

RAPPORT

TKI - 5 GUI, Visualisatie en Cloud Computing

Optimalisatie berekeningen - bodemhoogte

Klant: Waterschap Brabantse Delta

Referentie: BH8407-RHD-XX-XX-RP-Z-0001

Status: Definitief/01

Datum: 29 maart 2024

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: TKI - 5 GUI, Visualisatie en Cloud Computing

Sub titel: Optimalisatie berekeningen - bodemhoogte
Referentie: BH8407-RHD-XX-XX-RP-Z-0001
Status: 01/Definitief
Datum: 29 maart 2024
Projectnaam: BH8407
Projectnummer: BH8407
Auteur(s): Rineke Hulsman, Jing Deng en Ivar Lokhorst

Opgesteld door:

Gecontroleerd door: Wouter Engel

Datum: 29-3-2024

Goedgekeurd door: Wouter Engel

Datum: 29-3-2024

Classificatie

Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel Studie	1
2	Beschrijving modelgebied	2
3	Profile Optimizer	3
3.1	Doel	3
3.2	Workflow profile optimizer	3
3.2.1	Stap 1: input	5
3.2.2	Stap 2: Voorbereiden geometrie	5
3.2.3	Stap 3: Spatial check	5
3.2.4	Stap 4: Optimaliseer bodemhoogte	5
4	Pilot	7
4.1	Automatische modelgeneratie vanuit de legger	7
4.2	Selectie proeflocatie binnen modelgebied	7
4.3	Maximaal toelaatbare waterstand bij maatgevende afvoer	11
4.4	Modelverbeteringen t.b.v. realistischere waterstanden	12
4.5	Modelaanpassingen t.b.v. de Profile Optimizer	13
5	Resultaten, conclusies en aanbevelingen	15
5.1	Resultaten	15
5.2	Conclusies en aanbevelingen	17
6	Technische beschrijving profile optimizer	18
6.1	Opbouw Python scripts	18
6.1.1	Geometry.py	18
6.1.2	Spatial_check.py	18
6.1.3	Optimizer_bottom_level.py	18
Figuren		
	Figuur 2-1: Pilotgebied.	2
	Figuur 3-1: Schematische weergave van het functioneren van de profile optimizer.	3
	Figuur 3-2: stroomschema profile optimizer.	4
	Figuur 3-3: voorbeeld aanpassing van bodemhoogtes door de functie 'spatial check'.	5
	Figuur 3-4: conceptuele weergave parameters.	6
	Figuur 4-1: D-HYDRO Suite schematisatie van pilotgebied.	7

Figuur 4-2 Langsprofiel van bodemophoging (oranje) in fictief beektraject tussen twee stuwen (zwart).	8
Figuur 4-3 Y-splitsing van de watergang in een tak die door de vospassage gaat (links) en een tak die over de stuw (Stuw Egeldonk) gaat.	9
Figuur 4-4 Het bodemophogingstraject is deze pilot.	10
Figuur 4-5 Maaiveldhoogtes rondom het geselecteerde bodemophogingstraject.	10
Figuur 4-6: Maaiveldhoogtes rondom het geselecteerde bodemophogingstraject (ingezoomd).	11
Figuur 4-7 Laagstgelegen waar waterstandsverhoging in het bodemophogingstraject tot de grootste natschade kan leiden.	12
Figuur 4-8 luchtfoto van stuw Bakkebrug (KST00561) met van links naar rechts: een 2,5 m brede schuif met kruinhoogte ruim boven bovenstrooms streefpeil, een 5 m brede kantelstuw die bovenstrooms peil regelt o.b.v. een bovenstrooms meetpunt, een 2,5 m brede schuif met kruinhoogte ruim boven bovenstrooms streefpeil, een De Wit vispassage waardoor 10% van het debiet gaat bij een voorjaarsafvoer/gemiddelde afvoer.	13
Figuur 5-1: selectie modelgebied waar profile optimizer toegepast is.	15
Figuur 5-2: Strahler order Aa of Weerij, rood=0, groen=1, paars=2, blauw=3.	16
Figuur 5-3: Origineel bodemprofiel en geoptimaliseerd bodemprofiel.	17

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de profile optimizer zoals ontwikkeld in TKI – 5 GUI, Visualisatie en Cloud Computing en de toepassing op een pilotgebied binnen het beheergebied van waterschap Brabantse Delta. De profile optimizer is beschikbaar via HydroLIB.

Royal HaskoningDHV draagt bij aan de werkpakketten 2 t/m 4. Waarbij de focus ligt op werkpakket 4 (pilot) waarbinnen de profile optimizer verder is ontwikkeld.

1.1 Aanleiding

Sinds 2017 werken verschillende waterschappen met het Waterschapshuis en het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) toe naar een efficiëntere en geautomatiseerde methode om waterstandsberekeningen te doen. De huidige standaardsoftware om dit soort berekeningen te doen (SOBEK) faciliteert deze methode niet en vervalt bovendien binnenkort. Om mee te gaan met deze ontwikkelingen is samen met onder andere Deltares en RHDHV een zogenoemde TKI5-pilot gedaan, waarvoor subsidie is ontvangen via de RVO-regeling voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI). In deze pilot werd samengewerkt aan de ontwikkeling van het nieuwe hydraulische model D-HYDRO (D-HYDRO is de opvolger van SOBEK).

Onderdeel van de omschakeling naar D-HYDRO Suite 1D2D, is het omzetten van de SOBEK-tool Profile Optimizer. Deze tool gebruikt hydraulische modelsimulaties om te vinden hoeveel het waterschap het slib mag laten aangroeien in watergangen zonder dat dit tot wateroverlast leidt. Met name in droogtegevoelige gebieden kan deze informatie belangrijk zijn om de droogteschade te verminderen, omdat een watergang met meer slib (dus hogere bodem en zomerwaterstand) minder draineert. Ook kan deze informatie de planning van baggeren kostenefficiënter en doelgerichter maken. De tool kan mogelijk ook worden gebruikt om leggerprofielen af te leiden.

De profile optimizer maakt gebruik van iteratieproces. Dit proces is zeer geschikt voor cloud computing.

