



Notitie

Onderwerp: Toelichting opzet hydraulische berekeningen Beekbodemverhoging Drentse Aa

Projectnummer: 356720

Referentienummer: DEFINITIEF

Datum: 18-05-2018

1 Inleiding

Voor het onderzoek beekbodemverhoging Drentse Aa wordt voor drie pilottrajecten een hydraulisch 1D/2D rekenmodel gebruikt om de effecten van de voorgenomen maatregel te toetsen. Het 1D-model betreft de beekloop zelf. Het omringende beekdal is opgenomen in het 2D-model. In deze notitie wordt de schematisatie beschreven en de door te rekenen scenario's. De berekeningsresultaten worden apart beschreven / weergegeven.

2 Uitgangspunten schematisatie

2.1 Hydraulisch rekenprogramma

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma Infoworks ICM (Innovyze) waarmee het geïntegreerde 1D/2D-model is opgebouwd.

2.2 Basisgegevens

De volgende basisgegevens zijn als uitgangspunt gehanteerd:

- AHN2 0,5x0,5 m (PDOK)
- Legger (kunstwerken en profielen 2005, WS H&A)
- Inmetingen 2017 (WS H&A)
- LGN7 landgebruik (WS H&A)
- Voorgenomen beekbodemverhogingen inrichtingsvisie (WS H&A)
- Habitattypenkaart
- Meetreeksen debiet + waterhoogte voor vaststellen randvoorwaarden

2.3 Schematisatie beekloop

De beekloop van ieder pilottraject is op basis van de as van de watergang zoals opgenomen in de legger geschematiseerd. De beschikbare ingemeten profielen uit 2005 van het beekprofiel tot aan de insteek is in het model opgenomen. Tussen de profielen vindt een interpolatie plaats.

Voor de berekeningen met de gemeten profielen in het Taarlooschediep zijn de profielen uit de legger en de metingen gecombineerd. Daar waar overlap is in de metingen is voor het gemeten profiel gekozen. Daar waar dit niet het geval is, zijn de dichtstbijzijnde legger profielen op 50 meter afstand bovenstrooms en benedenstrooms gekopieerd. Zo wordt het gemeten profiel enkel over een afstand van 100 meter gebruikt voor de interpolatie in het beekprofiel.

2.4 Schematisatie beekdal

De maaiveldhoogten in het beekdal zijn geschematiseerd met behulp van AHN2 0,5x0,5 m grid. Het bestand is opgevuld (nodata verwijderen) door interpolatie met behulp van

omringende cellen. De beekloop wordt in de koppeling tussen het 1D- en 2D-model door het rekenprogramma uit het grid "gepoetst" en vervangen door het 1D-model. Op deze wijze ontstaat geen dubbeltelling in de afvoer- en bergingscapaciteit.

Het rekenprogramma werkt met een rekenmesh (TIN) die in de interessegebieden is verfijnd (maximaal 5 m² minimaal 1 m² elementen) en in de hoger gelegen beekdaldelen minder is verfijnd (maximaal 100 m² en minimaal 10 m²).

De hydraulische weerstand als gevolg van het grondgebruik is over het model gelegd met behulp van een polygonen shape van de LGN7.

2.5 Modelgrenzen

Voor de drie pilottrajecten zijn de volgende modelgrenzen gehanteerd:

Zeegersloopje

Bovenstroomse modelgrens: spoorlijn Groningen-Assen, debiet
Benedenstroomse modelgrens: Monding in Schipborgerdiep, waterstand
Totale beeklengte: circa 1600 m
Beekdal: maaiveld tot circa 500 m vanaf de beek, tot op de hogere flanken

Anloërdiepje

Bovenstroomse modelgrens: brug Oostereind Anloo, debiet
Benedenstroomse modelgrens: Monding in Oudemolensche Diep, waterstand
Totale beeklengte: circa 3850 m
Beekdal: maaiveld tot circa 500 m vanaf de beek, tot op de hogere flanken

Loonerdiep / Taarloosche Diep

Bovenstroomse modelgrens: verdeelwerk Loon, debiet
Benedenstroomse modelgrens: Monding Gasterensche Diep, waterstand
Totale beeklengte: circa 9,2 km
Beekdal: maaiveld tot circa 1000 m vanaf de beek, tot op de hogere flanken

