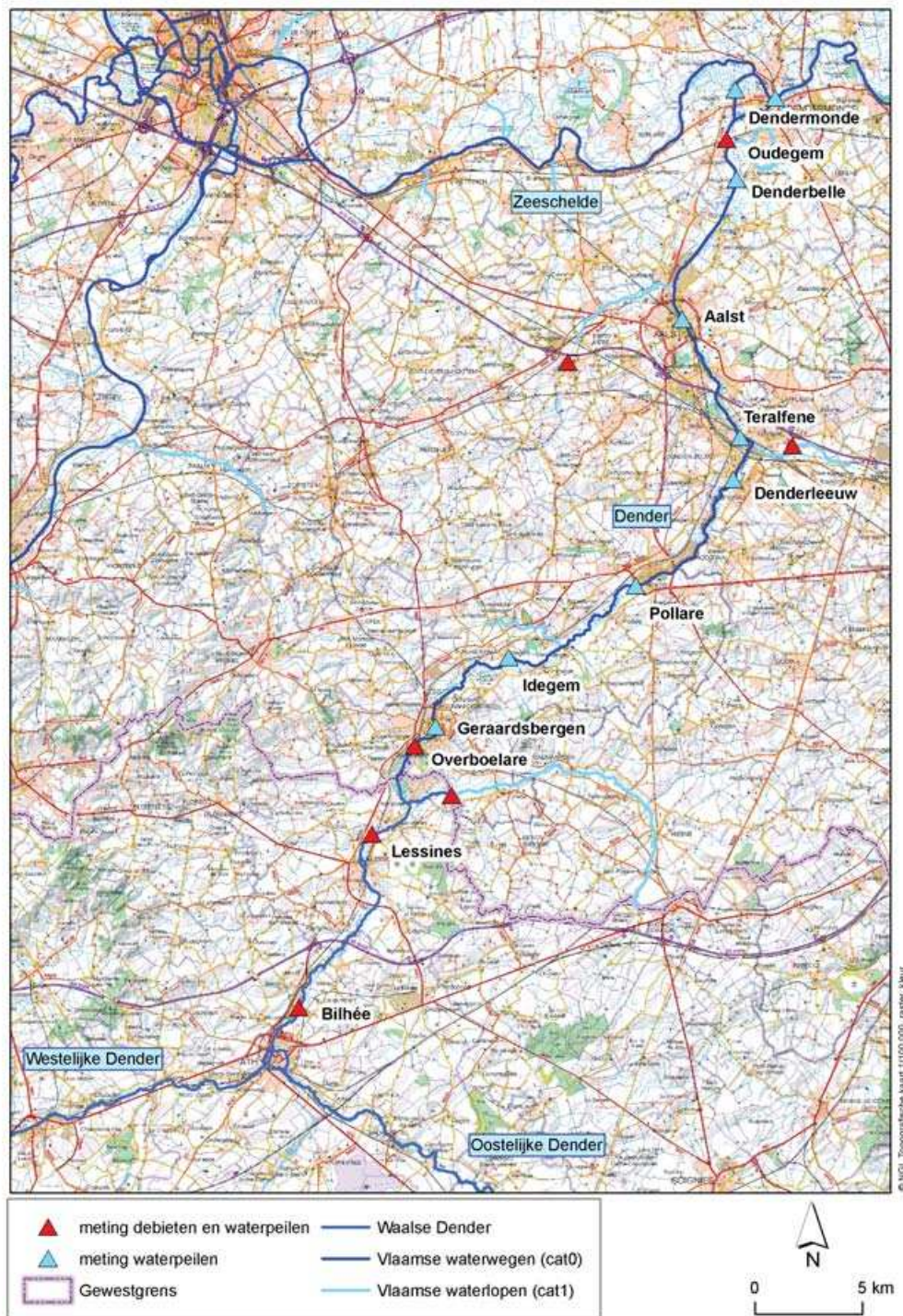
Langs het afwaartse pand van de Dender ligt het gecontroleerd overstromingsgebied "Denderbellebroek". Dit gebied dat hoofdzakelijk uit weilanden bestaat, heeft als doel om bij hoogtij op de Schelde en hoge afvoeren op de Dender het teveel aan water in de Dender tijdelijk te bufferen. Het tijdelijk geborgen water kan dan bij laagwater eveneens naar de Schelde worden afgevoerd.

Behalve het Denderbellebroek bevinden zich langsheen de Dender nog verschillende weilanden die regelmatig overstroomd. Deze zones zijn gekend en houden daar slechts weinig schade aan over. Figuur 19 toont de wateringen (toestand 2009) langsheen de Dender en de locatie van het Denderbellebroek.



Figuur 19: Situering wateringen 2009 en Denderbellebroek.

Om de regeling van de verschillende stuwen en kunstwerken op de Dender mogelijk te maken, worden op verschillende locaties waterpeilen en debieten gemeten. Daarnaast bevinden er zich ook verschillende meetpunten op het Waalse gedeelte van de Dender en op de belangrijkste onbevaarbare waterlopen. Figuur 20 geeft een overzicht van de verschillende meetlocaties, ter hoogte van de stuwen worden telkens de opwaartse en de afwaartse waterpeilen gemeten.



Figuur 20: Meetpunten waterstanden en debieten in het Denderbekken

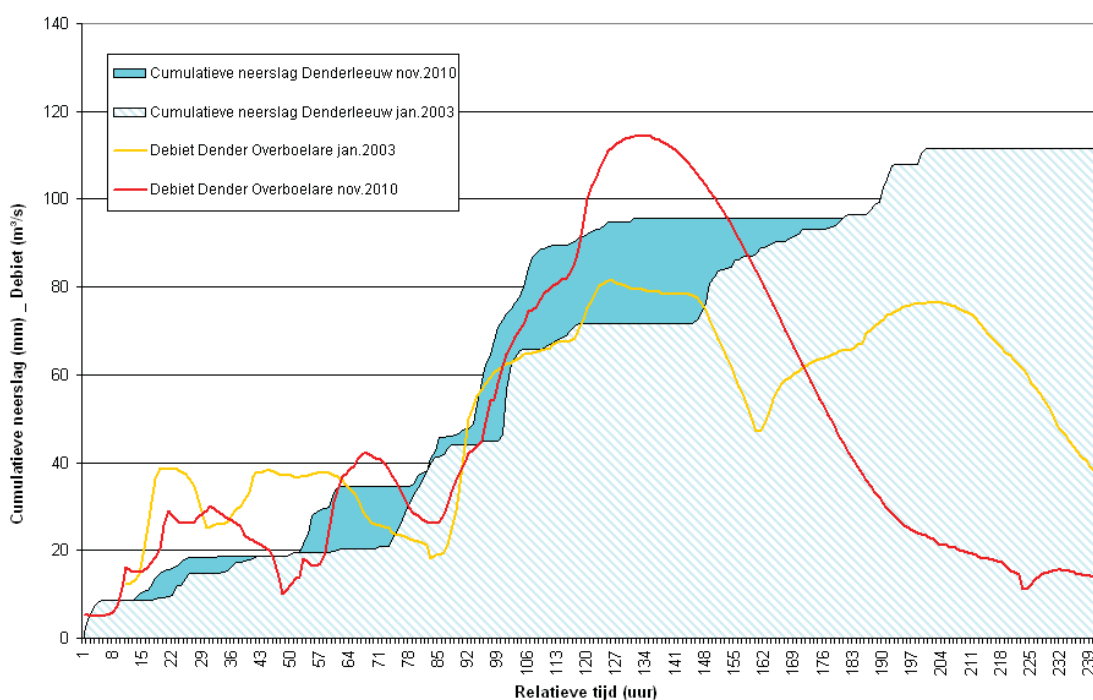
Metingen en registraties tijdens de hoogwaterperiode

Debieten

Debieten Overboelare

Vóór de gebeurtenissen van november, was de piekafvoer van december 2002-januari 2003 de hoogst geregistreeerde in Overboelare. De meetpost van Overboelare bevindt zich 2 kilometer afwaarts de gewestgrens en werd pas in 2001 geïnstalleerd. Hij staat afwaarts van de Majoor Van Lierdelaan (Geraardsbergen).

In Figuur 21 worden de neerslagsommen van december 2002-januari 2003 (gearceerd) en van november 2010 (in blauw, deels achter het gearceerde vlak) met elkaar vergeleken worden. In de figuur zijn eveneens de waargenomen debieten op de Dender in Overboelare weergegeven voor de beide wasperiodes. Hieruit blijkt dat de Denderafvoer midden november 2010 een lange tijd sterk gestegen is als gevolg van de zware regenval op korte tijd. In 2002-2003 was de neerslag en bijgevolg het afgevoerde debiet over een veel langere periode gespreid.



Figuur 21: Vergelijking neerslagsommen en debieten te Overboelare voor november 2010 en januari 2003

Uit bovenstaande figuur blijkt eveneens dat het topdebiet in 2002-2003 ongeveer 80m³/s bedroeg, terwijl in november 2010 een maximum van ongeveer 115 m³/s werd afgevoerd. Deze 81m³/s was tot voor kort het hoogst gemeten debiet in Overboelare, het maximum in november 2010 is beduidend hoger. Bovendien werd in januari 2011 opnieuw een zeer hoge afvoer van 97 m³/s gemeten.

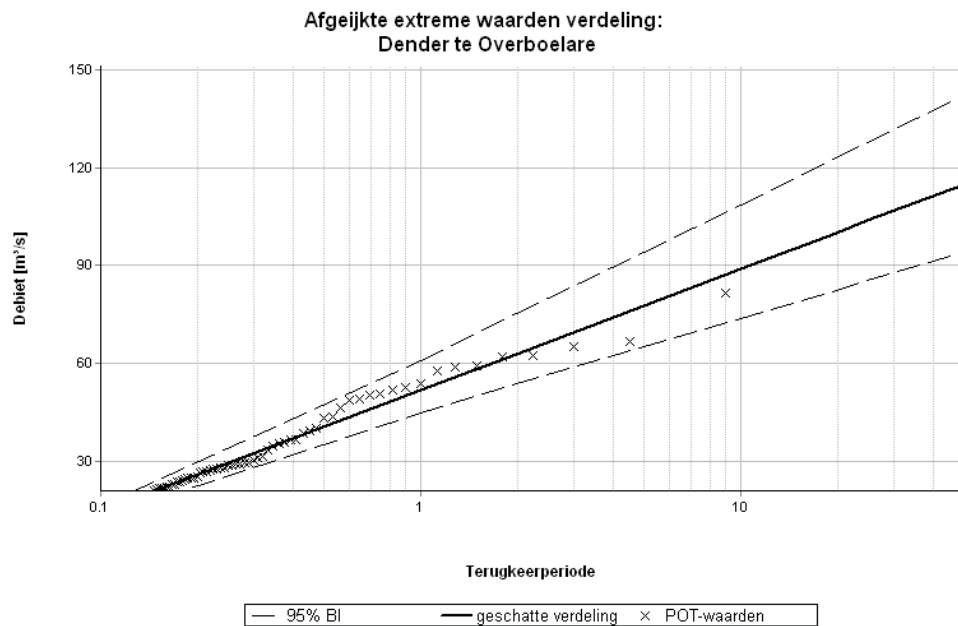
In Tabel 8 worden de hoogste afvoeren op de Dender sinds het begin van de registraties opgelijst.

Tabel 8: 15 hoogste afvoeren Dender Overboelare sinds 2001

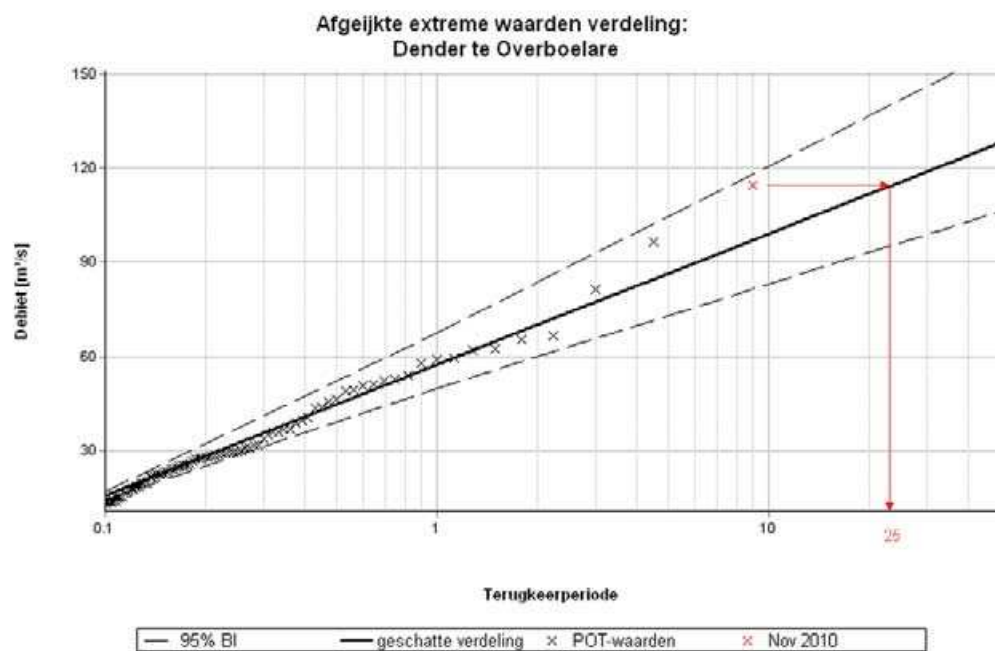
Rang	Datum	Tijdstip (UTC)	Debiet (m³/s)
1	14/11/2010	20:00	114,50
2	14/01/2011	12:00	96,55
3	31/12/2002	3:00	81,52
4	21/03/2002	16:00	66,75
5	21/02/2002	7:00	65,31
6	28/08/2002	8:00	62,35
7	28/01/2002	9:00	62,00
8	26/02/2002	19:00	59,95
9	24/01/2009	4:00	59,35
10	3/02/2003	13:00	58,83
11	28/02/2010	23:00	57,77
12	13/02/2002	15:00	56,84
13	7/03/2007	6:00	54,09
14	13/01/2004	15:00	52,61
15	22/12/2002	21:00	52,46

Wanneer er aan de hand van een analyse voor een relatief korte meetreeks uitspraken gedaan dienen te worden voor hoge retourperiodes, zijn deze steeds zeer voorwaardelijk.

Het spreekt voor zich dat, wanneer een relatief korte reeks (2001) geanalyseerd wordt, de gebeurtenissen van november 2010 en januari 2011 deze analyses beïnvloeden. Uit uitgevoerde analyses van voor de gebeurtenissen van november 2010 (waar de afvoer van december 2002 de hoogste was) werd aan een debiet van 114 m³/s een zeer hoge retourperiode toegekend. Wanneer de analyse opnieuw gebeurt, met inbegrip van de piekafvoeren van november 2010 en januari 2011, dalen de statistisch bepaalde retourperiodes. In de meest recente statistiek (met inbegrip november en januari) wordt aan de gebeurtenis van november een retourperiode van 25 jaar toegekend. De verschillende afijkingsresultaten worden weergegeven in Figuur 22 en Figuur 23.



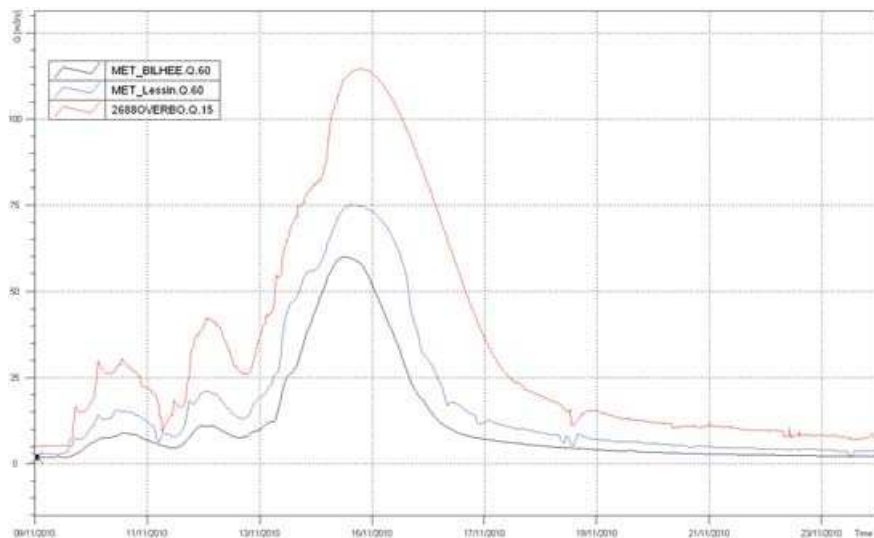
Figuur 22: Afijking van de extreme-waarden verdeling voor debieten te Overboelare zonder de gebeurtenissen van november 2010 en januari 2011



Figuur 23: Afijking van de extreme-waarden verdeling voor debieten te Overboelare met de gebeurtenissen van november 2010 en januari 2011

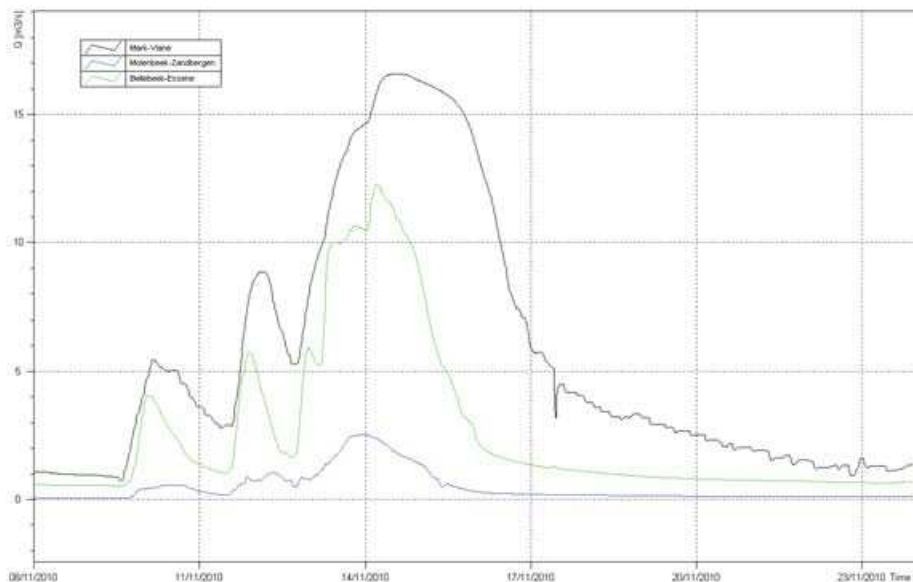
Andere debieten

Ook in het Waalse deel van het Denderbekken werden zeer hoge debieten gemeten. Figuur 24 geeft deze waarden weer voor Bilhée, Lessines en Overboelare. Een eerste analyse van de SETHY (Service d'Etudes Hydrologiques de Wallonie) gaf aan dat het debiet te Lessines een terugkeerperiode had van enkele honderden jaren (statistiek zonder inachtnaam van gebeurtenissen november 2010 en januari 2011).



Figuur 24: Debieten op de Dender in Bilhée (zwart), Lessines (blauw) en Overboelare (rood).

De topdebieten op de belangrijkste zijwaterlopen van de Dender in Figuur 25 deden zich ongeveer op dezelfde dag voor als in Overboelare. Hieruit blijkt dat **zeer veel water tegelijkertijd** naar de Dender stroomde, wat samen met de hydrologische voorgeschiedenis zoals beschreven in het tweede hoofdstuk tot de genoteerde recorddebieten en –waterstanden leidde.



Figuur 25: Debieten op de belangrijkste zijwaterlopen van de Dender (Data VMM-niet gevalideerd)

Waterstanden

In de grafieken in Bijlage A worden telkens de waterpeilen op- en afwaarts van de stuwen in Geraardsbergen, Idegem, Pollare, Denderleeuw, Teralfene, Aalst en Denderbelle getoond.

Tabel 2 toont de hoogst geregistreeerde waterpeilen voor deze stuwen, samen met het maximale waterpeil dat zich voordeed rond jaarwisseling 2002-2003 en het normaalpeil. De hoogste waarde per stuw is telkens in vet aangeduid. Waar de piekwaarde niet geregistreerd werd, werden vraagtekens geplaatst. Schattingen werden eveneens aangeven.

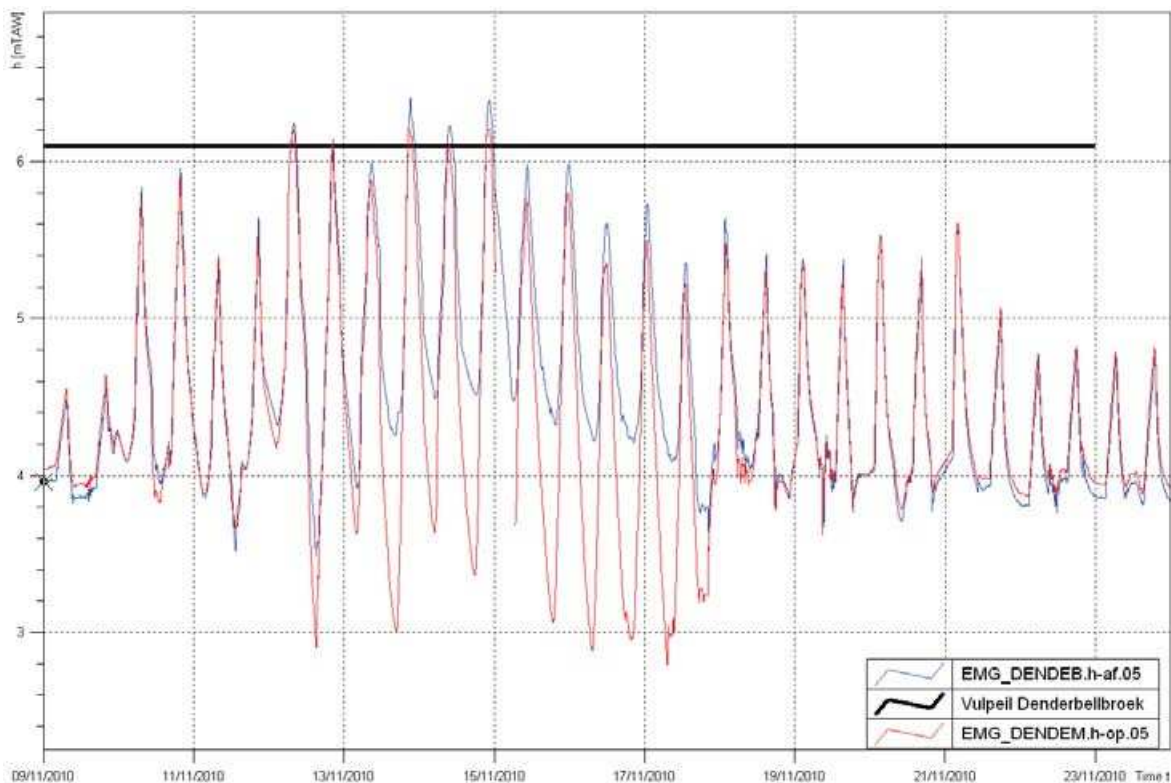
Tabel 9: Overzicht maximale waterstanden november 2010
versus december 2002-januari 2003 en normaalpeilen.

Meetpunt	Normaalpeil (m TAW)	Hmax (m TAW) dec.2002	Hmax (m TAW) nov.2010	Tijdstip Hmax nov.2010
Overboelare	-	18,37	19,22(schatting)	15/11/2010 9:30
Geraardsbergen opw.	16,85	?	18,37(schatting)	15/11/2010 11:20
Geraardsbergen afw.		17,48	18,24 (schatting)	15/11/2010 11:20
Idegem opwaarts	15,23	15,58	15,67	15/11/2010 8:30
Idegem afwaarts		14,8	14,99 (schatting)	15/11/2010 8:30
Pollare opwaarts	12,88	13,18	13,7	15/11/2010 23:00
Pollare afwaarts		12,47	12,72	16/11/2010 6:00
Denderleeuw opwaarts	10,37	?	10,88	16/11/2010 7:00
Denderleeuw afwaarts		?	10,38	16/11/2010 18:00
Teralfene opwaarts	8,17	9,97	9,88	16/11/2010 20:00
Teralfene afwaarts		9,77	9,68	16/11/2010 20:30
Aalst opwaarts	7,61	8,18	8,21	14/11/2010 23:30
Aalst afwaarts		7,54	7,46	14/11/2010 23:00
Denderbelle opwaarts	5,83	6,9	6,42	13/11/2010 21:00
Denderbelle afwaarts		6,5	6,39	14/11/2010 22:30
Dendermonde opwaarts	3,8	6,52	6,2	14/11/2010 22:30

Uit de tabel blijkt dat vooral in het **opwaartse gedeelte** van de Dender **recordwaterstanden** werden opgetekend. Afwaarts blijken de waterstanden in december 2002-januari 2003 hoger te zijn geweest dan in november 2010.

Uit de tijdstippen waarop de maximale waterstanden zich voordeden (genoteerd in de laatste kolom van Tabel 9) blijkt dat het maximum waterpeil in Teralfene zich pas anderhalve dag later voordeed dan in Overboelare. Bij kleinere afvoergolven duurt dit slechts enkele uren.

Afwaarts Aalst werden **weinig problemen** gemeld. Het Denderbellebroek stond tijdens de gebeurtenissen van november 2010 nooit volledig vol, en werd slechts enkele malen aangesproken. Dit gebeurde op 12 november 2010 om 11u en om 23u, op 15 november 2010 om 00:30u, om 12u en om 24:00u. Dit is duidelijk zichtbaar in Figuur 26.



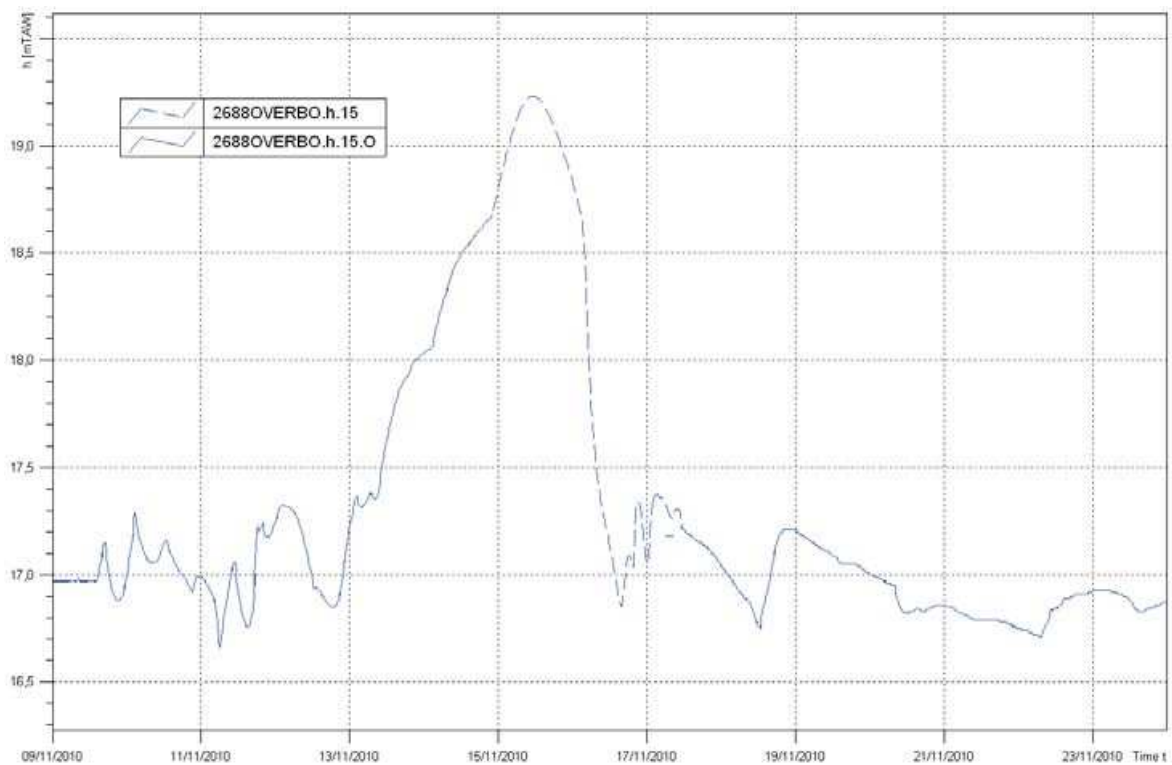
Figuur 26: Peilen Denderbelle afwaarts (blauw), Dendermonde opwaarts (rood) en het vulpeil van het Denderbellebroek (zwart).

Realiteit van meten tijdens een hoogwaterperiode

Het grote aantal meetpunten op de Dender en haar zijwaterlopen (Figuur 20) geven de mogelijkheid om de situatie op terrein bij dergelijke extreme afvoergolven goed op te volgen. Ook achteraf zijn de meetresultaten van groot belang om de gebeurtenissen achteraf goed te kunnen analyseren, te gebruiken in het modelinstrumentarium en er verdere kennis van het systeem uit op te bouwen.

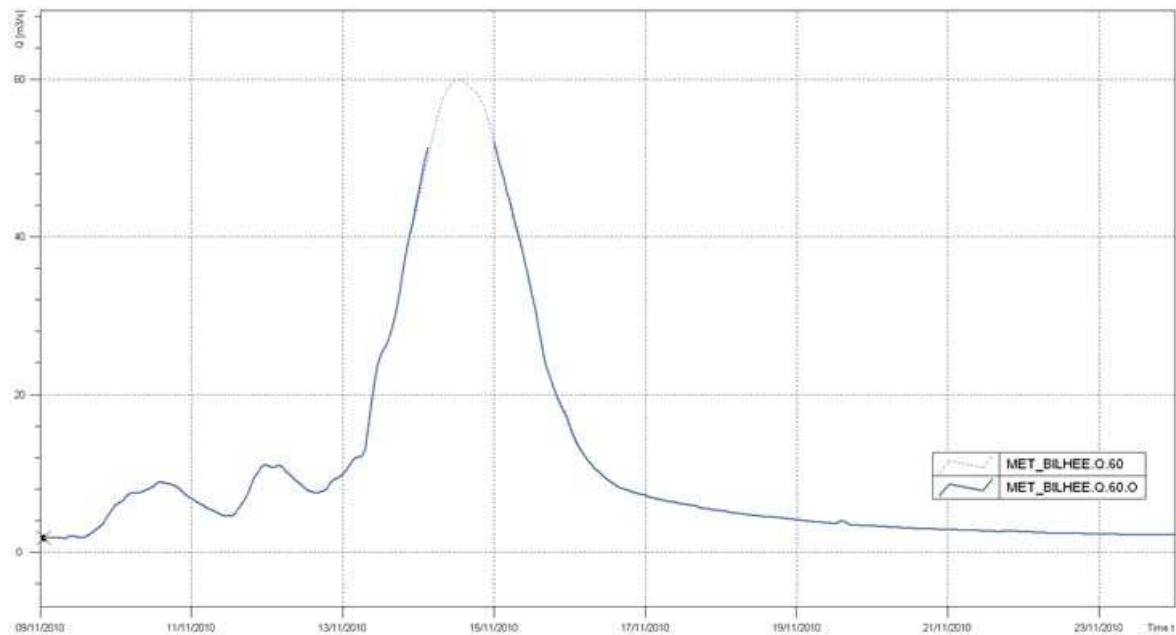
Jammer genoeg vormen de zeer hoge waterstanden en afvoeren ook een probleem voor sommige meetposten. Zo kende de meting op de Dender in Overboelare een uitval; het bleek dat de beschermingskast waarin de meetpost geïnstalleerd staat, onder water is gekomen op 14/11 rond 21u30. Het toestel was op dat moment volledig omgeven door water en dus onbereikbaar, maar kon enkele dagen later worden hersteld (17/11 rond 11u30). In Figuur 27 geeft de volle blauwe lijn aan welke metingen in real-time beschikbaar waren.

Achteraf konden de ontbrekende gegevens gereconstrueerd worden op basis van de Waalse metingen in Lessines, de waterstanden opwaarts de stuw van Geraardsbergen en een ijkingsmeting die ter plaatse op het moment van de topafvoer werd uitgevoerd door de medewerkers van het HIC. Verder kon geconcludeerd worden dat het maximale waterpeil ongeveer 19,22 m TAW geweest moet zijn aan de hand van de waterstand in een nabijgelegen woning. De streeplijnen in Figuur 27 tonen het gereconstrueerde gedeelte van de waterstanden in Overboelare.



Figuur 27: Waterstanden in Overboelare (volle blauwe lijn: gemeten; blauwe streeplijn: gereconstrueerd)

Niet alleen het meetpunt op de Dender in Overboelare kende dergelijke problemen. Ook de debieten in Bilhée dienden door de Waalse collega's achteraf gereconstrueerd te worden. Figuur 28 geeft dit weer.



Figuur 28: Debieten in Bilhée (volle blauwe lijn: gemeten; blauwe streeplijn: gereconstrueerd)

Ook de meetposten op- en afwaarts de stuwen kenden een (korte) periode van uitval. In Geraardsbergen deed zich de grootste onderbreking voor. Hier was eveneens technisch ingrijpen noodzakelijk om de data-instroom terug te herstellen.

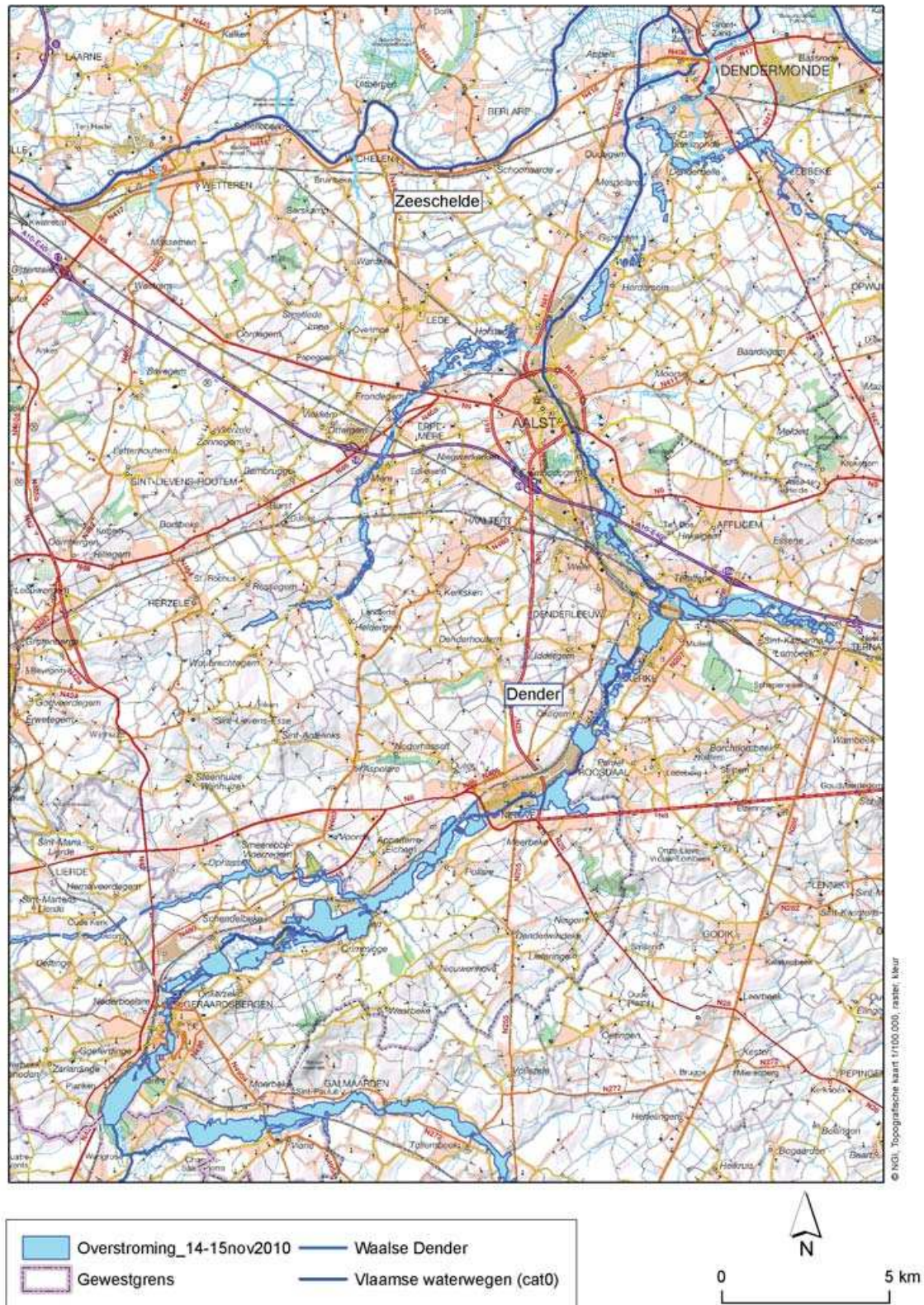
Overstromingen

Zowel op 14/11 als op 15/11 werden helikoptervluchten uitgevoerd boven de Dender om de overstroomde gebieden in kaart te kunnen brengen met behulp van foto's en videobeelden. Deze vluchten kaderen binnen een project van het HIC, waarbij er een contract is afgesloten zodat een helikopter stand-by staat in geval van overstromingen. Figuur 29 geeft een voorbeeld van een dergelijke foto, genomen op 14/11 ter hoogte van Geraardsbergen.