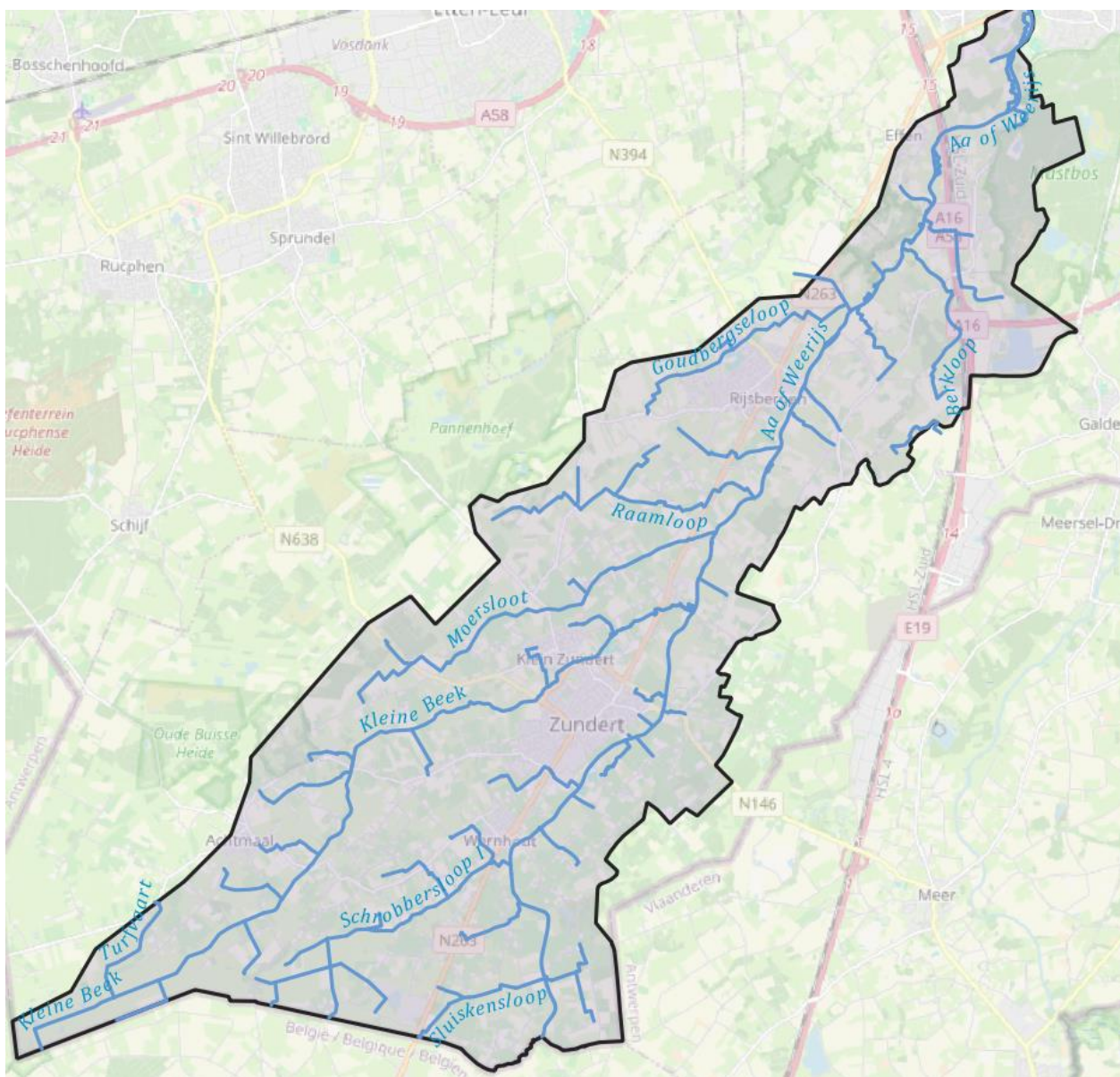
1.2 Doel Studie

De D-HYDRO Suite 1D2D pilot bij Brabantse Delta heeft de volgende doelen:

1. Doorontwikkelen van de ontwikkelde optimalisatie binnen TKI-4;
2. Proof of concept van een geautomatiseerde iteratiesom;
3. Basis-scripts ten bate van de profiel optimalisatie;
4. Beoordeling script op een pilot gebied in Brabantse Delta.

2 Beschrijving modelgebied

Het stroomgebied Aa of Weerij is gelegen in de Nederlandse provincie Noord-Brabant. De beek Aa of Weerij ontspringt in België. De Aa of Weerij ontstaat uit de Grote Aa en de Kleine Aa. Bij Breda komt de rivier in de singels van de stad terecht en komt samen met de Bovenmark in de Mark terecht. Het watersysteem stroomt onder vrij verval, gereguleerd door enkele vispasseerbare stuwen.



Figuur 2-1: Pilotgebied.

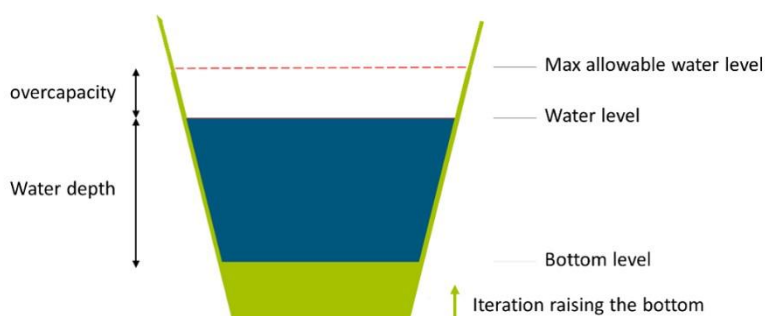
Het gebied kenmerkt zich door zandgronden. Langs de Aa of Weerij bevinden zich graslanden en akkerbouw. Enkele kernen in het gebied zijn Zundert, Wernhout, Effen, Rijsbergen en Breda. De belangrijkste zijbeken van de Aa of Weerij zijn de Schrobbenloop, Moersloot, Kleine Beek, Mortelbeek, Raamloop en Bijloop.

3 Profile Optimizer

3.1 Doel

Het doel van de profile optimizer is om de bodemhoogte te optimaliseren. In TKI-4 is een eerste stap gemaakt met de optimalisatie van profielen t.a.v. bodembreedtes. Dit concept is in dit project verder uitgewerkt. In dit project zorgt de Profile Optimizer ervoor dat in een gekozen traject de bodem wordt opgehoogd, totdat deze aan de volgende twee voorwaarden voldoet:

- Waterpeil is tijdens gekozen afvoer bijna gelijk aan de maximale waarde (Figuur 3-1). In dit project wordt met de maatgevende afvoer gewerkt, maar de profile optimizer kan ook met andere afvoeren werken;
- Bodem loopt nergens op in benedenstroomse richting (Figuur 3-3)



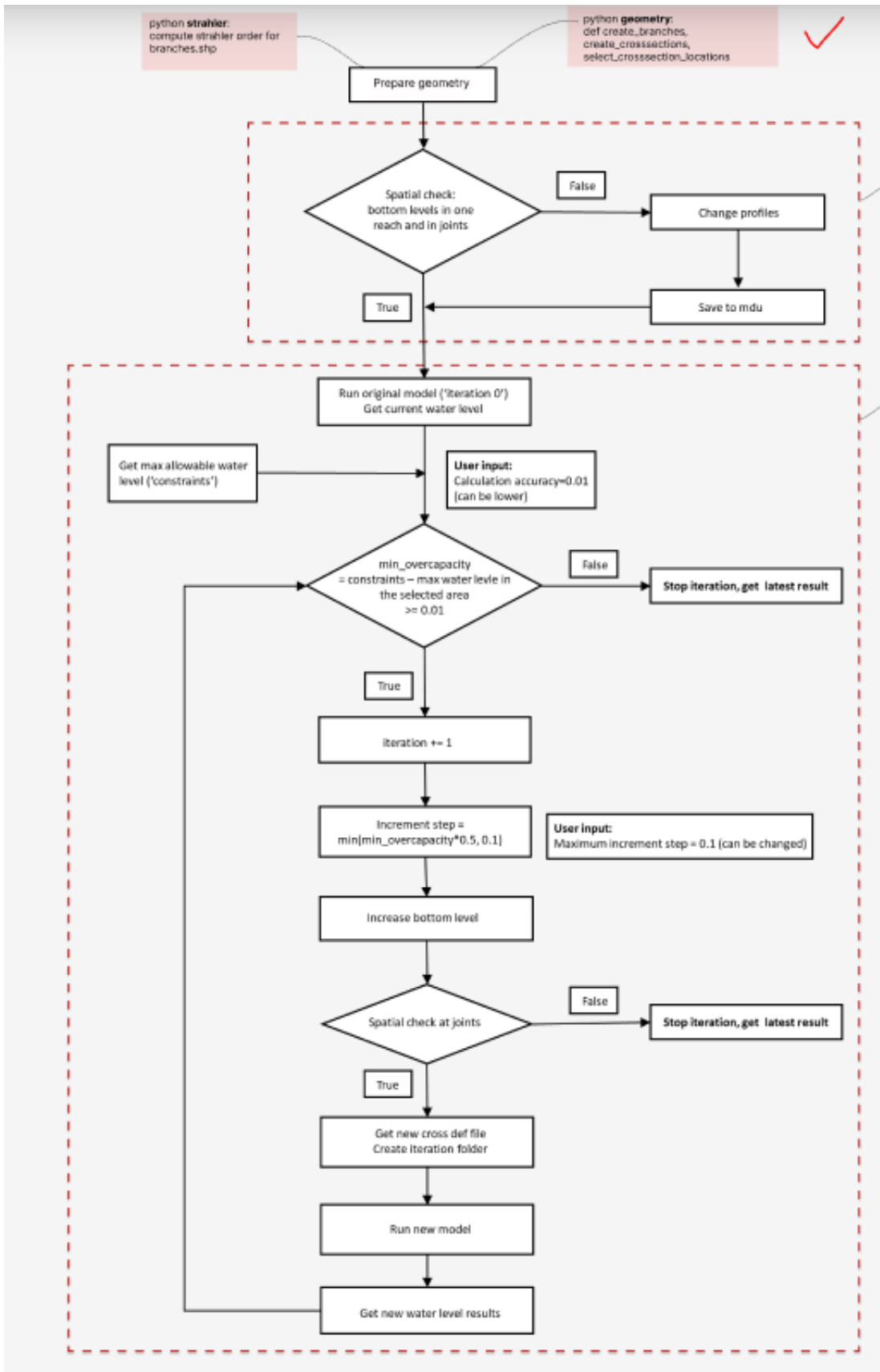
Figuur 3-1: Schematische weergave van het functioneren van de profile optimizer.