2.6 Weerstanden

De in het model toegepaste initiële weerstanden voor beekloop en maaiveld worden bepaald door de mate van begroeiing en vorm. De beekloop zelf heeft in de huidige vorm een variabel verloop in zowel de lengterichting (bochtige trajecten) als diepte (inmetingen 2017 tonen aan dat beekbodemhoogte varieert met diepten en ondiepten). Ook zijn er gedeelten (Anloërdiepje) die vrij rechthoekig zijn. De toe te passen weerstanden zijn daarom gedifferentieerd. De weerstand in de beekloop is gebruikt om het model te kalibreren (volgende paragraaf). Hieronder zijn de gebruikte weerstanden weergegeven (tabel 2.1).

Tabel 2.1 Toegepaste weerstanden beekloop (Te Chow, 1959)

Beektype	Weerstand winter (Manning)	Weerstand zomer (Manning)
Bochtig met ondiepten en begroeiing	0,045	0,05
Recht en meer gelijkmatige bodemhoogte	0,04	0,045

Voor het maaiveld in het beekdal is met behulp van LGN7 een indeling gemaakt met de voorkomende grondgebruikstypen. Hierbij is voor ieder type een toe te passen weerstand bepaald (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Toegepaste weerstanden beekdal (Te Chow, 1959)

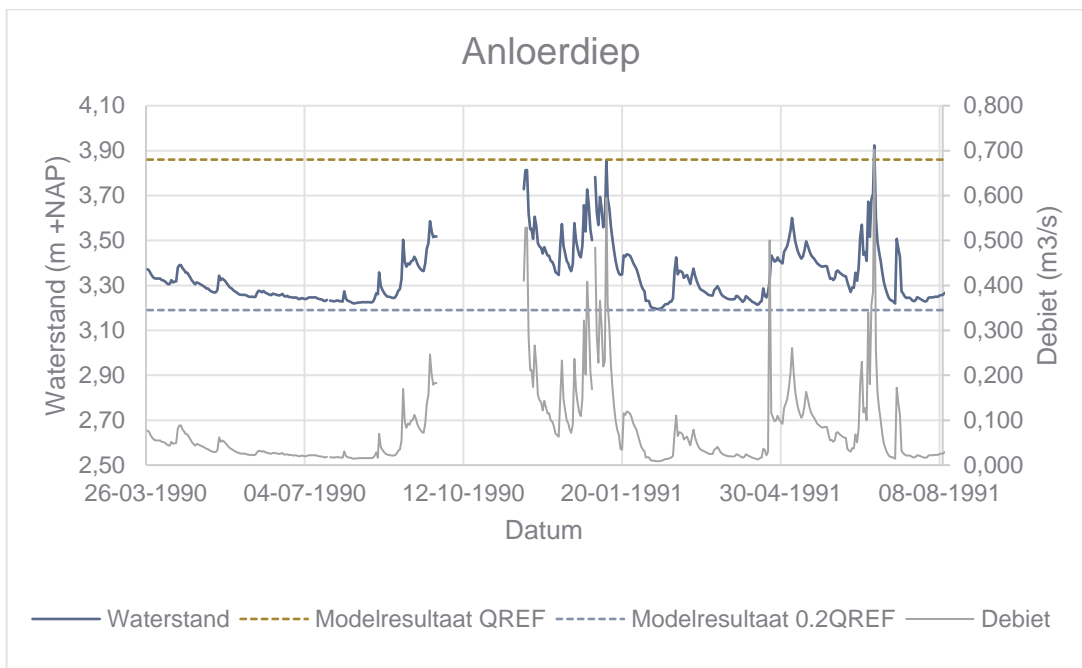
Grondgebruik	Oppervlak (ha)	Aandeel (%)	Weerstand winter (Manning)	Weerstand zomer (Manning)
1 - Agrarisch gras	268	18%	0,03	0,035
2 - Mais	129	9%	0,03	0,045
3 - Aardappelen	139	9%	0,03	0,04
11 - Loofbos	145	10%	0,1	0,1
18 - Bebouwing	31	2%	0,2	0,2
36 - Heide	121	8%	0,05	0,05
41 - Overige moerasvegetatie	22	1%	0,06	0,08
43 - Bos in moerasgebied	3	0%	0,12	0,16
45 - Natuurgraslanden	659	43%	0,067	0,083

Voor inliggende duikers is een hydraulische weerstand van 0,014 aangehouden.

