



Vlaanderen
is wetenschap

21_004_2
WL rapporten

Bresinstrumentarium Sigma

Deelrapport 2
Gevoeligheidsanalyse bresgroeiparameters

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Bresinstrumentarium Sigma

Deelrapport 2 – Gevoeligheidsanalyse bresgroeiparameters

Coen, L.; Peeters, P.

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 2023
D/2023/3241/315

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Peeters, P. (2023). Bresinstrumentarium Sigma: Deelrapport 2 – Gevoeligheidsanalyse bresgroeiparameters. Versie 4.0. WL Rapporten, 21_004_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen





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

Documentidentificatie

Oprachtgever:	De Vlaamse Waterweg, Afdeling Regio Centraal	Ref.:	WL2023R21_004_2
Trefwoorden (3-5):	Bres, Sigmaplan, Zeeschelde		
Kennisdomeinen:	Waterbeheer > 2.Hydraulica > 2.2. Hydrodynamische modellen > 2.2.d. Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	44	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

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

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Peeters, P.	Getekend door:Patrik Peeters (Signature) Getekend op:2023-12-22 07:55:08 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Coen, L.	Getekend door:Leen Coen (Signature) Getekend op:2023-12-18 17:41:18 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sig Getekend op:2023-12-18 13:37:43 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	---

Abstract

In de gevoeligheidsanalyse van bresgroeiparameters worden de vier parametersets toegepast, die gebruikt zijn in Vlaamse studies omtrent bresgevoeligheid van (winter)dijken. Er werden vijf breslocaties uitgekozen voor de gevoeligheidsanalyse. Deze liggen verspreid over het estuarium en hebben een groot achterliggend gebied.

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat drie parameters die gewijzigd kunnen worden in de parameterset die de bresgroei beschrijft, een grote invloed hebben op de bresgroei: het finale bodempeil van de bres; de 'Side Erosion Index'; de korreldiameter van het dijkmateriaal.

De resultaten betreffende de bresgroei, het debiet door de bres en het waterpeil in het achterliggende gebied op basis van de verschillende parametersets kunnen beschouwd worden als een bandbreedte waarbinnen de werkelijke waarden zullen liggen. Wanneer meer eigenschappen van het dijkmateriaal gekend zijn, kan gekozen worden voor een parameterset die het best aansluit bij deze eigenschappen. Tevens kan afhankelijk van de toepassing gekozen worden voor een parameterset met minder of meer conservatieve resultaten.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Kader.....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Opbouw van het rapport.....	1
2 Numeriek model.....	2
2.1 Basismodel.....	2
2.2 Modelaanpassingen.....	2
2.3 Software	2
2.4 Geografische referentie en tijdszone	2
2.5 Versiebeheer	2
3 Gevoeligheidsanalyse	3
3.1 Keuze breslocaties	3
3.2 Parameters	8
3.3 Resultaten.....	10
3.3.1 Aangepaste parameters dijkmateriaal	10
3.3.2 Aangepaste parameters geometrie bres.....	11
3.3.3 Aangepaste parameters dijkmateriaal en geometrie bres.....	12
3.4 Figuren resultaten	13
3.4.1 Lengteprofielen maximum waterpeilen.....	13
3.4.2 Tijdreeksen debiet en waterpeil.....	23
3.4.3 Tijdreeksen bresgroei	26
3.4.4 Tabel HW, bresbreedte en volume.....	29
3.4.5 Verschilkaarten overstromingsdiepte	33
4 Conclusies	43
5 Referenties	44

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Vijf geselecteerde breslocaties voor gevoeligheidsanalyse.....	3
Tabel 2 – Bresgroeiparametersets	9
Tabel 3 – Hoogwaterpeilen Hmax, 1 ^{ste} en 2 ^{de} HW na Hmax ter hoogte van vijf geselecteerde bressen – referentiescenario zonder bressen	29
Tabel 4 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1 ^{ste} en 2 ^{de} HW na HWmax – v00-v03	30
Tabel 5 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1 ^{ste} en 2 ^{de} HW na HWmax – v00-v30	31
Tabel 6 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1 ^{ste} en 2 ^{de} HW na HWmax – v00-v33	32

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Situering vijf geselecteerde breslocaties voor gevoeligheidsanalyse	4
Figuur 2 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – T4000	5
Figuur 3 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – T4000.....	6
Figuur 4 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – T4000..	7
Figuur 5 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000.....	14
Figuur 6 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000.....	15
Figuur 7 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000	16
Figuur 8 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000	17
Figuur 9 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000	18
Figuur 10 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000.....	19
Figuur 11 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal– T4000	20
Figuur 12 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal– T4000	21
Figuur 13 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal – T4000.....	22
Figuur 14 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000	24
Figuur 15 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000	24
Figuur 16 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal en geometrie bres– T4000	25
Figuur 17 – Tijdreeksen bresgroei – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000	26
Figuur 18 – Tijdreeksen bresgroei – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie dijk– T4000	27
Figuur 19 – Tijdreeksen bresgroei – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal en geometrie dijk– T4000	28
Figuur 20 – Verschilkaart overstromingsdiepte v01–v00 – T4000	34
Figuur 21 – Verschilkaart overstromingsdiepte v02–v00 – T4000	35
Figuur 22 – Verschilkaart overstromingsdiepte v03–v00 – T4000	36
Figuur 23 – Verschilkaart overstromingsdiepte v10–v00 – T4000	37

Figuur 24 – Verschilkaart overstromingsdiepte v20–v00 – T4000 38

Figuur 25 – Verschilkaart overstromingsdiepte v30–v00 – T4000 39

Figuur 26 – Verschilkaart overstromingsdiepte v11–v00 – T4000 40

Figuur 27 – Verschilkaart overstromingsdiepte v22–v00 – T4000 41

Figuur 28 – Verschilkaart overstromingsdiepte v33–v00 – T4000 42

1 Inleiding

1.1 Kader

De Vlaamse Waterweg NV (DVW) vraagt aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) om een bresinstrumentarium op te bouwen voor onderzoek en analyses inzake bresvorming op verschillende locaties in het Sigmagebied. WL wordt gevraagd bresgroeiparameters voor te stellen, locaties voor bresvorming te identificeren en een robuust hydrodynamisch Sigmamodel op te leveren waarmee overstromingskaarten kunnen worden opgemaakt om de impact van één of meerdere (onderling mogelijk afhankelijk) bressen te bekijken.

Het project bevat zes fasen:

1. Overzicht bresgroeiparameters voor bresmodule MIKE11
2. Selectie locaties voor bresvorming
3. Uitbreiding Zeescheldemodel met bresmogelijkheid
4. Gevoeligheidsanalyse bresgroeiparameters
5. Opmaak overstromingskaarten per breslocatie voor T100-1000-4000
6. Oplijsting (on)mogelijkheden bresmodelinstrumentarium

1.2 Doelstelling

In de vierde fase van het project wordt een gevoeligheidsanalyse van de bresgroeiparameters uitgevoerd. Vier bresparametersets, toegelicht in de memo toegevoegd in de bijlage van het eerste deelrapport, worden toegepast op vijf breslocaties. Er werd gekozen voor vijf breslocaties verspreid over het estuarium met een groot achterliggend gebied. De verschillende parametersets werden doorgerekend voor een storm met een terugkeerperiode van 4000 jaar.

Voor deze vijf breslocaties zal de impact op het waterpeil in de rivier en in het achterliggend gebied vergeleken worden, evenals de impact op de bresgroei, zowel in breedte als diepte, alsook de onderlinge afhankelijkheid.

1.3 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het model dat gebruikt werd voor de gevoeligheidsanalyse.

Hoofdstuk 3 beschrijft de gevoeligheidsanalyse en de resultaten.

Hoofdstuk 4 besluit met de conclusies.

2 Numeriek model

2.1 Basismodel

Als basismodel wordt voor deze studie gebruik gemaakt van het model gebruikt voor de hindcast van de stormen van januari en februari 2022. Dit model wordt beschreven in (Coen & Nossent, 2022).

2.2 Modelaanpassingen

In de vorige fase van het project werd het basismodel aangepast door IMDC. De modelaanpassingen worden beschreven in (IMDC, 2023).

De voornaamste aanpassing was de inbouw van de 36 bressen waarvan de locatie bepaald werd in de eerste fase van dit project (Coen & Peeters, 2022). In eerste instantie diende hiervoor 'link channels' geïmplementeerd te worden in het model op de locaties van de bressen. Daarna werden de bressen zelf geïmplementeerd als 'dam break structure'. Hiertoe werd een tool in python opgemaakt waarmee ook op eenvoudige wijze de parameters van de bressen kunnen aangepast worden.

2.3 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 10.6.1 (ESRI, 2017).

2.4 Geografische referentie en tijdszone

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

2.5 Versiebeheer

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

https://wl-subversion.vlaanderen.be/svn/repoSpNumMod/MIKE11/Sigma/SIGMA20231204_21_004
revisie 5618

3 Gevoeligheidsanalyse

3.1 Keuze breslocaties

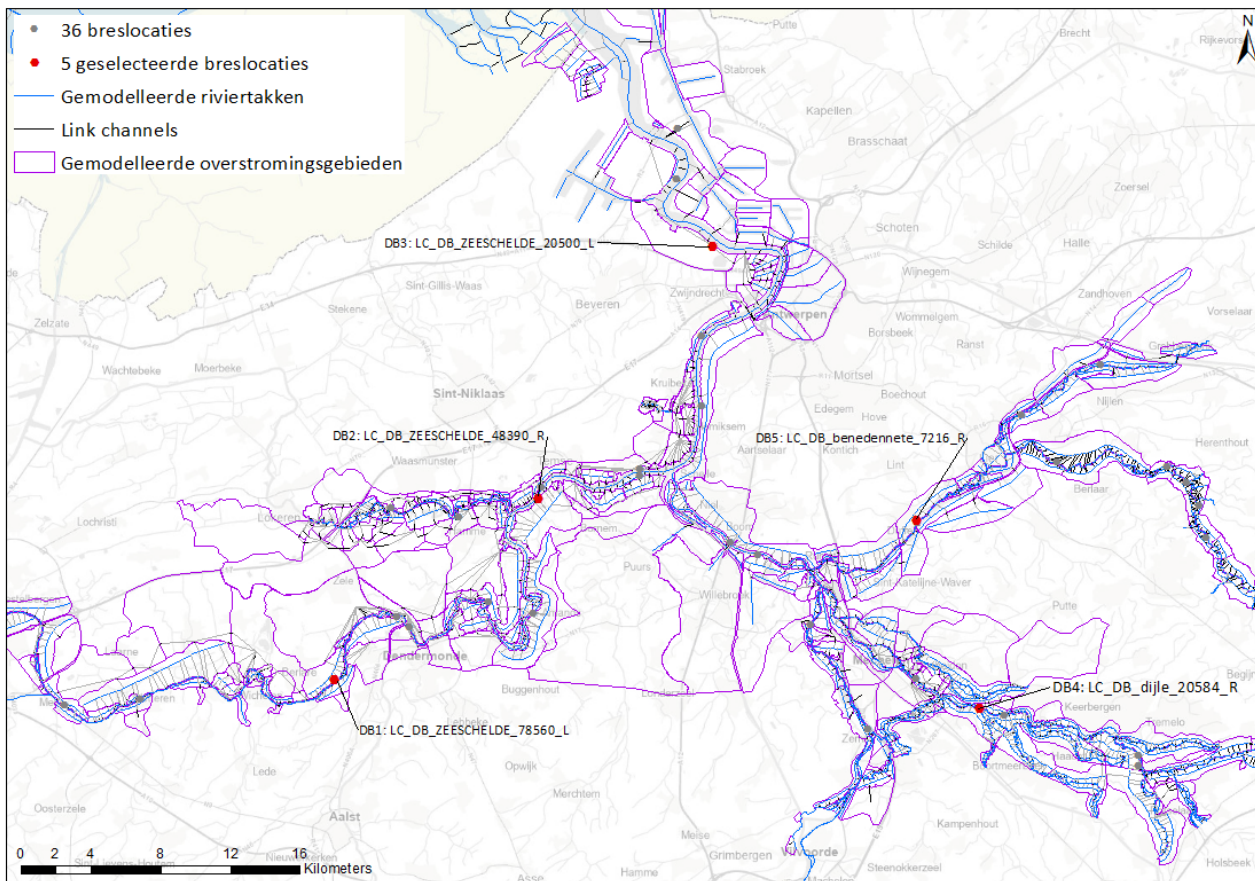
Er werden vijf breslocaties uitgekozen voor de gevoeligheidsanalyse. Deze liggen verspreid over het estuarium en hebben een groot achterliggend gebied. De geselecteerde locaties worden weergegeven in Tabel 1 en Figuur 1.

Figuur 2 tot en met Figuur 4 geven lengteprofielen met maximum waterpeilen langs de Zeeschelde, Rupel-Dijle, en Rupel-Grote Nete voor simulatieresultaten van een composietstorm met een terugkeerperiode van 4000 jaar, waarbij telkens één van de vijf geselecteerde bressen in het model actief was. De invloed van de verschillende bressen op het maximum waterpeil in de rivier is beperkt, en reikt niet tot bij de locatie van een andere bres. Hierdoor kunnen de simulaties voor de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden met de vijf bressen in één model.

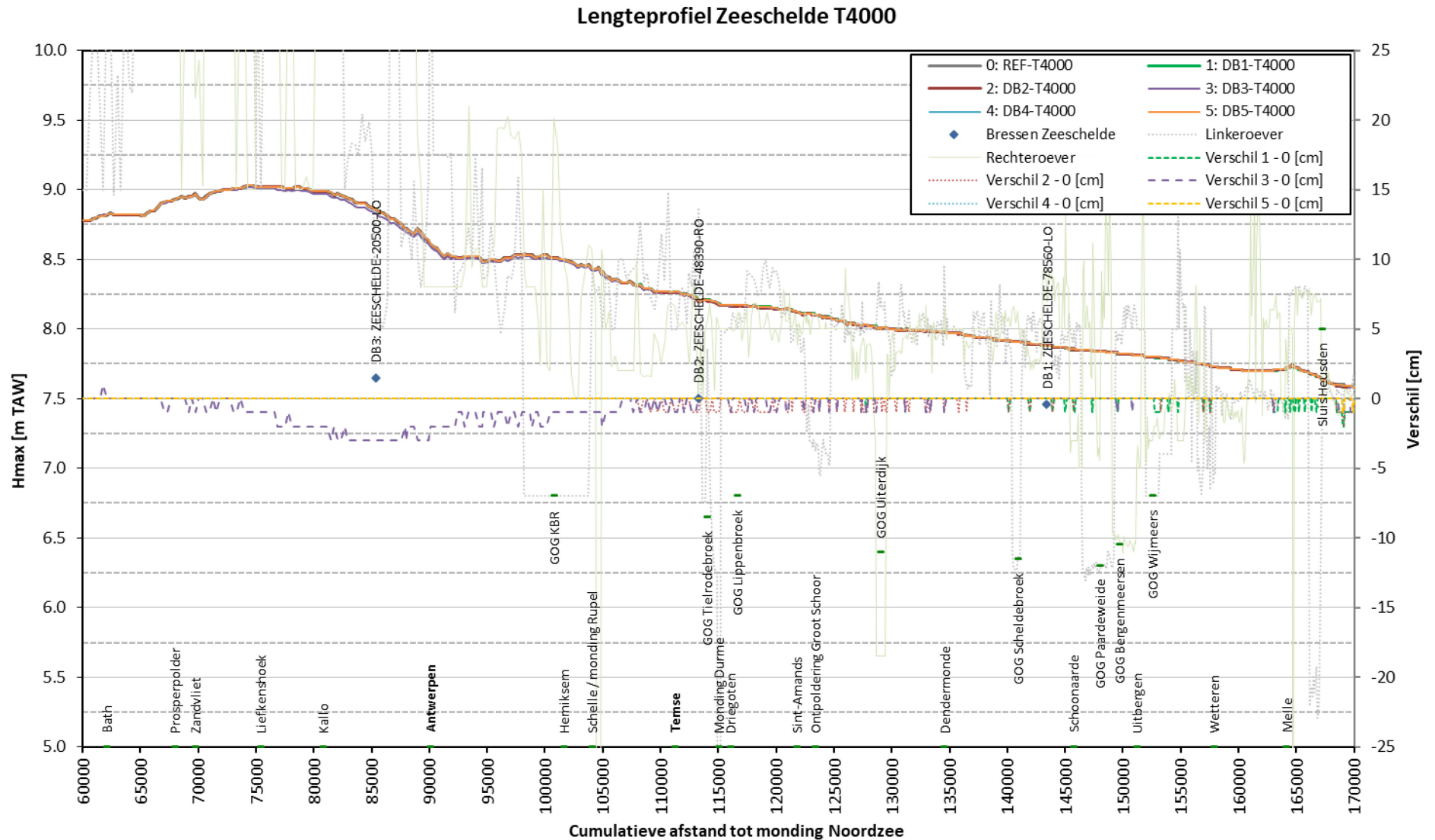
De verschillen tussen de maximum waterpeilen in het opwaartse gedeelte van de Zeeschelde