3.2 Workflow profile optimizer

De tool is ontwikkeld met Python in de HydroLIB omgeving. De workflow bestaat uit vier stappen:

- 1 Invoer: De gebruiker moet een aantal elementen klaarzetten om de profile optimizer te kunnen gebruiken;
- 2 Voorbereiden van de geometrie;
- 3 Ruimtelijke controle;
- 4 Optimaliseren bodemhoogte.

De workflow is schematisch weergegeven in Figuur 3-2 en de stappen zijn in de volgende paragrafen toegelicht.



Figuur 3-2: stroomschema profile optimizer.

3.2.1 Stap 1: input

Om de profiel optimizer te gebruiken moet de gebruiker een aantal elementen klaar zetten:

- Locatie werkfolder
- D-HYDRO Suite model (locatie van de mdu, netwerk, cross section file en een bat-file om het model te runnen)
- Shapefile locatie van het te optimaliseren gebied (*.gpkg)

3.2.2 Stap 2: Voorbereiden geometrie

In deze stap wordt de geometrie voorbereid. Dit houdt dat er een geodataframe gemaakt wordt van de watergangen en dwarsprofielen uit het model. Van de watergangen in dit geodataframe wordt vervolgens de strahler order bepaald (indien gewenst). Na het bepalen van de strahler order worden de watergangen en de dwarsprofielen geselecteerd die geoptimaliseerd gaan worden op basis van de opgegeven shapefile bij stap 1.

3.2.3 Stap 3: Spatial check

in deze stap (spatial check) wordt uitgevoerd op de joints en in de reaches van het geselecteerde gebied om er zeker van te zijn dat de bodemhoogte niet oploopt van boven- naar benedenstrooms. Het opgeslagen model wordt vervolgens gebruikt in stap 4.



Figuur 3-3: voorbeeld aanpassing van bodemhoogtes door de functie 'spatial check'.

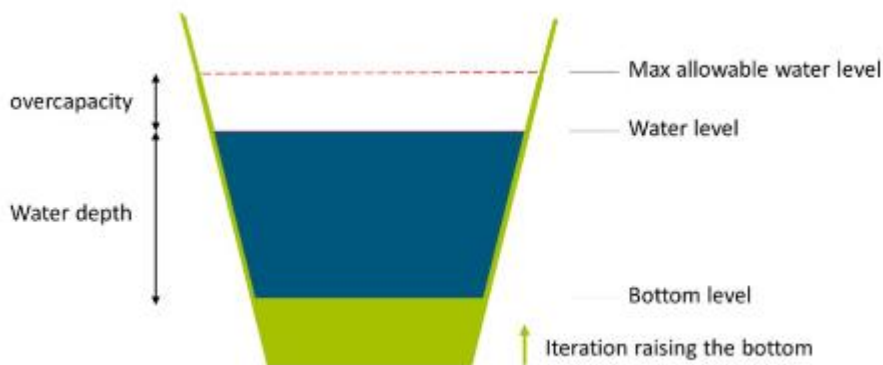
3.2.4 Stap 4: Optimaliseer bodemhoogte

Het doel is om de bodemhoogte te verhogen zodat het waterniveau hoger is tijdens droogte, maar dat het niet voor problemen zorgt bij hevige neerslaggebeurtenissen. Er zijn twee doelwaarden bij het ophogen van de bodemhoogte:

- Overcapaciteit: verschil tussen maximaal toegestaan waterniveau en huidig waterniveau.
- Op kruisingen: de bodemhoogte van het benedenstroomse profiel mag niet hoger worden dan het bovenstroomse profiel.

De verhoging van de stapgrootte wordt bepaald op basis van deze doelwaarden. Voor de volgende iteratie wordt eerst 50% van de overcapaciteit en 5% van het verschil in bodemhoogte op kruisingen bepaald. Vervolgens wordt het kleinste van deze twee getallen geselecteerd. Dit getal wordt de bodemverhoging in de volgende iteratie. Een maximum verhoging van de stapgrootte van 0,1 meter is toegevoegd zodat de bodemhoogte niet met te grote stappen verhoogd wordt. Alle bodemhoogtes van de geselecteerde profielen worden opgehoogd met dezelfde hoeveelheid in elke iteratie. Nadat de bodemhoogtes zijn opgehoogd, wordt het model gerund en de waterniveaus geanalyseerd in het selectiegebied. Als het waterniveau de

doelwaarde niet overschrijdt én de totale ophoging overschrijdt niet de doelwaarde op de verbindingen, dan wordt er een nieuwe stapgrootte gedefinieerd en een nieuwe iteratie uitgevoerd. Het model runt iteratief totdat de doelwaarden overschreden worden. Nadat de iteratie is afgerond, wordt het model met geoptimaliseerde profielen opgeslagen als een nieuw model.



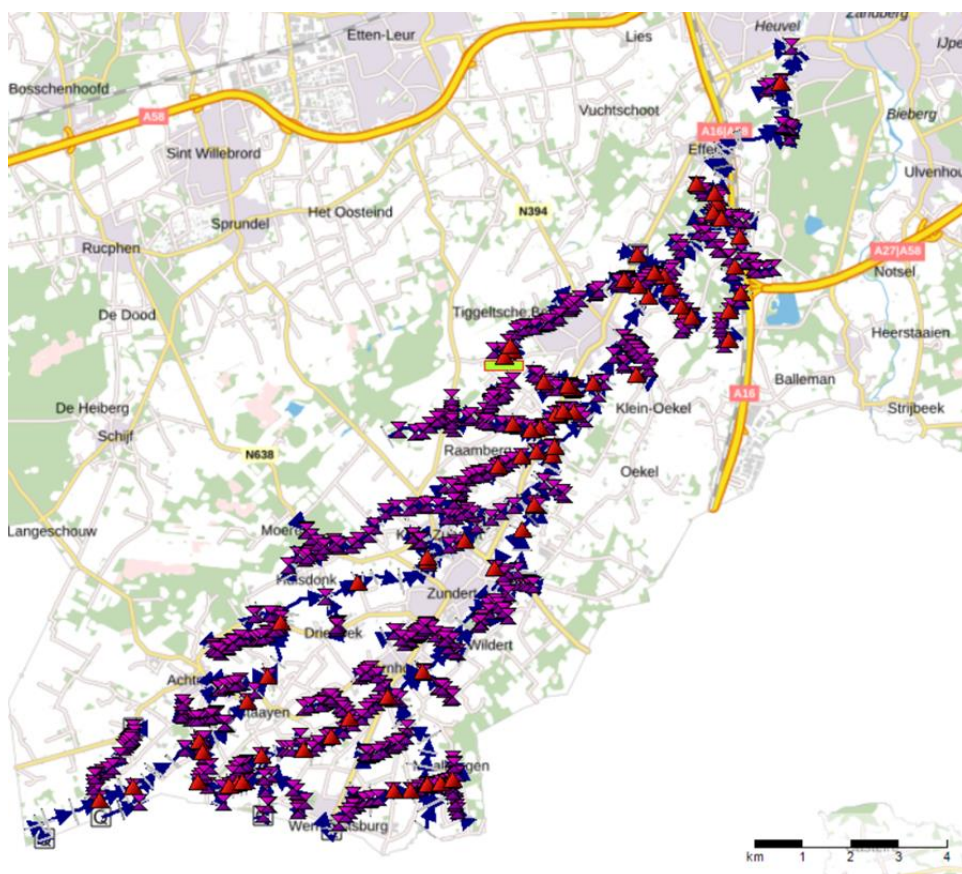
Figuur 3-4: conceptuele weergave parameters.