Figuur 29: Foto van de overstroomde gebieden langs de Dender ter hoogte van Geraardsbergen, genomen vanuit de helikopter (14/11/2010).

Op basis van deze sets van beeldmateriaal werd vervolgens zo snel mogelijk in GIS ingetekend welke zones midden november overstroomd waren. Het resultaat hiervan staat voorgesteld in Figuur 30. Een combinatie van deze kaart met de laag van de kadastrale gebouwen (CADMAP 2010) leert dat er in het Denderbekken ongeveer 1480 gebouwen omringd werden door water. Dit aantal kan preciezer bepaald worden in de karteringstool van de CIW waarvoor de helikopterbeelden de basis waren.



Figuur 30: Kaart van de overstroomde gebieden langs de Dender op basis van de helikopterbeelden gemaakt op 14/11 en 15/11.

Besluit Dender

De peilen in het opwaartse gedeelte van de Dender waren de hoogst registreerde ooit. Alle natuurlijke en huidige bergingsgebieden langs de Dender werden ten volle aangesproken, en dit volstond niet om alle infrastructuur langs de Dender te vrijwaren.

Een aantal maatregelen, ondermeer berging van hemelwater in opwaarts gelegen gebieden en een optimalisering van de inrichting en werking van de huidige kunstwerken, kan in de toekomst de gevolgen van dit soort van extremititeiten vermijden of verzachten.

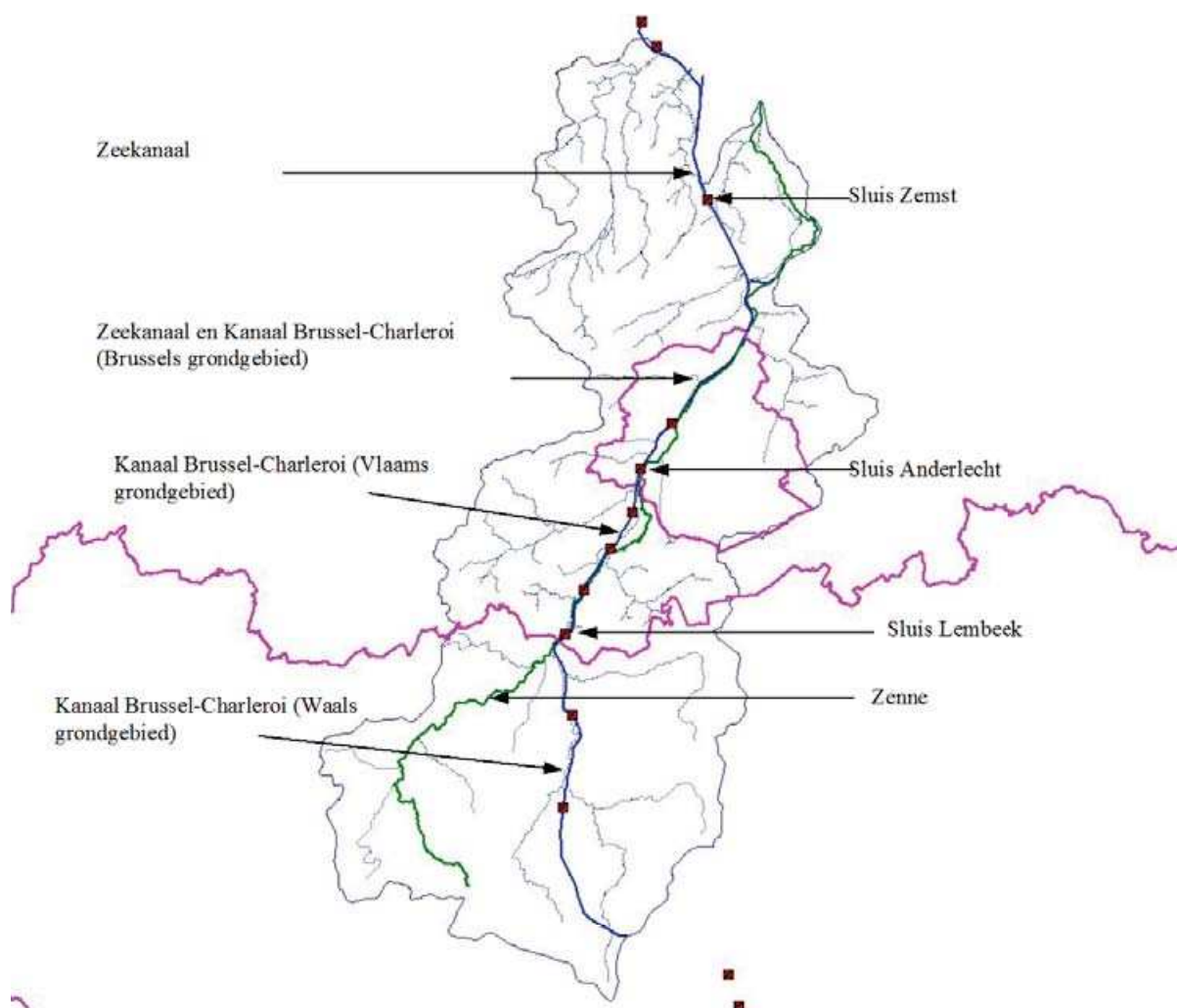
4 Zenne-Zeekanaal

Beschrijving van het riviersysteem

Schematisatie

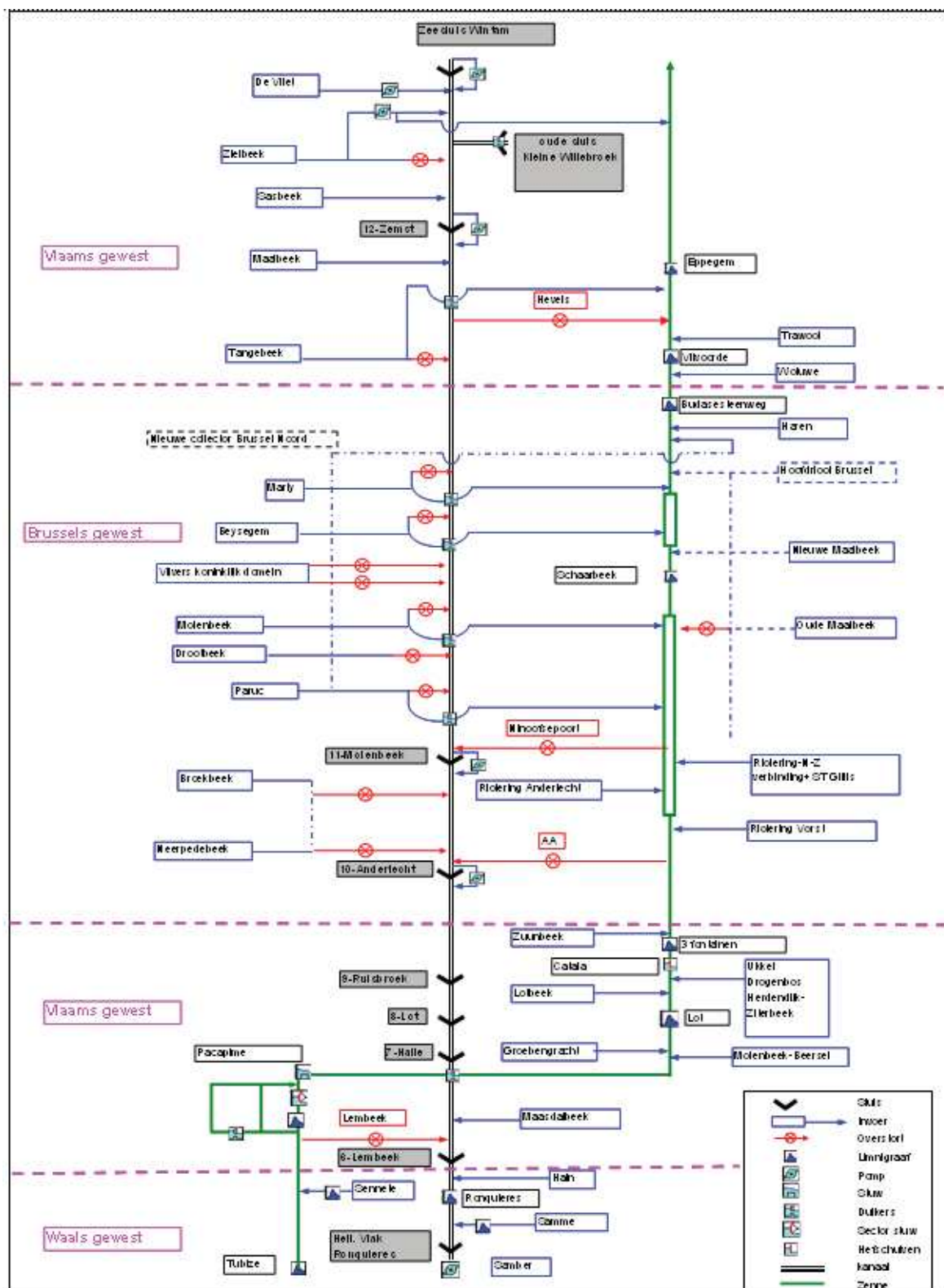
Het kanaal naar Charleroi en het Zeekanaal Brussel-Schelde vormen de verbinding tussen Charleroi, Brussel en de Zeeschelde. Deze twee aaneensluitende kanalen doorsnijden met hun 102 km het hydrografische bekken van de Zenne.

Over de hele lengte van de kanalen is er interactie met de Zenne en andere waterlopen mogelijk. Soms is deze interactie beperkt tot perioden met hoge afvoeren, op sommige locaties is de uitwisseling permanent. De kennis van de interactie met de Zenne is dus heel belangrijk.



Figuur 31: Geografische situering Zenne-Zeekanaal

In Figuur 32 wordt een schematisatie van het systeem voorgesteld. Deze figuur stelt het kanaal voor vanaf het Hellend Vlak van Ronquières tot aan de Zeesluis van Wintam. Alle sluizen zijn aangeduid behalve de Sluis van Ittre.



Figuur 32: Schematisatie systeem Zenne-Zeekanaal

De belangrijkste pompstations die het overtollige water van verschillende bekkens naar het kanaal pompen worden aangeduid, samen met de pompstations die gebruikt worden voor de verschillende sluizen.

In hetzelfde schema worden de belangrijke elementen van de Zenne vanaf Tubize tot aan de monding in de Rupel getoond. De belangrijke stuwen, de overlaten, de verschillende deelstromen en de zijrivieren worden voorgesteld als invoerpunten.

Uit deze schematisatie kunnen we afleiden dat het kanaal en de Zenne parallel lopen zonder belangrijke interactie tot in Lembeek, waar het overtollige water van de Zenne via de overlaat in het kanaal stort. Verder afwaarts in de Zenne bevindt zich de Oude Zenne die vroeger een by-pass vormde.

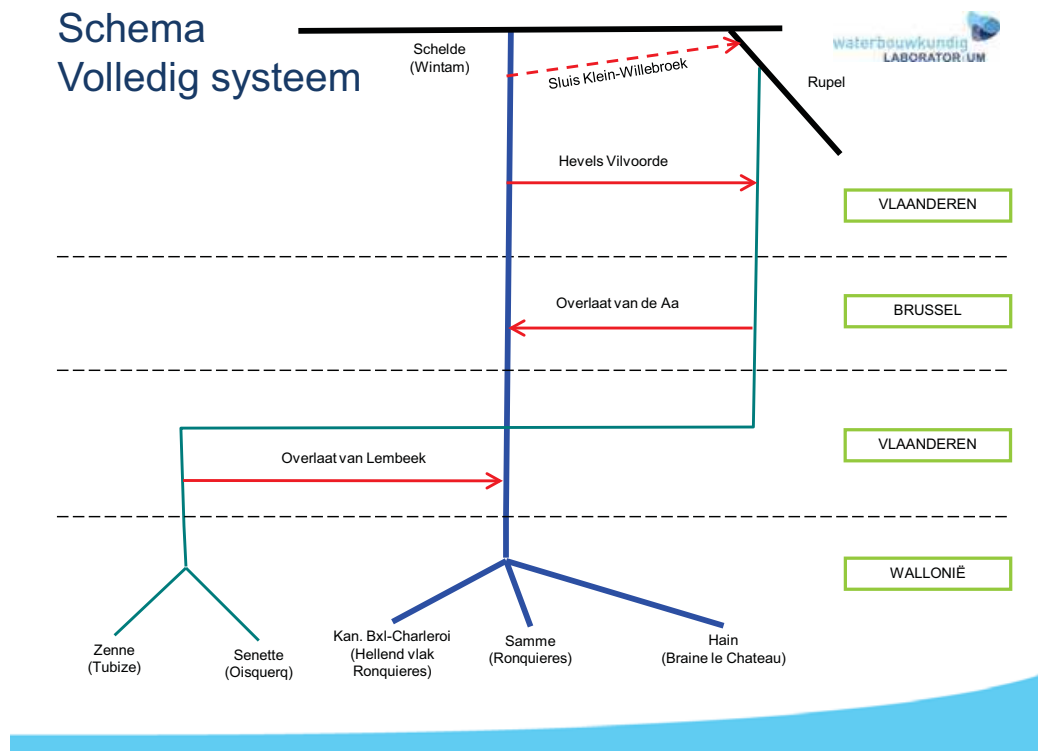
Ter hoogte van Halle duikt de Zenne onder het kanaal via een sifon en loopt er parallel met het kanaal tot aan de overlaat van de AA waar het tweede belangrijke interactiepunt zich bevindt. Tussen Anderlecht en Vilvoorde zijn verschillende andere overstorten vanuit de Zenne naar het kanaal maar deze zijn van minder belang.

In het pand tussen Anderlecht en Vilvoorde kunnen bij hoge afvoeren verschillende overlaten het overtollige water van de deelstroomgebieden op de linkeroever in het kanaal storten. Sinds de ingebruikname van het waterzuiveringsstation van Brussel-Noord wordt het water bij normale afvoeren daarheen geleid.

De afvoer langs het kanaal gebeurt niet via de sluizen maar via de verschillende langsriolen van de sluizen, gecontroleerd via hefschuiven, van de sluizen. In extreme situaties kan het water over de sluisdeuren storten. Het overtollige water dat langs de verschillende overstorten naar het kanaal is gestuurd, komt terug in de Zenne afwaarts Brussel via de zelfzuigende hevels te Vilvoorde. Normaalgezien wordt tijdens een wasperiode geen significant stormdebiet afgevoerd afwaarts de sluis van Zemst.

Afwaarts Zemst komen verschillende deelstromen in het kanaal terecht via pompstations en overlaten (de Vliet, de Zielbeek). Verder afwaarts is het kanaal met de Zeeschelde verbonden via de sluis van Wintam.

Figuur 33 geeft een verder vereenvoudigd schema van de interacties tussen de Zenne en het kanaal Brussel-Charleroi en het Zeekanaal



Figuur 33: Vereenvoudigd schematisch overzicht interacties Zenne - Kanaal naar Charleroi – Zeekanaalsysteem

Structuren

Overlaat te Lembeek

De overlaat van Lembeek is een zijdelingse overlaat in de Zenne die het overtollige water van de Zenne naar het kanaal afleidt. De structuur heeft een lengte van 154 m en een overlooppeil van 34,60 m TAW. Het bodempeil van de Zenne opwaarts de stuw, ligt op 31,00 m TAW en het bodempeil van het kanaal afwaarts op 33,40 m TAW. De overlaat is verbonden met het kanaal door middel van een tak van 225 m lang.

Het ontwerpdebiet van deze structuur bedraagt 66 m³/s met een waterstand opwaarts van 35,00 m TAW. De hoogste geregistreeerde waterstand opwaarts is 35,35 m TAW (14/11/2010 09:00). De afvoer die hiermee overeenkomt wordt geschat op 80-85m³/s. (Zie ook verder bij bespreking waterstanden en afvoeren.)



Figuur 34: Overlaat te Lembeek

Overlaat van de AA

De "Watervang van de AA" werd tussen de Zenne en het Kanaal Brussel-Charleroi in 1925 ontworpen. Deze watervang voert het water van de Zenne langs een toevoerkanaal, de "AA" genoemd, af naar het kanaal Brussel-Charleroi afwaarts de sluis van Anderlecht. De kruin van de overstort ligt op 18,00 m TAW, op het toevoerkanaal bevinden zich 4 geautomatiseerde schuiven (2,50 m breed) die vanaf 1969 permanent open zijn om het gevaar voor overstromingen van de Zenne afwaarts (in Brussel) te vermijden.

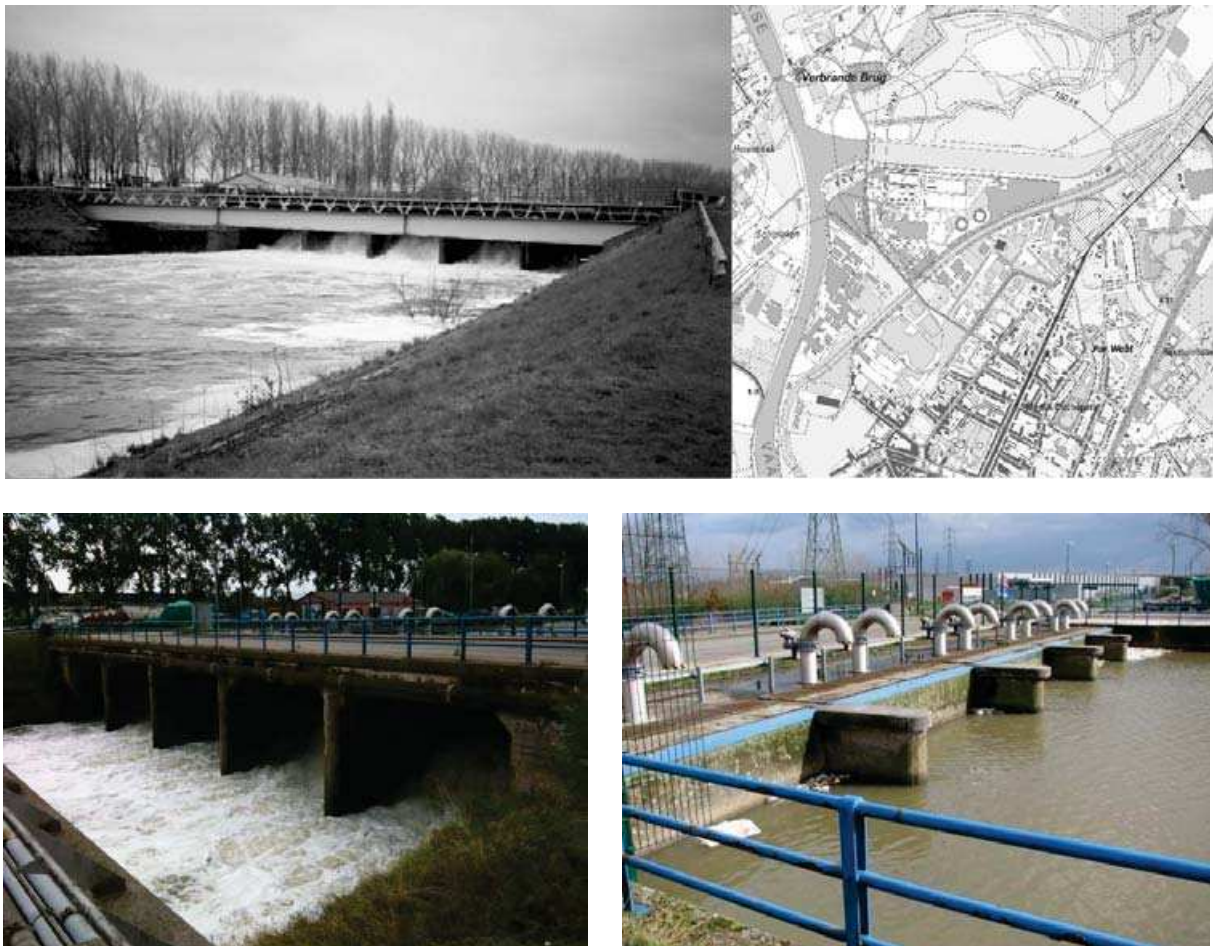
Aangezien het waterpeil in het kanaalpand op 18,20 m TAW gehouden wordt en de kruin van de overstort op 18,00 m TAW ligt, werd een stuw aangelegd opwaarts de overstort met een kruin op 18,20 m TAW.



Figuur 35: Overlaat van de AA

Zelfaanzuigende Hevels te Vilvoorde

Op het einde van het dok van Vilvoorde bevinden zich de zelfaanzuigende hevels, gebouwd om het overtollige water dat via verschillende overlaten in het kanaal is gekomen, terug naar de Zenne te lozen. De hevels treden geleidelijk in dienst als de waterstanden in het kanaal hoger zijn dan 13,31 m. De hevels werken normaal als overlaat maar kunnen, mits het wegnemen van de luchttoevoer (=sluiten deksels luchttoevoer) werken als sifon. Als sifon kan significant meer water afgevoerd worden.



Figuur 36: Zelfaanzuigende Hevels te Vilvoorde

Metingen en registraties tijdens de hoogwaterperiode

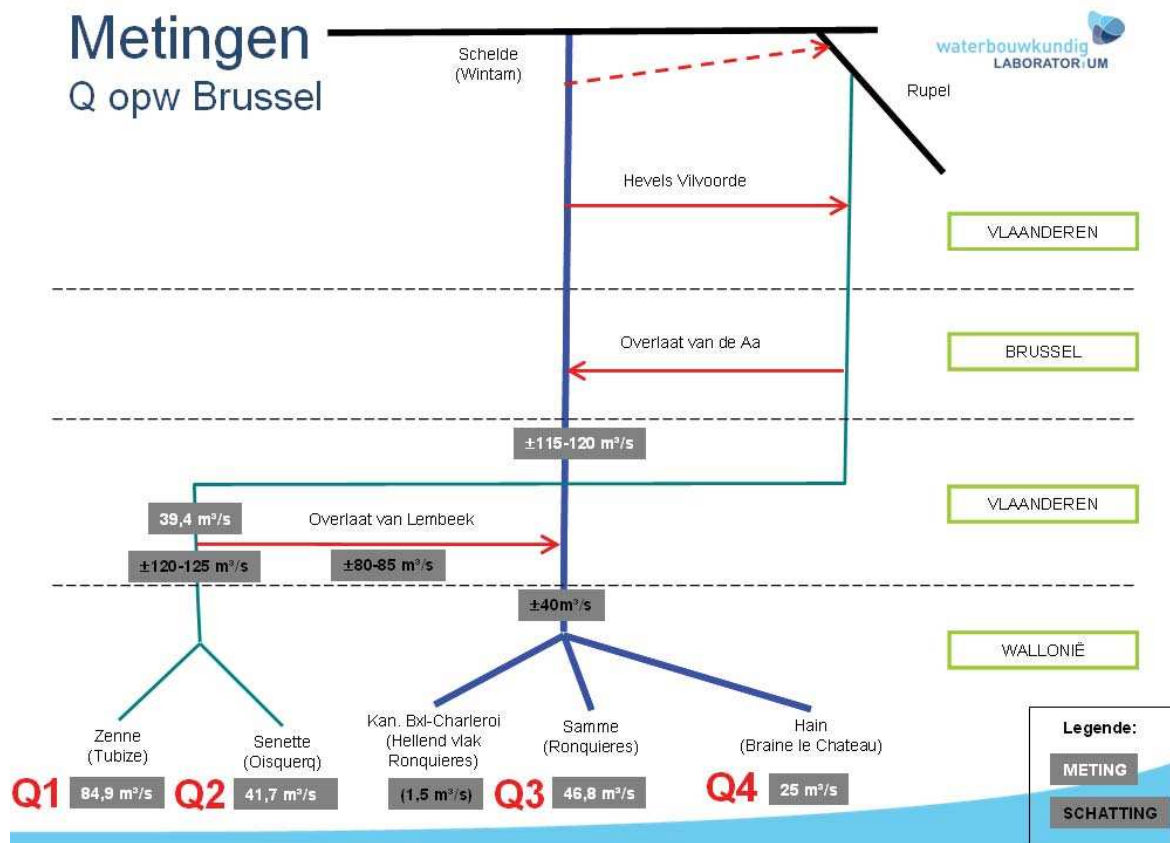
Afvoeren vanuit Wallonië

Les données des voies navigables de la Wallonie sont mises à disposition gratuitement par le Service public de Wallonie, Direction générale opérationnelle Mobilité et Voies hydrauliques, Direction de la Gestion hydrologique intégrée, Service d'Etudes Hydrologiques (SETHY).

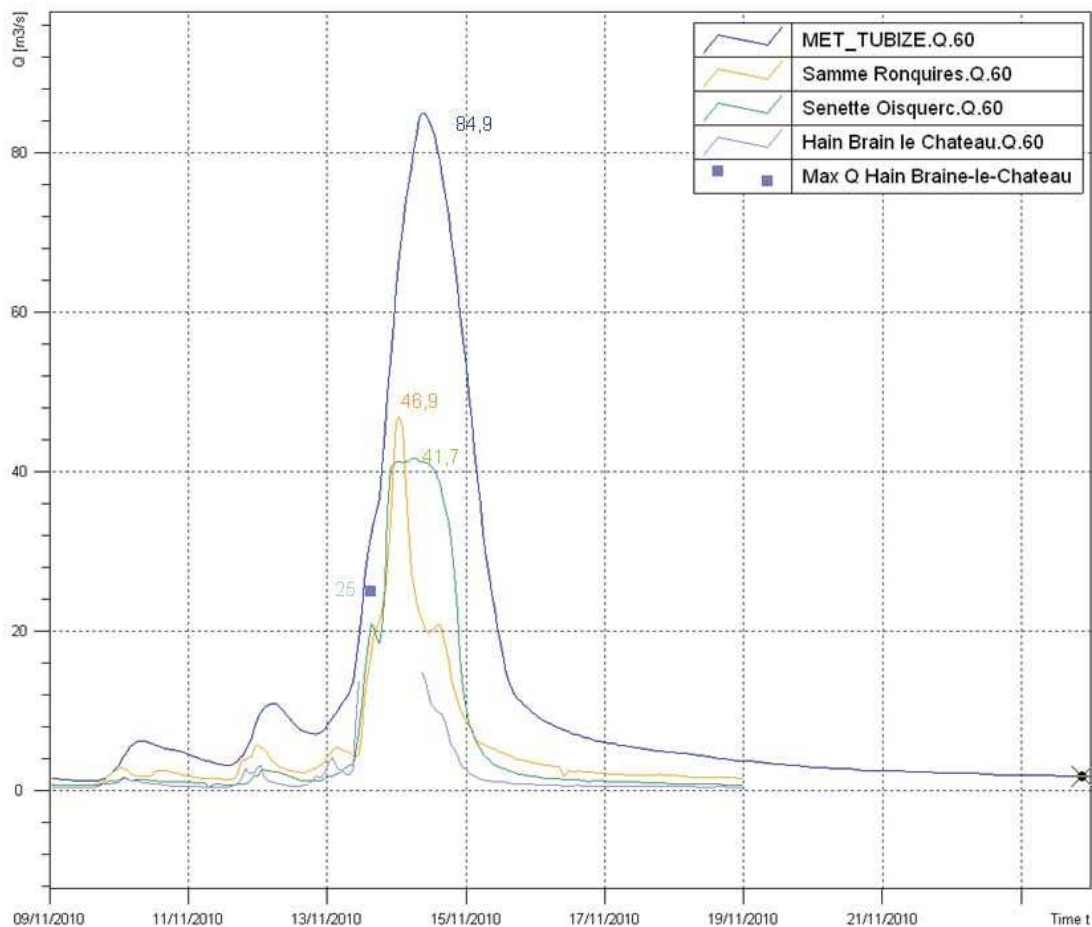
De belangrijkste afvoeren (zie

Figuur 38) die opwaarts het Zennebekken in Vlaanderen binnenstromen zijn de Zenne te Tubize (Q1) en de Sennette te Oisquerq (Q2). Deze 2 afvoeren vormen samen de afvoer van de **Zenne** als ze Vlaanderen binnenstroomt. De maximale afvoer op de Zenne te Tubize bedraagt 84,9 m³/s. Statistisch gezien is dit een heel uitzonderlijke afvoer. Volgens de SETHY komt deze afvoer slechts 1 keer om de 1000 jaar voor. De maximale afvoer op de Senette te Oisquerq bedraagt 41,7 m³/s, ook deze afvoer is heel uitzonderlijk (komt minder dan 1x voor in 100jaar). De Zenne had dus ongeveer een afvoer van maximaal 120-125 m³/s toen ze Vlaanderen binnenstroomde.

Het **kanaal naar Charleroi** kreeg een maximale afvoer van ongeveer 40m³/s te verwerken bij het binnenstromen in Vlaanderen (meting in Lembeek). Deze wordt in belangrijke mate bepaald door de Samme te Ronquieres (Q3) en de Hain te Braine-le-Chateau (Q4). De Samme mondt in het kanaal naar Charleroi uit te Ronquieres (net afwaarts het hellend vlak). Tussen deze monding en de gewestgrens ligt nog de sluis van Ittre die het natuurlijk verloop van de afvoer van de Samme beïnvloedt. Tussen de sluis van Ittre en de gewestgrens mondt ook nog de Hain in het Kanaal Brussel-Charleroi. De Hain reageert natuurlijker en sneller dan de Samme. Daardoor vertoont de afvoer te Lembeek een bredere curve. De top van afvoercurve is breder uitgesmeerd en de afvoer blijft langer verhoogd. Tevens overstroomde het kanaal naar Charleroi opwaarts de sluis te Lembeek wat ook zorgde voor een vertraagde afvoer van het wasdebiet.



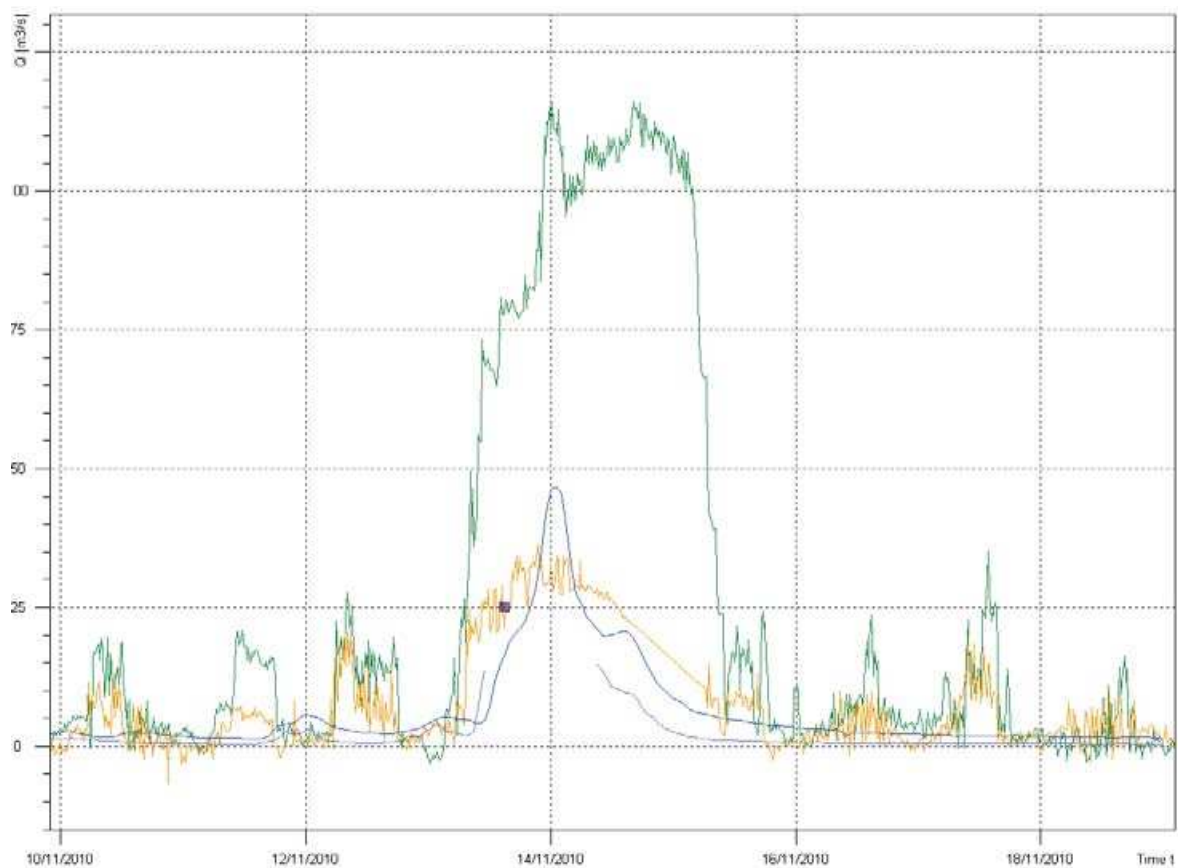
Figuur 37: Schematisatie van systeem Zenne-Zeekanaal met aanduiding metingen Q1 tot Q4.