Tabel 1 – Vijf geselecteerde breslocaties voor gevoeligheidsanalyse

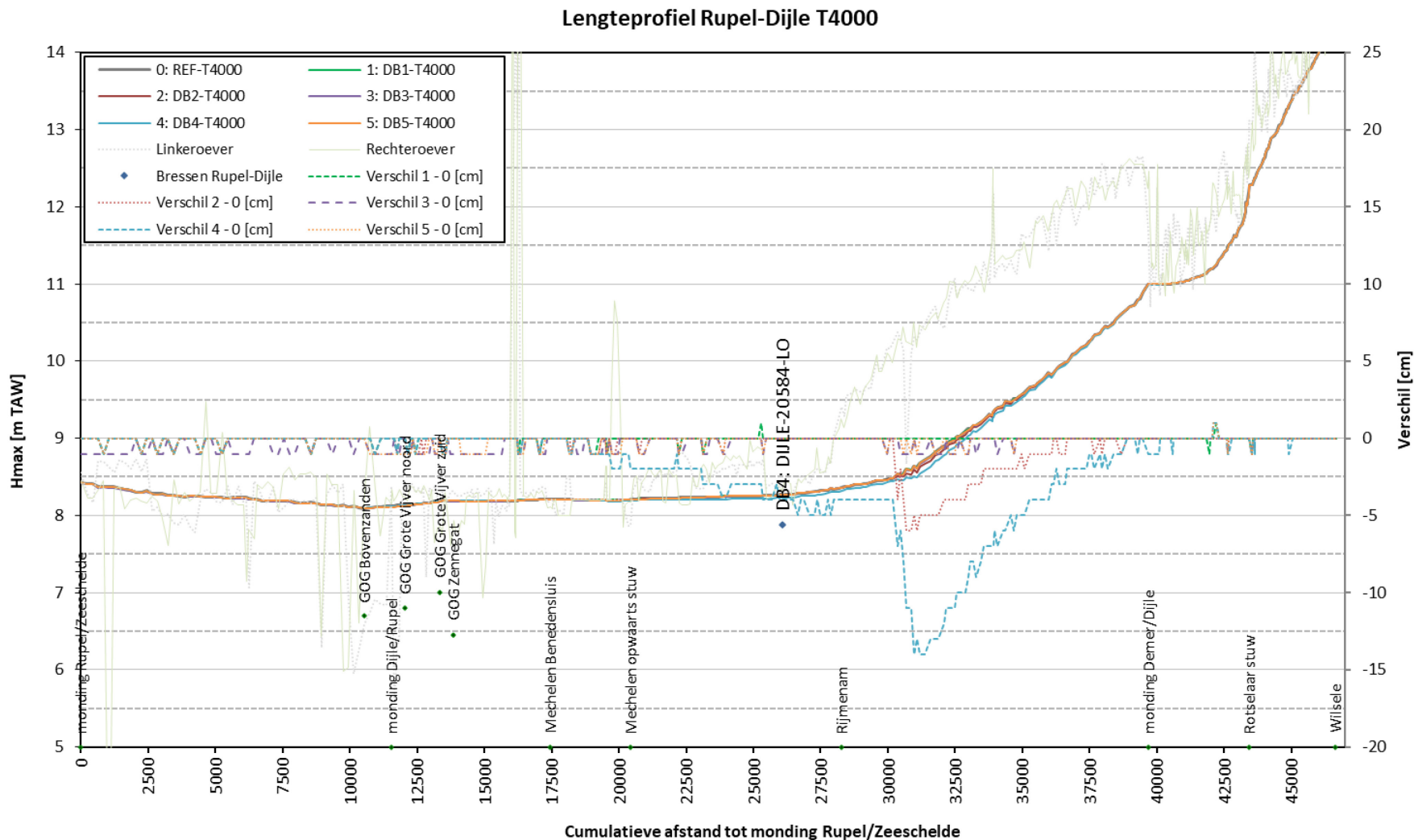
Nr. bres	Naam	LO/RO	Locatie (waterloop, situering, achterland)
1	LC_DB_ZEESCHELDE_78560_L	LO	Boven-Zeeschelde; tussen GOG Scheldebroek en Paardeweide; Berlare
2	LC_DB_ZEESCHELDE_48390_R	RO	Boven-Zeeschelde; tegenover GOG Tielrodebroek; Weert
3	LC_DB_ZEESCHELDE_20500_L	LO	Beneden-Zeeschelde; afwaarts Antwerpen; Kallo-Zwijndrecht
4	LC_DB_DIJLE_20584_R	RO	Dijle; toekomstig GOG Rijmenam
5	LC_DB_benedennete_7216_R	RO	Benedennete; afwaarts GOG Polder van Lier; Duffel



Figuur 1 – Situering vijf geselecteerde breslocaties voor gevoeligheidsanalyse

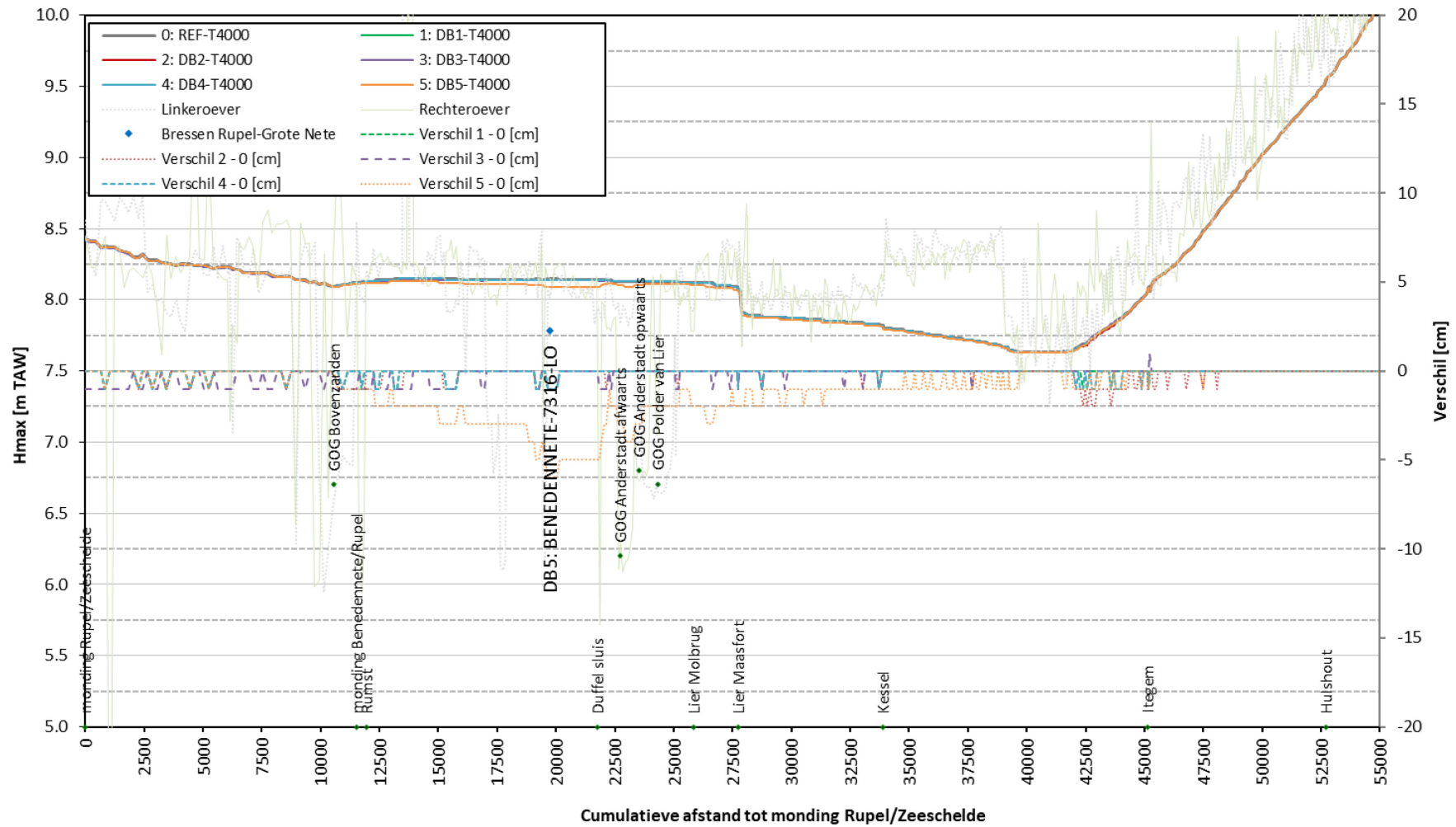


Figuur 2 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bresen – T4000



Figuur 3 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bresen – T4000

Lengteprofiel Rupel-Grote Nete T4000



Figuur 4 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – T4000

3.2 Parameters

In de gevoeligheidsanalyse worden de vier parametersets toegepast, die gebruikt zijn in Vlaamse studies omtrent bresgevoeligheid van (winter)dijken. Deze parametersets worden beschreven in de bijlage van het eerste deelrapport van deze studie (Coen & Peeters, 2022). De geometrie van de dijk werd voor de verschillende simulaties gelijk genomen. Als 'reservoir water level', zijnde het waterpeil waarbij de bresgroei start, werd steeds een waarde genomen gelijk aan de dijkhoogte min 0,5 m. Het 'initial level' komt dan overeen met de initiële hoogte van de bres, bij de start van de bresgroei. De bresgroeiparametersets worden weergegeven in Tabel 2.

De vier parametersets hebben een eigen nummer:

0 = Sigmaplan

1 = Kustveiligheidsplan

2 = Vlaamse Rivierdijken – cohesief (BF)

3 = Vlaamse Rivierdijken – niet-cohesief (BF)

Om onderscheid te kunnen maken tussen het effect van de eigenschappen van het dijkmateriaal en het effect van de geometrie van de bres werd de analyse in drie stappen opgesplitst:

- Stap 1: aanpassing parameters eigenschappen dijkmateriaal (v00-v30)
- Stap 2: aanpassing parameters geometrie bres (v00-v03)
- Stap 3: aanpassing parameters geometrie bres en eigenschappen dijkmateriaal (v00-v33)

De combinatie van de parameters voor geometrie bres en eigenschappen dijkmateriaal wordt enkel gemaakt voor de bestaande parametersets (v01+v10=v11). Er worden geen combinaties gemaakt tussen de verschillende parametersets.

Tabel 2 – Bresgroeiparametersets

	Sigmaplan	Kustveiligheidsplan	Vlaamse Rivierdijken – cohesief (BF)	Vlaamse Rivierdijken – niet cohesief (BF)
	v00	v11	v22	v33
Eigenschappen dijkmateriaal				
	v00	v10	v20	v30
Grain diameter	1000 μ = 0.001 m	250 μ = 0.00025 m	140 μ = 0.00014 m	185 μ = 0.000185 m
Specific gravity	2.6	2.6	2.6	2.5
Porosity	0.4	0.4	0.4	0.5
Critical shear stress	0.045	0.03	1.9	0.03
Side erosion index	1	2	1.5	8
Geometrie bres				
	v00	v01	v02	v03
Initial level	waterpeil bij ontstaan bres – 0.05 m	waterpeil bij ontstaan bres – 0.20 m	werkelijk peil testbres	werkelijk peil testbres – 0.40 m
Initial width	1 m	beschikbare breedte voor bres	2 m	1 m
Final bottom level	maaiveld polders	maaiveld polders	Geen = 0 mTAW	Fictief = 0 mTAW
Final bottom width	300 m	beschikbare breedte voor bres = crest length	Geen = 1000 m	Geen = 1000 m

3.3 Resultaten

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse worden bekeken op basis van:

- De lengteprofielen met maximum waterpeilen in de rivieren
- Tijdreeksen van het debiet dat door de bres stroomt
- Tijdreeksen van het waterpeil in de rivier en in de bres
- Tijdreeksen die de groei van de bres beschrijven
 - o Breshoogte, of hoogte van het bodempeil van de bres
 - o Stromingsbreedte door de bres
 - o Bodembreedte van de bres
 - o Breedte van de bres op kruinhoogte
- Waarden van hoogwaterpeilen, stromingsbreedte door de bres en cumulatief volume bij Hmax, 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax
- Verschilkaarten die het verschil in waterdiepte in de overstromingsgebieden weergeven

De bijhorende figuren en tabellen worden weergegeven in §3.4.

3.3.1 Aangepaste parameters dijkmateriaal

In Tabel 2 worden de verschillende parameters voor het dijkmateriaal weergegeven. Deze worden gewijzigd in de eerste stap van de gevoeligheidsanalyse. De bijhorende lengteprofielen worden weergegeven in Figuur 5 tot en met Figuur 7, de tijdreeksen van debiet en waterpeil in Figuur 14 en de tijdreeksen van de bresgroei in Figuur 17. Tabel 4 geeft voor de vijf geselecteerde bressen de waarden weer van het hoogwaterpeil, de stromingsbreedte door de bres en het cumulatief volume door de bres, bij Hmax en het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax. De verschilkaarten van de overstromingsdiepte worden weergegeven in Figuur 20 tot en met Figuur 22.

Wanneer enkel de materiaaleigenschappen van de dijk waarin de bres zich vormt, gewijzigd worden, valt de snellere bresgroei in de breedte op bij v30 – Vlaamse rivierdijken niet-cohesief. Het initieel peil van de bres is hier gelijk aan het werkelijk peil van de bres min 40 cm. Hierdoor is het debiet tijdens het eerste getij door de bres veel groter ten opzichte van de andere parametersets. Opvallend is dat bij deze parameterset voornamelijk de Side Erosion Index hoger is ten opzichte van de andere parametersets. In de handleiding van Mike11 wordt deze parameter als volgt omschreven: *Multiplication factor used to calculate breach width erosion rates from breach depth predictions*. In de studie van (Van Hoestenberge et al. 2010c) wordt aangehaald dat voor gecompacteerd dijken een lagere Side Erosion Index waarschijnlijk meer geschikt is.

De bresgroei in de breedte verloopt het traagst wanneer de parameters van het v00 – Sigmaplan toegepast worden. De korrelgrootte is hier het grootst, en de Side Erosion Index het kleinst. Een korreldiameter van 1000 µm komt overeen met zeer grof zand. Dit spoelt minder snel weg dan fijn zand.

Op de lengteprofielen met maximum waterpeilen valt vooral de grotere invloed van DB3, DB4 en DB5 op het maximum waterpeil bij v30, langs respectievelijk de Zeeschelde, Rupel, Dijle en Nete op. Het effect op het maximum waterpeil langs de Zeeschelde van DB3 lijkt hierbij wel te reiken tot aan de locatie van DB2.

De waarden in Tabel 4 tonen aan dat het effect op het hoogwaterpeil in de waterloop groter is bij het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na het maximum hoogwater. De bresgrootte is nog niet maximaal bij het maximum waterpeil. Wanneer de bres nog verder groeit, gaan er grotere volumes water door bres en zal ook de impact op het waterpeil in de rivier groter zijn. De grootste cumulatieve volumes door de bres komen voor bij het eerste hoogwater na het maximum hoogwater.

De verschilkaarten geven het maximum waterpeil in de overstromingsgebieden weer, dus wanneer de bres volledig gegroeid is. Op de verschilkaarten valt op dat in de gebieden achter de bressen het waterpeil steeds dieper is, uitgezonderd bij DB4 voor v01. Op- en afwaarts van de bressen en voornamelijk langs de andere oever is het waterpeil in de overstromingsgebieden kleiner. Bij v01 bedraagt het verschil in waterdiepte tussen -22 en + 12 cm; bij v02 tussen -86 en +116 cm; en bij v03 tussen -119 en +119 cm. De grootste verschillen treden bij v03 op in de overstromingsgebieden achter DB2 en DB5.

Bij de materiaaleigenschappen die opgegeven kunnen worden als bresgroeiparameters lijken de Side Erosion Index en de korrelgrootte het grootste effect te hebben op de snelheid van de bresgroei.

3.3.2 Aangepaste parameters geometrie bres

In Tabel 2 worden de verschillende parameters voor de geometrie van de bressen weergegeven. Deze worden gewijzigd in de tweede stap van de gevoeligheidsanalyse. De bijhorende lengteprofielen worden weergegeven in Figuur 8 tot en met Figuur 10, de tijdreeksen van debiet en waterpeil in Figuur 15 en de tijdreeksen van de bresgroei in Figuur 18. Tabel 5 geeft voor de vijf geselecteerde bressen de waarden weer van het hoogwaterpeil, de stromingsbreedte door de bres en het cumulatief volume door de bres, bij Hmax en het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax. De verschilkaarten van de overstromingsdiepte worden weergegeven in Figuur 23 tot en met Figuur 25.

Wanneer de parameters met betrekking tot de geometrie van de bres aangepast worden, vertonen v00 en v01 een gelijkaardig verloop in de bresgroei in de breedte, en zo ook v02 en v03. Bij v00 en v01 werd het 'final bottom level' gelijkgesteld aan het niveau van het maaiveld van de achterliggende polder. Bij v02 en v03 werd het 'final bottom level' gelijk gesteld aan 0 mTAW. Hier werd geen rekening gehouden met het maaiveld van de polder of de teen van de dijk. In dit geval groeien de bressen zeer sterk in de diepte en veel minder in de breedte. De 'final bottom width' werd bij v02 en v03 gelijkgesteld aan 1000 m. Desondanks blijft de breedte van de bressen bij deze parametersets beperkter. Dit heeft echter slechts een beperkt effect te op het debiet dat door de bres stroomt.

Zowel bij v00 als v03 is het 'initial level' of de initiële hoogte van de bres lager dan de waterhoogte waarbij de bres ontstaat, respectievelijk 5 cm en 40 cm. Dit zorgt voor een groter initieel debiet over de bres, voornamelijk bij v03. Waardoor de bres ook sneller zal groeien.

Wanneer zowel de groei van de bres in de diepte als in de breedte niet beperkt wordt, lijkt de bresgroei in de diepte dominant te zijn, ten koste van de bresgroei in de breedte. In het Mike11model is de dieptegroei een functie van de eigenschappen van de dijk en het sedimenttransport doorheen de bres. De breedtegroei staat in een vaste verhouding tot de dieptegroei.

De aanpassing van de parameters met betrekking tot de geometrie van de bres heeft een kleinere invloed op het maximum waterpeil in de Zeeschelde, dan wanneer de parameters van het dijkmateriaal aangepast worden. Langs de Rupel, Dijle en Nete is het effect van DB4 en DB5 op de maximum waterpeilen groter, voornamelijk bij v03.

Het effect op het hoogwaterpeil in de rivier is weerom groter bij het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na het maximum waterpeil, met verschillen tot 1 m. Het cumulatief volume dat door de bres stroomt, is het grootst tijdens het 1^{ste} hoogwater na het maximum waterpeil. De grootte hiervan is echter gelijkaardig ten opzichte van wanneer de eigenschappen van het dijkmateriaal aangepast worden.

De verschilkaarten van de overstromingsdiepte in de achterliggende gebieden tonen weerom dat in de gebieden achter de bressen de overstromingsdiepte groter is ten opzichte van v00. In de overstromingsgebieden op- en afwaarts van de bressen en langs de andere oever zijn de overstromingsdieptes kleiner ten opzichte van v00. De verschillen zijn echter groter dan wanneer de parameters met betrekking tot de eigenschappen van het dijkmateriaal aangepast worden. Bij v10 bedraagt het verschil in waterdiepte tussen -119 en +120 cm; bij v02 tussen -223 en +150 cm; en bij v03 tussen -119 en +119 cm. De grootste verschillen treden bij v30 op in de overstromingsgebieden achter DB2, DB3 en DB5. Achter DB1 valt vooral de uitgestrektheid van het gebied op waarin de overstromingsdiepte groter is ten opzichte van v00.

