

Achtergrond rapportage

Hydrologische modellering

Beekherstel de Rosep

Februari 2012



Inhoud

1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding tot het project	1
1.2 Doel van het project	1
1.3 Leeswijzer	2
2 MODELLERING HUIDIGE SITUATIE	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Modelbouw	2
2.2.1 Modelgebied	2
2.2.2 Meetpunten	2
2.2.3 Kunstwerken	4
2.2.4 Dwarsprofielen en 2d Grid	5
2.2.5 Omgevingsfactoren – Ruilverkaveling de Hilver	6
2.2.6 Ruwheid	6
2.3 Afvoer scenario's	8
2.4 Verificatie	9
2.5 Modelresultaten huidige situatie	10
2.5.1 Lengteprofiel huidige situatie	11
3 ONTWERP DWARSPROFIELEN EN BEEKHERSTEL	13
3.1 inleiding	13
3.2 hydraulisch ontwerp beekherstel	13
3.2.1 randvoorwaarde	13
3.2.2 kenmerken	13
3.2.2 Voorden	14
3.3 Modelling beekherstel	14
3.4 Modelling beekherstel	15
Lengteprofiel huidige situatie	15
Inundaties:	17
Inundatie toets Landbouw T=25	17
T=100	18
Stroomsnelheden	20
3.5 Droogleggingen	21
3.6 Toetsing eindontwerp	23
Bijlage1 Afvoer golven	1
Bijlage 2 Ontwerp dwarsprofielen en beekherstel	2
Bijlage 3 Eigendomssituatie	11
Bijlage 4 Inundatie	12
Bijlage 5 Details van de voorde	13
Bijlage 6 Opbouw van het 2D grid	16

Bijlage 7 Droogleggings analyse	19
Bijlage 8 T=100 inundatie analyse gebouwwlakken	22
Bijlage 9 Kunstwerken	23
Duikers	23
Brug	24
Stuw (te vervallen)	25

Lijst met figuren

Figuur 1 Ligging van het projectgebied en het Beekherstel traject	1
Figuur 2 Modelgebied van de Rosep	3
Figuur 3 Locaties van kunstwerken	4
Figuur 4 Schematische weergave van de getrapte stuwbank	4
Figuur 6 profiellocaties	5
Figuur 5 profiel knip	5
Figuur 7 gerichte veldopname	6
Figuur 8 Begroeiing in de Rosep	7
Figuur 9 Vergelijking ruwheidweerstand B&B 25 met B&B 15 over het beekhersteltraject tussen de Zandstraat en de Kampina	7
Figuur 10 Afwateringseenheden en specifieke afvoeren Rosep	8
Figuur 11 Vergelijking van gemodelleerde met gemeten peilen op 24 maart	10
Figuur 12 Gemeten en gemodelleerde maatgevende afvoer golven ter hoogte van stuw Rosepdreef	10
Figuur 13 Locaties dwarsprofielen met afstanden conform lengteprofiel	11
Figuur 14 lengteprofielen stationaire afvoer (boven), in-stationaire afvoer (beneden)	12
Figuur 15 Locatie van de voorde	14
Figuur 16 Locaties dwarsprofielen met afstanden conform lengteprofiel	15
Figuur 17 lengteprofielen stationaire afvoer (boven), in-stationaire afvoer (beneden)	16
Figuur 18 T=25 Inundatie toets Landbouw	18
Figuur 19 T=25 Inundatie toets Landbouw verschil tov huidige situatie	18
Figuur 20 Inundaties en gebouwwlakken bij een herhalingstijd van T=100	19
Figuur 21 Stroomsnelheden bij zomerafvoer	20
Figuur 22 Stroomsnelheden bij voorjaarsafvoer	21
Figuur 23 Drooglegging traject Oirschotsebaan - Rosepdreef	22
Figuur 24 De Rosep bovenstrooms vanaf de Rosepdreef	23
Figuur 25 Locatie van de voorde	13
Figuur 26 Dwarsdoorsnede van voorde nr 1	13
Figuur 27 Dwarsprofiel voorde nr 2	14
Figuur 28 Model	16
Figuur 29 Gerichte opname	17
Figuur 30 Grid aanpassing	18
Figuur 31 Overschrijding van 0,80 m ³ /s in uren per maand	20