2.7 Verificatie en kalibratie

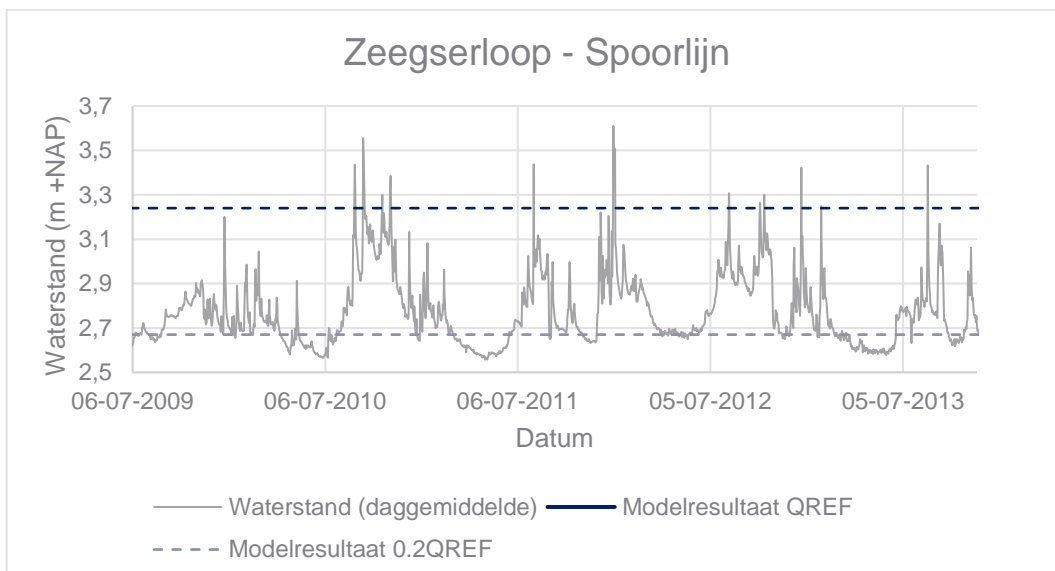
De berekeningsresultaten zijn geverifieerd met behulp van beschikbare meetgegevens. Waar nodig is met behulp van aanpassing van de ruwheden van de beekloop het model nader gekalibreerd.

Voor het Anloërdiep is hiervoor gebruik gemaakt van peil- en debietmetingen uit 1990-1991. Deze meting van een beperkte periode is te zien in onderstaande grafiek (Figuur 1). Bij het scenario QREF stroomt ter plaatse van de meetlocatie (duiker onder de Schipborgerweg) een debiet van circa 0,7 m³/s door de beek. In Figuur 1 is zichtbaar dat dit debiet gemeten is in juni 1991, waarbij een waterstand van NAP +3,92 m werd gemeten. In het model wordt een waterstand op dezelfde locatie berekend van NAP +3,87. Ook het 0.2Q modelresultaat benaderd de werkelijk goed. Het beperkte verschil tussen meting en berekening wordt beschouwd als voldoende nauwkeurig.

