



Vlaanderen
is wetenschap

19_083_1
WL rapporten

Barbierbeek

Deelrapport 1 – Scenarioberekeningen

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Barbierbeek

Deelrapport 1 – Scenarioberekeningen

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

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2021
D/2021/3241/028

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Vanderkimpfen, P.; Mostaert, F. (2021). Barbierbeek: Deelrapport 1 – Scenarioberekeningen. Versie 3.0. WL Rapporten, 19_083_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Provincie Oost-Vlaanderen, dienst Integraal Waterbeleid	Ref.:	WL2021R19_083_1
Keywords (3-5):	Barbierbeek, overstroming, scenario		
Kennisdomeinen:	Waterbeheer > Hydraulica > Hydrodynamische modellen > Numerieke modelleringen		
Tekst (p.):	100	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

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

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vanderkimpfen, P.	Getekend door: Paul Vanderkimpfen (Sign) Getekend op: 2021-02-25 11:31:53 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Paul Vanderkimpfen</i>
Projectleider:	Coen, L.	Getekend door: Leen Coen (Signature) Getekend op: 2021-03-01 13:55:37 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Leen Coen</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2021-02-25 09:46:57 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

Tijdens de wasperiode van mei 2016 is lokaal wateroverlast opgetreden langs de Barbierbeek. De provincie Oost-Vlaanderen vraagt advies aan het WL bij de aanpak van de overstromingsproblematiek rondom de Barbierbeek in de Luirikstraat, Heirstraat en Oude Kerkstraat te Bazel.

Er werden scenarioberekeningen uitgevoerd met het 1D-numeriek model van de Barbierbeek, de Wase cuesta en het GOG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (KBR), met als doel de oorsprong van de wateroverlast te achterhalen, evenals enkele mogelijke oplossingen te evalueren.

De doorgerekende ingrepen tonen aan dat het aanpassen van zowel de geometrie van de bedding, als de geometrie van de duikers een positief effect kunnen hebben op de maximum waterpeilen in het studiegebied. Zowel het ruimen van de bedding van de Barbierbeek, als het ruimen van de duikers van de Barbierbeek kunnen als sterke aanbeveling uit deze studie opgenomen worden.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
1.1 Opdracht.....	1
1.2 Inhoud van het rapport	2
2 Gegevens	3
2.1 Meteorologie	3
2.2 Hydrologie	5
2.3 Opmetingen.....	5
3 Modellen.....	6
3.1 Software	6
3.2 Geografische referentie en tijdszone	6
3.3 Versiebeheer	6
3.4 Hydrologische modellen.....	7
3.4.1 Basismodel Barbierbeek	7
3.4.2 Basismodel cuesta	8
3.4.3 Randvoorwaarden	12
3.4.4 Simulatieperiode	12
3.4.5 Modelaanpassingen.....	12
3.5 Hydraulisch model.....	16
3.5.1 Basismodel.....	16
3.5.2 Randvoorwaarden	17
3.5.3 Modelaanpassingen.....	17
3.6 Validatie.....	19
3.6.1 Waterpeil en debiet Barbierbeek te Bazel	19
3.6.2 Overstromingskaart mei 2016	19
3.6.3 Conclusie.....	19
4 Scenarioberekeningen.....	23
4.1 Scenario's.....	23

4.2	Output	24
4.3	Referentie - Toestand 2019.....	25
4.4	Scenario 1	32
4.5	Scenario 2	40
4.6	Scenario 3	47
4.7	Scenario 4	55
4.8	Scenario 5	62
4.9	Scenario 6	69
4.10	Scenario 7(bis)	76
4.11	Scenario 8	87
5	Conclusies	99
6	Referenties	100

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Meteorologische meetreeksen	4
Tabel 2 – Hydrologische meetreeksen	5
Tabel 3 – Parameters NAM model Barbierbeek.....	7
Tabel 4 – Eigenschappen deelstroomgebieden noordelijke en zuidelijke cuestarand	8
Tabel 5 – Eigenschappen verstedelijkte gebieden cuestarand	10
Tabel 6 – Constante waarden modelparameters urban modellen	10
Tabel 7 – Eigenschappen verstedelijkte gebieden opwaarts gedeelte Barbierbeek.....	14
Tabel 8 – Eigenschappen deelstroomgebieden Barbierbeek.....	15
Tabel 9 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – referentie - mei 2016, T50 en T100.....	27
Tabel 10 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 1 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	34
Tabel 11 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 2 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	41
Tabel 12 – Oppervlakte secties aangepaste duikers in scenario 3.....	48
Tabel 13 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 3 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	49
Tabel 14 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 4 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	56
Tabel 15 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 5 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	63
Tabel 16 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 6 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	70
Tabel 17 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 7 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	78
Tabel 18 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 7 bis vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	79
Tabel 19 – Oppervlakte secties aangepaste duikers in scenario 8.....	88
Tabel 20 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 8 vs referentie - mei 2016, T50 en T100.....	92

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Situering studiegebied	1
Figuur 2 – Maximale neerslag tijdens event eind mei-begin juni 2016 met accumulatieperiode van 12u	3
Figuur 3 – Afbakening deelstroomgebieden noordelijke cuestarand	9
Figuur 4 – Afbakening deelstroomgebieden zuidelijke cuestarand	9
Figuur 5 – Ligging collectoren en overstorten langs cuestarand.....	11
Figuur 6 – Locaties overstorten en lozingspunten gemengde stelsels opwaarts gedeelte Barbierbeek	13
Figuur 7 – Deelstroomgebieden Barbierbeek	15
Figuur 8 – Overzicht 1D-numeriek model Barbierbeek, Wase Cuesta en GOG KBR	16
Figuur 9 – Overzicht aangepast 1D-numeriek model Barbierbeek, Wase Cuesta en GOG KBR.....	18
Figuur 10 – Gemeten (rood) en gemodelleerde (zwart) waterpeilen Barbierbeek te Bazel – mei 2016.....	20
Figuur 11 – Berekende (rood) en gemodelleerde (zwart) debieten Barbierbeek te Bazel – mei 2016	20
Figuur 12 – Overstromingskaart Barbierbeek – mei 2016	21
Figuur 13 - Overstromingskaart Barbierbeek – mei 2016 – detail studiegebied	22
Figuur 14 – Overzicht outputlocaties maximum waterpeilen Barbierbeek en overstromingsgebieden	24
Figuur 15 – Situering nieuwe opmetingen bedding Barbierbeek – maart 2019	26
Figuur 16 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen mei 2016 – toestand mei 2016 vs toestand 2019.....	28
Figuur 17 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen referentie – mei 2016, T50 en T100 - studiegebied	28
Figuur 18 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen referentie – mei 2016, T50 en T100.....	29
Figuur 19 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentiescenario – mei 2016, T50 en T100.....	30
Figuur 20 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentiescenario – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	31
Figuur 21 – Situering verbreding bedding Barbierbeek in scenario 1	32
Figuur 22 – Voorbeeld aanpassing dwarsdoorsnede Barbierbeek in scenario 1	33
Figuur 23 – Verloop waterpeil Barbierbeek ter hoogte van verbreding scenario 1.....	33
Figuur 24 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – mei 2016.....	35
Figuur 25 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – T50.....	36
Figuur 26 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – T100.....	37
Figuur 27 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 1 – mei 2016, T50 en T100.....	38
Figuur 28 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 1 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	39
Figuur 29 – Situering oeververhoging Barbierbeek in scenario 2	40
Figuur 30 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – mei 2016.....	42

Figuur 31 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – T50.....	43
Figuur 32 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – T100.....	44
Figuur 33 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 2 – mei 2016, T50 en T100.....	45
Figuur 34 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 2 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	46
Figuur 35 – Situering duikers Barbierbeek onder Heirstraat met aangepaste geometrie in scenario 3.....	47
Figuur 36 – Duikers Barbierbeek onder Heirstraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 3	48
Figuur 37 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – mei 2016.....	50
Figuur 38 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – T50.....	51
Figuur 39 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – T100.....	52
Figuur 40 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 3 – mei 2016, T50 en T100.....	53
Figuur 41 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 3 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	54
Figuur 42 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – mei 2016	57
Figuur 43 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – T50....	58
Figuur 44 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – T100..	59
Figuur 45 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 4 – mei 2016, T50 en T100.....	60
Figuur 46 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 4 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	61
Figuur 47 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – mei 2016	64
Figuur 48 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – T50...	65
Figuur 49 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – T100.	66
Figuur 50 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 5 – mei 2016, T50 en T100.....	67
Figuur 51 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 5 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	68
Figuur 52 – Situering ingedijkt overstromingsgebied langs de Barbierbeek in scenario 6	69
Figuur 53 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – mei 2016.....	71
Figuur 54 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – T50.....	72
Figuur 55 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – T100.....	73
Figuur 56 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 6 – mei 2016, T50 en T100.....	74
Figuur 57 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 6 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	75
Figuur 58 - Situering duiker Barbierbeek onder E17 met aangepaste geometrie in scenario 7	77
Figuur 59 - Duiker Barbierbeek onder E17 – originele en aangepaste geometrie in scenario 7.....	77
Figuur 60 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – mei 2016	80

Figuur 61 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – T50.....	81
Figuur 62 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – T100.....	82
Figuur 63 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7 – mei 2016, T50 en T100.....	83
Figuur 64 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	84
Figuur 65 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7bis – mei 2016, T50 en T100	85
Figuur 66 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7bis – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	86
Figuur 67 – Situering locaties scenario 8.....	87
Figuur 68 – Duiker Barbierbeek onder Luiseekstraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 8	89
Figuur 69 - Duiker Barbierbeek onder Haagdam – originele en aangepaste geometrie in scenario 8	89
Figuur 70 – Duikers Barbierbeek onder Heirstraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 8	90
Figuur 71 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – mei 2016.....	93
Figuur 72 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – T50.....	94
Figuur 73 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – T100.....	95
Figuur 74 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 8 – mei 2016, T50 en T100.....	96
Figuur 75 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 8 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied	97
Figuur 76 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentie en scenario 8 – mei 2016, T50 en T100 – detail Luiseekstraat-Luirikstraat	98

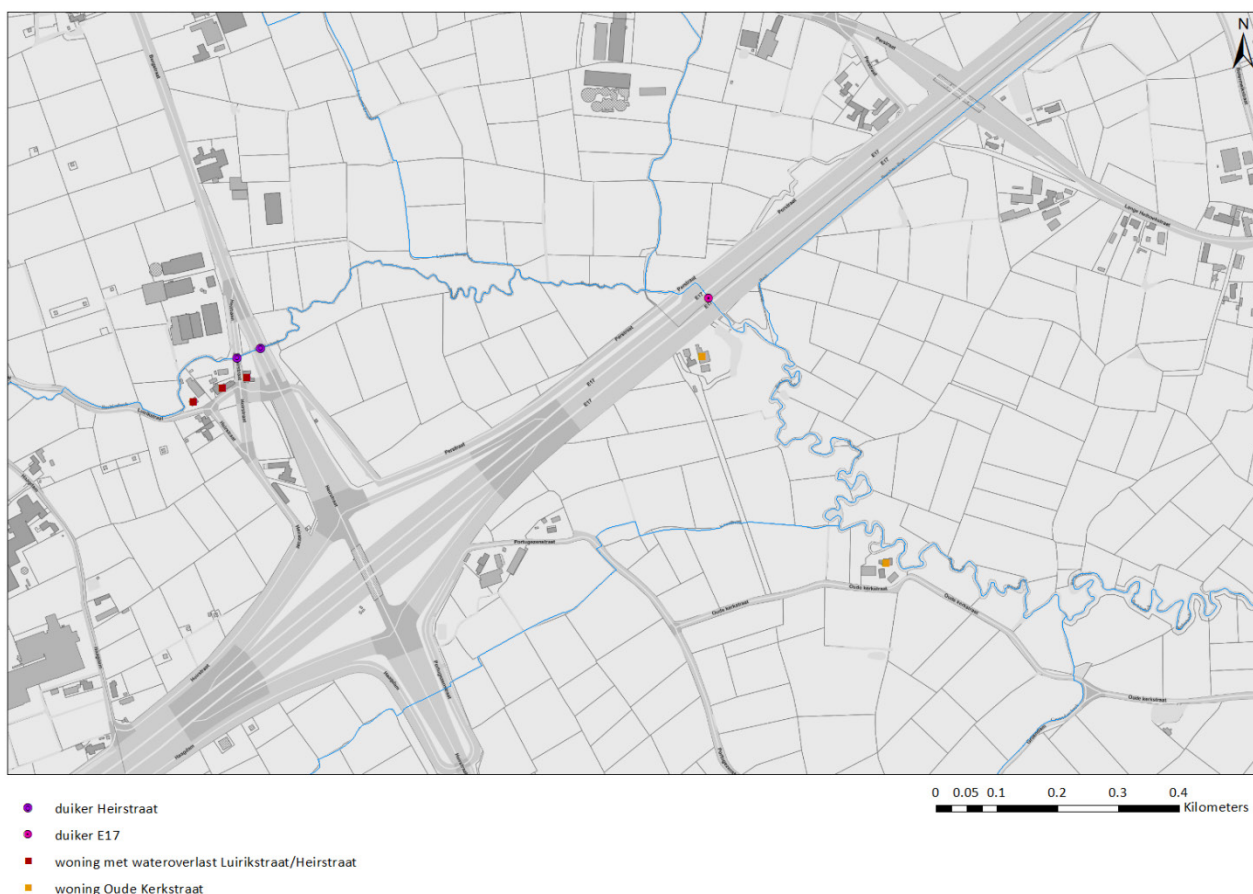
1 Inleiding

1.1 Opdracht

Tijdens de wasperiode van mei 2016 is lokaal wateroverlast opgetreden langs de Barbierbeek. Figuur 1 toont het studiegebied, met aanduiding van de woningen langs de Luirikstraat en Heirstraat te Bazel die wateroverlast kenden. De bewoners van de woningen langs de Oude Kerkstraat merken op dat het waterpeil bij wateroverlast blijft stijgen. De woningen zelf worden echter niet getroffen.

De provincie Oost-Vlaanderen vraagt advies aan het WL bij de aanpak van de overstromingsproblematiek rondom de Barbierbeek in de Luirikstraat, Heirstraat en Oude Kerkstraat te Bazel, dit onder meer tijdens de was van mei 2016. Hiervoor zullen scenarioberekeningen uitgevoerd worden met het 1D-numeriek model van de Barbierbeek, de Wase cuesta en het GOG Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (KBR), met als doel de oorsprong van de wateroverlast te achterhalen, evenals enkele mogelijke oplossingen te evalueren.

Figuur 1 – Situering studiegebied



1.2 Inhoud van het rapport

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de beschikbare gegevens die gebruikt worden bij deze studie.

In hoofdstuk 3 wordt het hydrologisch en hydrodynamisch model van KBR, waarin ook de Barbierbeek opgenomen is, beschreven.

Hoofdstuk 4 beschrijft de scenarioberekeningen en de bijhorende resultaten.

Hoofdstuk 5 besluit met de conclusies.

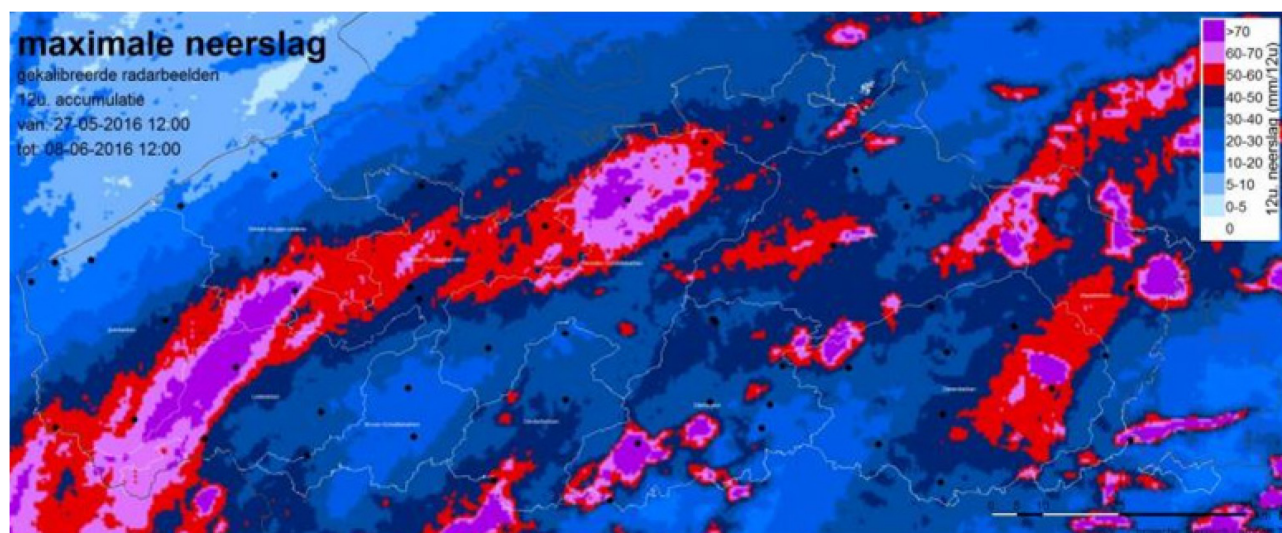
2 Gegevens

2.1 Meteorologie

De meteorologische gegevens omvatten neerslag en evapotranspiratie. De neerslaggegevens zijn afkomstig van het KMI of de VMM. De gegevens van de evapotranspiratie zijn eveneens afkomstig van VMM.

De gemeten neerslag tijdens het event in mei 2016 over een accumulatieperiode van 12u heeft een terugkeerperiode van ongeveer 40 jaar. Zoals te zien op onderstaande kaart is de maximale neerslag ter hoogte van het studiegebied hoger ten opzichte van deze aan de Schelde. Op de 12 bemeten jaren aan de pluviograaf in Melsele is de T5-neerslag echter al 11 keer overschreden. Dit wijst op een vertekende neerslagstatistiek (info: VMM).

Figuur 2 – Maximale neerslag tijdens event eind mei-begin juni 2016 met accumulatieperiode van 12u



Tabel 1 – Meteorologische meetreeksen

Meetpost	Bron	Variabele	Frequentie	Begin	Einde
Melsele	VMM	PE	Dag	2012	2018
Liedekerke	VMM	PE	Dag	2012	2018
Boekhoute	VMM	PE	Dag	2012	2018
Herentals	VMM	PE	Dag	2012	2018
Nieuwkerken	KMI	N	Dag	2012	2018
Melle	KMI	N	Uur	2012	2018
Sint-Katelijne-Waver	KMI	N	Uur	2012	2018
Ukkel	KMI	N	Uur	2012	2018
Zelzate	KMI	N	Uur	2012	2018
Melsele	VMM	N	Kwartier	2016	2016
Stekene	VMM	N	Kwartier	2016	2016
Wilrijk	VMM	N	Kwartier	2016	2016

2.2 Hydrologie

De hydrologische gegevens omvatten waterstanden en debieten. De gegevens zijn afkomstig van VMM of van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) en zijn beschikbaar via www.waterinfo.be

Tabel 2 – Hydrologische meetreeksen

Meetpost	Waterloop	Locatie	Bron	Variabele	Frequentie	Begin	Eind
L04_008	Barbierbeek	Bazel	VMM	H, Q	Kwartierlijks	2012	2018
zes28a-1066	Zeeschelde	Hemiksem	HIC	H	10-minuutlijkse	2012	2018

De meetpost te Bazel staat ter hoogte van een boerderij in de Hondenstraat, een 3-tal kilometer stroomafwaarts van de Luijikstraat en de Heirstraat. Tussenin ligt de E17, waar de Barbierbeek in kokers onder door gaat. Op 31 mei 2016 werd een peil van 6,08 mTAW bereikt. Dit is het 12^e hoogste event van de voorbije gemeten 22 jaar en kan dus ongeveer overeenkomen met een 2-jarlijks hoogwater (info: VMM).

2.3 Opmetingen

In 2001 werd een topografische opmeting uitgevoerd van de Barbierbeek op het grondgebied van Sint-Niklaas, Temse, Beveren en Kruibeke. Zowel dwarsprofielen als lengteprofielen werden opgemeten, evenals de aanwezige kunstwerken. Deze opmetingen zijn gebruikt bij de opmaak van het eerste model van de Barbierbeek.

Ter hoogte van het studiegebied werden in maart 2019 nieuwe opmetingen uitgevoerd van een tiental dwarsdoorsneden van de Barbierbeek.

3 Modellen

3.1 Software

De software gebruikt voor de 1D-hydrodynamische berekeningen is Mike11, versie 2017 SP2 (DHI, 2017).

Voor de verwerking van de gegevens in GIS wordt gebruik gemaakt van ArcMAP 10.4.1 (ESRI, 2015).

3.2 Geografische referentie en tijdszone

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

De gebruikte tijdsreferentie is GMT+1 (winteruur).

3.3 Versiebeheer

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

https://wls.subversion.vlaanderen.be/svn/repoSpNumMod/MIKE11/Barbierbeek/Barbierbeek/Barbierbeek20210114_19_083 revisie 4685

3.4 Hydrologische modellen

3.4.1 Basismodel Barbierbeek

Het hydrologisch model van de Barbierbeek werd opgebouwd bij de eerste studie van de Barbierbeek door het WL (Van Eerdenbrugh *et al.*, 2002), als een gebiedsgemiddeld conceptueel model (NAM). Dit model werd in het kader van de studie van de Kapelbeek (Bogman *et al.*, 2014) geherkalibreerd. Het hydrologisch model werd afgeijkt op basis van de debietmeetreeks voor Bazel. Op deze locatie, maar ook verder opwaarts treden soms overstromingen op. Een hydrologisch model kan dergelijke overstromingen niet goed in rekening brengen. Dit kan leiden tot overschatting van de hoogste afvoeren.

Met dit gekalibreerd model werd verder gewerkt tijdens deze studie. Tabel 3 geeft een overzicht van de toegepaste parameterwaarden.

Tabel 3 – Parameters NAM model Barbierbeek

Parameter	Kalibratie
Umax	4
Lmax	250
CQOF	0.55
CKIF	50
CK12	6
TOF	0.7
TIF	0.7
CKBF	500
TG	0.8

3.4.2 Basismodel cuesta

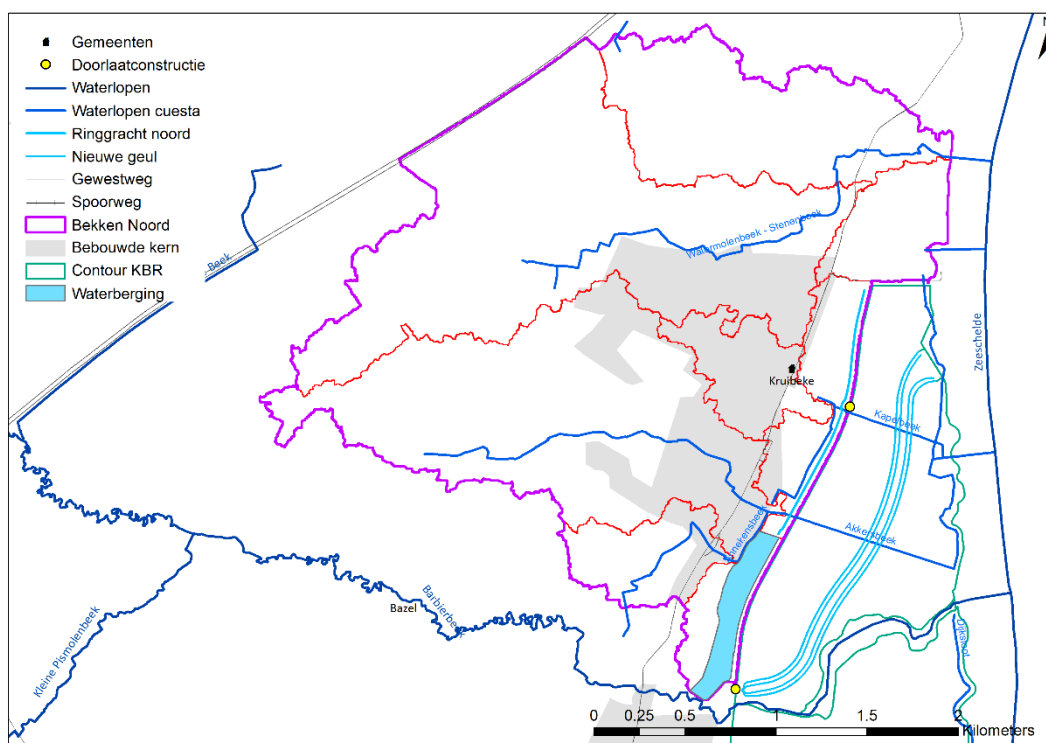
De afwatering van het noordelijke en zuidelijke deel van de Wase cuesta wordt opgesplitst in een landelijke en een stedelijke component. Deze worden beide begroot door middel van afzonderlijke modellen die opgemaakt zijn in het kader van de studie van de Kapelbeek (Bogman *et al.*, 2014). Voor de landelijke afvoer werd gebruikt gemaakt van een conceptueel model (NAM) en voor de stedelijke afvoer van een eenvoudig model gebaseerd op een tijd-oppervlakte relatie (urban).

De NAM modellen voor de landelijke gebieden werden opgemaakt door het NAM model voor de Barbierbeek te herschalen op basis van de oppervlakte van de deelstroomgebieden. Alle andere parameters bleven behouden. Figuur 3 en Figuur 4 tonen respectievelijk de afbakening van de deelstroomgebieden van de noordelijke en de zuidelijke cuestarand. Tabel 4 geeft een samenvatting van hun eigenschappen.

Tabel 4 – Eigenschappen deelstroomgebieden noordelijke en zuidelijke cuestarand

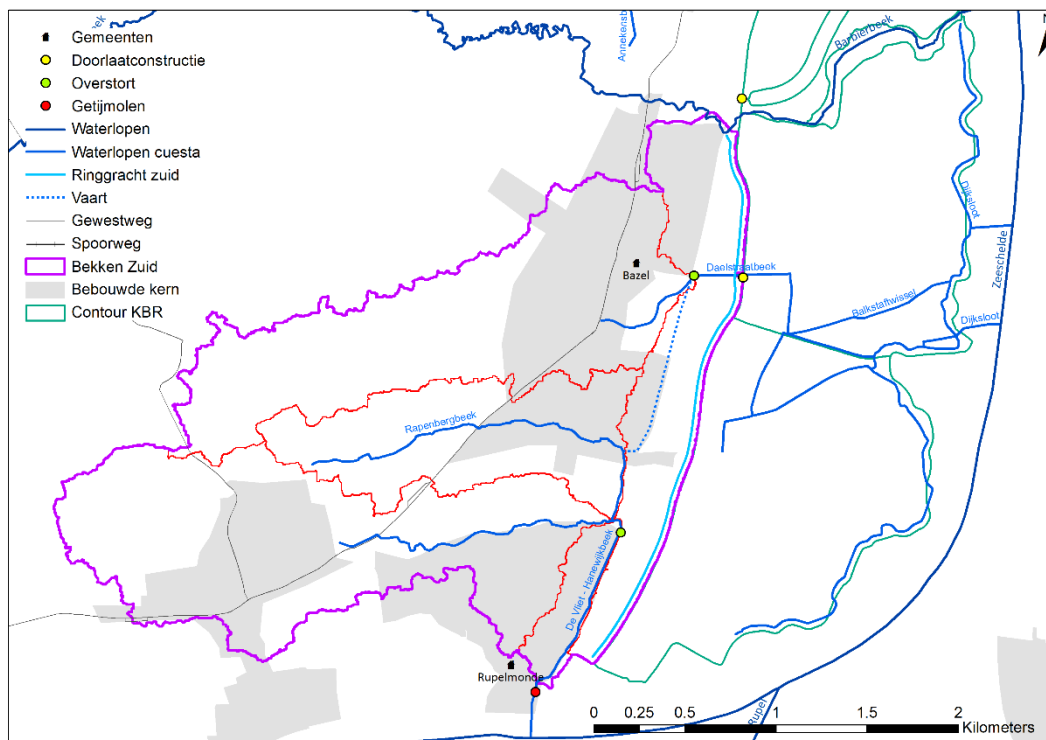
Deelstroomgebied	Ontvangende waterloop	Oppervlakte [ha]
Kruibeekse polder	GOG/GGG	151
Bazelse polder	GOG/GGG & GOG	105 & 075
Rupelmondse polder	GOG	202
Kortbroek	Kortbroek	30
Annekensbeek	Wachtbekken Barbierbeek	60
Akkersbeek	Noordelijke ringgracht	180
Kapelbeek	Noordelijke ringgracht	30
Noordelijke ringgracht	Noordelijke ringgracht	70
Watermolenbeek	Kortbroek	294
Daelstraatbeek	Zuidelijke ringgracht	190
Zuidelijke ringgracht	Zuidelijke ringgracht	106
Rapenbergbeek	Vliet / Zuidelijke ringgracht	104
Hanewijkbeek	Vliet / Zuidelijke ringgracht	212
Vliet	Vliet / Zuidelijke ringgracht	20

Figuur 3 – Afbakening deelstroomgebieden noordelijke cuestarand



(Bogman et al, 2014)

Figuur 4 – Afbakening deelstroomgebieden zuidelijke cuestarand



(Bogman et al, 2014)

De tijd-oppeervlakte relatie modellen voor de stedelijke gebieden werden opgemaakt op basis van de ligging van de overstorten en de verharde oppervlakte aangesloten op deze overstorten. Deze informatie werd aangeleverd door Aquafin. De ligging van de collectoren en overstorten wordt getoond in Figuur 5. De eigenschappen van de gebieden worden getoond in Tabel 5. De concentratietijd werd geschat door middel van de empirische formule van Temez. Voor de overige modelparameters werden constante waarden gebruikt (zie Tabel 6). De berging in het rioleringsstelsel werd verwaarloosd.

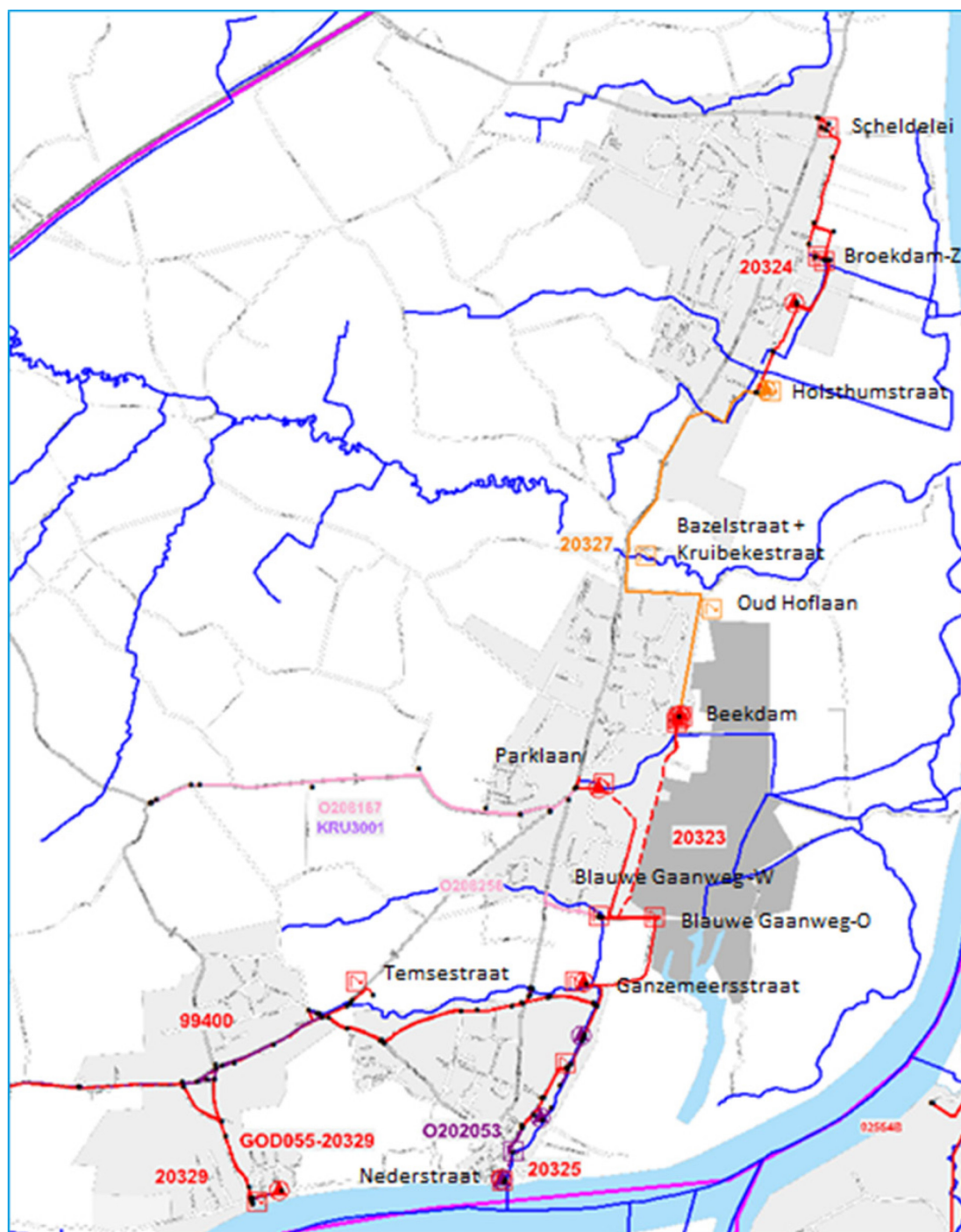
Tabel 5 – Eigenschappen verstedelijkte gebieden cuestarand

Overstort	Ontvangende waterloop	Oppervlakte [ha]	Concentratietijd [s]
Scheldelei	Kortbroek	18	2700
Broekdam-zuid	Noordelijke ringgracht	0.6	600
Holsthumstraat	Noordelijke ringgracht	39	3800
Bazelstraat	Barbierbeek	2.1	1100
Kruibekestraat	Barbierbeek	9.8	2100
Parklaan	Daelstraatbeek	19.8	2800
Oud Hoflaan	Zuidelijke ringgracht	2.5	1200
Beekdam	Zuidelijke ringgracht	5.8	1700
Blauwe Gaanweg - oost	Zuidelijke ringgracht	0.4	500
Blauwe Gaanweg - west	Rapenbergbeek	9.4	2100
Temsestraat	Hanewijkbeek	7.5	1900
Ganzemeersstraat	Vliet	24.8	3100
Nederstraat	Schelde / Vliet	13	2400

Tabel 6 – Constante waarden modelparameters urban modellen

Modelparameter	Waarde
Initieel verlies	0 mm
Reductiefactor	1
Type tijd-oppeervlakte curve	3 = convergerend bekken

Figuur 5 – Ligging collectoren en overstorten langs cuestarand



(Bogman et al., 2014)

3.4.3 Randvoorwaarden

Historische randvoorwaarden

Als randvoorwaarden voor de conceptuele hydrologische modellen zijn gegevens van potentiële evapotranspiratie en neerslag nodig.

De aangeleverde gegevens van de evapotranspiratie met een dagelijkse frequentie voor verschillende meetposten werden samengevoegd tot één reeks. Hierbij werd prioriteit gegeven aan de meetposten op basis van de afstand tot het studiegebied. Zodoende is een gegevensreeks beschikbaar over de periode 1967-2018.

Voor de neerslag dient gebiedsneerslag opgemaakt te worden. In eerste instantie werd gewerkt met uurlijkse neerslag. In de omgeving van het studiegebied was enkel voor de meetpost te Nieuwkerken een meetreeks met dagelijkse neerslag ter beschikking voor de periode 2012-2018. Deze werd omgezet naar uurlijkse neerslag op basis van de gegevens van de pluviografen te Sint-Katelijne-Waver en Zelzate.

Tijdens de modelvalidatie bleek het hydrologisch model gevoed met deze uurlijkse neerslag onvoldoende de lokale effecten te kunnen weergeven. Daarom werd beslist om over te stappen naar kwartierlijkse neerslag. Deze is opgevraagd voor het jaar 2016 voor de pluviografen te Melsele, Wilrijk en Stekene. Voor de deelstroomgebieden Temse, Barbierbeek, Noord en Zuid werd met behulp van Thiessenpolygonen kwartierlijkse gebiedsneerslag afgeleid.

3.4.4 Simulatieperiode

Het hydrologisch model werd doorgerekend van 1 januari 2016 tot 1 januari 2017.

3.4.5 Modelaanpassingen

Tijdens de validatie van het model voor de gebeurtenis van mei 2016 werd opgemerkt dat de waterhoogte in de Barbierbeek onvoldoende hoog was om de opgetreden overstromingen te simuleren. Eén van de mogelijke oorzaken hiervoor was onvoldoende invoer vanuit het hydrologisch model.

Riooloverstorten en lozingspunten

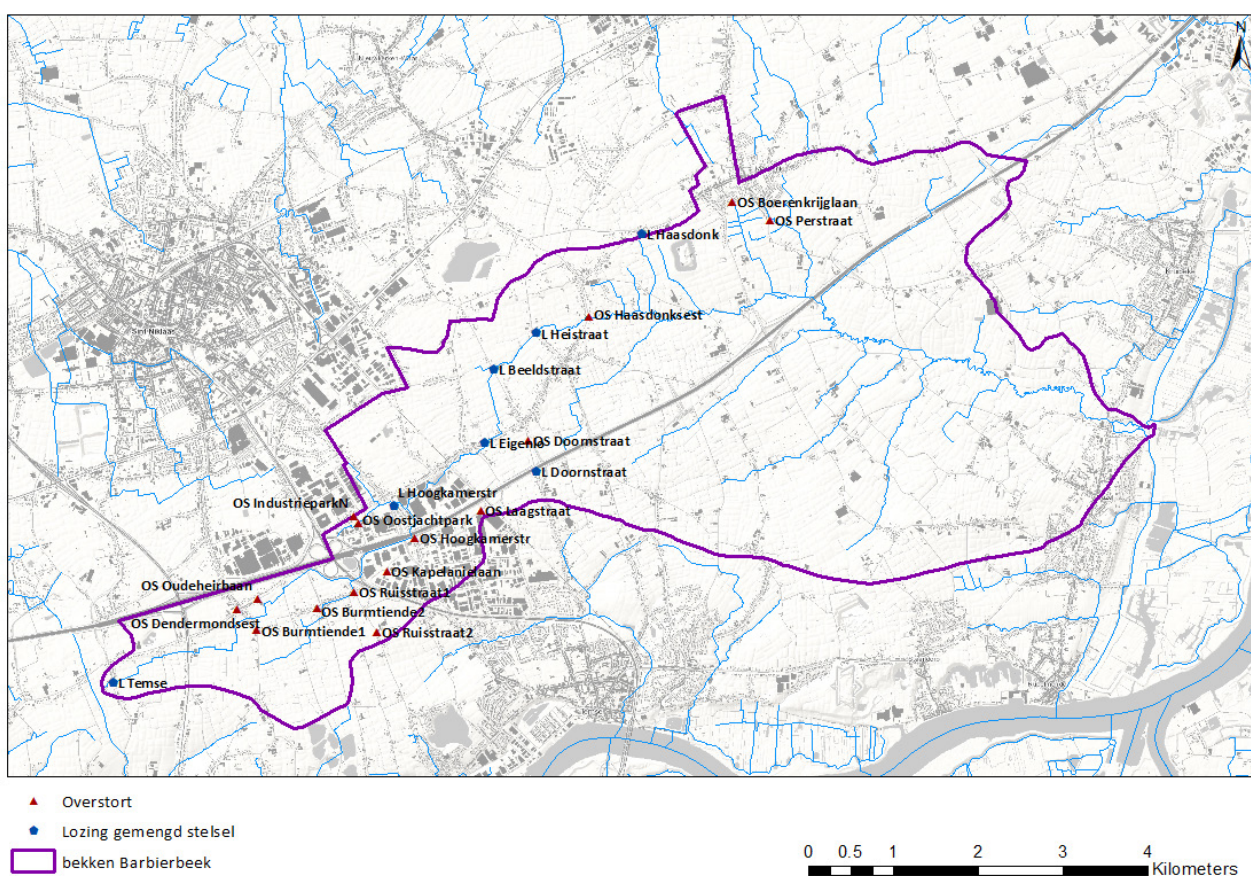
In het basismodel was geen zijdelingse afvoer aanwezig naar het opwaartse gedeelte van de Barbierbeek vanuit verharde oppervlakten in de omgeving van Temse en Haasdonk. Er werden gegevens van verharde oppervlaktes die aansluiten op riooloverstorten en lozingspunten opgevraagd en verkregen bij Aquafin. Voor de lozingspunten zijn dit verharde oppervlaktes van straten die nog niet zijn aangesloten op de RWZI en dus lozen in grachten of beken die afstromen naar de Barbierbeek. Voor de berekening van de afvoer afkomstig van deze verharde oppervlakte werd gebruik gemaakt van hetzelfde eenvoudig model gebaseerd op een tijd-oppervlakte relatie (urban), als voor de cuestarand (zie §3.4.2). In totaal werd voor circa 2 km² verharde oppervlakte extra hydrologische afvoer berekend. Deze werd voornamelijk toegekend aan het meest opwaartse gedeelte van de Barbierbeek.

Figuur 6 toont de locaties van de overstorten en lozingspunten. Tabel 7 geeft de eigenschappen van de verharde oppervlaktes.

Verharde oppervlakte E17

Ook de verharde oppervlakte van de E17 werd in het basismodel niet meegenomen in de berekening van de runoff. Hiervoor werd bijkomende informatie opgevraagd bij Agentschap Wegen & Verkeer, Oost-Vlaanderen. Al het water van de E17 stroomt via afwateringsgrachten richting Barbierbeek vanaf E17 kmpt. 88.530, ongeveer thv de brug Veldstraat in Temse, tot E17 kmpt 94.000 (brug Kruibekesteenweg//Molenstraat) en dit in beide richtingen. Op basis van deze gegevens werd een verharde oppervlakte van 32 ha opgenomen in het model. Op basis van de topografische kaart werd deze oppervlakte nog uitgebreid naar het westen, tot waar de Barbierbeek net langs de E17 stroomt. Er werd in totaal voor circa 75 ha verharde oppervlakte extra hydrologische afvoer berekend, op basis van een 'urban' model (zie Tabel 7). Deze werd verdeeld over de Barbierbeek op- en afwaarts van de koker in Bazel.

