

5. Controleren rekenbestand aan de hand van ervaringen en metingen

Wanneer een model volledig is opgebouwd en er mee gerekend kan worden, is het verstandig het model eerst te valideren met praktijkkennis en metingen. Dit gebeurt om te kijken of theorie en praktijk overeenkomen. Wanneer dit niet het geval is, kan het model bijgesteld moeten worden totdat deze voldoende overeenkomt met de praktijk.

Stap 1 valideren met praktijkkennis

De eerste stap die is genomen is om de rekenresultaten van een zware bui door te rekenen in het model en het resultaat te analyseren. Vervolgens is contact opgenomen met de gemeente Rhenen om te kijken of de overlastlocaties overeenkomen met de recente ervaringen. Ook kan het zijn dat bepaalde overlastlocaties niet in het model voorkomen maar wel in praktijk. In deze eerste stap zijn alle berekende en bekende overlastlocaties besproken en vergeleken met elkaar. Hieruit is gebleken welke gebieden extra aandacht nodig hadden en welke gebieden wat minder.

Stap 2 reeksberekening uitvoeren

Om de meetwaarden met berekende waarden te vergelijken, is een reeksberekening uitgevoerd. Hiervoor is voor een jaar (1-6-2017 tot 31-5-2018) de neerslag uit Hydronet (bewerking op de KNMI regenradar data) gehaald. Van belang is dat er voldoende data van de metingen binnen deze reeks aanwezig is en dat er voldoende (hevige) buien zijn gevallen binnen deze periode. Deze neerslag, dus inclusief spatiële verdeling, is als input gebruikt voor een modelberekening.

Stap 3 grafieken maken met metingen en resultaat uit reeksberekening

Nadat de reeksberekening is gemaakt, kon deze worden vergeleken met de metingen. De metingen zijn geïmporteerd in het rekenprogramma (Infoworks ICM) en samen met de resultaten van de berekeningen in een grafiek gezet. Vaak moeten de metingen eerst worden bewerkt zodat deze op de juiste hoogte staan met het resultaat van de berekeningen. Daarna was het mogelijk om in een grafiek de metingen en resultaat te analyseren.

Stap 4 valideren van stelsel o.b.v. metingen

Het valideren van het model (en eigenlijk ook de gebruikte meetdata) kent meerdere stappen. In bijlage 1 bij dit document is het werkdocument van de validatie van het model van de gemeente Rhenen toegevoegd. Van belang hierbij is het besef dat zowel het bewerken van de meetdata, als de validatie van het rekenmodel vele malen nauwkeuriger kan gebeuren. Dit heeft echter een direct effect op de kosten van de validatie. Er is geprobeerd om een evenwicht tussen validatie-inspanning en rendement van de validatie te behalen.

Tijdens de validatie is op basis van kennis en ervaring gekeken wat mogelijk redenen kunnen zijn dat de meetwaarde verschillen t.o.v. de rekenwaarde. Zo kunnen doorlaten dichtslibben, verstoppingen in het stelsel zitten, teveel of te weinig verhard oppervlak aangesloten, etc. Deze mogelijke situaties zijn geanalyseerd door relevante modelwaarden te valideren en het resultaat te interpreteren.

Stap 5 besluit betrouwbaarheid model

Op basis van de hier voorgaande stappen is bepaald of er voldoende vertrouwen is in het model om mee door te gaan voor de berekeningen. De gemeente Rhenen heeft o.b.v. de validatie groen licht gegeven (mail Henk-Jan Lubeek d.d. 8 februari 2019) om door te gaan met de berekeningen.

1 BIJLAGE 1: WERKNOTITIE VALIDATIE RHENEN

Met het valideren van een rekenmodel wordt bedoeld het controleren of een rekenmodel de werkelijkheid benaderd. In het geval van een rioleringsmodel houdt dat in dat de vraag is of berekende waterhoogtes bij een bepaalde neerslaggebeurtenis overeenkomen met de gemeten waterhoogtes op dat moment.

Valideren heeft niet tot doel een perfect model te creëren. Dat is ook niet mogelijk omdat het gebruikte inloopmodel inherente tekortkomingen heeft waardoor nooit voor elke neerslaggebeurtenis een goede fit tussen model en werkelijkheid te zien kan zijn. Valideren heeft wél tot doel om meer gevoel bij het model te krijgen en om belangrijke verschillen tussen model en werkelijkheid te duiden. Het is mogelijk dat een validatie ertoe leidt dat er tot veranderingen in het model wordt besloten, maar dit hoeft niet.

Om het rekenmodel van de gemeente Rhenen te valideren zijn drie iteratieslagen uitgevoerd. In de eerste slag is gekeken naar de kwaliteit van de beschikbare meetgegevens, is bepaald op welke meetlocaties er een validatie kan worden uitgevoerd en of overstorthoogtes en pompcapaciteiten correct kunnen zijn. In de tweede slag is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om te kijken waar de verschillen tussen meting en berekening die uit de eerste slag bleken door veroorzaakt kunnen worden. Tot slot is er een derde slag uitgevoerd omdat ontbrekende meetwaarden konden worden toegevoegd. In deze derde slag zijn ook nog berekeningen uitgevoerd die waren afgesproken in het eerste overleg over de validatie.

1.1 Validatieslag 1

In onderstaande tabellen zijn de conclusies weergegeven na het bestuderen van de meetdata. Als meetperiode is de periode 1-6-2017 tot 1-6-2018 aangehouden. In die periode zijn logischerwijs vele buien opgetreden.

NB In deze memo is ingezoomd op kort delen van deze meetperiode voor de leesbaarheid van de grafieken, maar de gehele periode is in ogenschouw genomen. Conclusies zijn alleen genomen als de hele meetperiode, of ten minste een zeer groot deel ervan de conclusie ondersteund.