4 Pilot

4.1 Automatische modelgeneratie vanuit de legger

Het D-HYDRO Suite model is opgezet van de legger van het waterschap. Ten tijde van de modelbouw werd er gewerkt met HyDAMO v12. Dit betekent dat de data die gedownload is van de feature server van het waterschap eerst met behulp van de openbaar beschikbare tool ToHyDAMOgml is omgezet naar *.gml bestanden.

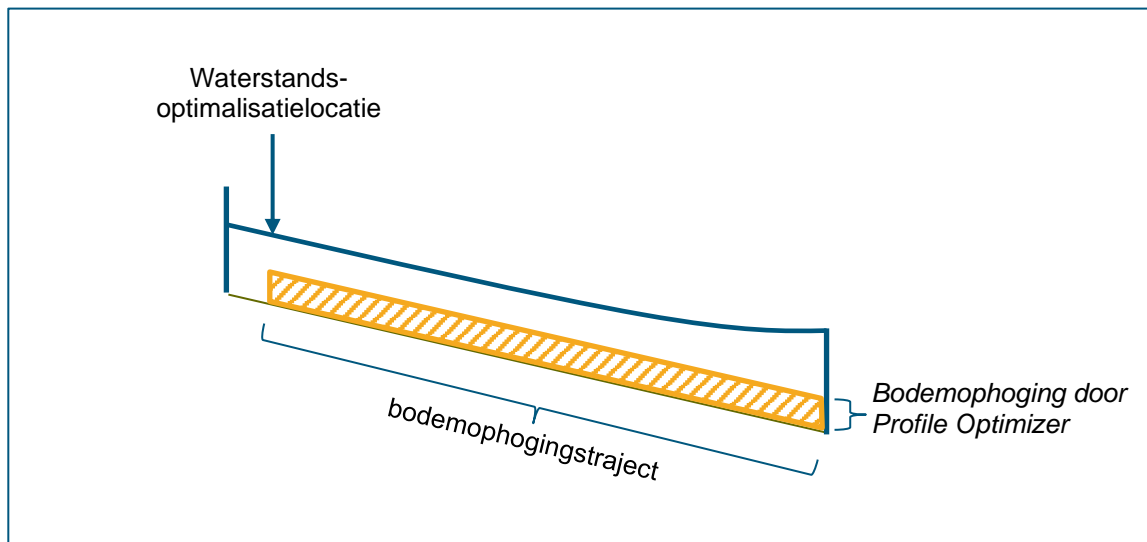
Vervolgens is de data geanalyseerd op hiaten en/of onvolkomenheden. Dit zijn bijvoorbeeld watergangen die niet goed aangesloten zijn, of duikers met onvoldoende gegevens. Voor de waterlopen die geen dwarsprofielen bevatten, zijn profielen gegenereerd op basis van het leggerprofiel. De uiteindelijke set aan *.gml bestanden in HyDAMO formaat is toegepast in de D-HyDAMO modelgenerator en zo is er op automatische en herleidbare wijze een D-HYDRO Suite schematisatie opgezet.



Figuur 4-1: D-HYDRO Suite schematisatie van pilotgebied.

4.2 Selectie proeflocatie binnen modelgebied

De gebruiker kan in de huidige versie van de Profile Optimizer slechts voor één locatie de maximale waterstand kiezen. Deze locatie (hierna “waterstandsoptimalisatielocatie” genoemd) moet het meest bovenstroomse punt zijn van het gebied waarvoor de Profile Optimizer de bodem gaat ophogen (hierna “bodemophogingstraject” genoemd”). Dit is schematisch afgebeeld voor een fictieve locatie in Figuur 4-2.



Figuur 4-2 Langsprofiel van bodempophoging (oranje) in fictief beektraject tussen twee stuwen (zwart).

Er is een D-HYDRO-model voor de Aa of Weerijns opgezet dat geschikt is waterstanden bij maatgevende afvoeren mee uit te rekenen. Hierin is een *bodempophogingstraject* geselecteerd dat voldoet aan de volgende criteria:

- De volledige maatgevende afvoer gaat er doorheen: Op een aantal deeltrajecten (waaronder het meest benedenstroomse deel vlak voor de Graaf van Engelbertlaan, Breda) stroomt de hoofdloop van de Aa of Weerijns alleen mee tijdens afvoeren hoger dan maatgevend, omdat in deze trajecten tijdens lagere afvoeren de volledige afvoer door zijmeanders geleid wordt. Deze zijmeanders worden niet gebaggerd, omdat deze zichzelf op diepte houden door de hogere stroomsnelheid. Daarom heeft het geen zin om de Profile Optimizer toe te passen in trajecten met zulke zijmeanders.
- Bovenstrooms in het bodempophogingstraject ligt een relatief laaggelegen gebied dat een duidelijke droogleggingsnorm heeft. Dit is het geval als:
 - Er agrarisch of bebouwd landgebruik langs de waterloop ligt zonder veel maaiveldhoogtevariatie.
 - Er geen substantiële tussenliggende sloot parallel aan de Aa-of Weerijns ligt met een ander peil dan de Aa of Weerijns.
- Het bodempophogingstraject kan geen stuwen bevatten, want als er een stuw tussen de waterstandsoptimalisatielocatie zit en een deel van het bodempophogingstraject dan heeft dat deel van het bodempophogingstraject geen invloed op de waterstanden bij de waterstandsoptimalisatielocatie.
- De waterbodemhoogte direct bovenstrooms van de waterstandsoptimalisatielocatie heeft geen invloed op de waterstand bij de waterstandsoptimalisatielocatie. Dit is bijvoorbeeld het geval als direct bovenstrooms van de waterstandsoptimalisatielocatie een van de volgende zaken aanwezig is:
 - Een stuw.
 - Zeer grote watergangdieptes en/of watergangbreedtes (bijvoorbeeld een zandvang), waardoor aanslibbing nauwelijks leidt tot waterstandsverhoging.
 - Zeer hoge stroomsnelheden waardoor geen aanslibbing verwacht wordt.
 - Het eind van de watergang.
- Geen *bodempophogingstraject* juist bovenstrooms van een stuw. Ondanks dat er wel veel slibophoping optreedt vlak bovenstrooms van stuwen (door relatief de lage stroomsnelheid daar), heeft de toepassing van de Profile Optimizer daar weinig zin omdat de waterstand daar door het stuwpeil gedomineerd wordt en niet door de bodemhoogte: Ofwel de iteratie begint niet omdat de drooglegging bij