Figuur 6 – Locaties overstorten en lozingspunten gemengde stelsels opwaarts gedeelte Barbierbeek



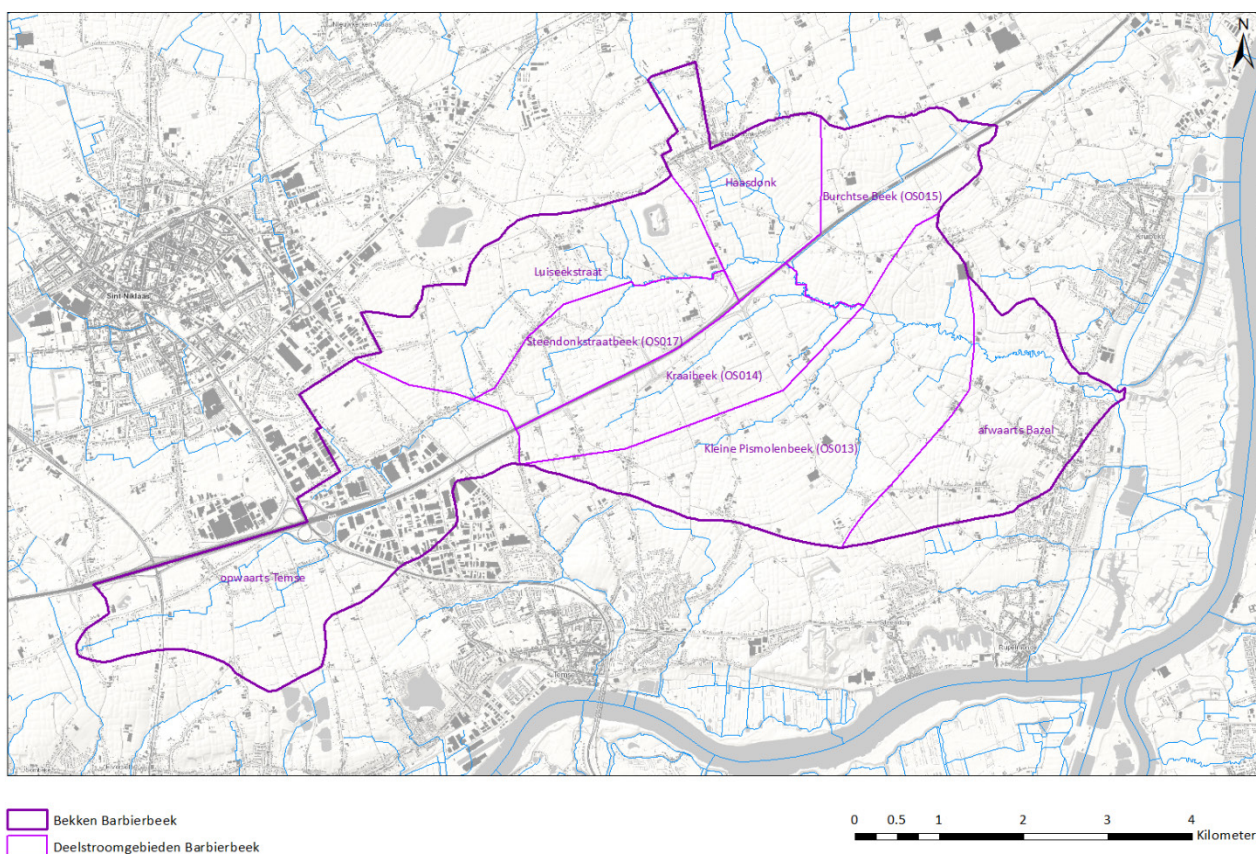
Tabel 7 – Eigenschappen verstedelijkte gebieden opwaarts gedeelte Barbierbeek

Overstort	Ontvangende waterloop	Oppervlakte [ha]	Concentratietijd [s]
OS Dendermondsest	Barbierbeek	2.7	1237
OS Oudeheirbaan	Barbierbeek	3.6	1385
OS Burmtiende1	Barbierbeek	13.9	2456
OS Burmtiende2	Barbierbeek	1.7	1009
OS Ruisstr1	Barbierbeek	4.6	1543
OS Ruisstr2	Barbierbeek	9.8	2123
OS Kapelanielaan	Barbierbeek	13.6	2434
OS Hoogkamerstr	Barbierbeek	16.5	2639
OS Oostjachtpark	Barbierbeek	10.8	2205
OS IndustrieparkN	Barbierbeek	6.8	1816
OS Laagstraat	Barbierbeek	0.5	619
OS Doornstraat	Barbierbeek	1.5	968
OS Haasdonksest	Barbierbeek	30.8	1750
OS Boerenkrijglaan	Barbierbeek	13.1	1074
OS Perstraat	Barbierbeek	28.9	1388
L Hoogkamerstr	Barbierbeek	1.4	367
L Eigenlo	Barbierbeek	4.8	595
L Doornstr	Barbierbeek	4	530
L Beeldstraat	Barbierbeek	10.1	761
L Heistraat	Barbierbeek	7.2	644
L Haasdonk	Barbierbeek	13.5	819
L Temse	Barbierbeek	2.2	376
E17	Barbierbeek	75	3600

Deelstroomgebieden bekken Barbierbeek

De deelstroomgebieden waarop de zijdelingse afvoer in het hydrologisch bekken van de Barbierbeek wordt toegekend, werden verfijnd. Waar bijvoorbeeld een beek uitmondt in de Barbierbeek werd de afvoer niet meer lateraal verdeeld over de riviertak, doch wel toegekend in één rekenpunt. Figuur 7 en Tabel 8 geven de ligging en de eigenschappen van de deelstroomgebieden van de Barbierbeek weer.

Figuur 7 – Deelstroomgebieden Barbierbeek



Tabel 8 – Eigenschappen deelstroomgebieden Barbierbeek

Deelstroomgebied	Ontvangende waterloop	Oppervlakte [ha]
Opwaarts Temse	Barbierbeek	817
Afwaarts Bazel	Barbierbeek	422
Kleine Pismolenbeek (OS013)	Barbierbeek	773
Haasdonk	Barbierbeek	300
Luiseekstraat	Barbierbeek	467
Steendonkstraatbeek (OS017)	Barbierbeek	258
Kraaibeek (OS014)	Barbierbeek	351
Burchtse Beek (OS015)	Barbierbeek	315

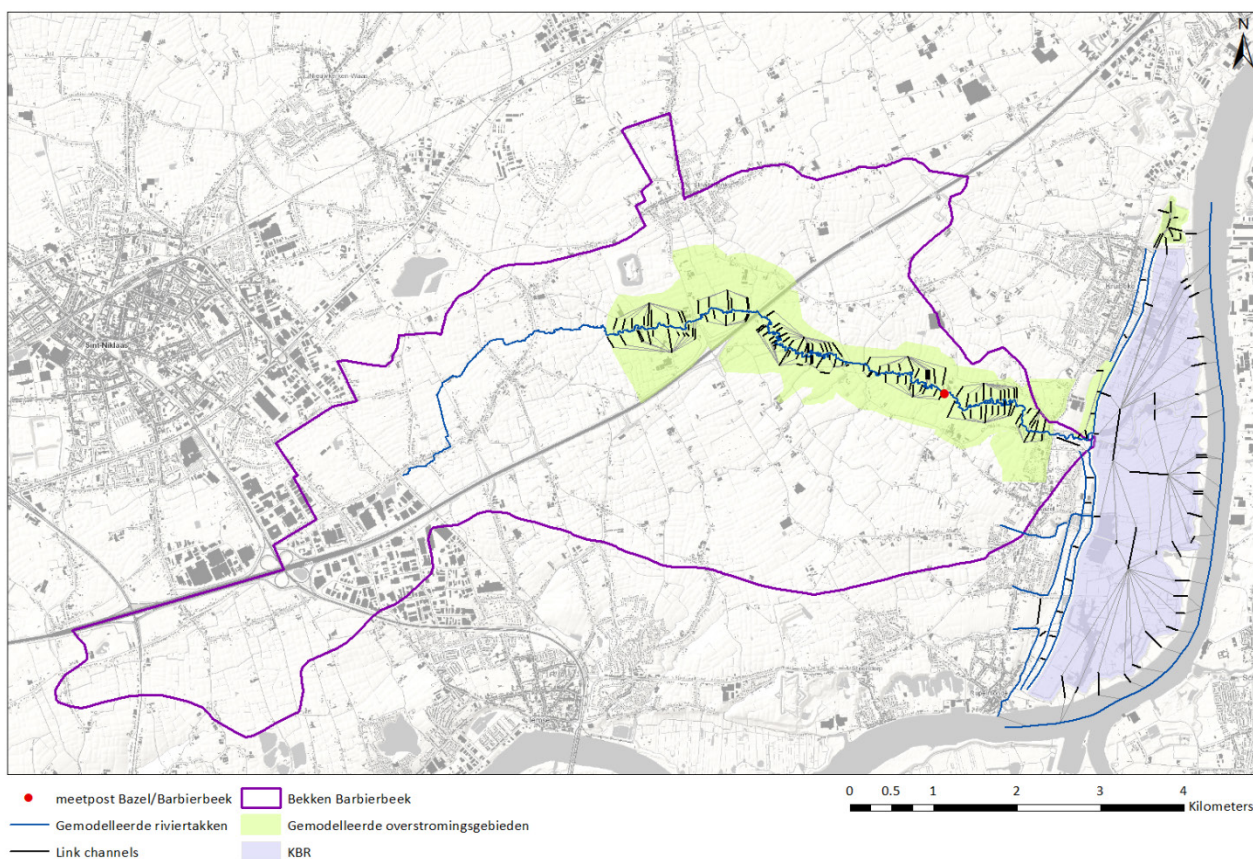
3.5 Hydraulisch model

3.5.1 Basismodel

Als basismodel wordt gebruik gemaakt van het model van de Barbierbeek, de Wase Cuesta en het GOG KBR opgemaakt in het kader van de studie van de Kapelbeek in het kader van het Europese project 'Floodcom'. Dit model wordt beschreven in (Bogman *et al.*, 2014). Dit model werd in het verleden voornamelijk gebruikt voor studies omtrent KBR. Het gedeelte van de Barbierbeek ten westen van de limnigraaf te Bazel, waarin ook het studiegebied gelegen is, is niet meer geactualiseerd. Het fungeert voornamelijk als overstromingsreservoir om de runoff uit een hydrologisch model af te toppen.

Figuur 8 toont de gemodelleerde waterlopen en overstromingsgebieden in het 1D-numeriek model van de Barbierbeek.

Figuur 8 – Overzicht 1D-numeriek model Barbierbeek, Wase Cuesta en GOG KBR



3.5.2 Randvoorwaarden

Historische randvoorwaarden

De opwaartse debieten zijn afkomstig van de resultaten van het hydrologisch model. Deze werden als een combinatie van opwaartse en zijdelingse instroming aan het hydraulisch model opgelegd.

Aan de afwaartse randen van het model werden meetreeksen van het waterpeil te Hemiksem opgelegd. Om rekening te houden met de afstand tussen de modelranden werden de meetreeksen enkele minuten verschoven ten opzichte van elkaar.

Ontwerprandvoorwaarden

Voor de opwaartse randen werd gebruik gemaakt van ontwerphydrogrammen met een terugkeerperiode van 50 en 100 jaar. De opmaak van deze hydrogrammen gebeurde aan de hand van de hydrologische modellen.

Voor de landelijke gebieden werden zogenaamde ‘composiethydrogrammen’ opgemaakt. De opmaak van de ontwerphydrogrammen wordt beschreven in (Bogman *et al.*, 2014). De ontwerphydrogrammen voor de verschillende deelstroomgebieden werden bepaald door de ontwerphydrogrammen voor de Barbierbeek te herschalen volgens de oppervlaktes van deze gebieden.

Voor de verstedelijkte gebieden werden de ontwerphydrogrammen berekend door de composietbuizen die gebruikt worden in het rioleringsontwerp door te rekenen met de hydrologische (urban) modellen voor de verstedelijkte gebieden.

Aan de afwaartse rand van het model werd een “gemiddeld tij” opgelegd, zijnde een synthetisch getij op de Schelde waarbij het hoogwater steeds gelijk is aan het gemiddelde hoogwater te Hemiksem voor de periode 1991-2000 (0,03 mTAW). Dit “gemiddeld getij” bevat dus geen springtij-doodtij cycli. Er werd gekozen voor dit gemiddeld getij omdat de invloed van het waterpeil aan de afwaartse rand niet reikt tot aan het studiegebied.

3.5.3 Modelaanpassingen

Toestand mei 2016

In mei 2016 was er geen GGG-werking in de polders van Kruike en Bazel. De inwateringssluizen werden ‘gesloten’ in het model.

De overloopdijken van het GOG KBR waren in mei 2016 wel reeds aangelegd. De link channels die deze overloopdijken voorstellen, werden in het model aangepast op basis van opmetingen van de overloopdijk van 2018.

Voor de reservoirs die de overstromingsgebieden langs de Barbierbeek voorstellen, werden nieuwe oppervlakte-hoogterelaties berekend op basis van DHMVII. Waar nodig werden de reservoirs in het studiegebied opgedeeld in kleinere reservoirs.

Slibbodem

De aanwezige dwarsdoorsneden van de Barbierbeek in het model dateren van 2001. Bij de opmeting van de dwarsdoorsneden werd zowel de vaste bodem als de slibbodem opgemeten. In de dwarsdoorsneden in het basismodel was de hoogte van de vaste bodem opgenomen. Dit werd gecorrigeerd naar de hoogte van de slibbodem. Ook in de verschillende duikers van de Barbierbeek is deze correctie uitgevoerd.

Ruwheid

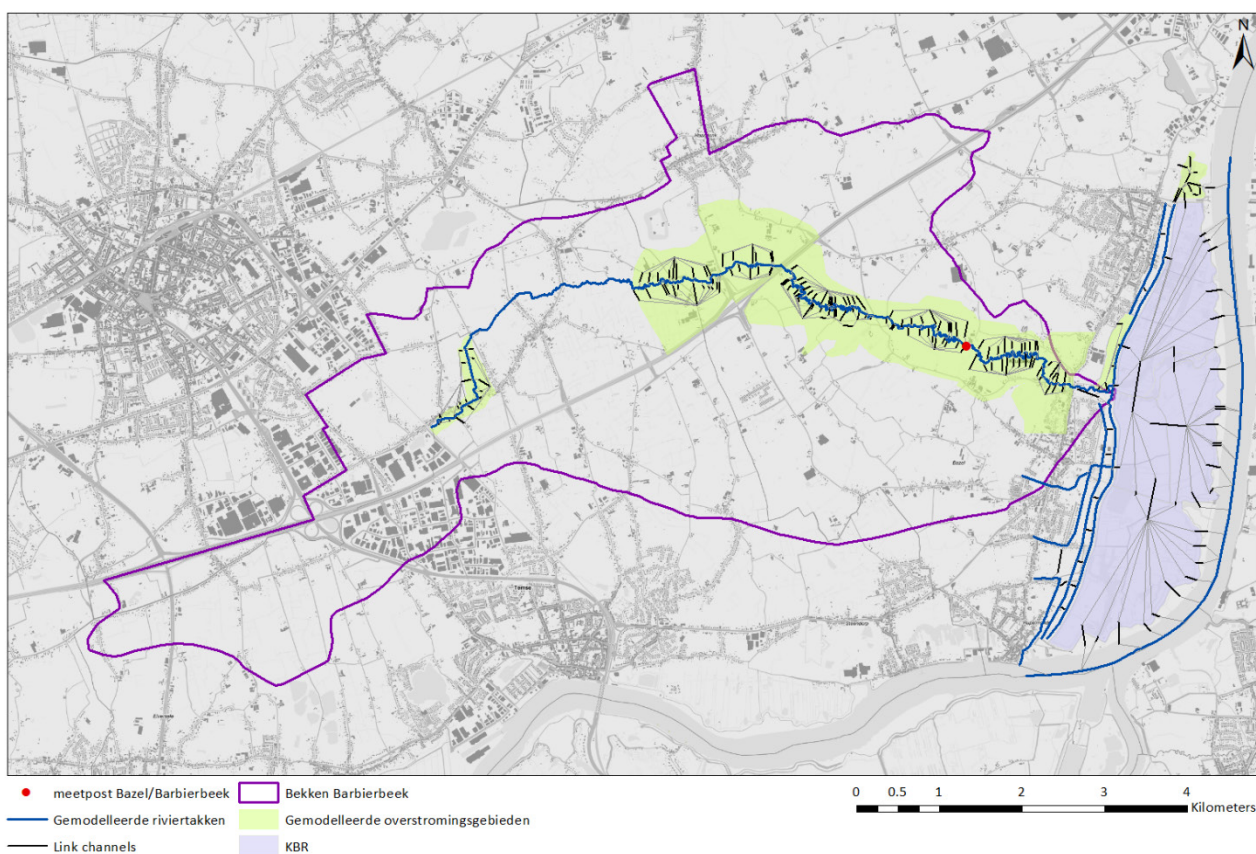
De ruwheid van de beekbedding werd voornamelijk in het opwaartse gedeelte verhoogd. De Barbierbeek kent opwaarts de Beekstraat een zeer kronkelend verloop met sterk begroeide oevers. In deze zone werd de Manning coëfficiënt aangepast naar 0,07 tot 0,08. Afwaarts van de Beekstraat neemt de Manning coëfficiënt af van 0,06 tot 0,045 ter hoogte van Bazel.

Extra overstromingsgebieden opwaarts

In het meest opwaartse gedeelte van de Barbierbeek lijkt het waterpeil hoger te komen dan de oevers van de Barbierbeek. Aangezien er in dit gedeelte geen overstromingsgebieden aanwezig waren in het basismodel, werden hier geen overstromingen gesimuleerd. Er werden langs de linker- en rechteroever opwaarts van de Beeldstraat en de Dennenstraat, afwaarts van de Laarstraat, en langs de Eigenlo overstromingsgebieden toegevoegd (zie Figuur 9).

Deze overstromingen in deze gebieden zijn uitgebreid tengevolge van het vergroten van de verharde oppervlakte van de E17, die voor een grotere afstroom zorgt (zie 3.4.5).

Figuur 9 – Overzicht aangepast 1D-numeriek model Barbierbeek, Wase Cuesta en GOG KBR



3.6 Validatie

3.6.1 Waterpeil en debiet Barbierbeek te Bazel

Voor de periode van mei 2016 zijn betrouwbare waterpeilmetingen beschikbaar van de Barbierbeek te Bazel. De gesimuleerde waterpeilen zijn hoger dan de gemeten waterpeilen (Figuur 10). Voornamelijk de basispeilen zijn circa 20 cm hoger. Bij de hoogste piek van het waterpeil tijdens de gesimuleerde wasperiode echter 10 cm. Het verschil in de basispeilen kan te wijten zijn aan de ophoging van de bodem met de gemeten sliblaag van 2001. Mogelijk is deze hier niet meer volledig aanwezig.

Het gemeten en gesimuleerde debiet voor de Barbierbeek te Bazel wordt weergegeven in Figuur 11. Het debiet van de Barbierbeek te Bazel wordt berekend door VMM aan de hand van een Q/h-relatie. Deze Q/h-relatie is gebaseerd op ijkings tot 5,89 mTAW. Dit is een peil waarbij de oever net niet onder water staat. Tijdens een ijkingsmeting van het HIC in december 1999 werd een debiet van 5,69 m³/s gemeten bij een waterstand van 6,11 mTAW. De debietmeting gebeurde enkel in de bedding van de Barbierbeek. Het gemeten debiet is dan ook een onderschatting van het totale debiet (inclusief overstroomde oeverzones).

Tijdens de wasperiode van mei 2016 is het gemeten waterpeil ter hoogte van Bazel 6,08 mTAW. De oevers van de Barbierbeek werden hierbij overtopt. Het berekende debiet aan de hand van de Q/h-relatie wordt hier waarschijnlijk onderschat. Het gesimuleerde debiet bedraagt circa 9,8 m³/s. Dit is mogelijk een beperkte overschatting van de reële waarde.

3.6.2 Overstromingskaart mei 2016

Figuur 12 en Figuur 13 tonen respectievelijk de overstromingskaart met gesimuleerde maximale waterdieptes in de overstromingsgebieden van de Barbierbeek voor heel het modelgebied en ingezoomd op het studiegebied.

Ter hoogte van de gemarkeerde huizen langs de Luirikstraat en de Heirstraat te Bazel worden beperkt overstromingen gesimuleerd. Deze worden veroorzaakt door overtopping van de oever van de Barbierbeek iets meer opwaarts. Het water lijkt langs de weg naar deze huizen te kunnen stromen. Het vergroten van de verharde oppervlakte van de E17 van 32 naar 75 ha zorgde voor een wat grotere overstroomde oppervlakte ter hoogte van deze huizen, die dicht aansluit bij de waarnemingen.

Net opwaarts van de duiker onder de E17 treden meer omvangrijke overstromingen op. Deze komen echter voor in gebieden zonder bebouwing.

Ter hoogte van de gemarkeerde huizen langs de Oude Kerkstraat zijn de overstromingen zeer beperkt. Door de bewoners van deze huizen werd gemeld dat het waterpeil tijdens wateroverlast blijft stijgen. Het is echter niet duidelijk of dit water afkomstig is uit de Barbierbeek, dan wel uit een beek die niet kan afwateren door een te hoog waterpeil in de Barbierbeek.

3.6.3 Conclusie

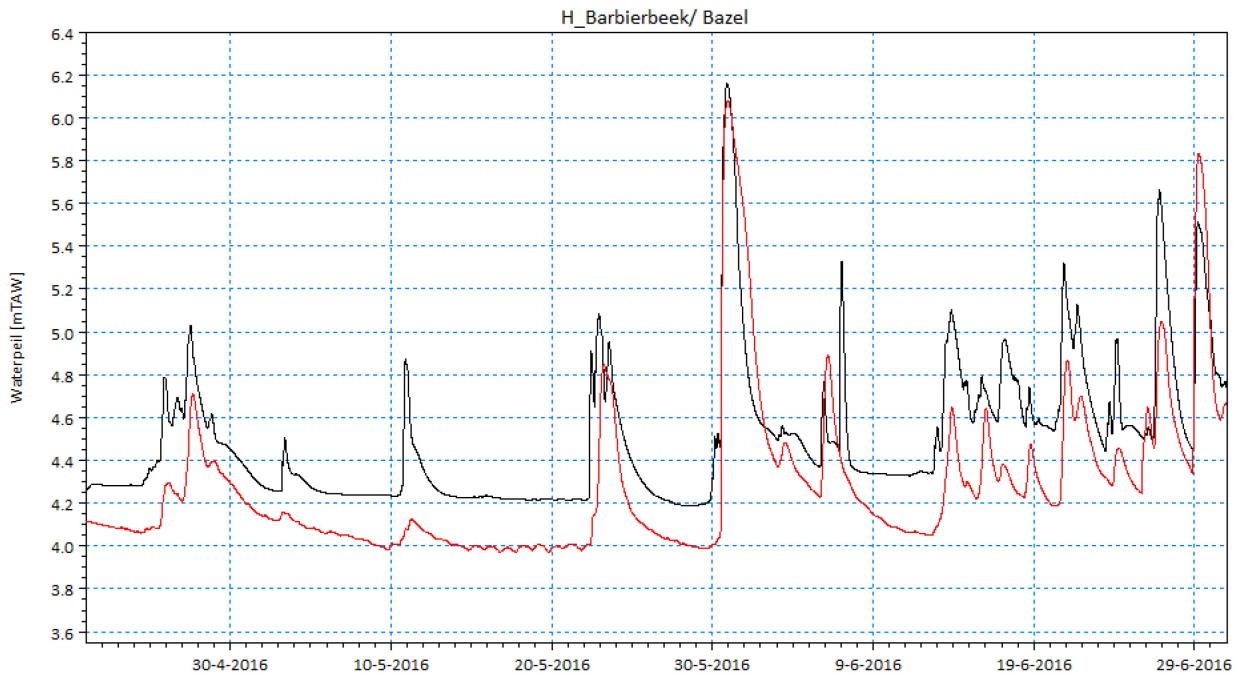
De modelvalidatie op basis van het waterpeil en het debiet in de Barbierbeek te Bazel, en de overstromingskaart ter hoogte van het studiegebied geeft aan dat de wasperiode van mei 2016 niet helemaal goed gesimuleerd kan worden: de overstromingen langs de Luirikstraat en de Heirstraat kunnen gedeeltelijk gereproduceerd worden, maar de overstromingen langs de Oude Kerkstraat niet.

Er werden verschillende ingrepen in het model gedaan om het waterpeil in de Barbierbeek te verhogen tijdens de wasperiode. Bij enkele van deze ingrepen, zoals het verhogen van de bodem met de sliblaag, is er echter onzekerheid over de werkelijke toestand ten tijde van de wasperiode. Uit de bevindingen tijdens de modellering lijkt er een andere, niet gekende oorzaak te zijn waardoor het waterpeil in de Barbierbeek verhoogd was tijdens de wasperiode van mei 2016. Mogelijk waren één of meerdere duikers verstopt of was

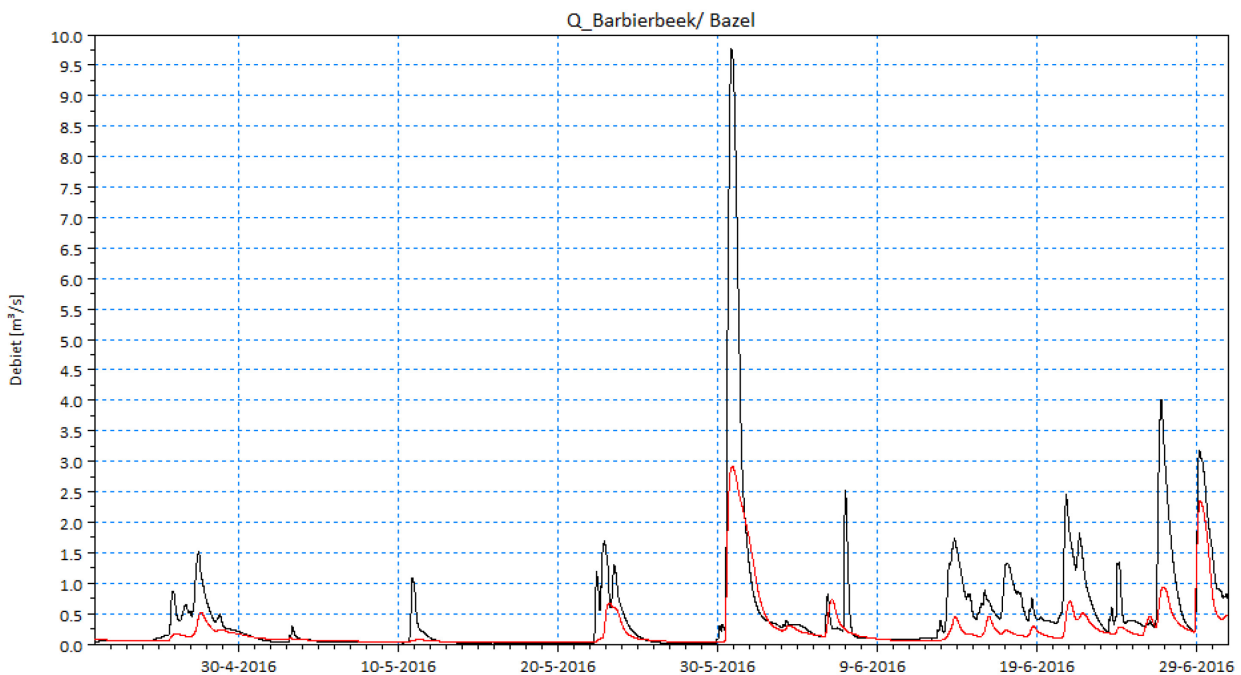
er een andere obstructie in de Barbierbeek waardoor het peil opgestuwd werd, zoals bijvoorbeeld overvloedige plantengroei langs de oevers.

Aangezien er wel overstromingen gesimuleerd worden ter hoogte van de Luirikstraat en de Heirstraat kan het model wel gebruikt worden om de voorgestelde maatregelen te evalueren.

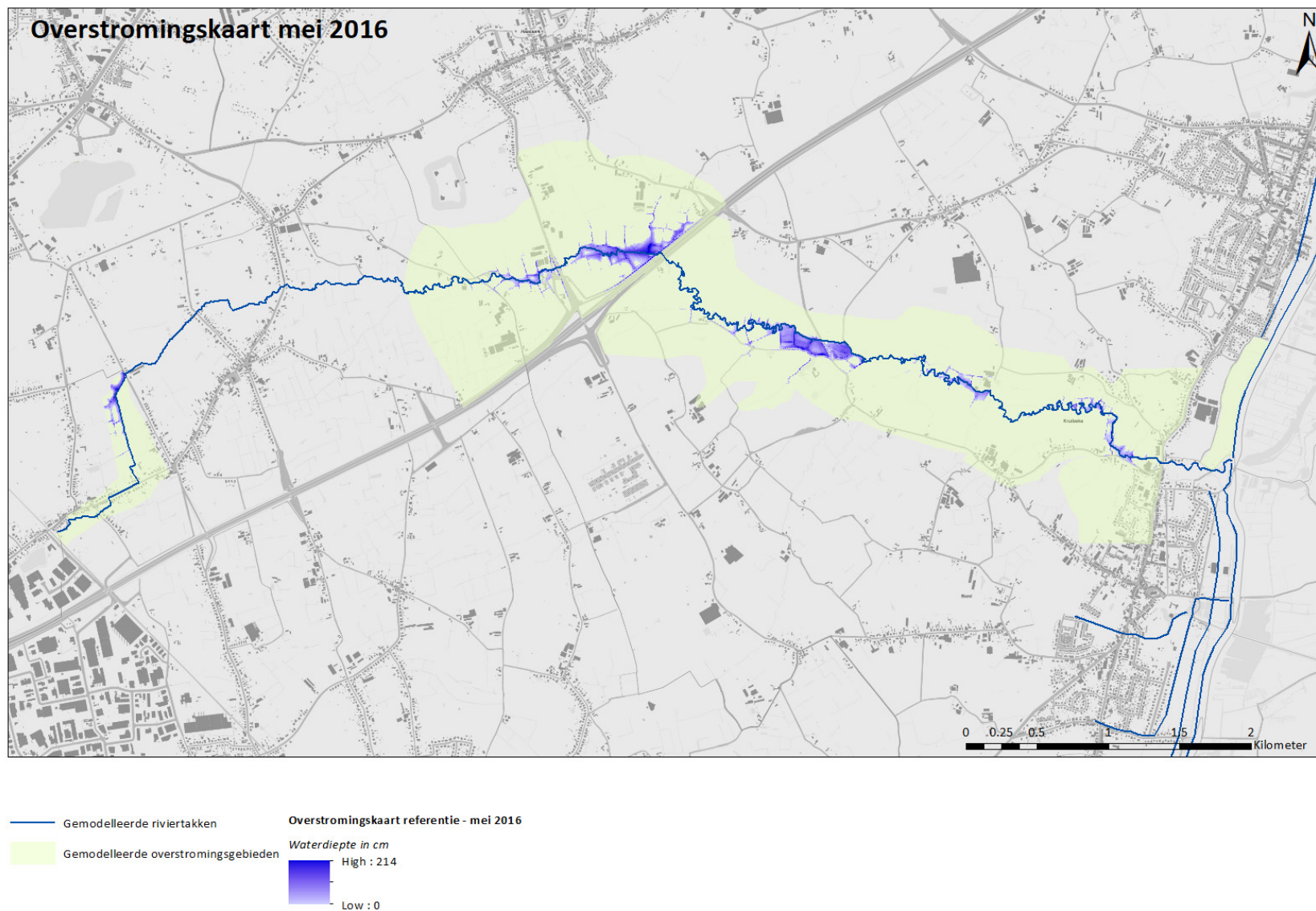
Figuur 10 – Gemeten (rood) en gemodelleerde (zwart) waterpeilen Barbierbeek te Bazel – mei 2016



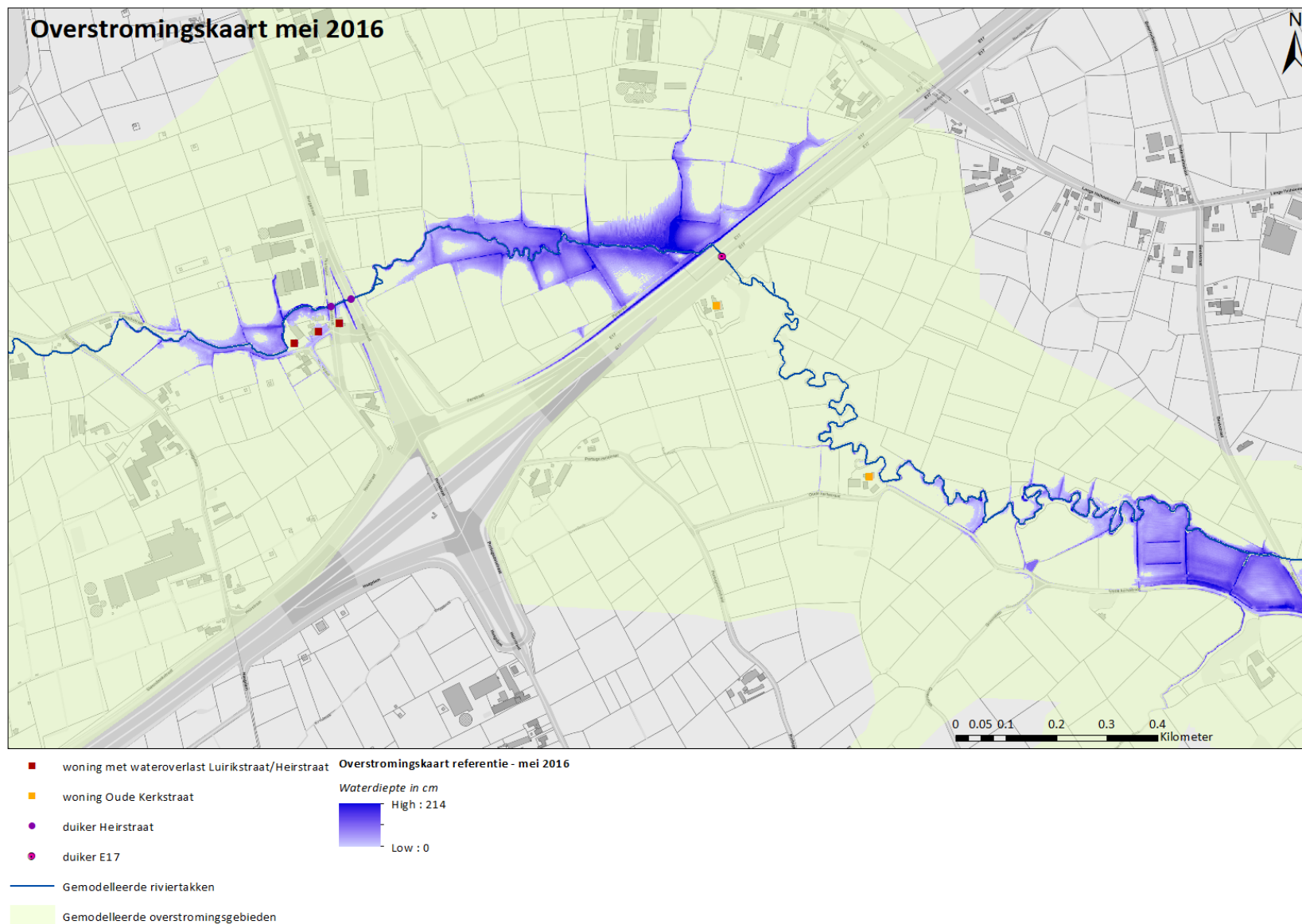
Figuur 11 – Berekende (rood) en gemodelleerde (zwart) debieten Barbierbeek te Bazel – mei 2016



Figuur 12 – Overstromingskaart Barbierbeek – mei 2016



Figuur 13 - Overstromingskaart Barbierbeek – mei 2016 – detail studiegebied



4 Scenarioberekeningen

4.1 Scenario's

In het projectplan werden volgende scenario's vermeld:

0. Referentie - toestand 2019
1. Verbreding Barbierbeek langs Luijikstraat over circa 220 m
2. Oeververhoging Barbierbeek opwaarts Heirstraat
3. Vergroting duikers Barbierbeek onder Heirstraat en N485
4. Combinatie van scenario's 1 en 3
5. Combinatie van scenario's 2 en 3
6. Indijking woningen Luijikstraat
7. Vergroting sectie duiker Barbierbeek onder E17
8. Indijking woningen Oude Kerkstraat
9. Scenario met weerhouden maatregelen

Scenario 8 werd voor deze studie niet weerhouden omwille van de te beperkte overstromingen die gesimuleerd worden in het betreffende gebied.

Op basis van de resultaten van scenario's 1 tot en met 7 werd een finaal scenario afgeleid, in overleg met de opdrachtgever. Dit scenario wordt in het vervolg van het rapport als scenario 8 aangeduid.

De verschillende scenario's zijn telkens drie keer doorgerekend met verschillende randvoorwaarden:

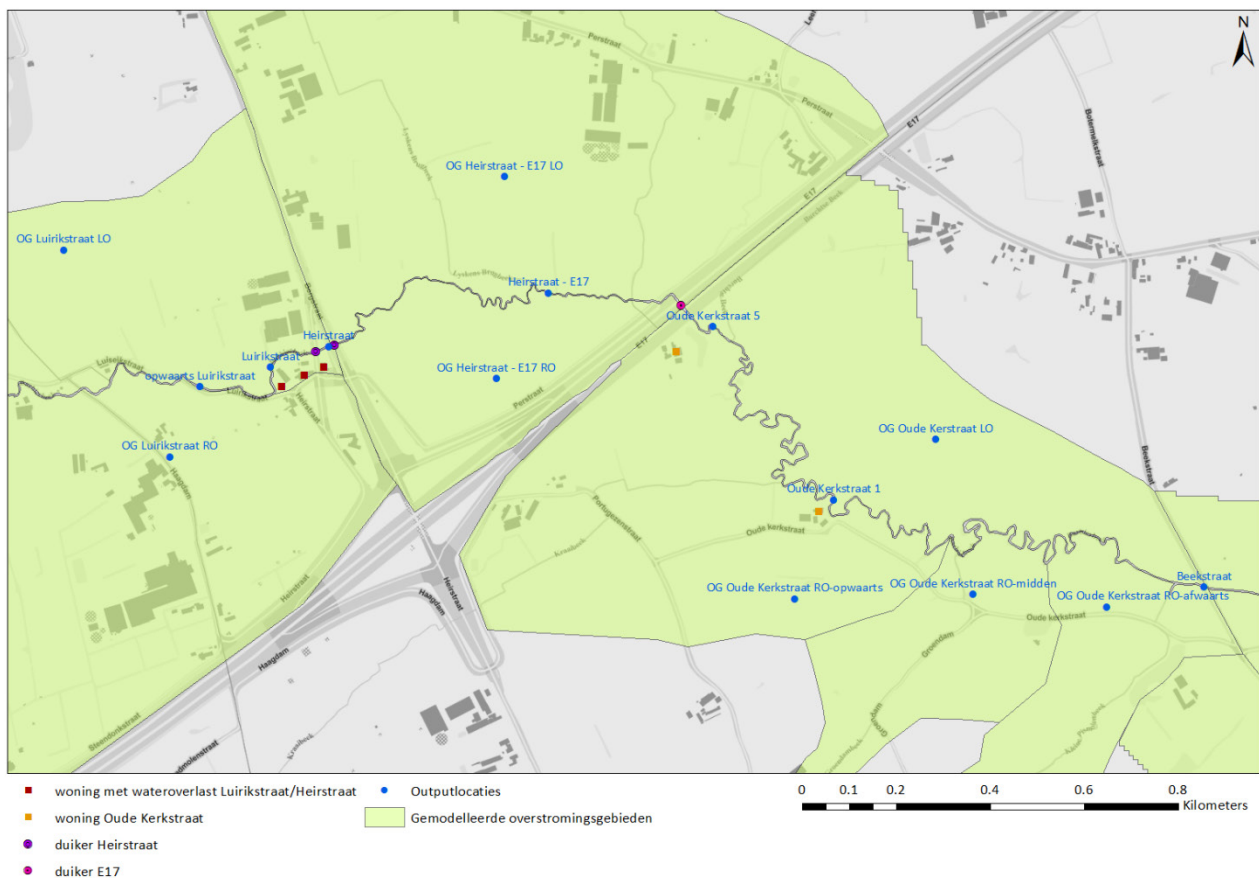
- voor de wasperiode van mei 2016;
- synthetische storm met een terugkeerperiode van 50 jaar als ontwerpberekening;
- synthetische storm met een terugkeerperiode van 100 jaar als controleberekening

4.2 Output

De resultaten van de scenario's worden op drie verschillende manieren voorgesteld:

- door middel van lengteprofielen van de Barbierbeek met de maximale waterpeilen per doorgerekend event.
- door middel van tabellen met de maximale waterpeilen op enkele locaties in het studiegebied. De geselecteerde locaties worden weergegeven in Figuur 14.
- in overstromingskaarten met de maximale waterhoogte in de gemodelleerde overstromingsgebieden langs de Barbierbeek.