3.3.3 Aangepaste parameters dijkmateriaal en geometrie bres

In Tabel 2 worden de verschillende parameters voor het dijkmateriaal en de geometrie van de bressen weergegeven. Deze worden beide gewijzigd in de derde stap van de gevoeligheidsanalyse. De bijhorende lengteprofielen worden weergegeven in Figuur 11 tot en met Figuur 13, de tijdreeksen van debiet en waterpeil in Figuur 16 en de tijdreeksen van de bresgroei in Figuur 19. Tabel 6 geeft voor de vijf geselecteerde bressen de waarden weer van het hoogwaterpeil, de stromingsbreedte door de bres en het cumulatief volume door de bres, bij Hmax en het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax. De verschilkaarten van de overstromingsdiepte worden weergegeven in Figuur 26 tot en met Figuur 28.

Wanneer zowel de parameters van de geometrie van de bres gewijzigd worden, als deze met betrekking tot de materiaaleigenschappen vertonen de bressen van v33-Vlaamse Rivierdijken – niet cohesief nog steeds de snelste initiële bresgroei. Omdat deze bressen echter ook sterk in de diepte groeien, wordt hun groei in de breedte na verloop van tijd vertraagd, tot gestopt. De bressen van v11-Kustveiligheidsplan kennen tevens een snelle initiële groei in de breedte. De bresgroei in de diepte wordt beperkt tot het maaiveld van de polder, waardoor de groei in de breedte minder beperkt wordt. Uiteindelijk worden deze bressen breder ten opzichte van v33. De bressen van v22-Vlaamse Rivierdijken – cohesief groeien uiteindelijk het minst in de breedte. Hun initiële groei is iets sneller ten opzichte van v00, maar vertraagd uiteindelijk ook. De bressen van v00- Sigmaplan kennen de traagste initiële bresgroei. De bresgroei in de diepte wordt hier tevens beperkt tot het maaiveld, en de finale breedte tot 300 m. Deze wordt enkel bij DB2 bereikt.

Het effect op het maximum waterpeil in de Zeeschelde is het grootst bij v33. Hierbij lijkt de invloed van de drie bressen langs de Zeeschelde tot aan de nabijgelegen breslocatie(s) te reiken. Ook bij de twee geselecteerde bressen langs de Dijle en Grote Nete reikt het effect tot in de Rupel bij v33. Bij DB4 langs de Dijle, en bij DB5 langs de Grote Nete reikt het effect van de aanpassing naar de andere parametersets tot aan de monding van respectievelijke de Dijle en de Nete in de Rupel.

Het effect op het hoogwaterpeil in de rivier is weerom groter bij het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na het maximum waterpeil, met verschillen tot meer dan 1 m. Het cumulatief volume dat door de bres stroomt, is het grootst tijdens het 1^{ste} hoogwater na het maximum waterpeil. De grootte hiervan is echter gelijkaardig ten opzichte van wanneer de eigenschappen van het dijkmateriaal of de geometrie apart aangepast worden.

De verschilkaarten van de overstromingsdiepte tonen grotere verschillen ten opzichte van v00, zowel in diepte als in uitgestrektheid van gebieden waar verschillen optreden. Bij v11 bedraagt het verschil in waterdiepte tussen -119 en +117 cm; bij v22 tussen -86 en +109 cm; en bij v33 tussen -281 en +157 cm.

Bij DB1 treedt een stijging van de overstromingsdiepte op in de achterliggende gebieden die zich uitstrekt langs de linkeroever in de zone tussen GOG Paardeweide tot aan Driegoten. In de gebieden achter Paardeweide en Wijmeers is er bij v11 quasi geen verschil in overstromingsdiepte, bij v22 een stijging, en bij v33 een daling. Opwaarts Wijmeers, en langs de rechteroever van de Boven-Zeeschelde treedt steeds een daling van de overstromingsdiepte op.

Bij DB2 treedt een sterke stijging van de overstromingsdiepte op ten opzichte van v00 in de gebieden langs de rechteroever tussen Driegoten en de Rupelmonding. In de gebieden op de linkeroever en langs de Durme daalt de overstromingsdiepte ten opzichte van v00.

In het GOG KBR en de meer afwaartse overstromingsgebieden tot en met Burchtse Weel daalt de overstromingsdiepte ten opzichte van v00. Dit kan een gecombineerd effect zijn van DB2 en DB3, doch waarschijnlijk voornamelijk van DB3.

Bij DB3 treedt een stijging van overstromingsdiepte op in de achterliggende gebieden ten opzichte van v00, opwaarts tot aan de Kennedytunnel, en afwaarts tot aan de Kallosluis. Deze stijging is het grootst bij v33.

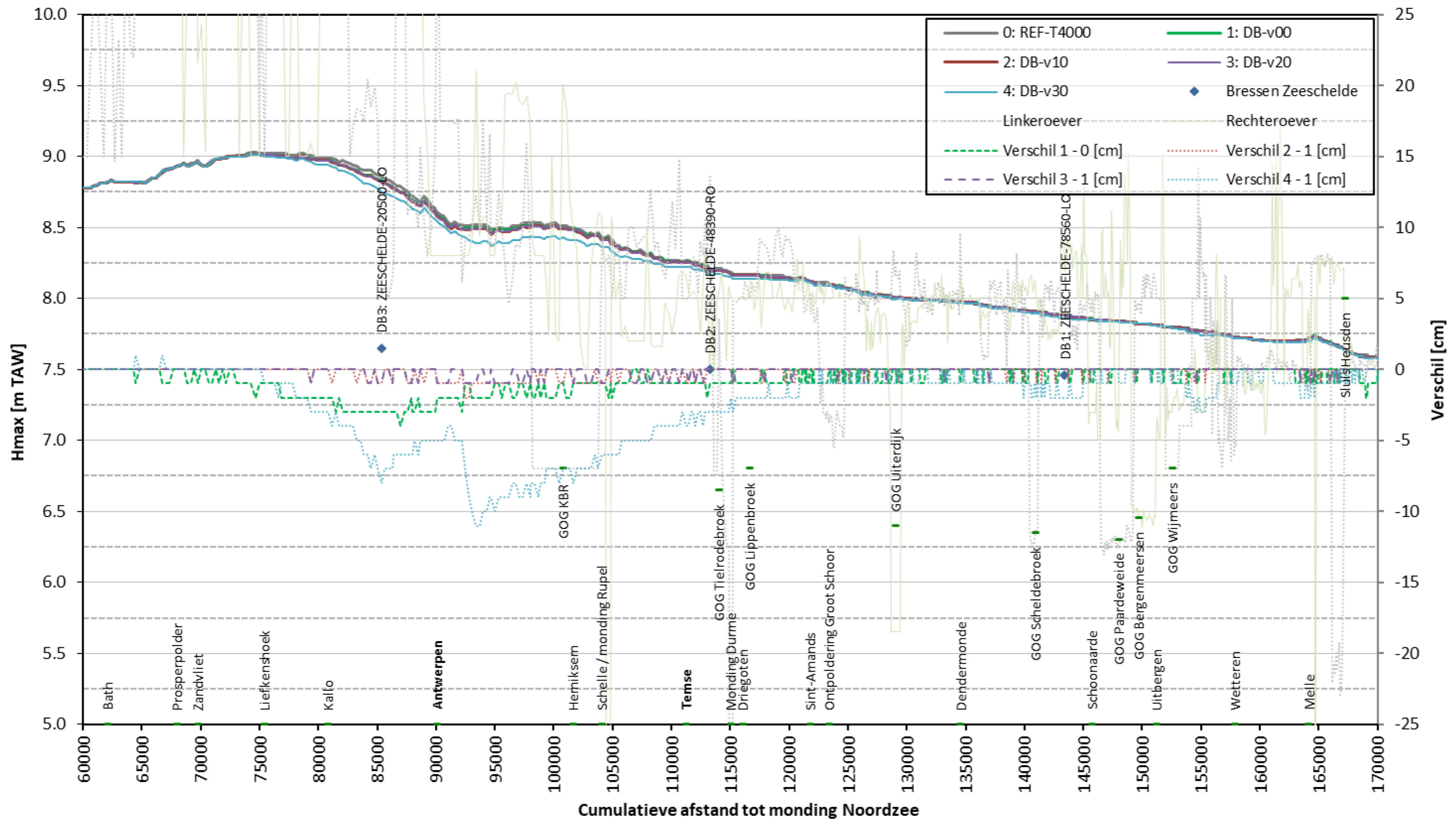
Bij DB4 treedt een stijging op van de overstromingsdiepte in de achterliggende gebieden langs de rechteroever van de Dijle tussen Mechelen en Rijmenam. Langs de andere oever en in de afwaarts gelegen GOG's daalt de overstromingsdiepte ten opzichte van v00.

Bij DB5 treedt een stijging op van de overstromingsdiepte in de achterliggende gebieden langs de rechteroever van de Benedennete tussen Rumst en Lier, uitgezonderd in GOG Polder van Lier. Langs de andere oever is het effect op de overstromingsdiepte beperkt. Opwaarts langs de Grote Nete tot Hulshout, en de Kleine Nete tot Grobbendonk daalt de overstromingsdiepte in de overstromingsgebieden wel ten opzichte van v00.

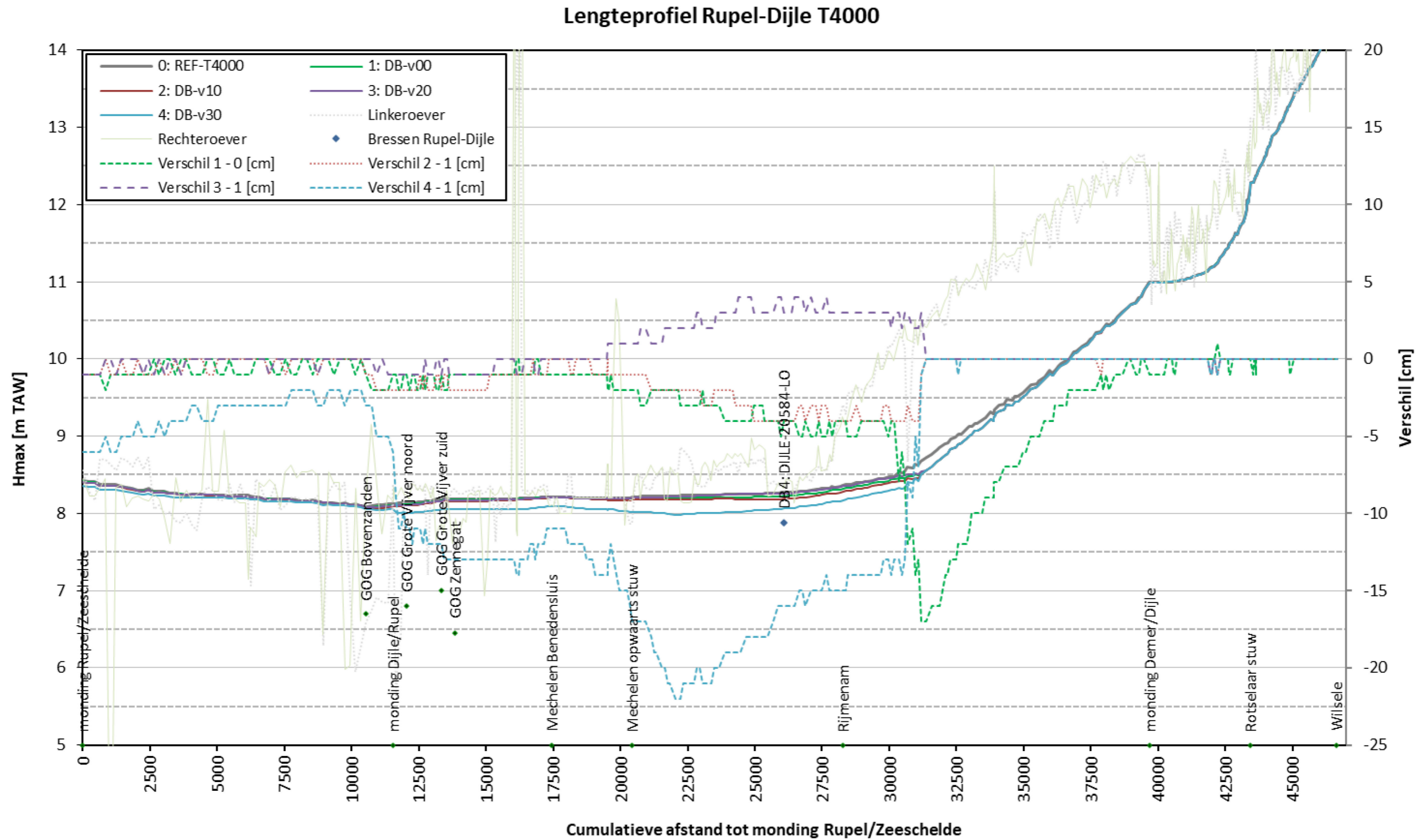
3.4 Figuren resultaten

3.4.1 Lengteprofielen maximum waterpeilen

Lengteprofiel Zeeschelde T4000

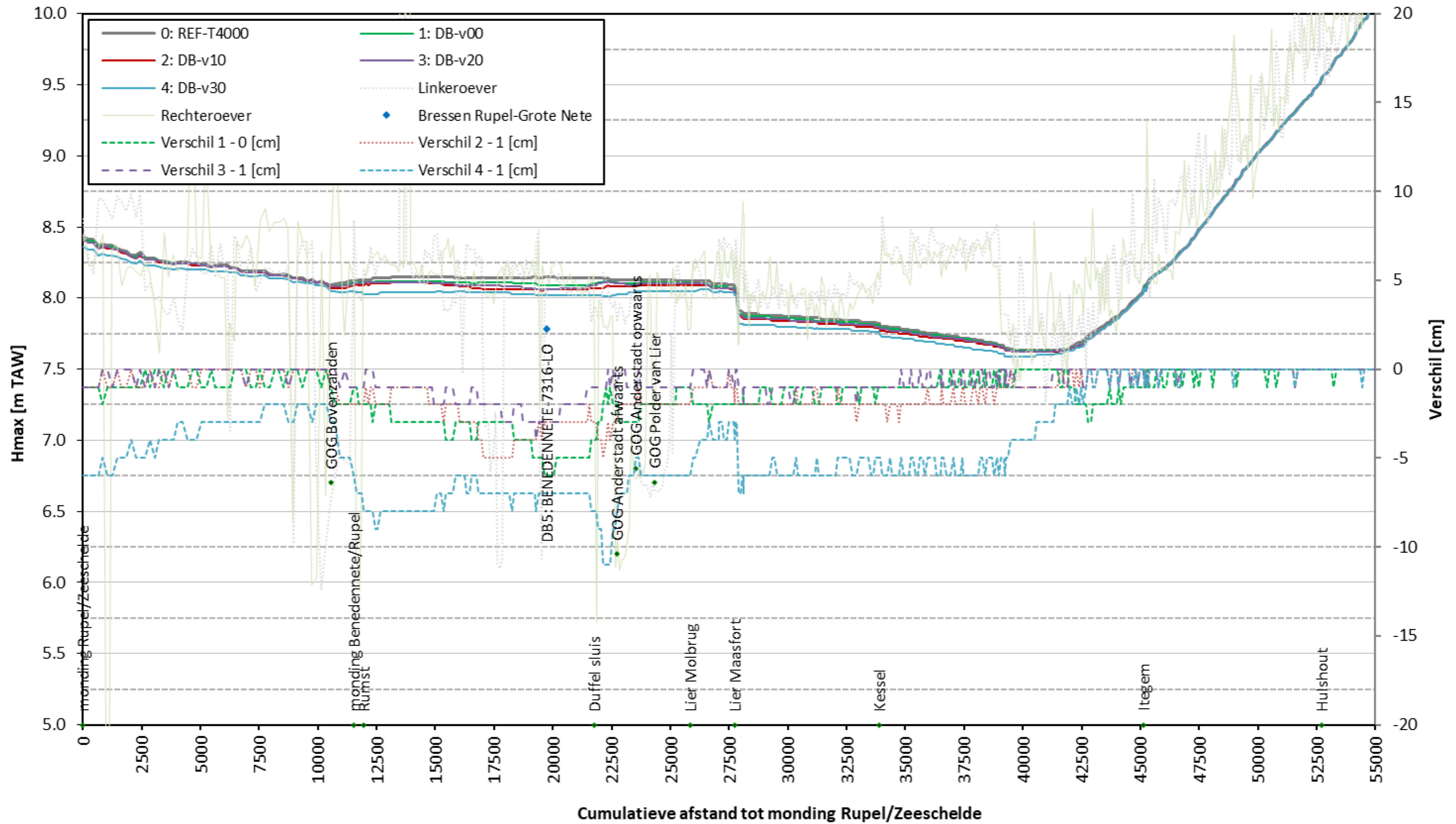


Figuur 5 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000



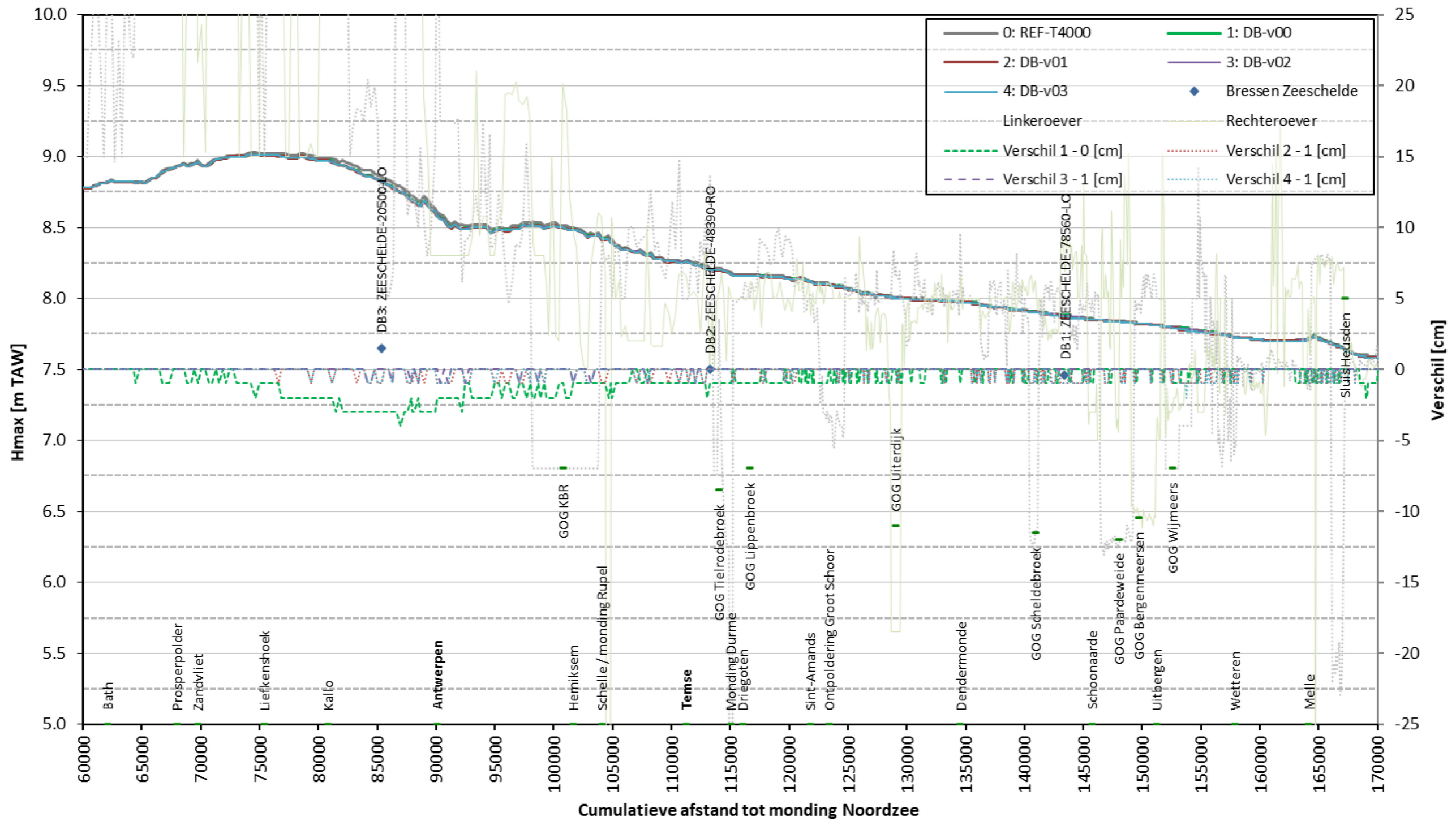
Figuur 6 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000