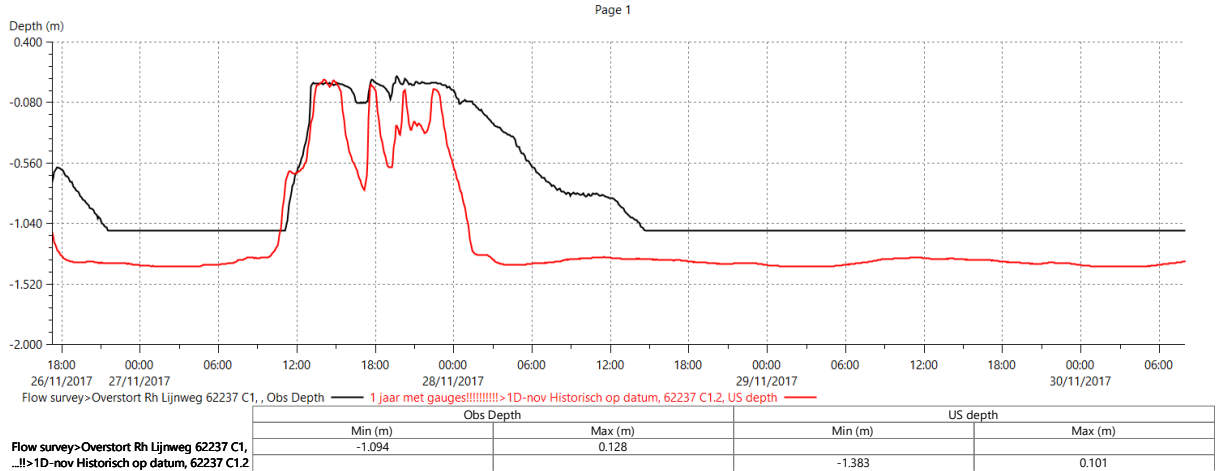
Meetpunt Geertesteeg

Validatie meetdata	Veel foutieve 0-metingen. Ook metingen met uitslagen
Eerste analyse	Geen opstuwning in model omdat het water langs de overstort stroomt. Zeer waarschijnlijk is er veel te weinig verhard oppervlak aangesloten op de leiding.
Actie	Bespreken in vergadering

Meetpunt Lijnweg

Validatie meetdata	Meetdata lijkt goed.
Eerste analyse	Redelijke eerste correlatie metingen en berekening. Duidelijk is dat het water sneller weggaat in de metingen (zie figuur 1). Lagere pompovercapaciteit of doorlaatcapaciteit?
Actie	Metingen gecorrigeerd voor overstorthoogte. Vraag rondom leegloop behandelen in validatieslag 2.

Flexible Report Produced by ghs (23-12-2018 10:21:55) Page 1 of 1
 Observed depth event: >Rhenen basis!>Meetwaarden>Flow survey>Overstort Rh Lijnweg 62237 C1 (23-12-2018 10:21:46)
 Sim: >Rhenen basis!>1 jaar met gauges!!!!!!!>1D-nov Historisch op datum (20-12-2018 16:28:00)



Figuur 1: berekende (rood) en gemeten (zwart) waterhoogtes bij overstort Lijnweg.

Meetpunt Zwarteweg

Validatie meetdata	Meetdata lijkt goed. Sommige zeer hoge overstortstralen
Eerste analyse	Redelijke eerste correlatie metingen en berekening. Duidelijk is dat het water sneller weggaat in de metingen (zie Lijnweg). Zeer grote overstortende straal → brievenbus?
Actie	Vraag rondom leegloop behandelen in validatieslag 2. Nakijken brievenbus.

Meetpunt retentie uitstroom Bergweg

Validatie meetdata	Meetdata ontbreken grotendeels. Alleen meetdata sinds eind maart 2018. De beschikbare data lijkt te wijzen op enkele keren vullen en zeer langzaam ledigen, maar data kunnen ook foutief zijn.
Eerste analyse	Geen mogelijke analyse. 1D model heeft hier ook een outflow. In 2D model vult de retentie zich wel voor een stukje, maar ivm infiltratie etc is zal dit zeer lastig goed te krijgen zijn.
Actie	Bespreken in vergadering

Meetpunt retentie uitstroom Rozenlaan

Validatie meetdata	Meetdata hebben maar 1 significante waarde / verhoging. Rest is witte ruis.
Eerste analyse	Geen mogelijke analyse. 1D model heeft hier ook een outflow. In 2D model vult de retentie zich wel voor een stukje, maar ivm infiltratie etc is zal dit zeer lastig goed te krijgen zijn.
Actie	Bespreken in vergadering

NB een tijdsverschuiving van exact een uur wordt veroorzaakt door de verwerking winter-zomertijd.

Op basis van validatieslag 1 zijn enkele wijzigingen aangebracht aan de metingen om de overstorthoogten goed te krijgen (bij grote afwijking). Er valt helaas niets direct te zeggen over de pompcapaciteit of andere aspecten van het model. Dit wordt verder onderzocht in validatieslag 2.

1.2 Validatieslag 2

Het belangrijkste resultaat van validatieslag 1 is dat het leeglopen van het systeem aanzienlijk langzamer gaat in werkelijkheid dan in de berekeningen. Als we kijken naar de situatie bij de Lijnweg valt op dat in principe het water bij een hoge waterstand 2 kanten op kan. In het zuiden zijn de overstorten (ongeveer 19,2 m+NAP). In het noorden kan het water weg op 18,9 m+NAP. De verwachting is dus dat tot ongeveer 19 m+NAP (rekening houdend met stromingsverliezen) het water sowieso weg moet kunnen stromen. Dit beeld is ook in de metingen te zien. Vervolgens lijkt het er echter op dat de waterstand een tijdlang minder snel daalt.

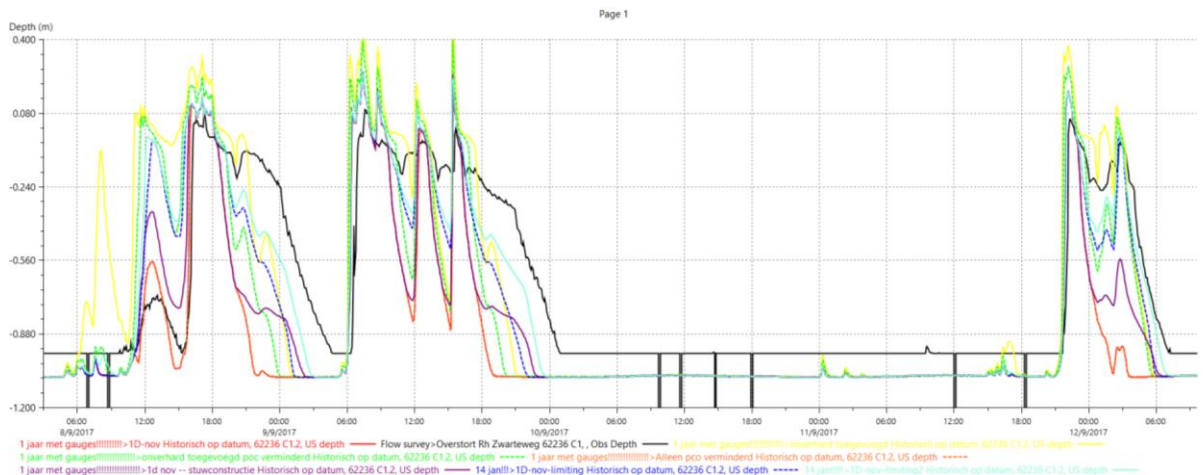
Dit kan liggen aan:

- Meer berging beschikbaar in het stelsel (bijvoorbeeld dynamische berging of een bergingsvoorziening)
- Lagere beschikbare poc of doorlaatcapaciteit van stuwconstructies
- Langere naloop / inloop

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de volgende aspecten van het model zijn aangepast:

Kleur	Scenario	Wijzigingen	effect
Rood	1D-nov	Dit is de basis model	n.v.t.
	1d-k-waarde	K-waarde (wrijving) aangepast	Vrijwel geen verschil
Groen	Onverhard toegevoegd POC verminderd	POC verlaagd + onverhard oppervlak toegevoegd.	Meer volume + eerder opstuwing + langere leegloop van stelsel
Geel	onverhard toegevoegd	Onverhard oppervlak toegevoegd	Meer volume + eerder opstuwing + langere leegloop van stelsel
Oranje	Alleen PCO verminderd	POC verlaagd	Vrijwel geen verschil
Paars	1d nov stuwconstructie	Max debiet van stuwconstructie gehalveerd	Meer volume + eerder opstuwing + langere leegloop van stelsel
Blauw	1D nov limiting	Max debiet van stuwconstructie verkleind	Meer volume + eerder opstuwing + langere leegloop van stelsel
Aqua	1D nov limiting2	Doorlaat verkleind	Meer volume + eerder opstuwing + langere leegloop van stelsel

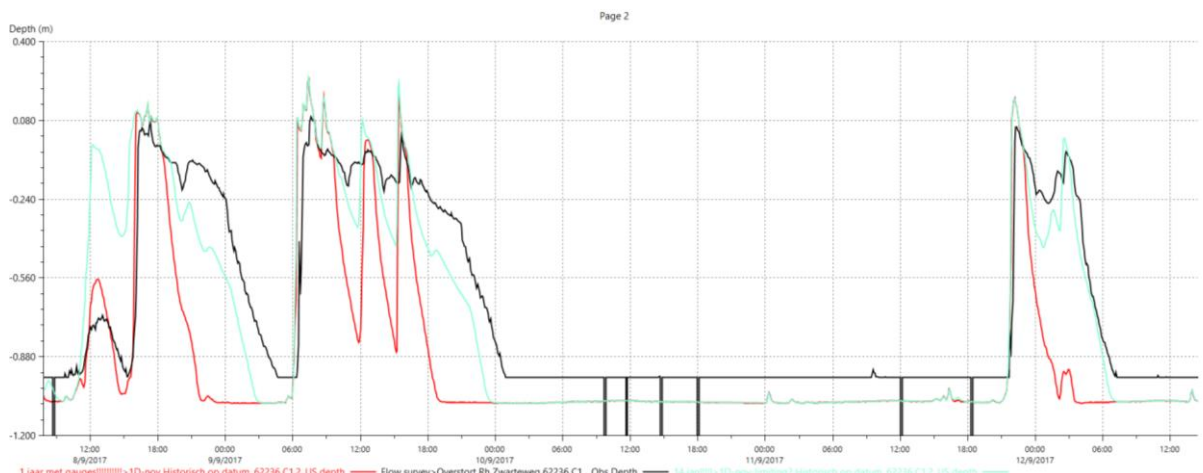
Onderstaand figuur 2 toont de resultaten van de gevoeligheidsanalyse voor een representatief deel van het doorgerekende jaar. De zwarte lijn (meetwaarden) toont ten opzichte van alle scenario's nog steeds een vertraagde leegloop rond de 19,00 m +NAP.



Figuur 2: voorbeeld van een meetperiode met meerdere doorgekende scenario's.

Figuur 3 toont 3 grafieken:

- Meetwaarden (zwart)
- Originele model na validatieslag 1 (rood)
- Model na verkleinen diameter en limiting discharge doorlaat 51658.1 (beste voorlopige resultaat)



Figuur 3: doorlaatcapaciteit verkleinen verbetert de rekenresultaten

Uit de verzamelde resultaten kan voorlopig geen "beste" diameter of limiting discharge worden afgeleid. Wel is het mogelijk om te concluderen dat de verschillende gemeten resultaten kunnen worden verklaard door de omstandigheden in de dichtstbijzijnde stuwconstructie. Het vermoeden is dat deze constructie soms deels verstopt is en soms wel goed functioneert.

1.3 Conclusie validatieslag 2

Tijdens de validatie vergadering is besproken:

- Situatie Geertesteeg
- Situatie Retentie / metingen ter plekke
- Modelleren doorlaten
- Ontbrekende meetwaarden
- BRP afronden met huidige model?

Het volgende is afgesproken:

Er blijken meer meetdata beschikbaar te zijn. Door problemen met de exportmodule van H2GO zijn deze niet eruit gekomen. Deze meetdata worden alsnog verstrekt en bekeken.

Verder wordt er afgesproken:

- Bij Geertesteeg wordt een berekening gemaakt om te bepalen of er waarschijnlijk extra verhard oppervlak op het bemalingsgebied is aangesloten.
- Er wordt verder niet gekeken naar de situatie rond de retentievoorziening Bergweg.
- De situatie bij de doorlaat nabij de Lijnweg wordt nader bekeken:
 - o In het veld wordt bekeken of er vervuiling aanwezig is (dit blijkt het geval)
 - o Met het model wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd in relatie tot overstort Lijnweg en eventueel andere relevante metingen.