Figuur 14 – Overzicht outputlocaties maximum waterpeilen Barbierbeek en overstromingsgebieden



OG = overstromingsgebied

4.3 Referentie - Toestand 2019

Toestand 2019 geldt als referentie voor de scenarioberekeningen. Dit scenario geeft de toestand van het studiegebied weer zoals deze -vermoedelijk- was in 2019. Hiertoe werden volgende aanpassingen uitgevoerd in het model:

- Activering GOG- en GGG-werking in KBR: verlagen van de overloopp dijken en openen van de inwateringssluizen
- Toevoegen noodschuiven aan de Scheldelei
- Activeren noodpomp aan de Scheldelei
- Implementeren nieuwe opmetingen bedding Barbierbeek (zie Figuur 15)

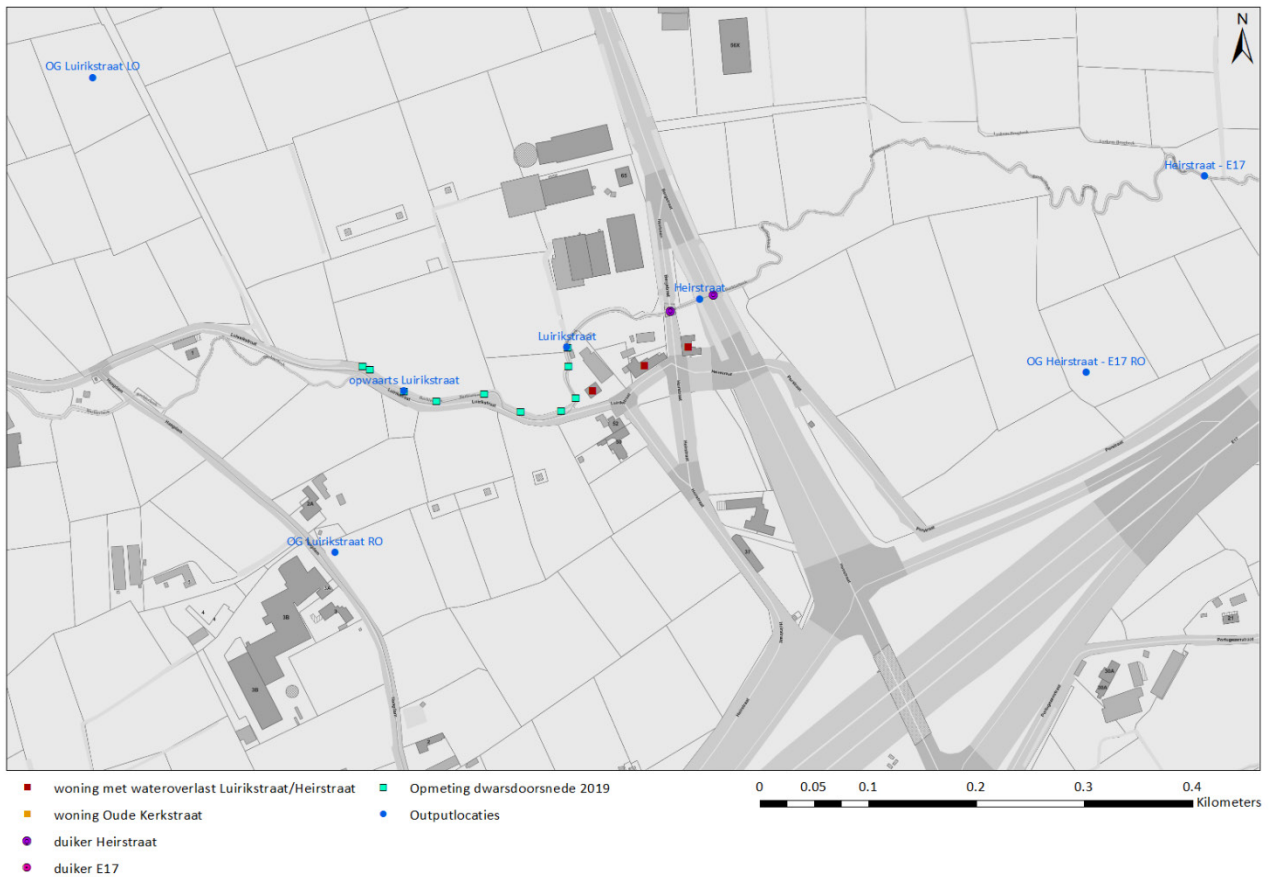
De eerste drie aanpassingen hebben betrekking op het afwaartse gedeelte van het model in en nabij KBR. Deze aanpassingen hebben geen invloed op de waterpeilen in het studiegebied.

Figuur 16 toont een deel van het lengteprofiel van de Barbierbeek, ingezoomd op het studiegebied, met het bodempeil, evenals de gesimuleerde maximale waterpeilen voor de was van mei 2016. Lokaal is het bodempeil met circa 0,5 m verdiept in 2019 ten opzichte van de oorspronkelijke opmetingen. De impact van deze aanpassingen op het gesimuleerde maximum waterpeil in de Barbierbeek tijdens de wasperiode van mei 2016 is echter zeer beperkt.

Figuur 17 toont hetzelfde lengteprofiel voor het referentiescenario bij de verschillende doorgerekende randvoorwaarden, hetzij mei 2016, T50 en T100. Op dit lengteprofiel is duidelijk de opstuwing opwaarts van de duikers van de Barbierbeek onder de Heistraat en de E17 te zien. De overstromingen ter hoogte van de woningen langs de Luijikstraat worden bij de verhoogde bovenafvoer van mei 2016 veroorzaakt door overtopping van de oever van de Barbierbeek iets meer opwaarts. Bij T50 en T100 wordt ook ter hoogte van de woningen zelf de oever van de Barbierbeek overtopt.

De lengteprofielen voor de volledige gemodelleerde Barbierbeek voor het referentiescenario voor mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 18. Figuur 19 en Figuur 20 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor het referentiescenario, ter hoogte van het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 9.

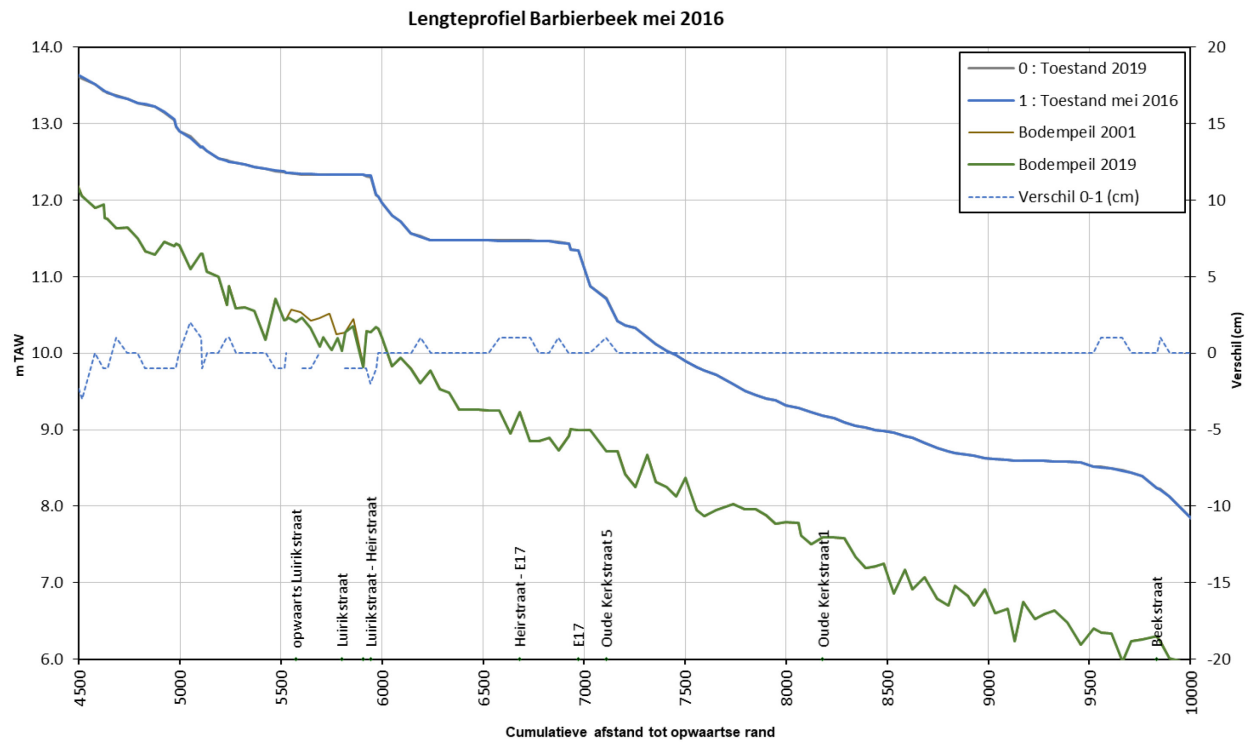
Figuur 15 – Situering nieuwe opmetingen bedding Barbierbeek – maart 2019



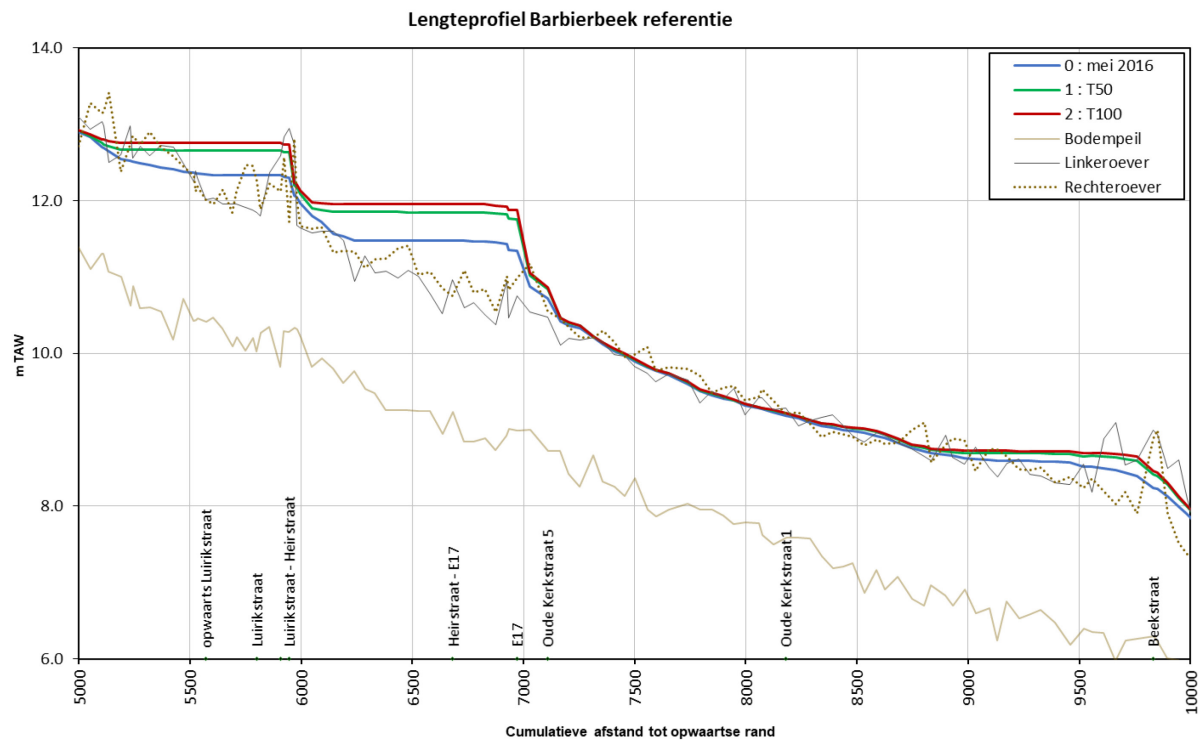
Tabel 9 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016	T50	T100
	Toestand 2019	Toestand 2019	Toestand 2019
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.66	12.76
Luirikstraat	12.33	12.66	12.76
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.64	12.74
Heirstraat – E17	11.48	11.85	11.96
E17	11.34	11.76	11.88
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.84	10.87
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.22	9.22
Beekstraat	8.24	8.42	8.46
OG Luirikstraat RO	12.33	12.66	12.76
OG Luirikstraat LO	12.34	12.66	12.76
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.85	11.96
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.85	11.96
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	9.02	9.03
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.69	8.73
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.69	8.72
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.64	8.68

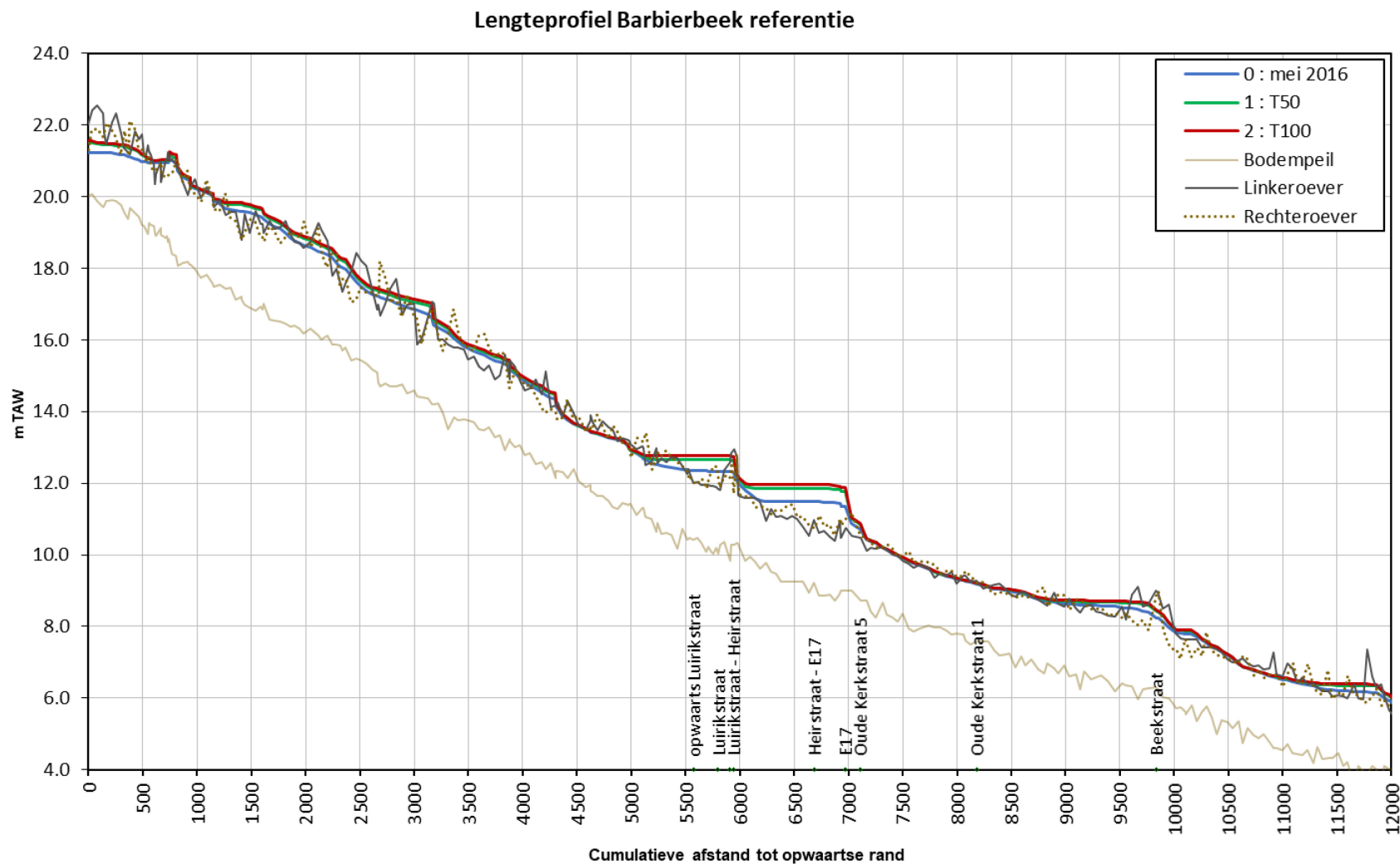
Figuur 16 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen mei 2016 – toestand mei 2016 vs toestand 2019



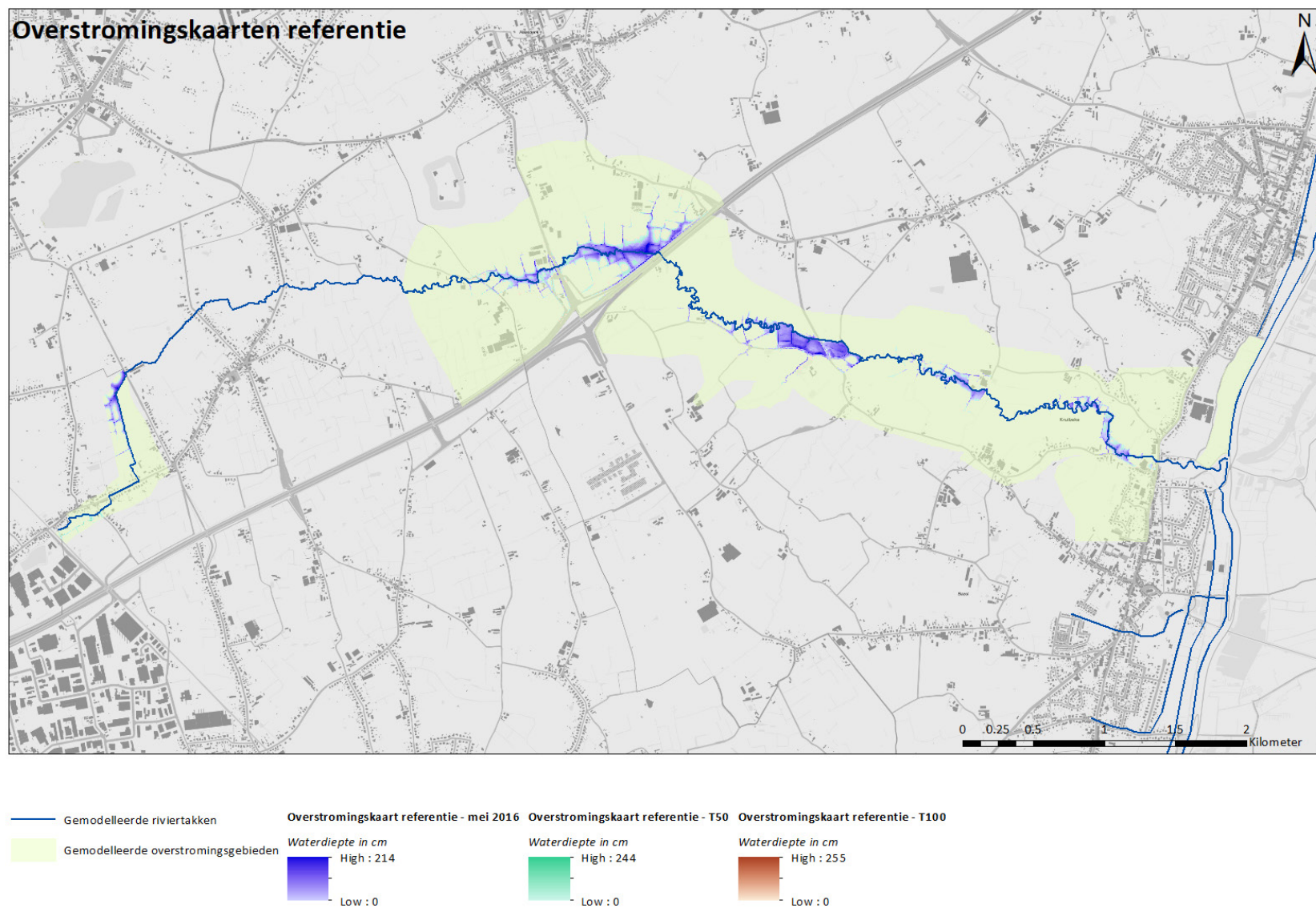
Figuur 17 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen referentie – mei 2016, T50 en T100 - studiegebied



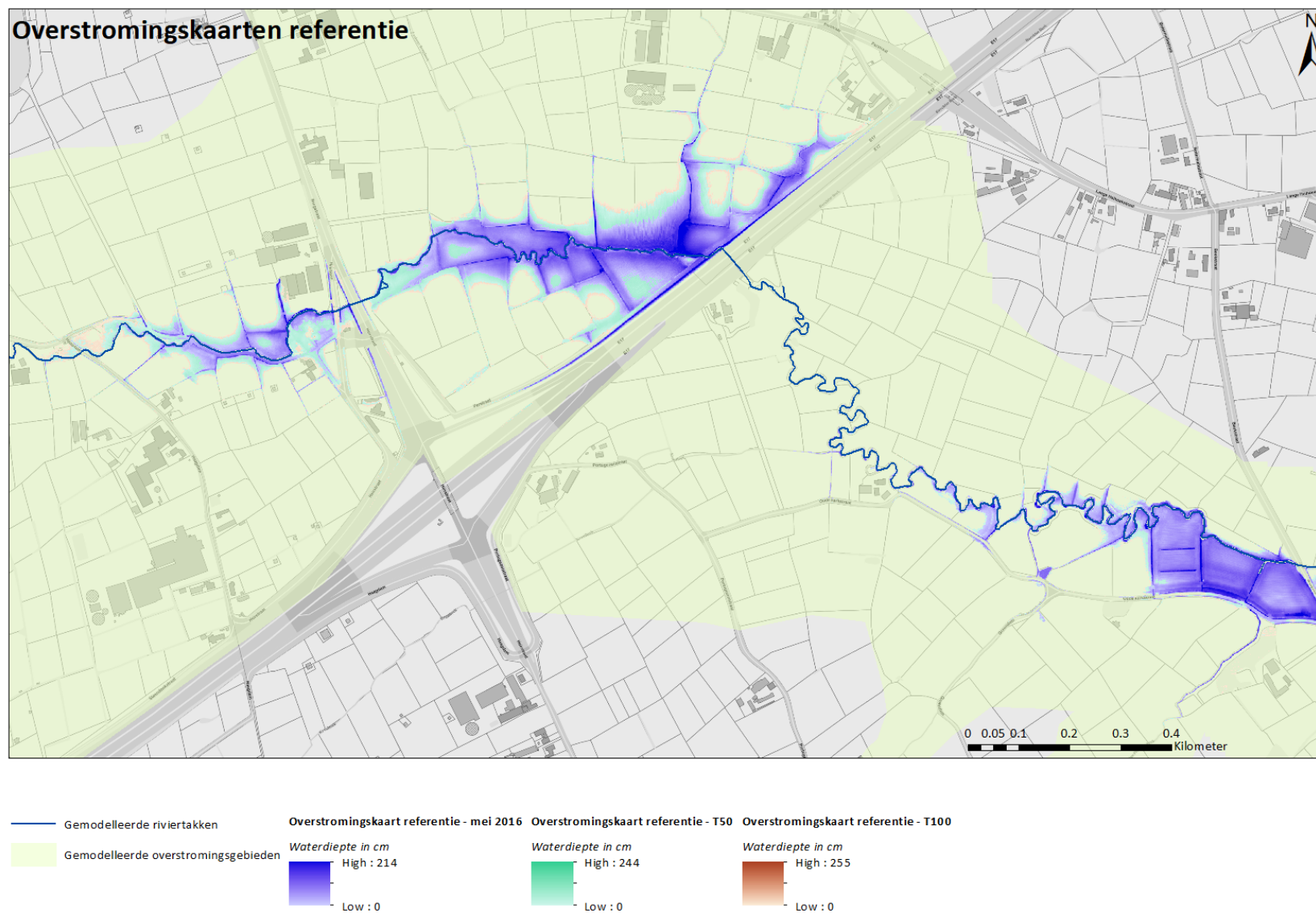
Figuur 18 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen referentie – mei 2016, T50 en T100



Figuur 19 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentiescenario – mei 2016, T50 en T100



Figuur 20 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentiescenario – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



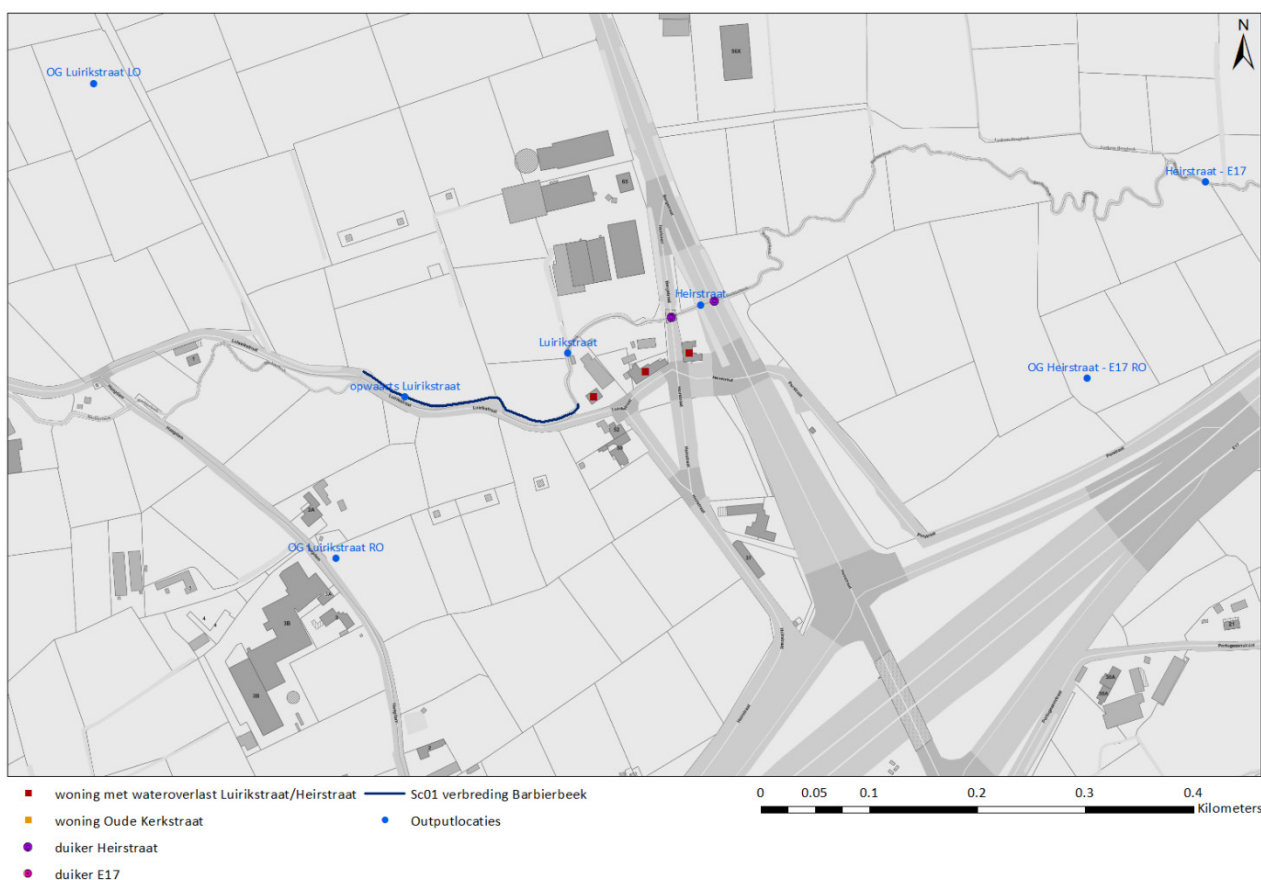
4.4 Scenario 1

In scenario 1 wordt de Barbierbeek verbreed over een lengte van circa 220 m. Hiertoe werden de dwarsdoorsneden in het model aangepast tussen chainage 5526 en 5750 (zie Figuur 21), volgens een typeprofiel. Het bodempeil van de dwarsdoorsneden is behouden. Op een hoogte van ongeveer 25 cm boven de bodem zijn de dwarsdoorsneden 3 m breed, op een hoogte van ongeveer 0,5 m boven de bodem 4 m breed. Ter hoogte van de oevers zijn de dwarsdoorsneden circa 5 m breed. Een voorbeeld van een aangepaste dwarsdoorsnede wordt gegeven in Figuur 22.

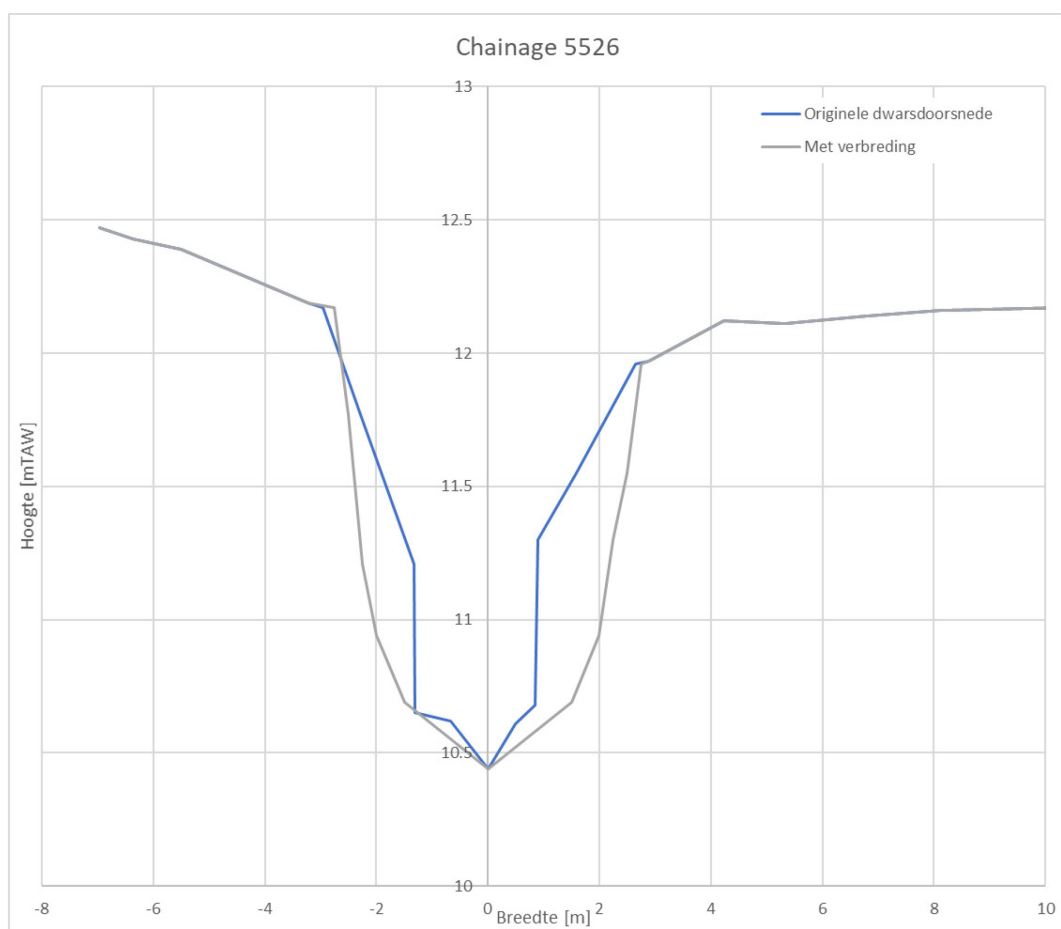
De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 1 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 24, Figuur 25 en Figuur 26. Figuur 27 en Figuur 28 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 1, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 10.

Het verbreden van de dwarsdoorsneden van de Barbierbeek heeft quasi geen effect op het maximum waterpeil in de Barbierbeek, zowel voor mei 2016 als voor T50 en T100. Het waterpeil wordt niet voldoende verlaagd om overtopping van de oevers te voorkomen. Bij peilen lager dan het overtoppingspeil van de oevers ter hoogte van de verbreding treedt wel een daling van het waterpeil op in de Barbierbeek. Figuur 23 geeft de waterpeilen ter hoogte van de verbreding weer voor Toestand 2019 en scenario 1, voor mei16. Hieruit blijkt dat de oever minder frequent zal overtopt worden door de verbreding van de Barbierbeek.

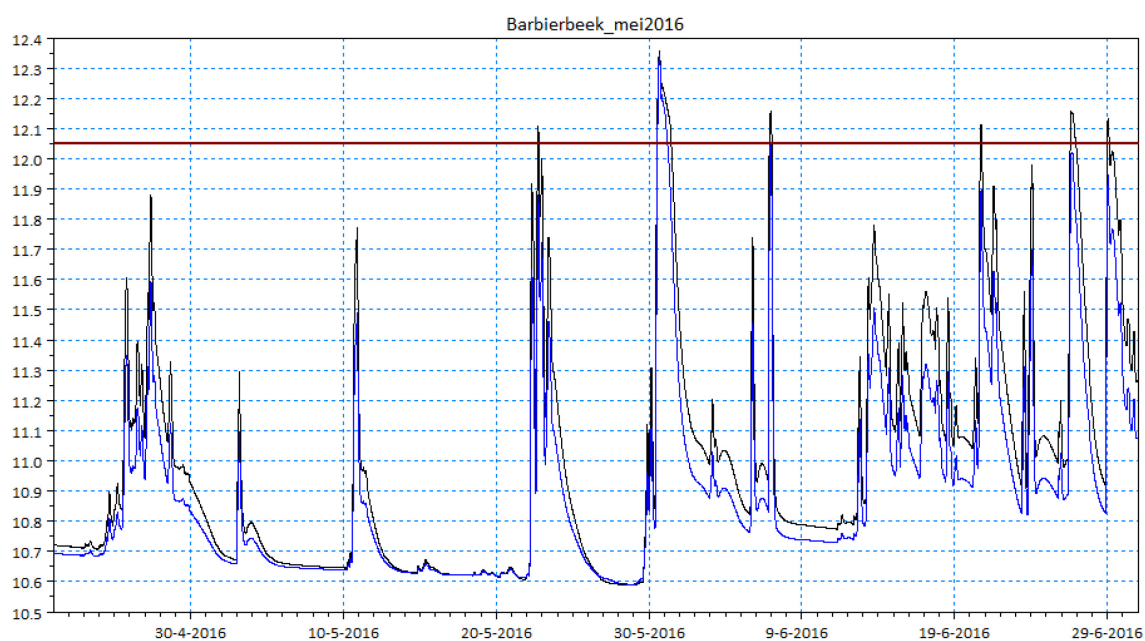
Figuur 21 – Situering verbreding bedding Barbierbeek in scenario 1



Figuur 22 – Voorbeeld aanpassing dwarsdoorsnede Barbierbeek in scenario 1



Figuur 23 – Verloop waterpeil Barbierbeek ter hoogte van verbreding scenario 1

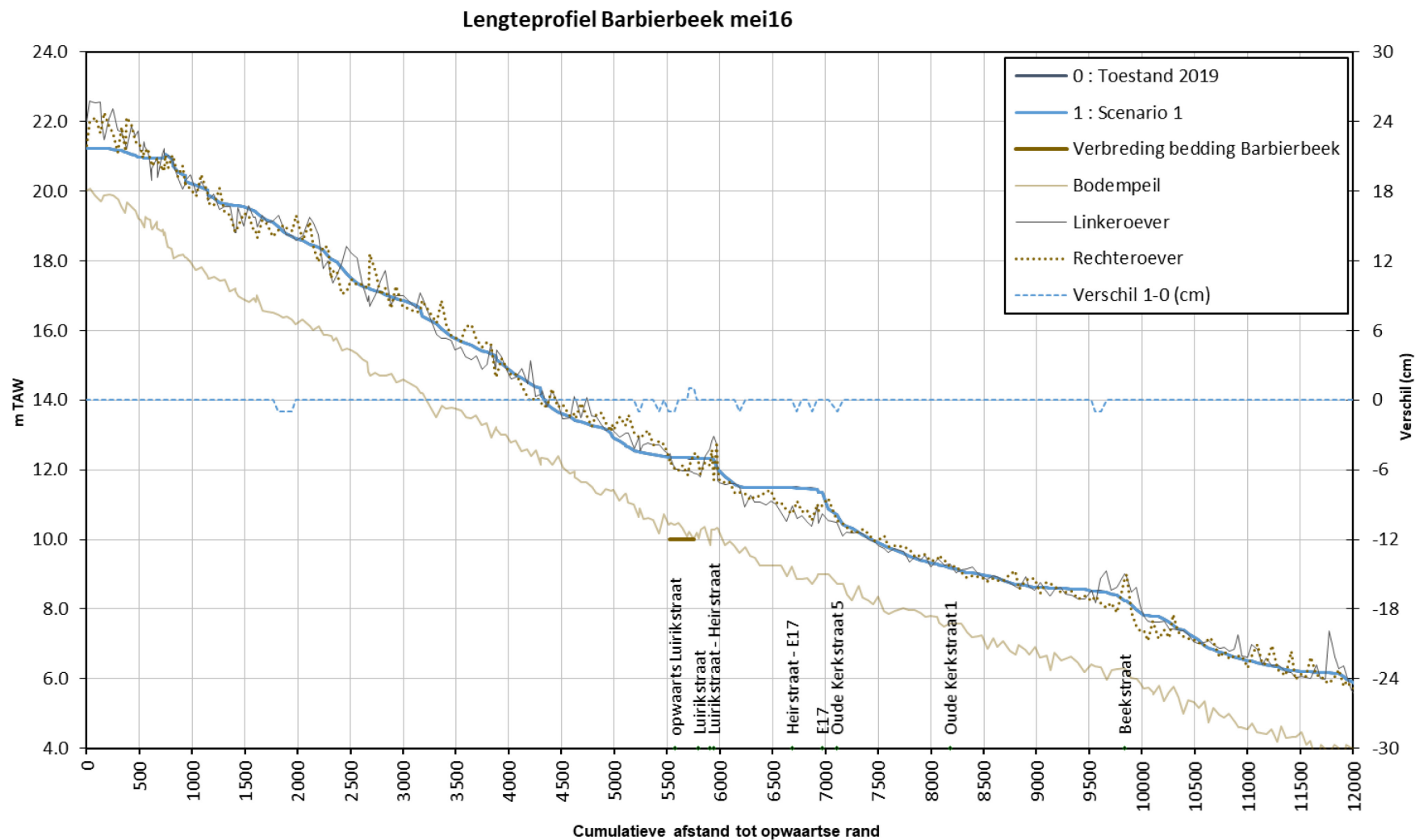


Zwart = toestand 2019; blauw = scenario 1; bruin = hoogte oever

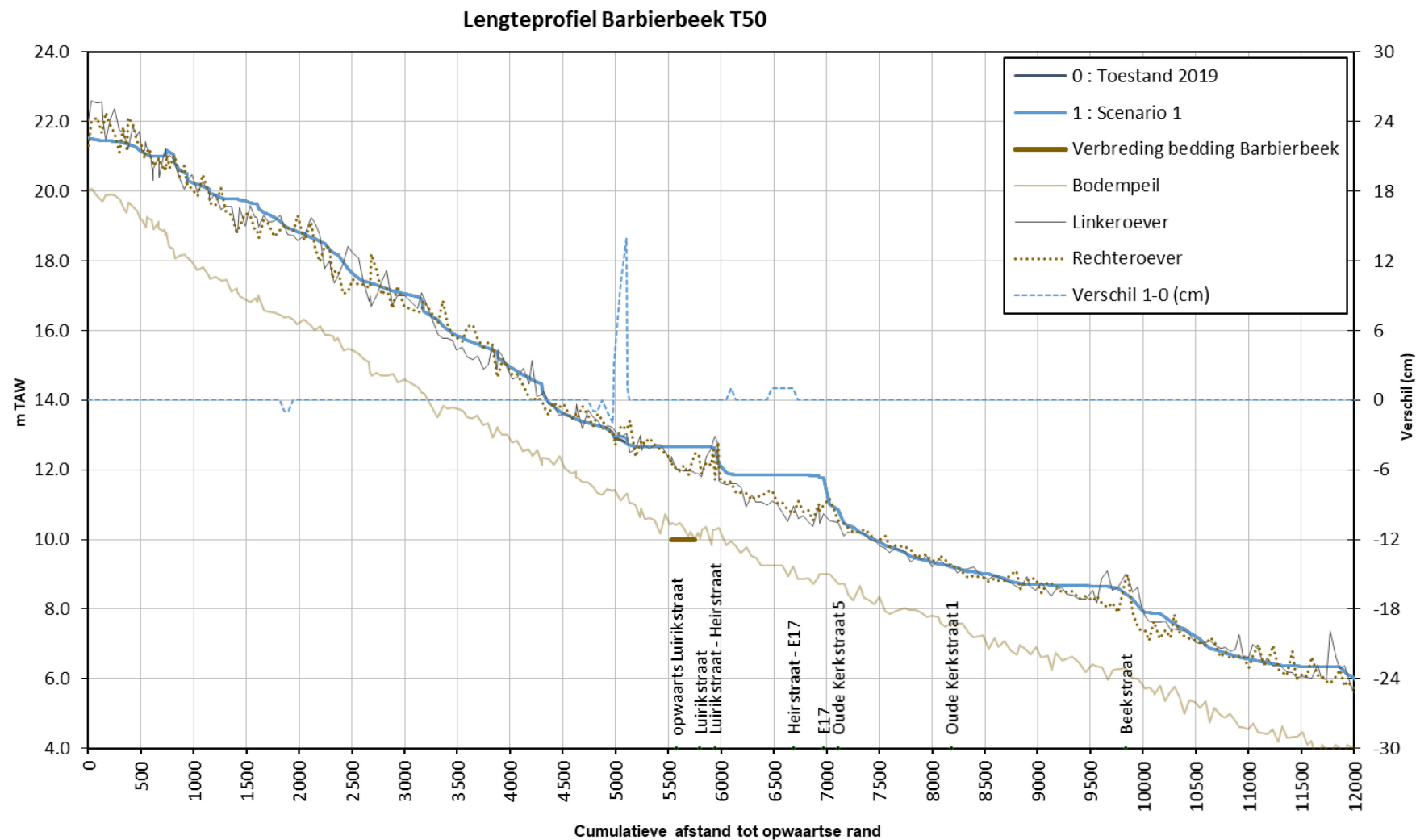
Tabel 10 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 1 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 1	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 1	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 1	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.34	-1	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
Luirikstraat	12.33	12.33	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.30	0	12.64	12.64	0	12.74	12.74	0
Heirstraat – E17	11.48	11.48	0	11.85	11.86	1	11.96	11.96	0
E17	11.34	11.34	0	11.76	11.76	0	11.88	11.88	0
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.84	0	10.87	10.87	0
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.42	0	8.46	8.46	0
OG Luirikstraat RO	12.33	12.33	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
OG Luirikstraat LO	12.34	12.34	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.48	0	11.85	11.86	1	11.96	11.96	0
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.48	0	11.85	11.86	1	11.96	11.96	0
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.69	0	8.73	8.73	0
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.69	0	8.72	8.72	0
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.64	0	8.68	8.68	0

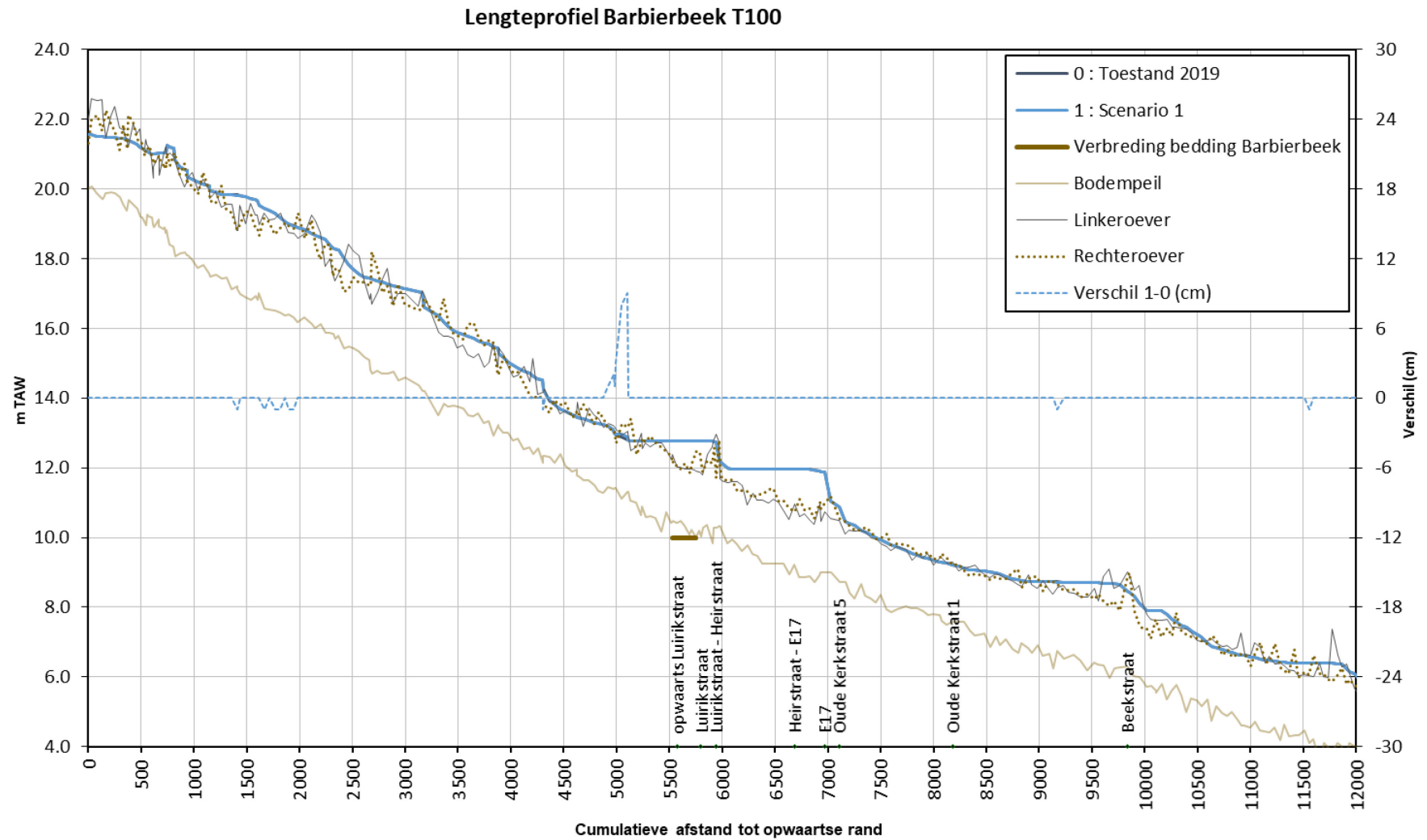
Figuur 24 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – mei 2016