Figuur 38: Overzicht afvoeren vanuit Wallonië: Zenne te Tubize (donderblauw), Samme te Ronquires (oranje), Senette te Oisquerc (groen) en de Hain te Brain-le-Chateau (lichtblauw)

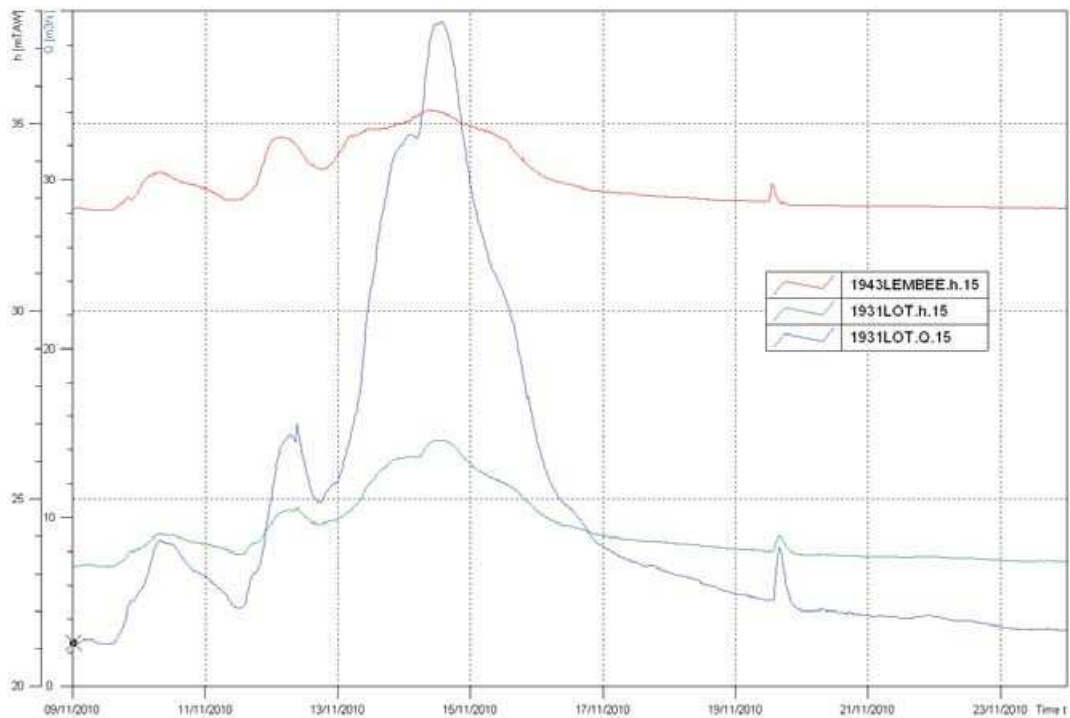
Wat gebeurt er in Vlaanderen met bovenstaande afvoeren?

Eénmaal de Zenne in Vlaanderen stroomt, wordt vrij snel een heel pak van de afvoer overgestort in het kanaal naar Charleroi via de overlaat te Lembeek. Daar werd in de Zenne, opwaarts de radiaalstuw op de Zenne, een waterstand van 35,36 m TAW gemeten op 14/11/2010 om 9u15. De overstort ligt op 34,60 m TAW wat wil zeggen dat er een overstorthoogte van 75 cm werd bereikt. De maximale overstortafvoer wordt geschat op 80-85 m³/s. Door de hoge waterstand in het kanaal zelf was er geen sprake van vrije overstort. Afwaarts de sluis te Lembeek is er door de overstort van de Zenne een sterke toename in de afvoer in het kanaal naar Charleroi. De meting op het kanaal Brussel-Charleroi te Ruisbroek bereikte zo een piekafvoer van ongeveer 115 m³/s. Deze afvoer is echter (goede) schatting: in het verleden kwamen zo'n hoge afvoeren niet voor, waardoor er geen ijkingen beschikbaar zijn bij deze hoge debieten. De capaciteit van de schuiven in Vlaanderen die het water langs de sluizen afvoeren te Lembeek, Halle, Lot en Ruisbroek bedraagt 75 m³/s. Door de gestegen waterstanden kon er tot 90 m³/s afgevoerd worden. Het waterpeil steeg dus in de kanaalpanden tussen Lembeek en Ruisbroek waardoor een deel van het water van het kanaal naar Charleroi over de sluisdeuren stroomde van het ene pand in het andere pand. Ondanks het overstorten over de sluizen en de afvoer via de schuiven stegen de waterpeilen lokaal hoger dan de dijken. Deze hogere waterstanden in de kanaalpanden Lembeek-Halle, Halle-Lot en Lot-Ruisbroek hebben geleid tot een overtopping van enkele dijken opwaarts Halle, Lot en Ruisbroek.



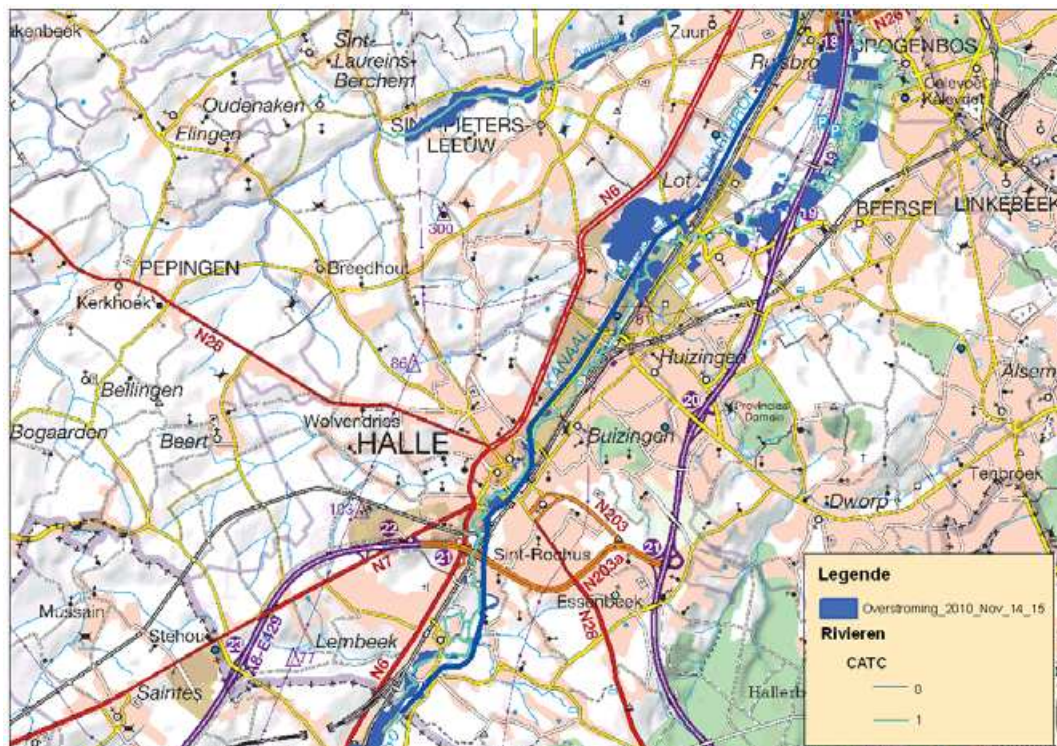
Figuur 39: Afvoeren op het Kanaal Brussel-Charleroi: Ruisbroek (groen-geschat), Lembeek (Oranje), Samme te Ronquieres (donkerblauw) lichtblauw (Hain te Brain-le-Chateau)

Uiteindelijk bereikt de afvoer van de Zenne te Lot, na de overstort te Lembeek, een maximale afvoer van 39,2 m³/s. (zie Figuur 40) De Zenne overstroomde zowel op linker als op rechteroever, vooral in weiden en akkers.



Figuur 40: Waterstanden en afvoeren op de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel: peil Zenne Lembeek – opwaarts stuw (rood), peil Zenne te Lot (groen), afvoer Zenne Lot (blauw)

Figuur 41 geeft een momentopname van de overstroomde zones op 14 november 2010. De kaart werd opgemaakt op basis van de videobeelden die tijdens de helikoptervlucht gemaakt werden.



Figuur 41: Overstromingskaart Zenne-Kanaal naar Charleroi op 14/11/2011, 14u

Brussel?

Eénmaal de Zenne vanuit Vlaanderen Brussel binnenstroomt, kan ze opnieuw een deel van haar afvoer overstorten in het Zeekanaal. Dit gebeurt via de overlaat van de AA. Het resultaat is dat er nog wat afvoer bijkomt in het Zeekanaal. De afvoer die via de overlaat van de AA is gestroomd, wordt geschat op 10-15 m³/s. Dit is mogelijk omdat er Molenbeek 4 doorstroomopeningen zijn (opwaarts slechts 3) waardoor de afvoercapaciteit groter is dan in Vlaanderen opwaarts Brussel. Daarnaast zijn er ook nog heel wat overstorten in het Brussels gewest richting het kanaal. De gevolgen worden weergegeven in Figuur 42.



Figuur 42: Overstroming sluis Anderlecht (links) en sluisplateau Molenbeek (rechts)

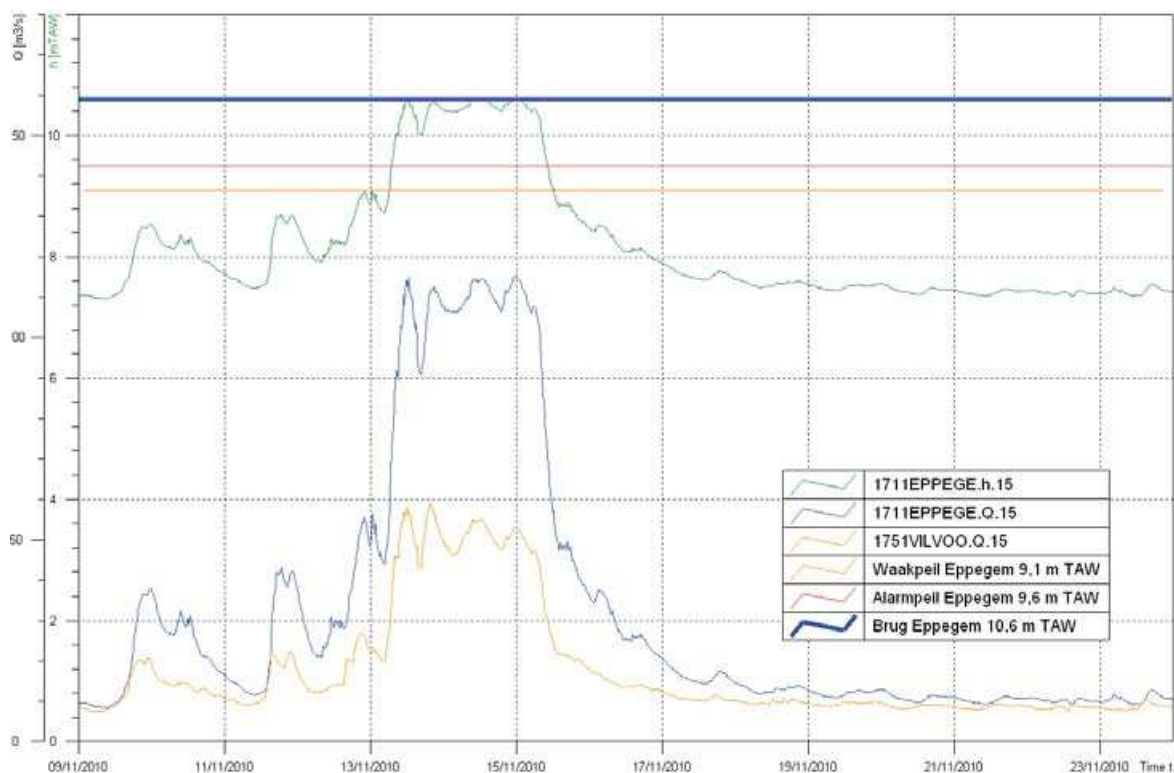
De afvoer van de Zenne te Brussel is na de overlaat van de AA ook beperkt (20-25m³/s) waardoor overstromingen in Brussel zelf konden vermeden worden. In Brussel komt er echter terug heel wat debiet bij door de grote hoeveelheid verhard oppervlak en enkele belangrijke zijlopen (Woluwe, Maalbeek,...).

Afwaarts Brussel?

Net afwaarts Brussel is er op de Zenne een meetpunt in Vilvoorde. De maximale afvoer die Brussel verliet via de Zenne bedraagt 59 m³/s. Zoals hierboven reeds vermeld neemt de afvoer van het Zeekanaal neemt nog beperkt toe in Brussel door enkele overstorten van waterlopen ten westen van Brussel, zoals hierboven reeds vermeld. Tijdens de wasperiode was de maximale afvoer die Brussel verliet via het Kanaal Brussel-Schelde ongeveer 115-125m³/s. Dit water kan via de zelfaanzuigende hevels te Vilvoorde terug in de Zenne worden geloosd en via valse schuttingen aan de sluis van Wintam en Hingene richting de Schelde afgevoerd.

De afvoer via de hevels moet beperkt worden omwille van de brug over de Zenne in Eppegem die bij te hoge waterpeilen in het water kan hangen. Dit heeft mogelijk een opstuwend effect op de waterstanden opwaarts de brug (verhoogd overstromingsrisico) maar vooral de brug zelf kan hierdoor schade oplopen. (zie Figuur 43) De maximale afvoer die uiteindelijk in de Zenne te Eppegem werd gemeten, bedraagt 115m³/s. Deze afvoer komt overeen met een waterstand tot net onder de brug. Het waakpeil te Eppegem werd overschreden van 13/11/2010 03:00 tot 15/11/2010 13:00. De dijken afwaarts Brussel langs de Zenne zijn hoog genoeg om hier overstromingen te voorkomen wanneer rekening wordt gehouden met de brug in Eppegem. Er kan via de hevels te Vilvoorde theoretisch meer afvoer naar de Zenne worden geloosd, dit zou echter tot overstromingen in de regio afwaarts Vilvoorde kunnen leiden.

Via het kanaal Brussel-Schelde kan ook heel wat water afgevoerd worden maar hier dient rekening te worden gehouden met het getij. Bij hoogwater in de Zeeschelde en Rupel kan immers niet geloosd worden.



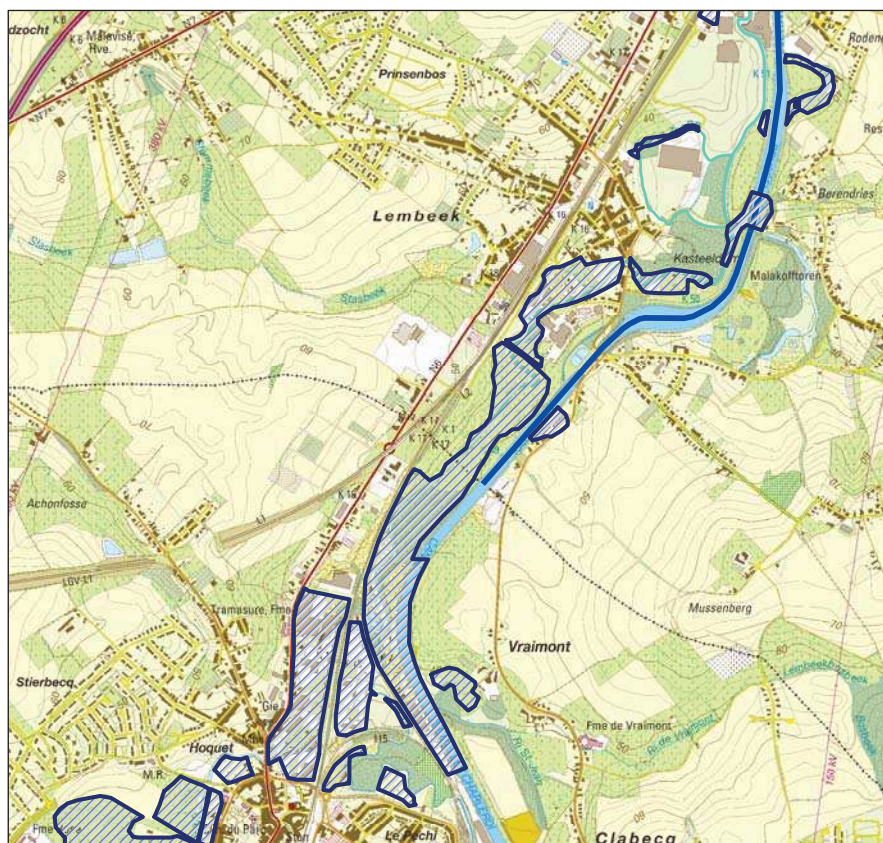
Figuur 43: Afvoeren en waterstanden op de Zenne in Vlaanderen – afwaarts Brussel. Peil Eppegem (groen), afvoeren Eppegem (blauw) en Vilvoorde (oranje)

Overstromingen

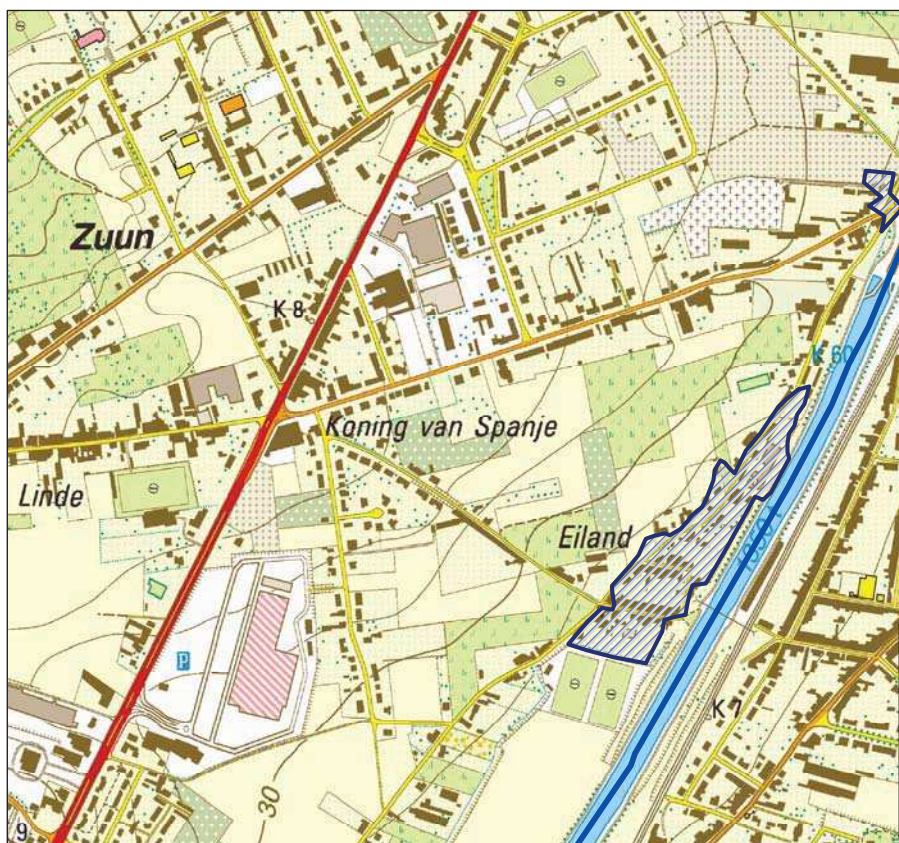
Om een goed overzicht te hebben van de overstromingen werd door het HIC een helicoptervlucht uitgevoerd boven de Zenne en het Kanaal Brussel-Charleroi op 14/11/2010 en 15/11/2010.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de overstromingen te Lembeek, Halle, Lot en Ruisbroek zoals ze door het AGIV gekarteerd werden op basis van het opnamemateriaal van de helicoptervluchten. Een combinatie van deze kaart met de laag van de kadastrale gebouwen (CADMAP 2010) leert dat er in het Zennebekken ongeveer 850 gebouwen getroffen werden. De oorzaak kan vooral gezocht worden in de beperkte afvoercapaciteit van de schuiven langs de sluizen en het extreme karakter van de afvoer van de Zenne te en de Samme (afvoer afkomstig uit Wallonië op het kanaal Brussel-Charleroi).

Tot slot worden ook enkele foto's toegevoegd ter verduidelijking van de overstromingskaarten.



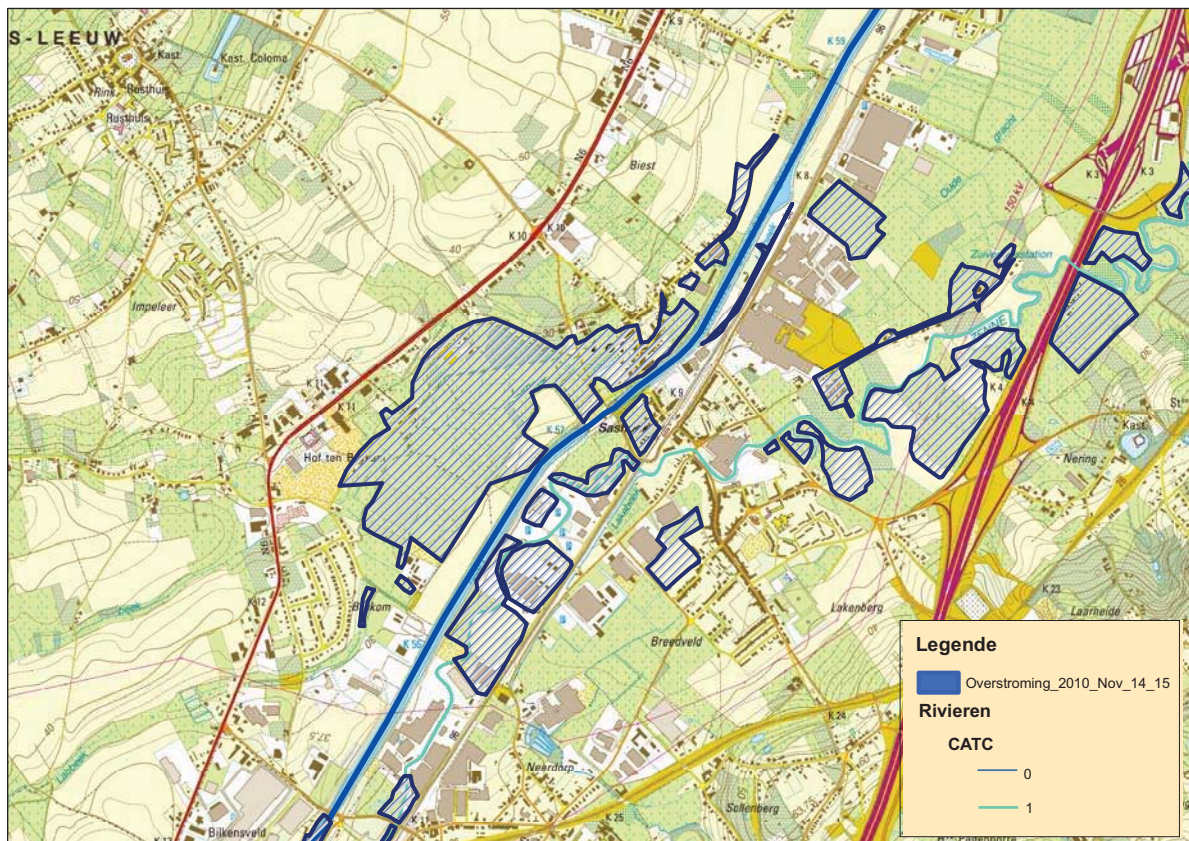
Figuur 44: Overstromingskaart omgeving Lembeek (14/11/2010 14u)



Figuur 45: Overstromingskaart omgeving Ruisbroek (14/11/2010 14u)



Figuur 46: Foto van overstroming opwaarts Ruisbroek (Mouin de Ruisbroek) (14/11/2010 14u)



Figuur 47: Overstromingskaart omgeving Lot (14/11/2010 14u)



Figuur 48: Foto overstroming rond sluis Lot (14/11/2010 14u)



Figuur 49: Overstromingskaart omgeving Halle (14/11/2010 14u)



Figuur 50: Overstroming kanaal naar Charleroi opwaarts sluis te Halle (14/11/2011)

Conclusies voor het systeem Zenne-Zeekanaal

In november werd het systeem Zenne-Zeekanaal getroffen door een heel uitzonderlijke gebeurtenis. De terugkeerperiode van enkele opwaartse waterlopen bedroeg volgens de SETHY enkele honderden jaren.

Door de combinatie van hoge afvoeren op zowel de Zenne als het Kanaal naar Charleroi vanuit Wallonië, was het met de aanwezige infrastructuur stroomafwaarts onmogelijk om al het water af te voeren zonder waterstandstijgingen. Overstromingen waren onvermijdelijk.

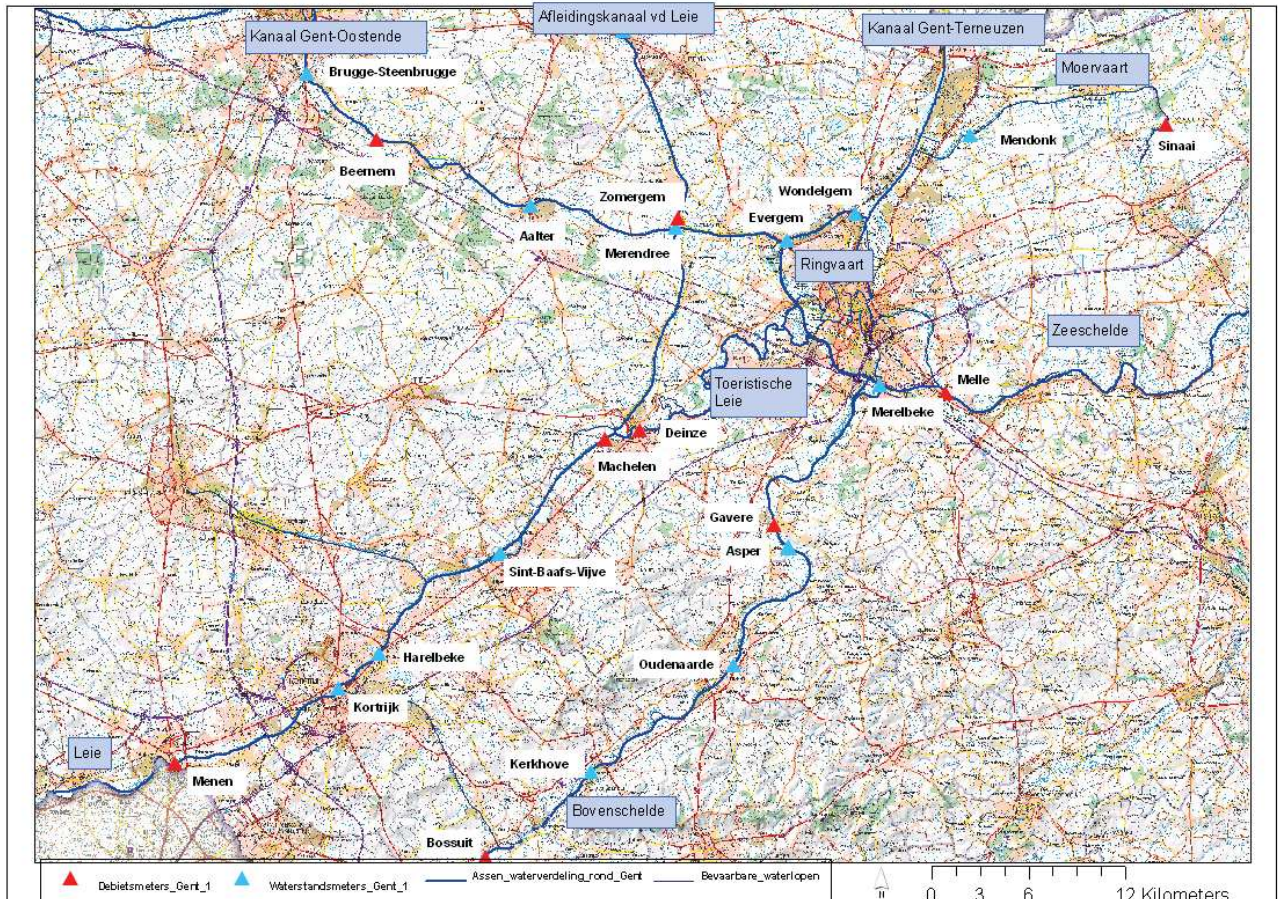
De waterstand in de Zenne opwaarts de stuw te Lembeek bereikte een nooit eerder voorgekomen peil van 35,36m TAW waardoor de overstort te Lembeek tussen de Zenne en het Kanaal naar Charleroi een piekdebiet van 80-85m³/s bereikte.

Meer berging van hemelwater in opwaarts gelegen gebieden en een optimalisering van de aanwezige infrastructuur (regelstructuren en overstromingsgebieden) kan in de toekomst de gevolgen van dit soort van extremiteten vermijden of verzachten.

5 Bekkens van de Boven-Schelde, Leie, Gentse Kanalen en Brugse Polders

Beschrijving van het riviersysteem

De bekkens van de Boven-Schelde, Leie, Gentse Kanalen en Brugse Polders worden hier samen besproken. De bevaarbare waterlopen vormen hier immers één systeem en de afvoer via de verschillende waterwegen en kanalen kan niet los van elkaar gezien worden.



Figuur 51: Bevaarbare waterlopen rond Gent met aanduiding van een aantal relevante meetlocaties

De watertoevoer richting Gent wordt voor een groot deel bepaald door de neerslag in Noord-Frankrijk die de debieten op de Leie (Menen) en de Boven-Schelde (Bossuit) bij binnenkomst in Vlaanderen bepaalt. De Toeristische Leie en de oude tak van de Leie monden net zoals de Boven-Schelde uit in het 'Groot Pand' van de Ringvaart rond Gent. Dit Groot Pand omvat:

- de Leie afwaarts Sint-Baafs-Vijve
- de Boven-Schelde afwaarts van Asper
- het Afleidingskanaal van de Leie tussen Deinze en Schipdonk
- het Westervak van de Ringvaart (tussen Evergem en Merelbeke) en
- het kanaal Gent-Oostende (tot Brugge)

WATERVERDELING GROOT PAND

De Ringvaart rond Gent vormt de basis van het Groot Pand en zorgt voor de verdeling van de opwaartse debieten van Leie en Schelde over een aantal waterwegen: de Zeeschelde (via Merelbeke en Zwijnaarde), het kanaal Gent-Oostende (via Dammepoortsluis en Keizerinnestuw in Brugge en Sas Slijkens in Oostende), het Afleidingskanaal van de Leie (via Schipdonk) en het kanaal Gent-Terneuzen (via Evergem). Het Normaal Peil op het Westervak van de Ringvaart en de erop aansluitende kanaal- en rivierpanden bedraagt officieel 5.61 m TAW. In de praktijk wordt 5.70 m TAW nagestreefd om een zekere reserve te behouden bij waterschaarste en om de diepgang op het kanaal Gent-Oostende lichtjes te vergroten. Vanaf een peil van 7.0 m TAW bestaat een reëel gevaar op overstromingen.

Bij een normaal regime wordt te Deinze circa twee derden van het debiet van de Leie afgevoerd via het Afleidingskanaal van de Leie, één derde van het debiet stroomt verder in de zogenaamde Toeristische Leie rechtstreeks naar de Ringvaart. Te Schipdonk kruist het Afleidingskanaal van de Leie het kanaal Gent-Oostende, dat in verbinding staat met de Ringvaart om Gent. De stuwsluizen van Evergem en Merelbeke regelen het verdere verloop van het debiet in normaal regime. De stuwsluiz van Evergem moet ervoor zorgen dat steeds een voldoende groot debiet in de richting van het kanaal Gent-Terneuzen stroomt. In het protocol dat met Nederland werd afgesloten over het beheer van het kanaal Gent-Terneuzen is immers voorzien dat er gemiddeld 13 m³/s naar Terneuzen dient te worden afgevoerd over een periode van twee maanden. Dit om verzilting van het kanaal tegen te gaan. Het saldo van het toevloeiend debiet, dus het debiet dat overblijft wanneer aan de verplichting aan Nederland is voldaan, wordt via de stuw van Merelbeke naar de Zeeschelde afgevoerd. Het voornaamste doel van deze stuw is het instandhouden van het normaalpeil opwaarts de stuwsluiz (5.70 m TAW) om scheepvaart mogelijk te houden.

Bij hoge afvoeren openen de stuwen te Merelbeke zich automatisch volledig en indien meer dan 80 m³/s wordt afgevoerd in Bossuit, wordt ook de stuw te Zwijnaarde (op de tijk van de Schelde) geopend. Op die manier tracht men het normaalpeil opwaarts van deze stuwen te behouden. Om te verhinderen dat ook het kanaal Gent-Oostende niet al te veel boven het normaalpeil van 5.70 m TAW uitstijgt, zal men ook de stuw van Schipdonk, die de verbinding vormt met het afwaartse pand van het Afleidingskanaal van de Leie, openen. Wanneer de stuwen en sifons volledig geopend zijn voeren zij tussen de 50 en 60 m³/s af. De Leie kan echter via het Afleidingskanaal een veel groter debiet aanvoeren dan door de stuwen en sifons te Schipdonk kan worden verwerkt, zodat het waterpeil te Schipdonk verder zal stijgen. Om wateroverlast te Brugge te vermijden, wordt vanaf een peil van 6,00 mTAW de Keersluis te Beernem (gebouwd in 1998) gesloten. Dan wordt de segmentstuw naast de keersluis te Beernem zodanig geregeld dat via het Kanaal Gent-Oostende maximaal 30 m³/s in de richting van Brugge wordt afgevoerd. Het toevoerdebiet van het Afleidingskanaal dat niet via de stuw te Schipdonk afgevoerd kan worden richting Heist en dat niet via de keersluis van Beernem kan afgevoerd worden in de richting van Brugge, loopt dus noodgedwongen naar de Ringvaart rond Gent. In die gevallen zal gevraagd worden aan de Regioverkeersleiding in Terneuzen om een groter debiet langs het kanaal Gent-Terneuzen te mogen afvoeren (via Evergem). Om scheepvaart op dit kanaal mogelijk te houden mag het debiet er echter niet al te veel stijgen.

Bij nog grotere debieten kan men de debiettoevoer naar het kanaal Gent-Terneuzen via de stuw van Evergem nog opdrijven. Vanaf het moment dat er meer dan 60 m³/s via Evergem richting Terneuzen wordt gestuurd, is er overleg met de Regioverkeersleiding te Terneuzen. Tijdelijk kan scheepvaart op het kanaal onmogelijk worden door het spuien via de sluizen. Men zou dan de stuw van Evergem nog verder kunnen openen, maar dan dreigt men het Nederlandse Sas van Gent onder water te zetten en de omgeving van de stad Lokeren doordat deze via de Moervaart in verbinding staat met het kanaal. De maximaal waargenomen piekafvoeren via Evergem bedragen 100 tot 150 m³/s. Om de benedenpanden te beschermen kan men ook alle stuwen sluiten. Deze laatste maatregel werd tijdelijk genomen tijdens de was van januari 1993.

Kunstwerken op Leie en Boven-Schelde

Zowel op de Leie als op de Boven-Schelde zijn een aantal kunstwerken gebouwd waarvoor een vast opwaarts peil is ingesteld. Deze peilen en kunstwerken – van op- naar afwaarts - worden weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10: Kunstwerken Leie en Boven-Schelde met bijhorende streefpeilen

Locatie	Waterweg	Opwaarts normaalpeil (m TAW)
Menen	Leie	11,83
Harelbeke	Leie	10,13
Sint-Baafs-Vijve	Leie	8
Kerkhove	Boven-Schelde	11,46
Oudenaarde	Boven-Schelde	10,11
Asper	Boven-Schelde	8,25

Metingen en registraties tijdens hoogwaterperiode: Boven-Schelde

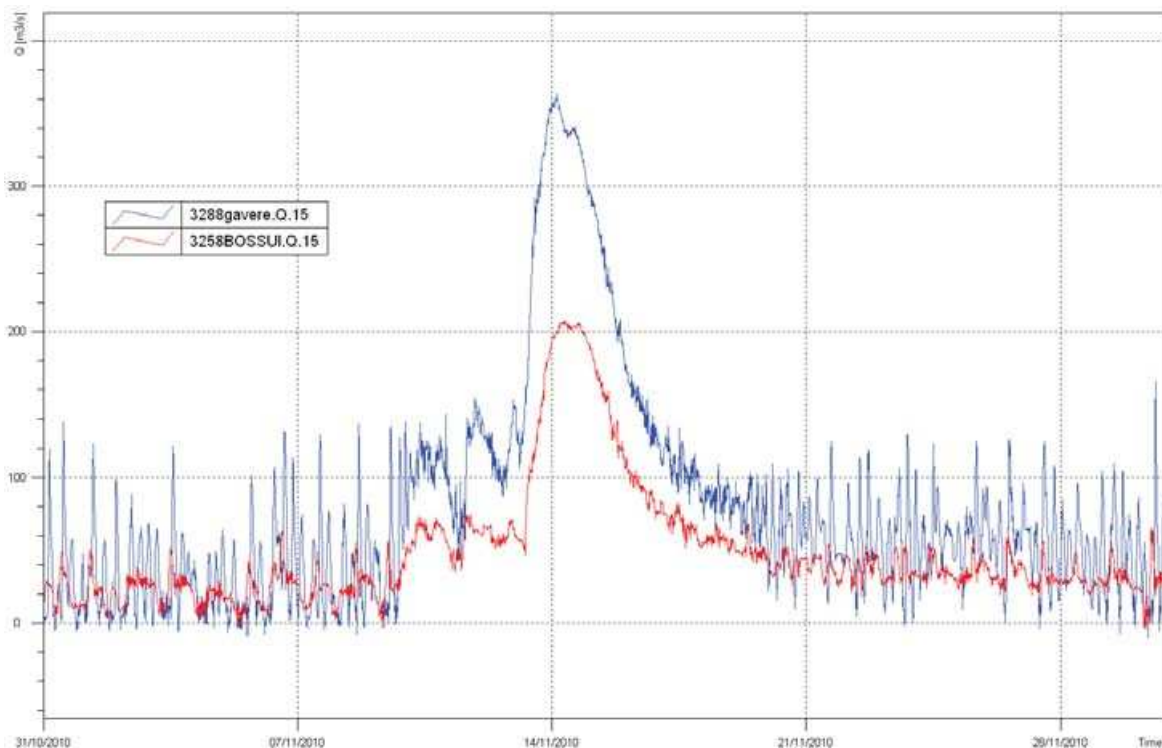
Debieten Boven-Schelde

Langs de Boven-Schelde zelf werden geen kritieke overstromingen gemeld. Op de Boven-Schelde te Bossuit werd wel een behoorlijke piek gemeten in november. De piekafvoer van 207 m³/s te Bossuit is echter niet extreem. De retourperiode van dit debiet schommelt rond de 10 jaar. De meetreeks is relatief kort (sinds 2001). In Tabel 11 zijn de hoogste afvoeren sinds het begin van de metingen opgenomen. Het event van november 2010 is voor Bossuit het zesde grootste sinds 2001.