Lijst met tabellen

Tabel 1 afvoer scenario's	9
Tabel 2 kenmerken huidige en ontwerpsituatie Rosep	13
Tabel 3 Vergelijking peilen huidig vs ontwerp	17
Tabel 4 Oppervlakte per droogleggings categorie	22
Tabel 5 Toeting ontwerp beekherstel	23
Tabel 6 YZ dimensies voorde nr 1	13
Tabel 7 Kenmerken voorde nr1	14
Tabel 8 YZ dimensies voorde nr 2	14
Tabel 9 Kenmerken voorde nr2	15
Tabel 11 dagen met het aantal overschrijdingen van 0.8 m ³ /s op uurbasis	21

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding tot het project

Waterschap De Dommel is voornemens in 2012 beekherstel uit te voeren aan de Rosep tussen de zandstraat en de Kampina (ten zuiden van de lijn Moergestel - Oisterwijk. BTL advies heeft van Waterschap De Dommel opdracht gekregen voor Fase 1 van dit beekherstel. Dit omvat onder andere het opstellen van een programma van eisen, het maken van een inrichtingsplan, het maken van het bestek en de begeleiding van de uitvoering van het plan. Het voorliggende 'hydrologisch onderzoek en modelstudie' omvat het maken van een hydraulische ontwerp en een hydraulisch model van het beekherstel van de Rosep. Figuur 1 geeft de ligging van het projectgebied weer. De herstelwerkzaamheden aan de Rosep betreffen het aanpassen van dwarsprofielen, het weer laten slingeren van de beek en het aantakken van meanders (hermeanderen).



— Traject Beekherstel

Figuur 1 Ligging van het projectgebied en het Beekherstel traject

1.2 Doel van het project

De doelstelling van het project is het uitvoeren van beekherstel om aan de KRW normen te voldoen. BTL advies zal zorg dragen voor het vaststellen van de locaties en het principe ontwerp (inclusief maatvoering) van de profielaanpassingen tot een programma van eisen en uiteindelijk een definitief ontwerp. In deze rapportage worden effecten van maatregelen op peilen, afvoeren en snelheden in beeld gebracht. De wijzigingen worden ten opzichte van de huidige situatie in beeld gebracht en er wordt in beeld gebracht in hoeverre wordt voldaan aan de randvoorwaarden die gelden vanuit de ecologie en het stand-still principe voor verdroging en wateroverlast. De randvoorwaarde voor het ontwerp komen uit streefbeelden voor beek- en kreekherstel. Dit betreft bijvoorbeeld het gewenste verhang, de gewenste stroomsnelheden en de inundatiefrequentie. Het stand-still principe voor verdroging houdt in dat er ten opzichte van de huidige situatie geen verdrogende werking op mag treden als

gevolg van ingrepen in het hydrologische systeem. Ten aanzien van wateroverlast geldt dat in agrarische hoofdstructuurgebieden en in stedelijk gebied geen extra wateroverlast op mag treden ten opzichte van de huidige situatie.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de bouw van het hydraulisch model voor de huidige situatie. Met dit model zijn waterstanden, stroomsnelheden en afvoeren in de huidige situatie vastgelegd. De hydraulische effecten van ontwerpen zijn gedurende het project met deze situatie vergeleken. Hoofdstuk 3 beschrijft het hydraulisch ontwerp van het beekherstel.

2 MODELLERING HUIDIGE SITUATIE

2.1 Inleiding

In het hydraulisch onderzoek naar beekherstel van de Rosep wordt gebruik gemaakt van een hydraulisch model. Hierin is de huidige situatie voor het beekherstel geschematiseerd, waarna voor zeven situaties de waterstanden, afvoeren en stroomsnelheden zijn berekend. Het hydraulisch model van de Rosep is gebouwd in de channel en overland-flow module (1D/2D) van Sobek rural versie 2.12.001. Dit hoofdstuk beschrijft de modelbouw van de huidige situatie (paragraaf 2.2), de verificatie van het model (paragraaf 2.3).

2.2 Modelbouw

2.2.1 Modelgebied

Het model van de Rosep (Figuur 2) omvat het gebied vanaf de bovenloop bij het Wilhelmina kanaal tot de uitmonding in de Eschestroom. De uitmonding is ca 4 kilometer benedenstrooms van het beekhersteltraject gelegen. De hoofdloop heeft een lengte van meer dan 12 kilometer. In de bovenloop van de Rosep ligt de bodemhoogte op circa 10 meter + NAP. Bij de uitmonding in de Eschestroom is ligt de bodemhoogte op circa 3.2 meter + NAP. Het totale verval is 6.8 meter. De benedenstrooms randvoorwaarde (waterdiepte is 0 cm) oefent gezien het afstand en verhang dan ook geen invloed uit op het beekhersteltraject. Het model van de huidige situatie bevat een rekenknooppunt iedere 100 meter. In de ontwerp situatie zal door (her)meandering de lengte van de Rosep (over het traject waar (her)meandering plaatsvindt toenemen van 2790 meter naar 3569 meter. Het ontwerp traject bevat 51 rekenknopen, dit betekent knooppunt afstand van $(3569/49=)$ gemiddeld 73 meter.