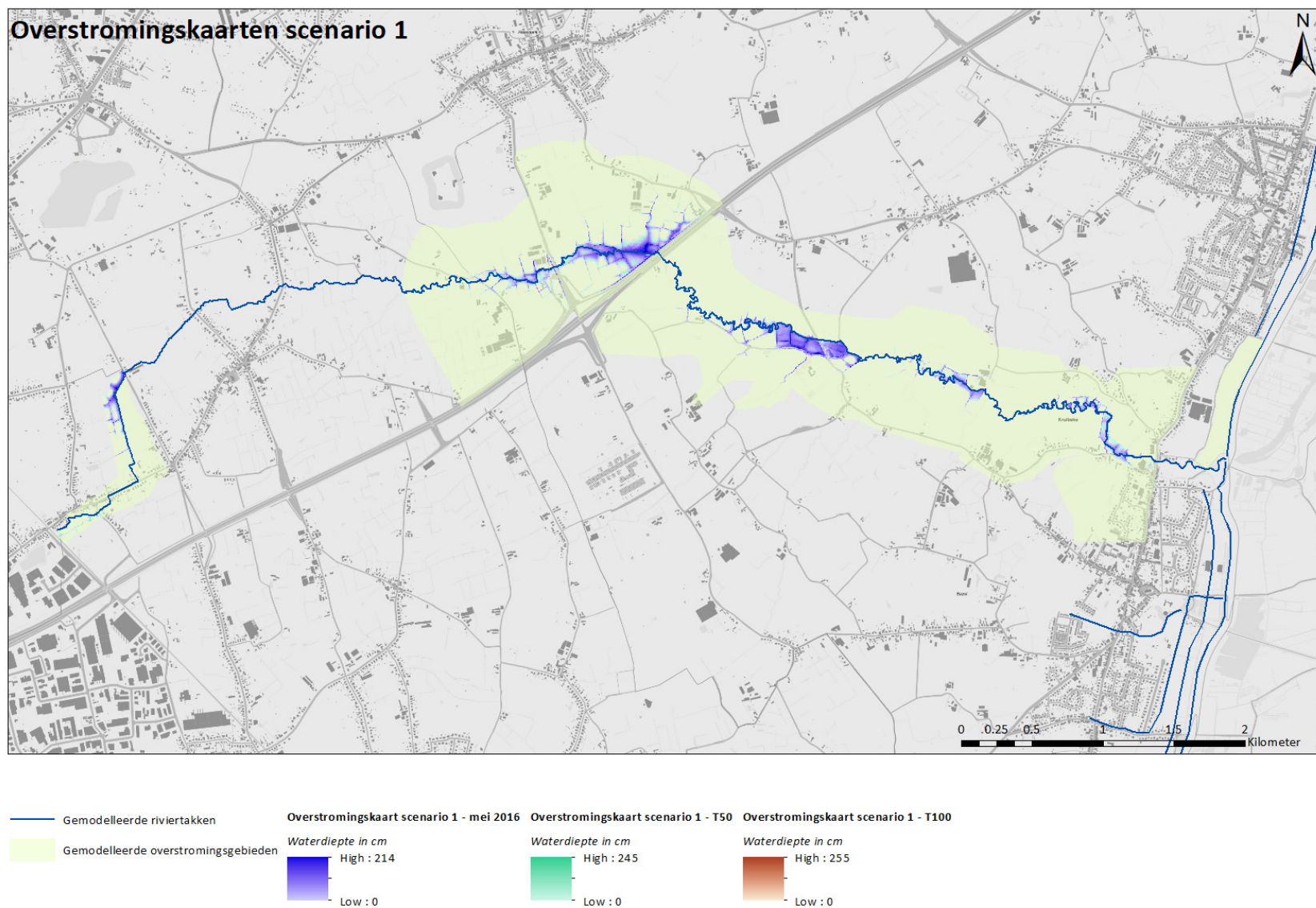
Figuur 25 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – T50



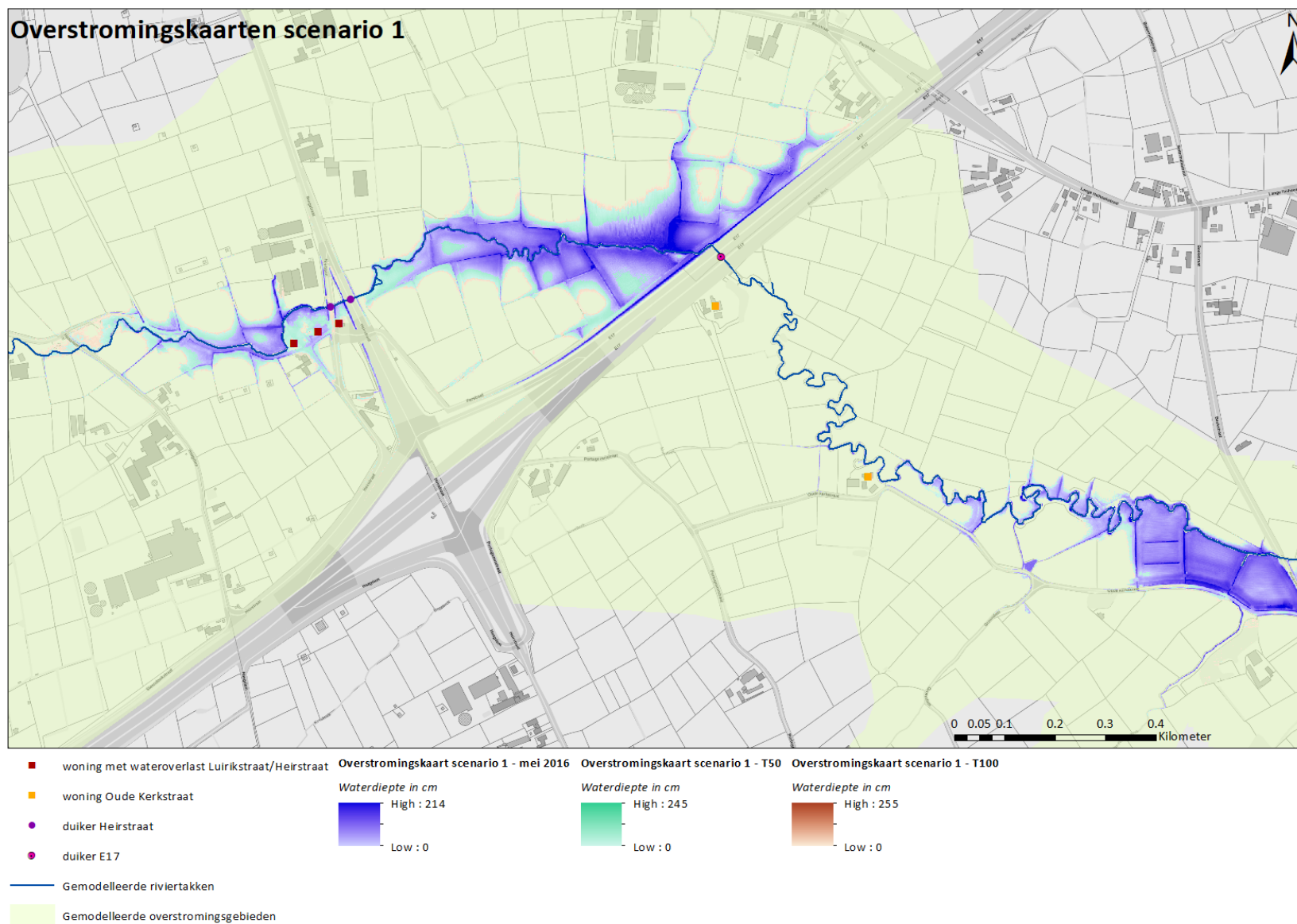
Figuur 26 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1 vs referentie – T100



Figuur 27 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 1 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 28 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 1 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



4.5 Scenario 2

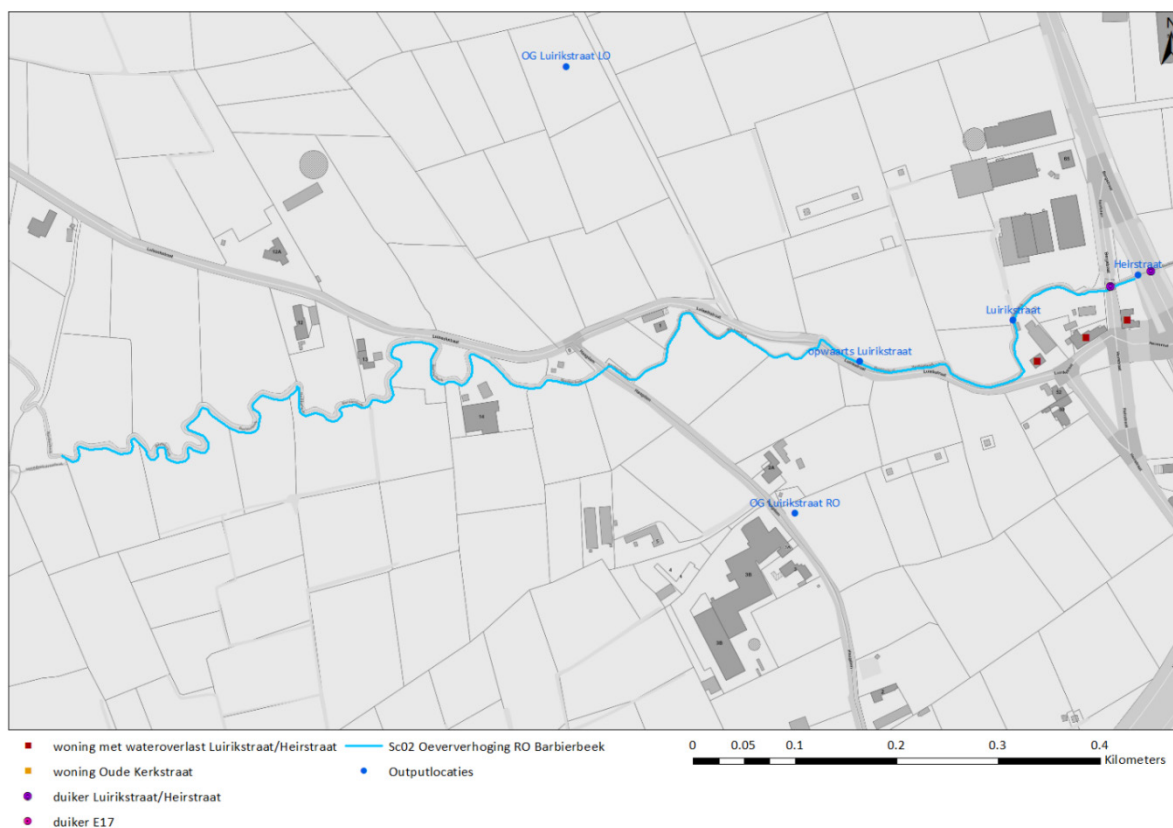
In scenario 2 wordt de rechteroever van de Barbierbeek opwaarts van de Luirikstraat verhoogd tot aan de monding van de Steendonkstraatbeek (zie Figuur 29). Dit is tevens de opwaartse grens van het overstromingsgebied langs de rechteroever. Opdat er geen overstromingen meer zouden voorkomen bij T50 dient de oever verhoogd te worden tot 13,2 mTAW net opwaarts van de koker onder de Luirikstraat, tot 14,6 mTAW aan de monding van de Steendonkstraatbeek.

Dit resulteert in een verhoging van het maximum waterpeil in de Barbierbeek opwaarts van de Luirikstraat met circa 35 cm voor de wasperiode van mei 2016, en meer dan 40 cm voor T50 en T100, alsook een hoger maximum waterpeil in het overstromingsgebied langs de linkeroever. Het verhogen van het waterpeil in het overstromingsgebied langs linkeroever wordt veroorzaakt doordat het water daar niet meer langs de oever kan terugstromen in de beek. Als de vallei niet meer kan afwateren naar de beek, zullen de overstromingen vanuit de Barbierbeek vervangen worden door overstromingen vanuit de zijlopen. De verhoging van het maximum waterpeil in de Barbierbeek opwaarts de Luirikstraat zorgt voor een grotere opstuwing bij nog meer opwaarts gelegen duikers in de Barbierbeek.

De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 2 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 30, Figuur 31 en Figuur 32. Figuur 33 en Figuur 34 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 2, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 11.

Zoals te zien op de lengteprofielen is de oeververhoging tot 13,2 mTAW langs de Luirikstraat niet noodzakelijk. Mogelijk kan de verhoging hier beperkt worden tot lager dan 13 mTAW.

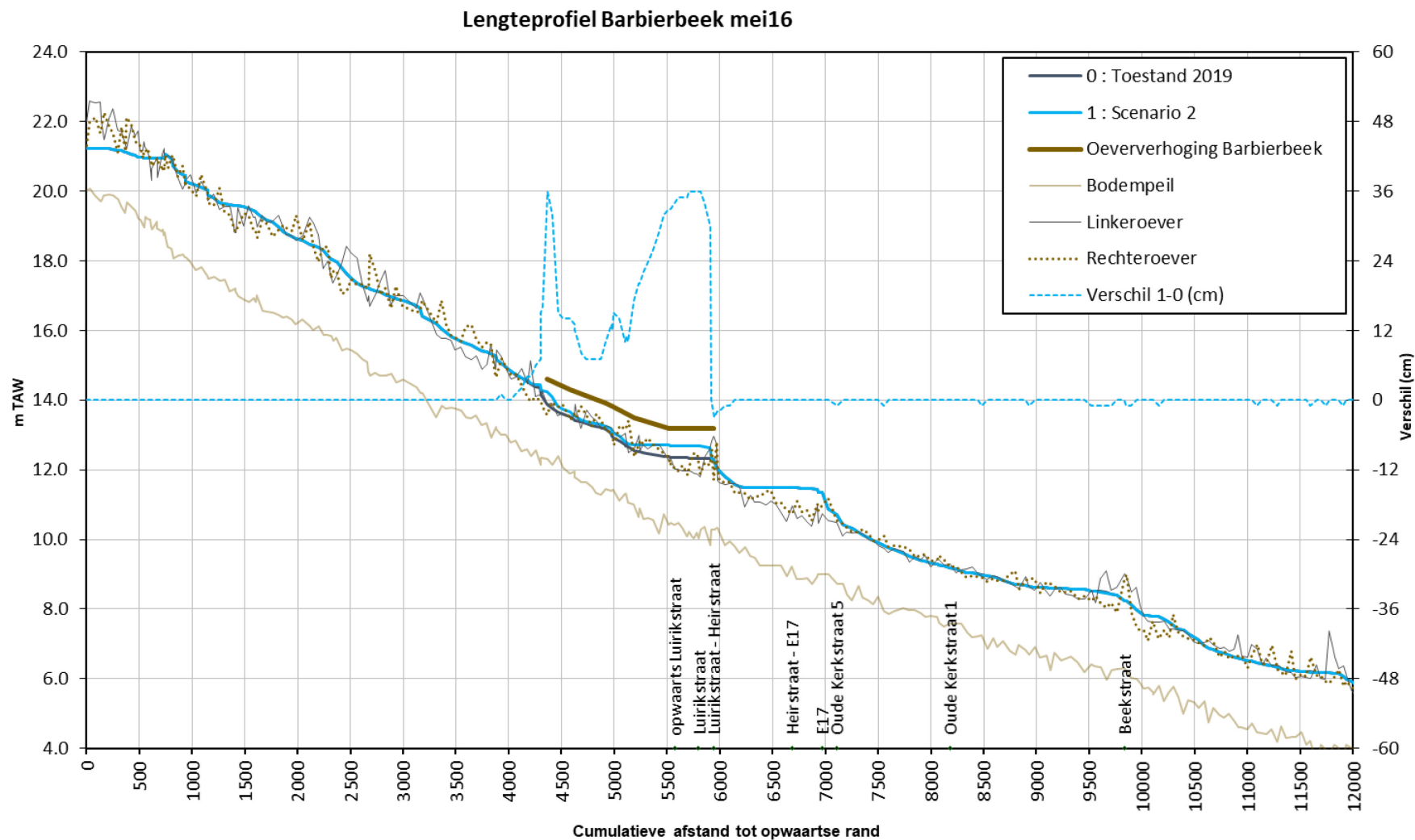
Figuur 29 – Situering oeververhoging Barbierbeek in scenario 2



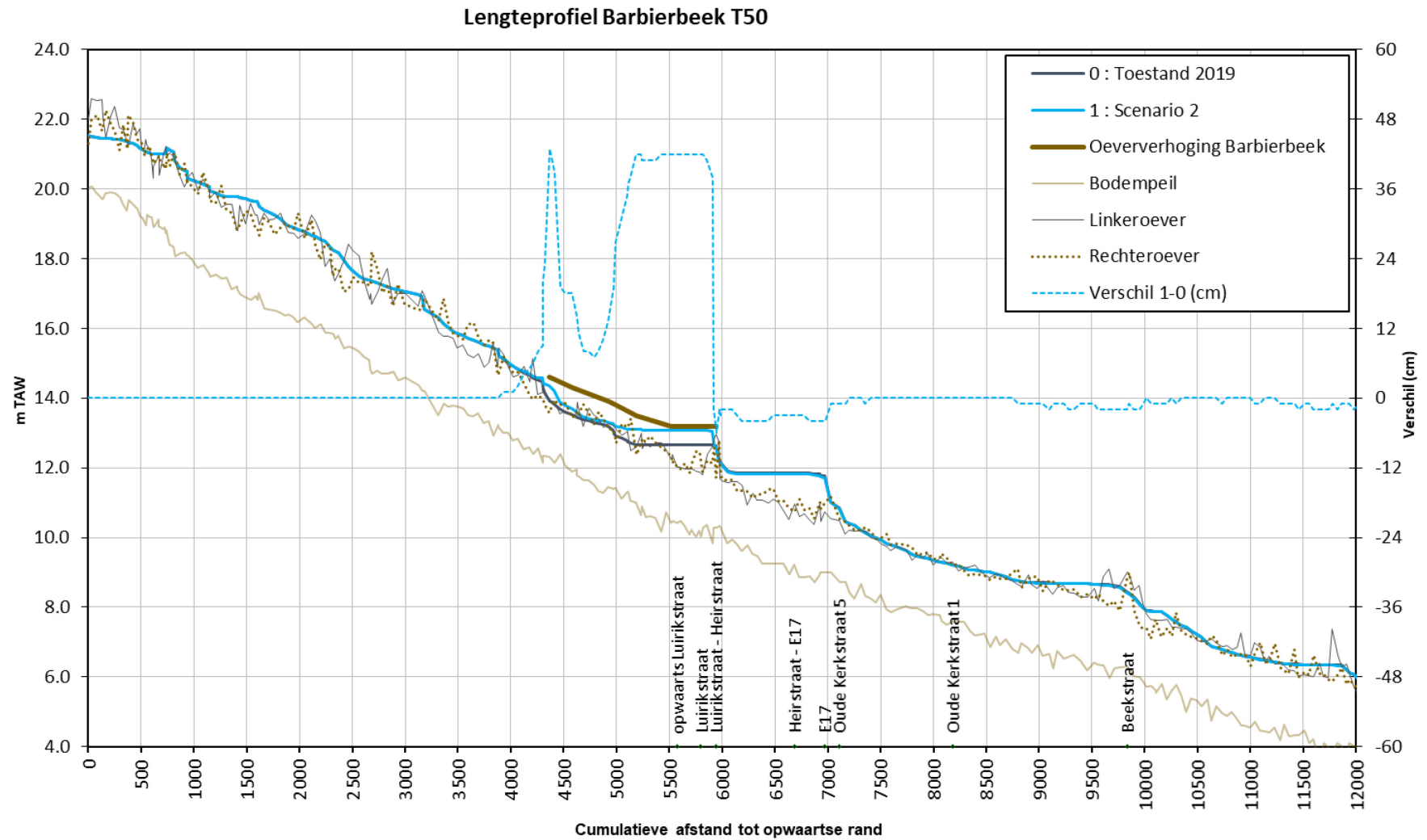
Tabel 11 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 2 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 2	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 2	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 2	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.69	34	12.66	13.08	42	12.76	13.18	42
Luirikstraat	12.33	12.69	36	12.66	13.08	42	12.76	13.17	41
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.27	-3	12.64	12.58	-6	12.74	12.70	-4
Heirstraat – E17	11.48	11.48	0	11.85	11.82	-3	11.96	11.92	-4
E17	11.34	11.34	0	11.76	11.72	-4	11.88	11.83	-5
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.83	-1	10.87	10.86	-1
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.40	-2	8.46	8.45	-1
OG Luirikstraat RO	12.33	9.50	-283	12.66	9.50	-316	12.76	9.50	-326
OG Luirikstraat LO	12.34	12.70	36	12.66	13.08	42	12.76	13.18	42
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.48	0	11.85	11.82	-3	11.96	11.92	-4
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.48	0	11.85	11.82	-3	11.96	11.92	-4
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.68	-1	8.73	8.71	-2
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.68	-1	8.72	8.71	-1
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.62	-2	8.68	8.67	-1

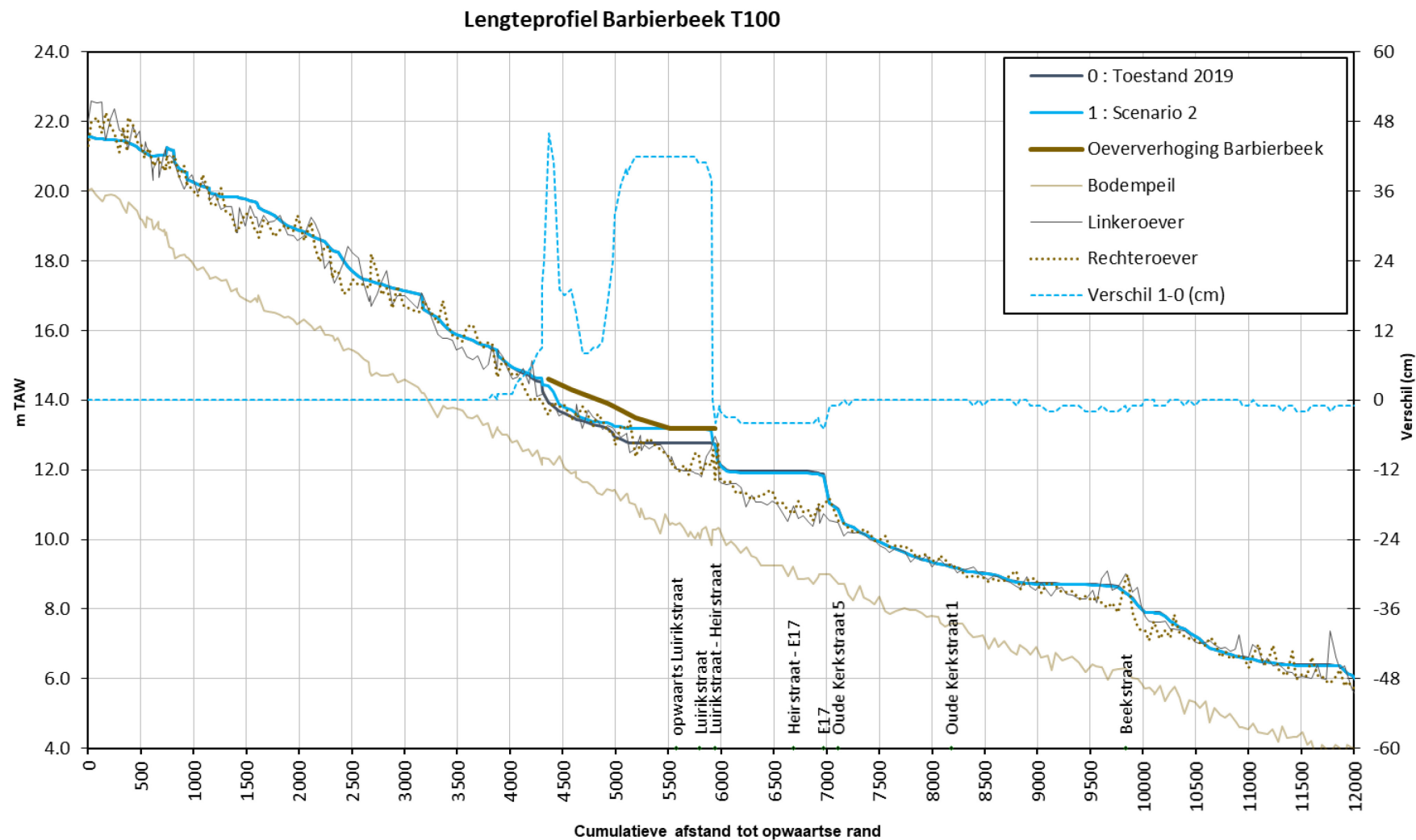
Figuur 30 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – mei 2016



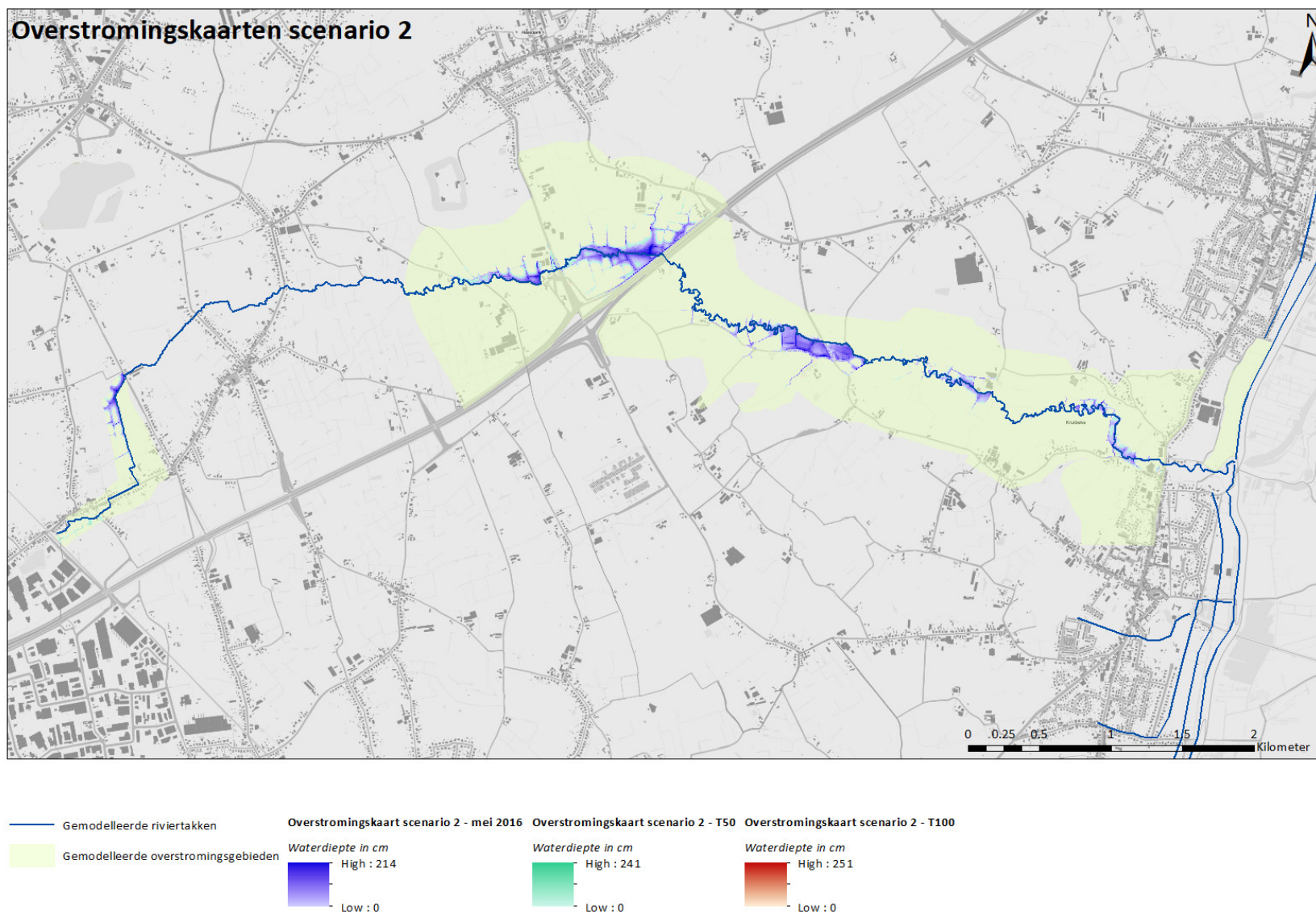
Figuur 31 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – T50



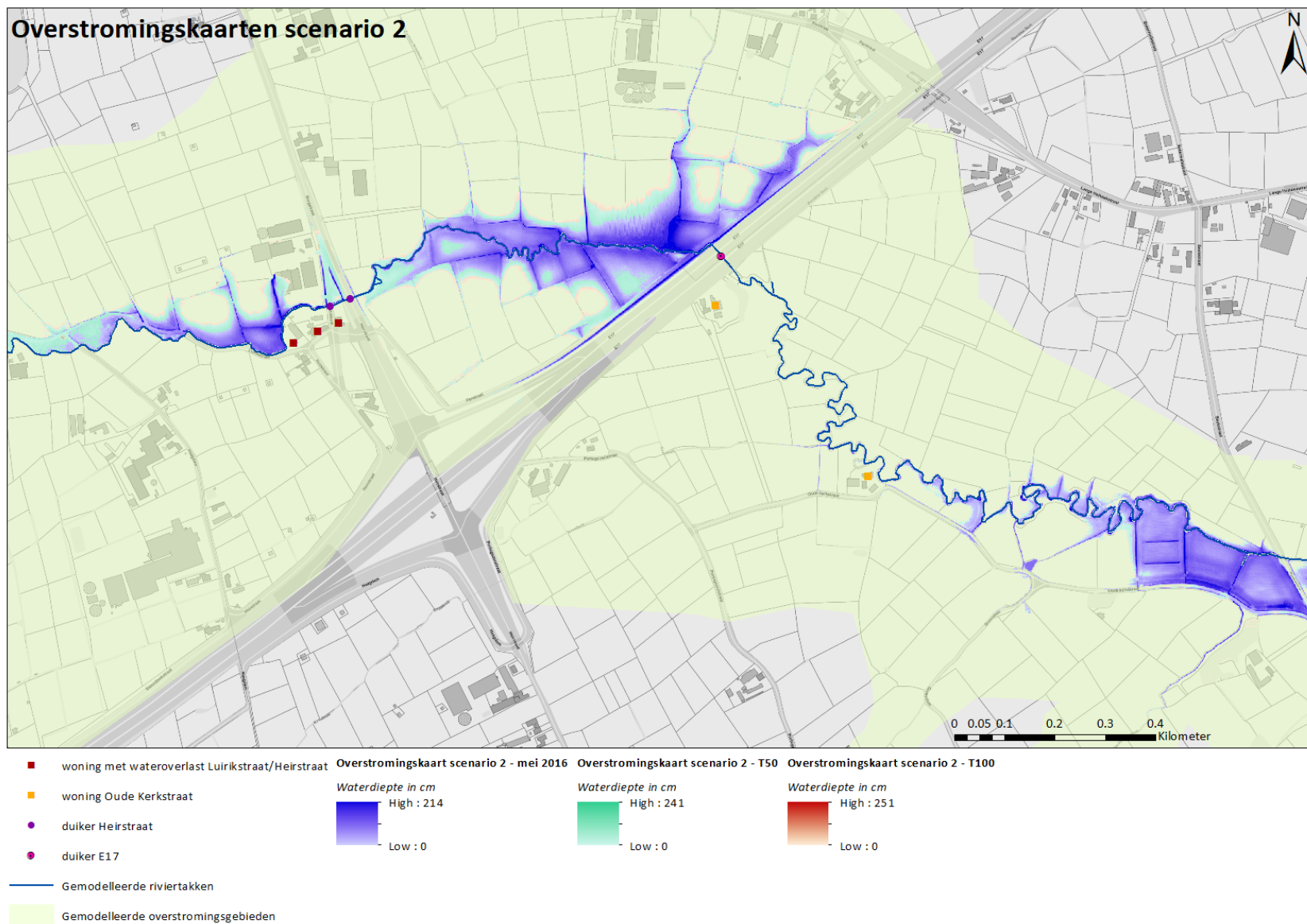
Figuur 32 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2 vs referentie – T100



Figuur 33 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 2 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 34 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 2 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



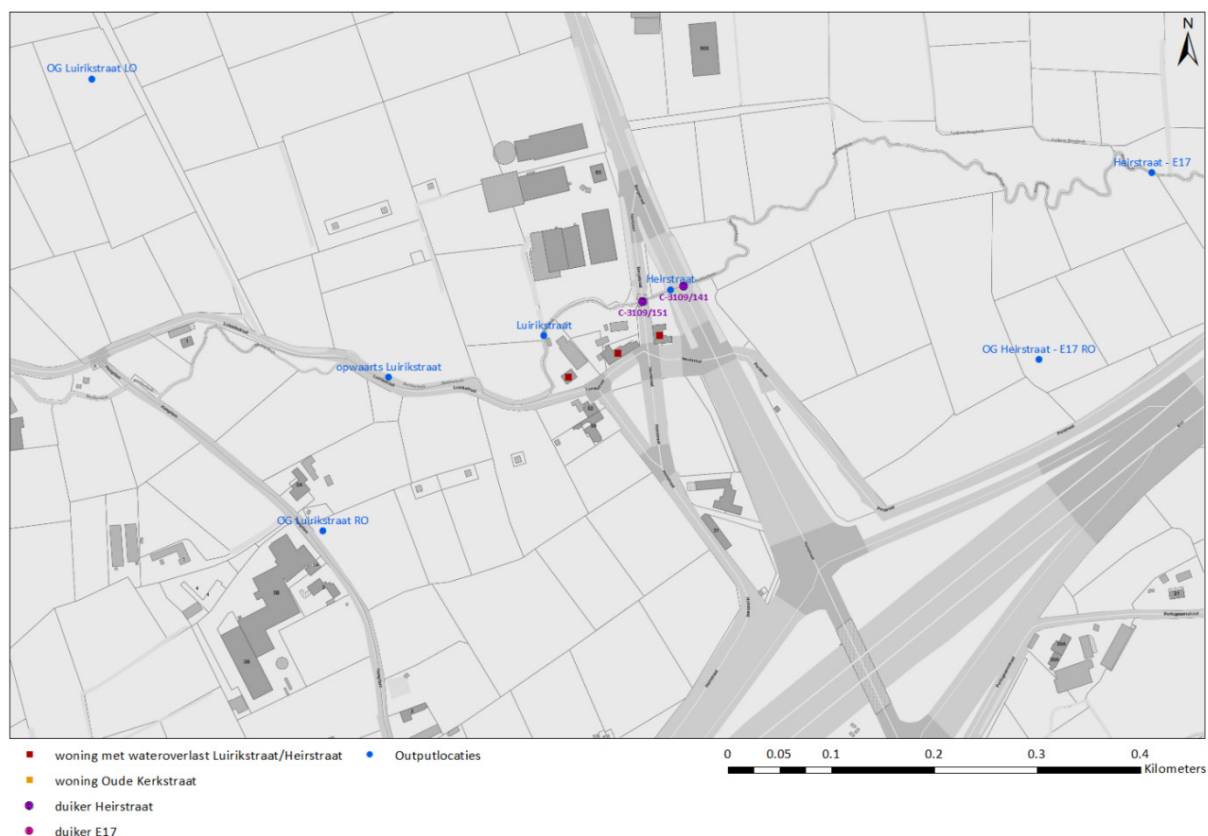
4.6 Scenario 3

In scenario 3 wordt de geometrie van de duikers onder de Heirstraat aangepast (C3109-141 en -151, zie Figuur 35). Er werd vertrokken met de dwarsdoorsneden van de Barbierbeek zonder slib, de zogenaamd 'geruimde bodem'. Beide duikers hebben origineel een ronde geometrie. Deze geometrie werd rechthoekig gemaakt waarbij de maximale breedte behouden is (zie Figuur 36). Het sleutelteil, of de bovenkant van de duiker werd zo hoog mogelijk genomen, rekening houdend met de bovenliggende weg. Bij beide duikers werd het sleutelteil met circa 0,5 m verhoogd. Tabel 12 geeft een overzicht van de oppervlaktes van de secties bij de oorspronkelijke en aangepaste geometrie.

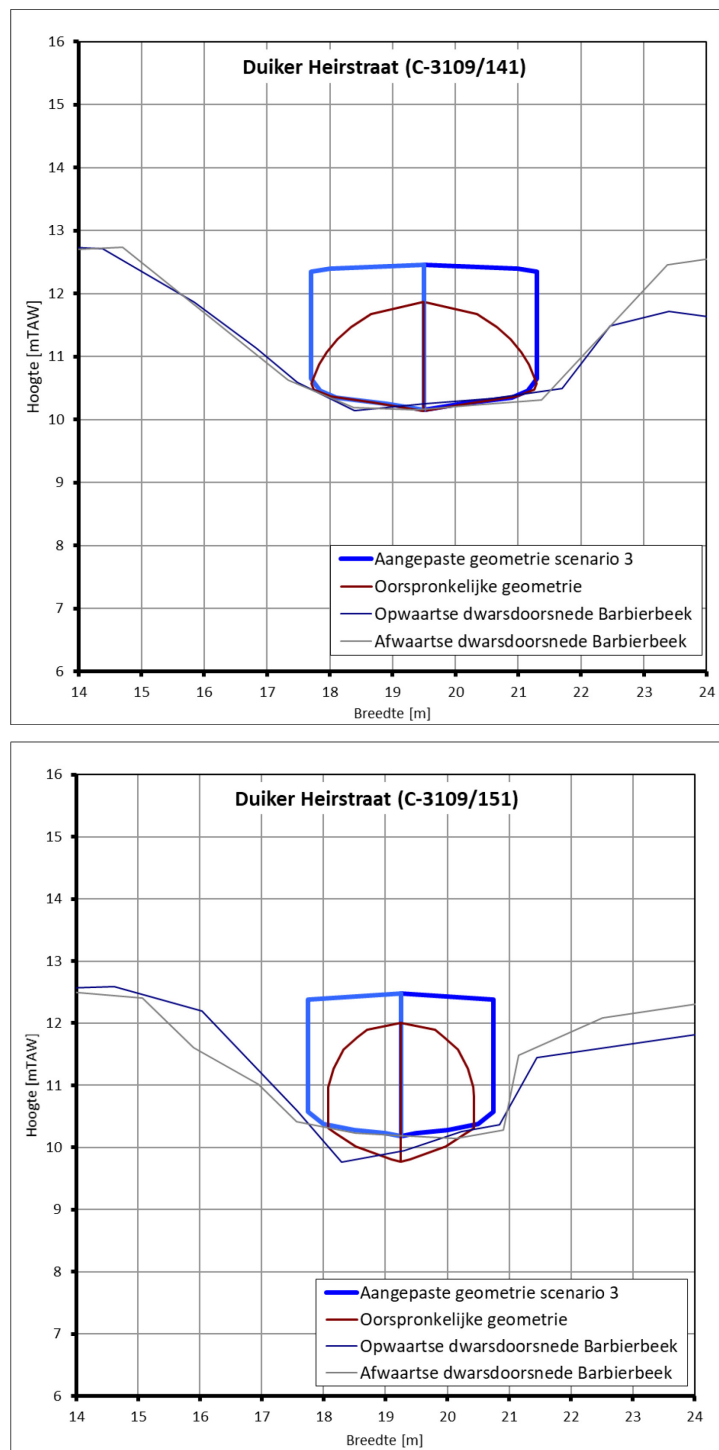
De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 3 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 37, Figuur 38 en Figuur 39. Figuur 40 en Figuur 41 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 3, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 13.

Het vergroten van de duikers onder de Heirstraat zorgt voor een betere afvoer van het water. Er is minder opstuwning opwaarts van de duikers waardoor het maximum waterpeil zowel in de Barbierbeek als in de overstromingsgebieden opwaarts van de kokers verlaagt. Voor de wasperiode van mei 2016 treedt een daling op van het maximum waterpeil met circa 15 cm ter hoogte van de Luijikstraat, en 18 cm tussen de Luijikstraat en de Heirstraat. In het overstromingsgebied langs de rechteroever van de Luijikstraat daalt het waterpeil met circa 12 cm. Bij T50 treedt een daling op van het maximum waterpeil met circa 29 cm ter hoogte van de Luijikstraat, en 31 cm tussen de Luijikstraat en de Heirstraat. In het overstromingsgebied langs de rechteroever van de Luijikstraat daalt het waterpeil met circa 30 cm. Bij T100 is deze daling telkens circa 5 cm groter.