Tabel 11: 15 hoogste afvoeren Boven-Schelde Bossuit sinds 2001

Boven-Schelde, Bossuit			
Rang	Datum	Tijdstip (UTC)	Debiet (m ³ /s)
1	2/01/2003	23:00	265,6
2	28/01/2002	12:00	241,9
3	21/02/2002	3:00	232,8
4	20/03/2002	22:00	230,7
5	13/02/2002	22:00	228,7
6	14/11/2010	9:00	206,3
7	26/02/2002	21:00	181,4
8	11/11/2002	17:00	177,4
9	23/01/2009	22:00	176,5
10	3/02/2003	20:00	174,3
11	16/08/2010	13:00	171,3
12	13/01/2011	21:00	167
13	4/07/2005	16:00	158,1
14	4/08/2008	14:00	156,9
15	11/02/2009	0:00	154,3

De grote afvoeren van de zijwaterlopen zorgden er evenwel voor dat in **Gavere** een piekdebiet van 363 m³/s gemeten werd (14/11, 03:30u). Dit is ruim 150 m³/s meer dan er opwaarts in Bossuit werd geregistreerd. De debietmeter in Gavere werd pas in 2010 afgeijkt, het is dus niet mogelijk hier een vergelijking te maken met historische afvoeren op exact dezelfde locatie. In het verleden werden er debieten bepaald aan de stuw te Asper. De (oude) debieten te Asper en die van Gavere (ongeveer 1,5 km verder afwaarts) zijn zeer vergelijkbaar. Statistische analyse van de debieten te Asper wijst uit dat de terugkeerperiode voor een debiet van 347 m³/s tussen de 5 en de 10 jaar ligt.³



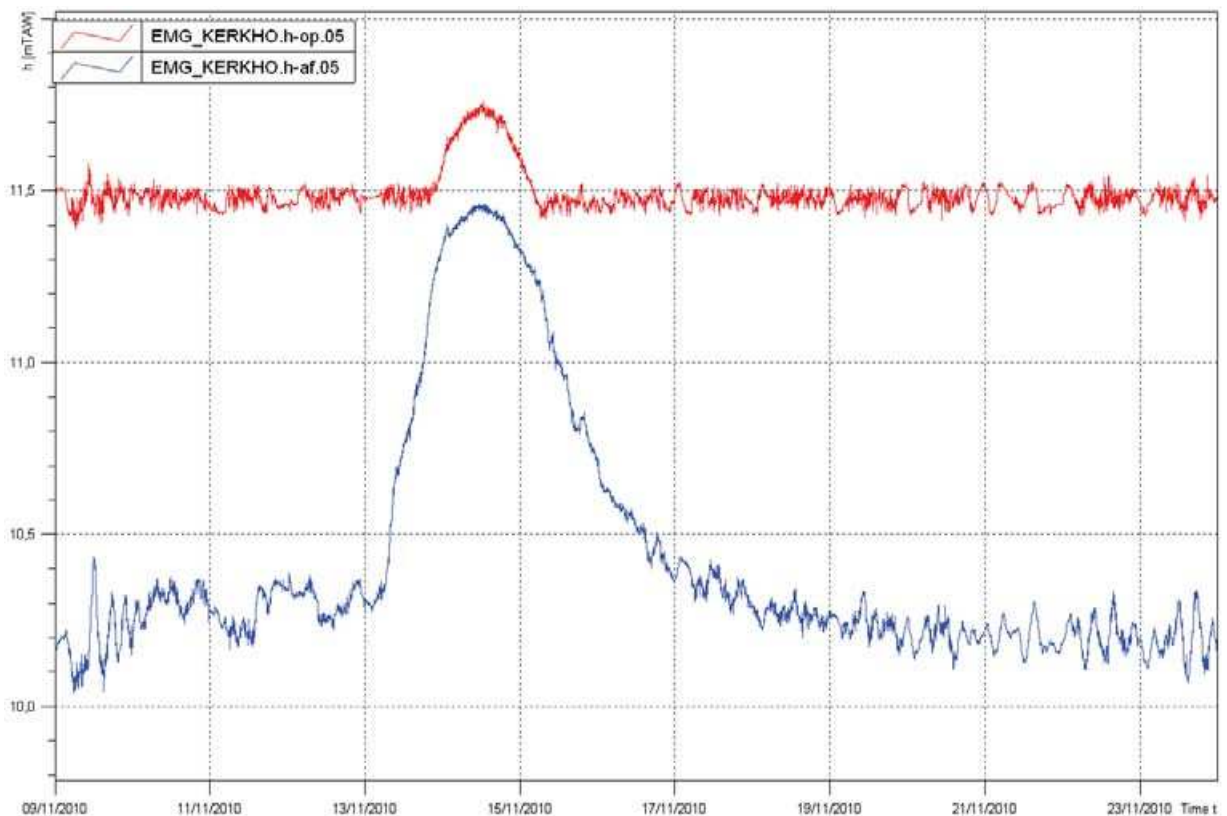
Figuur 52: Debieten Boven-Schelde: Bossuit (rood) en Gavere (blauw)

2.1.2. Waterstanden Boven-Schelde

Langsheen de Boven-Schelde zelf worden de waterstanden aan de stuwen van Kerkhove, Oudenaarde en Asper besproken. De stuwen van Oudenaarde en Asper werden respectievelijk in 2004 en 2010 vernieuwd en ont dubbeld. Tijdens de was van november werden aan alle kunstwerken maatregelen genomen om de afvoer zo vlot mogelijk te maken.

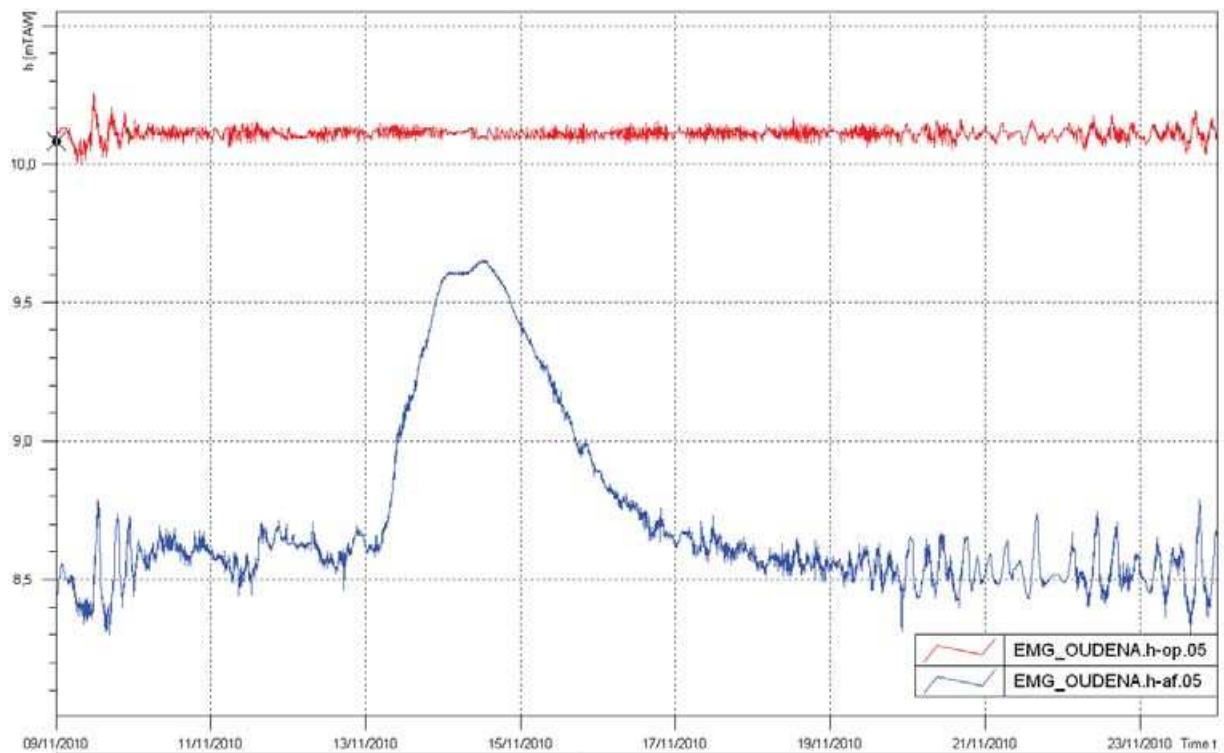
Voor de stuw te **Kerkhove** kon het opwaartse normaalpeil (+/- 11,46 m TAW) niet behouden blijven. Het steeg een 30-tal cm (tot ongeveer 11,75 m TAW). Het afwaartse peil steeg tot +/- 11,46 m TAW, wat het normaalpeil opwaarts is.

³ Zie voetnoot 1



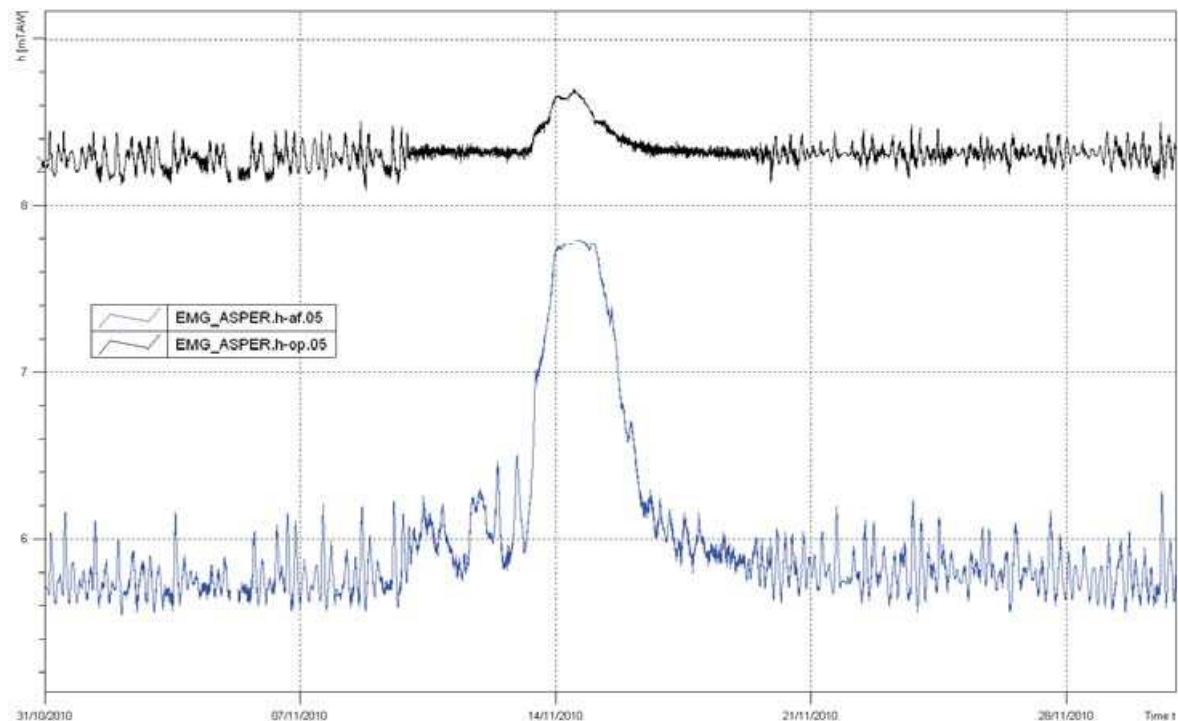
Figuur 53: Waterstanden Boven-Schelde: Kerkhove opwaarts (rood) en Kerkhove afwaarts (blauw)

Verder afwaarts, aan de stuw van **Oudenaarde**, kon het opwaartse normaalpeil (+/- 10,11 m TAW) wel behouden blijven. Dit heeft ongetwijfeld een positieve invloed gehad op de afwateringsmogelijkheden van zijwaterlopen zoals de Maarkebeek. Het afwaartse peil steeg tot +/- 9,65 m TAW op zondag 14 november rond de middag.



Figuur 54: Waterstanden Boven-Schelde: Oudenaarde opwaarts (rood) en Oudenaarde afwaarts (blauw)

Aan de stuw van **Asper** kon het opwaartse normaalpeil van +/- 8,25 m TAW ook niet behouden blijven. Het peil steeg een 40-tal centimeter. Het afwaartse peil steeg tot +/- 7,94 m TAW in de vroege namiddag van zondag 14 november.

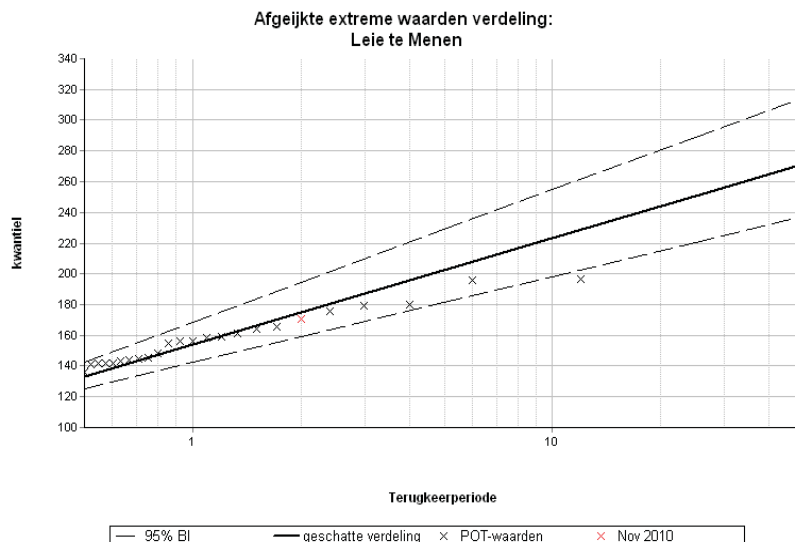


Figuur 55: Waterstanden Boven-Schelde (Asper) opwaarts (zwart) en afwaarts (blauw)

Leie

Debieten Leie

Langs de Leie zelf werden geen kritieke overstromingen gemeld. Op de Leie te Menen werd wel een behoorlijke piek gemeten in november. De piekafvoer van **171 m³/s te Menen** is echter niet extreem en heeft een retourperiode kleiner dan 5 jaar. De meetreeks is relatief kort (sinds 1998). In Tabel 12 werden de hoogste afvoeren sinds het begin van de meetreeks opgenomen. De afvoer van november 2010 is voor Menen het zesde grootste sinds het begin van de metingen.

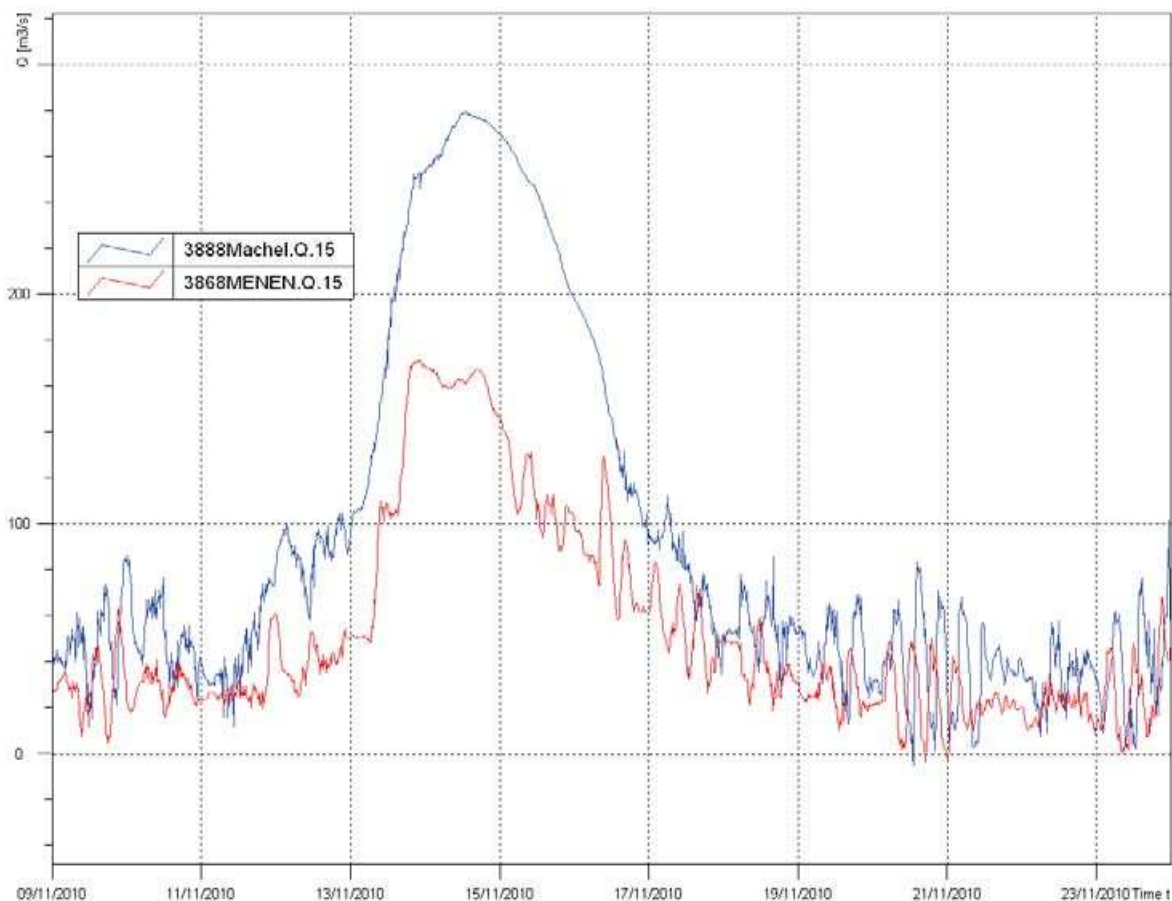


Figuur 56: afijking extreme waarden verdeling Leie te Menen

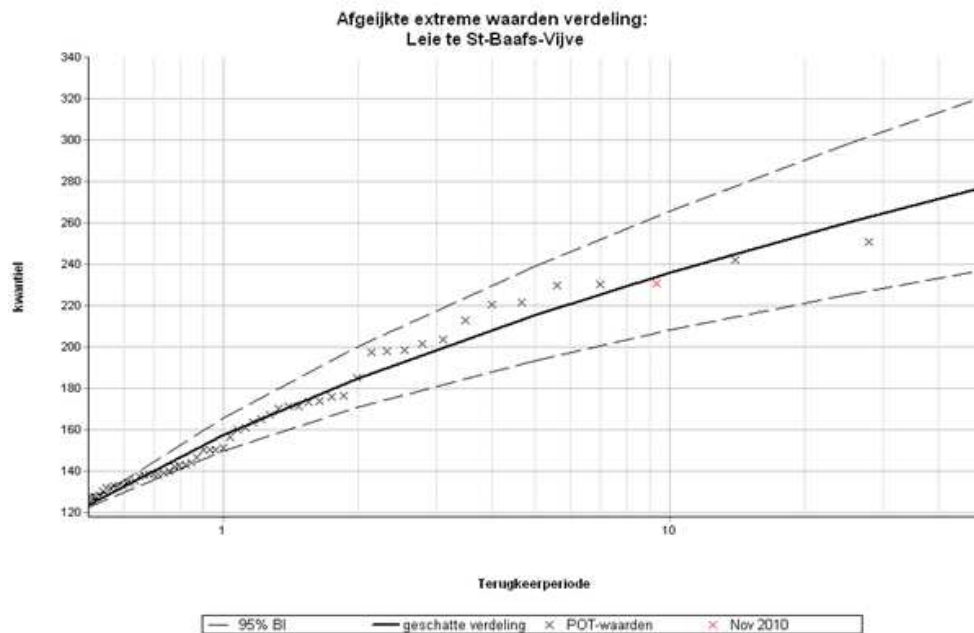
Tabel 12: 15 hoogste afvoeren Leie Menen sinds 1998

Leie, Menen			
Rang	Datum	Tijdstip (UTC)	Debiet (m ³ /s)
1	24/01/2009	0:00	196,5
2	4/07/2005	22:00	195,9
3	3/01/2003	21:00	180,1
4	16/11/1998	17:00	179,5
5	10/02/2009	18:00	175,7
6	13/11/2010	22:00	170,9
7	30/12/2002	22:00	168,8
8	27/12/1999	4:00	165,5
9	3/02/2003	22:00	163,9
10	1/03/2002	7:00	161,1
11	3/12/2000	17:00	159,1
12	8/05/2006	19:00	158,1
13	28/01/2002	14:00	155,9
14	4/11/1998	7:00	155,9
15	14/03/2002	19:00	154,5

Net zoals bij de Boven-Schelde, zorgden de zijwaterlopen voor een grote aanvoer van water. Het piekdebiet in Machelen (280 m³/s) is ruim 100 m³/s hoger dan in Menen (171 m³/s). Dit wordt weergegeven in Figuur 57. Het meetstation te Machelen werd pas in 2010 volledig afgeijkt (installatie 2009), en vergelijkingen met het verleden zijn hier dan ook niet mogelijk. In het verleden werden de debieten in het afwaartse deel van de Leie bepaald aan de hand van een QH-verband te Sint-Baafs-Vijve. Dit QH-verband werd niet meer aangepast na 1993, maar de (voor de gelegenheid opnieuw berekende) debieten te Sint-Baafs-Vijve kunnen nog steeds indicatief gebruikt worden om een inschatting te maken van de ernst van de gebeurtenis. In het afwaartse gedeelte zijn de geregistreerde debieten de derde hoogste sinds het begin van metingen in 1983, wat overeen komt met een retourperiode van 5 tot 10 jaar. (weergegeven in Figuur 56) Dat is nog steeds niet extreem, maar wel hoger dan in het opwaartse deel van de Leie.



Figuur 57: Debieten Leie: Menen (rood) en Machelen (blauw)



Figuur 58: Afijking extreme waarden verdeling

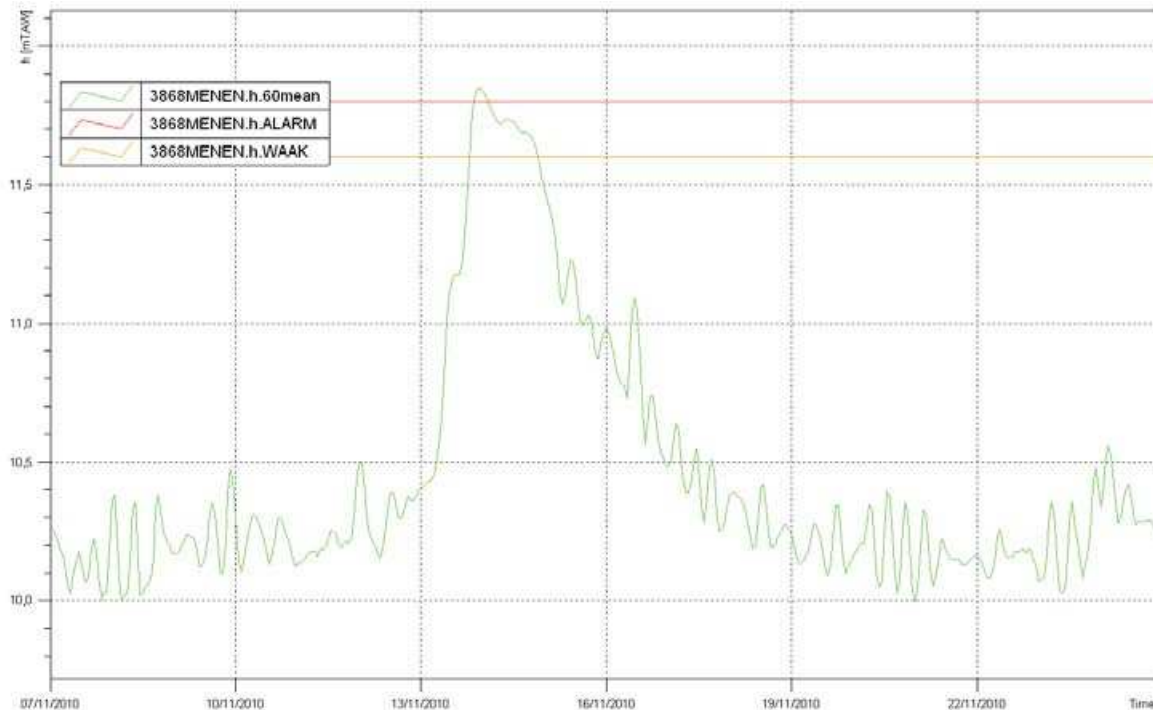
Tabel 13: 15 hoogste afvoeren voor de Leie te Sint-Baafs-Vijve

Leie, Sint-Baafs-Vijve			
Rang	Datum	Tijdstip (UTC)	Debiet (m ³ /s)
1	31/12/2002	8:00	250,6
2	27/12/1999	19:00	242,2
3	14/11/2010	12:00	230,9
4	4/07/2005	22:00	230,4
5	30/01/1995	13:00	229,6
6	21/12/1993	18:00	221,6
7	24/01/2009	7:00	220,6
8	1/03/2002	11:00	212,9
9	31/12/1993	20:00	206,4
10	3/12/2000	12:00	203,8
11	16/11/1998	17:00	201,4
12	27/01/2002	19:00	198,6
13	10/02/2009	21:00	197,7
14	20/11/1991	10:00	197,3
15	4/11/1998	11:00	185,2

Waterstanden Leie

De waterstanden langs de Leie in Menen, Kortrijk, Harelbeke en Sint-Baafs-Vijve worden hier besproken.

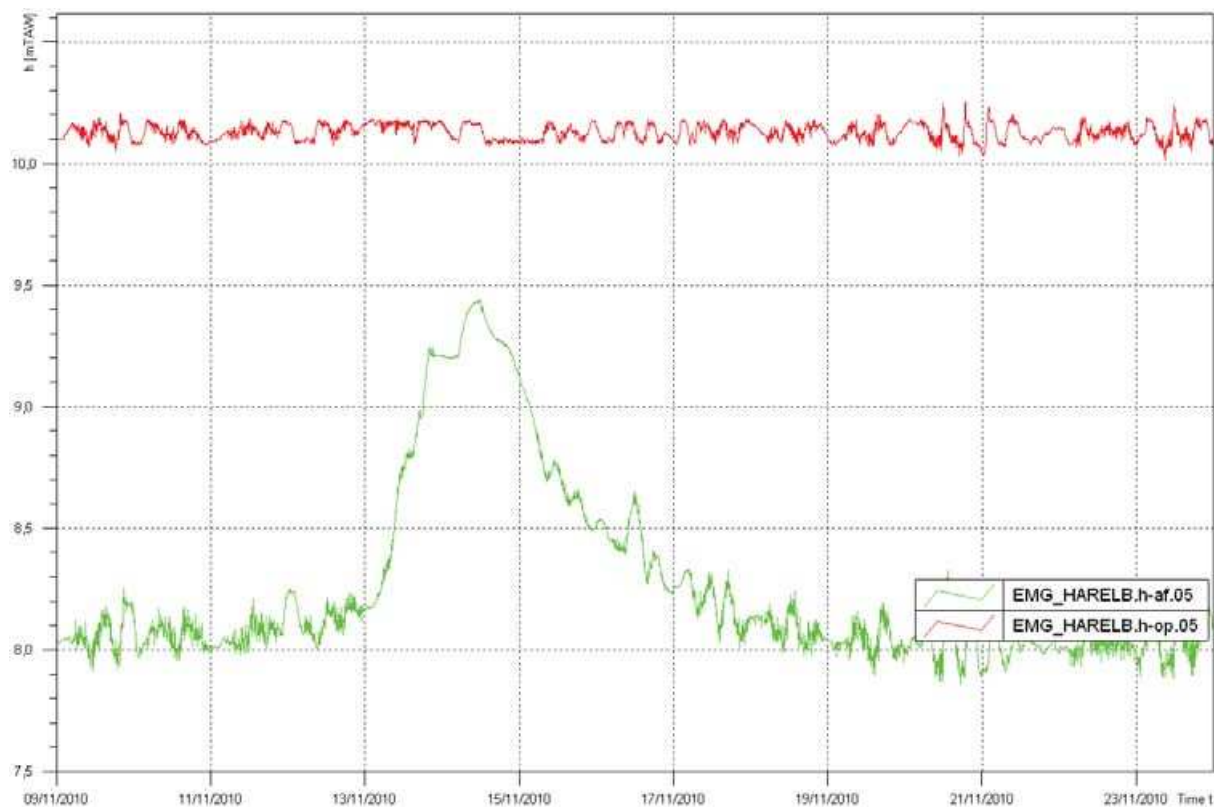
In Menen steeg het peil slechts licht boven het alarmpeil uit. De overschrijding van het waak-en alarmpeil volgden elkaar wel zeer snel op. Het maximaal gemeten peil van +/-11,85 m TAW ligt slechts 5 cm boven het alarmpeil. Figuur 59 geeft dit weer.



Figuur 59: Peilen Leie Menen met aanduiding waak-en alarmdrempel

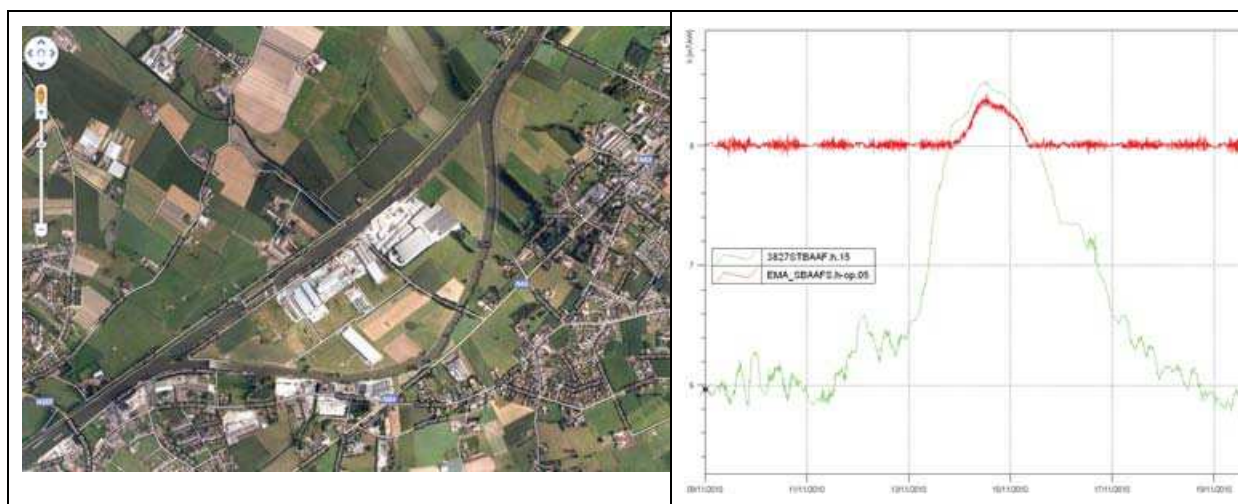
In **Kortrijk**, met een zeer beperkte meetreeks sinds het einde van 2005, werd met +/-10,91 m TAW de tweede hoogste waarde sinds dan geregistreerd. De hoogste piek werd in januari 2009 geregistreerd. Gezien de zeer beperkte lengte van deze meetreeks is het niet zinvol om hier een lijst op te nemen met pieken in de laatste jaren.

Verder afwaarts in **Harelbeke** kon het streefpeil van 10,13 m TAW behouden blijven. Afwaarts steeg het peil tot +/-9,44 m TAW.



Figuur 60: Peilen Leie: Harelbeke opwaarts (rood) en Harelbeke afwaarts (groen)

In **Sint-Baafs-Vijve** wordt op-en afwaarts van de stuw gemeten. Tijdens de wasperiode ging de –relatief grote- afvoer door de stuwarm. De grote kracht waarmee het water door de stuwarm gaat, veroorzaakt mogelijk een foute registratie van de peilen bij hoge afvoeren: de telemetriepeilen geven bij grote afvoergebeurtenissen (november 2010, juli 2005, januari 2009, februari 2009) een afwaarts peil dat lichtjes hoger was dan het opwaarts peil. Het maximale gemeten opwaartse peil is 8,44 m TAW, het maximale afwaartse gemeten peil is 8,54 m TAW. Er kan vanuit gegaan worden dat het verschil tussen het op-en afwaartse peil minimaal tot nihil was.