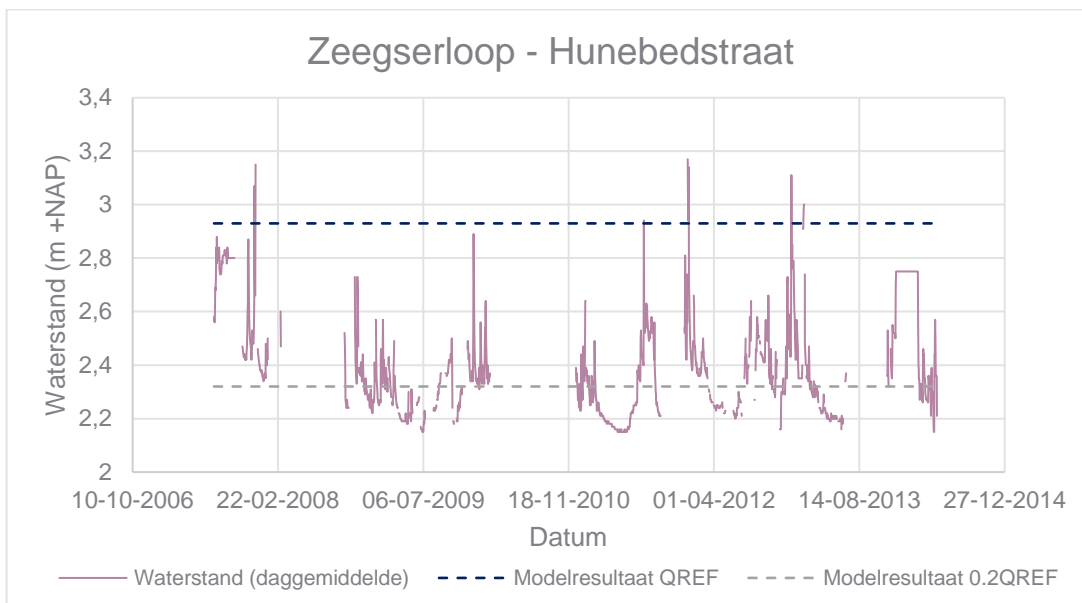


Figuur 1. Meting debiet en waterstand Anloërdiep

Voor de Zeegserloop is gebruik gemaakt van metingen die aan de bovenstroomse grens van het model gedaan zijn, bij het spoor. De waterstandmetingen tussen 2009 en 2013 (zie Figuur 2) zijn gebruikt bij de verificatie. Er zijn geen debietmetingen beschikbaar. Daarnaast zijn er metingen beschikbaar van het meetpunt Hunebedstraat. Dit meetpunt heeft geen continue meting door verstoringen.



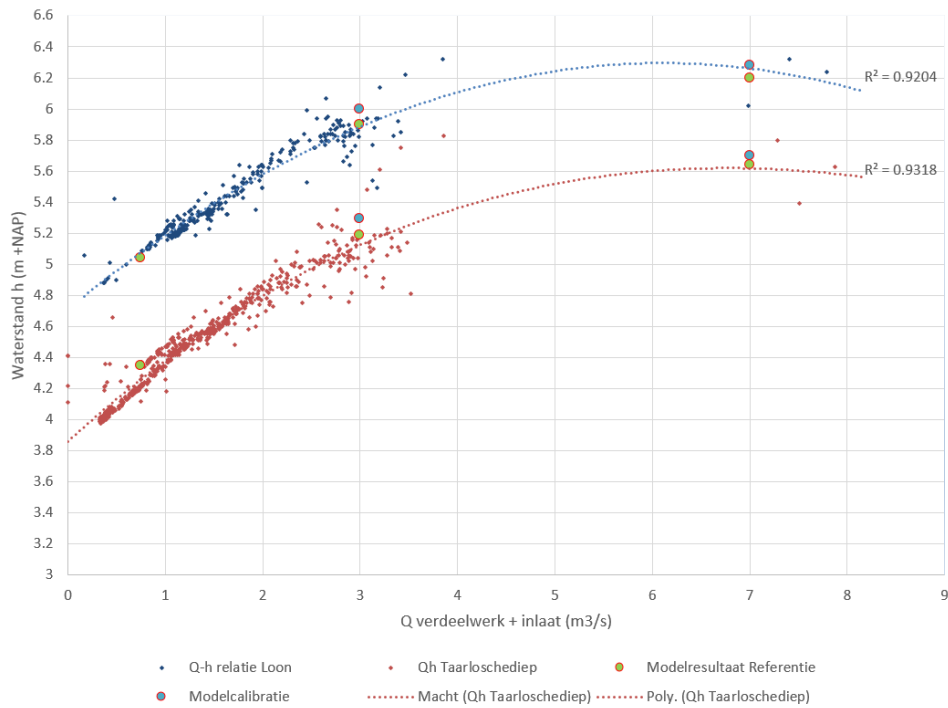
Figuur 2. Meting waterstand Zeegserloop (spoorlijn)



Figuur 3. Meetpunt Zeegserloop (Hunebedstraat)

De jaarlijkse piek in de beek ligt rond de NAP +3,40 m met enkele kortstondige uitschieters. Bij het scenario QREF wordt op de meest bovenstroomse locatie in het model een waterstand van NAP +3,27 m berekend. Bij 0.2QREF wordt de waterstand in de beek ook redelijk goed berekend. De resultaten worden als een voldoende nauwkeurige benadering van de werkelijkheid gezien. Het ontbreken van debietgegevens maakt het moeilijk de berekende waterstanden te relateren aan de gemeten waterstanden.