1.4 Validatieslag 3

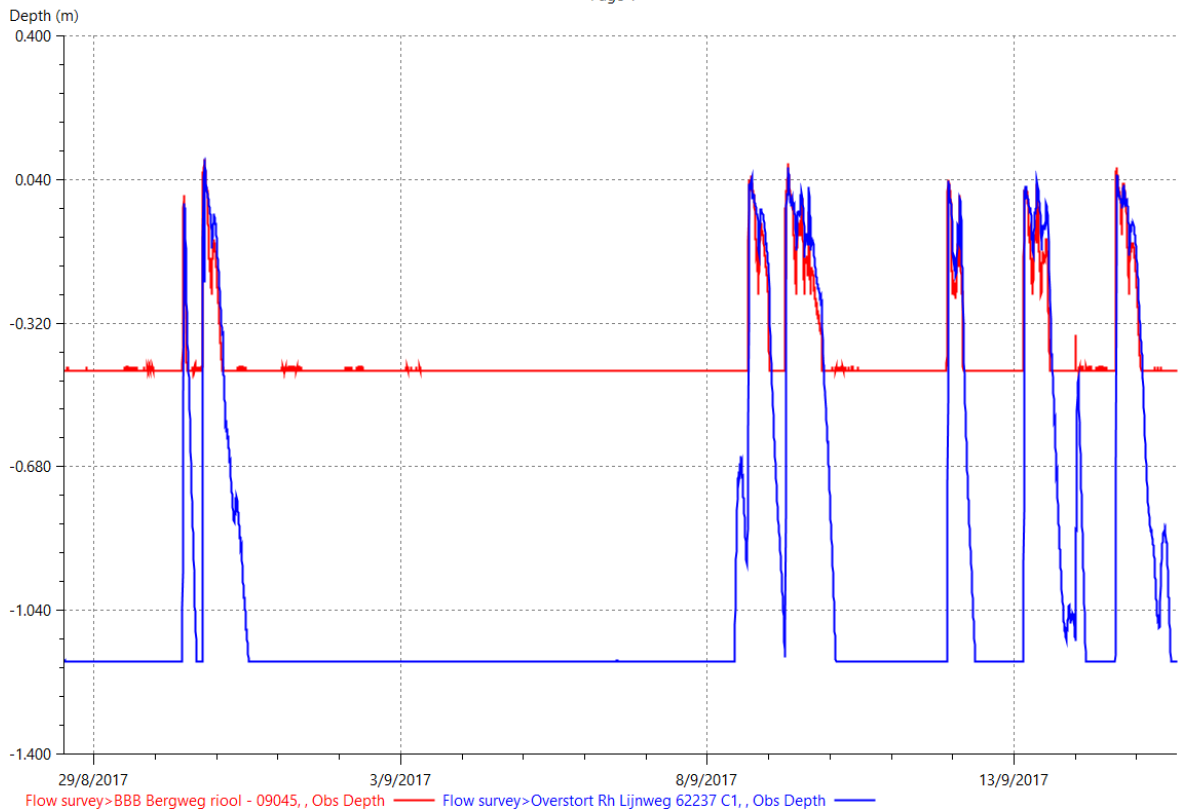
Voor de derde validatieslag zijn er nieuwe meetwaarden toegevoegd:

BBB Friesesteeg

Validatie meetdata	De meetwaarden van BBB Friesesteeg lijken tot medio september 2017 correct. Daarna ontstaat er een tijdsverschuiving. Vanaf april 2018 lijkt er iets veranderd met gemaal Achterberg of met een inprik waardoor er relatief veel peilstijgingen worden gemeten die niet in de berekeningen terugkomen.
Eerste analyse	Relatief goede fit tussen meetdata en berekende waarden. Bij hevige neerslag wordt er terugstuwning berekend. Omdat de metingen in die gevallen vaak nog hoger liggen en er zeer hoge “overstortende stralen” worden gemeten (tot 49 cm) lijkt dit in werkelijkheid ook te gebeuren.
Actie	Geen

BBB Bergweg

Validatie meetdata	De meetdata van Bergweg en Lijnweg komen zoals verwacht sterk overeen over een deel van de meetperiode (zie figuur 4). Na 22 september 2017 is dit echter niet meer het geval en wijken de meetwaarden van de Bergweg af.
Eerste analyse	Er blijft veel langer water staan bij de Bergweg dan het model berekent.
Actie	Weglopen water vanaf Bergweg analyseren en indien mogelijk aanpassen in model.



Figuur 4: goede correlatie tussen Lijnweg en Bergweg

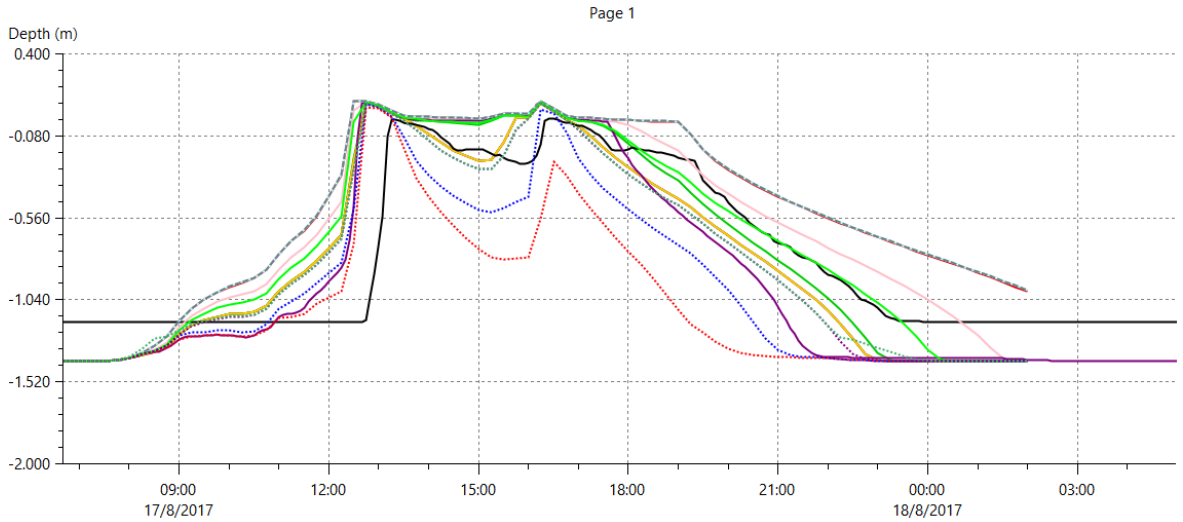
Validatiestap 3a

De eerste deelactie in validatiestap 2 was om een beter beeld te krijgen hoe de doorlaat nabij overstort Lijnweg de waterstanden ter plekke beïnvloedt. Hiervoor is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij verschillende kenmerken van de doorlaat (51658.1) zijn gevarieerd. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 1.