Figuur 35 – Situering duikers Barbierbeek onder Heirstraat met aangepaste geometrie in scenario 3



Figuur 36 – Duikers Barbierbeek onder Heirstraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 3



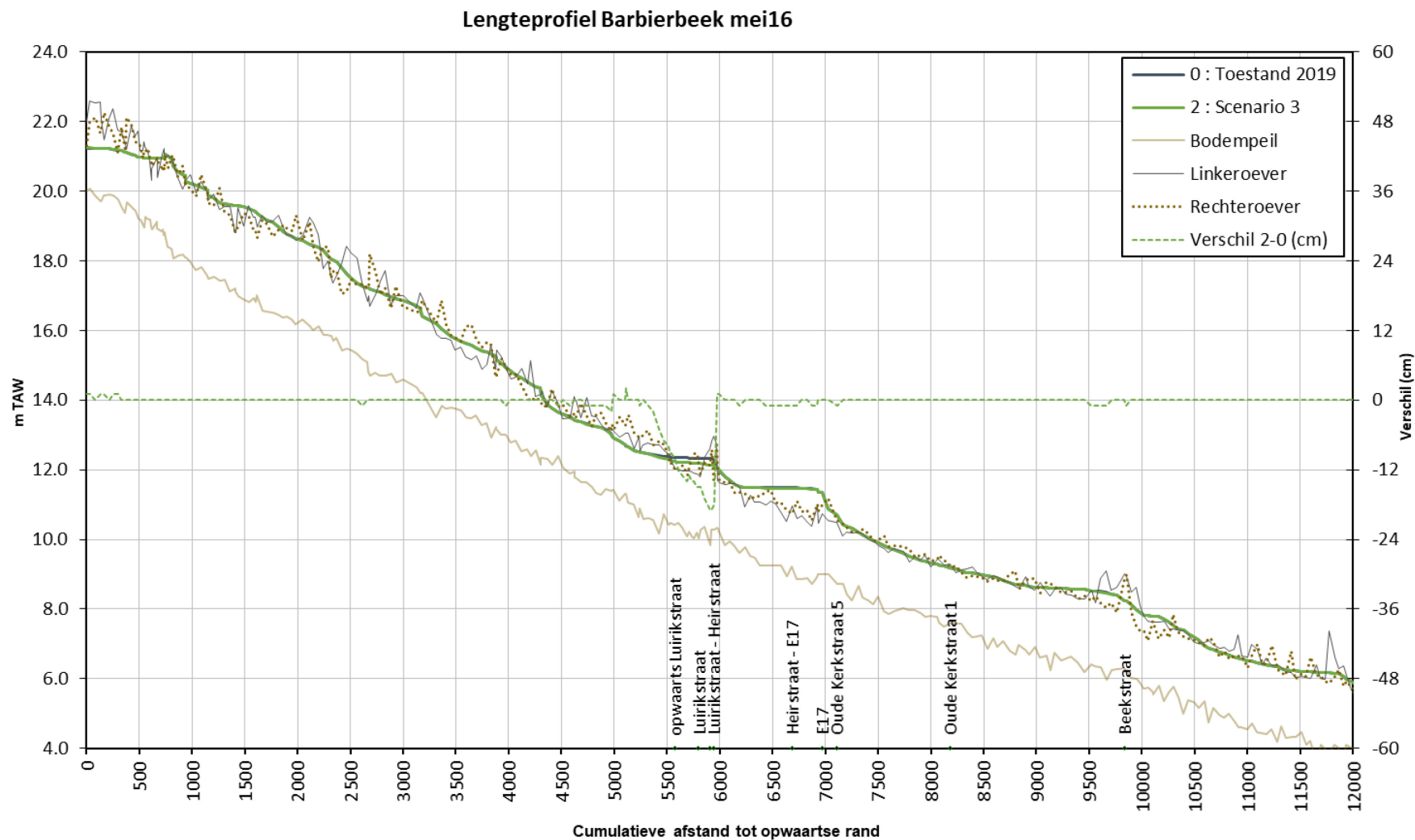
Tabel 12 – Oppervlakte secties aangepaste duikers in scenario 3

Koker	Oppervlakte sectie oorspronkelijke geometrie	Oppervlakte sectie aangepaste geometrie
C-3109/151	3.1 m ²	6.4 m ²
C-3109/141	3.9 m ²	7.6 m ²

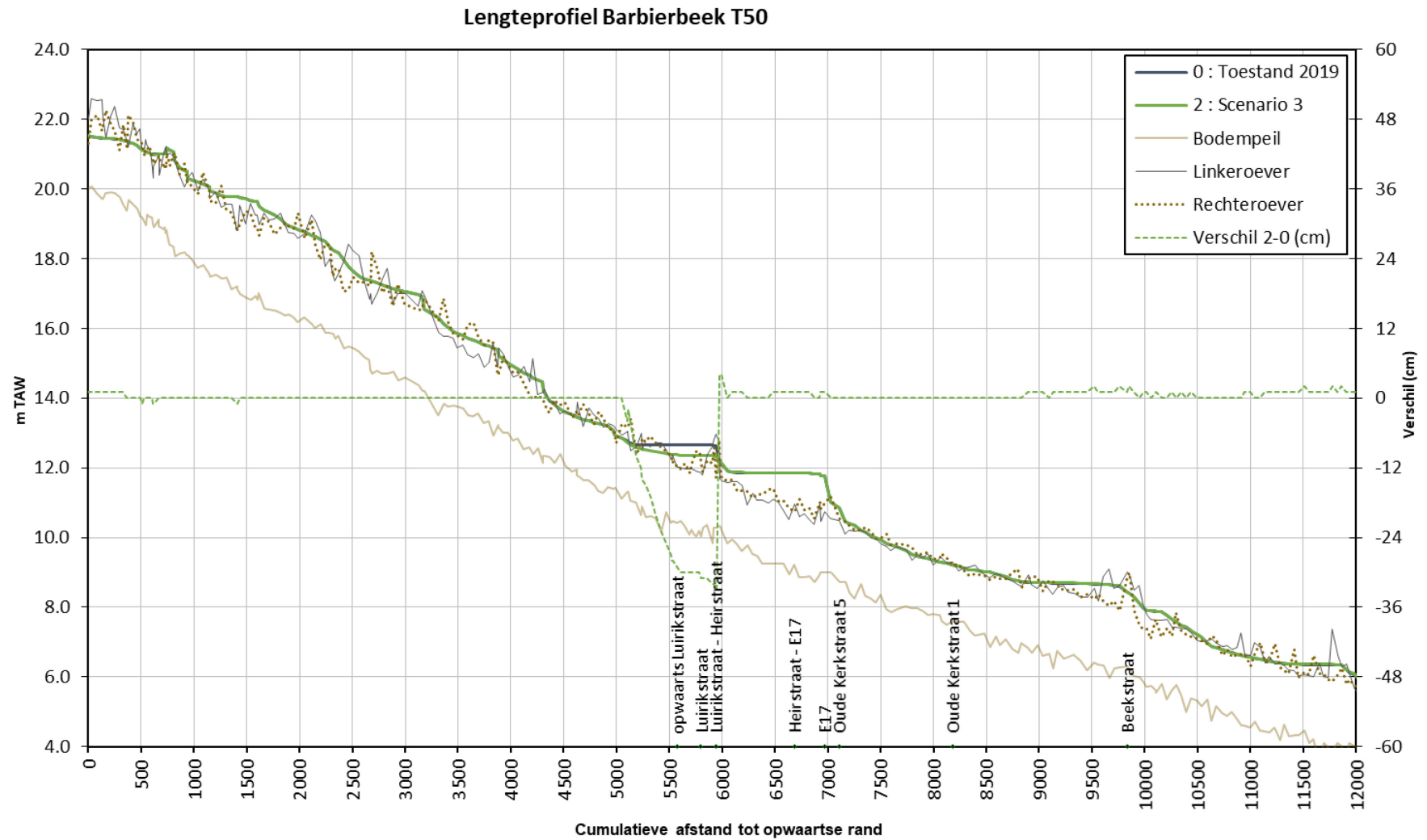
Tabel 13 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 3 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 3	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 3	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 3	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.25	-10	12.66	12.37	-29	12.76	12.42	-34
Luirikstraat	12.33	12.18	-15	12.66	12.35	-31	12.76	12.41	-35
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.12	-18	12.64	12.31	-33	12.74	12.37	-37
Heirstraat – E17	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
E17	11.34	11.34	0	11.76	11.77	1	11.88	11.89	1
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.84	0	10.87	10.87	0
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.43	1	8.46	8.48	2
OG Luirikstraat RO	12.33	12.21	-12	12.66	12.36	-30	12.76	12.41	-35
OG Luirikstraat LO	12.34	12.19	-15	12.66	12.36	-30	12.76	12.42	-34
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.70	1	8.73	8.74	1
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.70	1	8.72	8.74	2
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.65	1	8.68	8.70	2

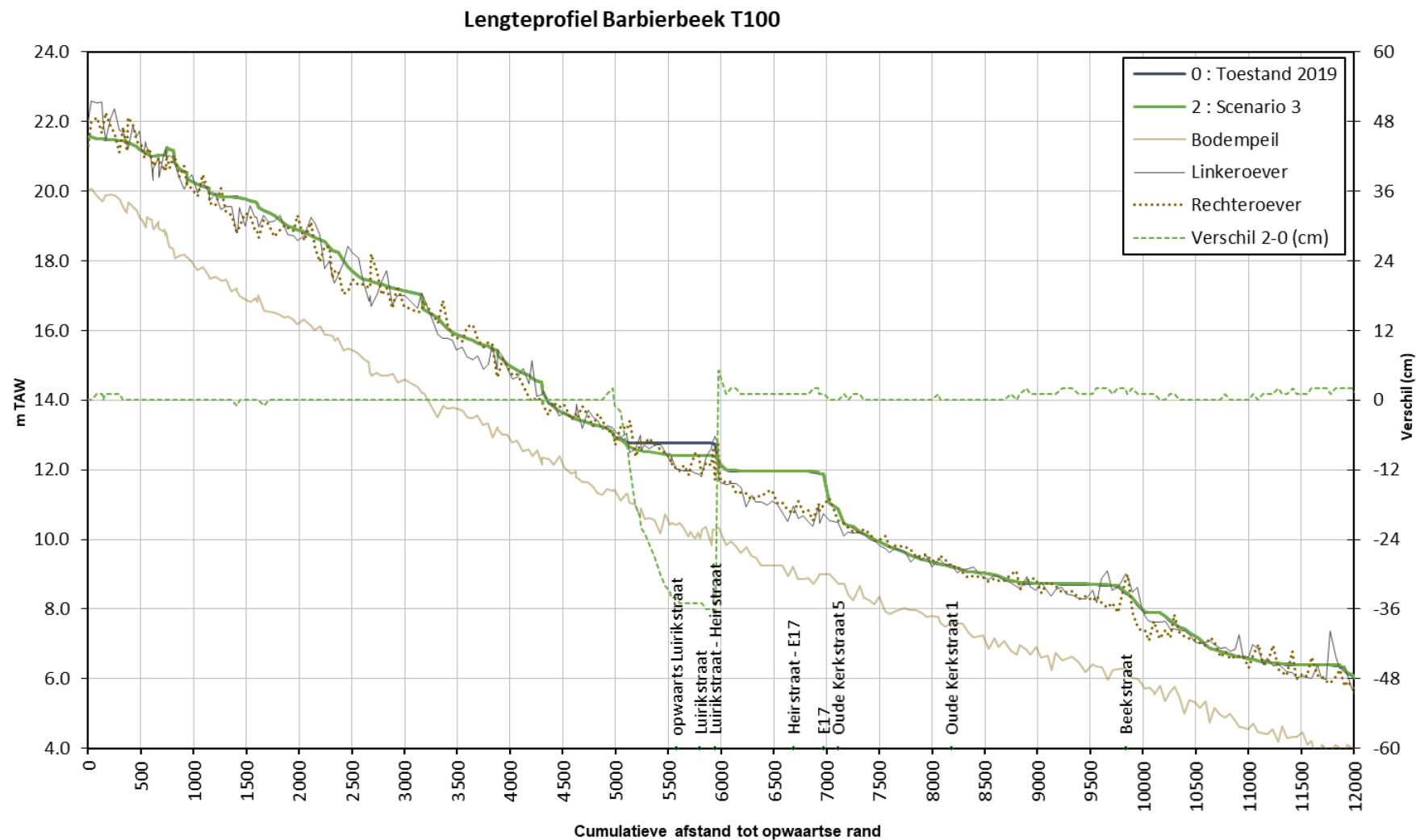
Figuur 37 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – mei 2016



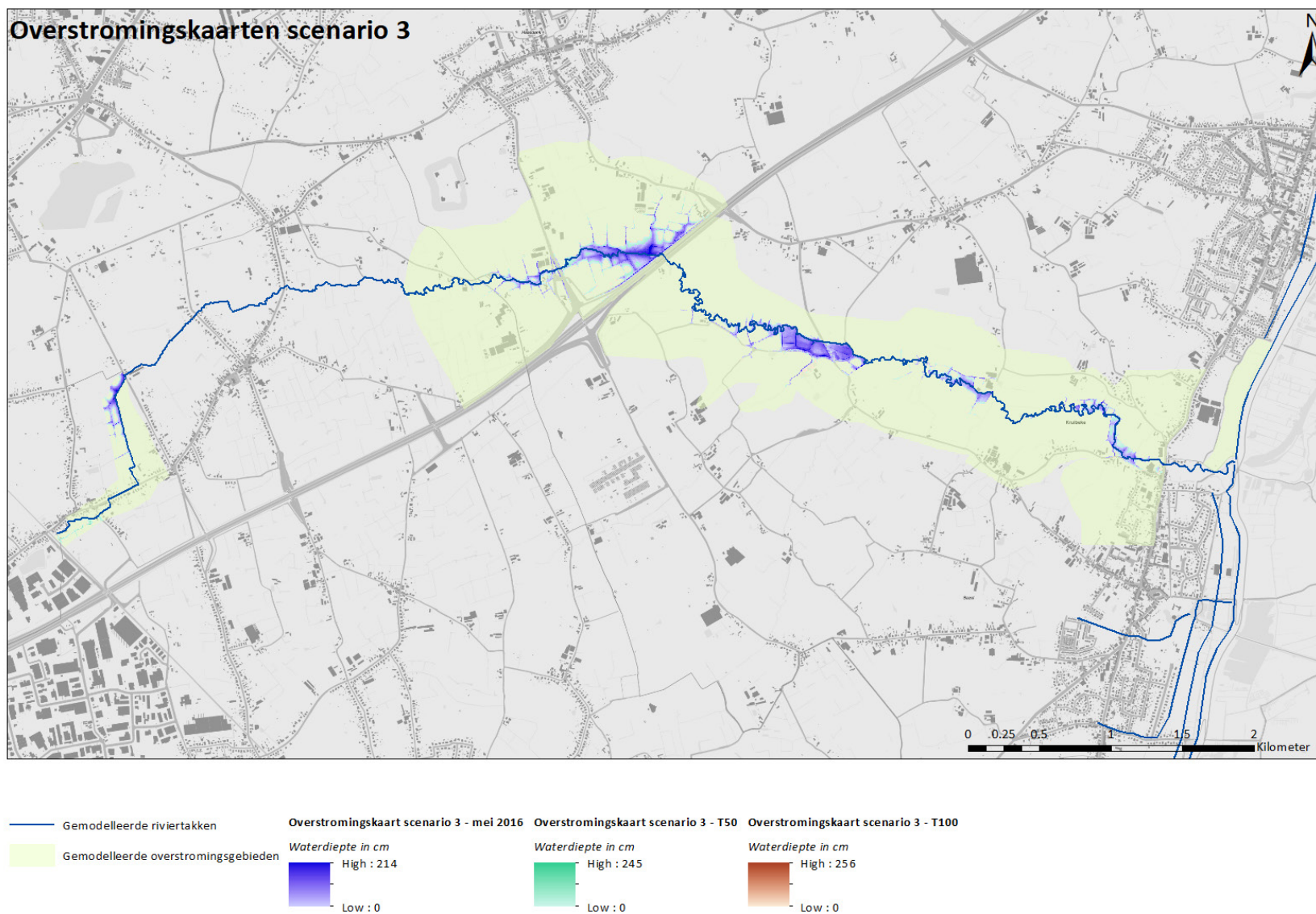
Figuur 38 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – T50



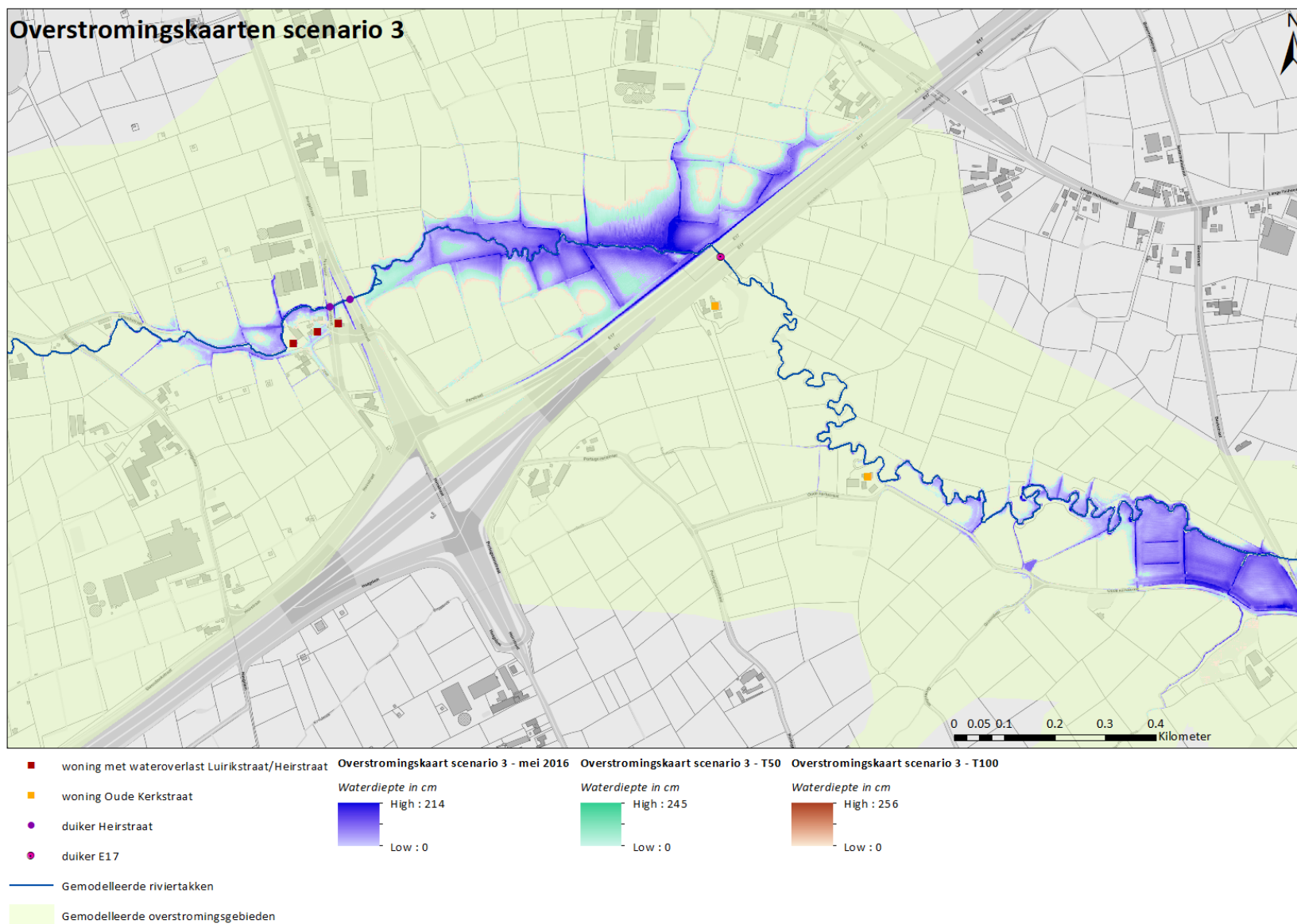
Figuur 39 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 3 vs referentie – T100



Figuur 40 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 3 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 41 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 3 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



4.7 Scenario 4

Scenario 4 is een combinatie van scenario 1 en scenario 3, i.e. de verbreding van de Barbierbeek ter hoogte van de Luirikstraat en de aanpassing van de geometrie van de duikers onder de Heirstraat.

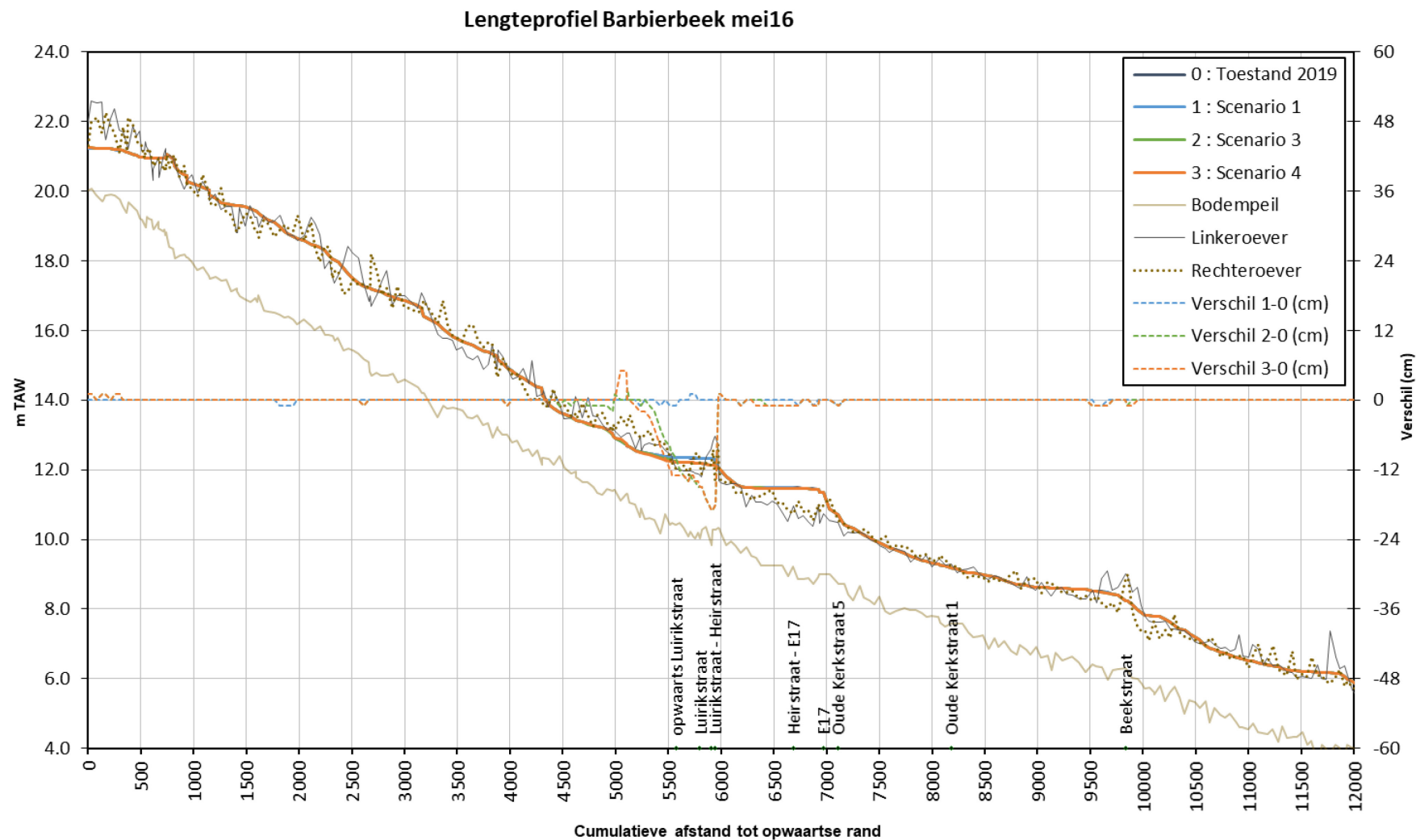
De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 4 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 42, Figuur 43 en Figuur 44. Figuur 45 en Figuur 46 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 4, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 14.

Het effect van scenario 4 op de maximum waterpeilen komt overeen met het cumulatief effect van scenario's 1 en 3. Het aanpassen van de geometrie van de duikers onder de Heirstraat zorgt voor een vlottere afvoer van het water vanuit de verbrede Barbierbeek. Voor de wasperiode van mei 2016 treedt een daling op van het maximum waterpeil met circa 15 cm ter hoogte van de Luirikstraat, en 18 cm tussen de Luirikstraat en de Heirstraat. In het overstromingsgebied langs de rechteroever van de Luirikstraat daalt het waterpeil met circa 13 cm. Bij T50 treedt een daling op van het maximum waterpeil met circa 31 cm ter hoogte van de Luirikstraat, en 33 cm tussen de Luirikstraat en de Heirstraat. In het overstromingsgebied langs de rechteroever van de Luirikstraat daalt het waterpeil met circa 30 cm. Bij T100 is deze daling telkens circa 4 cm groter.

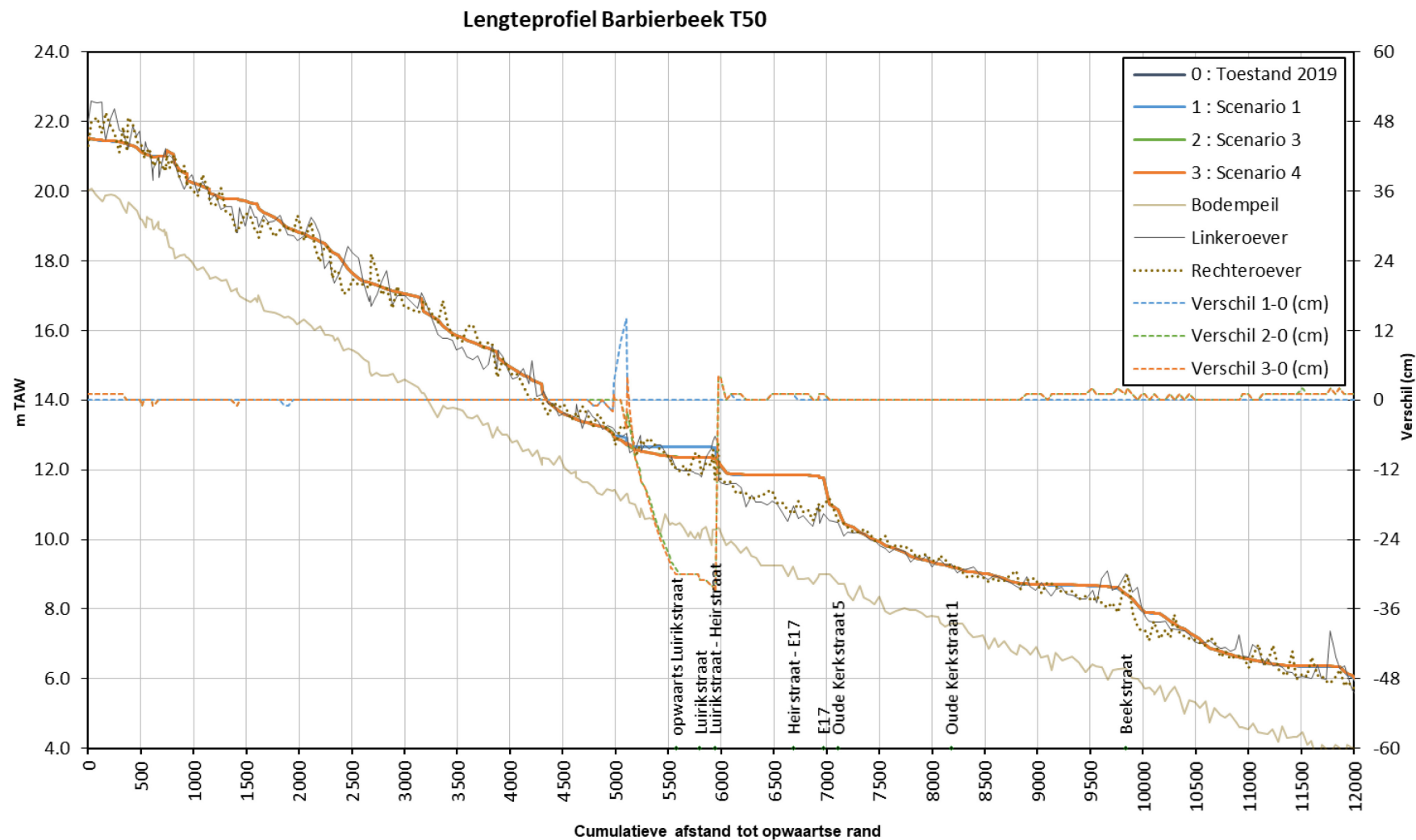
Tabel 14 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 4 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 4	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 4	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 4	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.22	-13	12.66	12.36	-30	12.76	12.42	-34
Luirikstraat	12.33	12.18	-15	12.66	12.35	-31	12.76	12.41	-35
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.12	-18	12.64	12.31	-33	12.74	12.37	-37
Heirstraat – E17	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
E17	11.34	11.34	0	11.76	11.77	1	11.88	11.89	1
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.84	0	10.87	10.87	0
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.43	1	8.46	8.48	2
OG Luirikstraat RO	12.33	12.20	-13	12.66	12.36	-30	12.76	12.41	-35
OG Luirikstraat LO	12.34	12.19	-15	12.66	12.36	-30	12.76	12.42	-34
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.70	1	8.73	8.74	1
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.70	1	8.72	8.74	2
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.65	1	8.68	8.70	2

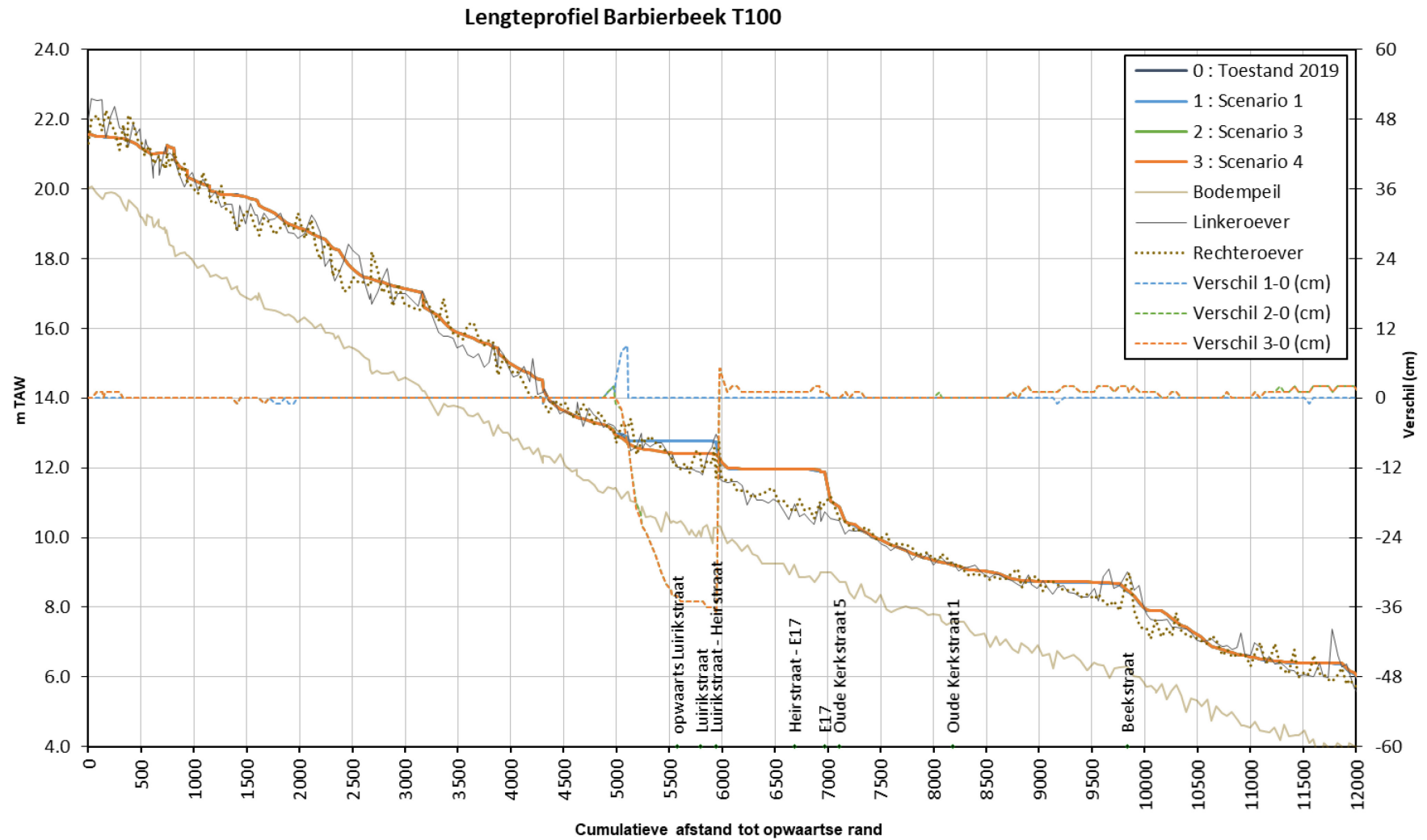
Figuur 42 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – mei 2016



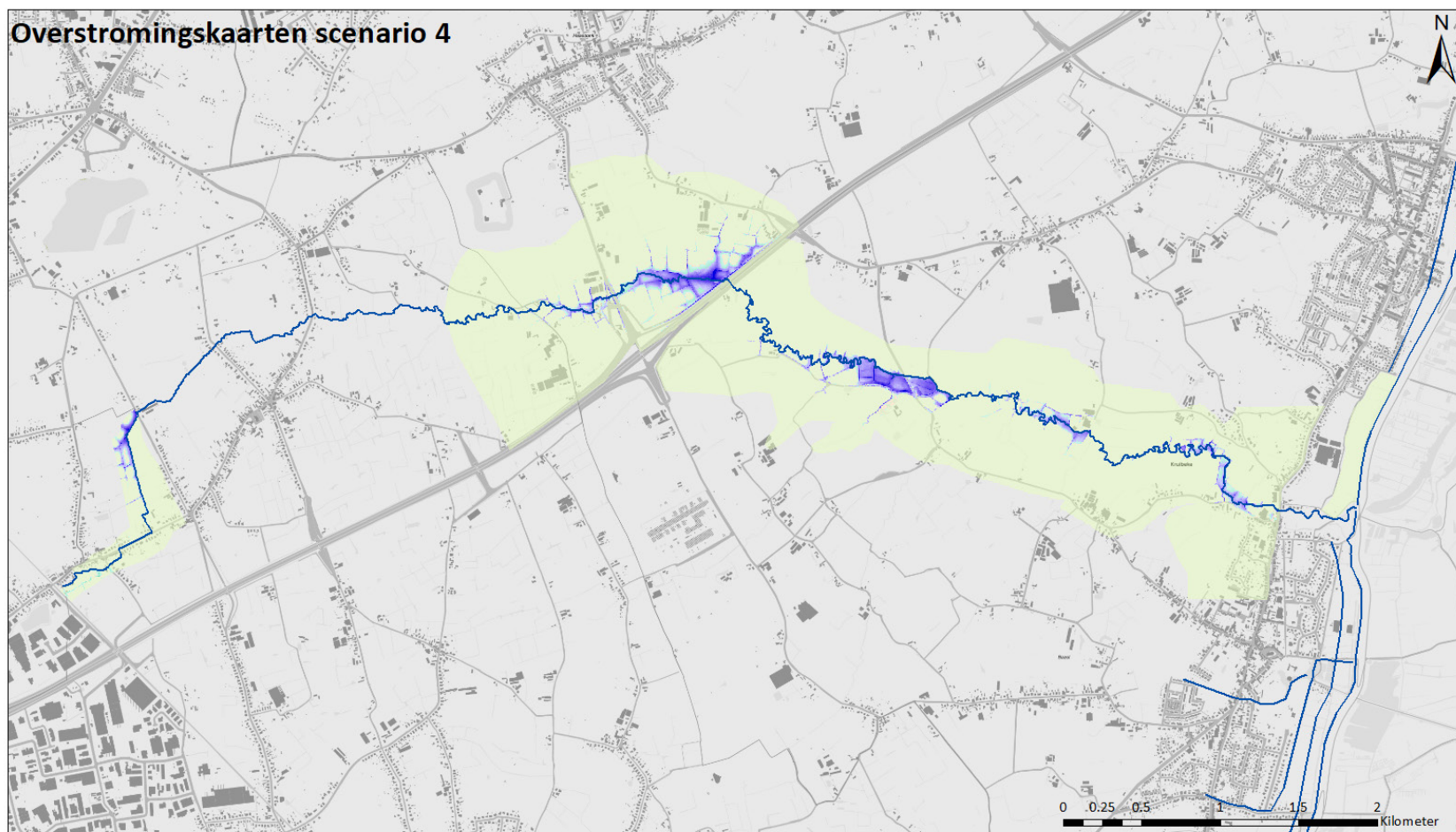
Figuur 43 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – T50



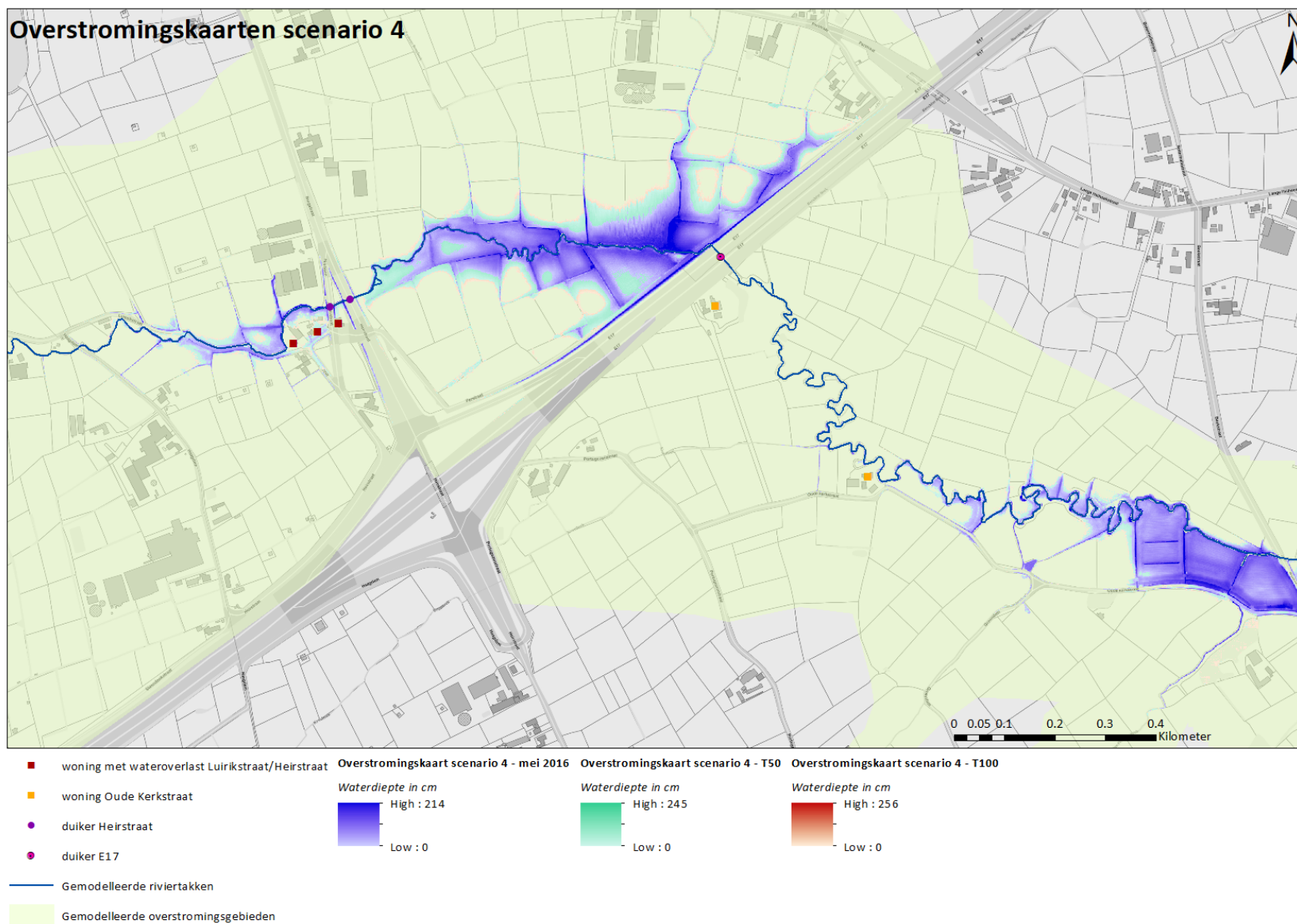
Figuur 44 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 1,3 en 4 vs referentie – T100



Figuur 45 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 4 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 46 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 4 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



4.8 Scenario 5

Scenario 5 is een combinatie van scenario 2 en scenario 3. De oeververhoging opwaarts van de Luirikstraat wordt gecombineerd met de aanpassing van de geometrie van de duikers onder de Heirstraat.

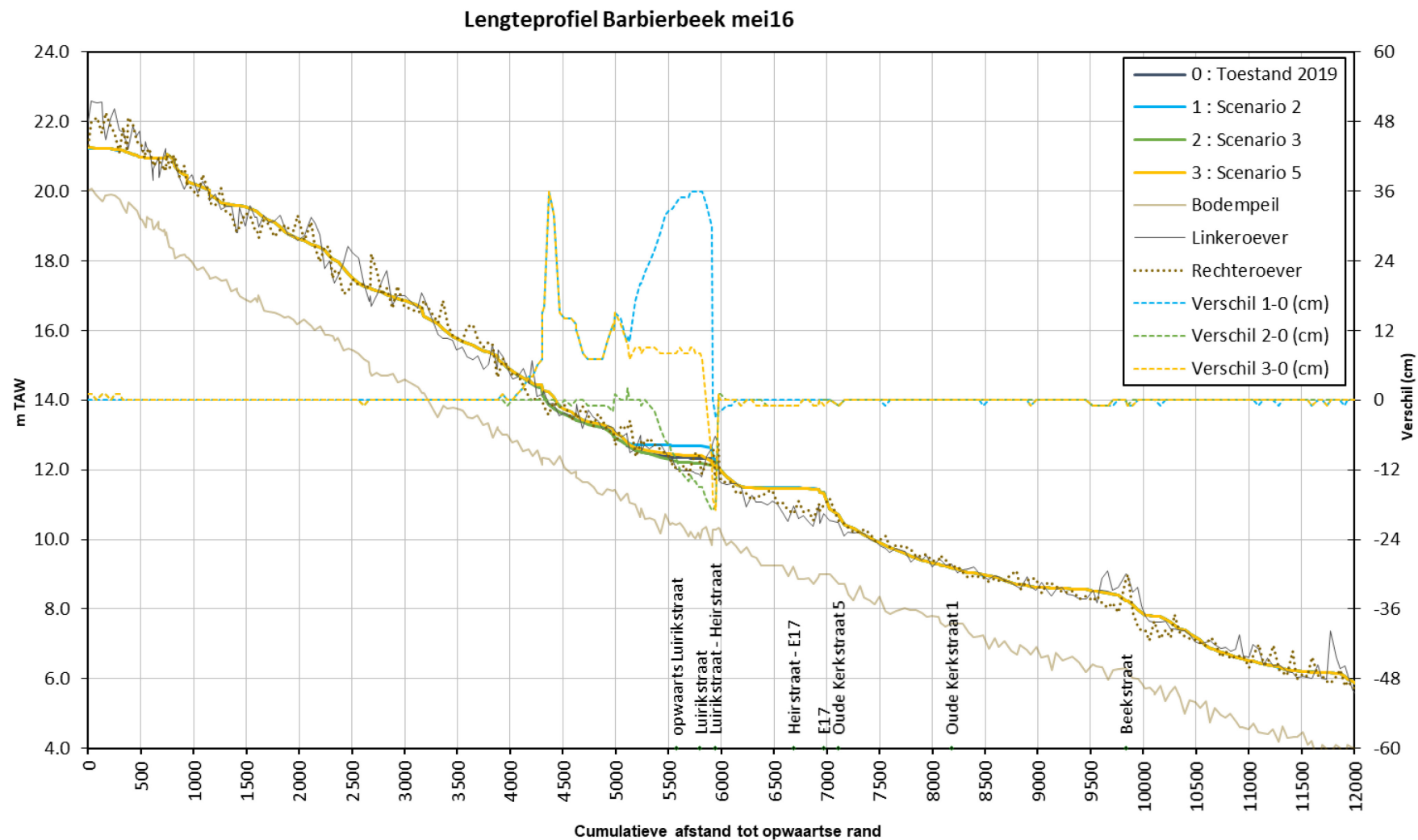
De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 5 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 47, Figuur 48 en Figuur 49. Figuur 50 en Figuur 51 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 5, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 15.