Voor het Taarlooschediep zijn meer meetgegevens beschikbaar; het ingelaten debiet over de stuw en door het inlaatwerk aan de bovenstroomse zijde van de beek, alsmede de waterstand ter plaatse van de benedenstroomse zijde van de Balloërweg brug (meetpunt Loonerdiep) en de waterstand aan de bovenstroomse zijde van de Gasterenseweg brug (Meetpunt Taarlooschediep). Voor calibratie is gebruik gemaakt van metingen van het debiet en de waterstand bij meetpunt Loonerdiep en meetpunt Taarlooschediep tussen 01-01-2008 en 14-03-2008. Hieronder is de Q-h relatie van deze periode weergegeven. Door het ontbreken van meerdere 7 m³/s gebeurtenissen is het model hier lastig op te kalibreren. De groene stippen in de onderstaande grafiek tonen de modelresultaten van het gekalibreerde model.



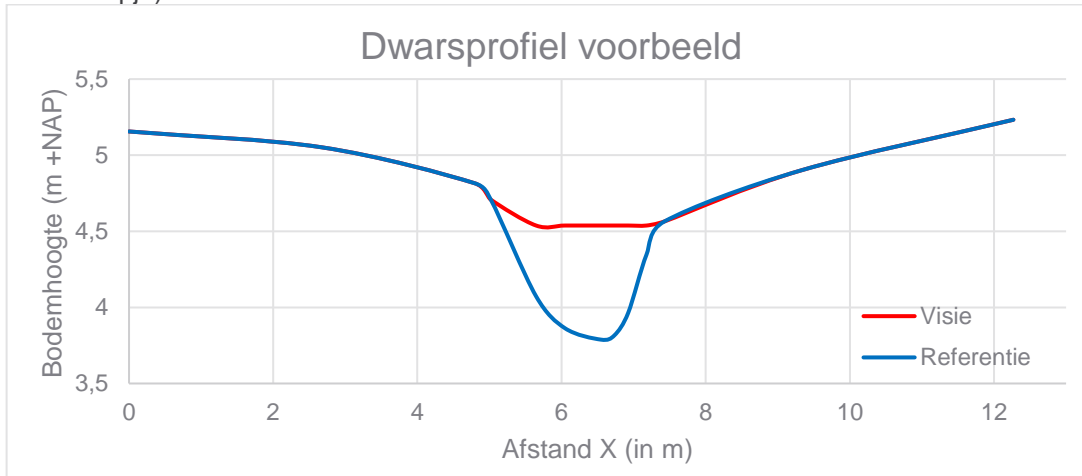
Figuur 4. Q-h relatie Taarlooschediep

Het model lijkt de waterstand iets te onderschatten bij 7 m³/s. Verhoging van de weerstand in de beekloop (grote blauwe stippen) zorgt echter voor een overschatting bij lagere debieten.

Het model is gevalideerd door de modelresultaten met de Q-h relatie van de metingen in zomerperioden tussen 2005 en 2008 te vergelijken.

2.8 Bodemverhoging

Voor de ontwerpscenario's is over verschillende trajecten bodemverhoging gemodelleerd. Dit is gedaan door ten opzichte van het laagste punt van de beekprofielen ophoging door te voeren. Hieronder is dit als voorbeeld weergegeven (75 centimeter bodemverhoging Anloërdiepje):



Voor de verschillende beken zijn de volgende trajecten opgehoogd voor het ontwerp;

Taarloosche Diep

+0.20 meter beekbodemverhoging van verdeelwerk tot aan Gasterenseweg.

+0.50 meter beekbodemverhoging vanaf brug Gasterenseweg tot monding Gasterensiediep

Zeegserloopje

+0.50 meter beekbodemverhoging van fiets/looppad Wedbroek tot aan monding

Schipborgerdiep

Anloërdiepje

+0.75 meter beekbodemverhoging over hieronder weergegeven traject



3 Rekenscenario's

Per pilottraject is in overleg met het waterschap een set aan scenario's bepaald die zijn doorgerekend. Per pilottraject is sprake van een Referentiesituatie en een Ontwerpsituatie. De ontwerpsituatie is in eerste instantie de in de inrichtingsvisie opgenomen beekboderverhoging. In een later stadium na de ontwerpbijeenkomsten worden mogelijk aanvullende scenario's bepaald en doorgerekend.