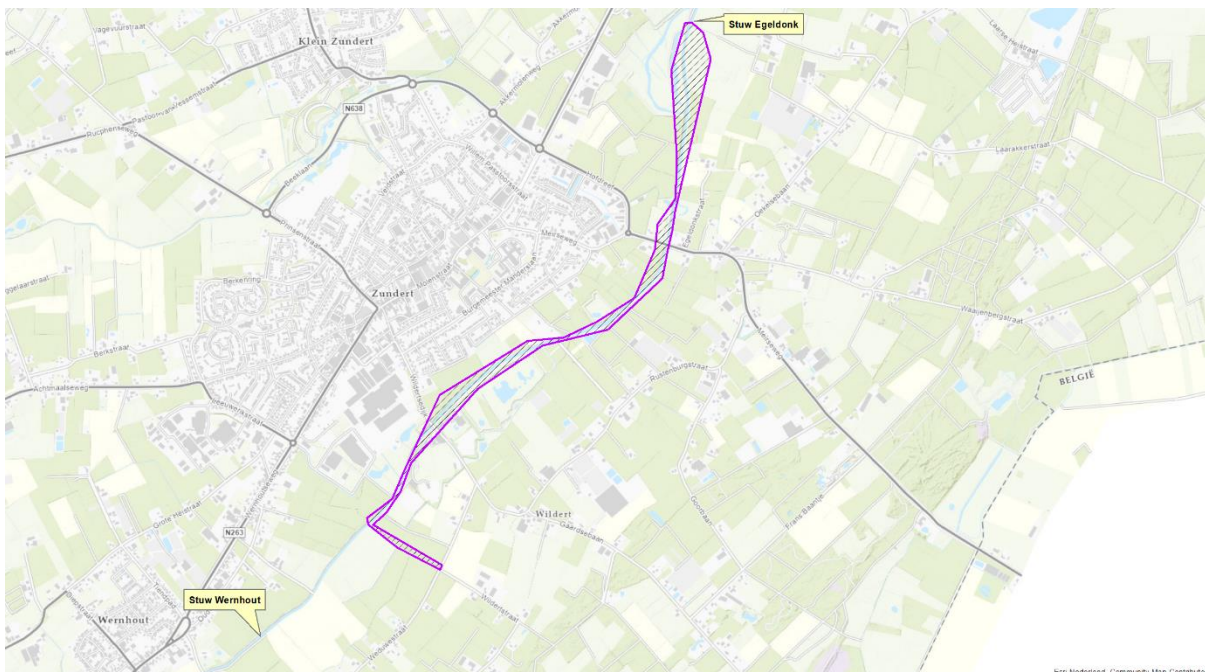
leggerbodemoogte al te klein is, ofwel de iteratieve bodemophoging stopt pas als de bodemoogte onrealistisch hoog is geworden omdat dan pas de bodemoogte de waterstand gaat bepalen i.p.v. de stuw.

- Geen Y-splitsing zoals direct ten zuiden van Stuw Egeldonk (Figuur 4-3). De Profile Optimizer kan voor de twee takken van zo'n Y namelijk niet de "stream order" bepalen en loopt dan vast. In het geval van Figuur 4-3 is dit de splitsing voor de vispassage die de stuw omzeilt. Alle stuwen in de Aa of Weerijis hebben een vispassage waardoor voor de Aa of Weerijis alleen trajecten tussen de stuwen beschouwd kunnen worden.
- Het bodemophogingstraject is het volledige gebied dat invloed uitoefent op de waterstand bij de waterstandsoptimalisatielocatie. Er kan daardoor bijvoorbeeld niet over stuwen heen gewerkt worden, en bovendien zal daardoor het bodemophogingstraject korter zijn bij een groter verval.



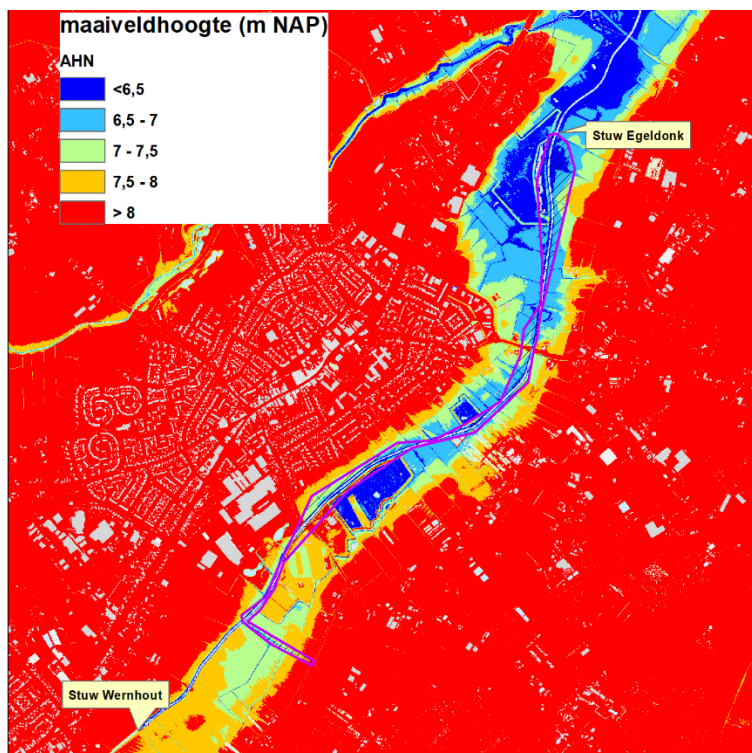
Figuur 4-3 Y-splitsing van de watergang in een tak die door de vispassage gaat (links) en een tak die over de stuw (Stuw Egeldonk) gaat.

Op basis van deze criteria is het gearceerde gebied in Figuur 4-4 en Figuur 4-5 geselecteerd voor toepassing van de Profile Optimizer.



Figuur 4-4 Het bodemophogingstraject is deze pilot.