2.2.2 Meetpunten

Het meetpunt schotbalkstuw Rosepdreef wordt bemeten sinds 1989. Het meetpunt registreert peilen met behulp van een drukopnemer. Aanvankelijk heeft enkel registratie van benedenstroomse peilen plaatsgevonden. Sinds 2005 worden ook bovenstroomse peilen bemeten en kan zodoende verdrinking van de stuw worden geregistreerd. De afvoer op dit moment bepaald op basis van de bekende afvoerrelatievoor deze stuw, de afvoeren worden periodiek gevalideerd. In maart 2011 is een aanvullend meetpunt geregistreerd ter hoogte van de Zandstraat. Het meetpunt is er op gericht om tijdens het ontwerp, realisatie en monitorings traject te voorzien in aanvullende peil waarnemingen De afvoer wordt middels een debietlateraal bovenstrooms van de Oirschotseweg op het model gebracht (in Figuur 2 aangeduid als debietslateraal).



Legend

- Debietmeetpunt Rosep
- ◆ Debiets lateraal
- ⬠ Model rand
- Model waterlopen
- Traject Beekherstel
- Modelgrens

Waterlijn

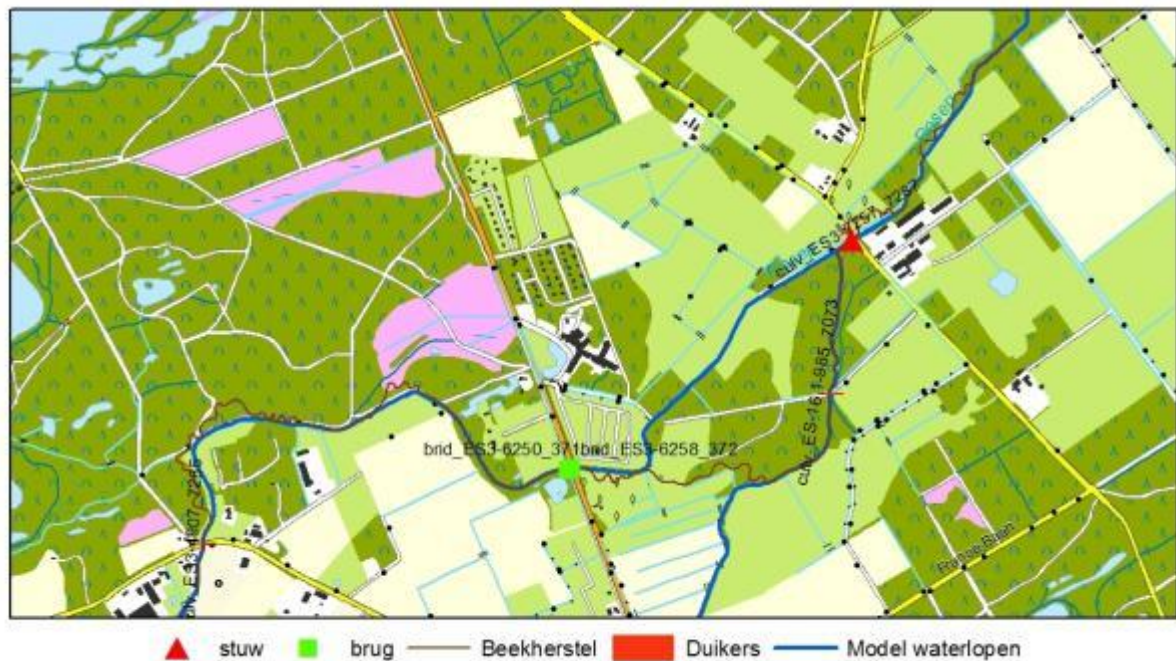
— <all other values>

Breedteklasse

- 0,5 - 3 meter
- 3 - 6 meter
- autosnelweg
- hoofdweg
- regionale weg
- lokale weg
- Watervlak