	Doorlaatdiameter (m)	Maximaal debiet m ³ /s	Verliescoëfficiënt Cd
A	0,15	0,1	0,85
B	0,1	1	0,85
C	0,15	0,05	0,85
D	0,15	1	0,85
E	0,15	99	0,85
F	0,12	1	0,85
G	0,15	0,05	0,44
H	0,15	0,1	0,44
I	0,2	0,1	0,44
J	0,2	0,1	0,85
K	0,3	0,1	0,60
L	0,2	0,1	0,60

Tabel 1: gevoeligheidsanalyse doorlaat 51658.1

De verschillende instellingen lieten zoals viel te verwachten verschillende resultaten zien. Figuur 5 toont een voorbeeld van verschillende reeksen. Van belang zijn met name de vraag of na de eerste piek er een daling in de waterstand optreedt (gewenst) en of richtingscoëfficiënt van de leegloop ongeveer klopt.

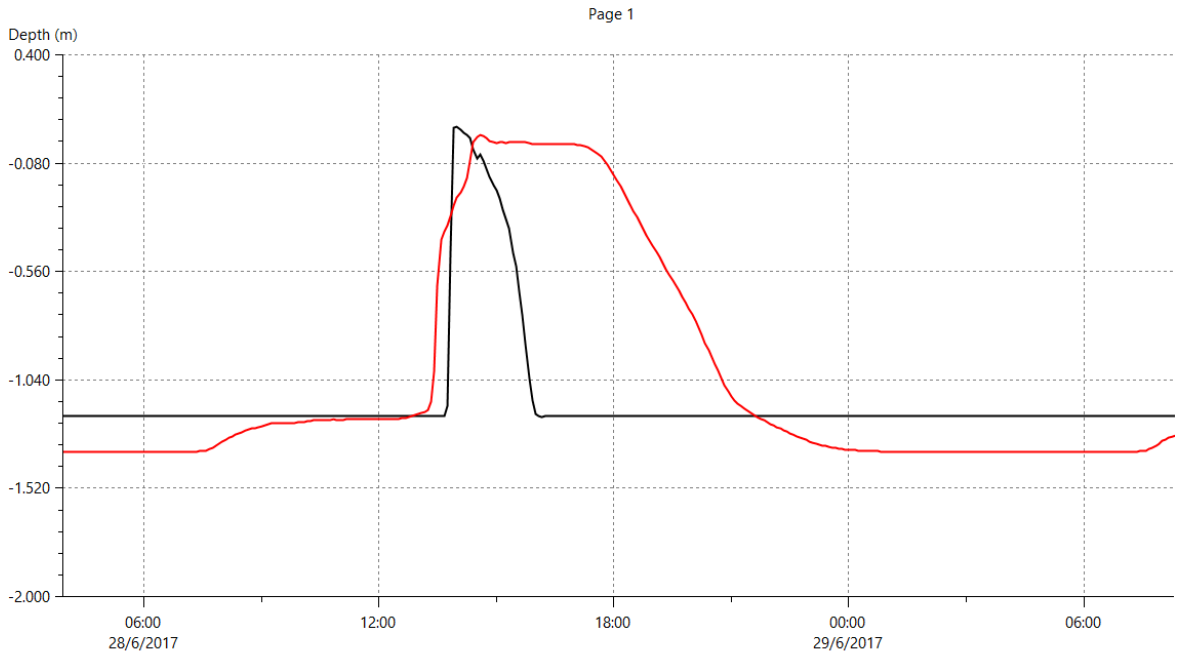


Figuur 5: beeld resultaten variaties in doorlaat 51658.1 op waterhoogtes bij overstort Lijnweg
Uiteindelijk is voor de rest van validatiestap 3 gekozen voor parameterset L.

Validatiestap 3b

Voor Geertesteeg is in eerste instantie verhard oppervlak (0,75 ha) toegevoegd nabij de bemeten overstort. Dit leek in eerste instantie een te grote hoeveelheid (zie figuur 6).

Flexible Report Produced by ghs (6-2-2019 21:20:38) Page 1 of 2
Observed depth event: >Rhenen basis>Meetwaarden>Flow survey>Overstort Rh Geertesteeg 07122 C1.2 (3-2-2019 16:39:17)
Sim: >Rhenen basis>geertesteeg half jaar!!!>Geertesteeg aangepast Historisch op datum (4-2-2019 10:18:16)

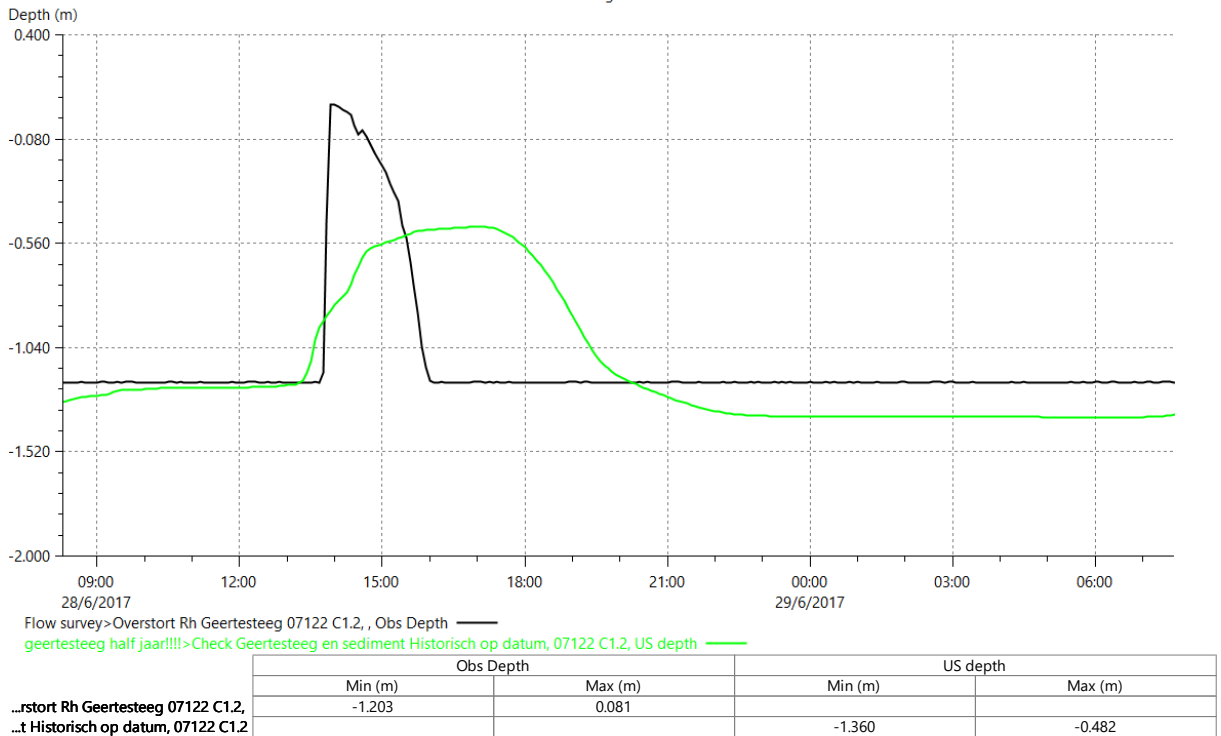


Flow survey>Overstort Rh Geertesteeg 07122 C1.2, , Obs Depth — geertesteeg half jaar!!!>Geertesteeg aangepast Historisch op datum, 07122 C1.2, US depth —