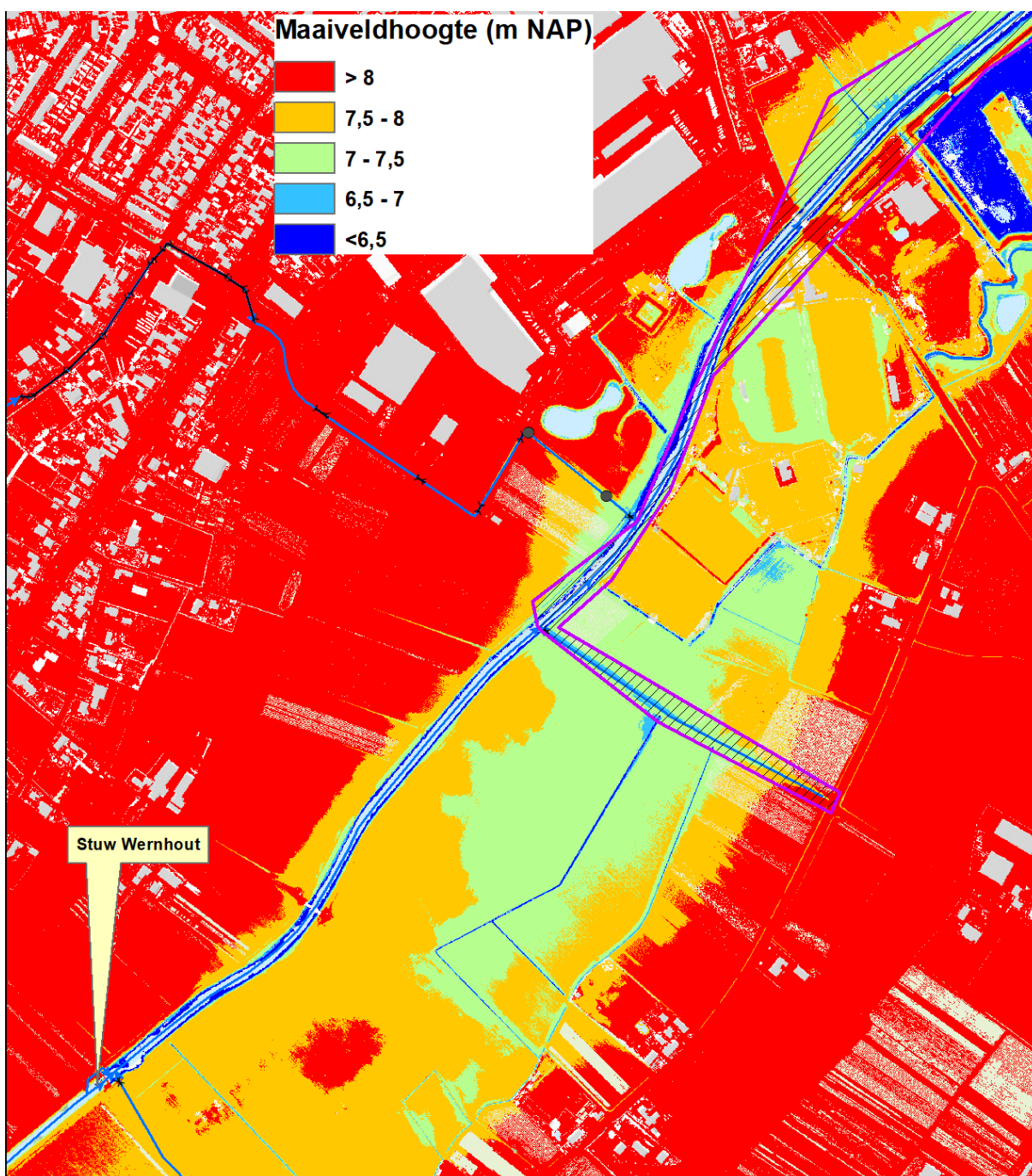
De gebieden langs het bodemophogingstraject met een maaiveld lager dan 6,5 m NAP (donkerblauw in Figuur 4-5) zijn waterbergingsgebieden. Het lichtgroene gebied (7 – 7,5 m NAP) bovenstrooms in het bodemophogingstraject (Figuur 4-5) is landbouwgebied dat een relatief laag maaiveld heeft t.o.v. de Aa of Weerijs. Daarom is dit gekozen als waterstandsoptimalisatielocatie. In de volgende paragraaf wordt de maximaal toelaatbare waterstand in deze waterstandsoptimalisatielocatie bepaald.



Figuur 4-5 Maaiveldhoogtes rondom het geselecteerde bodemophogingstraject.

4.3 Maximaal toelaatbare waterstand bij maatgevende afvoer

Er zijn niet veel bodemonderzoeken uitgevoerd in de geselecteerde waterstandsoptimalisatielocatie (Figuur 4-6). Echter alle bodemonderzoeken bevatten alleen zand in de bovenste meters, dus dit zal waarschijnlijk in de geselecteerde locatie ook het geval zijn. Volgens het cultuurtechnisch vademecum is de minimale drooglegging bij maatgevende afvoer bij zo'n bodemprofiel 0,5 meter. Uitgaande van een 5% laagste maaiveld van 7,1 m NAP in het akkerperceel geselecteerd in Figuur 4-7 geeft dit een maximale waterstand van $(7,1 - 0,5 =) 6,6$ m NAP.



Figuur 4-6: Maaiveldhoogtes rondom het geselecteerde bodemophogingstraject (ingezoomd).



Figuur 4-7 Laagstgelegen waar waterstandsverhoging in het bodemophogingstraject tot de grootste natschade kan leiden.

4.4 Modelverbeteringen t.b.v. realistischere waterstanden

Voorafgaand aan de toepassing van de Profile Optimizer moesten de volgende modelverbeteringen worden doorgevoerd, i.v.m. tekortkomingen in het beheerregister:

- Het model (en de legger/beheerregister) heeft voor stuwen in de hoofdtrak van de Aa of Weerijs (KST00561, KST00213, KST00562, KST00560, KST00559, KST00558) alleen informatie over slechts één van de twee schuifstuwen van 2,5 m breed, terwijl in werkelijkheid de bovenstroomse waterstanden worden geregeld met een gestuurde kantelstuw van 5 m breed. Voor dit project wordt deze stuwbreedte van stuw Egeldonk handmatig¹ in het model verbeterd, en ook de kruinhoogte werd handmatig op 4,4 m NAP gezet, zodat deze het zomerstreefpeil van 5,7 m NAP geeft bij maatgevende afvoer.
- De afmetingen van drempels/doorstroomopeningen van de vispassage zitten niet in het beheerregister en dus ook niet in het model. In het model zit alleen een bypass van de stuw met een bodembreedte van 1 meter en een bodemhoogte gelijk aan de Aa of Weerijs. In dit project is de vispassage van stuw Egeldonk uit het model verwijderd, omdat dit tot veel realistischere resultaten leidt.

¹ Een project gaat starten om DAMO 2.3 te introduceren waarmee onder andere stuwen met meerdere doorstroomopeningen compleet kunnen worden vastgelegd.

- De afvoer rondom stuw Egeldonk was in de eerste modelversies slechts $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl de werkelijke maatgevende afvoer daar ongeveer $12,7 \text{ m}^3/\text{s}$ is. Deels kwam dit doordat er geen lateralen aan het model toegevoegd waren en deels kwam dit doordat de flow boundaries waar de Aa of Weerijs Nederland binnenstroomt een te laag debiet hadden. Beide zaken zijn in de GUI handmatig aan het model verbeterd.



Figuur 4-8 luchtfoto van stuw Bakkebrug (KST00561) met van links naar rechts: een 2,5 m brede schuif met kruinhoogte ruim boven bovenstrooms streefpeil, een 5 m brede kantelstuw die bovenstrooms peil regelt o.b.v. een bovenstrooms meetpunt, een 2,5 m brede schuif met kruinhoogte ruim boven bovenstrooms streefpeil, een De Wit vispassage waardoor 10% van het debiet gaat bij een voorjaarsafvoer/gemiddelde afvoer.

4.5 Modelaanpassingen t.b.v. de Profile Optimizer

De volgende model aanpassingen moesten worden gedaan, i.v.m. tekortkomingen in de huidige versie van de Profile Optimizer:

- Hydroobjecten waarop halverwege (dus niet op het eind- of beginpunt) een ander hydro-object aantakt, worden in de automatische modelgeneratie bij de aantakking opgesplitst, resulterend in twee nieuwe Hydroobjecten met een nieuwe naam. De nieuwe naam wordt gevormd door “_0” en “_1” toe te voegen aan de 8 letterige code van het oorspronkelijke hydro-object (“_0” voor het bovenstroomse deel en “_1” voor het benedenstroomse deel van het opgesplitste hydro-object). Dit heeft als voordeel dat dit de twee

nieuwe Hydroobjecten een nieuwe unieke code geeft. Echter het feit dat deze nieuwe codes 10-cijferig zijn i.p.v. 8-cijferig, leidt tot een fout in de Profile Optimizer. Daarom zijn deze codes veranderd in unieke 8-letterige codes (de bovengenoemde '0' en '1' zijn in de eerste positie van de code gezet, i.p.v. de tiende).