Figuur 61: Luchtbeeld sluis/stuw Sint-Baafs-Vijve (bron: Google Maps) en peilen opwaarts (rood) en afwaarts (groen) de stuw

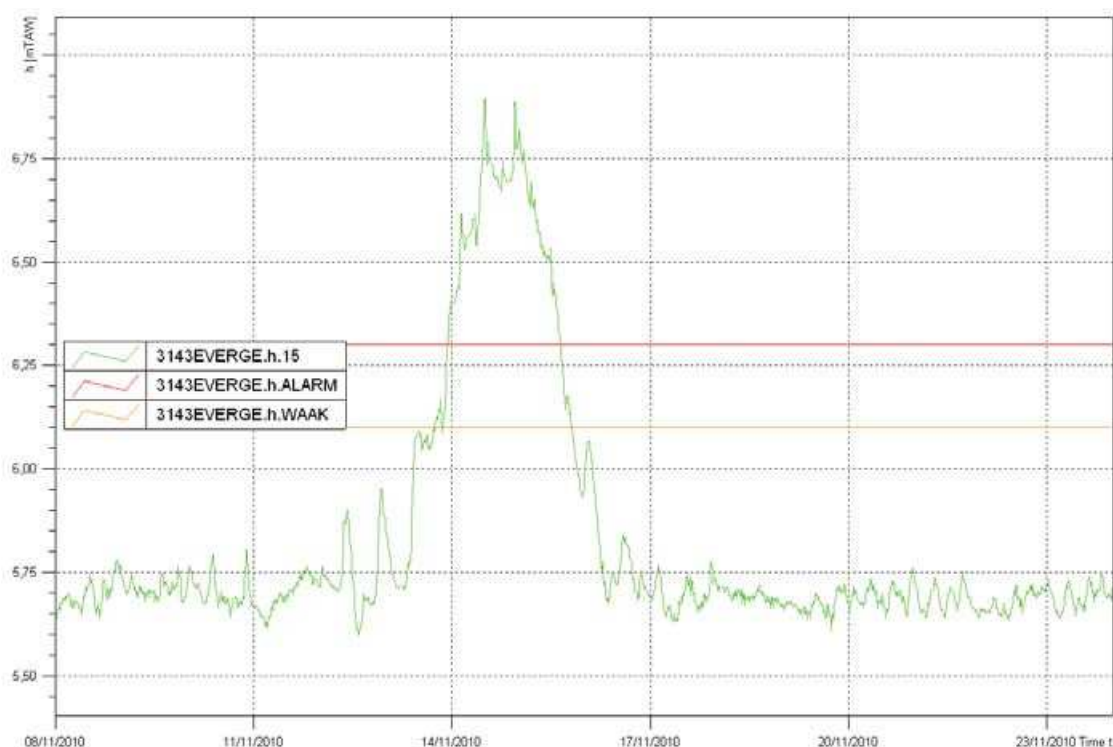
Debietsverdeling Groot Pand

Peilen Groot Pand

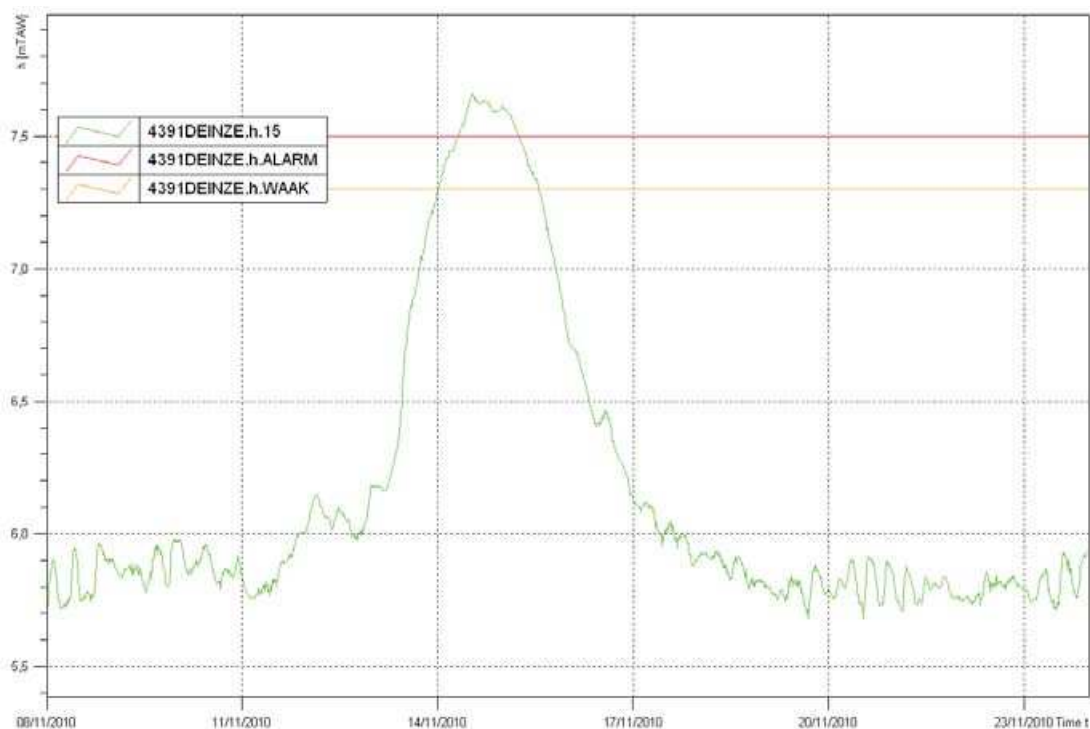
In de dagen voor het weekend van 13-14 november 2010 werden al maatregelen genomen om de aangekondigde piekdebieten zo goed mogelijk te kunnen afvoeren. Er werd preventief geloosd om buffercapaciteit te verkrijgen.

Het peil op het Groot Pand was op vrijdag 12 november in de namiddag een tiental centimeter lager dan normaal (5;60 m TAW in plaats van 5,70 m TAW). Zaterdagvoormiddag 13/11 begon het peil te stijgen en werd achtereenvolgens het waak- en alarmpeil overschreden. Op zaterdag 14/11 kon het peil net onder 7,00 m TAW gehouden worden, waardoor kritieke overstromingen in Sint-Martens-Latem vermeden werden. Op de Leie te Deinze werden het waak- en alarmpeil eveneens overschreden op 14 en 15 november. Het maximaal geregistreerde peil is 7,60 m TAW.

Dit wordt weergegeven in Figuur 63 en Figuur 63.



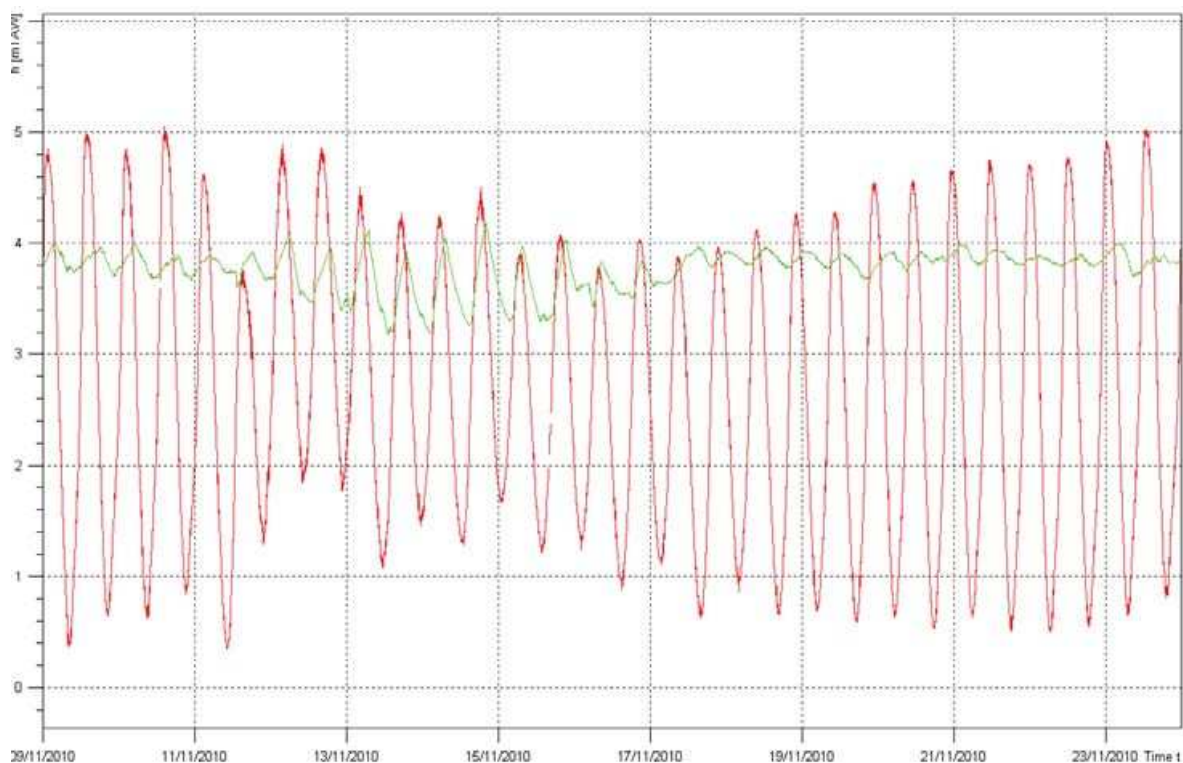
Figuur 62: Peilen Ringvaart te Evergem met weergave van waak-en alarmpeil



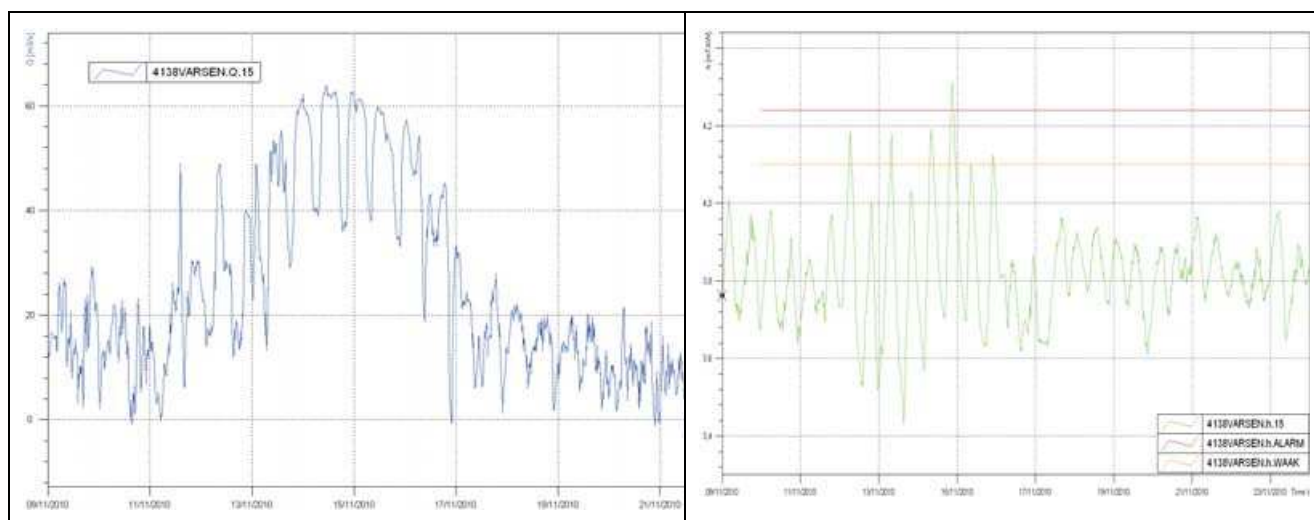
Figuur 63: Peilen Leie te Deinze met weergave van waak-en alarmpeil

Afvoer richting Brugge-Oostende

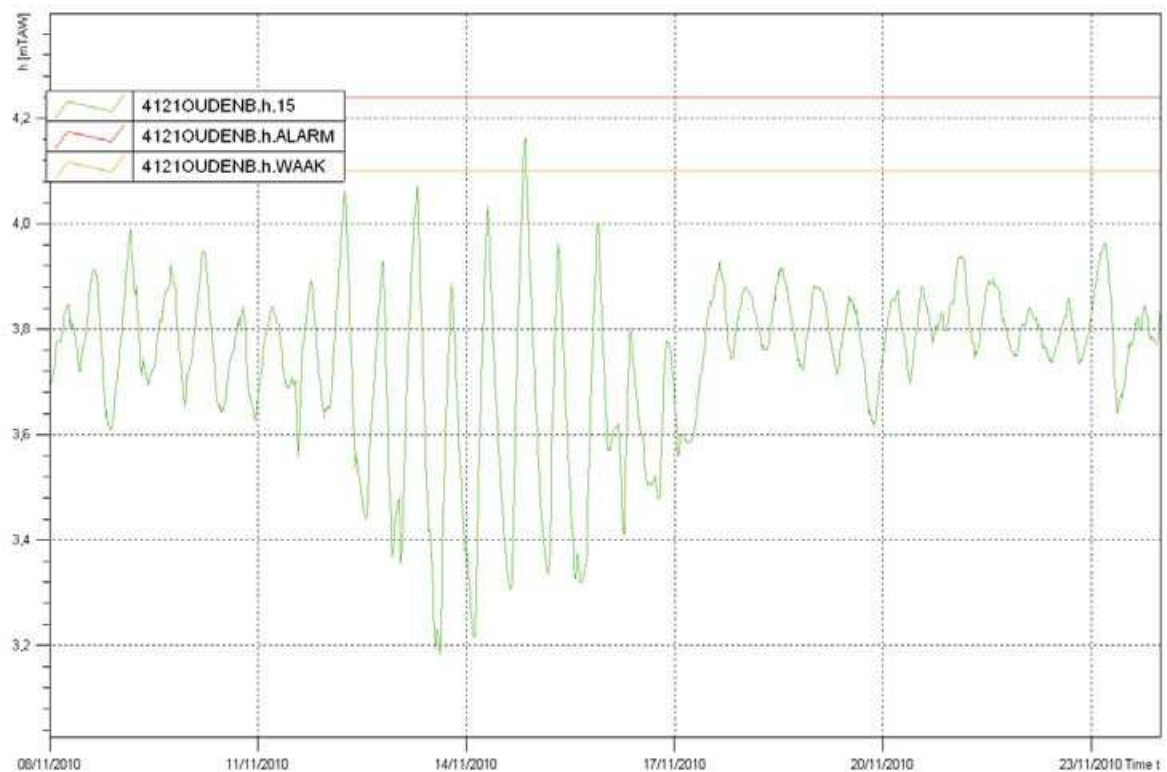
Vanaf 12 november werd het peil op het Kanaal Gent-Oostende afwaarts Brugge zo laag mogelijk getrokken om buffercapaciteit te creëren. Bij elk laag water kon het peil mee dalen met het dalende zeepeil. Vrijdagavond 12/11 was het peil opwaarts Sas Slijkens 3,40 m TAW, op zaterdag 13/11 daalde dit tijdens het laag water nog tot 3,20 m TAW. Vanaf zaterdag 14/11 werd de opwaartse afvoer zo groot dat het peil bij laagwater opnieuw steeg. Te Varsenare werd het waak-en alarmpeil (respectievelijk 4,10 m TAW en 4,24 m TAW) enkele malen tijdelijk overschreden bij hoog water (en dus beperkte afvoermogelijkheden) te Oostende. De afvoeren geregistreerd in Varsenare liepen op tot iets meer dan 60 m³/s. Dat komt overeen met een terugkeerperiode van ongeveer een jaar en had geen significante negatieve gevolgen. Dit wordt ook aangetoond door het feit dat op het Kanaal Gent-Oostende te Oudenburg-Plassendale het waakpeil slechts kortstondig overschreden werd.



Figuur 64: Peilen Sas Slijkens opwaarts (groen) en afwaarts (rood)

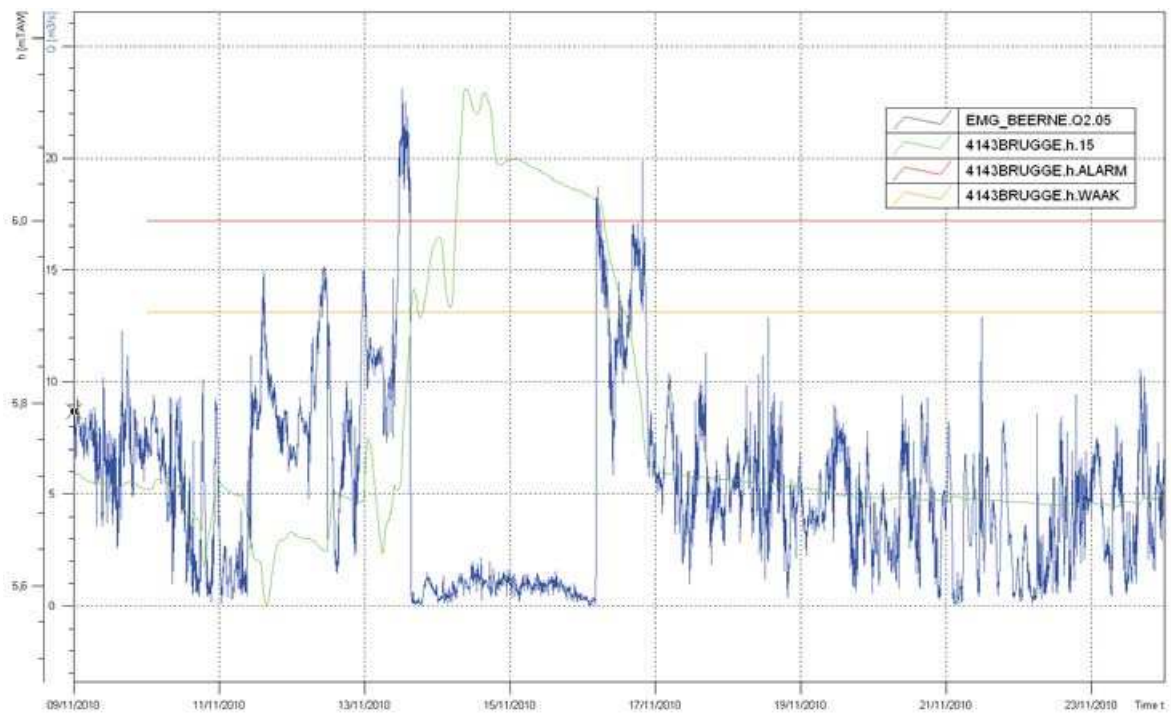


Figuur 65: Debiet (rechts) en peilen (links) Kanaal Gent-Oostende te Varsenare



Figuur 66: Peilen Kanaal Gent-Oostende te Oudenburg-Plassendale

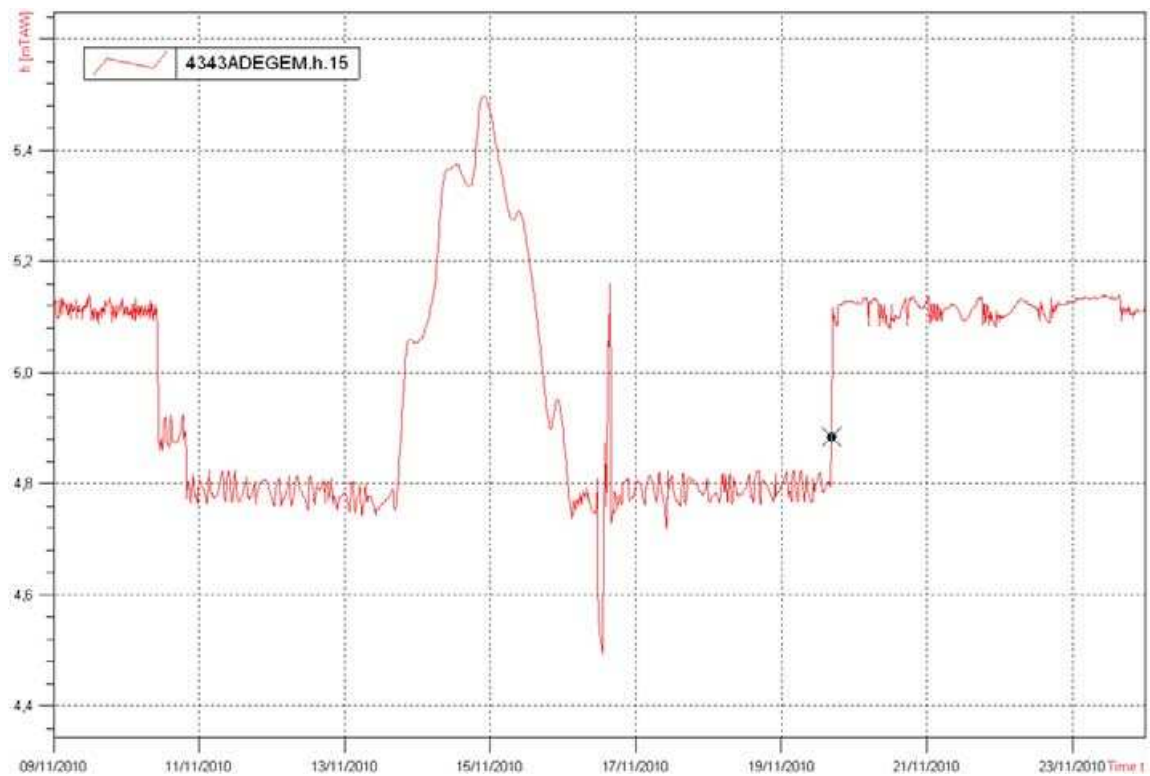
Op zaterdagvoormiddag 13/11 werd in Beernem via de Keersluis richting Brugge kortstondig 20 m³/s afgevoerd. Om Brugge te beschermen werd zaterdagmiddag (16u) de keersluis gesloten. Het peil te Brugge-Steenbrugge was gestegen tot het waakpeil van 5,90 mTAW. Nadien steeg het peil nog verder tot 6,14 m TAW op zondagvoormiddag 14/11. Er was enkel nog afvoer via de stuw naast de Keersluis.



Figuur 67: Afvoer Kanaal Gent-Oostende te Beernem via de Keersluis (blauw) en peilen Brugge-Steenbrugge (groen). Debieten via de stuw naast de Keersluis zijn niet weergegeven

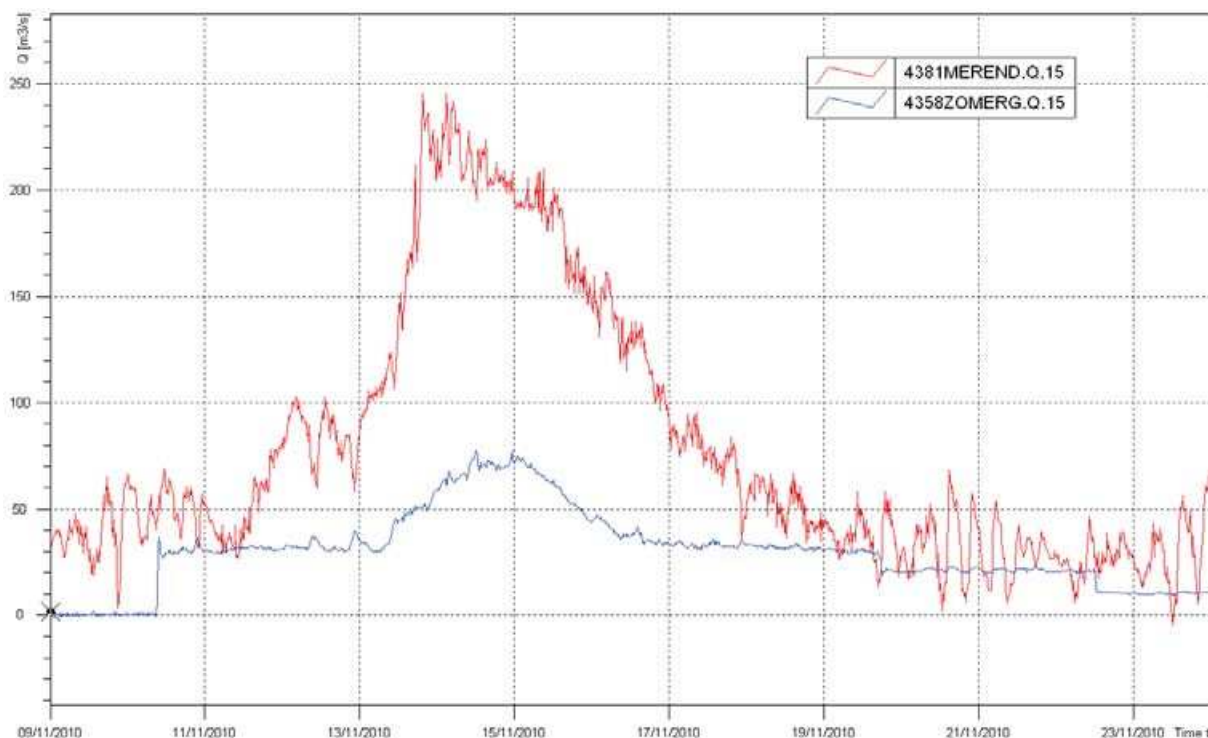
Afvoer richting Heist (Afleidingskanaal)

Ook langs het Afleidingskanaal werd preventief actie ondernomen om zoveel mogelijk water te kunnen afvoeren. In Adegem-Balgerhoeke werden balken verwijderd uit de oude sluis. Zaterdagavond steeg het opwaarts peil er tot 5,50 m TAW.



Figuur 68: Peilen Afleidingskanaal te Adegem-Balgerhoeke

Aan het complex te Schipdonk-Merendree werden stuwen, sifons en de sluis volledig opengezet om zoveel mogelijk water via het Afleidingskanaal (Zomergem) naar Heist te kunnen afvoeren. De maximaal gemeten afvoer te Zomergem (zondagmiddag) bedraagt $77 \text{ m}^3/\text{s}$. Opwaarts van het complex werd de piek zondagochtend gemeten en bedroeg $245 \text{ m}^3/\text{s}$.

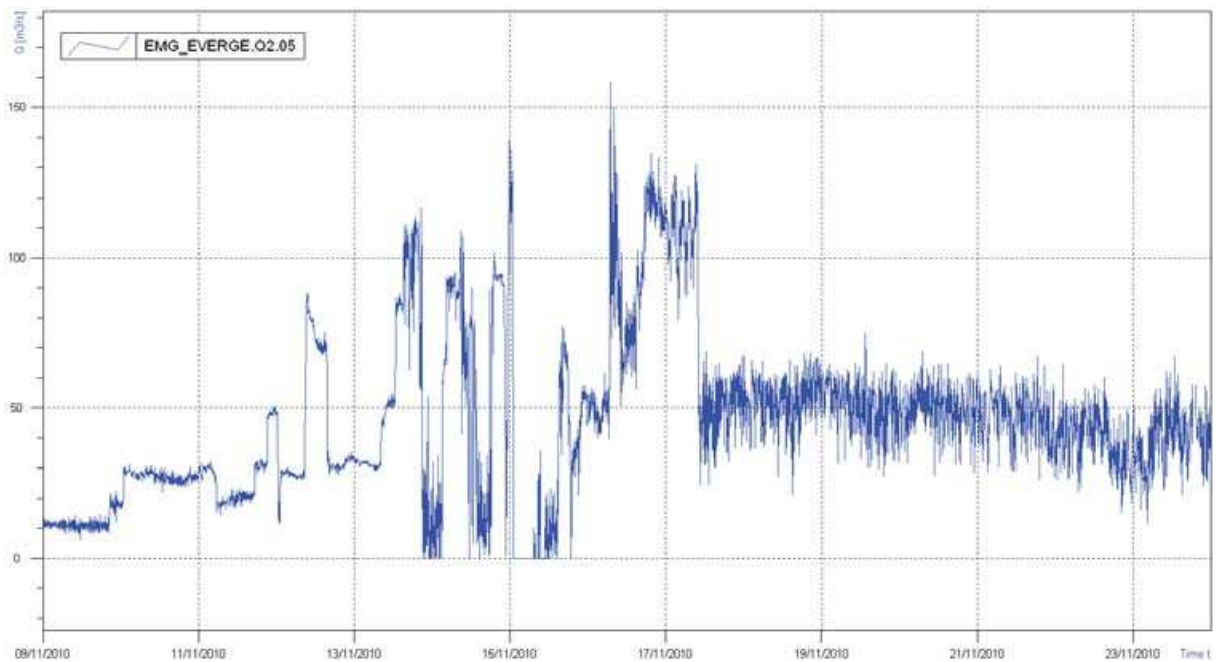


Figuur 69: Afvoeren op het Afleidingskanaal (Merendree rood, Zomergem blauw)

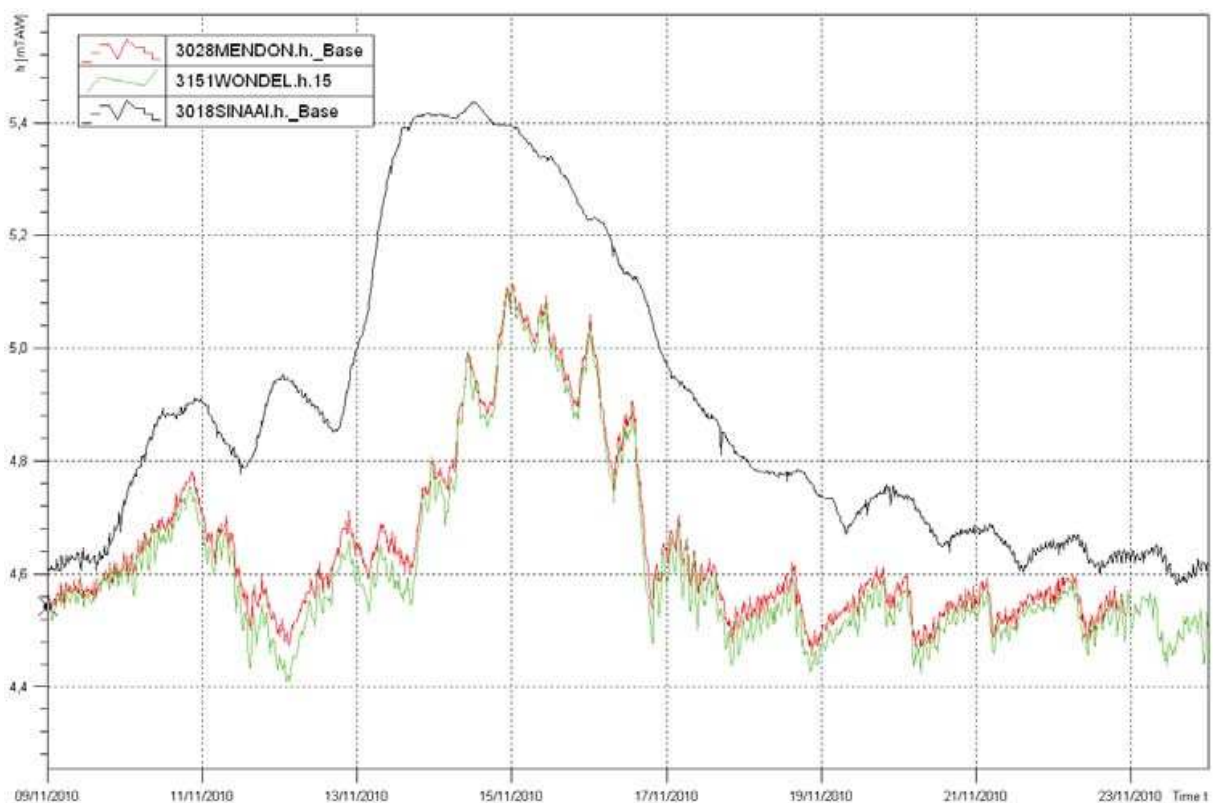
Afvoer richting Terneuzen

Vanaf het moment dat het duidelijk werd dat er hoge afvoeren zouden optreden tijdens het weekend van 13-14 november, werd er door de beheerder contact genomen met de Regioverkeersleiding in Terneuzen. De scheepvaart werd volledig gestremd op het Kanaal Gent-Terneuzen en er werd intensief samengewerkt met de beheerders in Terneuzen om zoveel mogelijk water via Evergem te kunnen afvoeren. De debieten zoals geregistreerd ter hoogte van Evergem kunnen slechts indicatief gebruikt worden. IJkingen uit het verleden wezen uit dat het debiet niet correct geregistreerd werd. Om die reden werd in het voorjaar van 2011 een nieuwe debietmeter geïnstalleerd door het HIC. Deze beslissing was al voor de gebeurtenissen van november genomen. Dit toestel is echter nog niet afgeijkt. Uit Figuur 70 blijkt wel duidelijk dat de stuw te Evergem heel actief beheerd werd (openen en sluiten in functie van peil Moervaart en lozingsmogelijkheden te Terneuzen).

Hierbij werd er zoveel mogelijk rekening gehouden met de situatie van de Moervaart, die in open verbinding staat met het Kanaal. Uit Figuur 71 blijkt duidelijk de relatie tussen de peilen op de Moervaart en deze op het Kanaal Gent-Terneuzen (Wondelgem).



Figuur 70: Indicatieve debieten Ringvaart Evergem



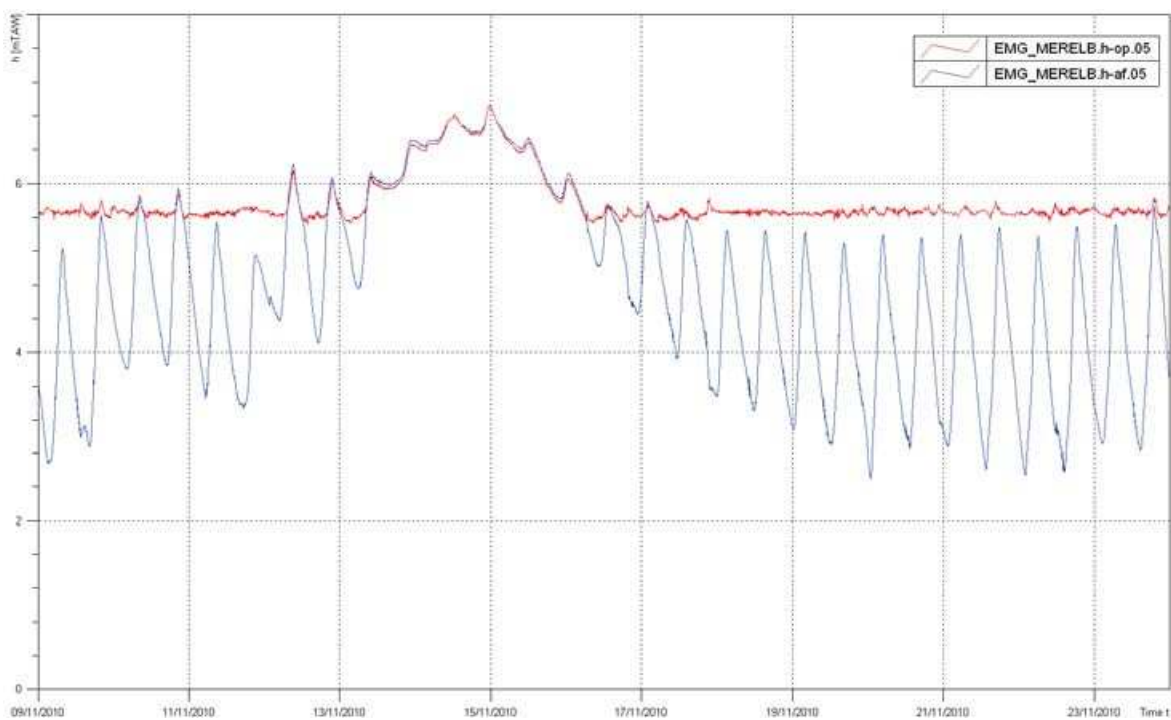
Figuur 71: Peilen Moervaart Sinaai (zwart) en Mendonk (rood),
peilen Kanaal Gent-Terneuzen Wondelgem (groen).

Langs de Moervaart waren er lokale afwateringsproblemen met overstromingen tot gevolg en konden niet alle (polder-) pompgemalen gedurende de hele wasperiode blijven werken. Kritieke wateroverlast was beperkt.