Figuur 2 Modelgebied van de Rosep

2.2.3 Kunstwerken

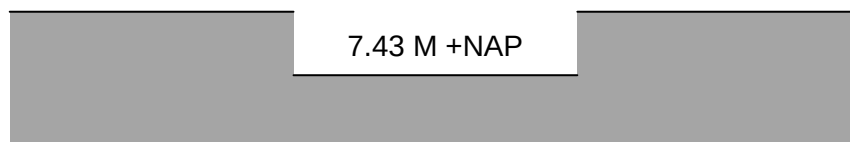


Figuur 3 Locaties van kunstwerken

Figuur 3 geeft de locaties van de kunstwerken die in het beekherstel traject van het model zijn opgenomen. Dit betreft de volgende kunstwerken:

- Duiker / overkluizing ter hoogte van de Zandstraat
- Duiker / overkluizing ter hoogte van de traject Oirschotsebaan - Rosepdreef
- Duiker / overkluizing ter hoogte van de Rosepdreef
- Brug ter hoogte van de Oirschotsebaan
- Stuw ter hoogte van de Rosepdreef

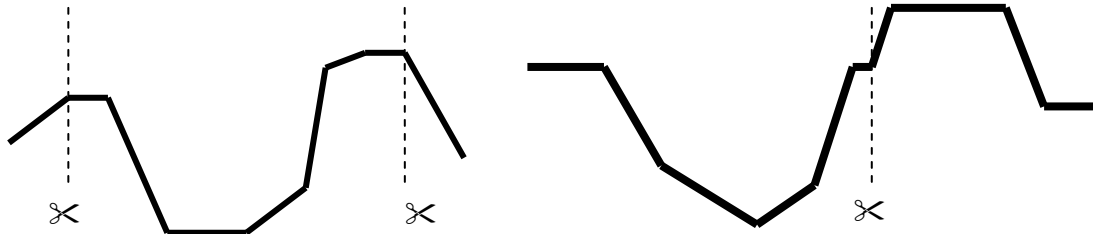
Stuw Rosepdreef is een schotbalkstuw. De stuw is voorzien van een getrapte schotbalk (Figuur 4 Schematische weergave van de getrapte stuwbalk). Het zomerpeil is 7.43 meter + NAP. Indien aanhoudende lage afvoeren worden verwacht wordt een extra stuwbalk aangebracht hiermee komt de doorstroomhoogte op 7.64 meter + NAP. In de winter worden de balken getrokken is de bodemhoogte 7.04 meter + NAP. De stuwbalk heeft een lente van 4.4 meter. De dagmaat van de overstort is 4.2 meter. Het exacte stuwregime van de Rosep is niet beschreven. De bediening is afhankelijk van weersomstandigheden en werkdruk. De dimensies van de overige kunstwerken staan beschreven in Bijlage 9 Kunstwerken.



Figuur 4 Schematische weergave van de getrapte stuwbalk

2.2.4 Dwarsprofielen en 2d Grid

In het modelgebied zijn ongeveer elke 100 m dwarsprofielen in de huidige situatie beschikbaar. Figuur 6 geeft de locaties van de dwarsprofielen. De gegevens van dwarsprofielen zijn bij Waterschap De Dommel opgenomen in het bestand profielmeetpunt.shp. Dit is een puntenbestand waarbij ieder dwarsprofiel door een aantal ingemeten locaties wordt samengesteld. Met het inmeten worden bij een groot aantal dwarsprofielen ook punten buiten linker- en rechterinsteek meegenomen (zie hieronder links). Daarnaast kunnen ook kades in het profiel aanwezig zijn (zie Figuur 5, rechts).



Figuur 5 profiel knip

Vanwege het 1-dimensionale karakter van Sobek, is het wenselijk om bij profielen alleen het gedeelte binnen linker- en rechterinsteek op te laten nemen. De dwarsprofielen moeten daarom op de juiste locatie worden afgeknipt.

Voor het afknippen van de profielen een tool gebruikt waarmee het mogelijk is extra kenmerken aan de shape-file toe te voegen. Door met deze extra kenmerken te filteren kunnen bij het opbouwen van een Sobek-model de profielen op een juiste manier worden afgeknipt.



Figuur 6 profiellocaties

Met name op het benedenstroomse traject waar de Rosep door de Kampina stroomt is het profiel erg klein. Omdat in een 1D schematisatie geen inundaties kunnen optreden kunnen extreem hoge waterstanden optreden. Derhalve is besloten een 2D-grid in de modelschematisatie op te nemen. Het 2D-grid is opgebouwd uit het AHN 25 meter (Datum creatie: 01-01-1999) aangevuld met 928 gerichte punt veld opname in de interesse gebieden. Het 2D-grid is model bevat een 2D-grid voor alle watergangen in het model. Het 2D grid is aan het model toegevoegd voor het gehele modelgebied tot op een afstand van maximaal 500 meter van de watergang. Het 2D Grid heeft een ruwheidscoefficient van Chezy 25. Het 2D-grid is weergegeven in Bijlage 6 Opbouw van het 2D grid.