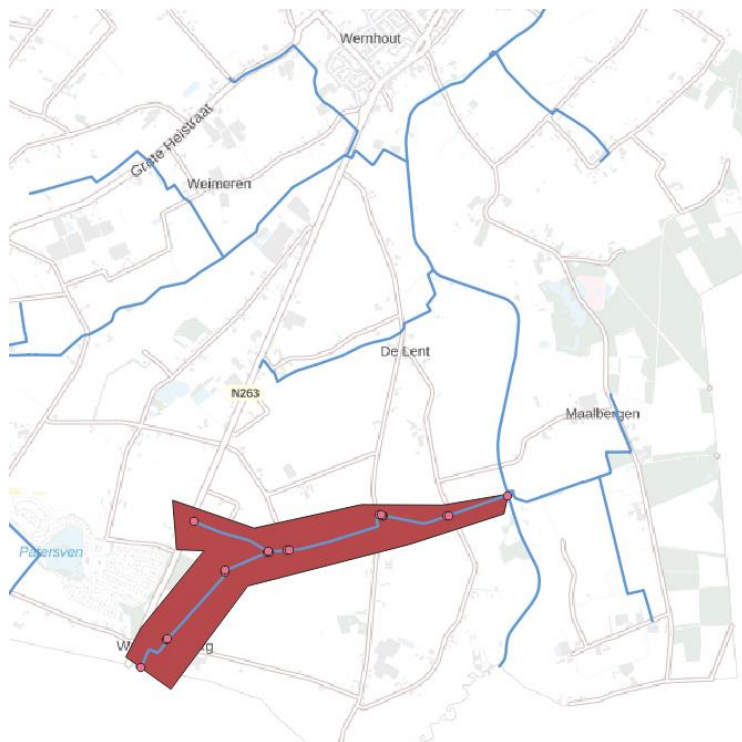
- Bovendien krijgen deze nieuwe Hydroobjecten in de automatische modelgeneratie t.g.v. de opsplitsing maar één dwarsprofiel i.p.v. twee. Dit leidt ook tot foutmeldingen in de Profile Optimizer. Vandaar dat aan ieder van zulke Hydroobjecten een extra dwarsprofiel is toegevoegd. De letters in posities 10 t/m 13 in de naam van deze nieuwe dwarsprofielen moeten "down" zijn als het meest benedenstroomse dwarsprofiel in een hydro-object betreft. Anders moet de naam van het dwarsprofiel geen letters in de 10^e t/m de 13^e positie hebben.

De bovengenoemde tekortkomingen zijn verbeterd rondom het bodemophogingstraject (Figuur 4-4).

5 Resultaten, conclusies en aanbevelingen

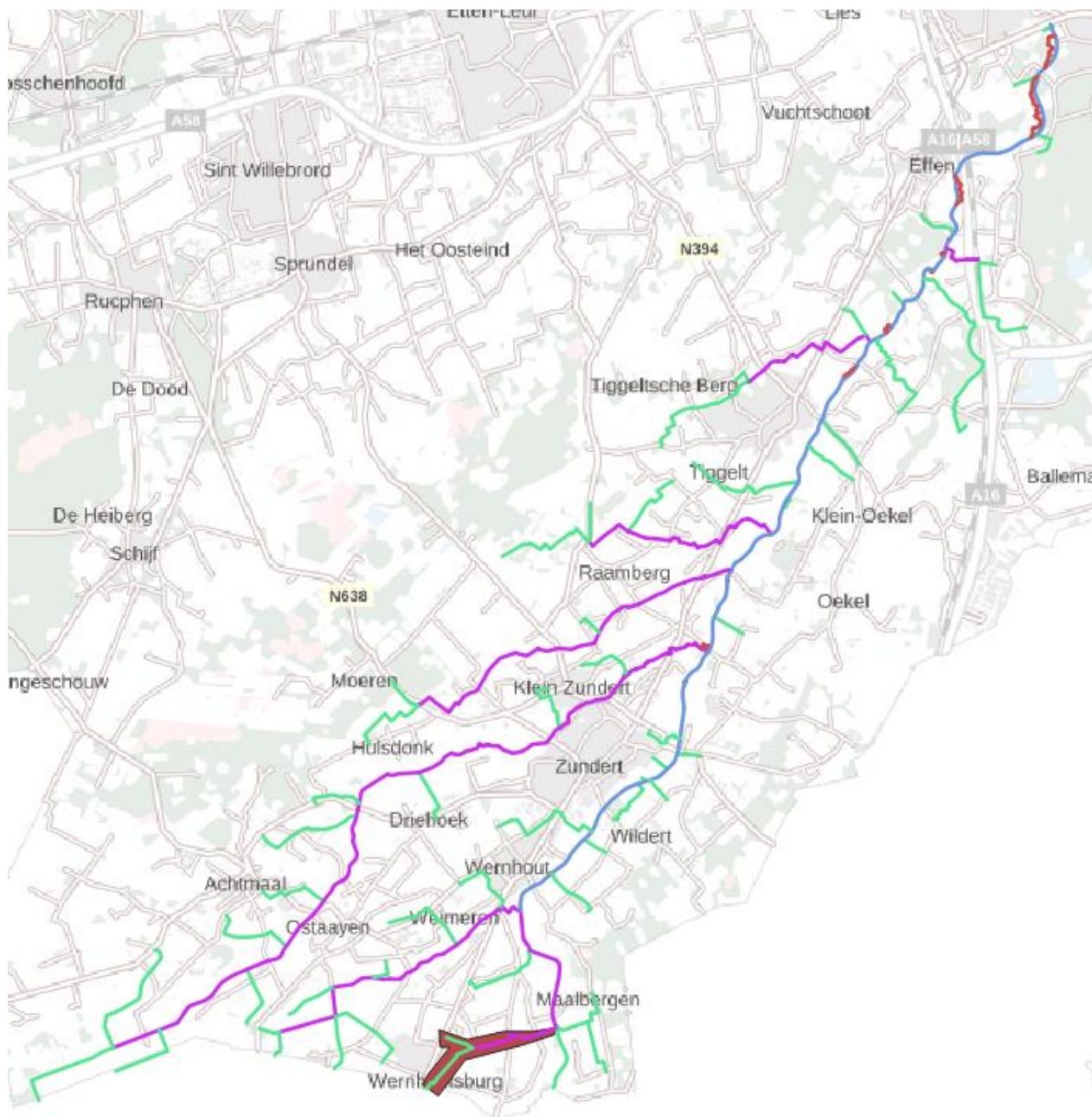
5.1 Resultaten

De resultaten in dit hoofdstuk behoren niet bij het pilot-model. Voor het pilot-model is het niet gelukt om de profile optimizer te draaien. Hiertoe is vervolgens een ander gebied geselecteerd bovenstrooms in het modelgebied, zie onderstaande figuur.



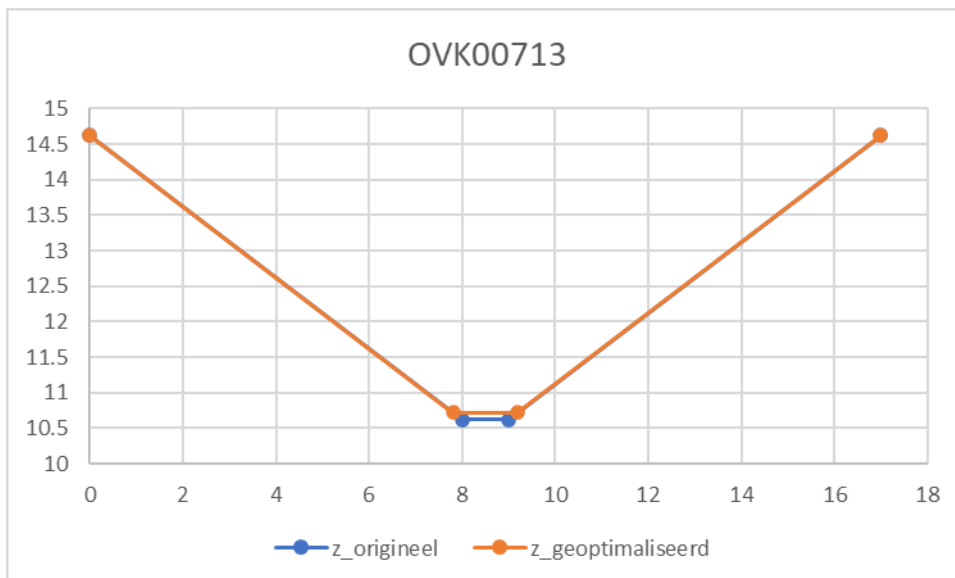
Figuur 5-1: selectie modelgebied waar profile optimizer toegepast is.