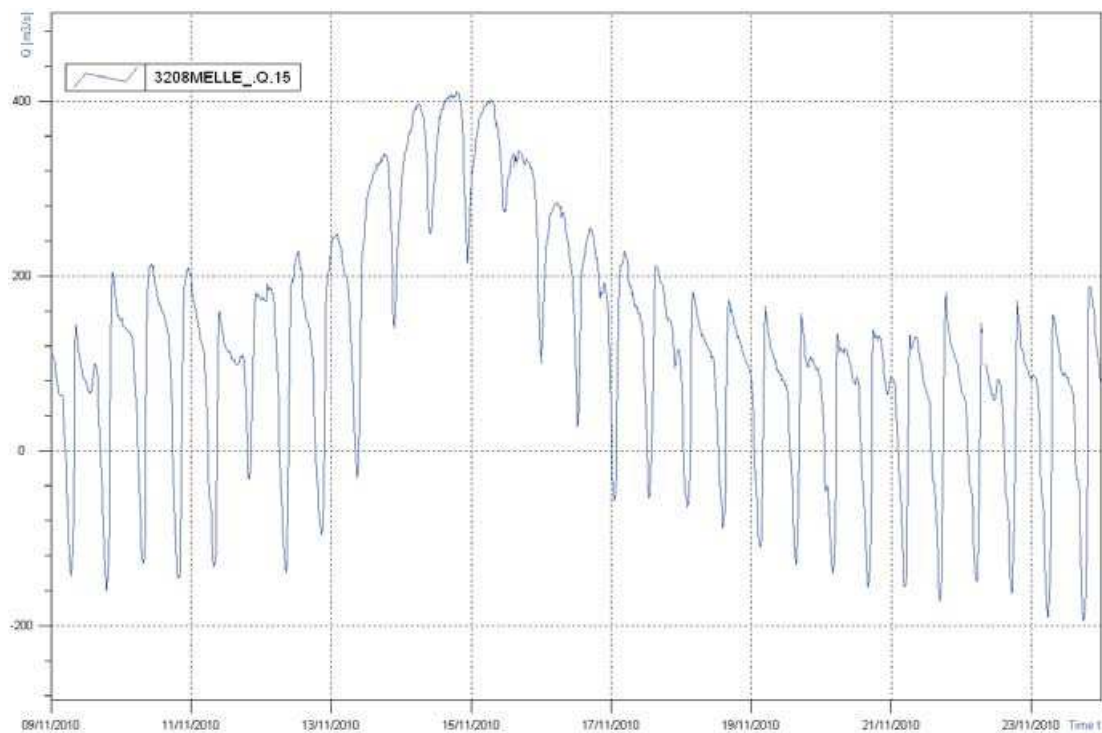
Afvoer richting Zeeschelde (Melle)

Tijdens de wasgebeurtenissen werden zowel in Merelbeke als in Zwijnaarde de stuwen geopend om zoveel mogelijk water te kunnen afvoeren. Daarnaast werd ook sluis 2 volledig opengezet om water af te voeren. De waterstanden op-en afwaarts Merelbeke waren een tijdlang nagenoeg gelijk (ochtend 13/11 tot nacht 16-17/11). Het bereik van de afwaartse peilmeter bleek te beperkt om de hoogste waterstanden te kunnen registreren. Dit wordt weergegeven in Figuur 72.

De afvoer bleef uiteraard afhankelijk van het getij. Vanaf 13 november waren de (hoog-en laagwater-) peilen te Melle duidelijk verhoogd. Op 14 en 15 november werd er kortstondig tot 400 m³/s afgevoerd naar de Zeeschelde.



Figuur 72: Peilen opwaarts Merelbeke (rood) en afwaarts Merelbeke (blauwx)



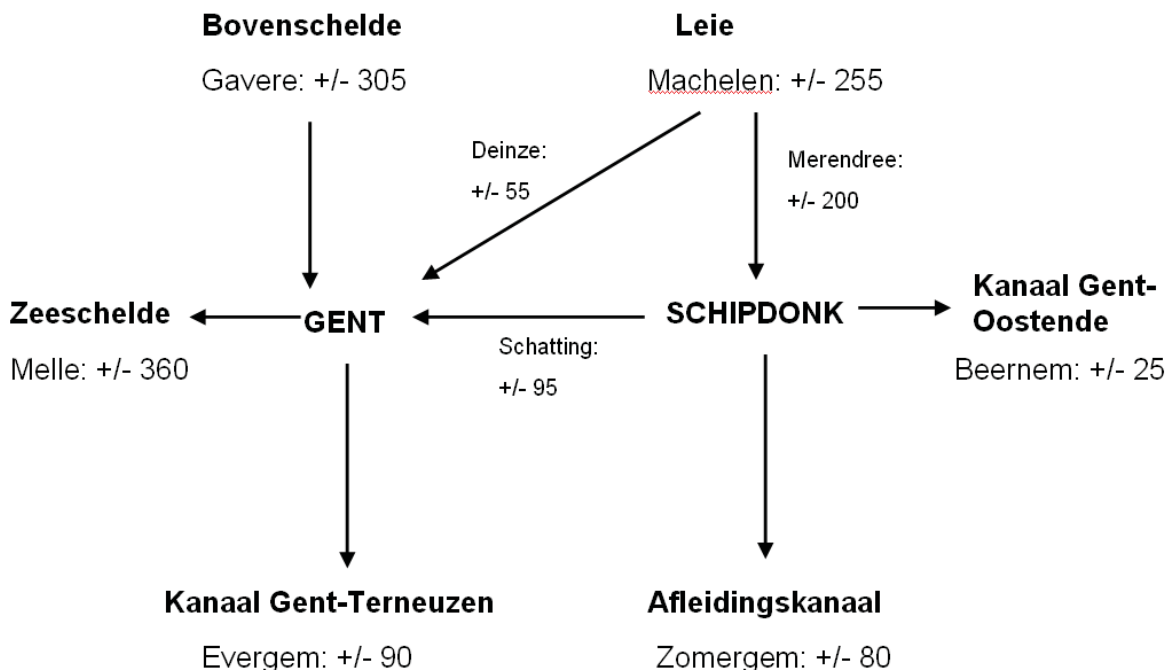
Figuur 73: Zeeschelde Melle debieten

Totale verdeling Debieten Groot Pand

In

Figuur 74 wordt een totaalbeeld geschetst van de daggemiddelde debietsverdeling in het Groot Pand rond Gent (14-15 november 2010).

Waterbeheersing was november 2010



Figuur 74: Schema waterverdeling Groot Pand tijdens was november 2010

Conclusies voor bevaarbare waterlopen in het bekken van de Boven-Schelde, Leie, Gentse Kanalen en Brugse polders

Voor de bekkens van de Boven-Schelde, Leie, Gentse Kanalen en Brugse Polders was het event van november 2010 niet zo uitzonderlijk als in het Dender- en Zennebekken. In de opwaartse gedeeltes van de Leie en de Boven-Schelde waren de retourperiodes eerder klein (5 jaarlijks), verder afwaarts was de retourperiode iets hoger als gevolg van de grote afvoeren van zijwaterlopen.

Locaties waar wateroverlast is geweest zijn in de meeste gevallen de gekende problemen.

6 Demer

Beschrijving van het systeem

De Demer wordt geklasseerd als bevaarbare waterloop vanaf de Grote Steunbeer in Diest tot de monding in de Dijle te Werchter. In theorie is dit kunstwerk manueel regelbaar, maar door de vervallen toestand is de stand momenteel vast. Verder afwaarts monden nog enkele onbevaarbare waterlopen uit in de Demer, waarvan de belangrijkste de Begijnebeek, de Zwarte Beek, de Laarbeek, de Motte, de Moutlaak, de Heilaakbeek en de Winge zijn.



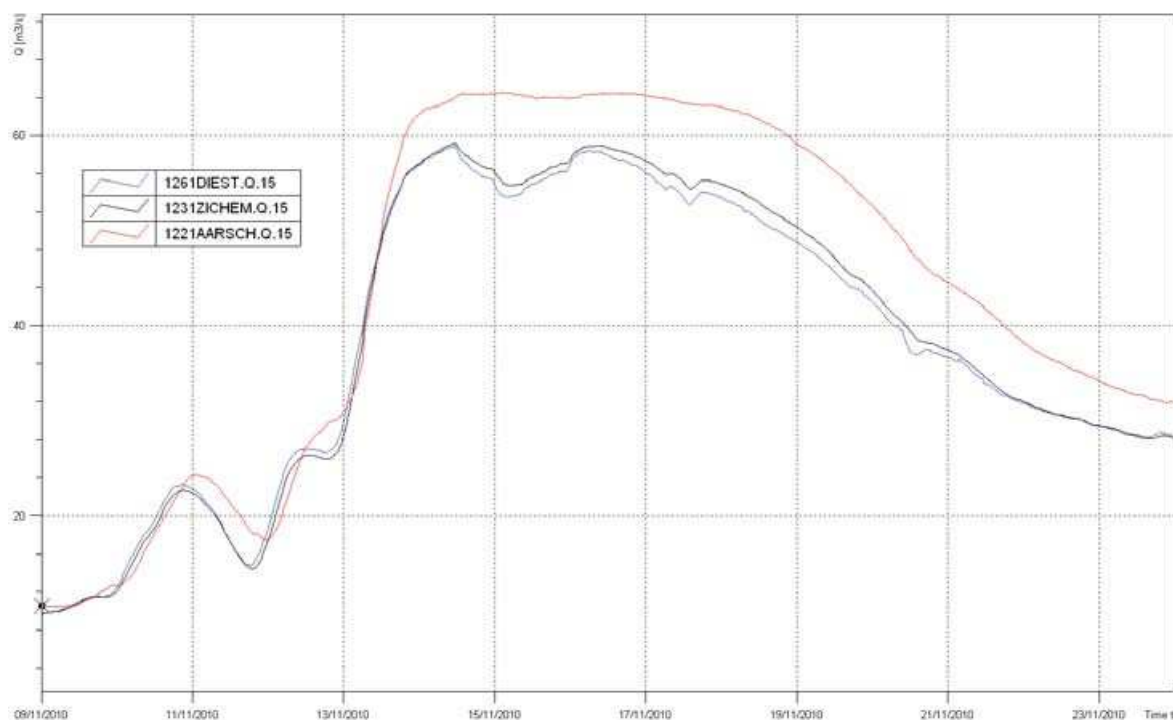
Figuur 75: Bevaarbare Demer met aanduiding van de belangrijkste meetlocaties

Langsheen de Demer tussen Diest en Werchter liggen een aantal broeken en beemden die bij hoge waterstanden geregeld onder water komen.

Registraties tijdens de hoogwaterperiode

Debieten

Figuur 76 geeft de gemeten debieten langs de Demer weer. Voor de meest opwaartse locaties, Diest en Zichem, is duidelijk het effect van het vullen van de opwaartse wachtbekkens zichtbaar. Na een eerste stijging viel het debiet tijdelijk terug om dan opnieuw licht te stijgen. Het maximale debiet was 59 m³/s in Diest en ongeveer evenveel te Zichem.



Figuur 76: Debieten op de Demer: Diest (blauw) Zichem (zwart) en Aarschot (rood)

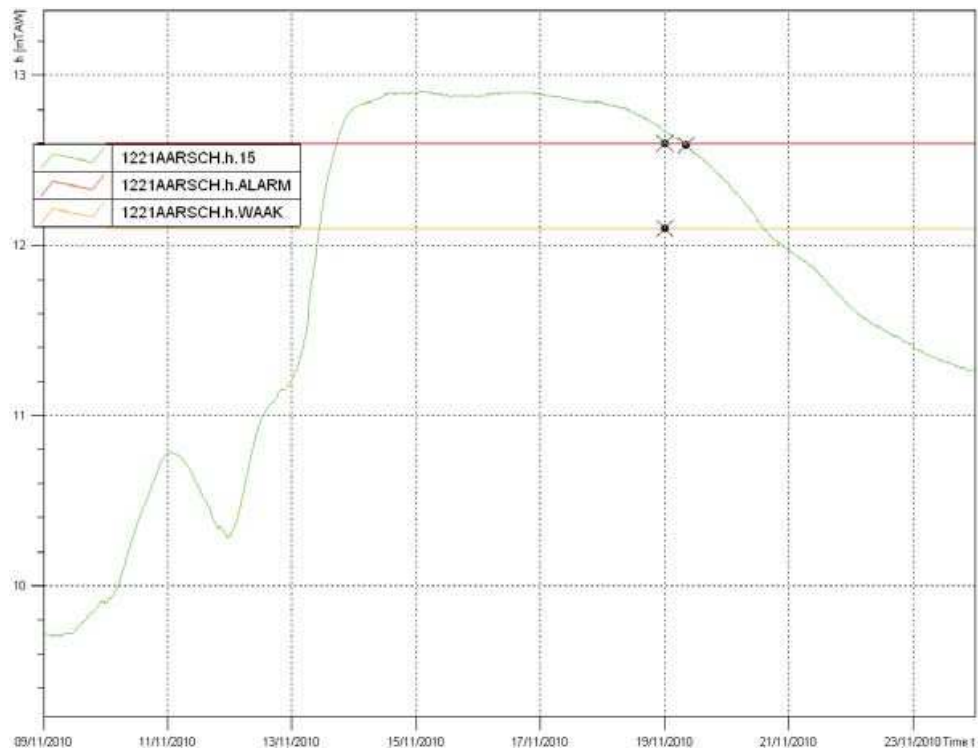
In Aarschot was het maximale debiet 64,5 m³/s, wat overeenkomt met een terugkeerperiode tussen de 5 en de 10 jaar.

Tabel 14: Hoogste afvoeren op de Demer te Aarschot sinds 1975

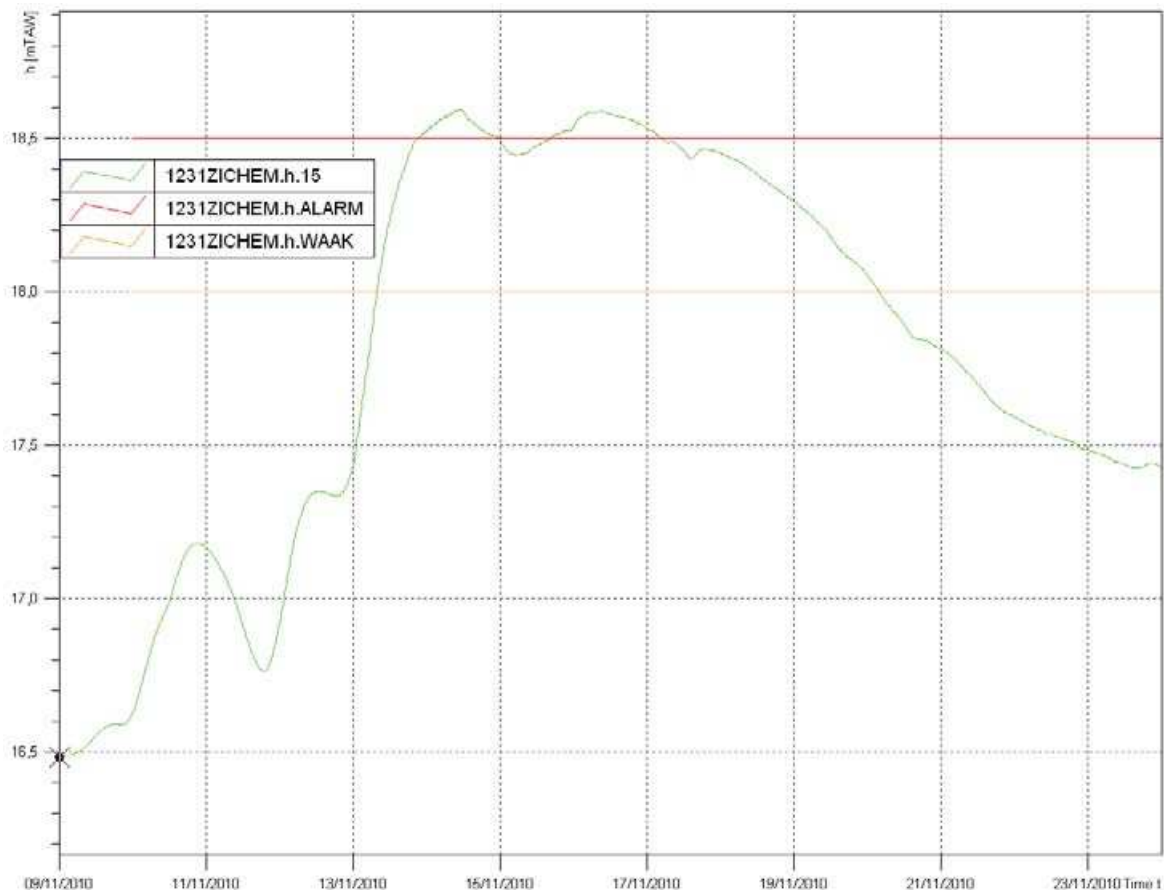
Demer, Aarschot			
Rang	Datum	Tijdstip (UTC)	Debiet (m³/s)
1	5/01/2003	12:00	73,16
2	19/09/1998	22:00	70,91
3	10/02/1984	20:00	68,73
4	1/03/2002	00:00	68,33
5	17/03/1988	16:00	66,64
6	15/01/2011	05:00	64,72
7	15/11/2010	03:00	64,50
8	27/03/1988	19:00	62,97
9	30/01/1995	16:00	62,91
10	11/12/1981	22:00	61,97
11	24/12/1993	19:00	59,76
12	15/04/1985	02:00	58,57
13	3/01/1994	15:00	58,54
14	1/04/1986	06:00	58,49
15	3/03/1987	14:00	58,27

Peilen

Zowel in Zichem als in Aarschot werden de alarmpeilen overschreden. Dit duurde zelfs 6 dagen voor Aarschot (13 november tot 19 november). De oorzaak hiervoor is te zoeken in de zeer geleidelijke lediging van de opwaartse wachtbekkens (Schulen en Webbekom) onder beheer van VMM. Een te snelle lediging zou het peil opnieuw hebben doen stijgen. Hierdoor was het peil in Aarschot lange tijd ongeveer 12,90 m TAW. Ook in Zichem schommelde het peil enkele dagen rond het alarmpeil. De broeken langs de Demer waren voor een groot deel gevuld tijdens deze periode.



Figuur 77: Peil Demer te Aarschot met aanduiding van waak-en alarmpeil



Figuur 78: Peil Demer te Zichem met aanduiding waak-en alarmpeil

Conclusie Demer

Ondanks het feit dat de neerslaghoeveelheid in het Demerbekken niet veel lager was dan in het Zenne- en Denderbekken, waren de afvoeren hier niet zo extreem. De afvoer in Aarschot had een terugkeerperiode van 5-10 jaar. Langs de bevaarbare Demer zelf traden geen kritieke overstromingen op, ondermeer door de werking van de opwaartse wachtbekkens.

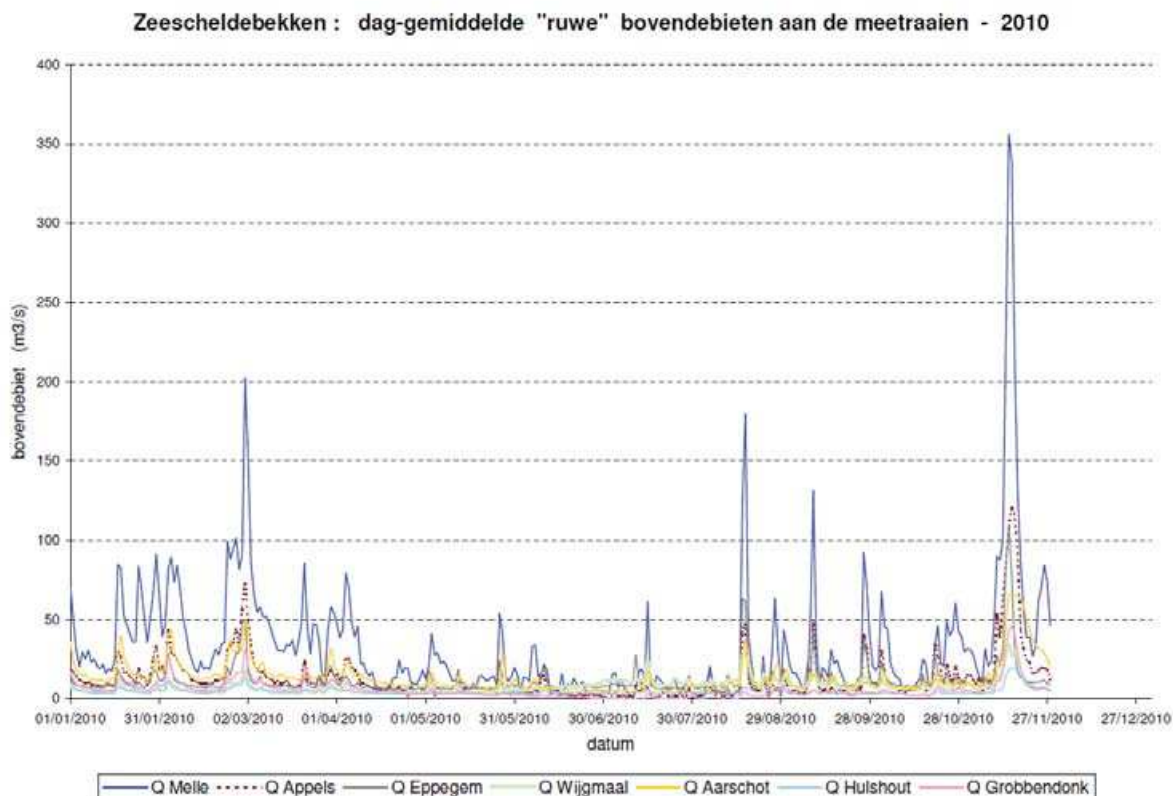
7 Tijgebied

Algemeen

De afvoermogelijkheden van de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen worden voor een groot deel bepaald door de waterstanden in de tijevoelige Schelde. Het event van 11-15 november 2010 kwam net voor een periode van doottij. Bij doottij zijn de lozingsmogelijkheden beperkt door de verhoogde laagwaterstanden.

De hoge afvoeren aan de randen van het tijgebied zorgden ook voor een aanzienlijke verhoging van de waterstanden. Hierdoor hadden verschillende zijwaterlopen afvoerproblemen, met soms kritieke overstromingen tot gevolg. Langs de bevaarbare waterlopen in het tijgebied waren de problemen beperkt: langs de Durme overstroonden het Mols Broek en Potpolder IV. Langs de Demer werden de natuurlijke bergingsgebieden aangesproken (zie boven). Dit was ook het geval langs de Netes (zie onder).

Figuur 79 geeft een eerste indruk van de afvoeren aan de randen van het tijgebied voor het event van november 2010. De periode 11-15 november is duidelijk de periode met de hoogste afvoeren in het jaar 2010.

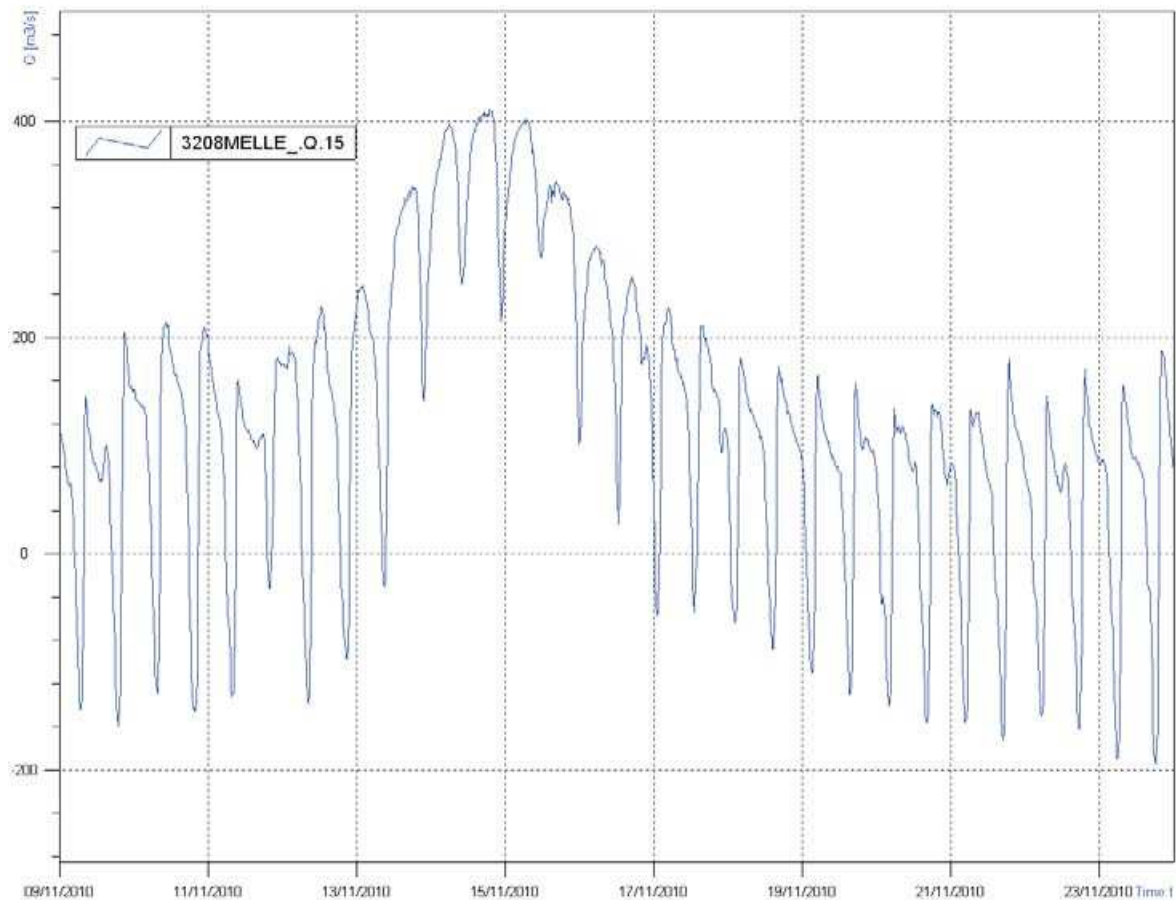


Figuur 79: Afvoeren aan de opwaartse randen van het tijgebied

De meeste van de locaties werden hierboven al in het betreffende bekken besproken. De gemeten afvoeren in Melle (opwaarts Zeeschelde), Grobbendonk (Kleine Nete) en Hulshout (Grote Nete) worden in wat volgt besproken

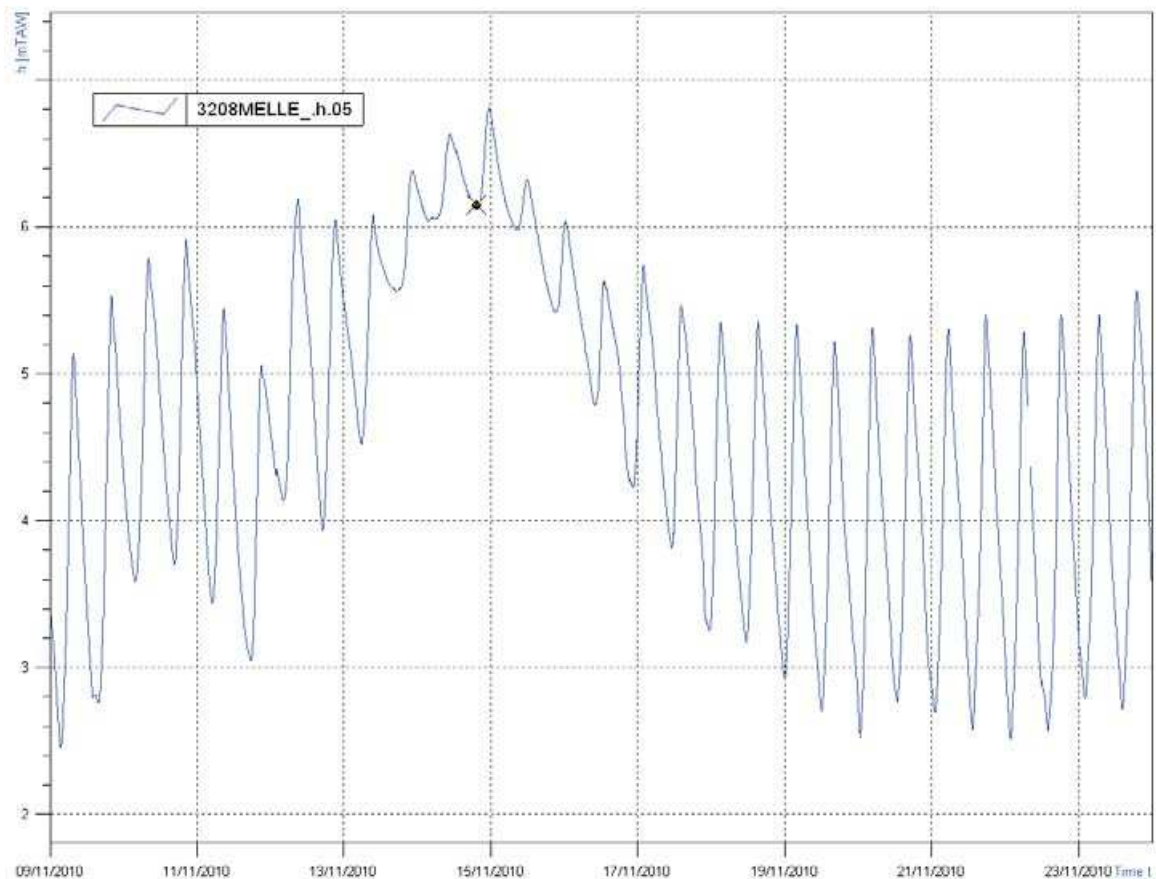
Melle

In Melle werden kwartiergemiddelde piekafvoeren tot ongeveer 400 m³/s gemeten en werd er van 13 tot 15 november nooit minder dan 200 m³/s afgevoerd. Zowel in Merelbeke als Zwijnaarde werd de kunstwerken zo bediend dat er maximaal geloosd kon worden.



Figuur 80: Afvoer Schelde te Melle

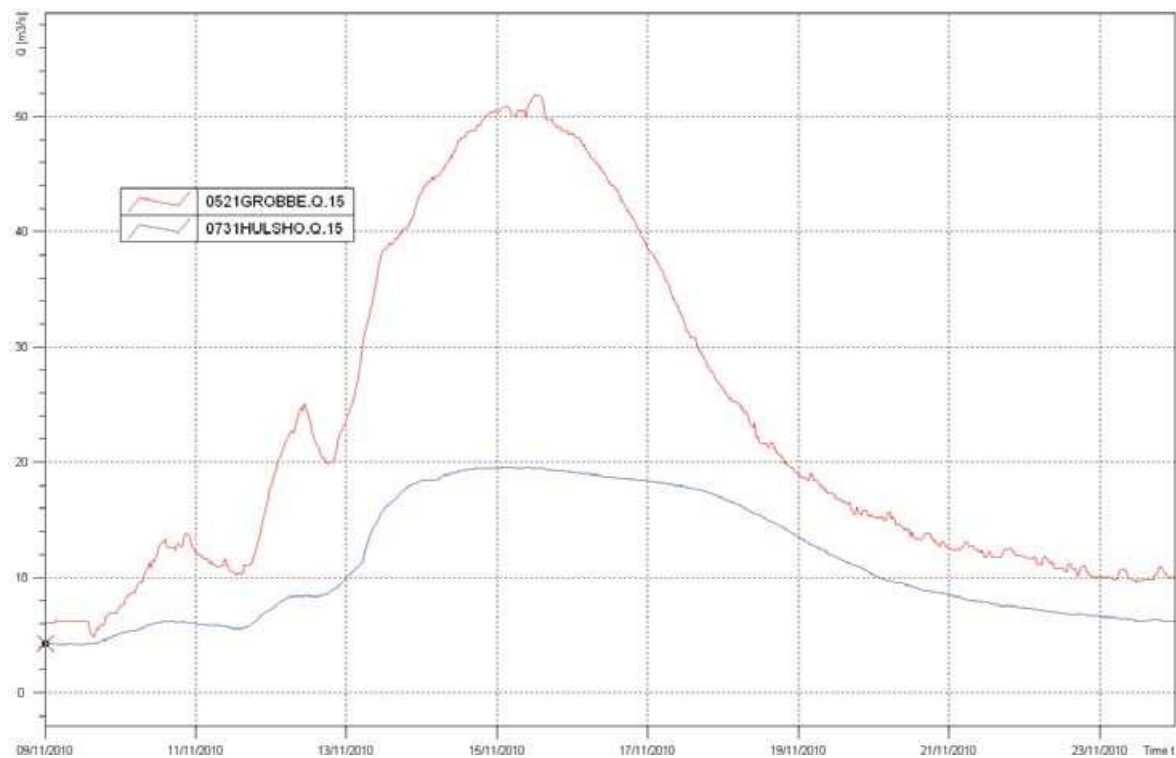
Deze hoge afvoeren brachten ook sterk verhoogde laagwaterstanden met zich mee. Het laagwater op zondagavond 14 november was 6,15 m TAW, wat (veel) hoger is dan een gemiddeld hoogtij op dezelfde locatie.



Figuur 81: Waterstanden Zeeschelde te Melle

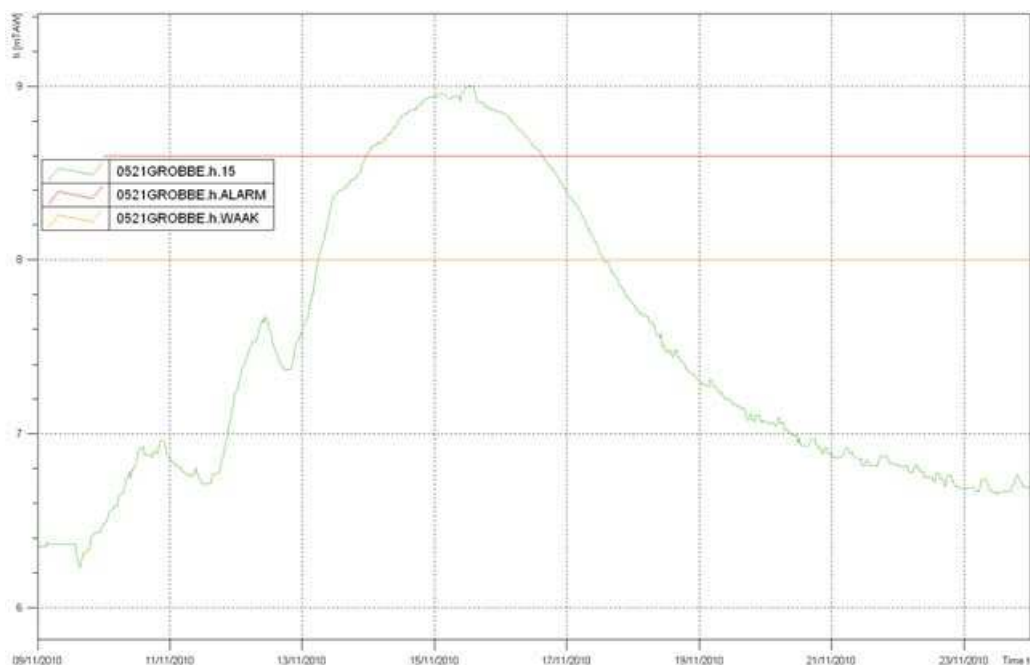
Netes

De afvoeren van de Netes worden weergegeven in Figuur 82. De maximale afvoer van de Kleine Nete (Grobendonk) is $50,5 \text{ m}^3/\text{s}$, wat overeenkomt met een retourperiode van ongeveer 15 jaar. Het maximale debiet van de Grote Nete in Hulshout was $19,5 \text{ m}^3/\text{s}$. De GOG's Anderstadt I en II te Lier werden tijdens deze hoogwaterperiode verschillende keren aangesproken.