3.1 Zeegserloopje

In tabel 3.1 zijn de rekenscenario's met de bijbehorende hydraulische randvoorwaarden weergegeven. Naast het bovenstroomse debiet is ook rekening gehouden met instromende sloten, waarbij op basis van het oppervlak en de norm (l/s ha) bepaald is hoeveel er in stroomt.

Tabel 3.1 Scenario's Zeegserloopje

Scenario	Weerstand	Debiet (m ³ /s) bovenstrooms	Waterstand (m+NAP) benedenstrooms ¹	Opmerking
<i>REFERENTIE</i>				
0,05QREF	zomer	0,05	+0,93	
0,20QREF	winter	0,20	+1,40	
0,50QREF	winter	0,50	+1,75	
QREF	winter	1,00	+2,10	
<i>ONTWERP beekboderverhoging +0,50 m</i>				
0,05QONT	zomer	0,05	+0,93	
0,20QONT	winter	0,20	+1,40	
0,50QONT	winter	0,50	+1,75	
QONT	winter	1,00	+2,10	

De resultaten (waterstanden, inundaties en stroomsnelheden) van deze berekeningen zijn op kaart weergegeven. De voor inundatie gevoelige habitattypen zijn opgenomen op de kaart om te kunnen beoordelen of zich inundaties voordoen ter plaatse van deze habitattypen.

3.2 Anloërdiepje

In tabel 3.2 zijn de rekenscenario's met de bijbehorende hydraulische randvoorwaarden weergegeven. Naast het bovenstroomse debiet is ook rekening gehouden met instromende sloten, waarbij op basis van het oppervlak en de norm (l/s ha) bepaald is hoeveel er in stroomt.

¹ Monding Schipborgerdiep

Tabel 3.2 Scenario's Anloërdiepje

Scenario	Weerstand	Debiet (m3/s) bovenstrooms	Waterstand (m+NAP) benedenstrooms ²	Opmerking
<i>REFERENTIE</i>				
0,05QREF	zomer	0,0185	+2,38	
0,20QREF	winter	0,074	+2,73	
0,50QREF	winter	0,185	+3,40	
QREF	winter	0,370	+3,57	
<i>ONTWERP beekbodemverhoging +0,75³ meter</i>				
0,05QONT	zomer	0,0185	+2,38	
0,20QONT	winter	0,074	+2,73	
0,50QONT	winter	0,185	+3,40	
QONT	winter	0,370	+3,57	

De resultaten (waterstanden, inundaties en stroomsnelheden) van deze berekeningen zijn op kaart weergegeven. De voor inundatie gevoelige habitattypen zijn opgenomen op de kaart om te kunnen beoordelen of zich inundaties voordoen ter plaatse van deze habitattypen.

² Monding Oudemolensche Diep

³ Getracht is de beekbedding te verhogen met 1 m conform de inrichtingsvisie maar het model loopt hierop vast. Daarom is de beekbodem iets minder verhoogd (0,75 m)

3.3 Taarloosche Diep

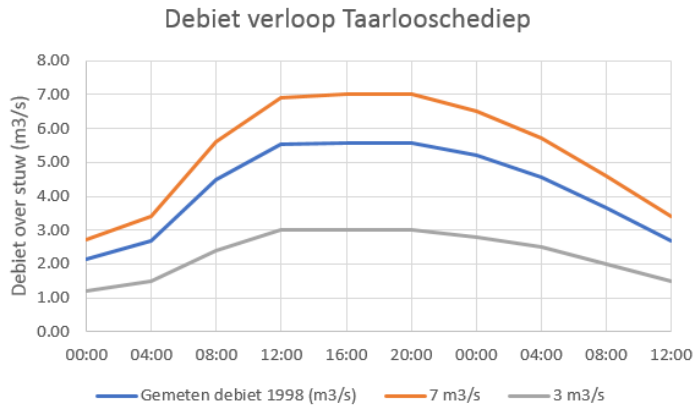
In tabel 3.3 zijn de rekenscenario's met de bijbehorende hydraulische randvoorwaarden weergegeven. Naast het bovenstroomse debiet is ook rekening gehouden met instromende sloten, waarbij op basis van het oppervlak en de norm (l/s ha) bepaald is hoeveel er in stroomt. Bij het Taarloosche Diep vormt de inlaat bij het Verdeelwerk een variabele die onder invloed staat van menselijk handelen en derhalve niet één op één gelijk is aan maatgevende normafvoeren.