Lengteprofiel Rupel-Grote Nete T4000



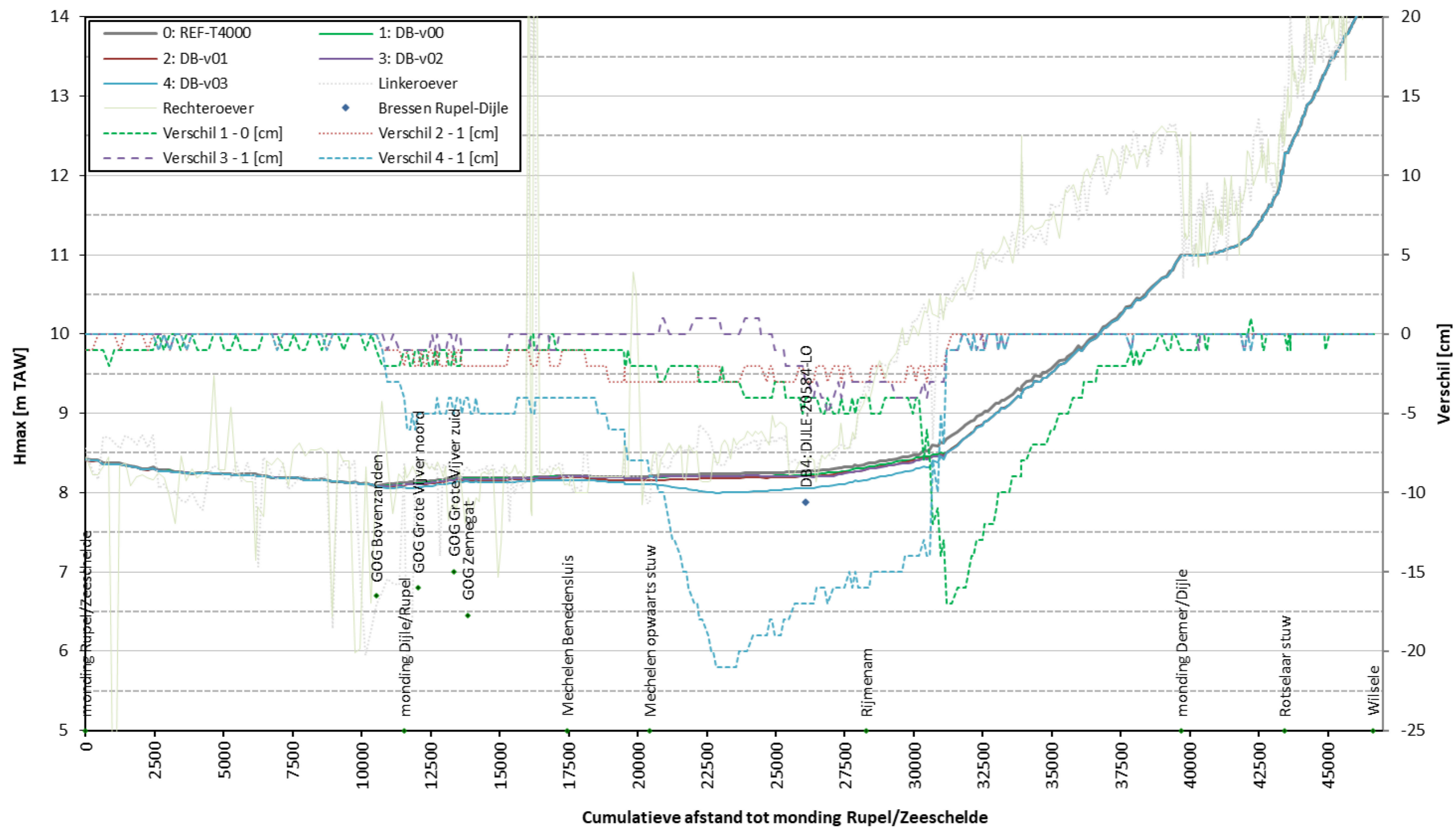
Figuur 7 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000

Lengteprofiel Zeeschelde T4000



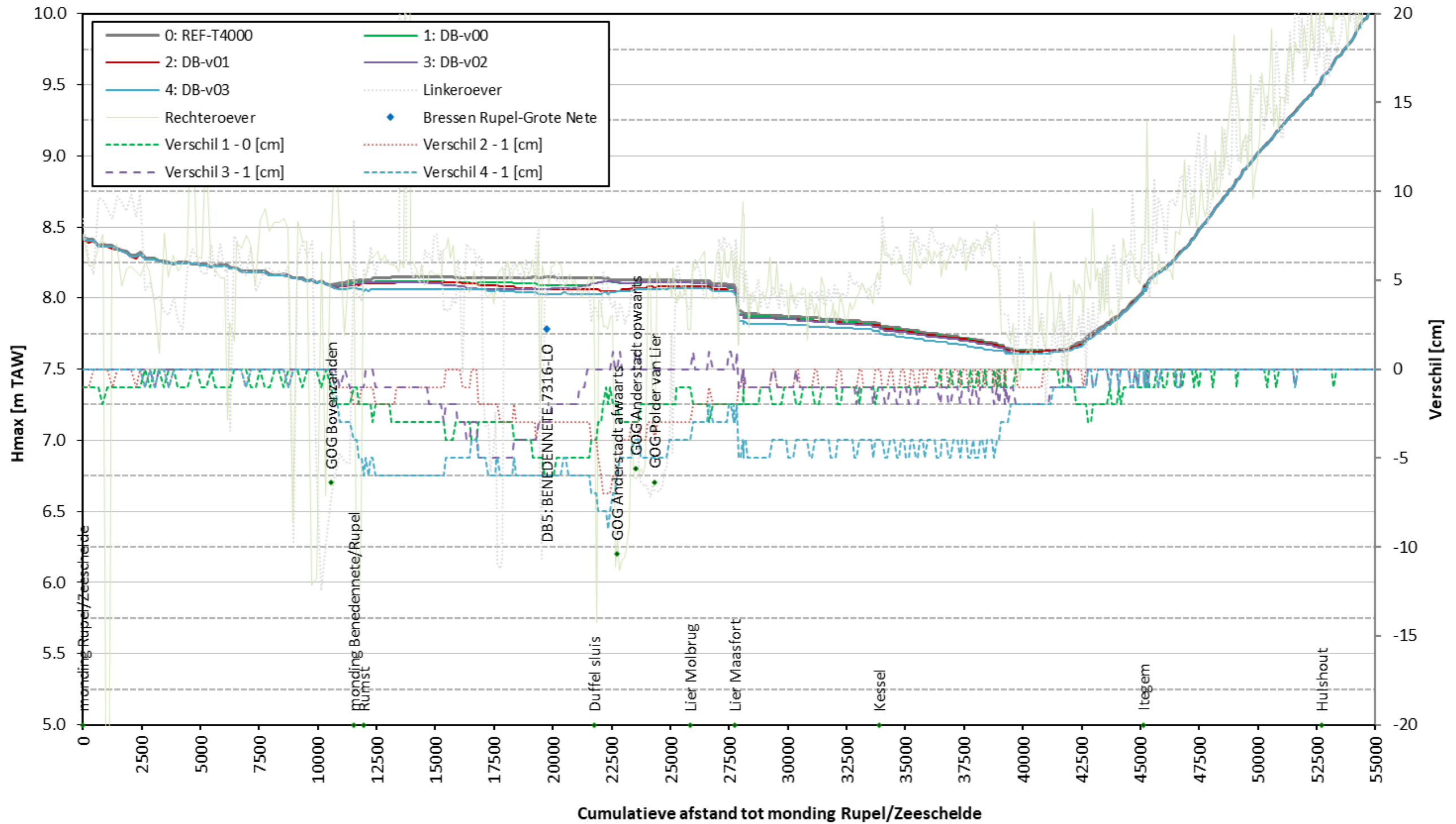
Figuur 8 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bresen – parameters geometrie bres– T4000

Lengteprofiel Rupel-Dijle T4000



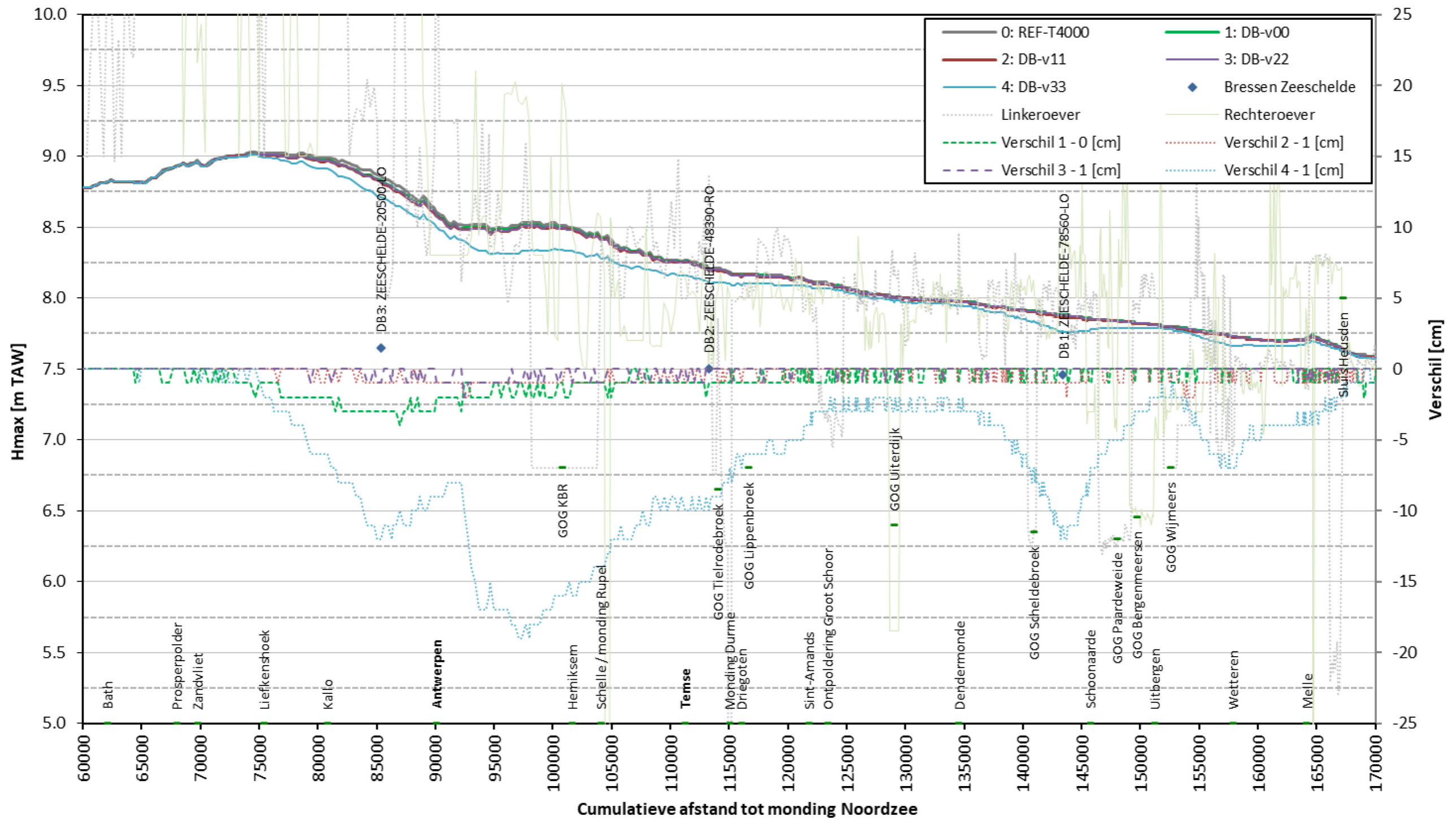
Figuur 9 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000