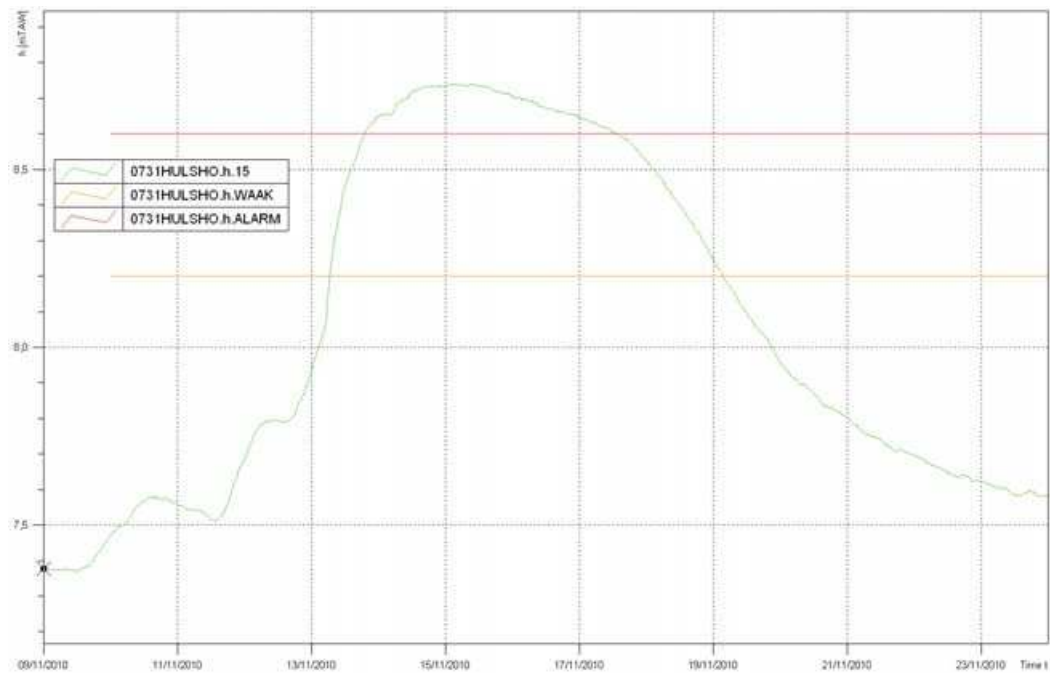


Figuur 82: Afvoer Kleine Nete: Grobbendonk (rood) en Grote Nete (Hulshout): blauw

Zowel op de Kleine als de Grote Nete werden de waak-en alarmpeilen overschreden. Vanuit de bevaarbare delen van de beide Netes werden er echter geen kritieke overstromingen gemeld. Er waren wel problemen langs zijwaterlopen die beperkt werden in het afvoercapaciteit door de hoge waterstanden op de Netes. Dit was onder andere het geval in Lier, Ranst en Zandhoven. (Bron: Provincie Antwerpen)



Figuur 83: Peil Grobbendonk (Kleine Nete) met aanduiding van waak-en alarmpeil



Figuur 84: Peil Grote Nete (Hulshout) met aanduiding van waak-en alarmpeil

Conclusies tijgebied

In het **getijgebied** overstroomden verschillende gebieden zonder significante gevolgen. De invloed van de verhoogde bovenafvoeren zorgde overal voor verhoogde waterstanden, die in sommige gevallen wel voor de (onbevaarbare) zijwaterlopen problematisch waren

8 IJzer

Beschrijving van het systeem

De lengte van de IJzer bedraagt ongeveer 78 km waarvan 45 km op Belgisch grondgebied ligt. Bij de grens mondt de Heidebeek uit in de IJzer. De meest opwaarts meetpost op Vlaams grondgebied is te Roesbrugge. Afwaarts van Roesbrugge komt de IJzer in een bredere vallei en neemt het verhang sterk af. In normale omstandigheden wordt het waterpeil van de IJzer op een streefpeil van 3,14 m TAW gehouden. In Vlaanderen komen achtereenvolgens de Poperingevaart, de Kemmelbeek, het Kanaal Ieper-IJzer met Ieperlee en Martjesvaart, Stenensluisvaart, Houtensluisvaart en Handzamevaart als belangrijkste zijlopen in de IJzer uit. Deze bekkens liggen allemaal op de rechteroever van de IJzer.

In Lo-Fintele staat de IJzer in verbinding via een stuw-sluiscomplex met het Lokanaal. Het Lokanaal wordt bij hoge debieten op de IJzer ingeschakeld om een gedeelte van de IJzerafvoer via Veurne en het kanaal Veurne-Nieuwpoort naar Nieuwpoort af te voeren. In normale omstandigheden bedraagt het streefpeil van de Lovaart en het kanaal Veurne-Nieuwpoort 2,44 m TAW.

Tussen Diksmuide en Nieuwpoort ligt de IJzer volledig tussen dijken en komen er geen zijwaterlopen meer in uit. In Nieuwpoort ligt nog een kunstmatig bufferbekken ("spaarbekken") voor afvoer van de IJzer. Net afwaarts daarvan mondt de IJzer via de Iepersluis en –stuw uit in de Ganzenpoot en stroomt dan via de havengeul van Nieuwpoort verder in de Noordzee. Deze stuw en sluis sluiten de IJzer af voor de getijbewegingen van de Noordzee en tijdens de laagwaterperiode loost men het overtollige bovendebiet van de IJzer naar zee.

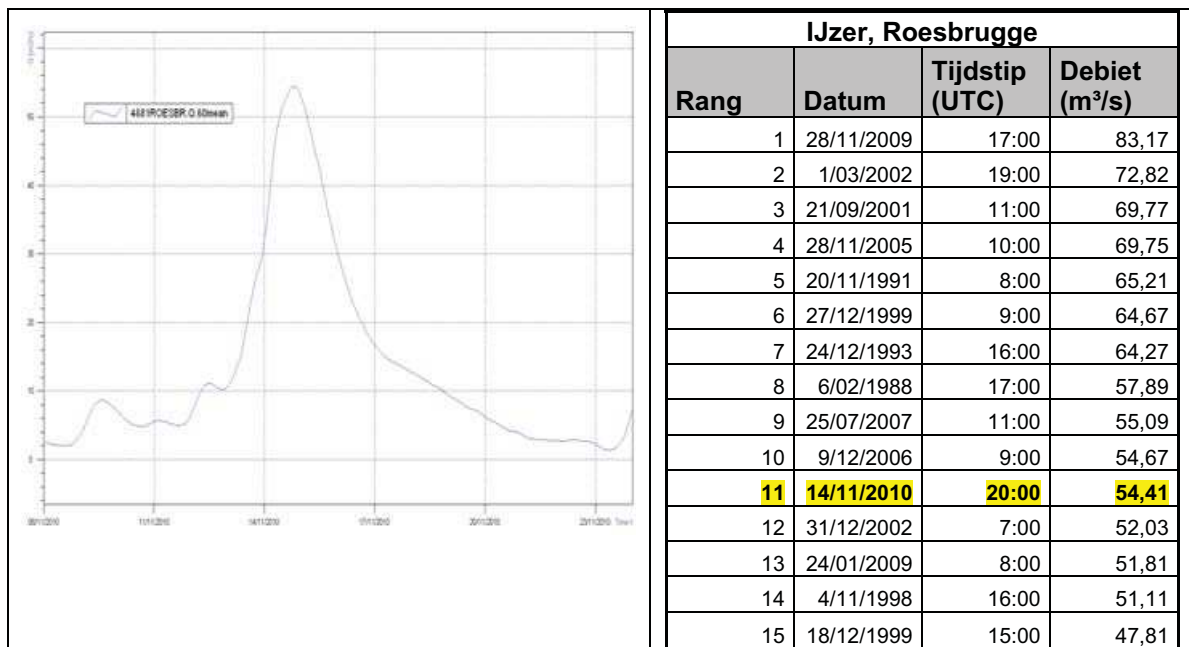


Figuur 85: Belangrijke bevaarbare assen voor het waterbeheer in het IJzerbekken met aanduiding van de belangrijkste meetposten

Registraties tijdens hoogwaterperiode

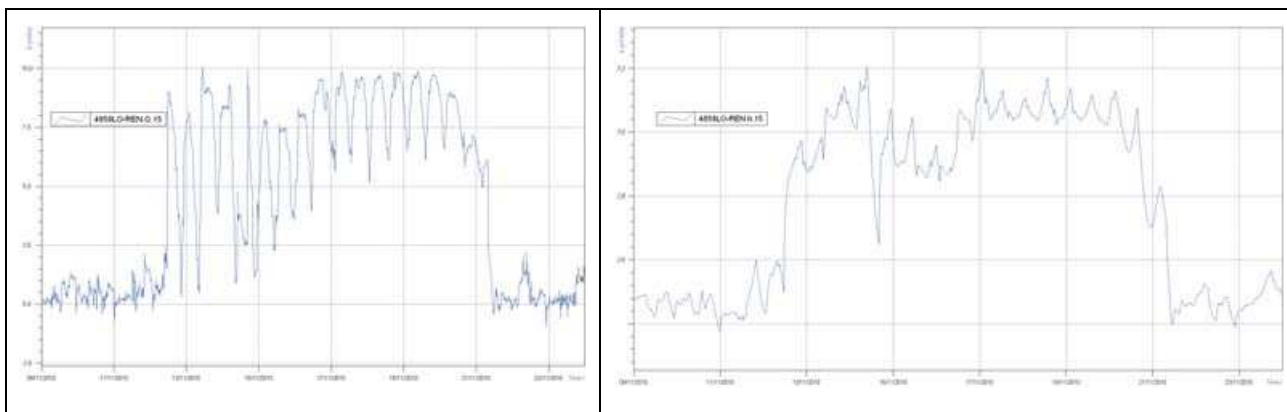
In het IJzerbekken regende het tijdens de periode 11-15 november 2011 beduidend minder dan in andere bekkens. De verhoogde afvoeren waren dan ook veel minder problematisch dan in sommige andere bekkens, maar worden hier voor de volledigheid besproken.

Het piekdebiet in Roesbrugge bedroeg 54,4 m³/s op de avond van 14 november. Die afvoer valt net buiten de top 10 van hoogste afvoeren sinds 1987.



Figuur 86: Debiet IJzer Roesbrugge: november 2010 en 15 hoogste afvoeren sinds 1987

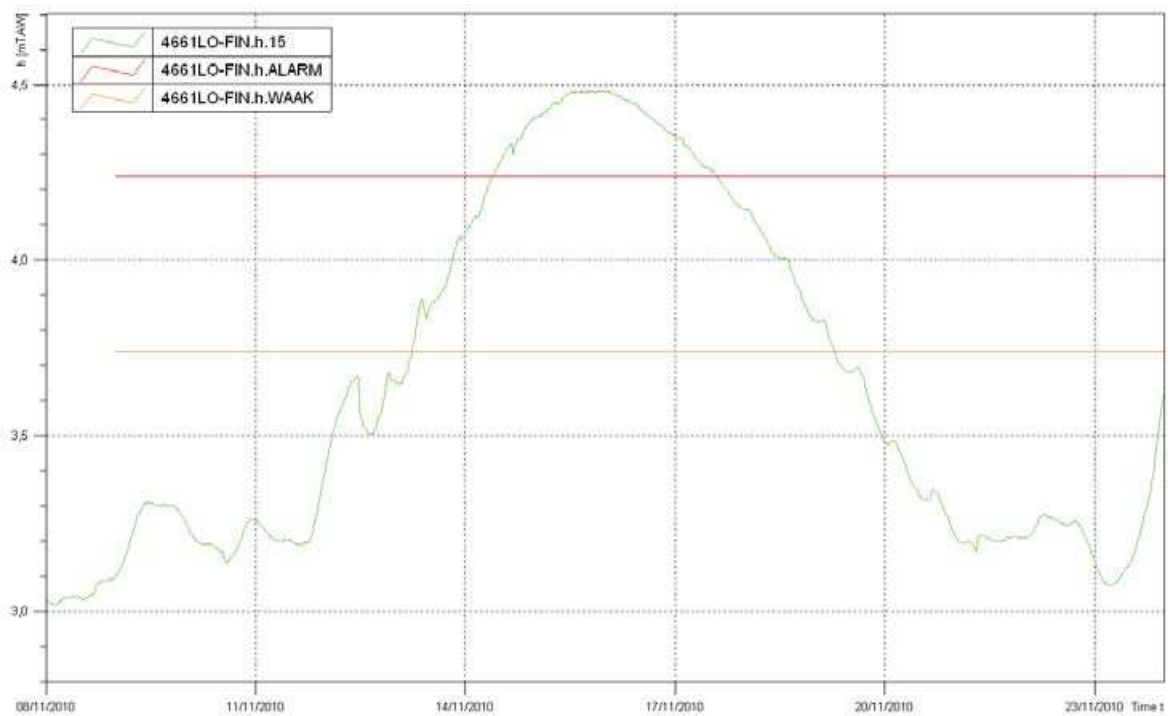
Om een al te hoge stijging van het peil op de IJzer te vermijden, werd er al vanaf de voormiddag van 12 november water geloosd via het Lokanaal. De afvoer in Lo-Reninge steeg tot maximaal 10 m³/s, het peil in Lokanaal steeg tot ongeveer 3,20 m TAW. (Figuur 87)



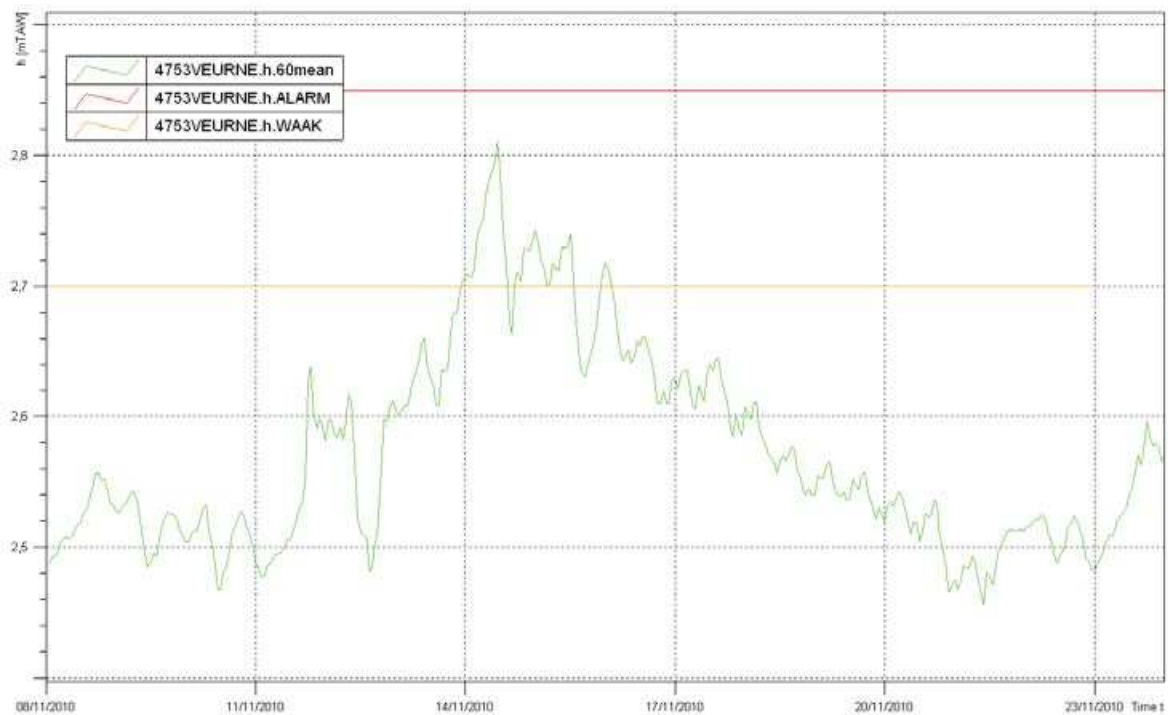
Figuur 87: Afvoer Lokanaal Lo-Reninge (links) en Peil Lokanaal Lo-Reninge (links)

Deze maatregel kon evenwel niet voorkomen dat het peil op de IJzer te Lo-Fintele al in de vroege ochtend van 13 november tot boven het waakpeil steeg en uiteindelijk een piek bereikte van 4,48 m TAW op maandag 15 november. De boezems van de IJzer werden aangesproken.

Door de afvoer door het Lokanaal, werd ook de afvoer van het kanaal Duinkerke-Nieuwpoort vertraagd. Hierdoor overschreed het peil te Veurne enkele keren het waakpeil.



Figuur 88: Peil IJzer Lo-Fintele



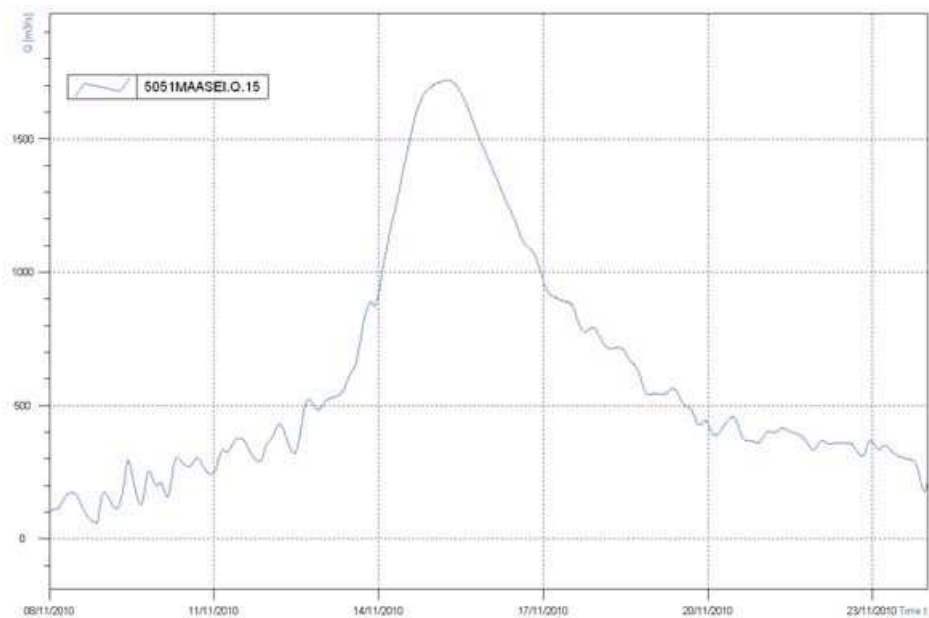
Figuur 89: Peil Kanaal Duinkerke-Nieuwpoort te Veurne

Conclusie IJzer

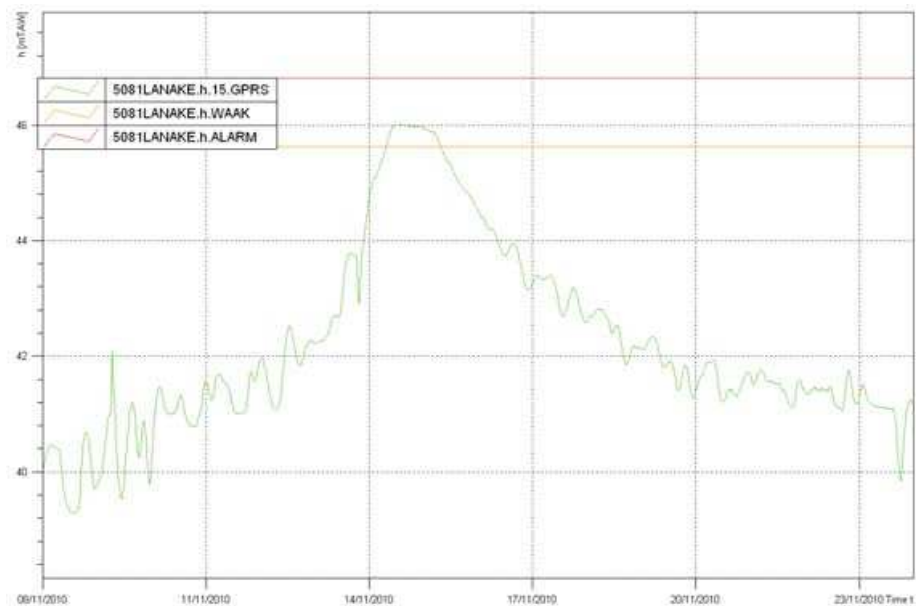
In het IJzerbekken viel beduidend minder neerslag dan in de rest van het land. Hierdoor kende de IJzer geen uitzonderlijke afvoer en waren de kritieke overstromingen beperkt.

9 Maas

De afvoer op de Maas was gedurende de periode 11-15 november 2010 niet heel extreem en wordt hier enkel ter volledigheid aangehaald. In Maaseik was de maximale afvoer 1627 m³/s. Ter vergelijking: in januari 2011 was de afvoer daar ongeveer 2200 m³/s. In Lanaken werd het waakpeil licht overschreden in november.



Figuur 90: Debiet Maas te Maaseik



Figuur 91: Peil Maas te Lanaken-Smeermaas met aanduiding van waak-en alarmpeil

10 Referentielijst

Deschamps, M.; Boeckx, L.; Vaneerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2009). Was 10-14 februari 2009 – Samenvatting meteorologische en hydrologische gebeurtenissen. Versie 2_0. WL Rapporten, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Deschamps, M.; Boeckx, L.; Viaene, P.; Vaneerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2010). Was IJzer November-December 2009. Versie 2_0. WL Rapporten, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Boeckx, L.; Deschamps, M.; Vereecken, H.; Vaneerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2009). Was 23-25 januari - Samenvatting meteorologische en hydrologische gebeurtenissen. Versie 2_0. WL Rapporten, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Dewil, P. (2010). Inondations dans le sous-bassin de la Senne 13-15 novembre 2010 [Présentation]. Plateforme Inondations, vendredi 3 décembre 2010, Rebecq. 25 slides

Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.; Vanneuvillie, W.; Viaene, P.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2011). Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010: Beschrijving hydrologische gebeurtenissen. Versie 1_0 WL Rapporten , 706_15 , Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

KMI. (2010). Avis sur le caractère exceptionnel des précipitations tombées sur la Belgique entre le 9 novembre 2010 à 8h et le 14 novembre 2010 à 8h. N.Réf: R/CALAMITES/CT/20100_4_final. Bruxelles, België

International Marine and Dredging Consultants; DHI Water & Environment (2005), Opmaak van hydrologische en hydraulische modellen voor de Boven-Schelde, het kanaal Gent-Terneuzen en het kanaal Gent-Oostende: eindrapport deel II. Statistische frequentie-analyse, Versie 2.0. Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek: Borgerhout. VI, 59 + appendices pp.

International Marine and Dredging Consultants; Belgroma; Soresma; HAECON; Resource Analysis; Technum (2003), Actualisatie van het Sigmaplan. Integrale verkenning Scheldebekken. Integrale verkenning Rupelbekken. Planstudie rivierherstelproject Durme: deelopdracht 3. Hydrologische en hydraulische modellen: volume 1b. Statistiek/ hydrologie Rupelbekken), Versie 2.1. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Zeeschelde: Antwerpen. XVII, 296 + appendices (1 file) pp

Ronsyn, J. (2011), Wateroverlast november 2010 in de provincie Antwerpen: overzicht, evaluatie en aanbevelingen, Versie 3.0. Provincie Antwerpen. Dienst Waterbeleid: Antwerpen. 53 pp

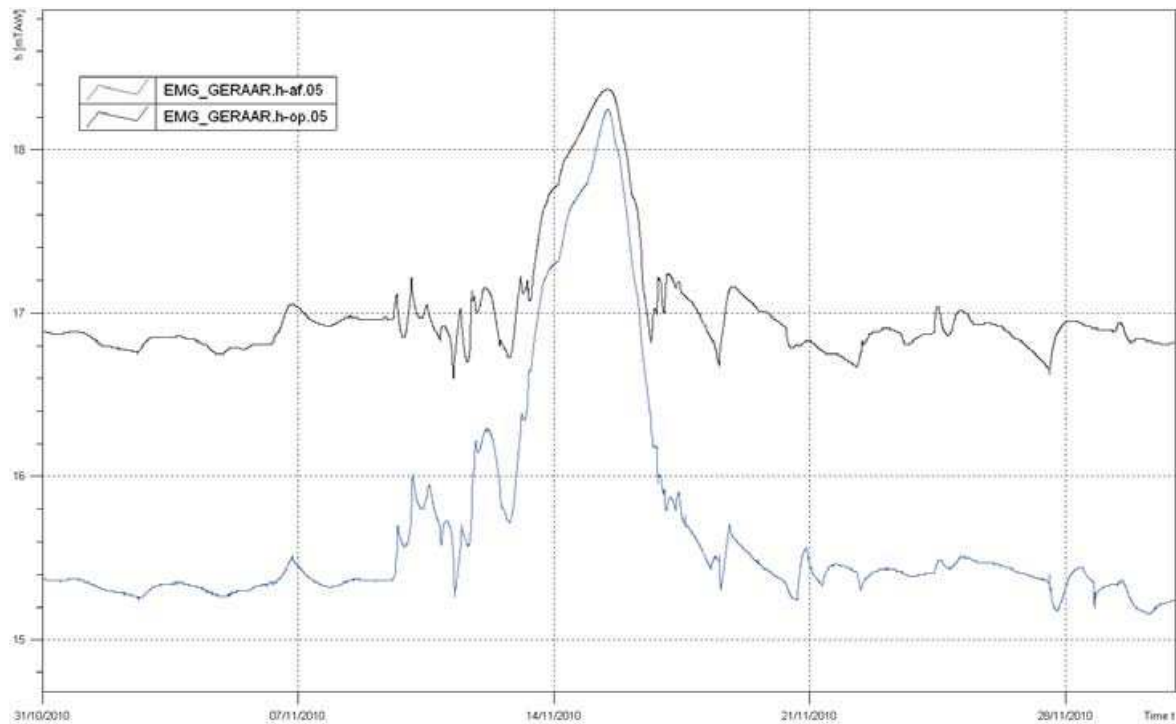
International Marine and Dredging Consultants; DHI Water & Environment; Grontmij Belgroma nv (2007), Opmaak van numerieke hydrologische en hydraulische modellen van het Kanaal naar Charleroi en Zeekanaal Brussel-Schelde: deelrapport 1. Inventarisatie . Versie 2.0. Waterwegen en Zeekanaal[S.I.]. IV, 44 + appendices pp.

Nielsen, S. A.; Hansen, E. (1973). Numerical simulation of rainfall-runoff process on a daily basis. Nordic Hydrology, 4, 171-190.

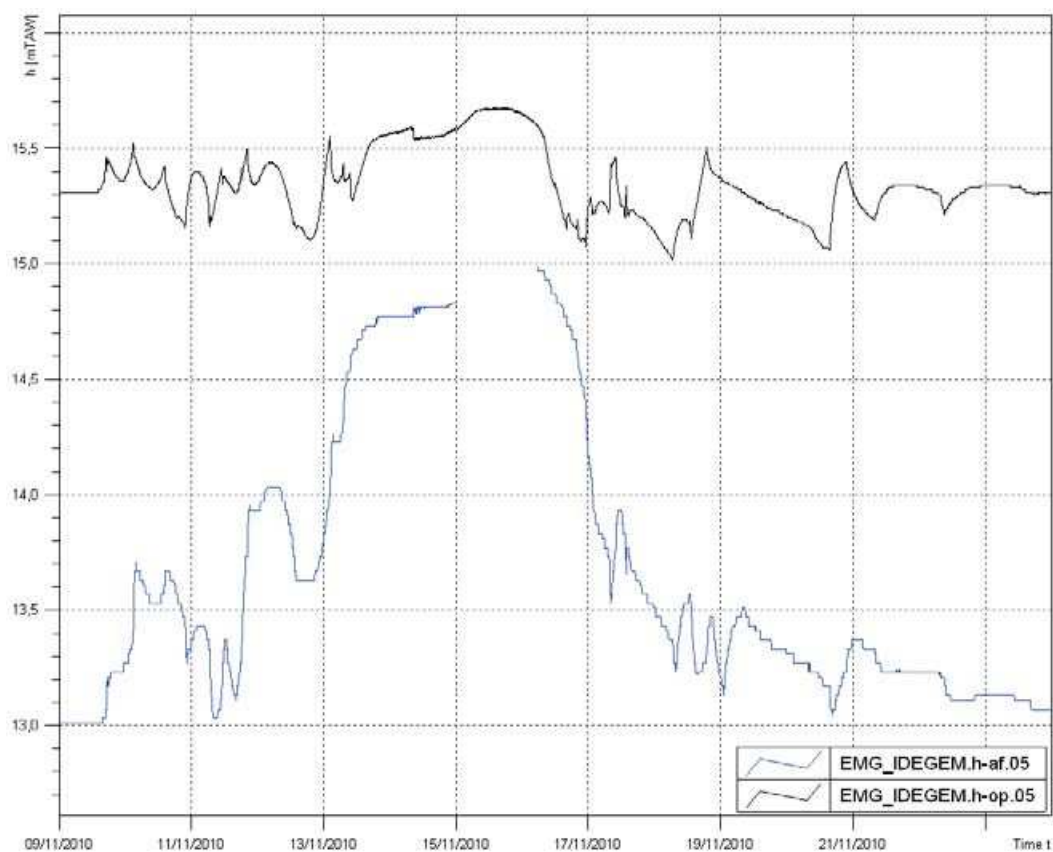
Willems, P. (2007) Waterloopmodellering, Aangepaste versie 2007 van de “Algemene methodologie” voor de Administratie Waterwegen en Zeewezen – Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek. K.U.Leuven, Afdeling Hydraulica, Heverlee, BE.

DHI (2007) Mike 11, a modelling system for rivers and channels, Reference Manual, 278-325, Danish Hydrological Institute, Horsholm, DK

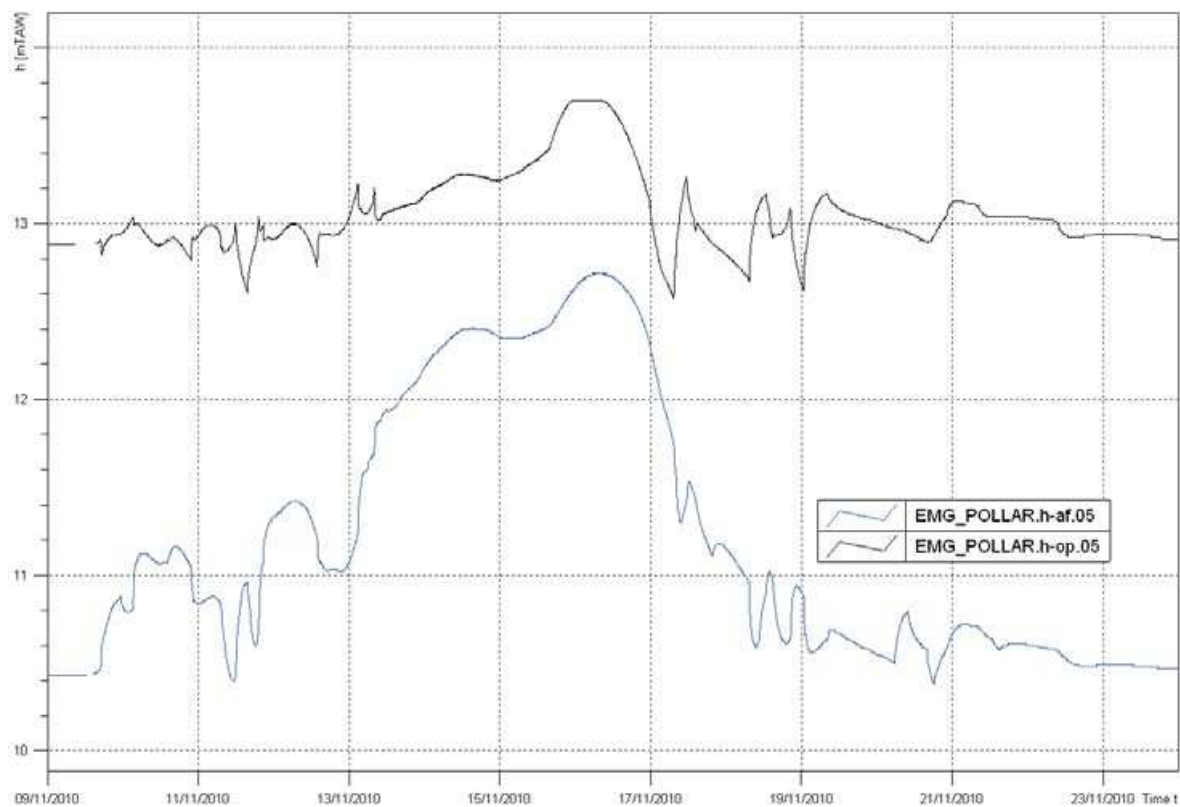
BIJLAGE A: metingen op-en afwaarts stuwen Dender



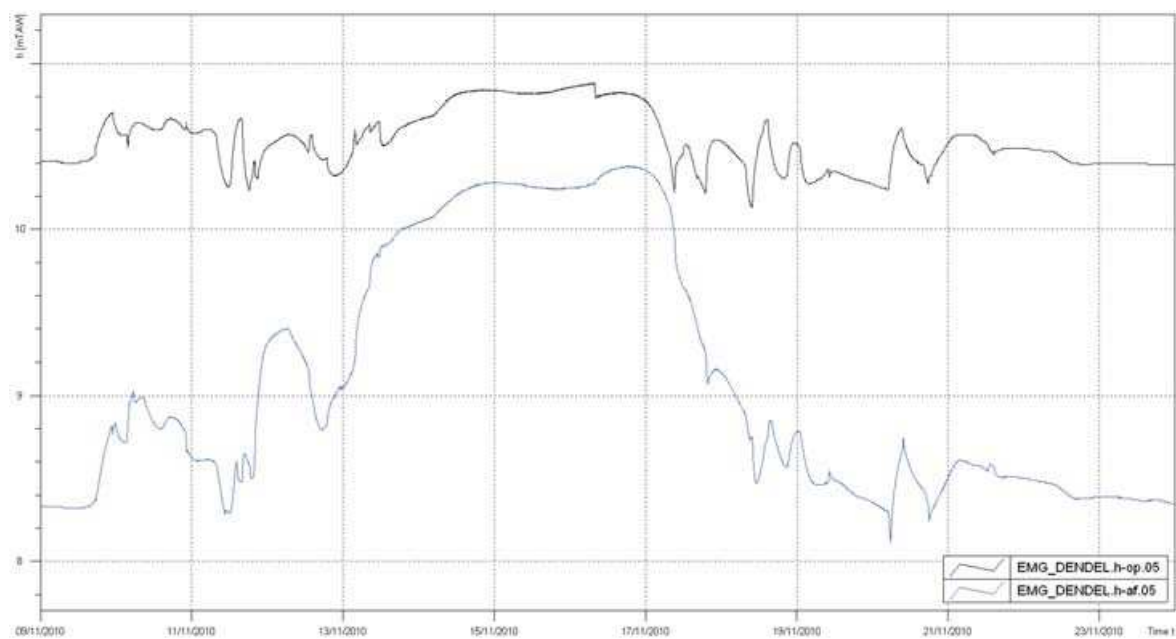
Figuur 92: Waterstanden op-en afwaarts stuw Geraardsbergen: piek werd geschat



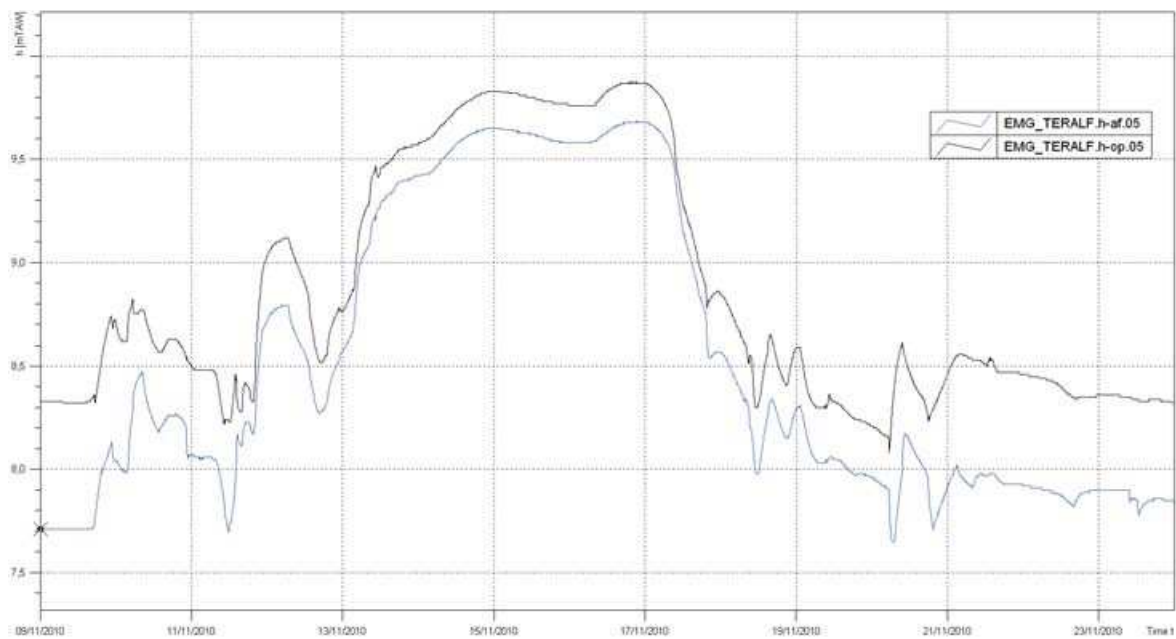
Figuur 93: Waterstanden op-en afwaarts stuw Idegem