	Obs Depth		US depth	
... <th>Min (m)</th> <th>Max (m)</th> <th>Min (m)</th> <th>Max (m)</th>	Min (m)	Max (m)	Min (m)	Max (m)
...t Historisch op datum, 07122 C1.2	-1.203	0.081	-1.360	0.045

Figuur 6: toevoegen 0,75 ha verhard oppervlak nabij overstort Geertesteeg (zwart=meting)
Echter na sommen van 0,35 ha en 0,50 ha blijkt dat niet alleen de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak niet lijkt te kloppen, ook het leegpompedrag klopt niet (zie figuur 7).

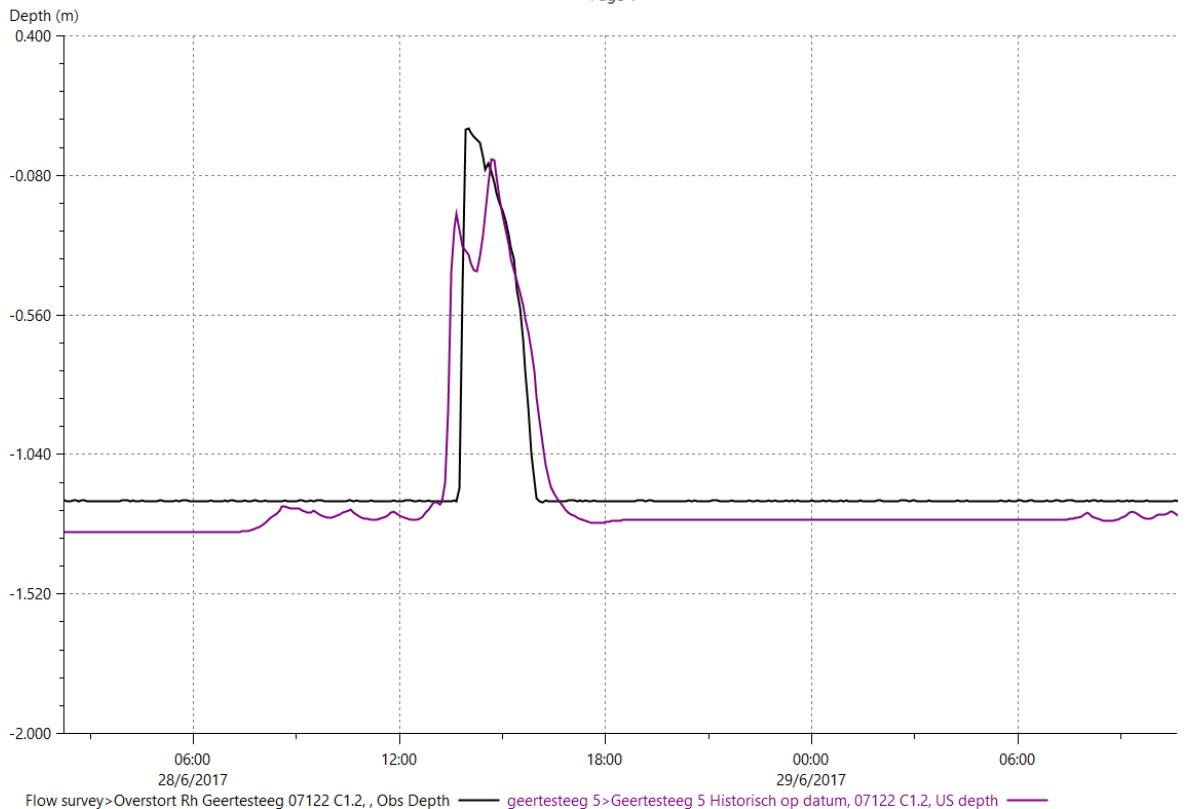
Flexible Report Produced by ghs (6-2-2019 21:27:40) Page 2 of 2
 Observed depth event: >Rhenen basis!>Meetwaarden>Flow survey>Overstort Rh Geertesteeg 07122 C1.2 (3-2-2019 16:39:17)
 Sim: >Rhenen basis!>geertesteeg half jaar!!!!>Check Geertesteeg en sediment Historisch op datum (4-2-2019 18:01:33)
 Page 2



Figuur 7: toevoegen 0,30 ha verhard oppervlak nabij overstort Geertesteeg (zwart=meting)

Er komt hier duidelijk te weinig water bij de overstort aan én het wordt daarna te langzaam weggepompt. Er kan hier geen sprake zijn van een vertraagde aanvoer omdat de “lozing” van het extra verhard oppervlak naast de meetlocatie is gelegen.