Lengteprofiel Rupel-Grote Nete T4000

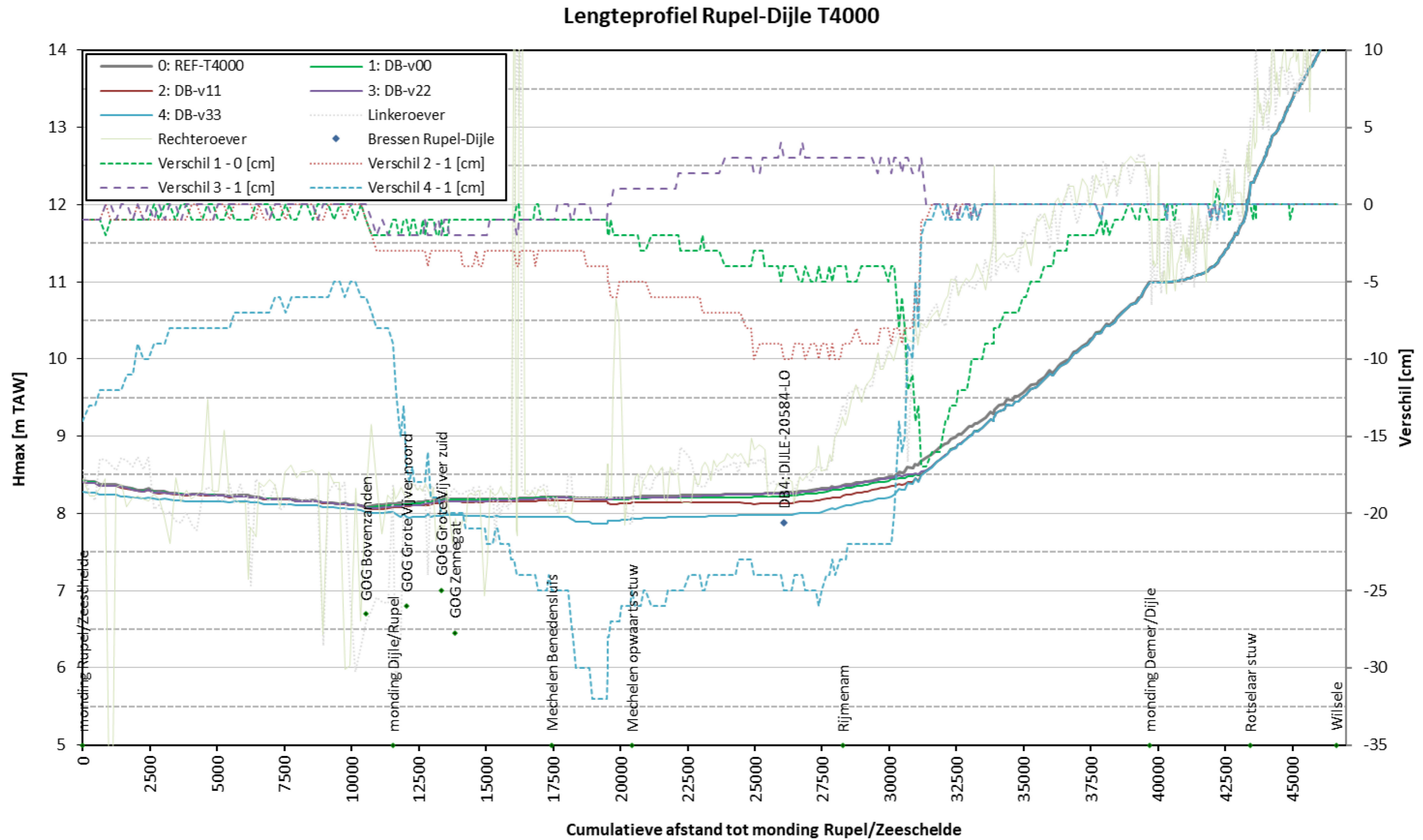


Figuur 10 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000

Lengteprofiel Zeeschelde T4000

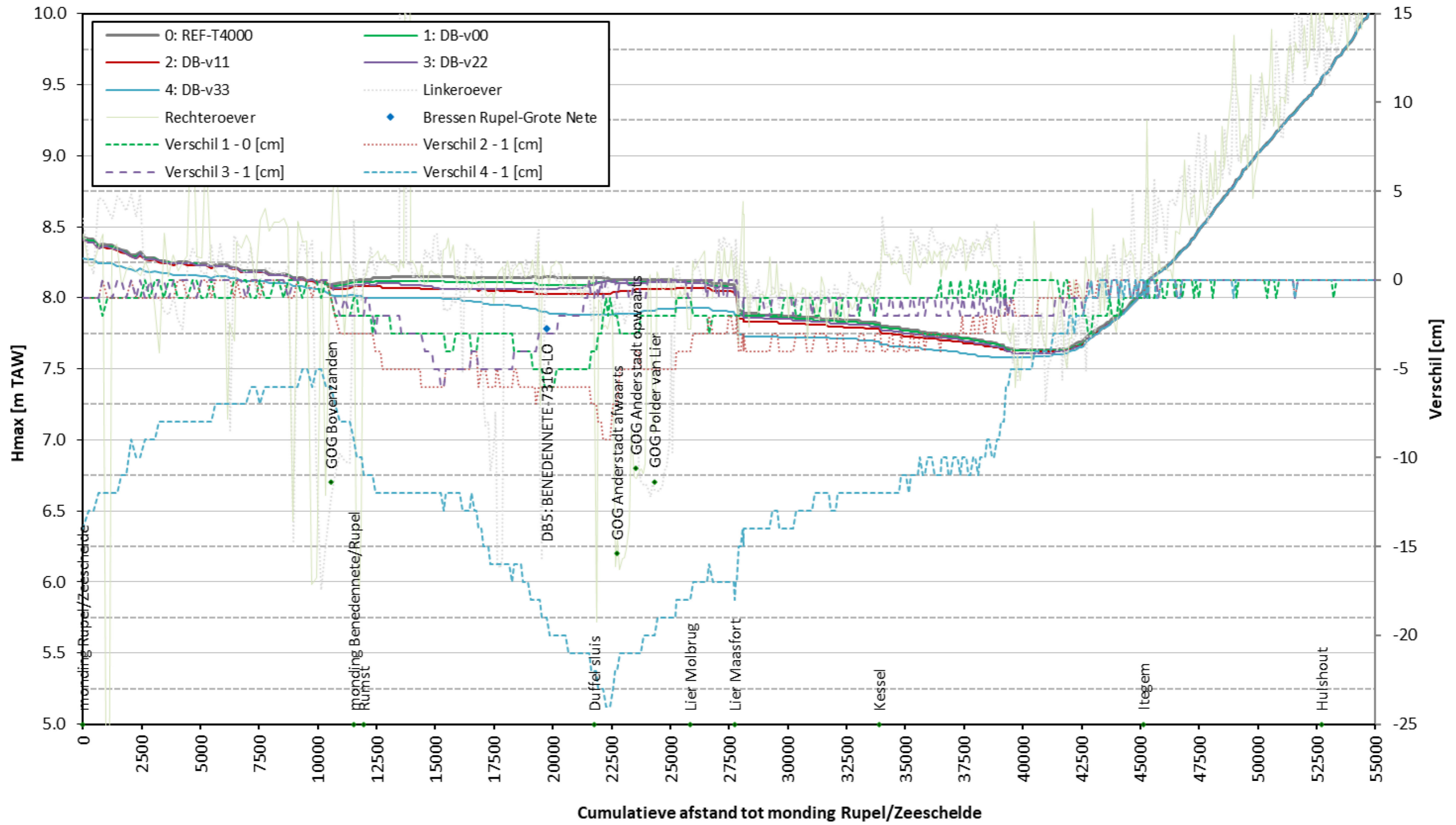


Figuur 11 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Zeeschelde – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal– T4000



Figuur 12 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Dijle – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal– T4000

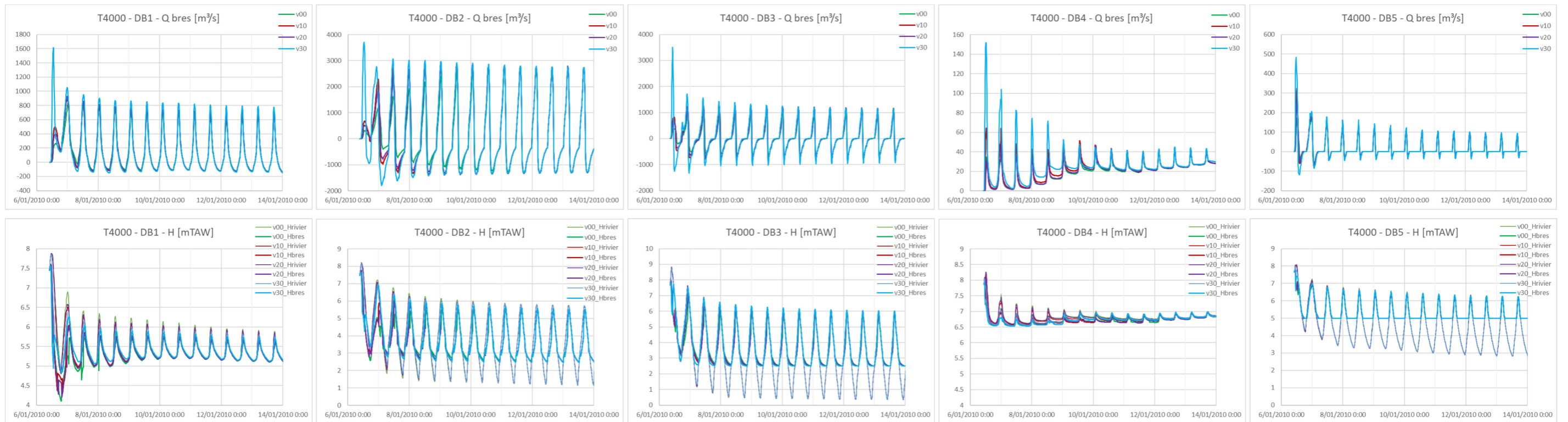
Lengteprofiel Rupel-Grote Nete T4000



Figuur 13 – Lengteprofielen maximum waterpeilen Rupel-Grote Nete – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres en dijkmateriaal – T4000

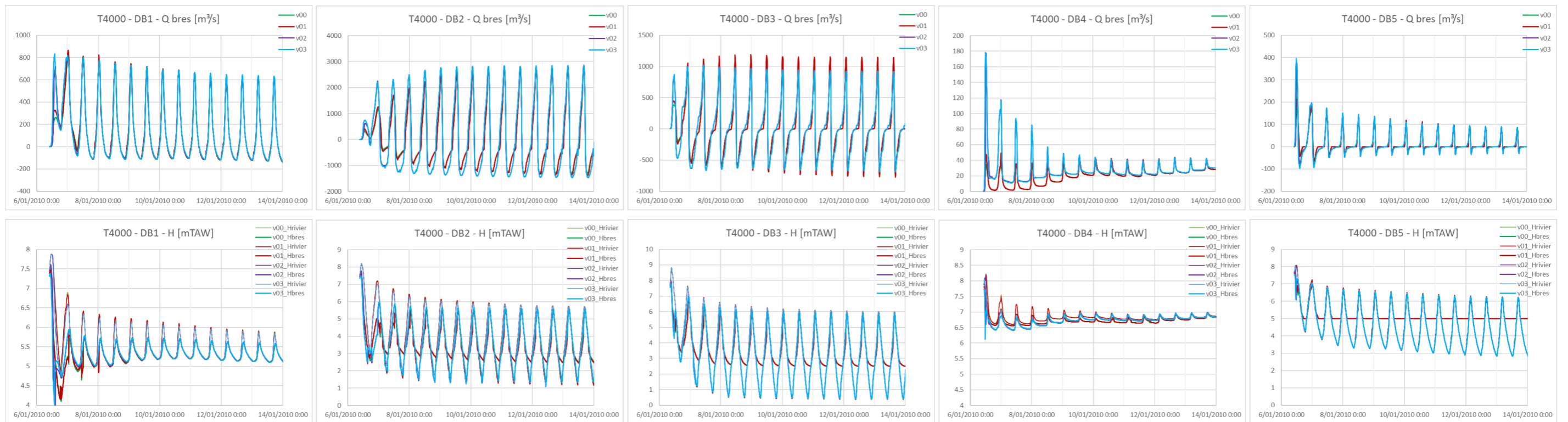
3.4.2 Tijdreeksen debiet en waterpeil

Aangepaste parameters dijkmateriaal



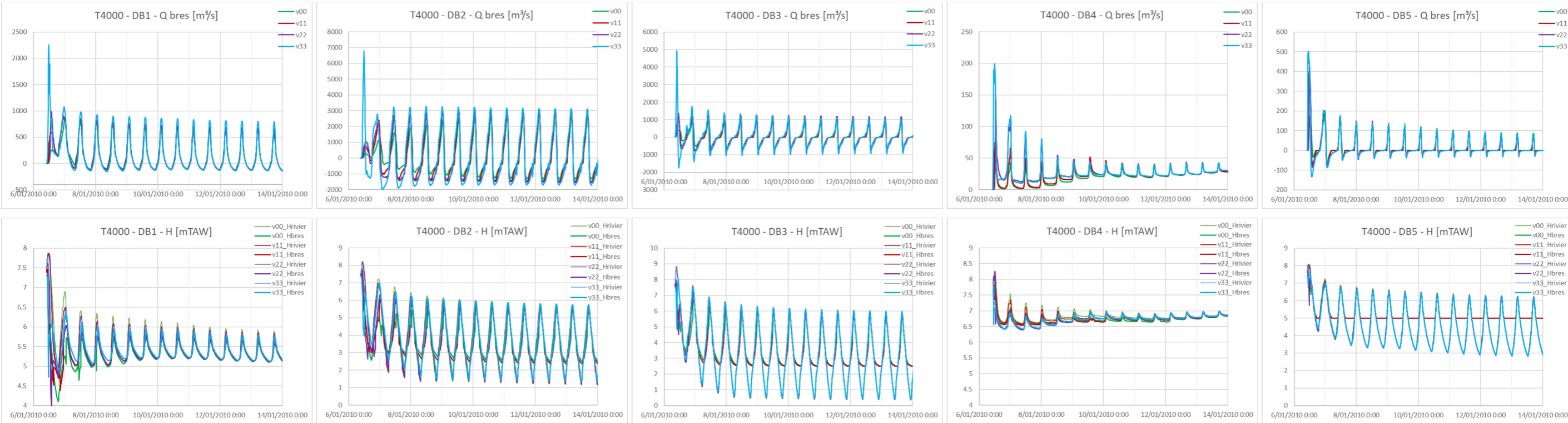
Figuur 14 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000

Aangepaste parameters geometrie bres



Figuur 15 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie bres– T4000

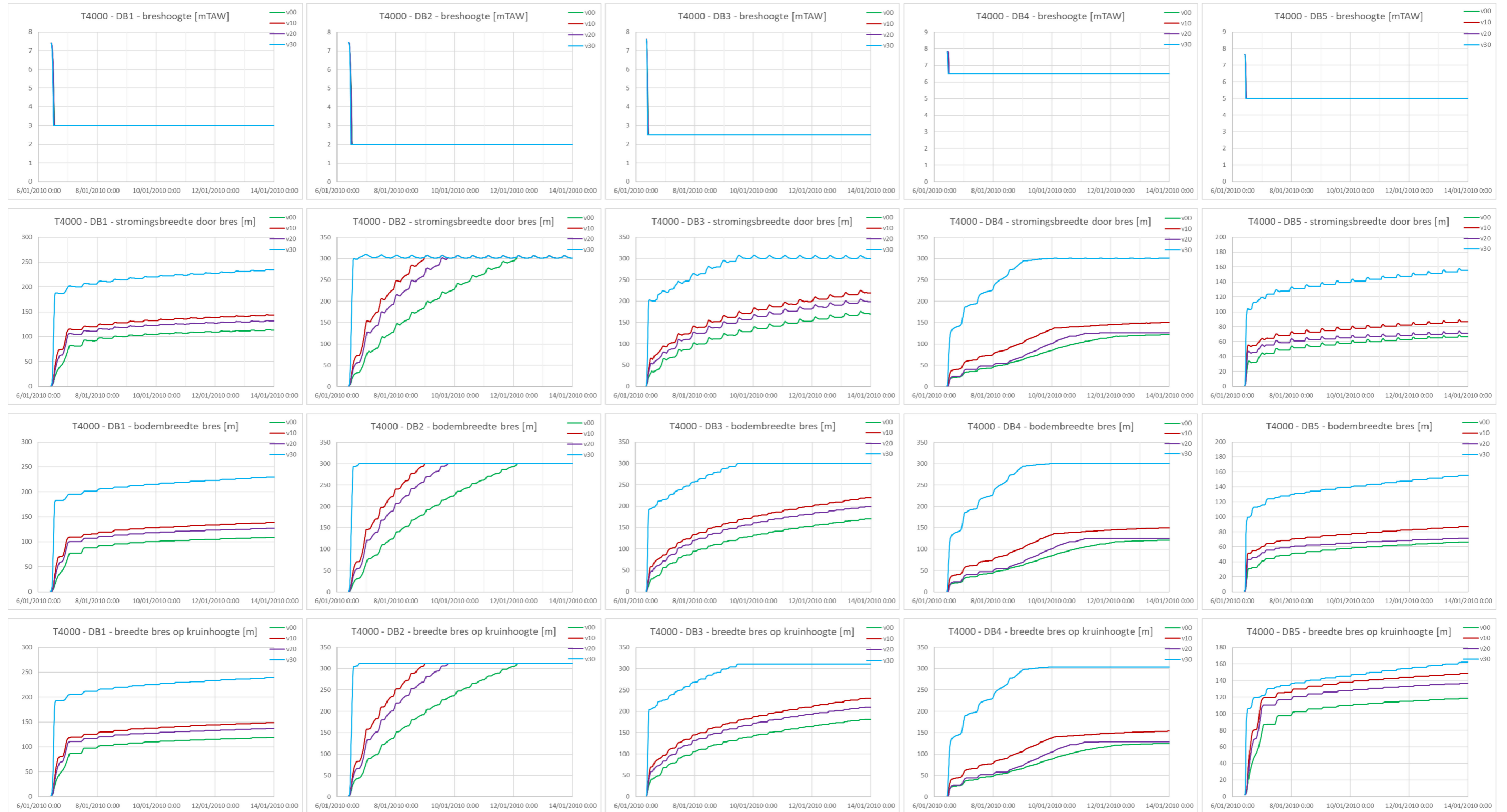
Aangepaste parameters dijkmateriaal en geometrie bres



Figuur 16 – Tijdreeksen debiet en waterpeil – vijf geselecteerde bresen – parameters dijkmateriaal en geometrie bres– T4000