Het maximaal toegestane waterniveau bedraagt hier 12 mNAP. Als eerste resultaat wordt de Strahler order verkregen, zie volgend figuur.



Figuur 5-2: Strahler order Aa of Weerij, rood=0, groen=1, paars=2, blauw=3.

Vervolgens is de optimalisatie gedraaid. In het voorbeeld is de doel waterstand in vier iteraties behaald, waarbij de bodemhoogte telkens een paar centimeter is opgehoogd. Onderstaande figuur toont de originele bodemhoogte (blauw) en de geoptimaliseerde bodemhoogte (oranje). Te zien is dat de taluds behouden blijven en het profiel niet als geheel wordt opgehoogd.



Figuur 5-3: Origineel bodemprofiel en geoptimaliseerd bodemprofiel.

5.2 Conclusies en aanbevelingen

Nieuwe iteratie

De belangrijkste aanpassing om de Profile Optimizer goed te laten functioneren zou zijn om de “bug” in de nieuwe iteratie functie op te lossen (kopie van oude model). Wanneer D-Hydro de beoogde resultaten wegschrijft van verschillende tijdstappen kan de optimalisatie plaatsvinden op de maatgevende afvoer.

Watersysteem

Deze versie is ontwikkeld voor natuurlijke ontwateringssystemen met een duidelijke boven- en benedenstroomse definitie. Deze versie is daarmee niet geschikt voor poldersystemen waar de stromingsrichting meerdere kanten op kan. Dit geldt met name voor de spatial check. De functie ‘optimizer_bottom_level zou stand-alone toegepast kunnen worden, maar is hier niet op getest.

Spatial check

Het model is toepasbaar in gebieden met één stromingsrichting. Dit omdat de ‘route’ functie het meest benedenstroomse profiel moet kunnen vinden. Eventueel kan op voorhand het model in de GUI geopend worden om de stromingsrichtingen te controleren en waar nodig aan te passen.

De ‘fill depression’ functie verhoogd de bodemhoogte van profielen tot het bodemniveau van de dichtstbijzijnde benedenstroomse profiel. Dit kan leiden tot een trapsgewijze opbouw van de bodemhoogte. Het is aan te bevelen om een interpolatie uit te voeren tussen de beneden- en bovenstroomse profielen om een meer geleidelijk verloop van de bodemhoogte te verkrijgen. Dit kan ook door de interpolatie functie in D-HYDRO aan te zetten.

Kunstwerken

De kunstwerken worden niet aangepast in deze versie. De in- en uitstroomhoogte van de duikers worden niet aangepast bij het aanpassen van de bodemhoogte van de profielen. Dit kan invloed hebben op het resultaat. Het is aan te bevelen om dit in een toekomstige versie ook aan te passen.

Ruimtelijk variërende optimalisatiewaarde

Een laatste belangrijke aanbeveling is om een ruimtelijk variërende optimalisatiewaterstand op te kunnen geven. Nu wordt er per gebied 1 waarde gekozen terwijl deze, zeker in natuurlijk afwaterende gebieden, een verloop kent.

6 Technische beschrijving profile optimizer

De profile optimizer is ontwikkeld en getest op de hydrolib-core backend versie 0.3.1. De profile optimizer komt beschikbaar op HydroLIB.

6.1 Opbouw Python scripts

De profile optimizer is uit verschillende scripts opgebouwd. Deze worden hier per script toegelicht.

6.1.1 Geometry.py

Dit script bevat een drietal op zichzelf staande functies. De functies zorgen er gezamenlijk voor dat een opgegeven D-HYDRO netwerk (*.nc) wordt omgezet naar de benodigde shapefiles voor de profile optimizer. De 3 functies maken achtereenvolgens voor de watergangen (branches), voor de dwarsprofielen (cross sections) en voor de selectie van het geselecteerd gebied o.b.v. een opgegeven shapefile een geodataframe aan met daarin de crosssection locations van de te optimaliseren profielen.

6.1.2 Spatial_check.py

In dit script wordt met de functie preprocessing een dataset gecreëerd met daarin de branches met ID, startnode en endnode en de edge node van elke cross section. Vervolgens kan de functie route gebruikt worden. Hierin wordt een route gemaakt met behulp van nummers en worden de dwarsprofielen hieraan toegekend. Als laatste wordt de spatial check uitgevoerd. In deze functie wordt op elke 'joint' en in elke reach beoordeeld of de bodemhoogte niet toeneemt van boven- naar benedenstroomse richting. Indien dit wel het geval is, wordt de bodemhoogte aangepast zodat deze gelijk is. Als de bodemhoogte een dip vertoont, wordt deze opgevuld met behulp van de fill_depression functie.

6.1.3 Optimizer_bottom_level.py

Dit script bestaat uit 8 functies:

- **Optimize reach:** selecteert dwarsprofiel in het optimalisatiegebied dat je wilt optimaliseren gebaseerd op reach id of strahler order. Je moet hier of een lijst van reach id's opgeven of een lijst van strahler orders. De functie geeft een lijst van crosssection id's terug geoptimaliseerd gaan worden.
- **Constraint_at_joints:** deze functie checkt of de geselecteerde dwarsprofielen uit de voorgaande functie joints bevatten. Als dit zo is, wordt het verschil in bodemhoogte tussen boven- en benedenstrooms berekend en als een constraint toegevoegd. De input van deze functie is een lijst met cross section id's die geoptimaliseerd gaan worden (output vorige functie). De output is een doelwaarde op de joints.
- **Increase bottom:** In deze functie wordt de bodemhoogte opgehoogd met een stapgrootte. De input van deze functie is een lijst met crosssection id's (output eerste functie), een stapgrootte en een outputfolder (indien je wilt exporteren).
- **Create_iteration:** in deze functie wordt het model gereed gemaakt voor de iteratie. Dit houdt in dat de crosssection files en de mdu-file worden aangepast en klaargezet.
- **Run_model:** in deze functie wordt het model gedraaid.
- **Get_water_level:** in deze functie wordt het uitgerekende waterniveau geëxporteerd uit het model en weggeschreven in een dataframe zodat deze gebruikt kan worden in de volgende functie.
- **Get_constraints:** in deze stap worden de doelwaarden uitgelezen uit de input shapefile.

- `Increment_step`: in deze functie wordt de stapgrootte bepaald. De stapgrootte wordt berekend door de overcapaciteit (verschil tussen toegestaan waterniveau en huidig waterniveau) te analyseren. Als de overcapacity kleiner dan 0 is, stopt de iteratie, omdat de maximale hoogte bereikt is. Anders wordt de stapgrootte als volgt bepaald: $\min(\min_overcapaciteit * 0,5, \text{constraint_at_joint} * 0,5, 0.1)$. 1 is de opgegeven maximale incremente step.
- `Run_latest`: het laatst gegeneerde model wordt gedraaid.
- `Export_model`: het geoptimaliseerde model wordt geëxporteerd.