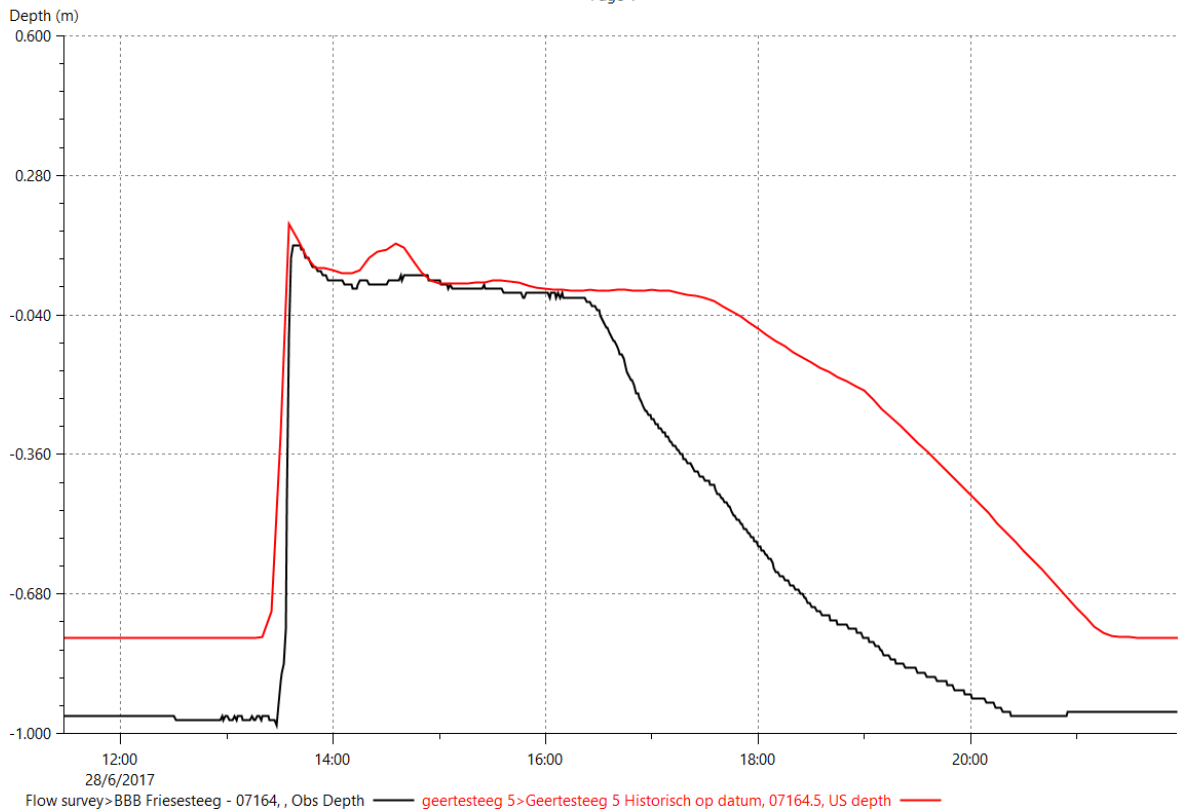
Daarom zijn er nog enkele berekeningen uitgevoerd met een langzaam oplopende belasting in verhard oppervlak en pompcapaciteit. Bij een extra verhard oppervlak van 1,0 hectare en een pompcapaciteit van 50,4 m³/u ontstaat het beeld dat is weergegeven in figuur 8. Dit beeld wordt als goed genoeg beoordeeld om mee verder te gaan (mogelijk is er een iets grotere opstuwing tussen overstort en gemaal of is er een andere verdeling van het extra verhard oppervlak wat het resterende verschil veroorzaakt).



Figuur 8: gemeten (zwart) en berekende (paars) waterstanden bij overstort Geertesteeg na het toevoegen van verhard oppervlak en het vergroten van de pompcapaciteit.

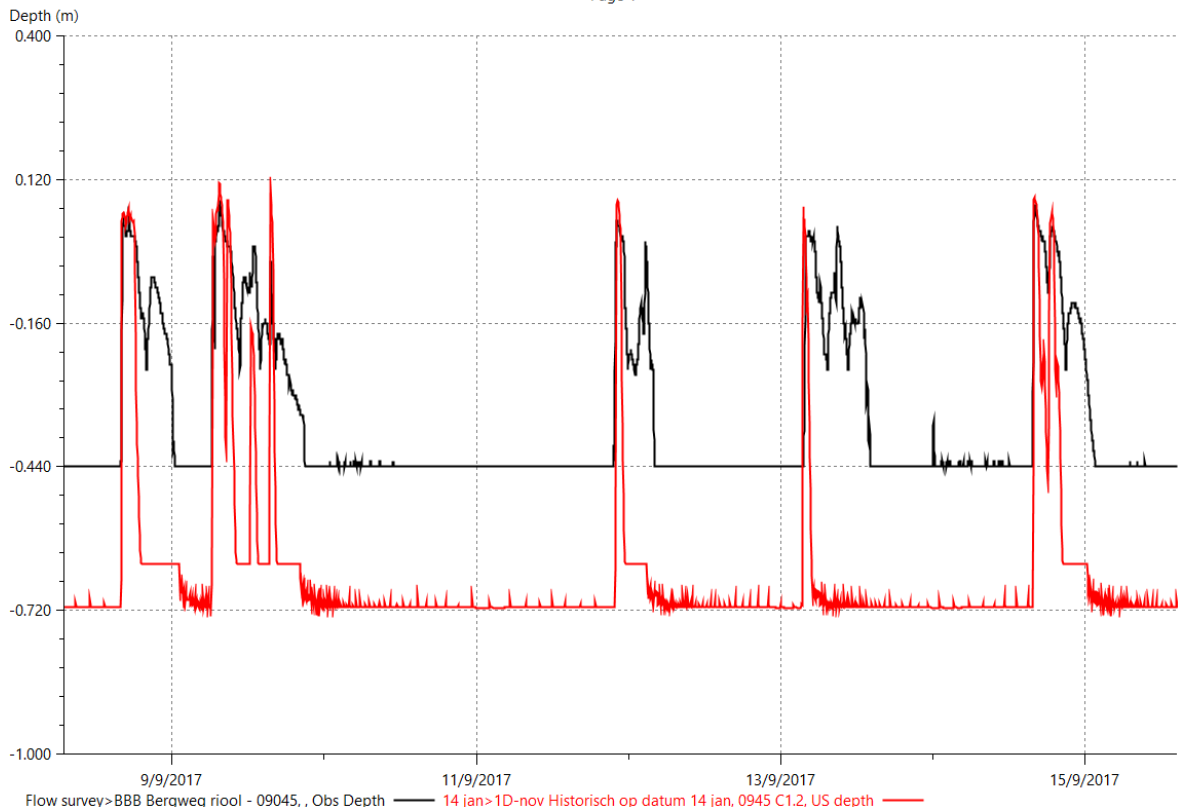
Validatiestap 3c

Voor Achterberg is in overleg geconstateerd dat de berekening en de metingen voldoende overeen komen om vertrouwen te hebben in het model (zie figuur 9). Wel lijkt het erop dat er te veel water binnenkomt na afloop van de bui. Dit ligt mogelijk aan de hoeveelheid water wat uiteindelijk weer terugloopt vanuit het oppervlaktewater (check: is hier een terugslagklep?)