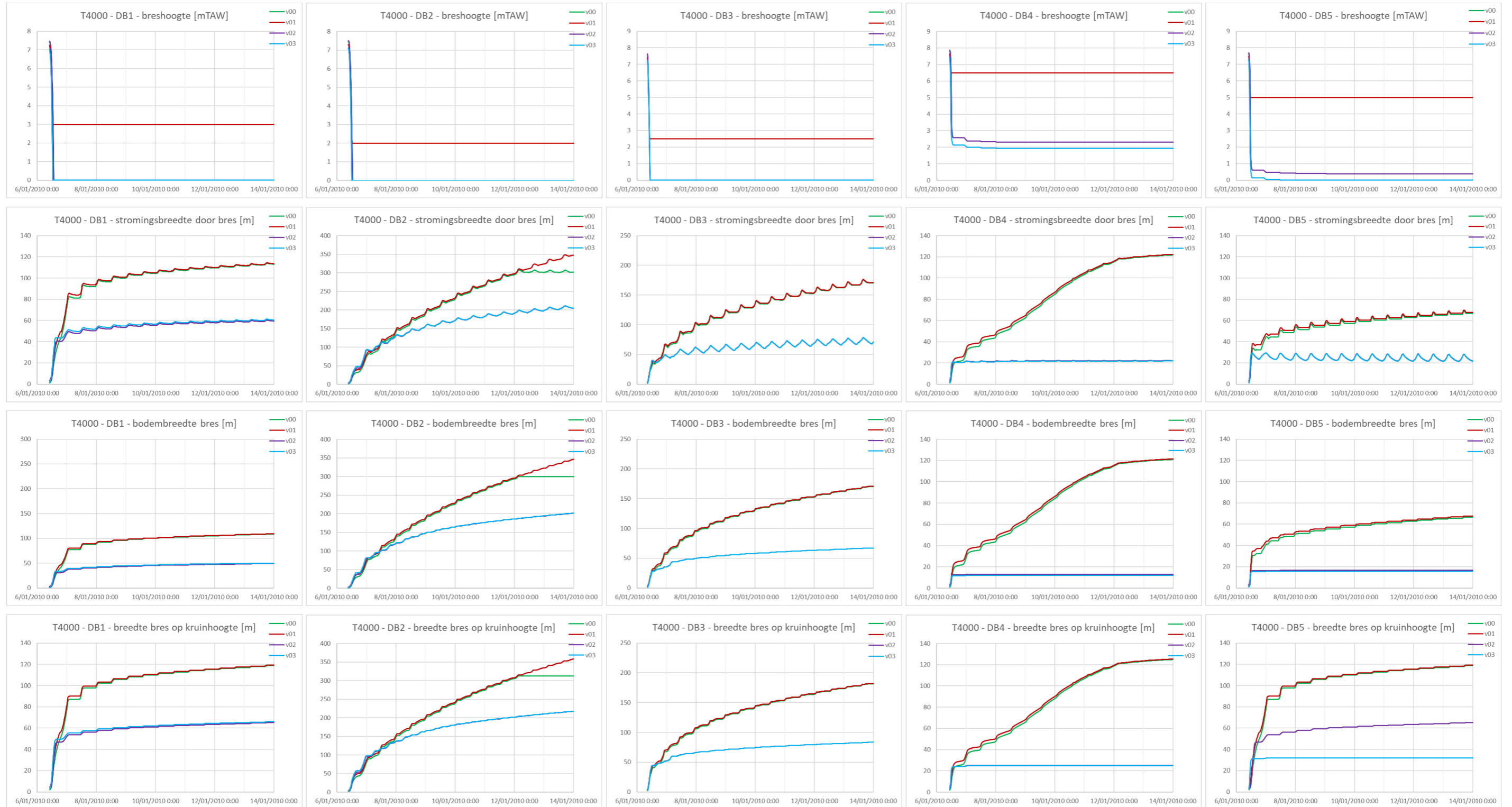
3.4.3 Tijdreeksen bresgroei

Aangepaste parameters dijkmateriaal



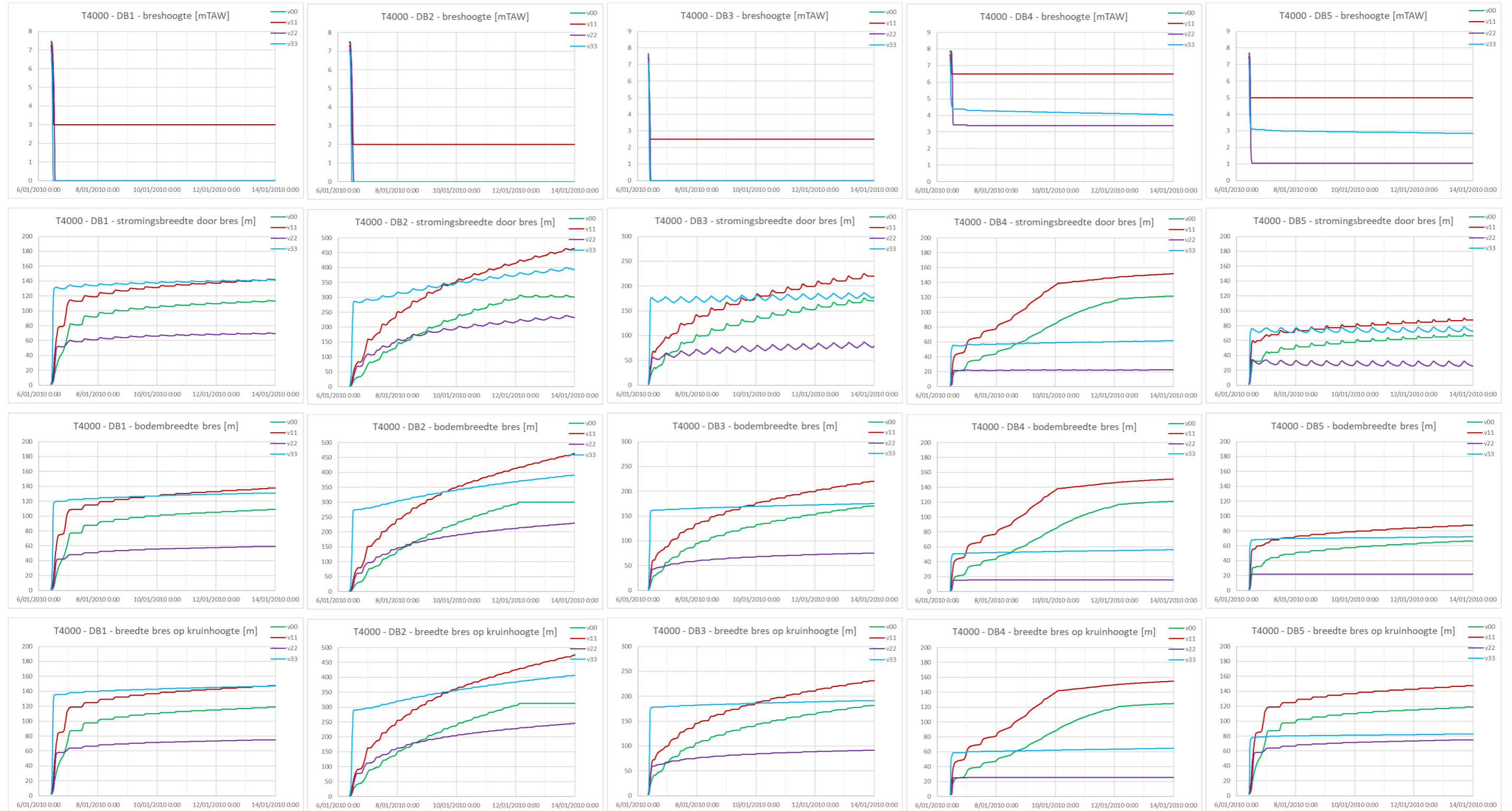
Figuur 17 – Tijdreeksen bresgroei -- vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal– T4000

Aangepaste parameters geometrie bres



Figuur 18 – Tijdreeksen bresgroei – vijf geselecteerde bressen – parameters geometrie dijk– T4000

Aangepaste parameters dijkmateriaal en geometrie bres



Figuur 19 – Tijdreeksen bresgroei – vijf geselecteerde bressen – parameters dijkmateriaal en geometrie dijk– T4000

3.4.4 Tabel HW, bresbreedte en volume

Tabel 3 toont de hoogwaterpeilen in de rivier ter hoogte van de vijf geselecteerde bressen bij Hmax, en het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax, voor het referentiescenario waarbij nog geen bressen geactiveerd zijn.

Tabel 4 tot en met Tabel 6 geven een overzicht van maximum hoogwater (Hmax), en het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na Hmax, en het verschil ten opzichte van de referentie, in combinatie met de stromingsbreedte door de bres bij deze hoogwaters, en het cumulatief volume dat door de bres stroomt tijdens deze hoogwaters.

De waterpeilen worden weergegeven in mTAW. Het verschil ten opzichte van de referentie wordt uitgedrukt in cm. De stromingsbreedte door de is uitgedrukt in m, en het cumulatief volume in m³.

Tabel 3 – Hoogwaterpeilen Hmax, 1^{ste} en 2^{de} HW na Hmax ter hoogte van vijf geselecteerde bressen – referentiescenario zonder bressen

	HW-Hmax	1 ^{ste} HW na Hmax	2 ^{de} HW na Hmax
DB1	7.88	7.6	7.36
DB2	8.21	7.51	7.18
DB3	8.86	7.74	7.06
DB4	8.27	7.8	7.53
DB5	8.14	7.54	7.11

Tabel 4 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1^{ste} en 2^{de} HW na HWmax – v00-v03

v00-v03		HW-Hmax				1 ^{ste} HW na Hmax				2 ^{de} HW na Hmax			
		v00	v01	v02	v03	v00	v01	v02	v03	v00	v01	v02	v03
DB1	Max waterpeil (verschil tov ref)	7.88 (0)	7.87 (-1)	7.88 (0)	7.87 (-1)	6.9 (-70)	6.84 (-76)	6.6 (-100)	6.58 (-102)	6.42 (-94)	6.42 (-94)	6.35 (-101)	6.34 (-102)
	Stromingsbreedte door bres	42.34	49.10	40.58	43.89	82.44	85.55	49.51	51.40	93.09	94.89	51.64	53.27
	Cumulatief volume door bres	5.25E+06	6.73E+06	8.85E+06	1.06E+07	1.55E+07	1.57E+07	1.68E+07	1.69E+07	1.01E+07	9.97E+06	9.57E+06	9.54E+06
DB2	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	7.21 (-30)	7.19 (-32)	7.01 (-50)	7.01 (-50)	6.78 (-40)	6.76 (-42)	6.57 (-61)	6.57 (-61)
	Stromingsbreedte door bres	33.12	39.71	43.98	48.32	87.09	92.90	97.34	98.71	126.04	130.63	121.53	122.48
	Cumulatief volume door bres	4.31E+06	6.02E+06	8.54E+06	1.07E+07	1.92E+07	2.04E+07	3.10E+07	3.14E+07	1.89E+07	1.93E+07	2.63E+07	2.62E+07
DB3	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.83 (-4)	8.82 (94)	8.82 (94)	8.82 (94)	7.65 (5)	7.64 (4)	7.62 (2)	7.61 (1)	6.91 (-45)	6.92 (-44)	6.88 (-48)	6.88 (-48)
	Stromingsbreedte door bres	38.09	41.54	40.30	39.87	68.08	70.47	49.47	49.20	86.73	88.95	58.88	58.82
	Cumulatief volume door bres	4.24E+06	4.92E+06	6.86E+06	7.06E+06	8.92E+06	9.32E+06	1.13E+07	1.12E+07	7.85E+06	7.97E+06	9.39E+06	9.39E+06
DB4	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.23 (-4)	8.2 (-7)	8.19 (-8)	8.06 (-21)	7.55 (-25)	7.51 (-29)	7.06 (-74)	7.04 (-76)	7.25 (-28)	7.24 (-29)	6.9 (-63)	6.9 (-63)
	Stromingsbreedte door bres	21.78	25.45	21.20	21.19	35.46	38.56	21.93	21.70	43.11	45.95	22.02	21.73
	Cumulatief volume door bres	3.09E+05	4.12E+05	1.32E+06	1.57E+06	4.67E+05	5.04E+05	1.56E+06	1.56E+06	3.46E+05	3.60E+05	1.05E+06	1.04E+06
DB5	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.09 (-5)	8.06 (-8)	8.07 (-8)	8.03 (-11)	7.25 (-29)	7.24 (-30)	7.09 (-45)	7.08 (-46)	6.89 (-22)	6.88 (-23)	6.83 (-28)	6.83 (-28)
	Stromingsbreedte door bres	33.86	38.29	29.14	29.39	44.89	47.61	29.39	29.35	50.79	53.08	29.11	29.03
	Cumulatief volume door bres	1.17E+06	1.48E+06	1.92E+06	2.41E+06	1.87E+06	1.92E+06	2.11E+06	2.10E+06	9.91E+05	9.97E+05	1.07E+06	1.07E+06

Tabel 5 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1^{ste} en 2^{de} HW na HWmax – v00-v30

v00-v30		HW-Hmax				1 ^{ste} HW na Hmax				2 ^{de} HW na Hmax			
		v00	v10	v20	v30	v00	v10	v20	v30	v00	v10	v20	v30
DB1	Max waterpeil (verschil tov ref)	7.88 (0)	7.88 (0)	7.88 (0)	7.86 (-2)	6.9 (-70)	6.51 (-109)	6.58 (-102)	6.38 (-122)	6.42 (-94)	6.27 (-109)	6.32 (-105)	6.16 (-120)
	Stromingsbreedte door bres	42.34	74.05	63.05	187.92	82.44	115.27	106.59	201.93	93.09	121.10	112.22	207.45
	Cumulatief volume door bres	5.25E+06	8.58E+06	7.25E+06	1.47E+07	1.55E+07	1.73E+07	1.70E+07	1.84E+07	1.01E+07	1.02E+07	1.02E+07	1.06E+07
DB2	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.17 (-4)	7.21 (-30)	7.01 (-50)	7.09 (-42)	6.98 (-53)	6.78 (-40)	6.49 (-69)	6.56 (-62)	6.44 (-74)
	Stromingsbreedte door bres	33.12	73.26	56.77	302.55	87.09	169.79	139.55	309.85	126.04	224.85	191.07	308.69
	Cumulatief volume door bres	4.31E+06	9.01E+06	7.00E+06	2.91E+07	1.92E+07	3.05E+07	2.68E+07	3.93E+07	1.89E+07	2.60E+07	2.42E+07	2.99E+07
DB3	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.83 (-4)	8.82 (-4)	8.82 (-4)	8.76 (-10)	7.65 (-9)	7.61 (-13)	7.63 (-11)	7.54 (-20)	6.91 (-15)	6.87 (-19)	6.88 (-18)	6.86 (-20)
	Stromingsbreedte door bres	38.09	75.32	61.34	203.56	68.08	102.37	87.70	228.06	86.73	123.71	110.02	247.28
	Cumulatief volume door bres	4.24E+06	7.24E+06	6.16E+06	1.56E+07	8.92E+06	1.17E+07	1.07E+07	1.43E+07	7.85E+06	9.29E+06	8.92E+06	1.06E+07
DB4	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.23 (-4)	8.19 (-8)	8.26 (-1)	8.07 (-21)	7.55 (-25)	7.37 (-43)	7.47 (-33)	7.04 (-76)	7.25 (-28)	7.13 (-40)	7.21 (-32)	6.92 (-61)
	Stromingsbreedte door bres	21.78	40.38	23.99	140.61	35.46	61.81	40.69	193.38	43.11	73.22	47.97	224.18
	Cumulatief volume door bres	3.09E+05	5.07E+05	2.54E+05	1.15E+06	4.67E+05	6.50E+05	4.90E+05	1.14E+06	3.46E+05	4.45E+05	3.54E+05	7.36E+05
DB5	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.09 (-5)	8.06 (-8)	8.06 (-8)	8.02 (-12)	7.25 (-29)	7.15 (-39)	7.19 (-35)	7.01 (-53)	6.89 (-22)	6.83 (-28)	6.85 (-26)	6.8 (-31)
	Stromingsbreedte door bres	33.86	55.36	46.88	112.93	44.89	64.64	55.86	123.64	50.79	70.51	61.51	129.36
	Cumulatief volume door bres	1.17E+06	1.76E+06	1.50E+06	2.79E+06	1.87E+06	2.01E+06	1.97E+06	2.00E+06	9.91E+05	9.98E+05	9.90E+05	1.03E+06

Tabel 6 – Maximum waterpeil, stromingsbreedte en cumulatief volume door vijf geselecteerde bressen bij HWmax, 1^{ste} en 2^{de} HW na HWmax – v00-v33

v00-v33		HW-Hmax				1 ^{ste} HW na Hmax				2 ^{de} HW na Hmax			
		v00	v11	v22	v33	v00	v11	v22	v33	v00	v11	v22	v33
DB1	Max waterpeil (verschil tov ref)	7.88 (0)	7.87 (-1)	7.88 (0)	7.77 (-12)	6.9 (-70)	6.5 (-110)	6.5 (-110)	6.39 (-121)	6.42 (-94)	6.28 (-108)	6.27 (-109)	6.15 (-121)
	Stromingsbreedte door bres	42.34	78.81	52.17	131.71	82.44	114.59	60.27	134.69	93.09	120.35	62.36	135.62
	Cumulatief volume door bres	5.25E+06	9.98E+06	1.01E+07	1.83E+07	1.55E+07	1.72E+07	1.76E+07	1.82E+07	1.01E+07	1.01E+07	9.93E+06	1.04E+07
DB2	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.2 (-1)	8.11 (-10)	7.21 (-30)	6.98 (-53)	6.96 (-55)	7.02 (-49)	6.78 (-40)	6.49 (-69)	6.49 (-69)	6.49 (-69)
	Stromingsbreedte door bres	33.12	82.29	68.43	287.17	87.09	175.53	120.55	294.29	126.04	228.32	145.99	305.38
	Cumulatief volume door bres	4.31E+06	1.12E+07	1.24E+07	3.83E+07	1.92E+07	3.13E+07	3.49E+07	4.06E+07	1.89E+07	2.60E+07	2.83E+07	3.44E+07
DB3	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.83 (-4)	8.82 (-4)	8.82 (-4)	8.7 (-16)	7.65 (-9)	7.6 (-14)	7.59 (-15)	7.55 (-19)	6.91 (-15)	6.87 (-19)	6.86 (-20)	6.83 (-23)
	Stromingsbreedte door bres	38.09	78.04	56.17	176.99	68.08	104.09	64.08	178.02	86.73	124.67	69.13	178.23
	Cumulatief volume door bres	4.24E+06	7.85E+06	9.01E+06	1.85E+07	8.92E+06	1.19E+07	1.27E+07	1.43E+07	7.85E+06	9.30E+06	9.84E+06	1.10E+07
DB4	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.23 (-4)	8.13 (-14)	8.26 (-1)	7.98 (-29)	7.55 (-25)	7.35 (-45)	7.07 (-73)	6.94 (-86)	7.25 (-28)	7.12 (-41)	6.91 (-62)	6.84 (-69)
	Stromingsbreedte door bres	21.78	44.96	22.21	55.66	35.46	65.53	22.45	57.02	43.11	76.63	22.29	57.26
	Cumulatief volume door bres	3.09E+05	6.25E+05	1.03E+06	1.76E+06	4.67E+05	6.77E+05	1.53E+06	1.55E+06	3.46E+05	4.58E+05	1.05E+06	9.85E+05
DB5	Max waterpeil (verschil tov ref)	8.09 (-5)	8.03 (-11)	8.06 (-8)	7.88 (-26)	7.25 (-29)	7.13 (-41)	7.06 (-48)	7 (-54)	6.89 (-22)	6.83 (-29)	6.82 (-29)	6.78 (-34)
	Stromingsbreedte door bres	33.86	59.91	34.34	76.38	44.89	67.87	33.77	76.88	50.79	73.43	33.32	77.14
	Cumulatief volume door bres	1.17E+06	2.08E+06	2.12E+06	3.15E+06	1.87E+06	2.02E+06	2.06E+06	2.02E+06	9.91E+05	1.01E+06	1.05E+06	1.02E+06

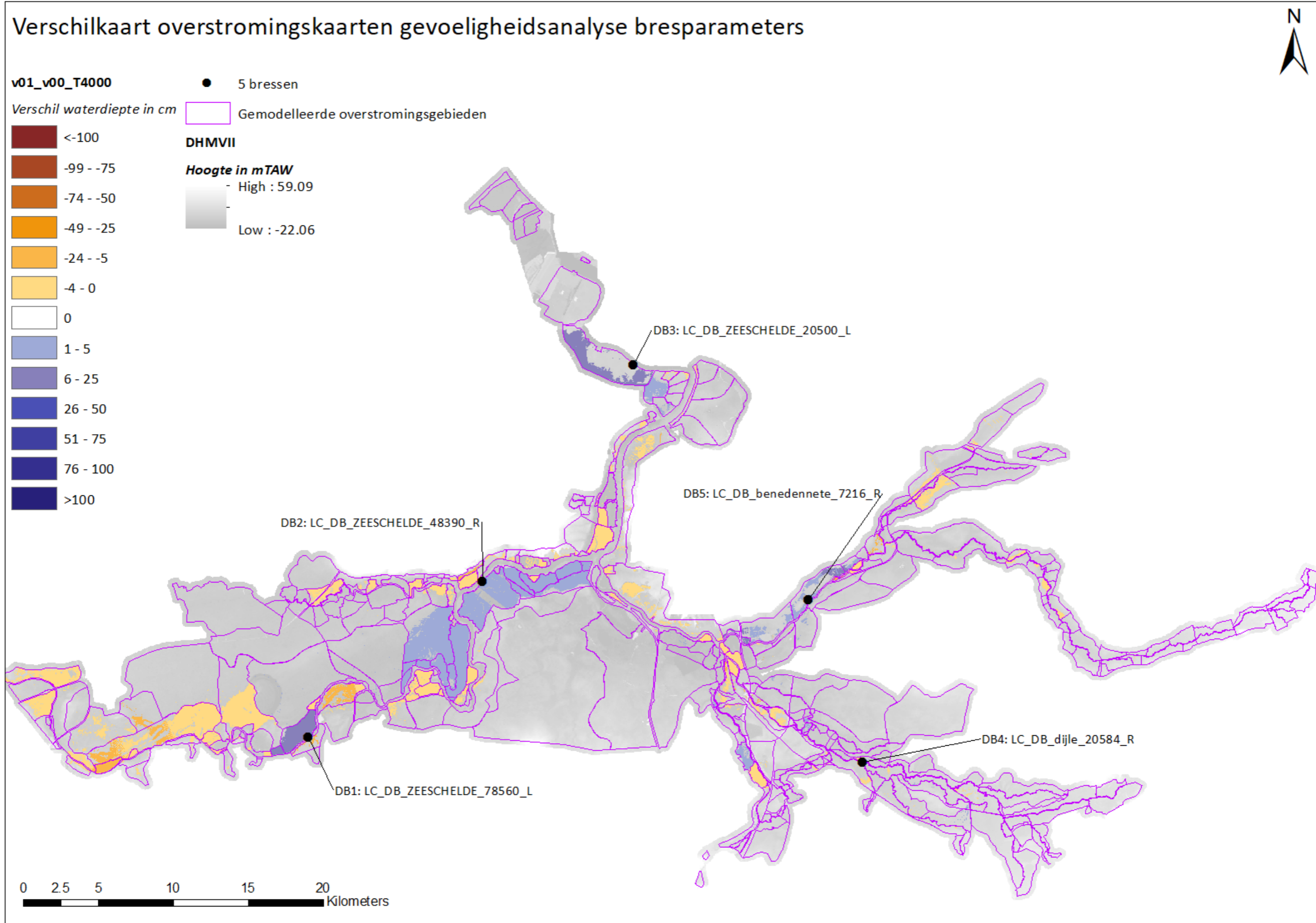
3.4.5 Verschilkaarten overstromingsdiepte

Onderstaande figuren geven verschilkaarten weer tussen de overstromingskaarten van de scenario's ten opzichte van v00. Het verschil wordt weergegeven in centimeters.