Het effect van scenario 5 op het maximum waterpeil in de Barbierbeek is niet gelijk aan het cumulatief effect van scenario's 2 en 3. De stijging van het maximum waterpeil in scenario 2 wordt deels gecompenseerd door de daling van het maximum waterpeil in scenario 3. Er blijft echter nog een stijging van het maximum waterpeil in de Barbierbeek aanwezig, voornamelijk opwaarts van de zone waarin de daling in scenario 3 voorkomt. Tijdens de wasperiode van mei 2016 stijgt het maximum waterpeil net opwaarts de Luirikstraat nog met circa 8 cm in scenario 5, doch meer opwaarts blijft een stijging tot 36 cm, tengevolge van opstuwing door meerdere opwaarts gelegen duikers met een kleinere doorsnede. Bij T50 treedt een beperkte daling van het maximum waterpeil net opwaarts de Luirikstraat met circa 2 cm. Opwaarts de duiker stijgt het maximum waterpeil echter met bijna 45 cm. Bij T100 wordt de stijging van scenario 2 volledig tenietgedaan door de combinatie met scenario 3, ter hoogte van en net opwaarts van de Luirikstraat. Meer opwaarts blijft een opstuwing door de duikers voor een stijging van het maximum waterpeil met meer dan 45 cm zorgen.

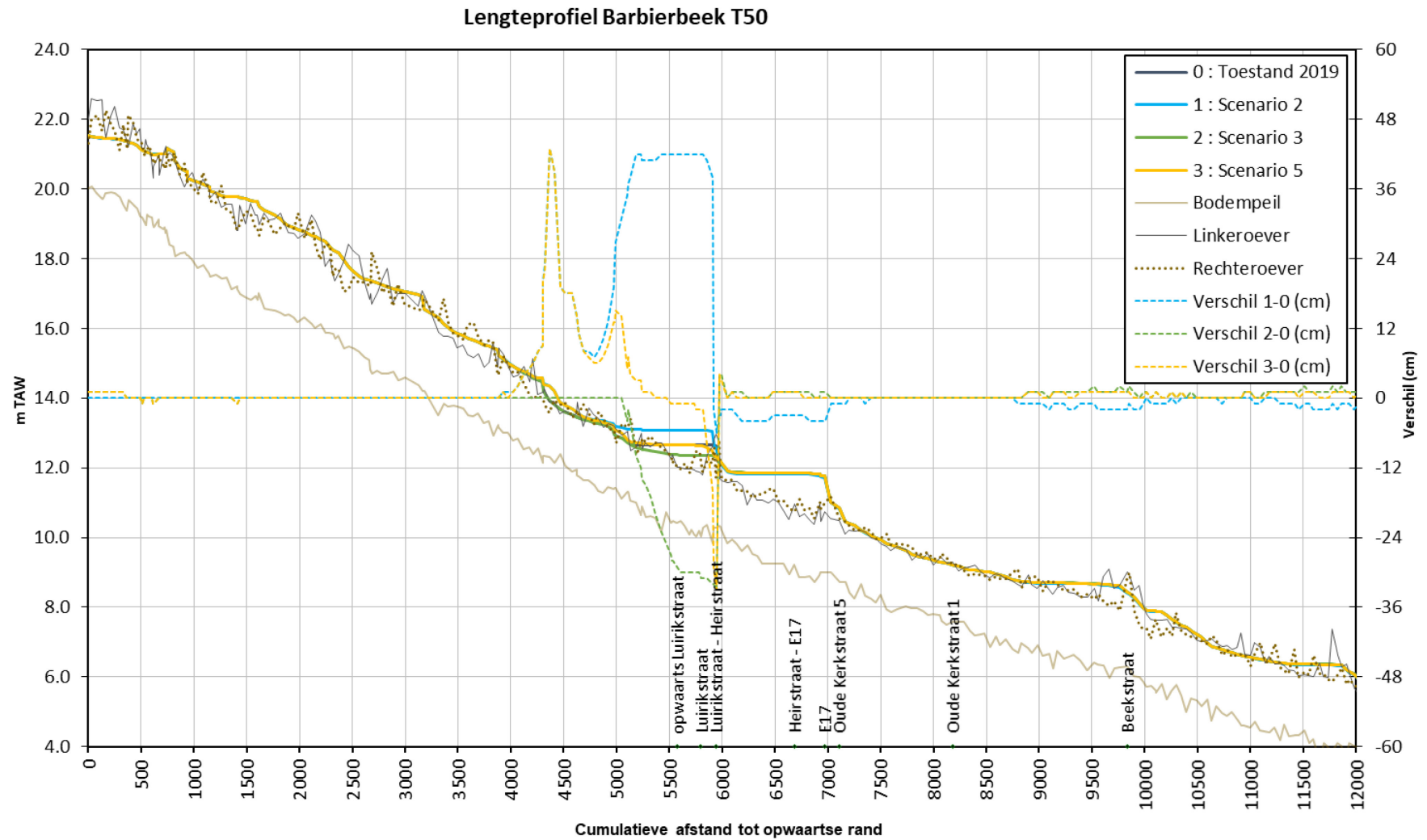
Tabel 15 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 5 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 5	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 5	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 5	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.43	8	12.66	12.65	-1	12.76	12.72	-4
Luirikstraat	12.33	12.41	8	12.66	12.64	-2	12.76	12.71	-5
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.11	-19	12.64	12.31	-33	12.74	12.36	-38
Heirstraat – E17	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
E17	11.34	11.33	-1	11.76	11.76	0	11.88	11.88	0
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.84	0	10.87	10.87	0
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.43	1	8.46	8.48	2
OG Luirikstraat RO	12.33	9.50	-283	12.66	9.50	-316	12.76	9.50	-326
OG Luirikstraat LO	12.34	12.42	8	12.66	12.65	-1	12.76	12.72	-4
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.47	-1	11.85	11.86	1	11.96	11.97	1
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.70	1	8.73	8.74	1
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.70	1	8.72	8.73	1
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.65	1	8.68	8.69	1

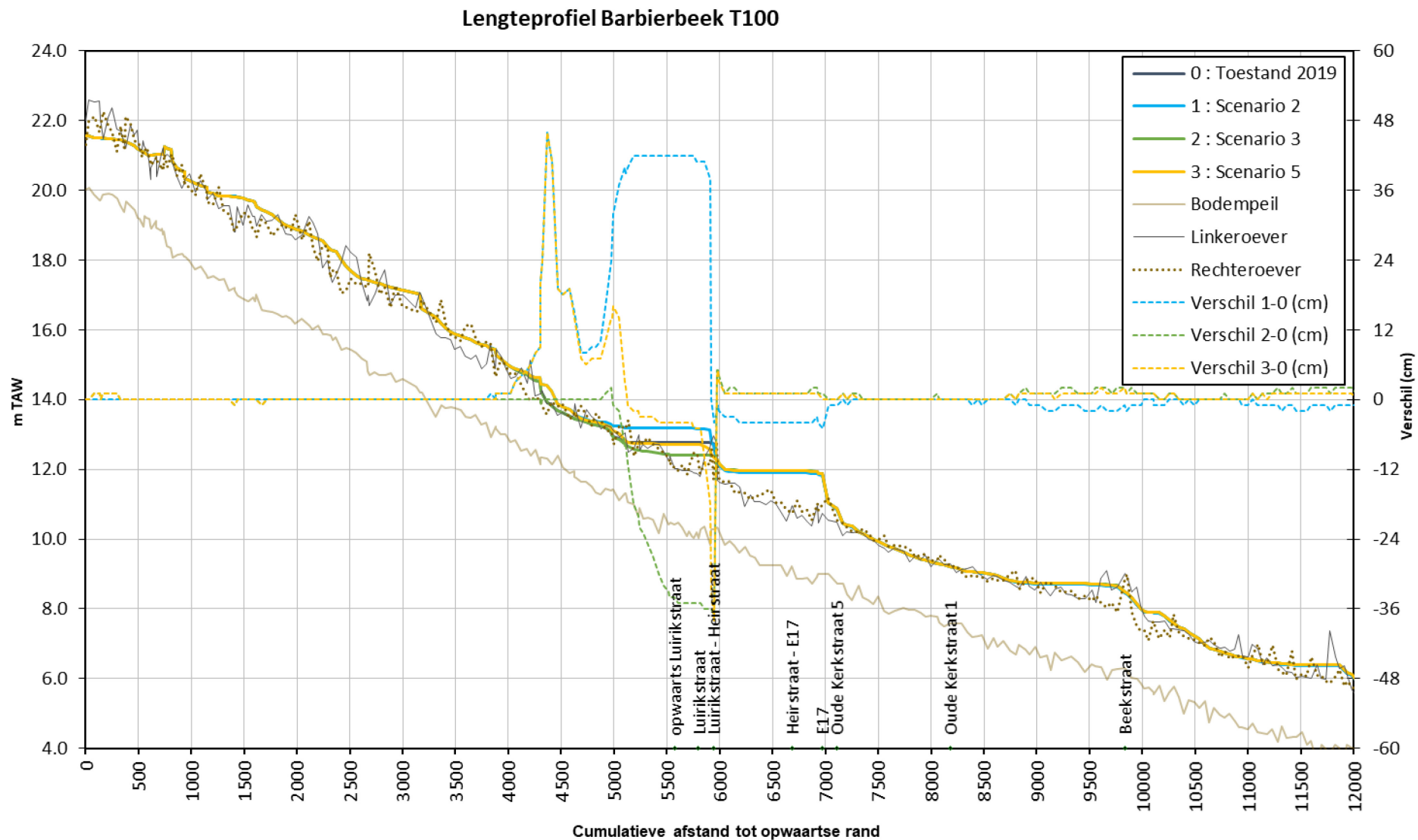
Figuur 47 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – mei 2016



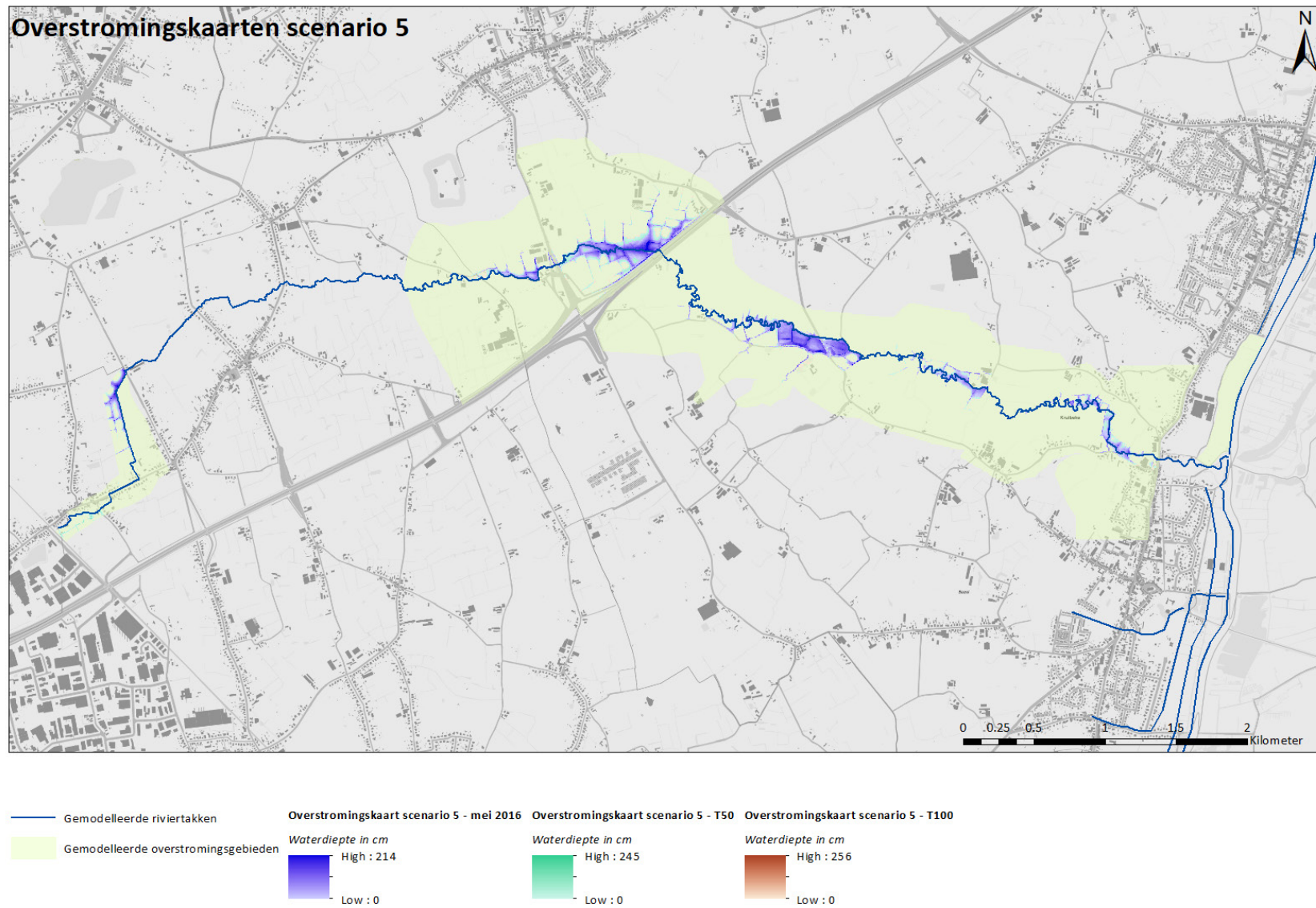
Figuur 48 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – T50



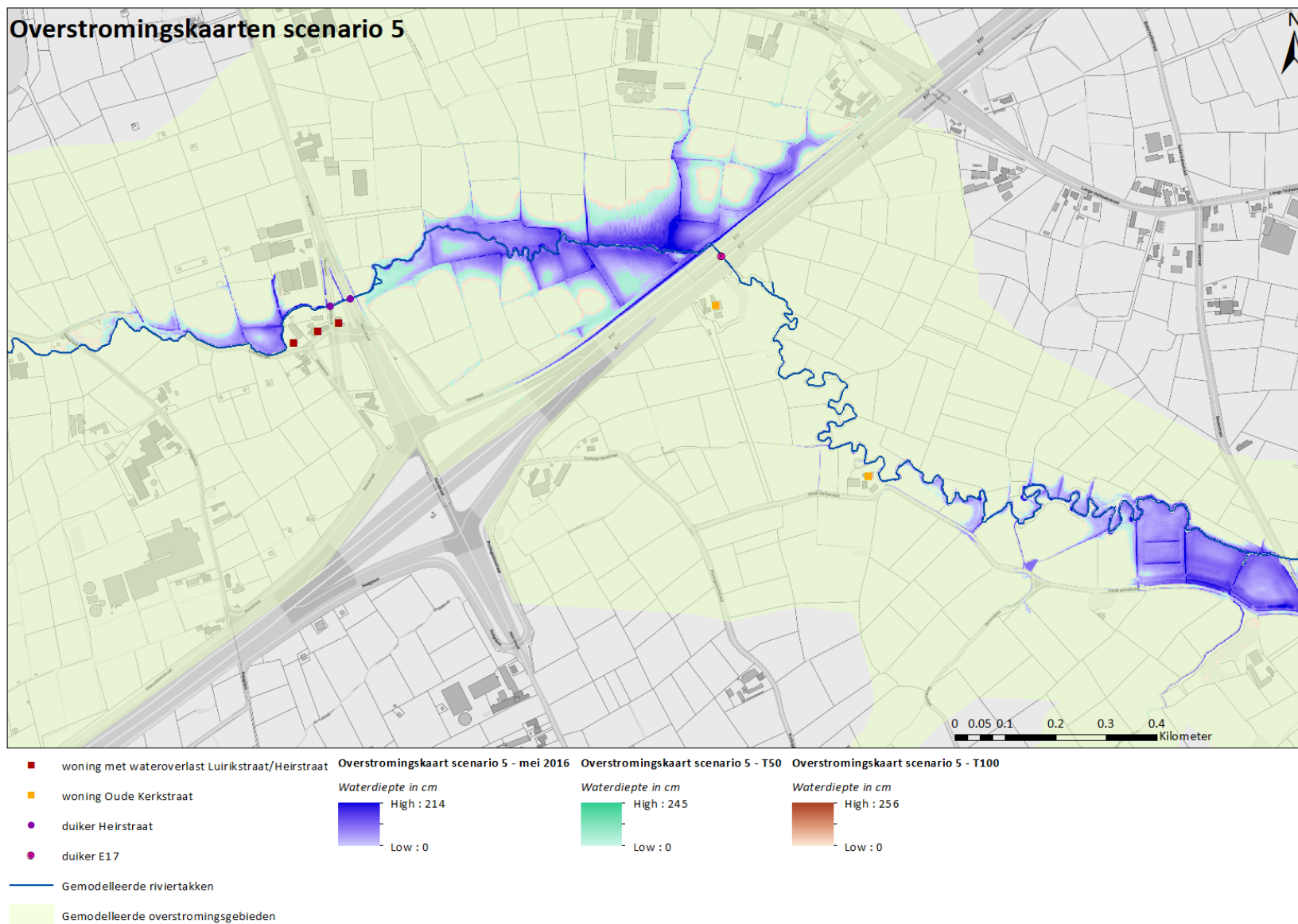
Figuur 49 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 2, 3 en 5 vs referentie – T100



Figuur 50 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 5 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 51 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 5 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



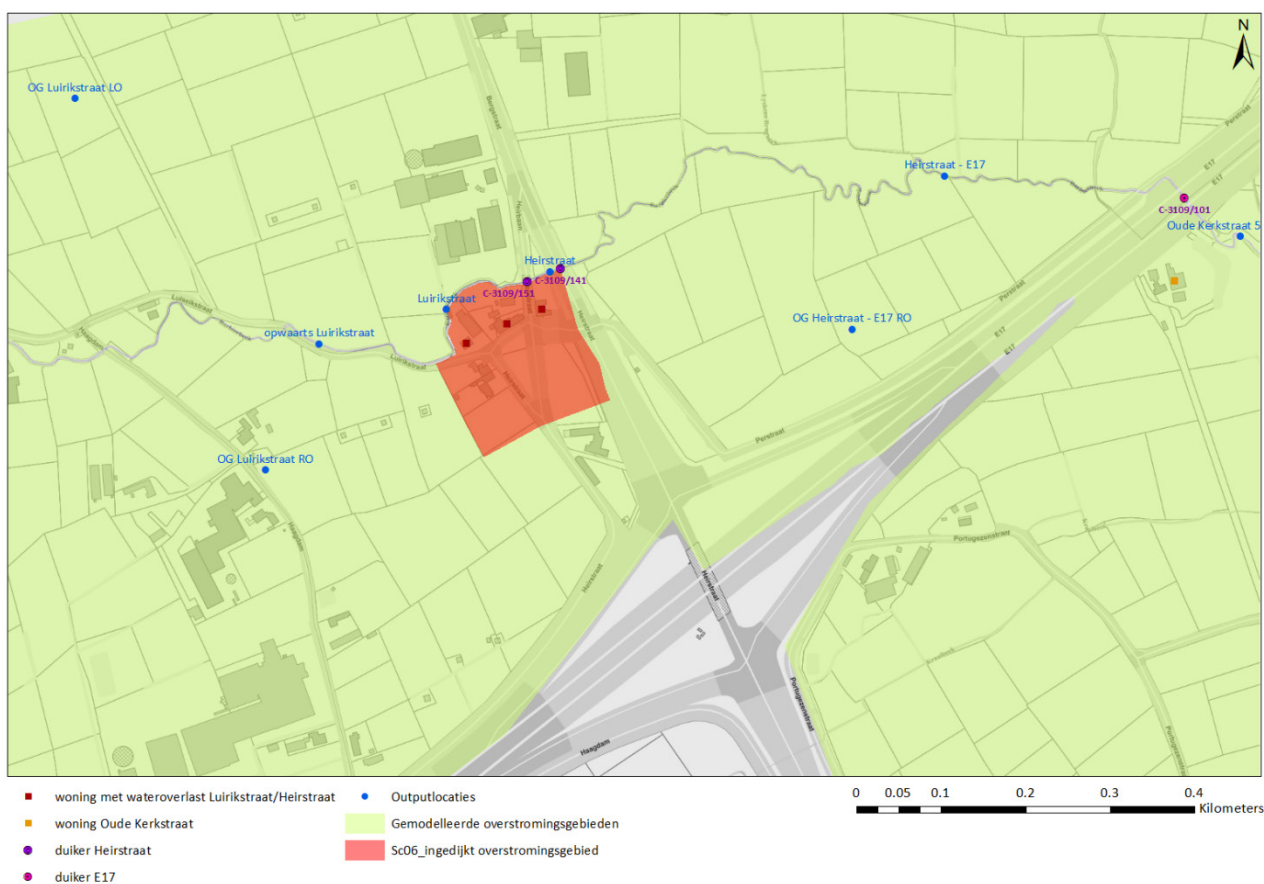
4.9 Scenario 6

In scenario 6 worden de woningen langs de Luirikstraat, op de rechteroever van de Barbierbeek, waarbij wateroverlast opgetreden is, ingedijkt. In het model werd een apart reservoir gecreëerd dat deze zone omvat (zie Figuur 52). Dit reservoir werd verbonden met het opwaartse overstromingsgebied door middel van de overlaat met drempelhoogte op 13,1 mTAW. Ook de oeverhoogte langs de Barbierbeek ter hoogte van deze zone werd verhoogd naar 13,1 mTAW. De waarde is gebaseerd op de resultaten van scenario 2.

De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 6 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 53, Figuur 54 en Figuur 55. Figuur 56 en Figuur 57 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 6, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 16.

Door de implementatie van deze dijk wordt enerzijds het overstromingsgebied langs de rechteroever van de Barbierbeek verkleind, en wordt anderzijds de uitwatering vanuit dit overstromingsgebied naar de Barbierbeek vertraagd. Deze uitwatering gebeurde grotendeels via een verlaging in de oever net opwaarts van de duiker onder de Heirstraat. Hierdoor zorgt dit scenario voor een stijging van het maximum waterpeil in de Barbierbeek en de overstromingsgebieden opwaarts de Luirikstraat, met meer dan 30 cm voor de wasperiode van mei 2016, en met meer dan 35 cm voor T50 en T100. Bij T50 en T100 daalt het maximum waterpeil in de Barbierbeek tussen de Heirstraat en de duiker onder de E17, evenals in de overstromingsgebieden hierlangs met circa 6 cm. Voor de wasperiode van mei 2016 is deze daling quasi nihil.

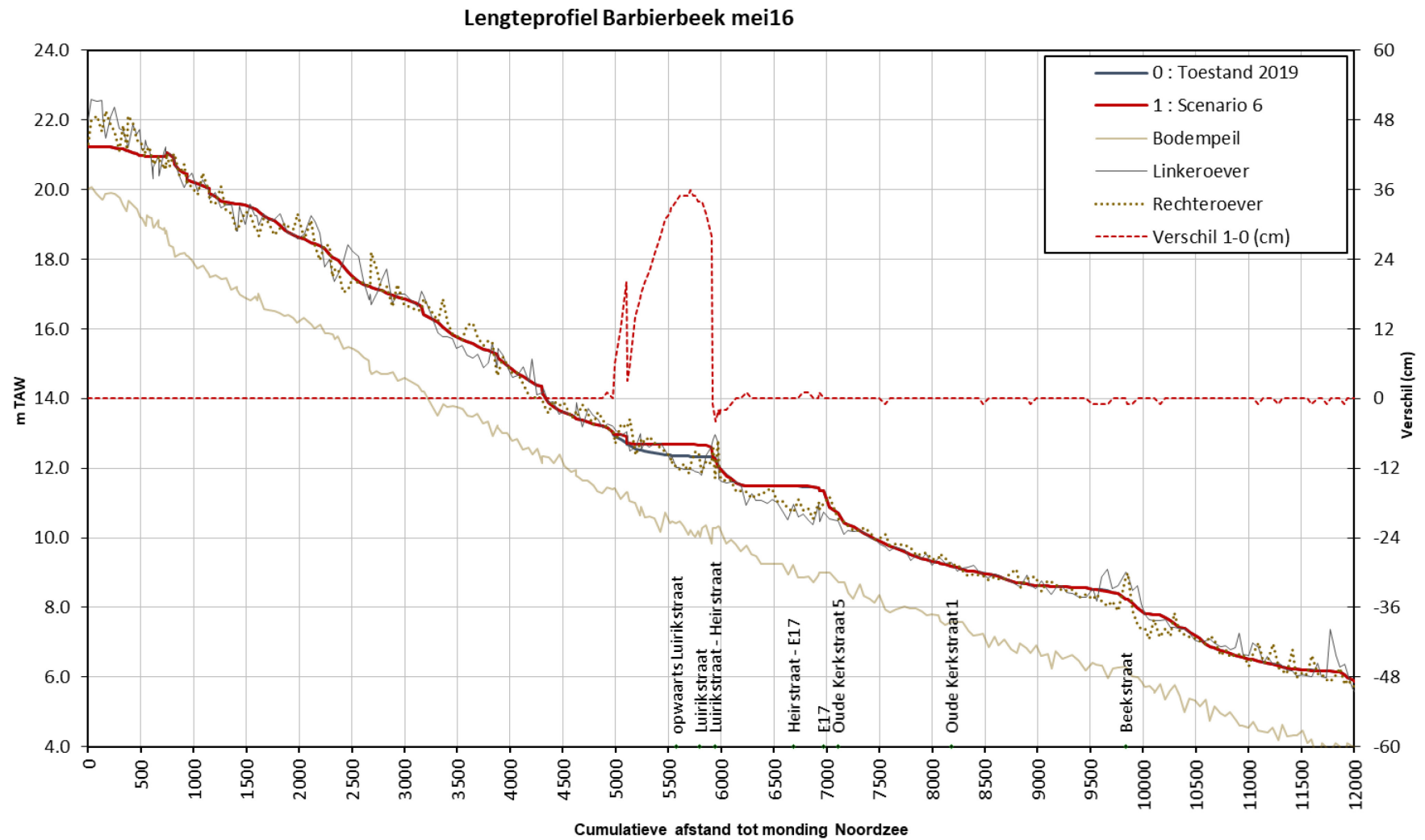
Figuur 52 – Situering ingedijkt overstromingsgebied langs de Barbierbeek in scenario 6



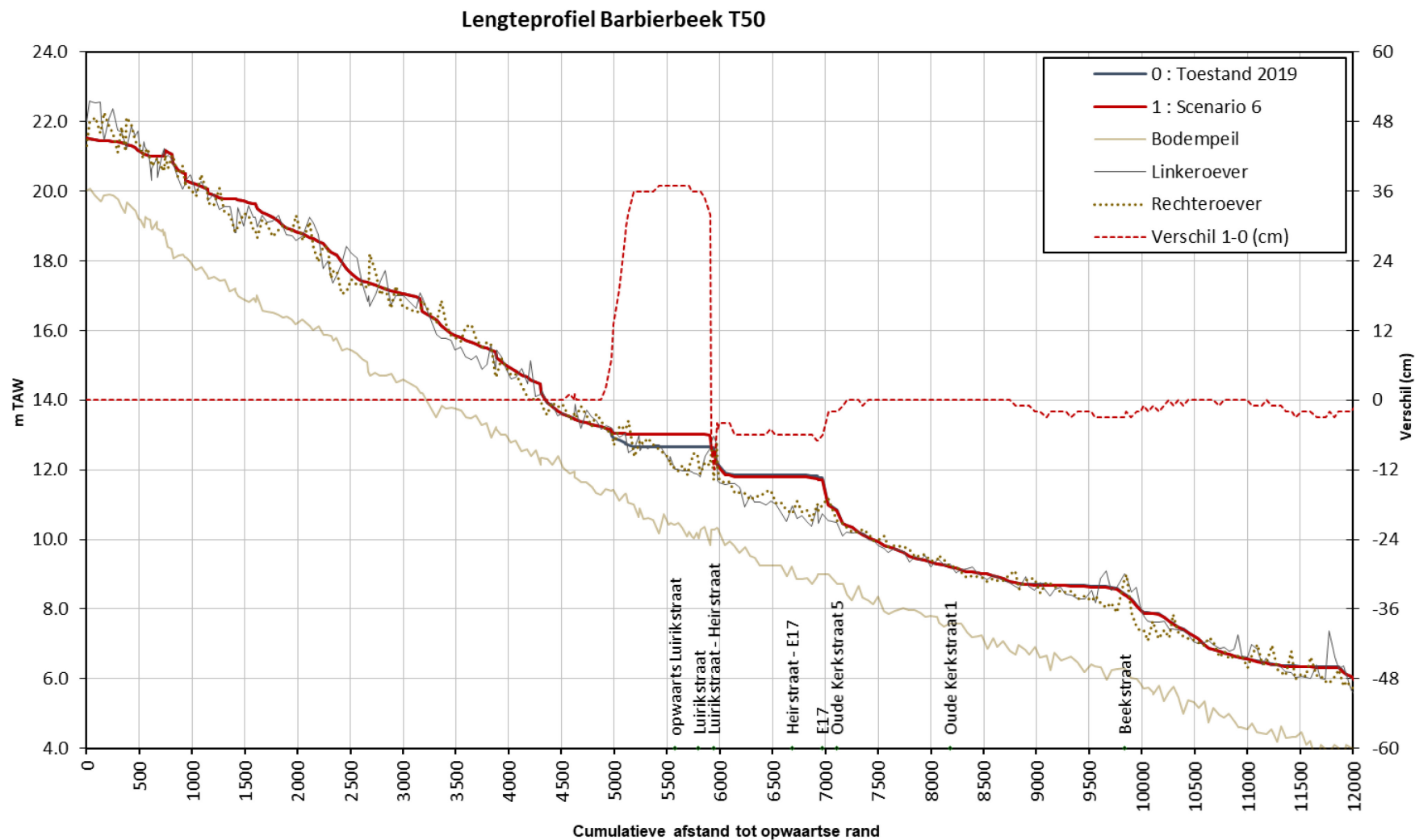
Tabel 16 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 6 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 6	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 6	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 6	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.69	34	12.66	13.03	37	12.76	13.12	36
Luirikstraat	12.33	12.67	34	12.66	13.02	36	12.76	13.10	34
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.26	-4	12.64	12.52	-12	12.74	12.61	-13
Heirstraat – E17	11.48	11.48	0	11.85	11.79	-6	11.96	11.89	-7
E17	11.34	11.34	0	11.76	11.70	-6	11.88	11.81	-7
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.72	0	10.84	10.82	-2	10.87	10.85	-2
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.39	-3	8.46	8.43	-3
OG Luirikstraat RO	12.33	12.70	37	12.66	13.03	37	12.76	13.12	36
OG Luirikstraat LO	12.34	12.68	34	12.66	13.02	36	12.76	13.11	35
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.48	0	11.85	11.79	-6	11.96	11.89	-7
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.48	0	11.85	11.80	-5	11.96	11.90	-6
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.67	-2	8.73	8.70	-3
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.67	-2	8.72	8.70	-2
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.61	-3	8.68	8.65	-3

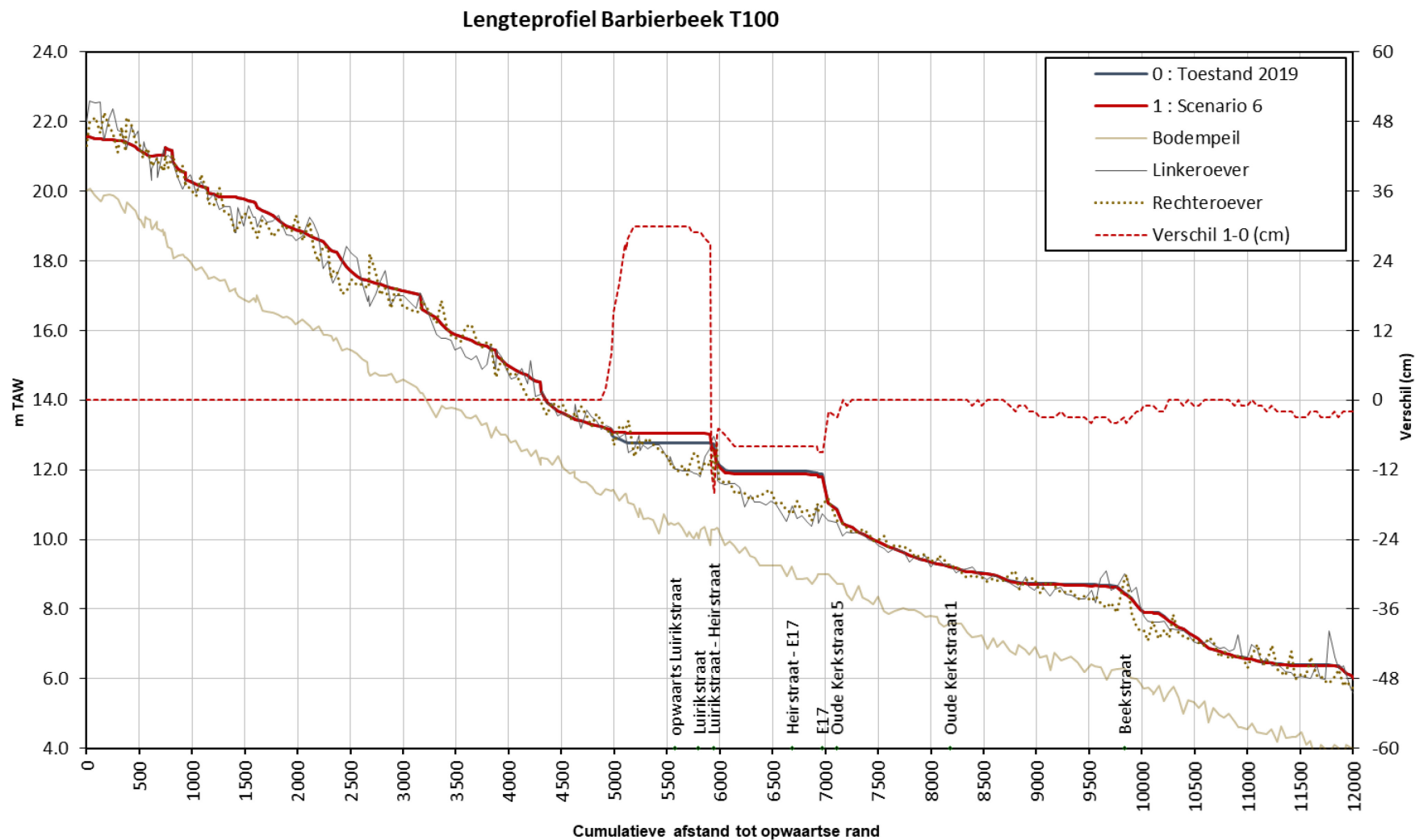
Figuur 53 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – mei 2016



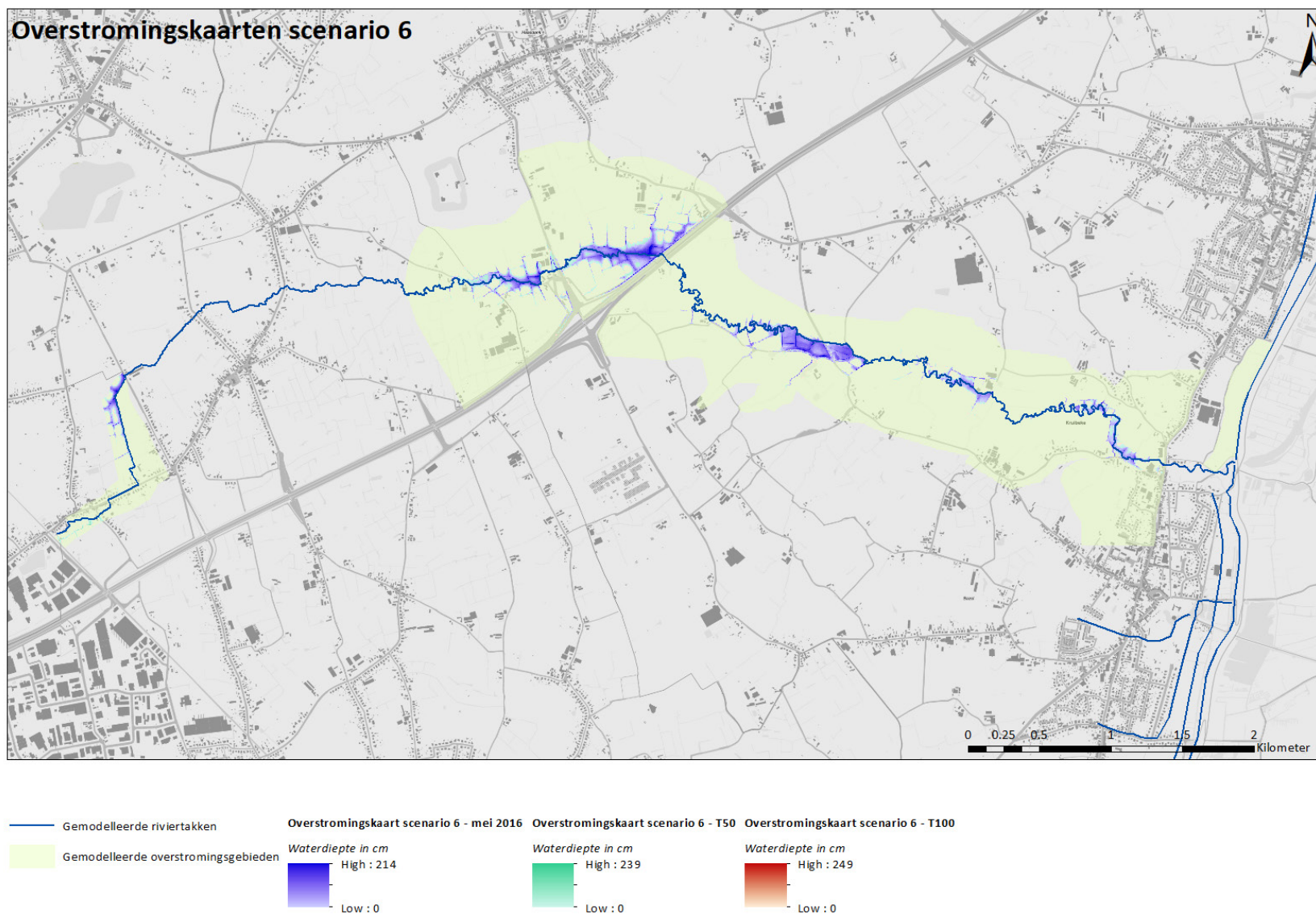
Figuur 54 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – T50



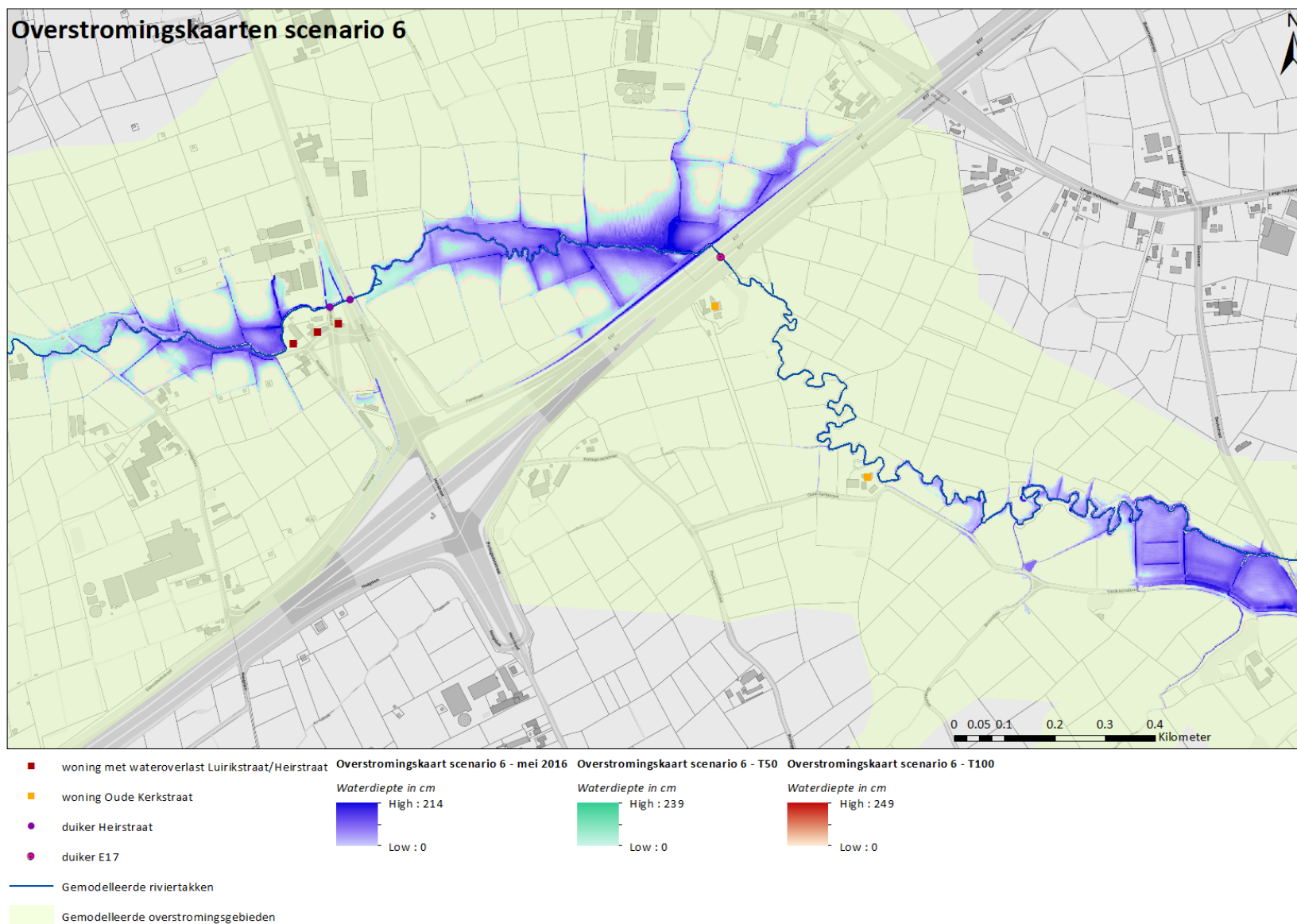
Figuur 55 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 6 vs referentie – T100



Figuur 56 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 6 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 57 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 6 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



4.10 Scenario 7(bis)

In scenario 7 wordt de duiker onder de E17 (C3109/101) vergroot (zie Figuur 58). In eerste instantie werd verondersteld dat de dwarsdoorsneden op- en afwaarts van de duiker onder de E17, en de duiker net opwaarts, onder de Perstraat een slibvrije bodem hebben. Vervolgens werd bij de duiker onder de Perstraat enkel het drempelpeil aangepast rekening houdend met de 'geruimde' bodem. De geometrie van de duiker bleef behouden. Bij de duiker onder de E17 werd zowel het drempelpeil als de geometrie aangepast (zie Figuur 59). Deze geometrie werd rechthoekig gemaakt waarbij de maximale breedte van 3,40 m behouden blijft. Het sleutelpeil, of de bovenkant van de duiker werd zo hoog mogelijk gemaakt, rekening houdend met de bovenliggende weg, tot 10,6 mTAW. In een bijkomend scenario 7bis werd de vergroting van de duiker onder de E17 gecombineerd met de aanpassing van de geometrie van de duikers onder de Heirstraat, zoals in scenario 3.