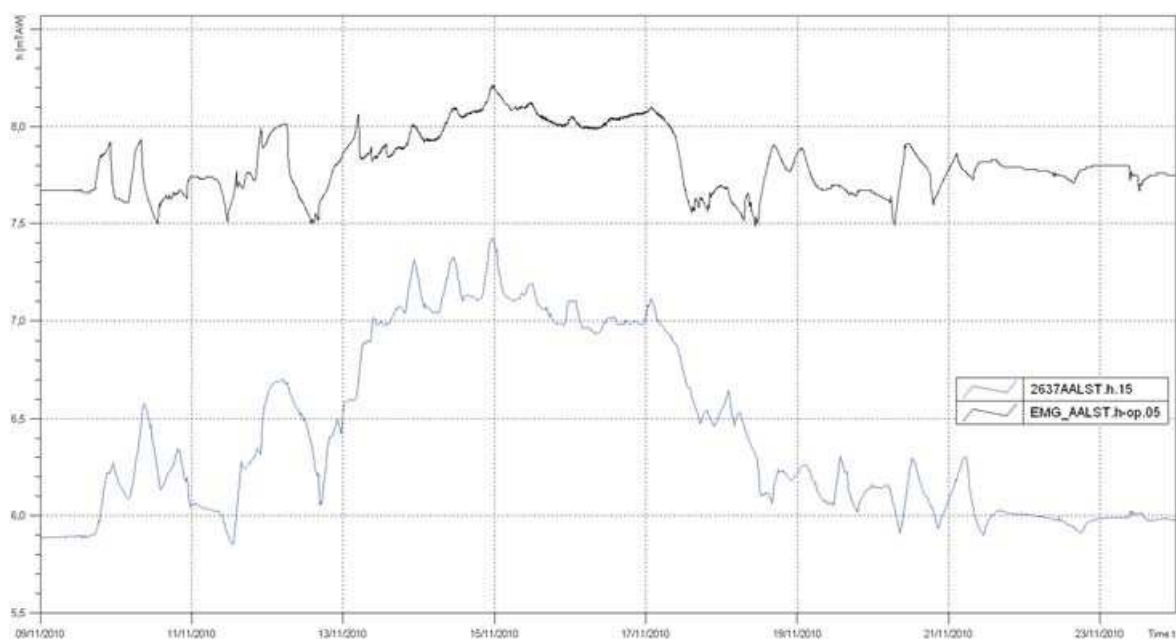
Figuur 94: Waterstanden op-en afwaarts stuw Pollare



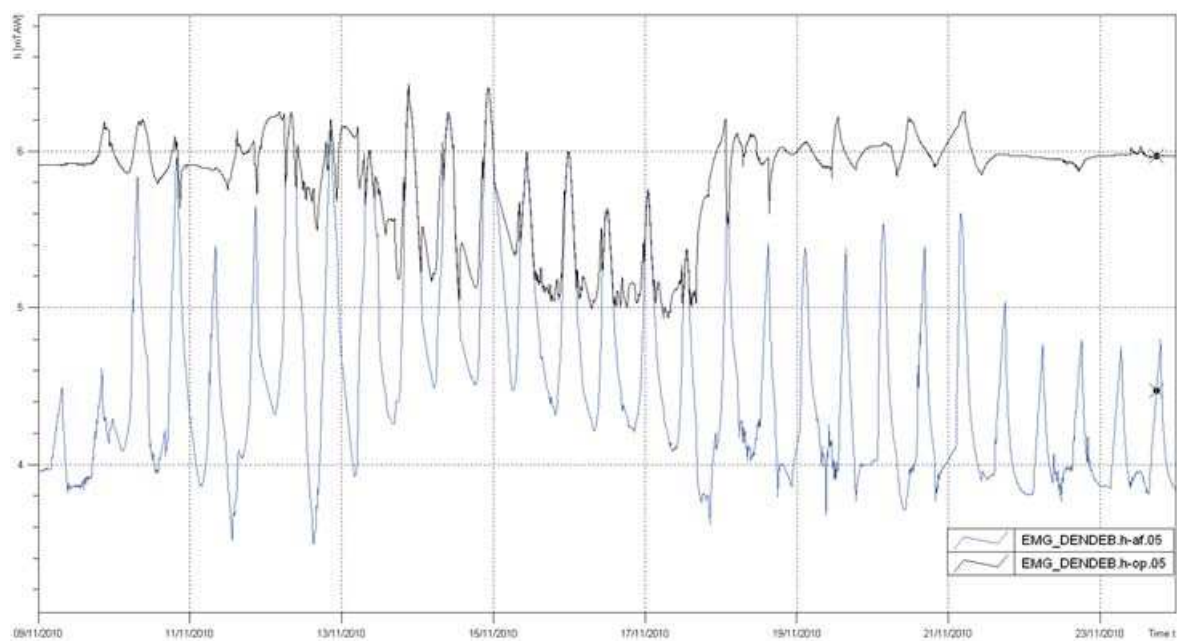
Figuur 95: Waterstanden op-en afwaarts stuw Denderleeuw



Figuur 96: Waterstanden op-en afwaarts stuw Terafene



Figuur 97: Waterstanden op-en afwaarts stuw Aalst



Figuur 98: Waterstanden op-en afwaarts stuw Denderbelle

BIJLAGE B: NEERSLAG PER BEKKEN

Beschikbare pluviografen

Overzicht pluviografen waarvoor HIC over real-time data beschikt. *Schuingedrukte pluviografen werden niet weerhouden in de figuren na de visuele controle.*

Naam	Lambert X	Lambert Y	Bekken	Eigenaar
Koksijde	30270	202583	IJzer	HIC
Lo-Fintele	35302	184289	IJzer	HIC
Nieuwpoort	38013	204044	IJzer	Diren
Saint-Omer	1411	163822	IJzer	MFR
Steenvoorde	23063	169143	IJzer	HIC
Vlamertinge	40303	171535	IJzer	Diren
Balgerhoeke	90357	210983	Brugse Polders	HIC
Brugge	70707	212958	Brugse Polders	HIC
Knokke-Heist Greveningedijk	79037	223836	Brugse Polders	HIC
Knokke-Heist Westkappelestraat	72981	224835	Brugse Polders	HIC
Wingene	77520	197070	Brugse Polders	HIC
Zeebrugge	68311	227035	Brugse Polders	KMI
Gent	101995	195333	Gentse Kanalen	VMM Lucht
Zelzate	110942	207931	Gentse Kanalen	KMI
Blaasveld	150289	195432	Benedenschelde	HIC
Borgerhout	155543	210376	Benedenschelde	HIC
Kapellen	158181	226446	Benedenschelde	VMM Lucht
Melle	111863	185117	Benedenschelde	KMI
Temse	140377	201339	Benedenschelde	HIC
Zelee	127337,13	198352	Benedenschelde	HIC
Aire-sur-la-Lys	11830	150189	Leie	Diren
Beitem	62433	177770	Leie	KMI
Borre	23409	159631	Leie	Diren
Bourthes	-22423	146311	Leie	Diren
Bruay	20414	132243	Leie	Diren
Douliou	29836	153935	Leie	Diren
Fauquembergues	-10787	145739	Leie	Diren
Herbelles	-1567	151577	Leie	Diren
Humières	-2781	121895	Leie	MFR
Kachtem	66740	180670	Leie	HIC
Komen	52821	162069	Leie	KMI
Lillers	16605	141486	Leie	MFR
Ourton	15681	128982	Leie	Diren
Radinghem	-10651	138569	Leie	MFR
Sint-Baafs-Vijve	82981	178614	Leie	HIC
Zwevegem	79838	164143	Leie	KMI

Zwevegem	77864	168631	Leie	HIC
Arras	42918	107292	Boven-Schelde	MFR
Dergneau	94190	156345	Boven-Schelde	SETHY
Elst	105585	167069	Boven-Schelde	HIC
Kain	79541	146851	Boven-Schelde	KMI
Ronse	92485	159041	Boven-Schelde	HIC
Saint-Hilaire-sur-Helpe	117741	91664	Boven-Schelde	MFR
Valenciennes	84630	112299	Boven-Schelde	MFR
Denderleeuw	129468	173754	Dender	HIC
Enghien	124958	153851	Dender	SETHY
Avant-Port	151122	174738	Dijle/Zenne	SBGE
Bonheiden	160364	190774	Dijle/Zenne	VMM
Boortmeerbeek	164730	186769	Dijle/Zenne	HIC
Bousval	159661	144727	Dijle/Zenne	SETHY
Broekbeek	143826	169735	Dijle/Zenne	SBGE
Centre de Bruxelles	150736	169954	Dijle/Zenne	SBGE
Dépôt de trams	154434	169289	Dijle/Zenne	SBGE
Dépôts Communal	152068	166840	Dijle/Zenne	SBGE
Ecluse d'Anderlecht	145296	167620	Dijle/Zenne	SBGE
Ganshoren	145274	174254	Dijle/Zenne	SBGE
<i>Hippocrate</i>	<i>155445</i>	<i>171681</i>	<i>Dijle/Zenne</i>	<i>SBGE</i>
Hoeilaart-Groenendaal	154960	162020	Dijle/Zenne	HIC
Kinsendaal	148611	163976	Dijle/Zenne	SBGE
Lot	142999	161783	Dijle/Zenne	HIC
<i>Maison Forestière Palinck</i>	<i>151179</i>	<i>162225</i>	<i>Dijle/Zenne</i>	<i>SBGE</i>
<i>Maison Forestière Voets</i>	<i>155785</i>	<i>166185</i>	<i>Dijle/Zenne</i>	<i>SBGE</i>
Nord	153041	177397	Dijle/Zenne	SBGE
Pluie Roodebeek	154054	170801	Dijle/Zenne	SBGE
Semence	144585	171415	Dijle/Zenne	SBGE
Seneffe	144130	133202	Dijle/Zenne	SETHY
Ukkel	149170	165223	Dijle/Zenne	KMI
<i>Ukkel</i>	<i>149377</i>	<i>165077</i>	<i>Dijle/Zenne</i>	<i>KMI</i>
Aarschot	183832	185863	Demer	HIC
Diepenbeek	226166	178859	Demer	KMI
Genk	230537	180244	Demer	HIC
Lummen	205866	184545	Demer	VMM AOW
Perwez	180964	145741	Demer	SETHY
Tielt-Winge	186469	181496	Demer	VMM Lucht
Tienen	188451	164519	Demer	HIC
Zoutleeuw	202111	170319	Demer	HIC
Herentals	183363	205910	Nete	VMM AOW
Lommel	212408	215000	Nete	HIC
Retie	198974	218699	Nete	VMM Lucht
Retie	196134	212533	Nete	KMI
Balmoral	258126	134269	Maas	SETHY

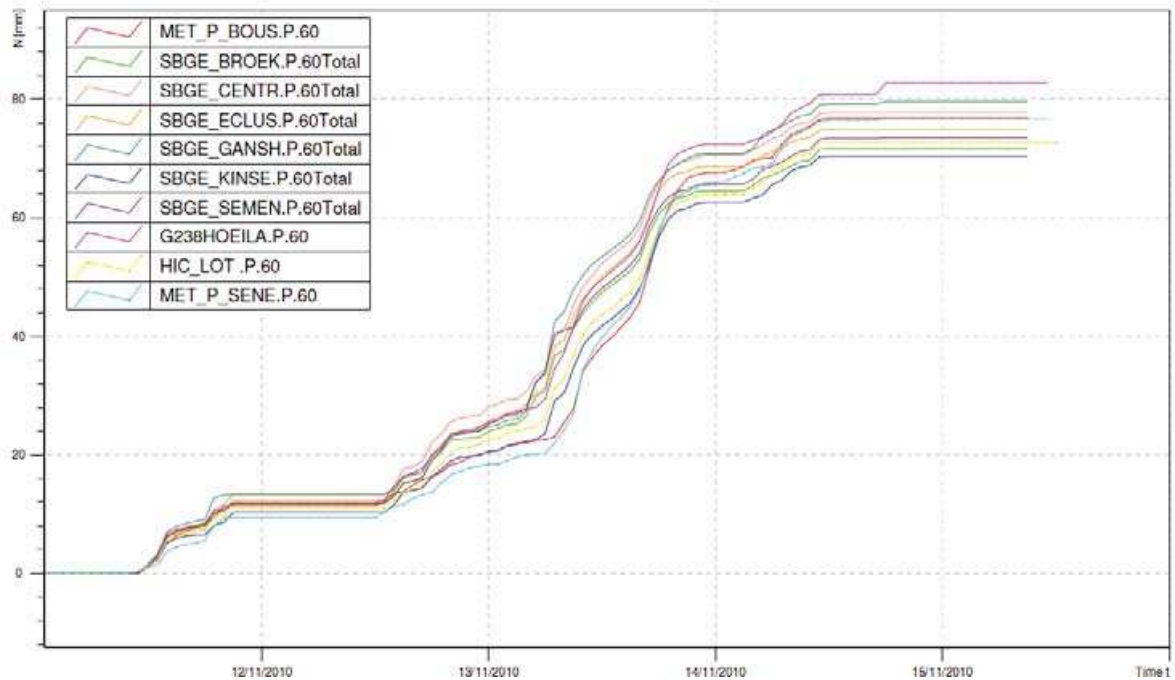
Battice	253200	149235	Maas	SETHY
Buzenol	238183	34949	Maas	KMI
Daverdisse	203632	78744	Maas	SETHY
Dilsen-Rotem	247992	193369	Maas	HIC
Dourbes	166282	87083	Maas	KMI
Ernage	172864	141211	Maas	KMI
Humain	213458	98067	Maas	KMI
Kanne	241800	167420	Maas	HIC
Maasmechelen	237024	183722	Maas	VMM Lucht
Marche	219630	104736	Maas	SETHY
Ortho	238496	92057	Maas	SETHY
Robertville	273556	128170	Maas	SETHY
Solre-sur-Sambre Bar-Ecluse	134411	110966	Maas	SETHY
Waremmes	213047	155319	Maas	SETHY

Denderbekken



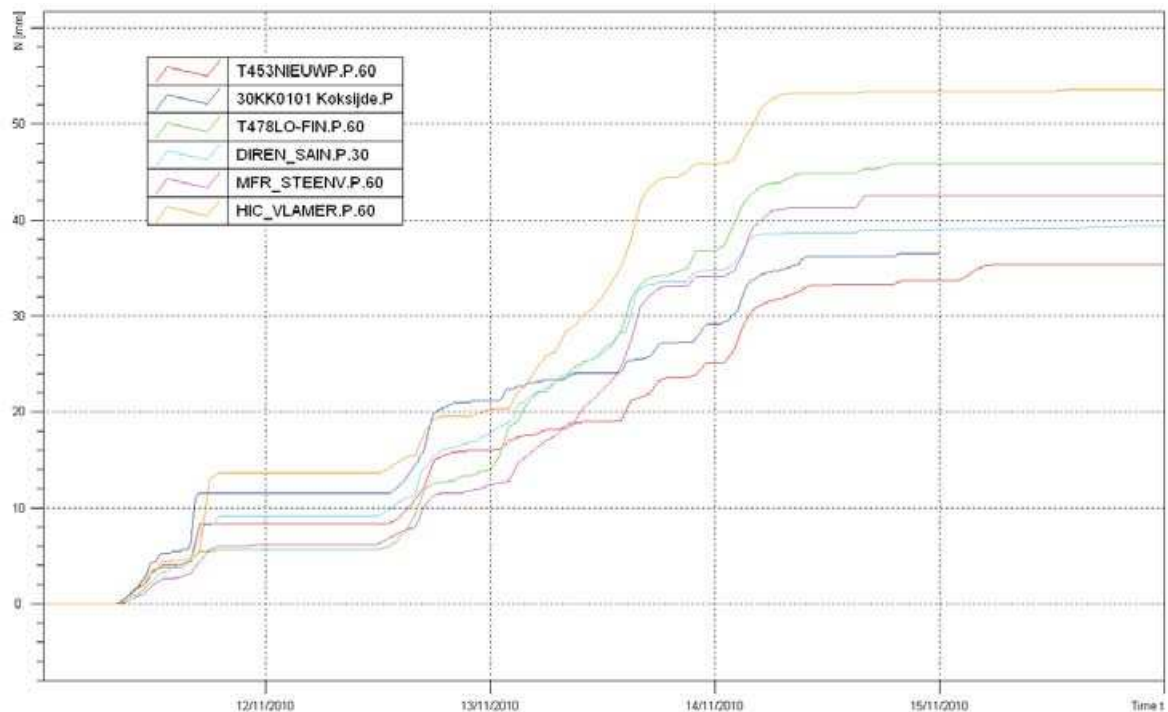
Figuur 99: Cumulatieve neerslag pluviografen in het Denderbekken

Zennebekken



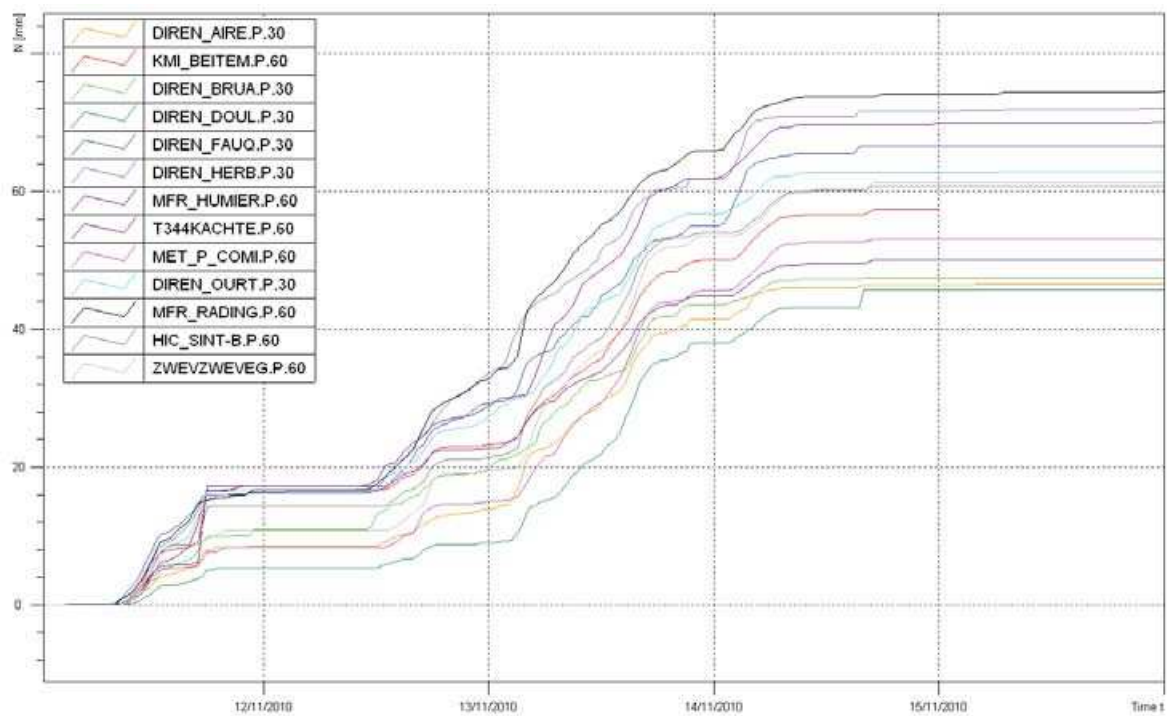
Figuur 100: Cumulatieve neerslag voor pluviografen in het Zennebekken en Brussel

IJzerbekken



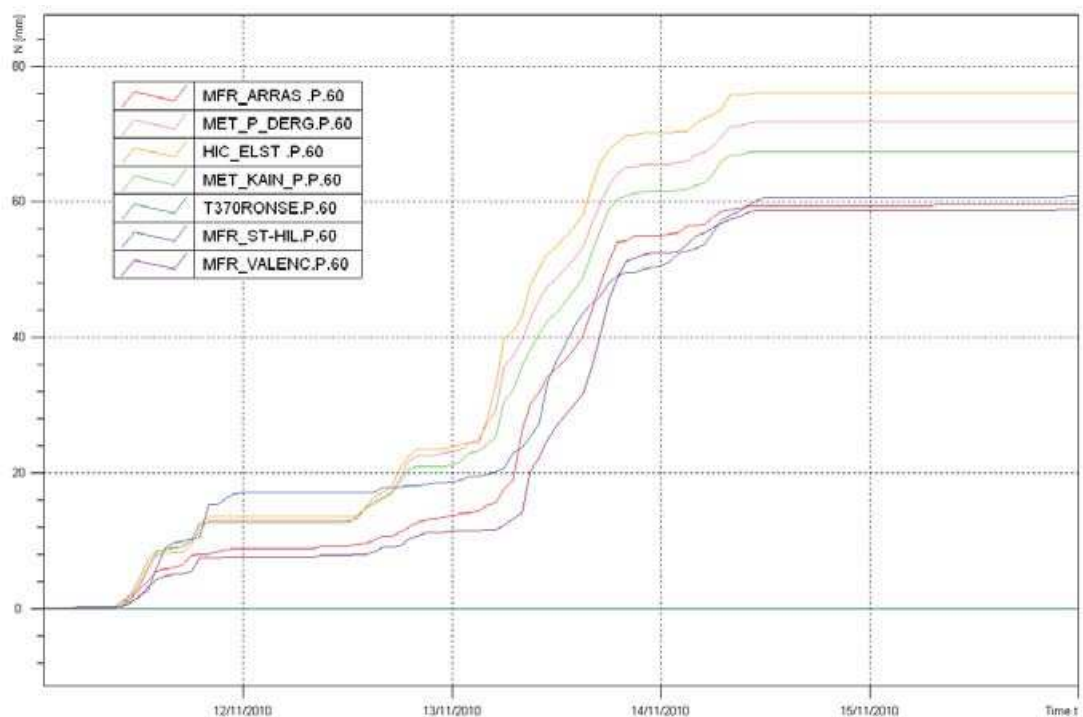
Figuur 101: Cumulatieve neerslag pluviografen IJzerbekken

Leiebekken



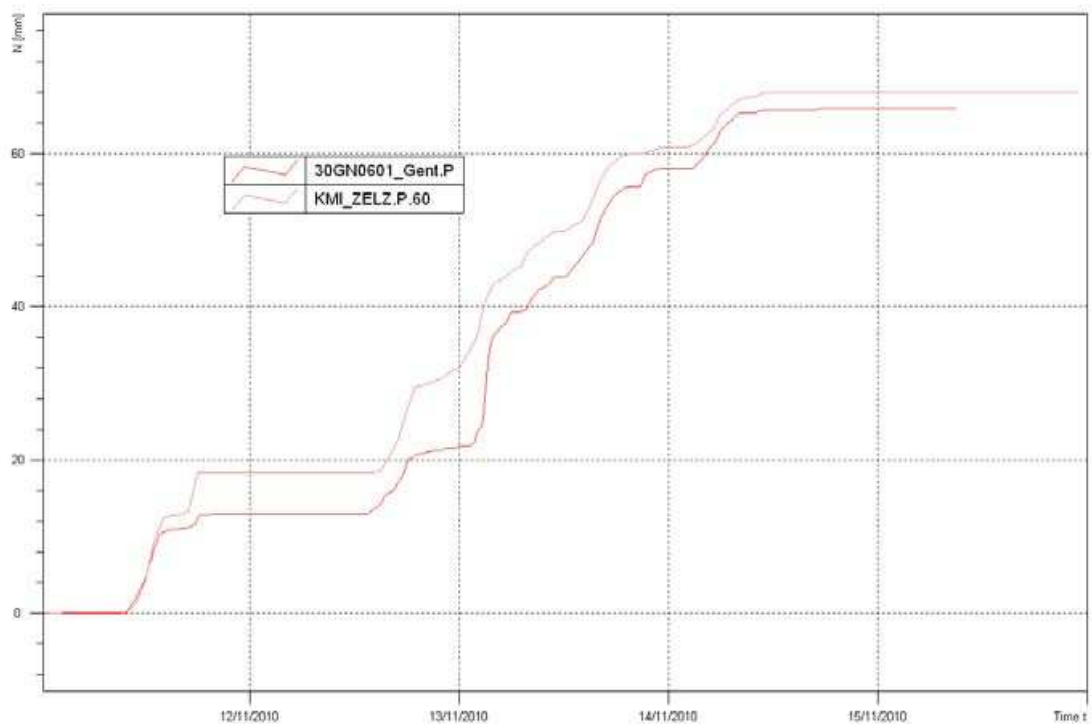
Figuur 102: Cumulatieve neerslag pluviografen Leiebekken

Boven-Scheldebekken



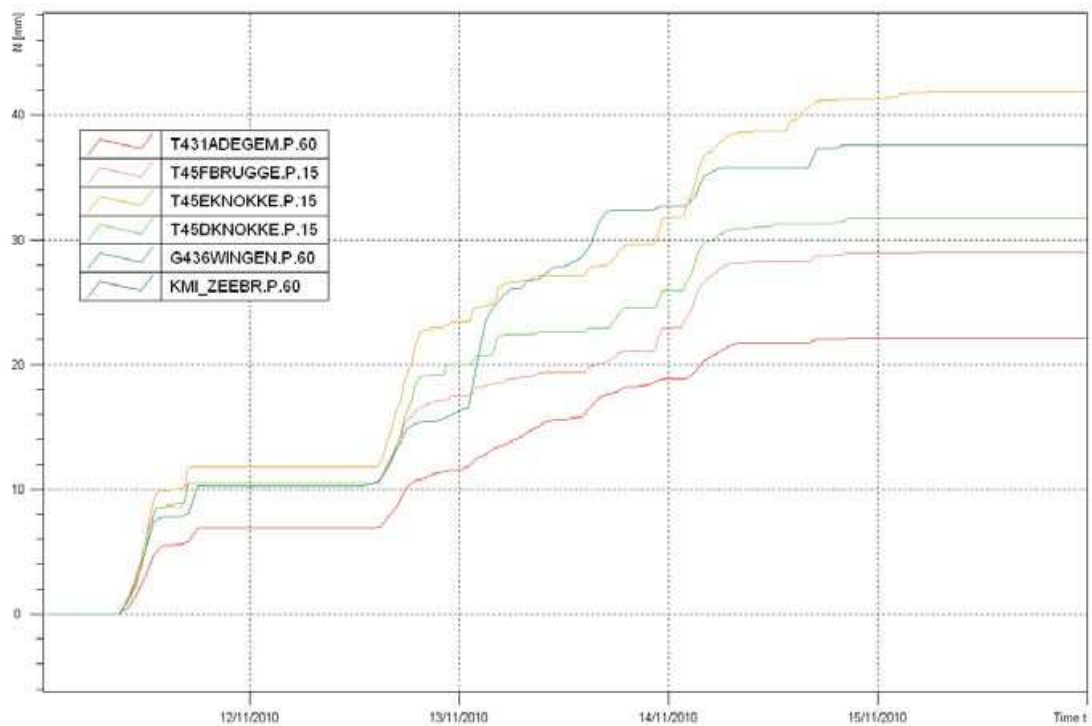
Figuur 103: Cumulatieve neerslag pluviografen Boven-Scheldebekken

Bekken van de Gentse Kanalen



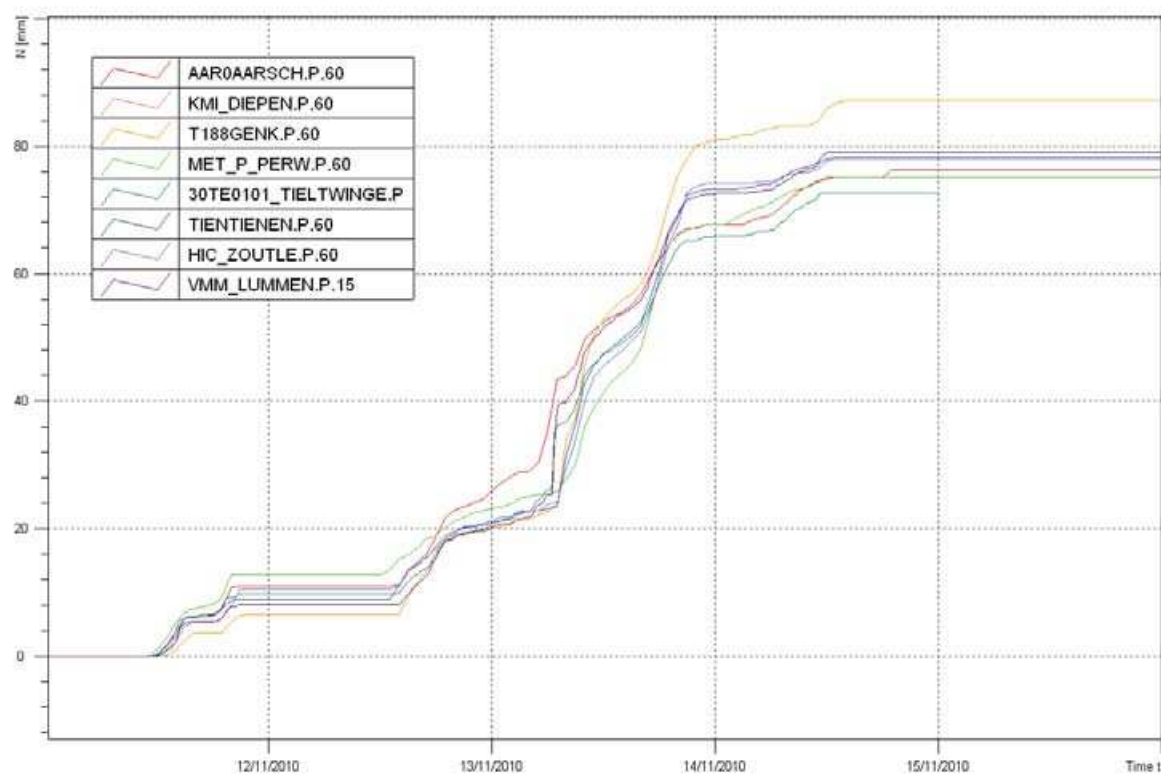
Figuur 104: Cumulatieve neerslag pluviografen Gentse Kanalen

Bekken van de Brugse Polders



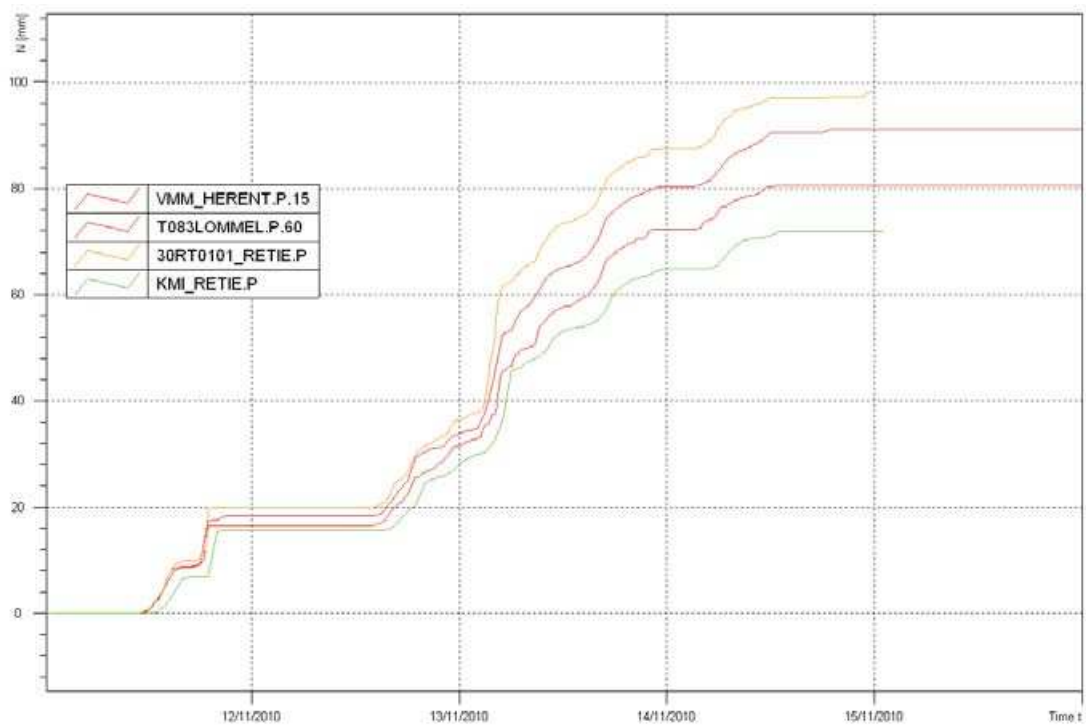
Figuur 105: Cumulatieve neerslag pluviografen Bekken van de Brugse Polders

Demerbekken



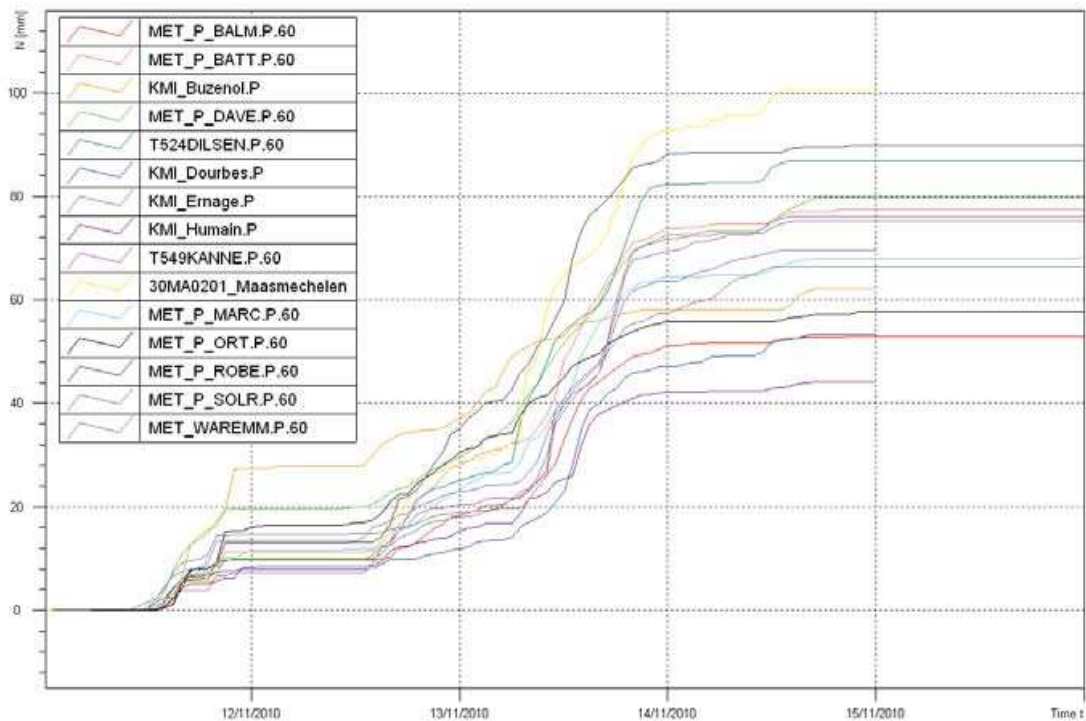
Figuur 106: Cumulatieve neerslag pluviografen Demerbekken

Netebekken



Figuur 107: Cumulatieve neerslag pluviografen Netebekken

Maasbekken



Figuur 108: Cumulatieve neerslag pluviografen Maasbekken



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be