Figuur 9: berekende (rood) en gemeten (zwart) waterhoogten bij BBB Friesesteeg
Validatiestap 3d

Nu de berekeningen bij Achterberg en de Lijnweg een redelijk beeld geven van de meetwaarden zou de verwachting kunnen zijn dat hetzelfde geldt voor de metingen bij BBB Bergweg. Dit is echter niet direct het geval (zie figuur 10).



Figuur 10: gemeten (zwart) en berekende (rood) waterhoogtes bij de Bergweg in het model mét aangepaste doorlaat. Het water loopt in het model te snel weg.

Hiervoor zijn twee mogelijke verklaringen te bedenken:

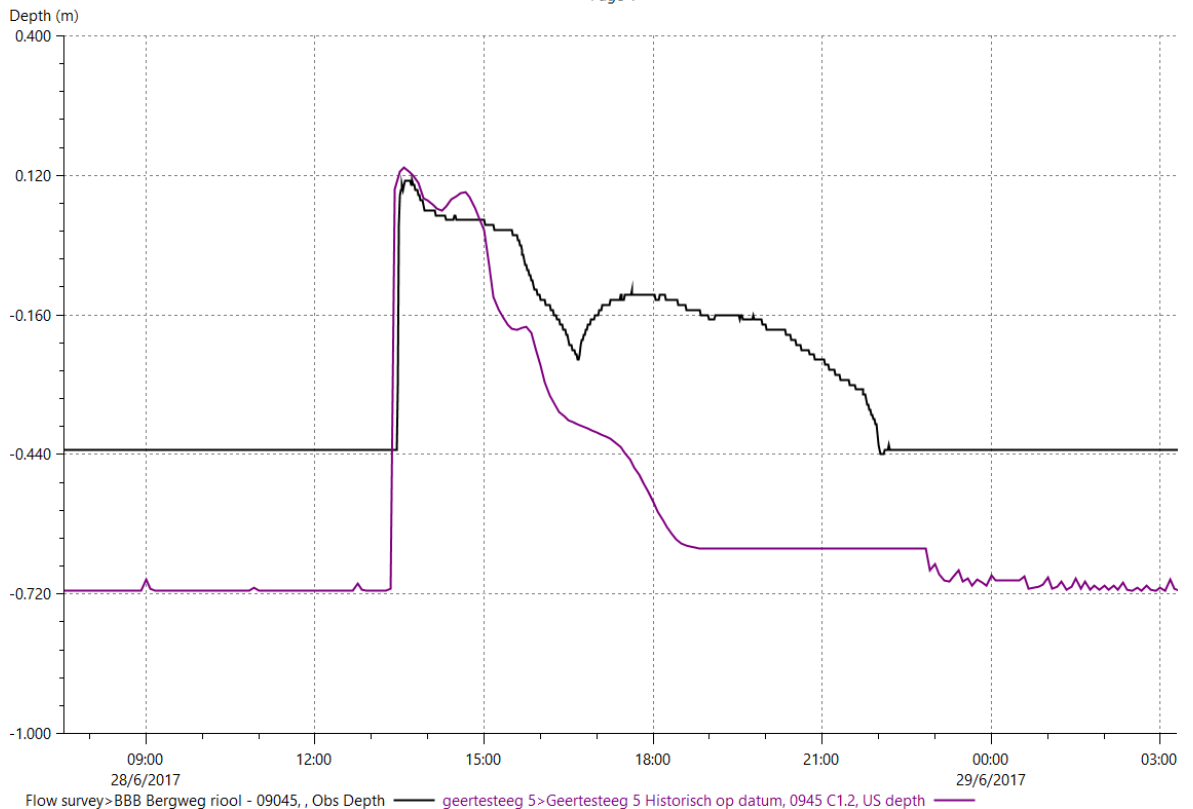
- Er wordt meer water nageleverd vanuit Rhenen noordwest of vanuit Achterberg.
- Er is een gedeeltelijke verstopping of een andere reden dat het water wat van noord naar zuid loopt onder de Lijnweg stremt.

Het lijkt niet mogelijk dat er oppervlaktewater terugloopt door BBB Bergweg omdat de interne drempel aanzienlijk hoger is dan de externe drempel. Extra water vanuit Achterberg is niet waarschijnlijk gezien de relatief goede fit tussen berekening en metingen bij Friesesteeg.

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd conform tabel 2.

A	Sedimentlaag van 200 mm aangebracht tussen 62303 en 62288
B	Wrijvingswaarde onderste deel leiding vergroot tot 30mm tussen 62303 en 62288
C	Wrijvingswaarde onderste deel leiding vergroot tot 60mm tussen 62303 en 62288

Het resultaat van deze laatste gevoeligheidsanalyse (C) is weergegeven in figuur 11



Figuur 11: Gevoeligheidsanalyse oorzaak langzamer weglopen water bij BBB Bergweg

Wat opvalt is dat na afloop van elke bui er een nieuwe bult van enkele uren optreedt. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het leegpompen van de randvoorziening en dat is bijzonder omdat dat om relatief kleine hoeveelheden zou moeten gaan. Dit roept de vraag op of er niet nog een probleem speelt zoals een deels dichtstaande schuif vóór de meetlocatie of een grote terugstroom vanuit het oppervlaktewater. Dit zou verder kunnen worden uitgezocht, maar heeft waarschijnlijk geen invloed op mogelijke maatregelen.



2 EINDCONCLUSIE VALIDATIE

In overleg met de gemeente Rhenen en de UVO wordt de volgende conclusie getrokken:

De modellen van Rhenen en Achterberg geven een voldoende goed beeld van de werkelijkheid om te gebruiken om maatregelen mee te ontwerpen met de volgende aanpassingen aan het model zoals opgebouwd uit het beheerpakket:

- Gemaal 110528 wordt 50 m³/uur
- Er is een oppervlak van 1,0 hectare verhard oppervlak extra aangesloten op bemalingsgebied Geertesteeg (bij put 07120)
- Doorlaat 51658.1 is gemodelleerd als een doorlaat met een diameter van 200 mm, een maximale doorlaat van 100 l/s en een primaire doorlaatcoëfficiënt van 0,6.
- De leidingen in de Lijnweg tussen put 62303 en put 62288 hebben een bodemruwheidscoëfficiënt van 60 mm

Overigens wordt opgemerkt dat zowel de beperking van de doorlaat, als de vervuiling van de riolering in de Lijnweg in de praktijk bekend is. Het extra verharde oppervlak op bemalingsgebied Geertesteeg is dit niet en zou nader onderzocht kunnen worden.