De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 7 en scenario 7bis voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 60, Figuur 61 en Figuur 62. Figuur 63 en Figuur 64 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 7, voor het modelgebied en het studiegebied. Figuur 65 en Figuur 66 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 7bis, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 17 en Tabel 18.

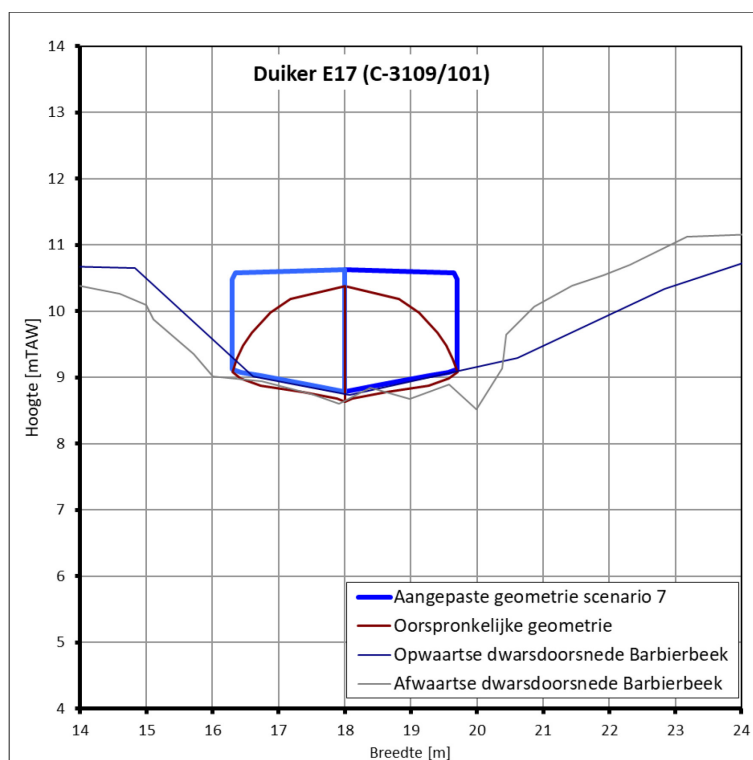
Voor de wasperiode van mei 2016 leidt deze ingreep tot een daling van het maximum waterpeil in de Barbierbeek tussen de Heirstraat en de E17 met circa 20 cm. Ook in de overstromingsgebieden langs dit traject daalt het maximum waterpeil met circa 20 cm. Bij de T50 bedraagt de daling van het maximum waterpeil zowel in de Barbierbeek als in de overstromingsgebieden circa 23 cm, en bij T100 circa 26 cm.

In scenario 7bis daalt het maximum waterpeil in de Barbierbeek opwaarts van de Luirikstraat, voor de wasperiode van mei 2016 ook met circa 10 cm, en tot circa 18 cm net opwaarts de koker onder de Heirstraat. Tussen de Heirstraat en de E17 daalt het maximum waterpeil nog met circa 20 cm. Ook in de overstromingsgebieden langs dit traject daalt het maximum waterpeil met circa 20 cm. Bij de T50 en T100 bedraagt de daling van het maximum waterpeil zowel in de Barbierbeek als in de overstromingsgebieden opwaarts van de Luirikstraat respectievelijk circa 30 cm en circa 35 cm, en tussen de Heirstraat en de E17 circa 21 cm. Afwaarts van de E17, ter hoogte van de Oude Kerkstraat treedt een beperkte stijging van het maximum waterpeil in de Barbierbeek op, voor de wasperiode van mei 2016 met minder dan 5 cm, en voor T50 en T100 met circa 10 cm. Deze stijging treedt voornamelijk op als opstuwing opwaarts van duikers.

Figuur 58 - Situering duiker Barbierbeek onder E17 met aangepaste geometrie in scenario 7



Figuur 59 - Duiker Barbierbeek onder E17 – originele en aangepaste geometrie in scenario 7



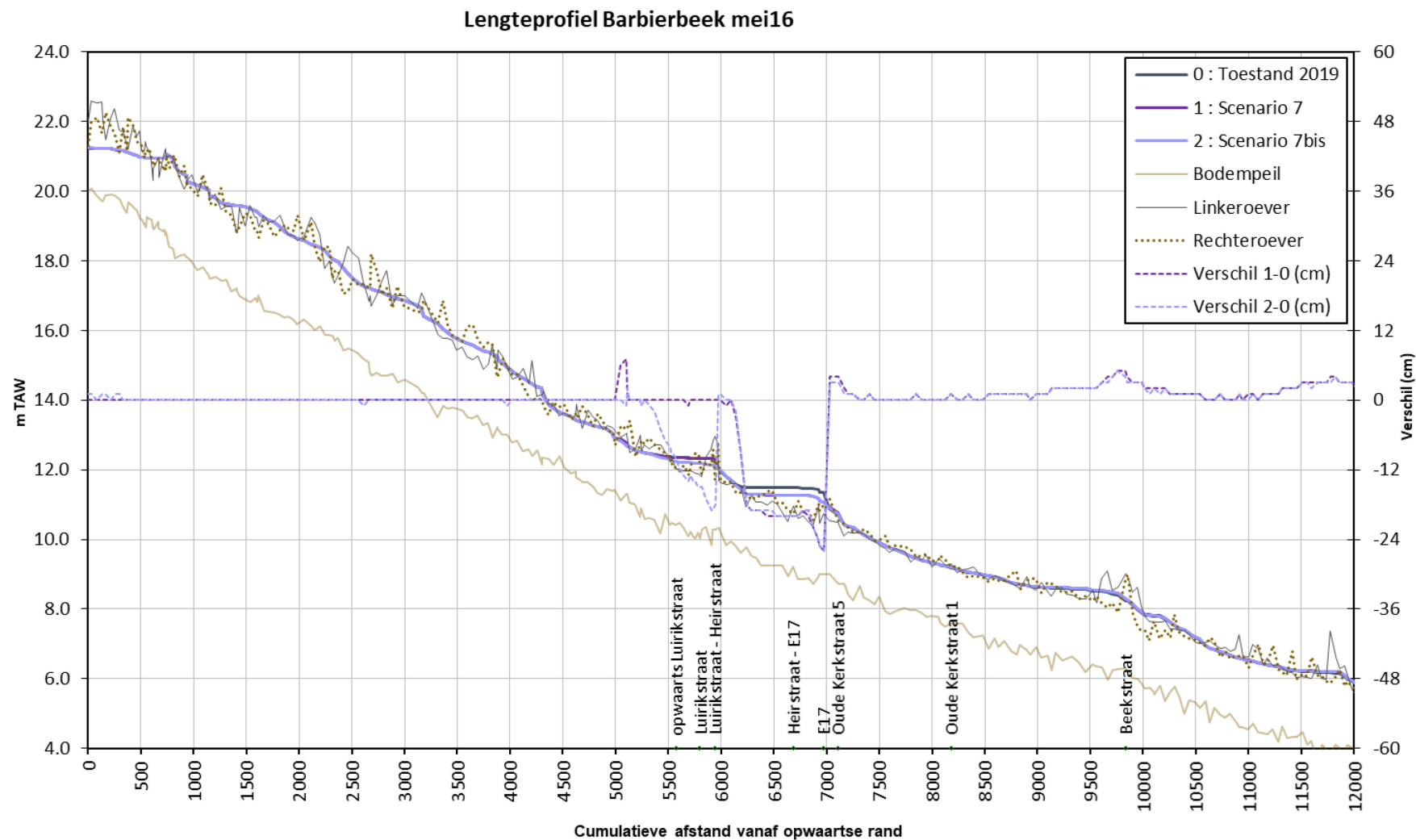
Tabel 17 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 7 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 7	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 7	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 7	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.35	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
Luirikstraat	12.33	12.33	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.30	0	12.64	12.64	0	12.74	12.74	0
Heirstraat – E17	11.48	11.28	-20	11.85	11.62	-23	11.96	11.70	-26
E17	11.34	11.08	-26	11.76	11.40	-36	11.88	11.48	-40
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.76	4	10.84	10.92	8	10.87	10.96	9
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.20	1	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.29	5	8.42	8.51	9	8.46	8.57	11
OG Luirikstraat RO	12.33	12.33	0	12.66	12.66	0	12.76	12.75	-1
OG Luirikstraat LO	12.34	12.34	0	12.66	12.66	0	12.76	12.76	0
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.28	-20	11.85	11.62	-23	11.96	11.70	-26
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.28	-20	11.85	11.62	-23	11.96	11.70	-26
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.98	1	9.02	9.03	1	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.60	2	8.69	8.77	8	8.73	8.82	9
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.62	2	8.69	8.76	7	8.72	8.81	9
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.51	4	8.64	8.73	9	8.68	8.78	10

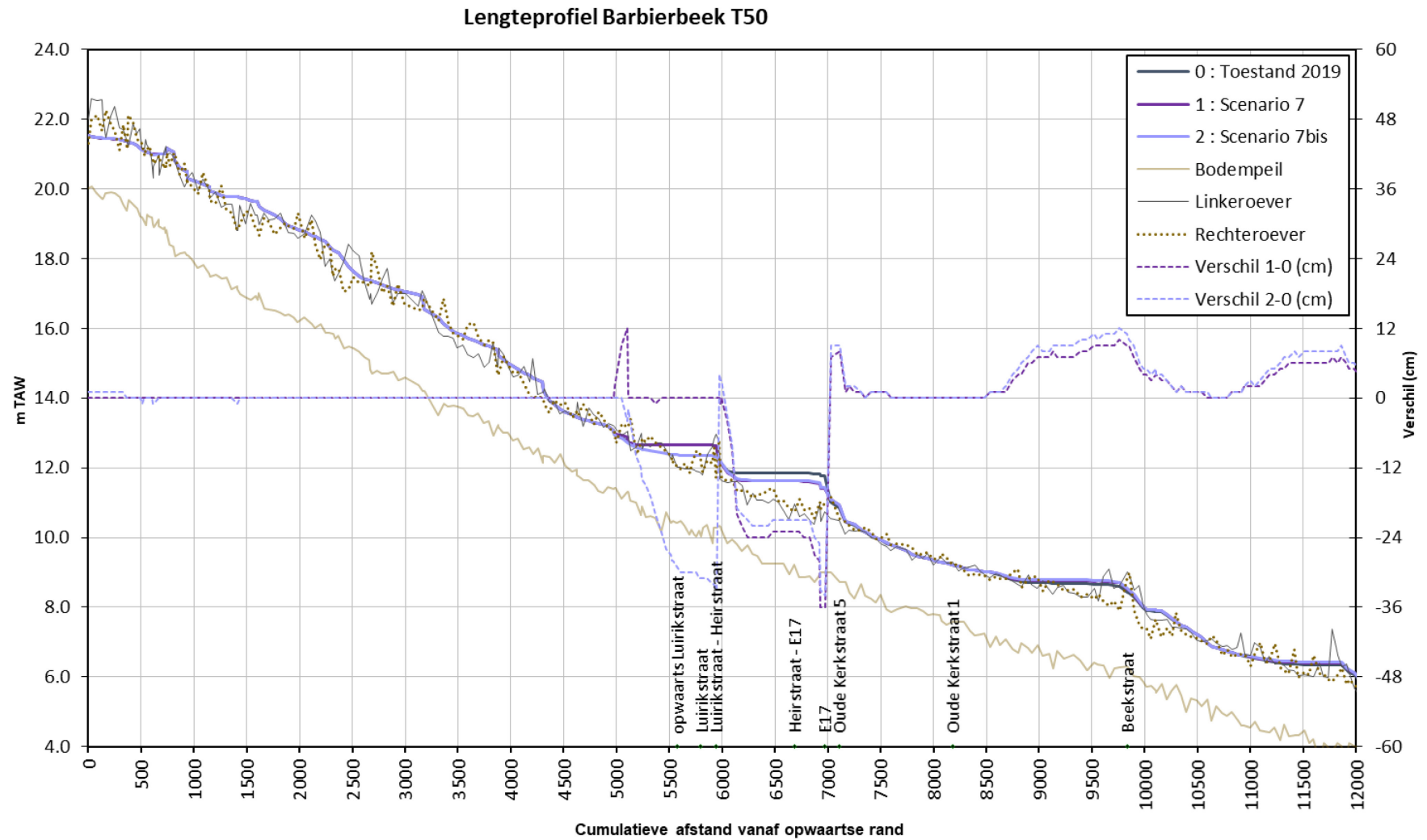
Tabel 18 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 7 bis vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 7 bis	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 7 bis	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 7 bis	Vershil [cm]
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.25	-10	12.66	12.37	-29	12.76	12.42	-34
Luirikstraat	12.33	12.18	-15	12.66	12.35	-31	12.76	12.41	-35
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.12	-18	12.64	12.31	-33	12.74	12.37	-37
Heirstraat – E17	11.48	11.28	-20	11.85	11.64	-21	11.96	11.74	-22
E17	11.34	11.08	-26	11.76	11.42	-34	11.88	11.52	-36
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.75	3	10.84	10.93	9	10.87	10.97	10
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.20	1	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.28	4	8.42	8.53	11	8.46	8.60	14
OG Luirikstraat RO	12.33	12.21	-12	12.66	12.35	-31	12.76	12.41	-35
OG Luirikstraat LO	12.34	12.19	-15	12.66	12.36	-30	12.76	12.41	-35
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.28	-20	11.85	11.64	-21	11.96	11.74	-22
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.28	-20	11.85	11.64	-21	11.96	11.74	-22
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.98	1	9.02	9.03	1	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.60	2	8.69	8.78	9	8.73	8.84	11
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.62	2	8.69	8.78	9	8.72	8.84	12
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.51	4	8.64	8.75	11	8.68	8.81	13

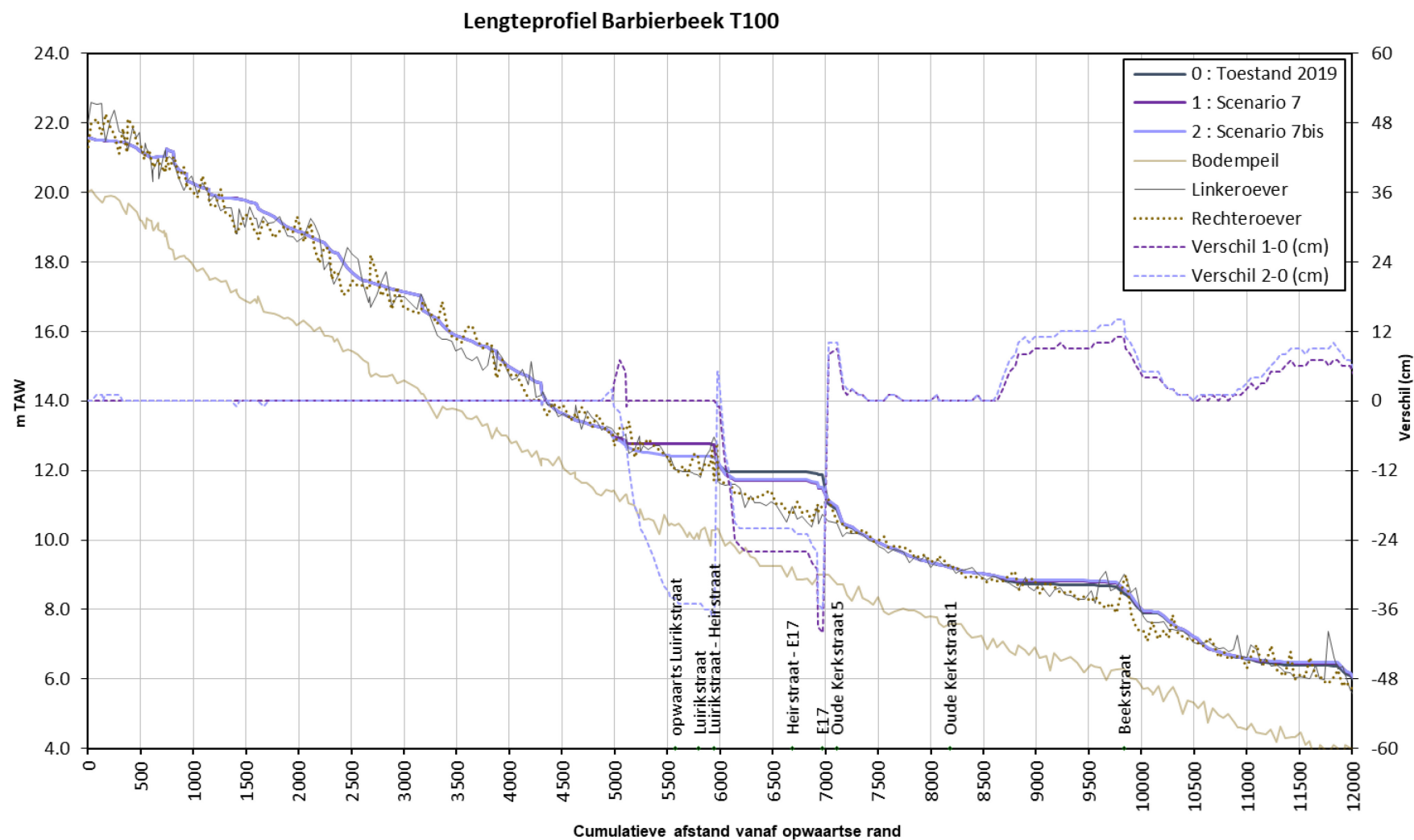
Figuur 60 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – mei 2016



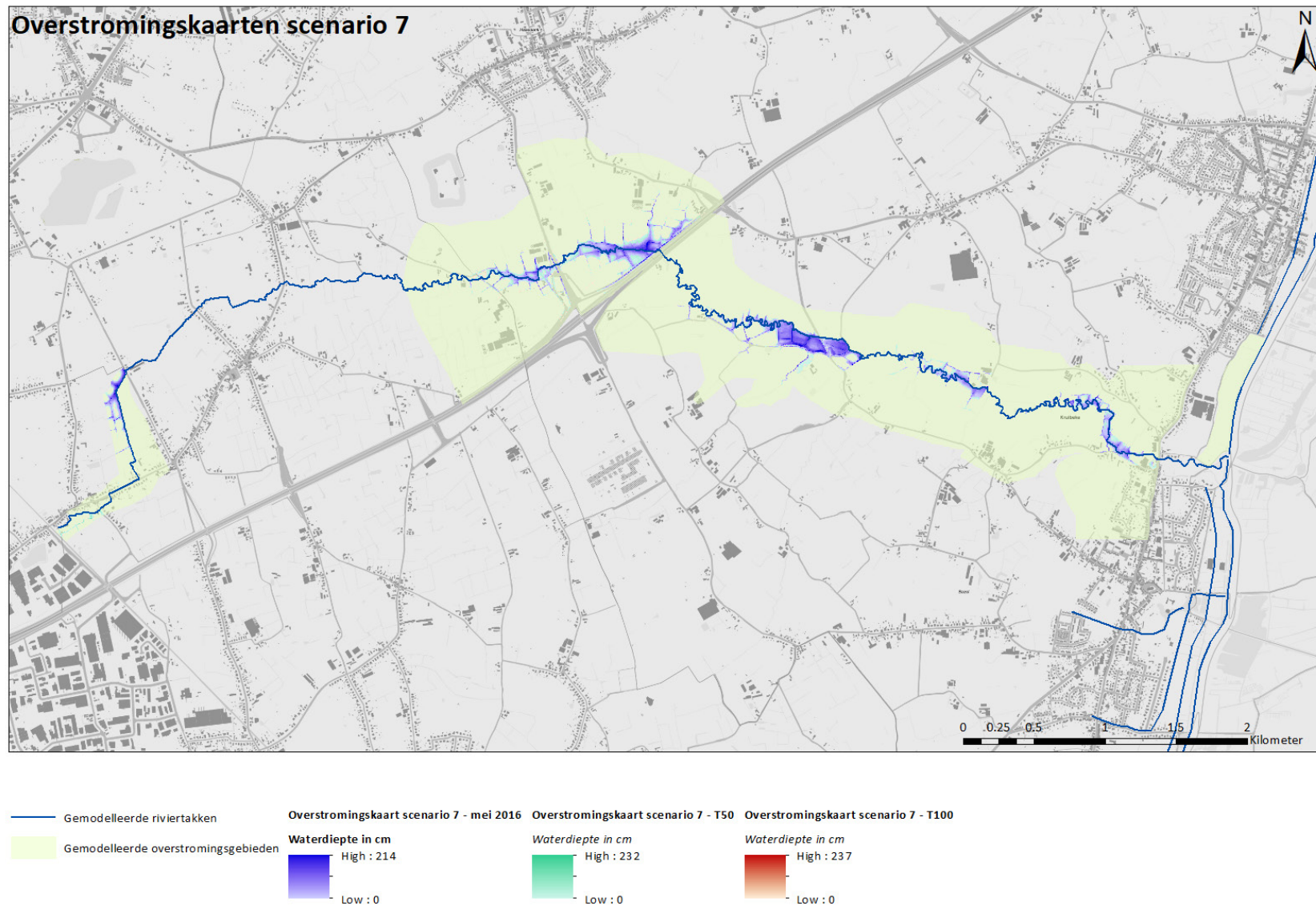
Figuur 61 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – T50



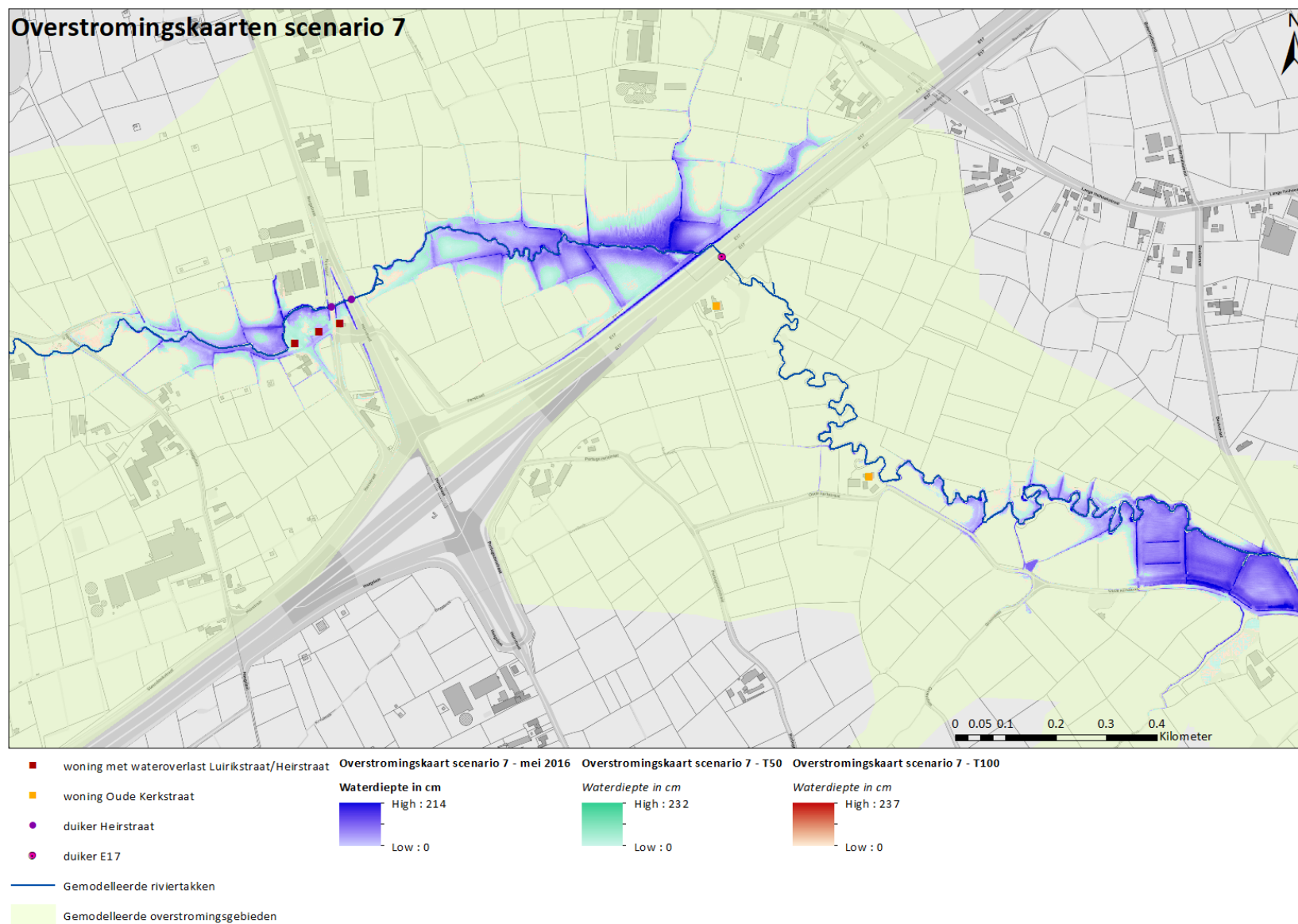
Figuur 62 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 7 (bis) vs referentie – T100



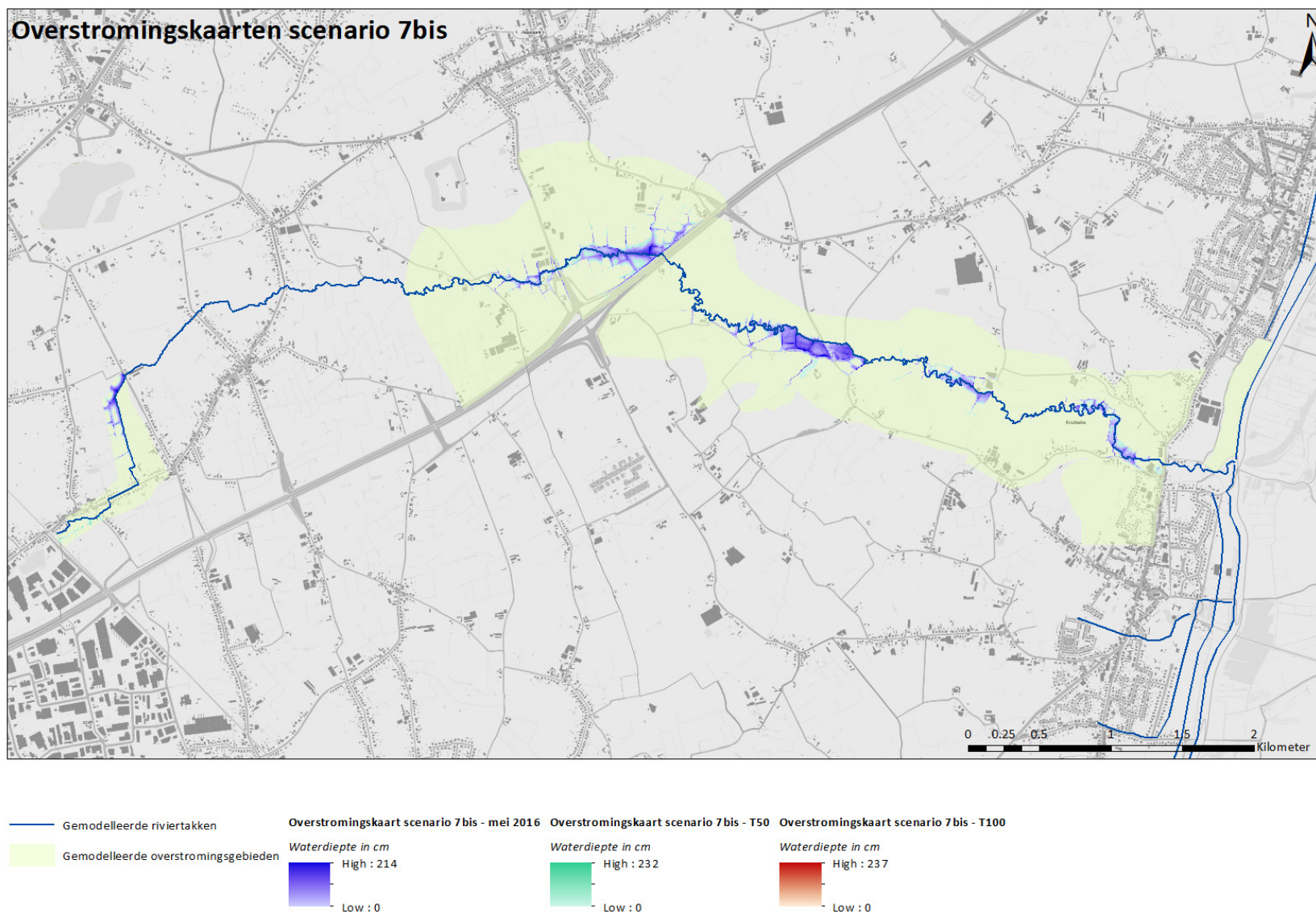
Figuur 63 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7 – mei 2016, T50 en T100



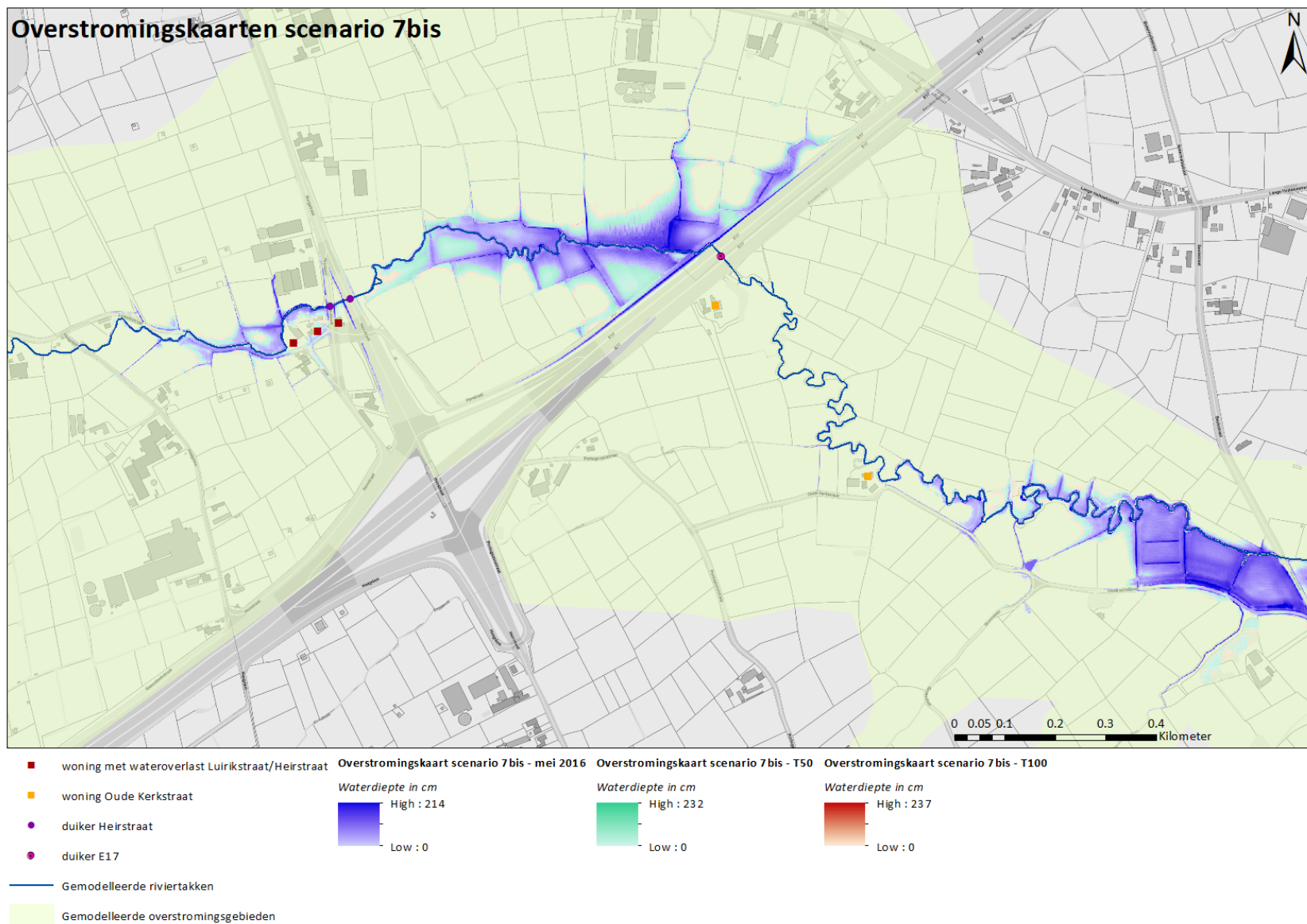
Figuur 64 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



Figuur 65 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7bis – mei 2016, T50 en T100



Figuur 66 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 7bis – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied

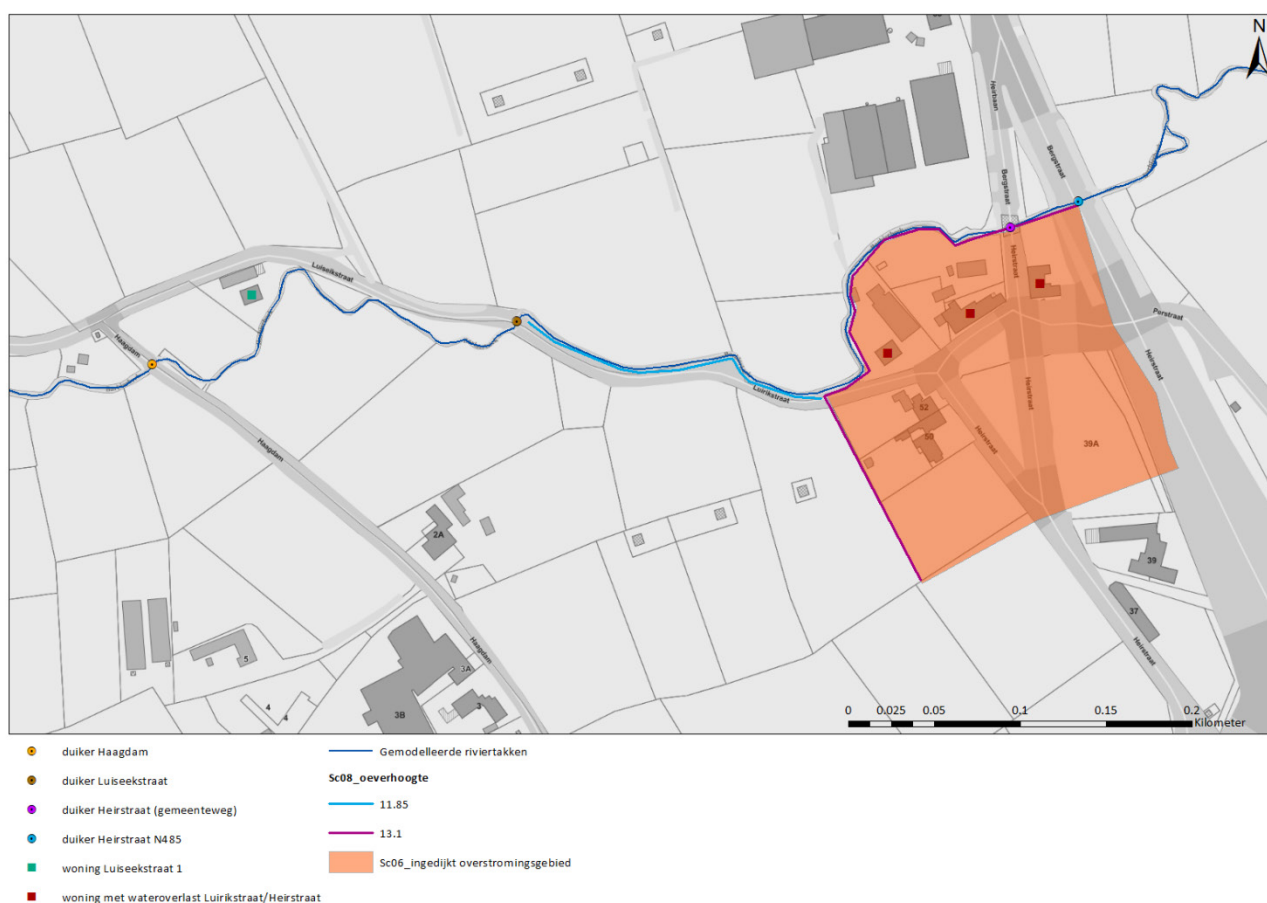


4.11 Scenario 8

Scenario 8 is vastgelegd op basis van de resultaten van scenario's 1 tot en met 7. Op vraag van de opdrachtgever worden in scenario 8 de ingrepen van scenario 1, scenario 3 en scenario 6 gecombineerd.

Een belangrijke randvoorwaarde bij de opmaak van scenario 8 is dat het overstromingspeil ter hoogte van de woning van de Luiseekstraat nr 1 niet verhoogt. Deze woning is ook bij de overstromingen in mei 2016 niet onder water gekomen, doch had slechts 15 cm overschot. Dit zou echter wel het hoogste waterpeil geweest zijn dat door de oudere bewoners in de straat waargenomen werd. Deze woning ligt circa 500 m opwaarts van de woningen langs de Luirikstraat en de Heirstraat. De ligging van de woning is aangegeven in Figuur 67.

Figuur 67 – Situering locaties scenario 8



Scenario 1 omvat de verbreding van de waterloop langs de Luirikstraat. Hierbij wordt ook de geometrie van de duiker ter hoogte van de gemeentegrens Beveren/Kruibeke (zie Figuur 67 'duiker Luiseekstraat') aangepast. Deze duiker heeft nummer C-3109/171 en ligt net opwaarts van de aangepaste dwarsdoorsneden in scenario 1. De dwarsdoorsneden net opwaarts van de duiker werden hierbij nog niet aangepast. In scenario 8 worden zowel de dwarsdoorsneden net opwaarts van de duiker als de geometrie van de duiker aangepast. De dwarsdoorsnede net opwaarts van de koker werd 'geruimd', t.t.z. de bodem van het dwarsprofiel werd aangepast naar analogie met de aangepaste dwarsdoorsneden uit scenario 1. Rekening houdend met de bovenliggende weg werd enkel de breedte van de koker aangepast. Figuur 68 toont de oorspronkelijke en de aangepaste geometrie van de koker onder de Luiseekstraat. De oppervlakte van de doorsnede van de koker neemt hierdoor toe van circa 3 m² naar 5,7 m² (zie Tabel 19). Bijkomend wordt ook

de geometrie van de duiker onder de Haagdam aangepast. Deze duiker heeft nummer C-3109/181 en ligt net opwaarts van de woning langs de Luiseekstraat. Zowel de hoogte als de breedte van de duiker werden aangepast, rekening houdend met de op- en afwaartse dwarsdoorsneden van de Barbierbeek, en de bovenliggende weg (zie Figuur 69). De oppervlakte van de doorsnede van de koker neemt hierdoor toe van circa 3,4 m² naar 5 m² (zie Tabel 19). De tussenliggende dwarsdoorsneden tussen de aangepaste duikers werden niet aangepast.

In scenario 3 wordt de geometrie van de kokers onder de Heirstraat aangepast (C-3109/141 en /151). Op vraag van de opdrachtgever wordt deze geometrie nog verder geoptimaliseerd. Rekening houdend met de bovenliggende weg werd enkel de breedte van de kokers verder aangepast. Naar analogie met de koker onder de Luiseekstraat werd ook de breedte van deze kokers verhoogd tot 4 m. De aangepaste dwarsdoorsnede en oppervlakte worden weergegeven in Figuur 70 en Tabel 19.