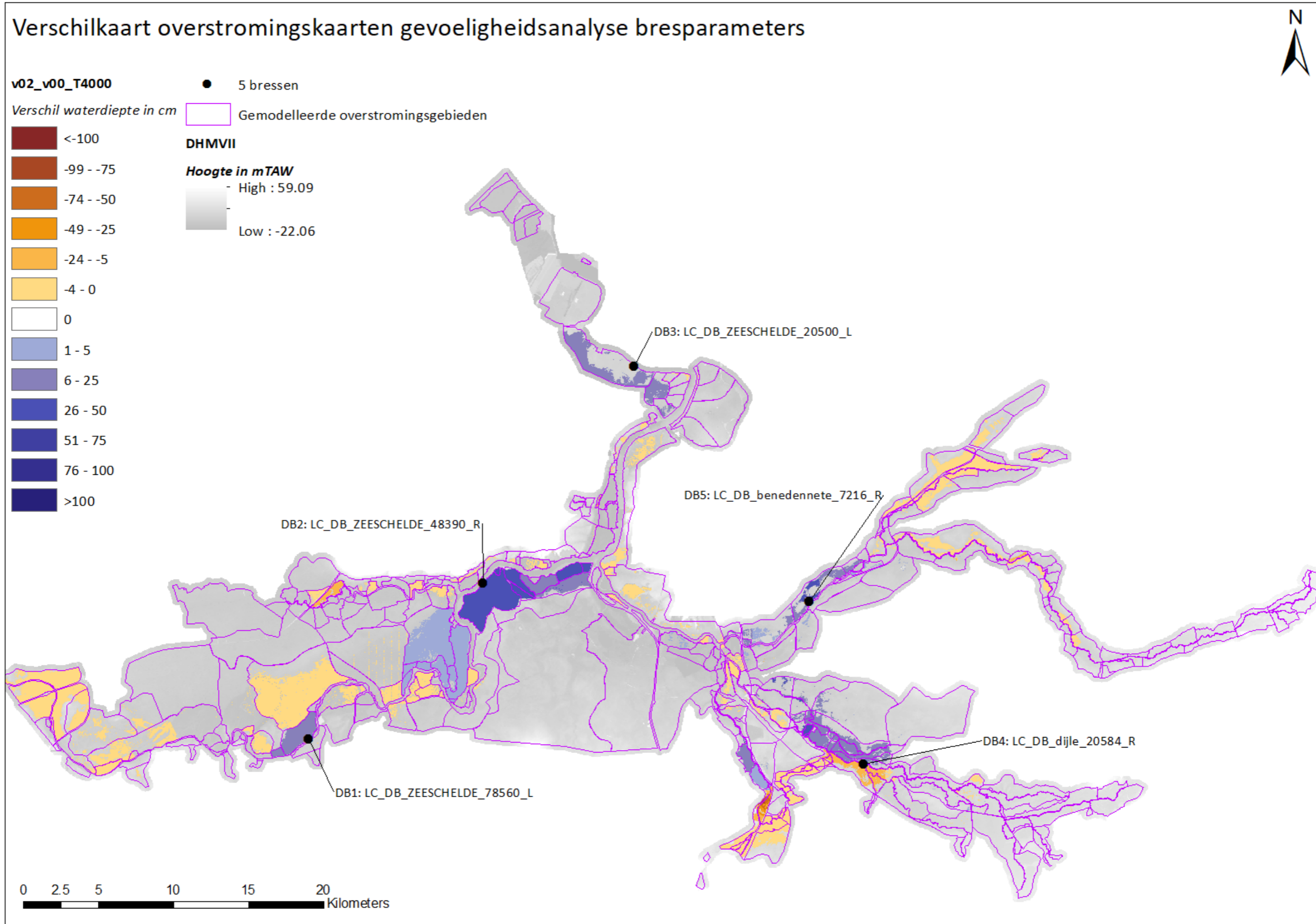
Oranje – rood betekent dat de overstromingsdiepte in het scenario kleiner is ten opzichte van v00.

Blauw – paars betekent dat de overstromingsdiepte in het scenario groter is ten opzichte van v00.

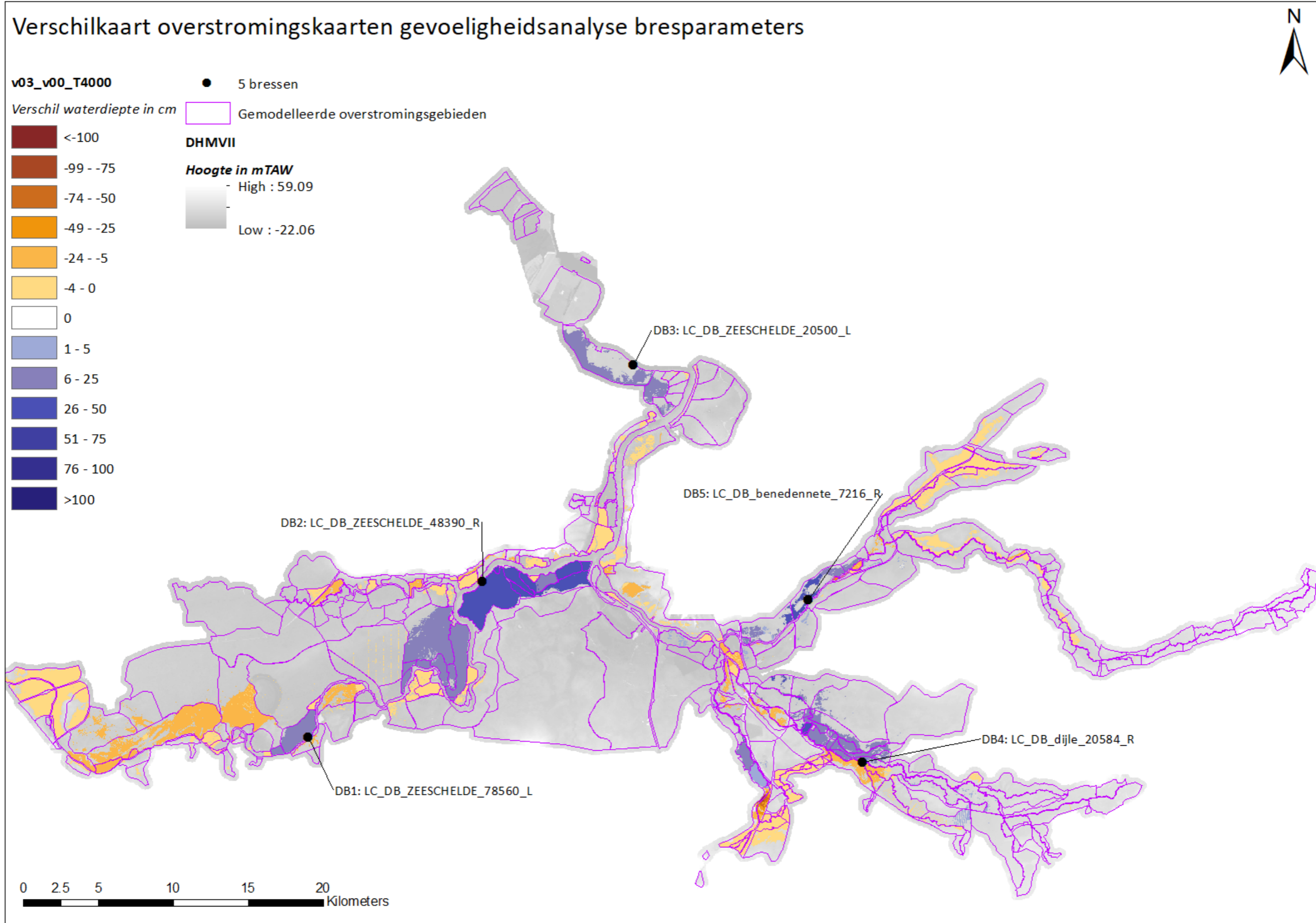
Transparant betekent dat de overstromingsdiepte in het scenario minder dan 1 cm verschilt ten opzichte van v00.



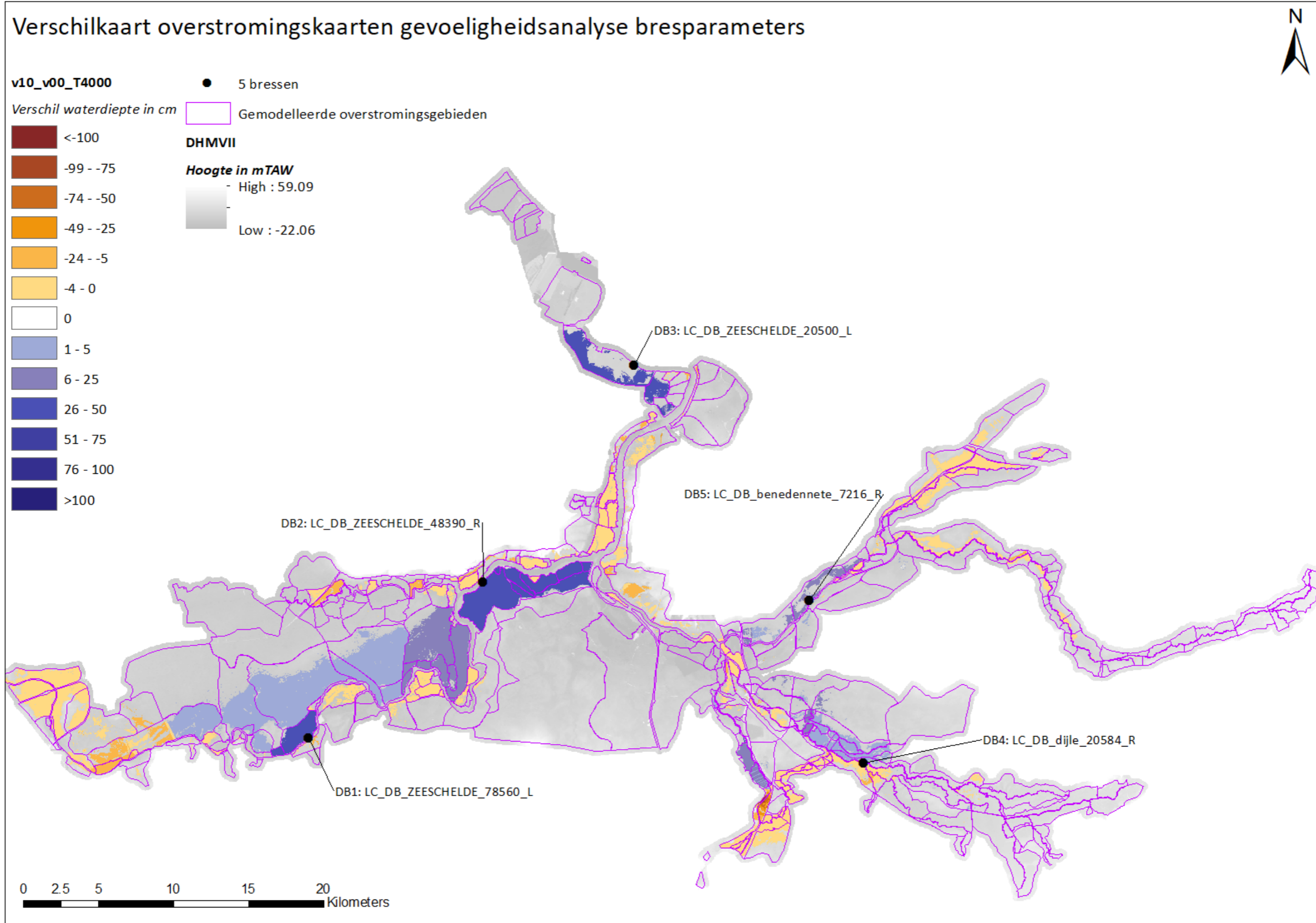
Figuur 20 – Verschilkaart overstromingsdiepte v01-v00 – T4000



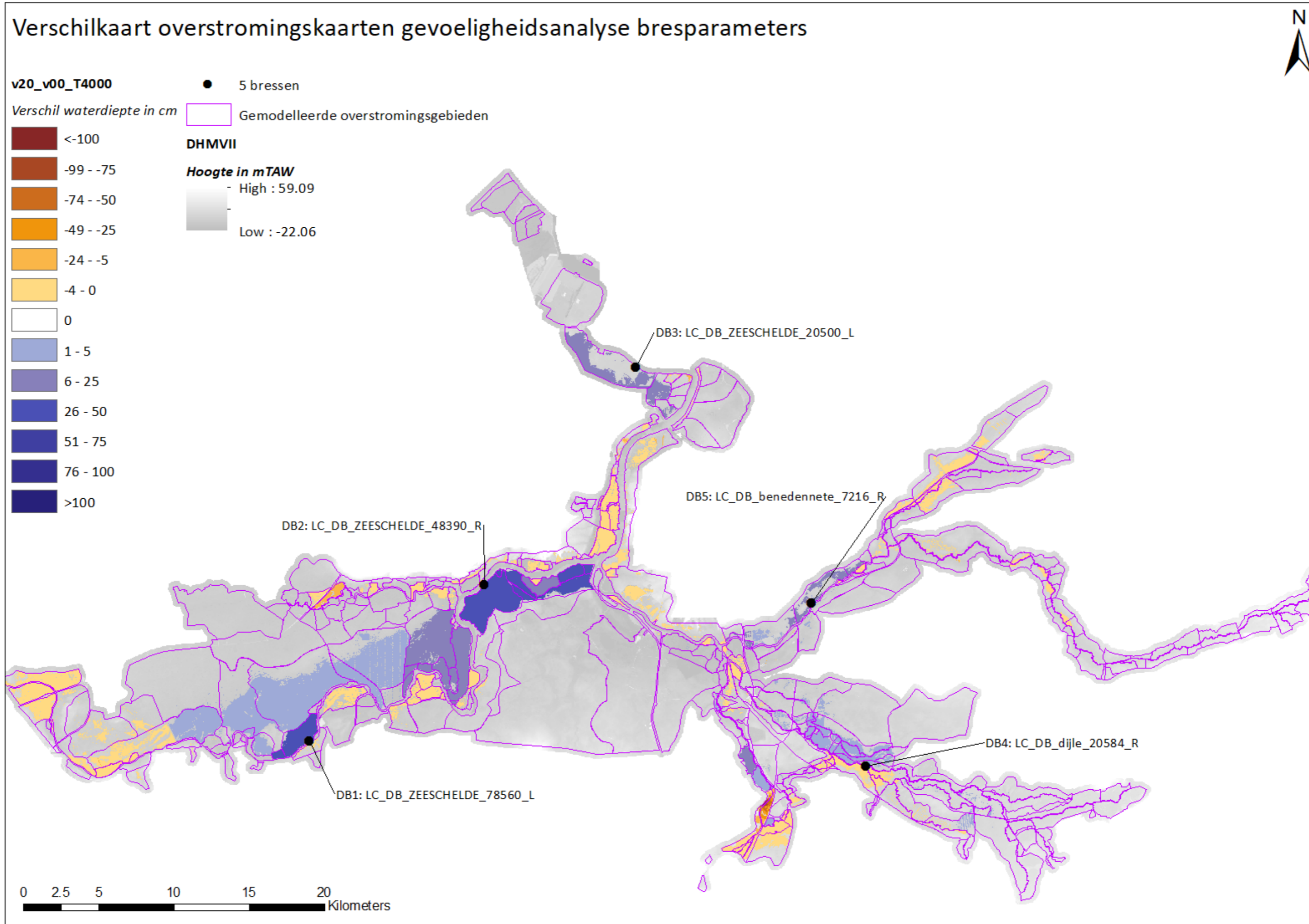
Figuur 21 – Verschilkaart overstromingsdiepte v02-v00 – T4000