Daarnaast is aanvullend een case (nr 9) doorgerekend waarbij recent in 2017 gemeten profielen zijn ingevoerd om het mogelijke effect van vernauwde profielen inzichtelijk te maken. Deze profielen zijn ter plaatse van lokale vernauwingen (lengtes circa 50 m) gemeten. Voor deze case zijn de recent gemeten profielen gecombineerd met de profielen uit het beheerregister die van toepassing blijven voor het beektraject buiten de vernauwingen. Deze combinatie is geschematiseerd door 50 meter voor en na de gemeten versmallingen in de beek de profielen uit het beheerregister toe te voegen waardoor een interpolatie van beheerprofiel naar gemeten profiel 2017 ontstaat. Op deze wijze geldt de versmalling enkel voor een kort traject (zie ook kaart 'Modelschematisatie scenario 'Gemeten').

Tabel 3.3 Scenario's Taarloosche Diep

Case	Afvoer gebied	Inlaat verdeelwerk	Ruwheid	Profielen beek	Opmerking
1	Q	7 m ³ /s	Winter	Beheerregister 2005	Systeemherstel Winter
2	Q	7 m ³ /s	Winter	Visie	Systeemherstel Winter + Ontwerp
3	0.5Q	3 m ³ /s	Winter	Beheerregister 2005	Huidige winter piek situatie
4	0.5Q	3 m ³ /s	Winter	Visie	Ontwerp winter piek situatie
5	0.5Q	2 m ³ /s	Zomer	Beheerregister 2005	Praktijk zomer piek
6	0.5Q	2 m ³ /s	Zomer	Visie	Praktijk zomer piek
7	0.2Q	1.4 m ³ /s	Winter	Beheerregister 2005	Natte winter
8	0.2Q	1.4 m ³ /s	Winter	Visie	Natte winter
9	0.2Q	1.4 m ³ /s	Winter	Gemeten profielen	Natte winter 2017
10	0.05Q	0.35 m ³ /s	Zomer	Beheerregister 2005	Zomer situatie
11	0.05Q	0.35 m ³ /s	Zomer	Visie	Zomer situatie

Voor de niet stationaire situaties Q3 en Q7 is gebruikt gemaakt van de geleverde meetgegevens. Op basis hiervan is de 36 uur durende afvoergolf van 28-10-1998 verschaald naar 3 m³/s en 7 m³/s.



4 Resultaten

Van alle rekenscenario's is een A0 kaart gemaakt. Op elke kaart is in ieder geval te zien:

1. De beekloop, met de grenzen van de beek, en de dwarsprofielen
2. De inundatie op het maaiveld
3. De berekende maximale stroomsnelheid en waterstand bij de dwarsprofielen
4. Gevoelige habitattypen

Naast de kaarten per berekening, zijn er ook vergelijkingskaarten voor het Taarloosche Diep gemaakt. Op de verschilkaarten worden twee scenario's met elkaar vergeleken, waarbij het verschil in inundatie op het maaiveld grafisch zichtbaar wordt gemaakt, en het verschil in maximale waterstand bij de dwarsprofielen ook gepresenteerd is. De volgende scenario's zijn met elkaar vergeleken:

Tabel 4.1 Vergelijkingen Taarloosche Diep:

Case 1	Case 2	Vergelijking bij 7m ³ /s inlaat + Q met visie
Case 1	Case 3	Vergelijking tussen 7 m ³ /s en 3 m ³ /s bij referentie situatie
Case 3	Case 4	Vergelijking bij 3 m ³ /s inlaat + 0.5Q systeemherstel met visie
Case 5	Case 6	Vergelijking bij 2 m ³ /s inlaat + 0.5Q praktijk met visie
Case 7	Case 8	Vergelijking bij 1.4 m ³ /s inlaat + 0.2Q met visie
Case 7	Case 9	Vergelijking bij 1.4 m ³ /s inlaat + 0.2Q met gemeten profielen
Case 10	Case 11	Vergelijking bij 0.35 m ³ /s inlaat + 0.05Q met visie
Case 3	Case 5	Vergelijking 3 m ³ /s inlaat met 2 m ³ /s inlaat + 0.5Q (effect systeemherstel)