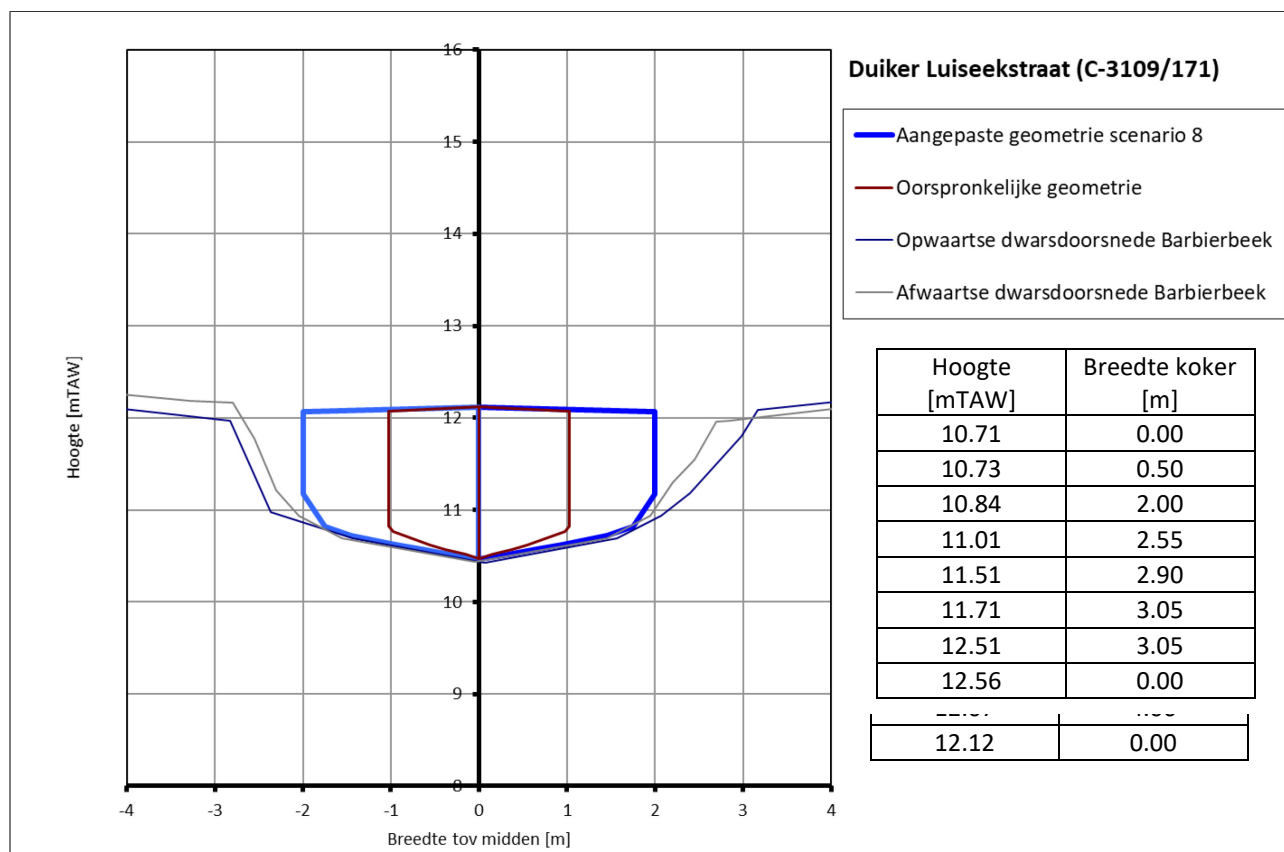
In scenario 6 worden de woningen langs de Luirikstraat, op de rechteroever van de Barbierbeek, waarbij wateroverlast opgetreden is, ingedijkt. In het model werd een apart reservoir gecreëerd dat deze zone omvat Figuur 67. Dit reservoir werd verbonden met het opwaartse overstromingsgebied door middel van de overlaat met drempelhoogte op 13,1 mTAW. Ook de oeverhoogte langs de Barbierbeek ter hoogte van deze zone werd verhoogd naar 13,1 mTAW. Om voldoende terugstroom te kunnen bewerkstelligen vanuit het achterliggende overstromingsgebied naar de Barbierbeek wordt de oever net opwaarts van het ingedijkte gebied verlaagd naar 11,85 mTAW over een extra afstand van 85 m. In het referentiescenario ligt deze oever reeds over een afstand van 100 m op deze hoogte (zie Figuur 67).

Tabel 19 – Oppervlakte secties aangepaste duikers in scenario 8

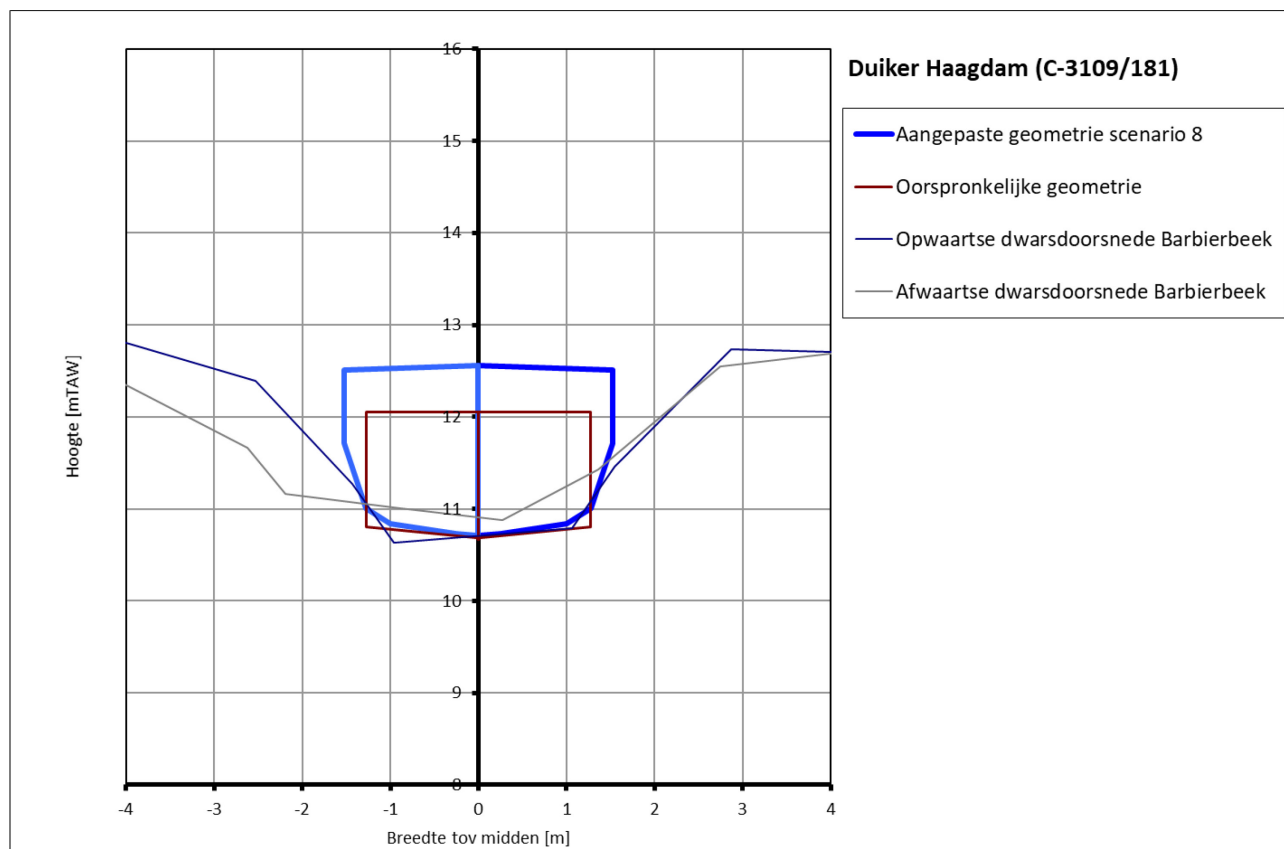
Koker	Oppervlakte doorsnede oorspronkelijke geometrie	Oppervlakte doorsnede aangepaste geometrie scenario 3	Oppervlakte doorsnede aangepaste geometrie scenario 8	Ontwerp bodempeil scenario 8	Ontwerp maximum breedte scenario 8	Ontwerp sleutelpeil scenario 8
C-3109/141	3.9 m ²	7.6 m ²	8.4 m ²	10.15 mTAW	4 m	12.4 mTAW
C-3109/151	3.1 m ²	6.4 m ²	8.0 m ²	10.18 mTAW	4 m	12.48 mTAW
C-3109/171	3.0 m ²	/	5.7 m ²	10.47 mTAW	4 m	12.12 mTAW
C-3109/181	3.4 m ²	/	5.0 m ²	10.71 mTAW	3.05 m	12.56 mTAW

Bodempeil = diepste punt dwarsdoorsnede koker; Sleutelpeil = hoogste punt dwarsdoorsnede koker

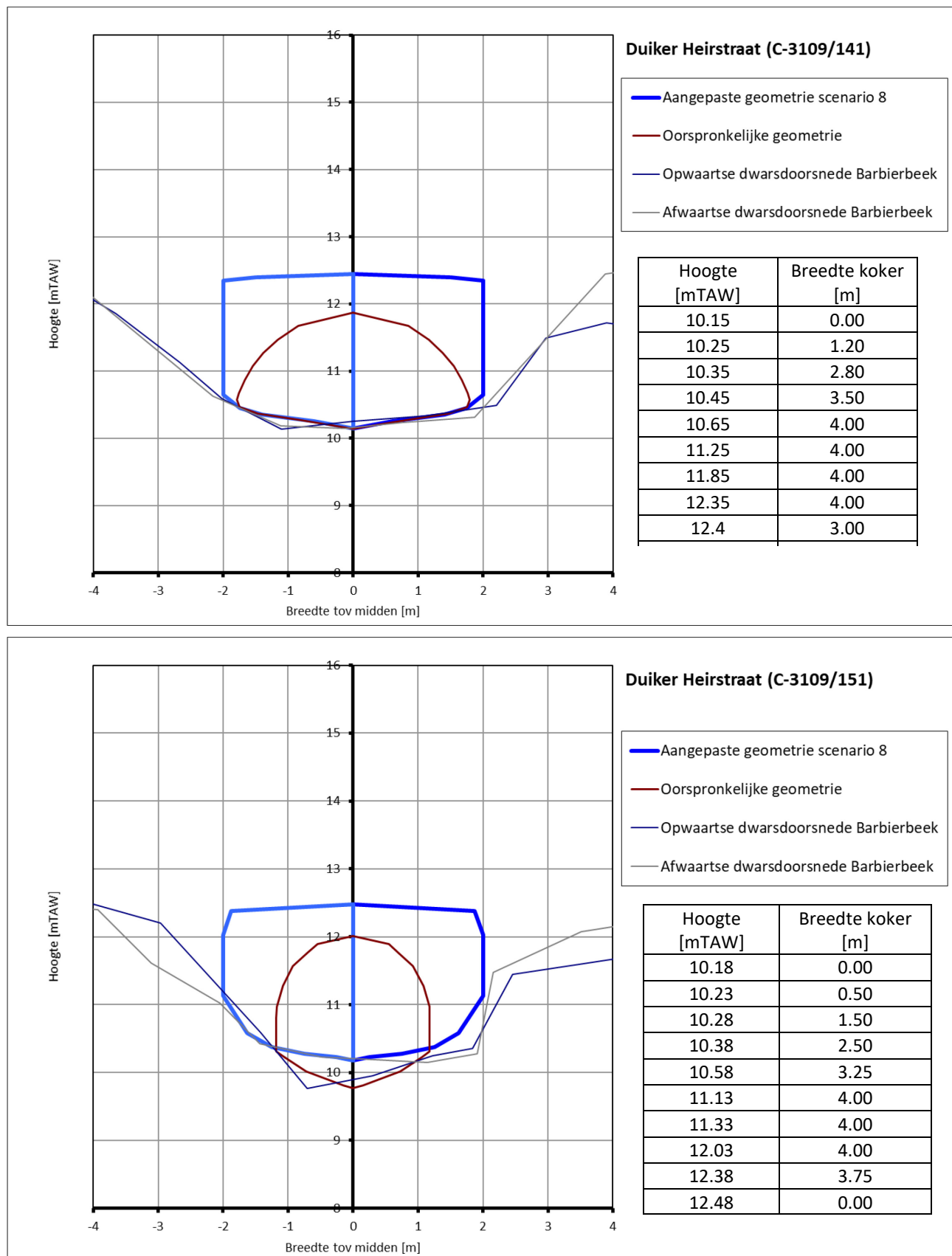
Figuur 68 – Duiker Barbierbeek onder Luiseekstraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 8



Figuur 69 - Duiker Barbierbeek onder Haagdam – originele en aangepaste geometrie in scenario 8



Figuur 70 – Duikers Barbierbeek onder Heistraat – originele en aangepaste geometrie in scenario 8



De lengteprofielen voor de Barbierbeek voor het scenario 8 voor respectievelijk mei 2016, T50 en T100 worden weergegeven in Figuur 71, Figuur 72 en Figuur 73. Figuur 74, Figuur 75 en Figuur 76 tonen de overstromingskaarten voor mei 2016, T50 en T100, voor scenario 8, voor het modelgebied en het studiegebied. De maximum waterpeilen ter hoogte van de outputlocaties worden weergegeven in Tabel 20.

De stijging van de waterpeilen in scenario 6 wordt voor de periode van mei 2016 niet volledig tenietgedaan door de aanpassingen van scenario's 1 en 3. Ter hoogte van de woning langs de Luiseekstraat bedraagt de stijging van het maximum waterpeil echter slechts 5 cm. Bij T50 en T100 treedt hier wel een daling op van het maximum waterpeil ten opzichte van het referentiescenario met respectievelijk 4 en 8 cm. De omvang van het overstroomde gebied ter hoogte van Luiseekstraat 1 is voornamelijk bij T100 beduidend kleiner in scenario 8 ten opzichte van het referentiescenario (zie detail in Figuur 76).

De stijging van het maximum waterpeil bij T100 net opwaarts van de woning in de Luiseekstraat 1 wordt veroorzaakt door opstuwing door de koker onder de Haagdam. Deze opstuwing werd voor de periode van mei 2016 en bij T50 voorkomen door aanpassing van de geometrie. Ter hoogte van de Luirikstraat en de Heirstraat treedt wel een daling van het maximum waterpeil op in scenario 8 ten opzichte van de referentie met 20 cm voor mei 2016, 36 cm voor T50 en 41 cm voor T100.

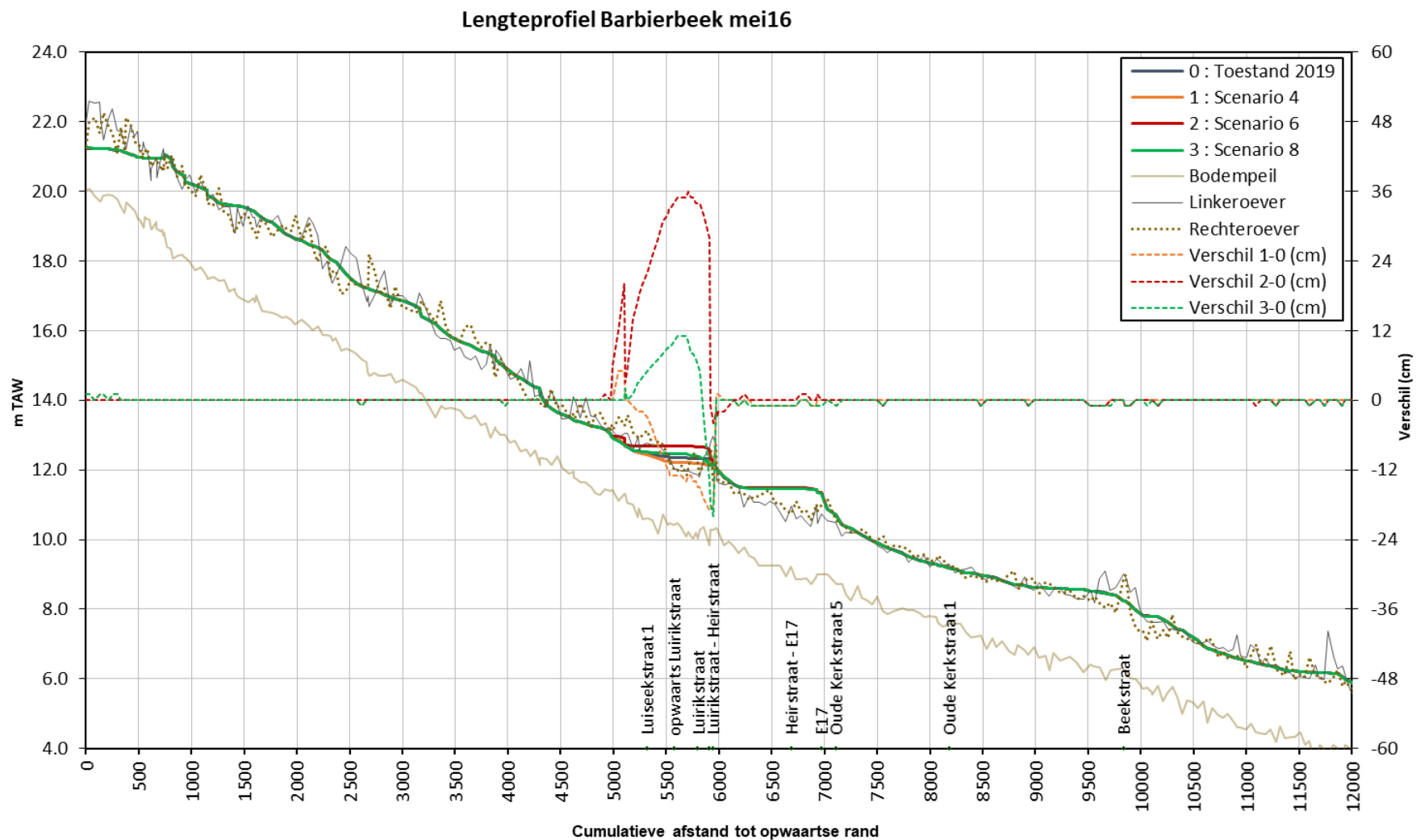
Het verlagen van de oever net opwaarts van de indijking van scenario 6 zorgt ervoor dat het overstromingsgebied net opwaarts van deze indijking iets sneller kan leeglopen. Het verschil in maximum waterpeil bedraagt echter slechts enkele centimeters ten opzichte van wanneer de oever niet extra verlaagd wordt. Deze ingreep kan best bekeken worden naar praktische haalbaarheid.

Het effect van het toevoegen van extra, lage uitwateringskokers voor het overstromingsgebied opwaarts van de indijking werd eveneens bekeken. Omwille van de lage ligging van de uitwateringskokers was het effect echter nihil.

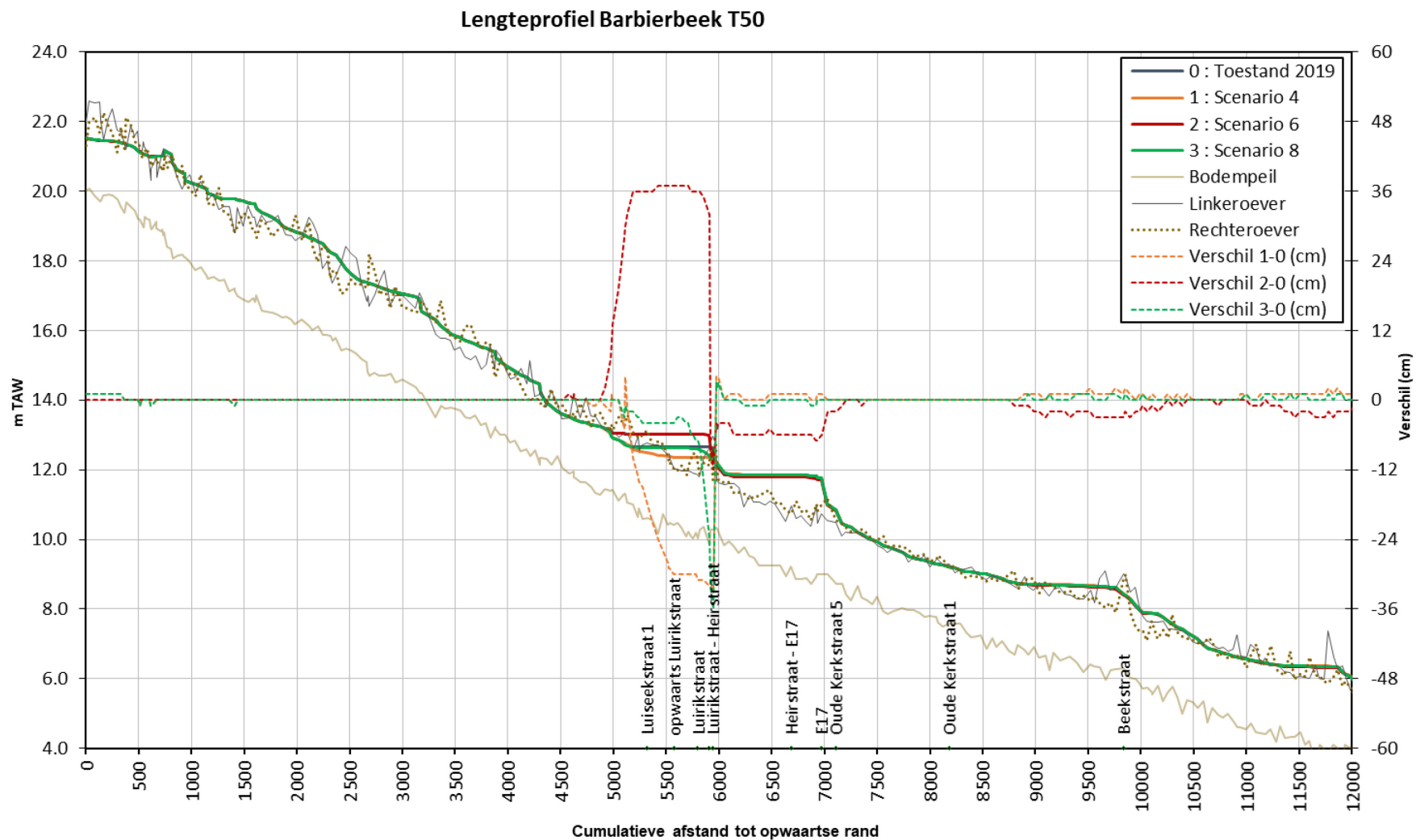
Tabel 20 – Maximum waterpeilen ter hoogte van outputlocaties – scenario 8 vs referentie - mei 2016, T50 en T100

Locatie	Mei2016			T50			T100		
	Toestand 2019	Scenario 8	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 8	Vershil [cm]	Toestand 2019	Scenario 8	Vershil [cm]
Luiseekstraat 1	12.47	12.52	5	12.67	12.63	-4	12.76	12.68	-8
Opwaarts Luirikstraat	12.35	12.45	10	12.66	12.62	-4	12.76	12.69	-7
Luirikstraat	12.33	12.39	6	12.66	12.59	-7	12.76	12.65	-11
Luirik- – Heirstraat	12.30	12.10	-20	12.64	12.28	-36	12.74	12.33	-41
Heirstraat – E17	11.48	11.47	-1	11.85	11.85	0	11.96	11.97	1
E17	11.34	11.33	-1	11.76	11.76	0	11.88	11.89	1
Oude Kerkstraat 5	10.72	10.71	-1	10.84	10.84	0	10.87	10.87	0
Oude Kerkstraat 1	9.19	9.19	0	9.22	9.22	0	9.22	9.22	0
Beekstraat	8.24	8.24	0	8.42	8.42	0	8.46	8.48	2
OG Luirikstraat RO	12.33	12.46	13	12.66	12.63	-3	12.76	12.69	-7
OG Luirikstraat LO	12.34	12.40	6	12.66	12.60	-6	12.76	12.66	-10
OG Heirstraat - E17 RO	11.48	11.47	-1	11.85	11.85	0	11.96	11.97	1
OG Heirstraat - E17 LO	11.48	11.47	-1	11.85	11.85	0	11.96	11.97	1
OG Oude Kerkstraat RO-opwaarts	8.97	8.97	0	9.02	9.02	0	9.03	9.03	0
OG Oude Kerkstraat LO	8.58	8.58	0	8.69	8.69	0	8.73	8.73	0
OG Oude Kerkstraat RO-midden	8.60	8.60	0	8.69	8.69	0	8.72	8.73	1
OG Oude Kerkstraat RO-afwaarts	8.47	8.46	-1	8.64	8.64	0	8.68	8.69	1

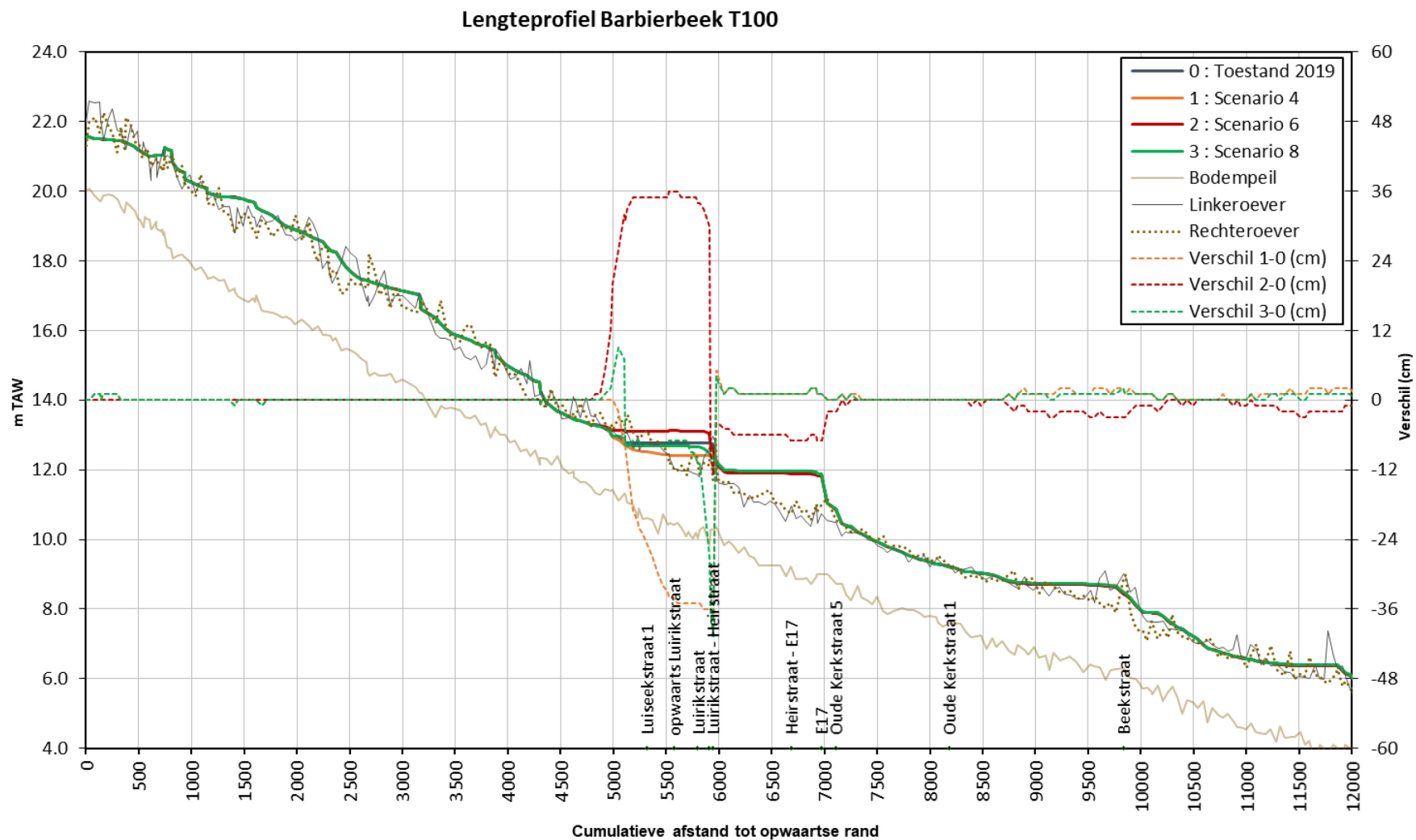
Figuur 71 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – mei 2016



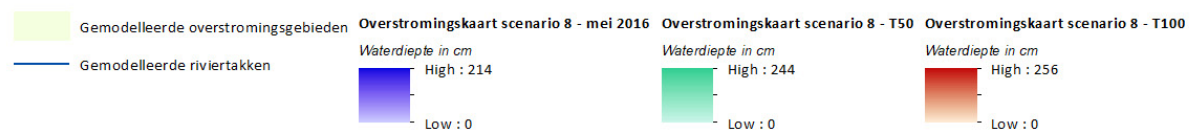
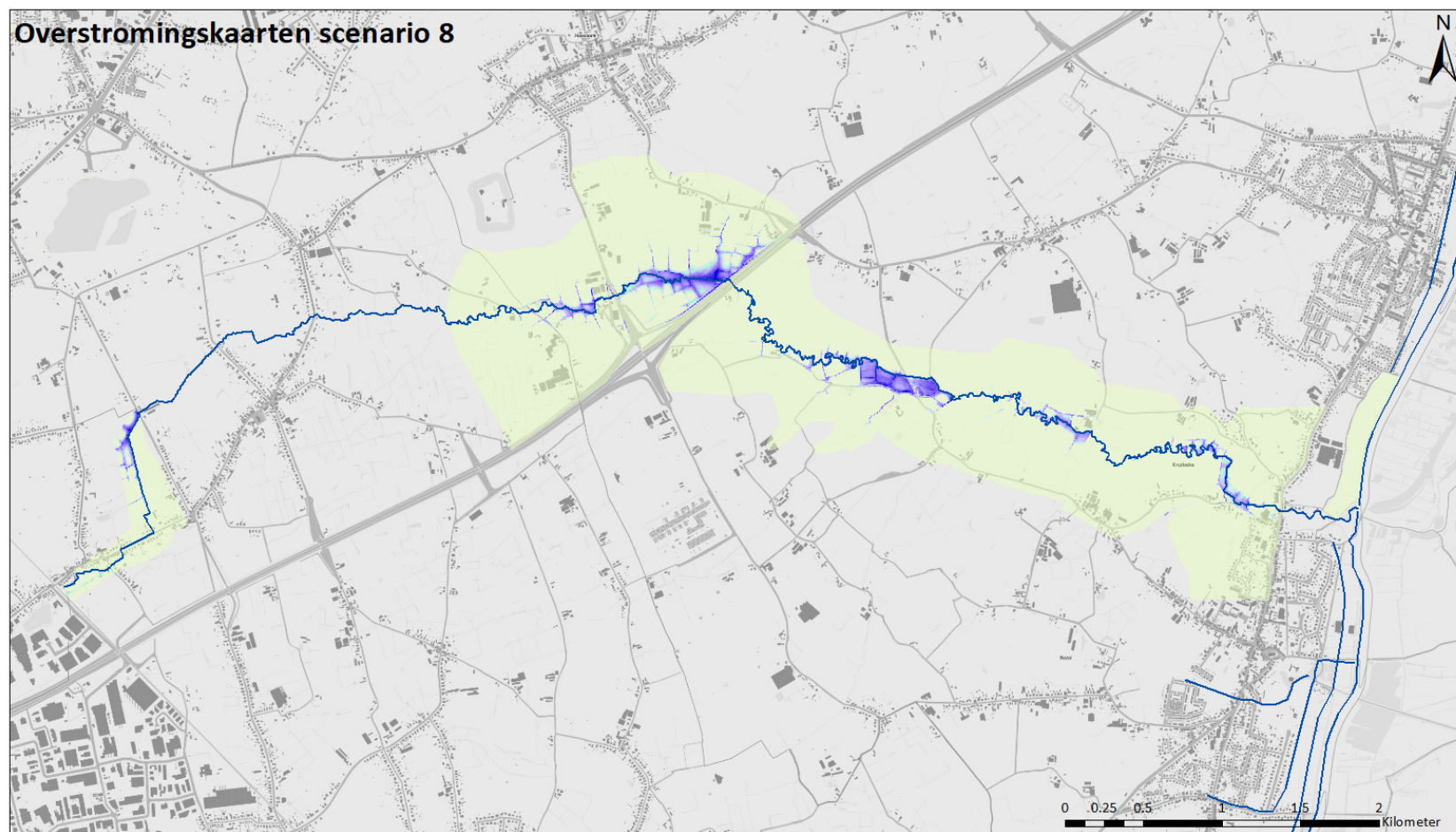
Figuur 72 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – T50



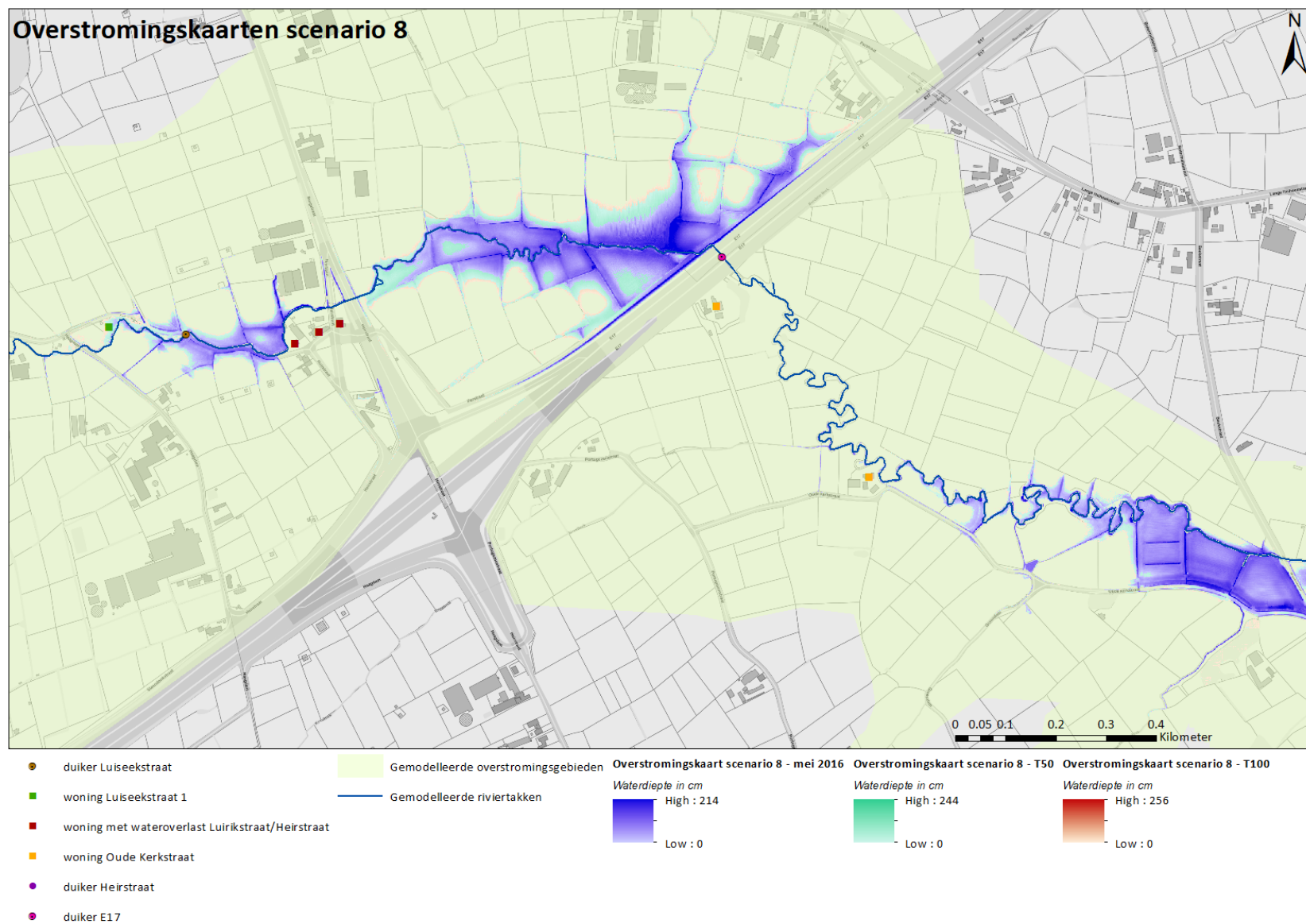
Figuur 73 – Lengteprofiel Barbierbeek met maximale waterpeilen scenario 8 vs referentie – T100



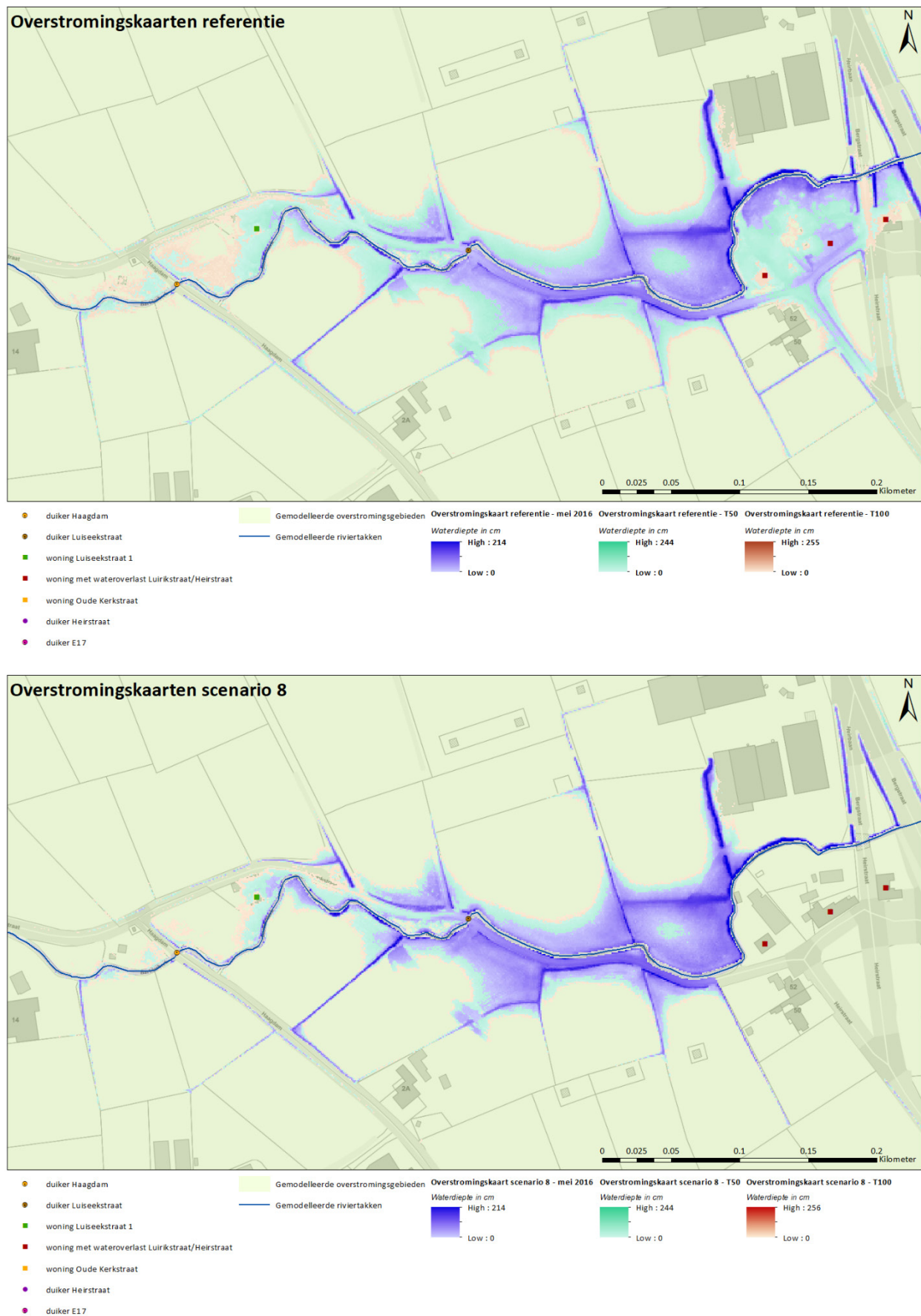
Figuur 74 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 8 – mei 2016, T50 en T100



Figuur 75 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte scenario 8 – mei 2016, T50 en T100 – detail studiegebied



Figuur 76 – Overstromingskaarten maximum waterdiepte referentie en scenario 8 – mei 2016, T50 en T100
– detail Luiseekstraat-Luirikstraat



5 Conclusies

In voorliggende studie werden verschillende scenarioberekeningen uitgevoerd om het effect van mogelijke ingrepen in en langs de Barbierbeek te evalueren om wateroverlast te voorkomen.

De scenarioberekeningen zijn uitgevoerd met het hydrodynamisch model van de Barbierbeek, de Wase Cuesta en het GOG KBR. Mits de nodige aanpassingen was het mogelijk de opgetreden overstromingen tijdens de wasperiode van mei 2016 gedeeltelijk te reproduceren.

Het verbreden van de Barbierbeek ter hoogte van het studiegebied heeft slechts een beperkte impact op de waterpeilen. De waterpeilen werden hierbij niet voldoende verlaagd om overstromingen te voorkomen.

Het verhogen van de rechteroever van de Barbierbeek ter hoogte van het studiegebied kan lokale overstromingen voorkomen. Lokaal zou de oever echter meer dan 1 meter moeten verhoogd worden. De peilstijging in de Barbierbeek zorgt echter voor meer overstromingen langs de andere oever, opwaarts van het studiegebied, en mogelijk ook voor overstromingen vanuit zijlopen van de Barbierbeek.

Het aanpassen van de geometrie van de duikers in het studiegebied, zowel onder de Heistraat als onder de E17, zorgt voor een betere afvoer van het water in de Barbierbeek. Deze ingreep heeft een positief effect, hetzij een daling van de maximum waterpeilen in de Barbierbeek opwaarts van de duikers en in de overstromingsgebieden. Afwaarts van de duikers treedt echter een (beperkte) stijging van het maximum waterpeil op.

De combinatie van de aanpassing van de geometrie van de duikers onder de Heistraat met enerzijds de verbreding van de Barbierbeek heeft een beter effect dan de combinatie met anderzijds de verhoging van de rechteroever ter hoogte van het studiegebied.

Het is mogelijk om de woningen langs de Luijikstraat lokaal in te dijken. Zowel voor T50 als T100 lijkt een drempelpeil van 13,1 mTAW te volstaan.

Als finaal scenario werd een combinatie van het verbreden van de bedding van de Barbierbeek, met het aanpassen van de geometrie van de duikers ter hoogte van het studiegebied, en het indijken van de woningen langs de Luijikstraat doorgerekend. Deze combinatie zorgt voor de periode van mei 2016 lokaal nog voor een stijging van het maximum waterpeil. Bij T50 en T100 treedt echter een daling van het maximum waterpeil op ten opzichte van de referentie, en tevens een verkleining van de overstroomde oppervlakte.

De overstromingen langs de Barbierbeek ter hoogte van de Luijikstraat in mei 2016 werden slechts beperkt gereproduceerd in de modelberekeningen. Mogelijk hebben andere factoren dan deze geïmplementeerd in het model gezorgd voor lokaal hogere waterpeilen. De gevallen neerslaghoeveelheden tonen lokaal grote hoeveelheden in een korte tijdsperiode. Dit kan geleid hebben tot een kortstondige zeer hoge bovenafvoer. In een maand mei kan verondersteld worden dat er heel wat begroeiing aanwezig was in de bedding van de Barbierbeek. Mogelijk werden hierdoor de waterpeilen lokaal sterk opgestuwd. Dit is echter meer dan 4 jaar later nog moeilijk na te gaan. De doorgerekende ingrepen tonen aan dat het aanpassen van zowel de geometrie van de bedding, als de geometrie van de duikers een positief effect kunnen hebben op de maximum waterpeilen in het studiegebied. Zowel het ruimen van de bedding van de Barbierbeek, als het ruimen van de duikers van de Barbierbeek kunnen als sterke aanbeveling uit deze studie opgenomen worden.

6 Referenties

Bogman, P.; Vanderkimpen, P.; Pereira, F.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Floodcom: deelrapport 1. Kapelbeek. *WL Rapporten*, 12_040. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen

Van Eerdenbrugh, K.; Viaene, P.; Mostaert, F. (2002). Modellerings van de Barbierbeek. *WL Rapporten*, 647. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be