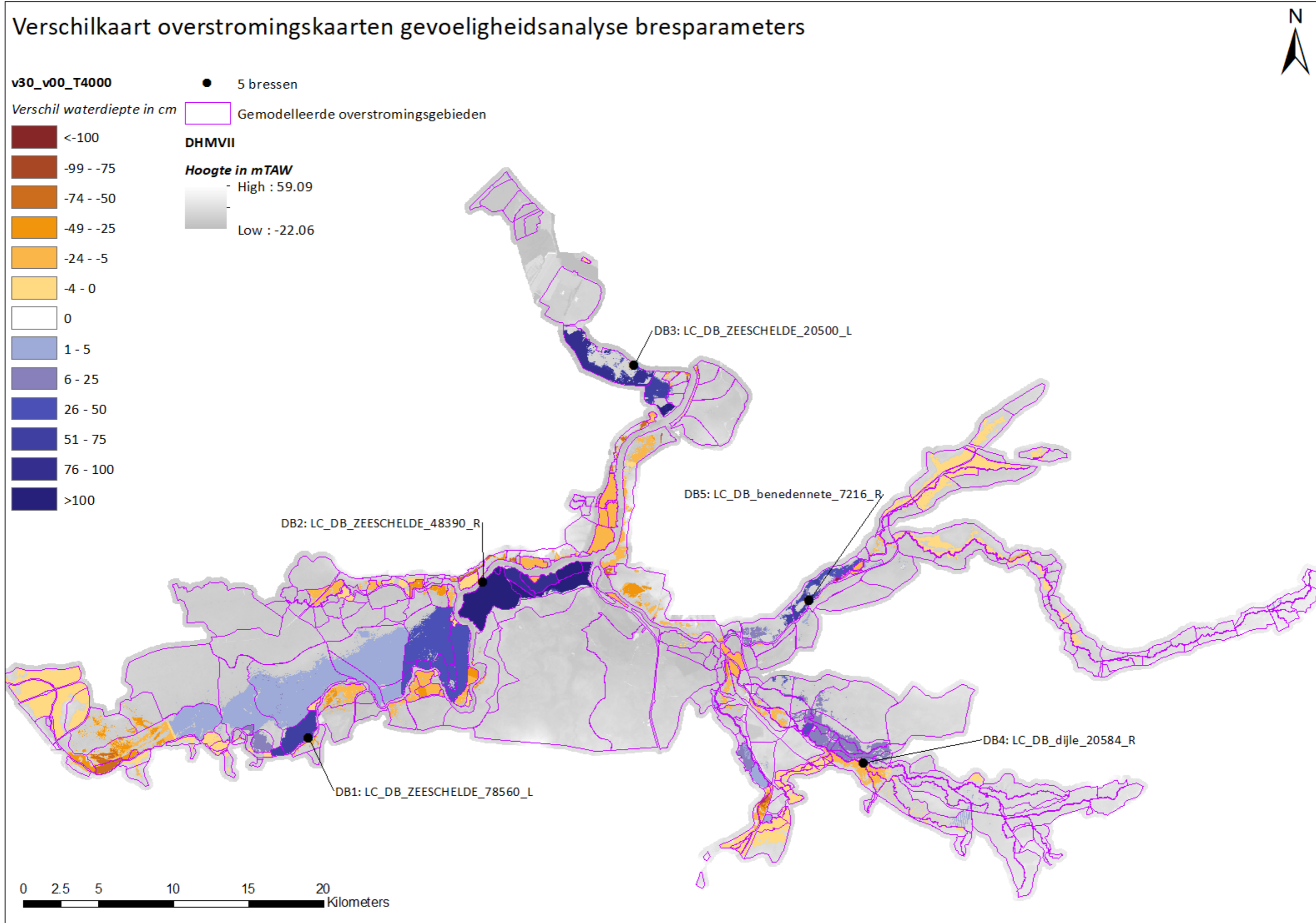
Figuur 22 – Verschilkaart overstromingsdiepte v03–v00 – T4000



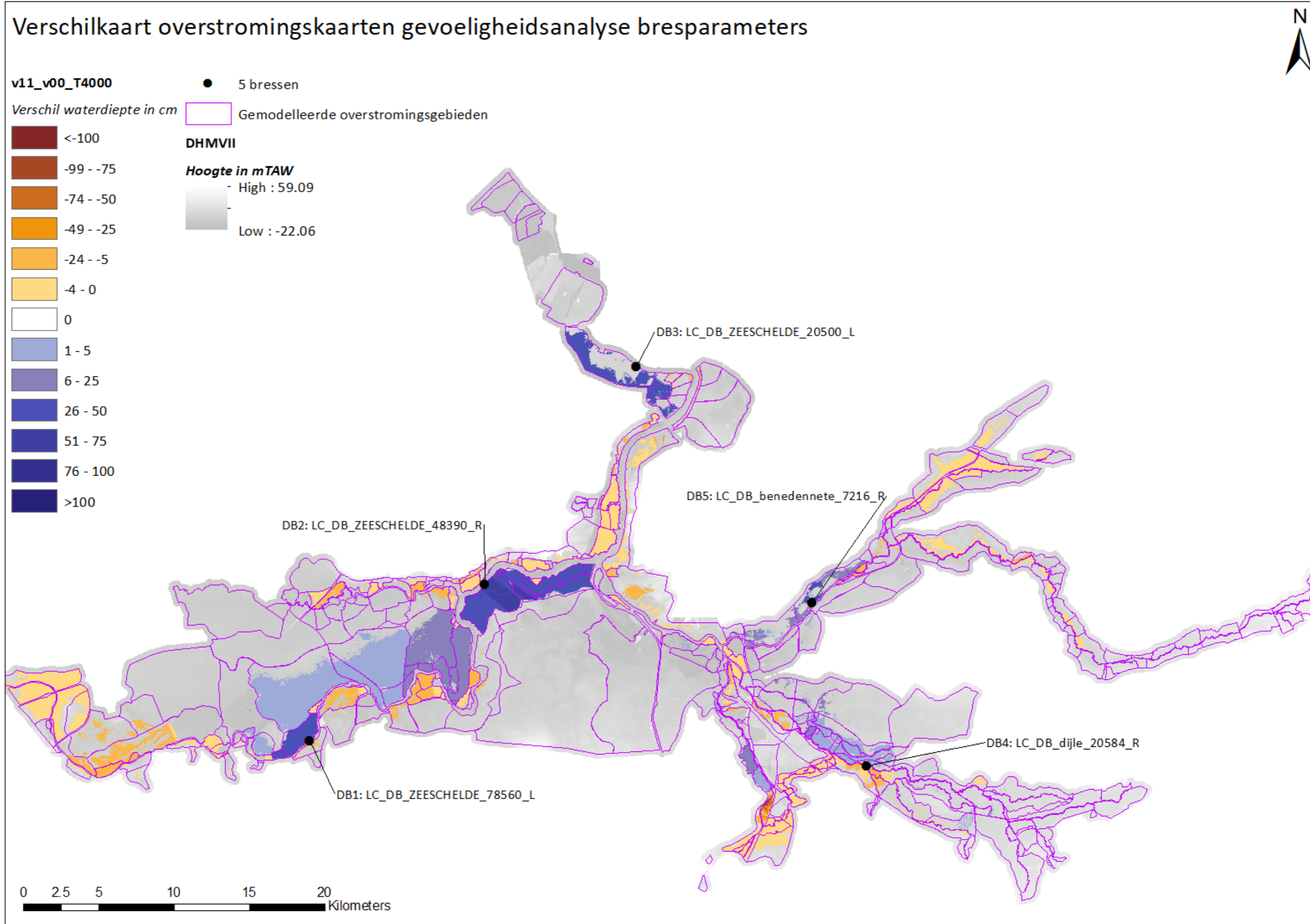
Figuur 23 – Verschilkaart overstroomingsdiepte v10-v00 – T4000



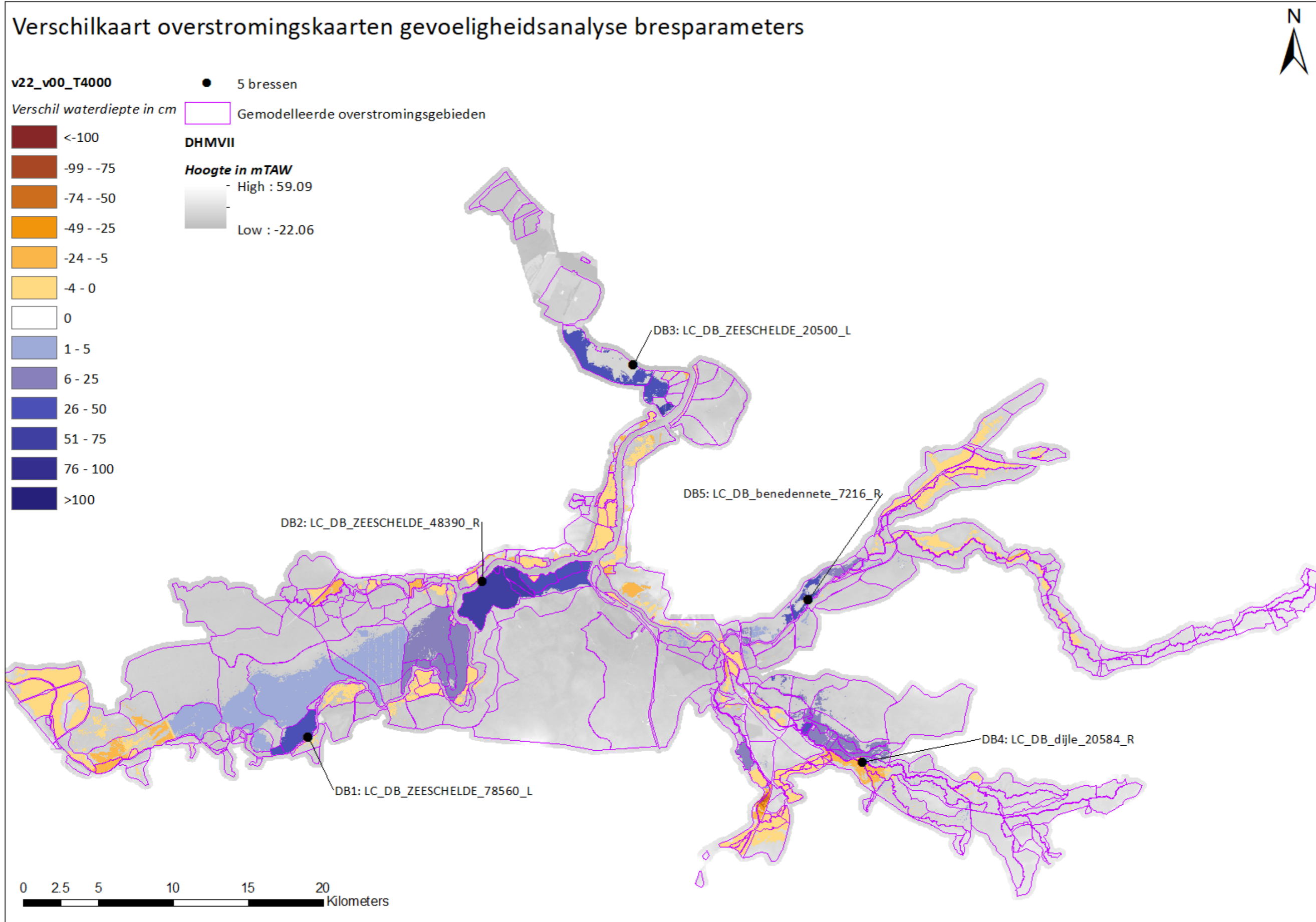
Figuur 24 – Verschilkaart overstromingsdiepte v20–v00 – T4000



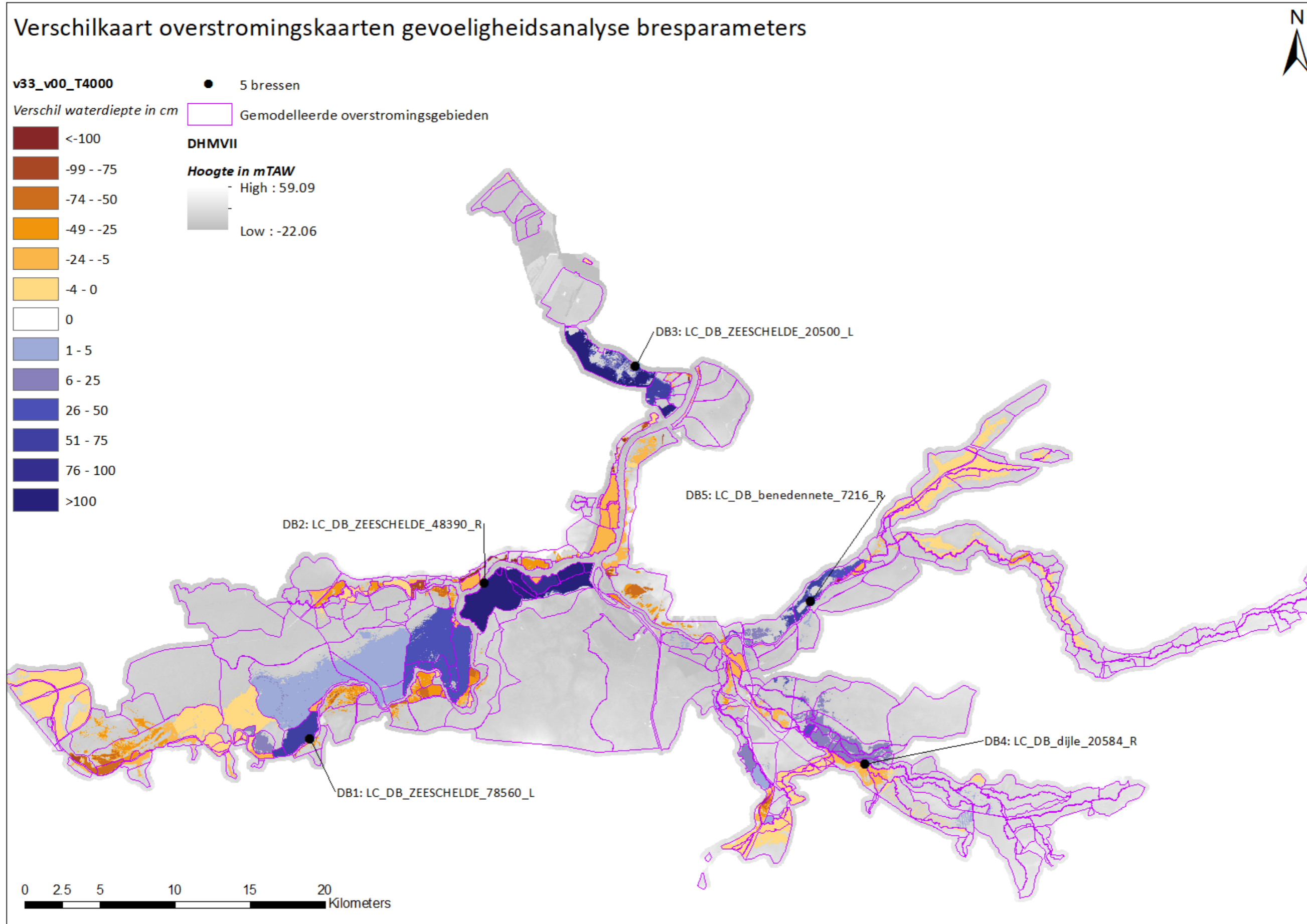
Figuur 25 – Verschilkaart overstromingsdiepte v30-v00 – T4000



Figuur 26 – Verschilkaart overstromingsdiepte v11–v00 – T4000



Figuur 27 – Verschilkaart overstromingsdiepte v22–v00 – T4000



Figuur 28 – Verschilkaart overstromingsdiepte v33-v00 – T4000

4 Conclusies

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat drie parameters die gewijzigd kunnen worden in de parameterset die de bresgroei beschrijft, een grote invloed hebben op de bresgroei:

- De initiële hoogte van de bres;
- het finale bodempeil van de bres;
- de 'Side Erosion Index';
- de korreldiameter van het dijkmateriaal.

Wanneer de initiële hoogte van de bres lager is dan het waterpeil waarbij de bres ontstaat, stroomt er direct veel water door de bres. Dit grote debiet geeft aanleiding tot een snellere initiële bresgroei. Deze initiële hoogte is echter sterk afhankelijk van de sterkte van de bovenste lagen van de beschouwde dijk.

Het lijkt logisch om het finale bodempeil van de bres steeds gelijk te nemen aan het maaiveld van de polder. In werkelijkheid kan er mogelijks een geul ontstaan in de polder waardoor de bres ook dieper kan worden, maar dit kan niet meegenomen worden in een Mike11-simulatie. Dit zou ook geen invloed hebben op het debiet door de bres.

Een te hoge 'Side Erosion Index' leidt tot een zeer snelle initiële groei van de bres, voornamelijk in de breedte. De waarden voor deze parameter liggen voor v00, v01 en v02 dicht bij elkaar, waardoor de bresgroei hier trager start. De bresgroei bij v00 verloopt initieel het traagst. Dit lijkt te maken te hebben met de korreldiameter, die in dit geval het grootst is. Een korreldiameter van 1000 μm komt overeen met zeer grof zand. Dit spoelt minder snel weg dan fijn zand.

Het effect van de aanpassing van de bresgroeiparameters op het maximum waterpeil is langs de Rupel, Dijle en Nete groter dan langs de Zeeschelde, voornamelijk bij v03, v30 en v33. Het effect op het hoogwaterpeil in de rivier is echter groter bij het 1^{ste} en 2^{de} hoogwater na het maximum waterpeil. Hierbij treden de grootste verschillen, tot meer dan 1 meter op, bij DB1. De parameterset 3, 'Vlaamse Rivierdijken – niet cohesief' beschouwt echter de meest zandrijke/niet cohesieve dijken, zonder enige vette afdeklaag. Dit leidt tot de meest conservatieve resultaten.

De resultaten betreffende de bresgroei, het debiet door de bres en het waterpeil in het achterliggende gebied op basis van de verschillende parametersets kunnen beschouwd worden als een bandbreedte waarbinnen de werkelijke waarden zullen liggen. Wanneer meer eigenschappen van het dijkmateriaal gekend zijn, kan gekozen worden voor een parameterset die het best aansluit bij deze eigenschappen. Tevens kan afhankelijk van de toepassing gekozen worden voor een parameterset met minder of meer conservatieve resultaten.

In het vervolg van deze studie, bij de opmaak van overstromingskaarten voor de verschillende breslocaties, zal gebruik gemaakt worden van de parameterset van het Sigmaplan, zoals deze ook gebruikt is voor de Maatschappelijke KostenBatenAnalyse (Smets *et al.*, 2005).

5 Referenties

Coen, L.; Nossent, J. (2022). Numeriek model Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren: hindcast stormen eind januari en februari 2022. Versie 4.0. *WL Rapporten, 22_034_1*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=359429>

Coen, L.; Peeters, P. (2022). Bresinstrumentarium Sigma: deelrapport 1 – Selectie potentiële breslocaties. Versie 3.0. *WL Rapporten, 21_004_1*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

DHI. (2017). MIKE11. A modelling system for rivers and channels. Reference manuel. MIKE by DHI

IMDC. (2023). Zeescheldemodel met bressen. Eindrapport.: Antwerpen

Smets, S.; Pereira, F.; Bulckaen, D. (2005). Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse: deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. Versie 2.0. Projectconsortium MKBA Sigmaplan. Resource Analysis: Antwerpen. IX, 38 + appendices pp.

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