Figuur 7 gerichte veldopname

2.2.5 Omgevingsfactoren – Ruilverkaveling de Hilver

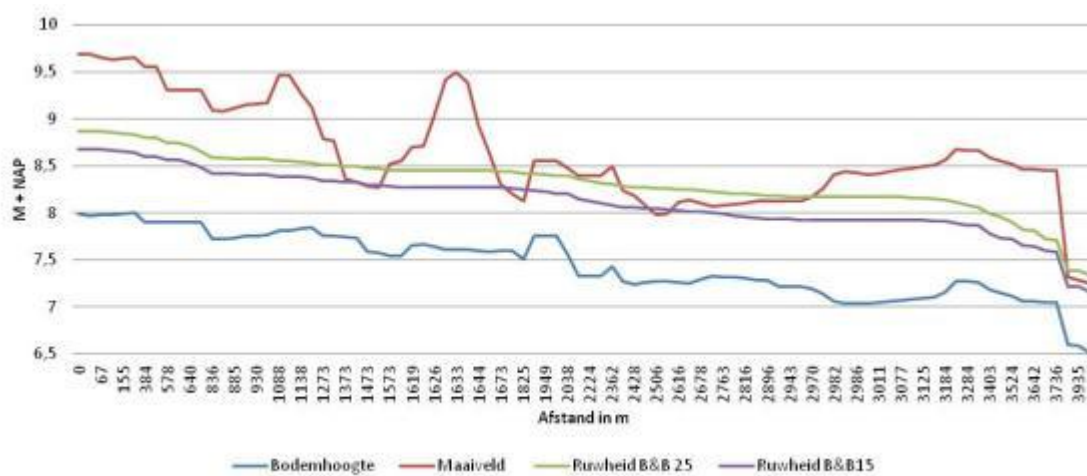
Binnen de landinrichting de Hilver hebben een aantal waterhuishoudkundige ingrepen plaatsgevonden. Door middel van ingrepen is de waterscheiding van het stroomgebied verplaatst. Hierdoor is het oppervlak vergroot. Daarnaast is er een gemaal geplaatst welke zorgt voor een versnelde afvoer vanuit de Hilver. Hierbij kunnen opgave ontstaan zoals een toename van de (piek)afvoer. De opgaven die lokaal kunnen ontstaan dienen te worden opgelost binnen het project landinrichting de Hilver. Binnen het project beekherstel Rosephoeve is rekeninggehouden met een toename van de afvoer vanuit de de Hilver. Om modelmatig te anticiperen op deze toename is de piek van afvoergolf opgehoogd (zie ook: paragraaf 2.3 Afvoer scenario's). Om eventuele toename van de afvoeren te kunnen monitoren is een peilmeetpunt geplaatst ter hoogte van de Zandstraat.

2.2.6 Ruwheid

Voor de hydraulische ruwheid van de waterlopen in de winter is uitgegaan van schone waterlopen. Deze hebben een Bos & Bijkerk (B&B) ruwheidswaarde van 30. Deze ruwheid is van toepassing op afvoeren vanaf maatgevend of meer. Voor de lagere afvoeren is uitgegaan van B&B ruwheidswaarde van 25. De Rosep is over het algemeen een schone watergang met slechts beperkte begroeiing. De sterkste begroeiingstoestanden op dd. 03-07-2011 zijn weergegeven in onderstaande Figuur 8. Dit zijn echter uitzonderingen welke slechts over korte afstand voorkomen. Doordat in de hydraulisch "schone" Rosep toch korte trajecten met dichte begroeiing voorkomen is een (gevoeligheids)analyse voor deze begroeiing gemaakt. Dit is gebeurt door het peilverschil als gevolg van de toename van de weerstand van B&B in beeld te brengen. Hiervoor is de voorjaarsafvoer doorgerekend met een ruwheidweerstand van B&B 15 en vergeleken met de ontwerp variant B&B 25. De vergelijking is weergegeven in Figuur 9. De gemiddelde toename is 20 cm, de maximale toename is 25 cm. Echter is het niet realistisch de weerstand over het gehele traject zal toenemen met name omdat grote delen beschaduwd zijn.



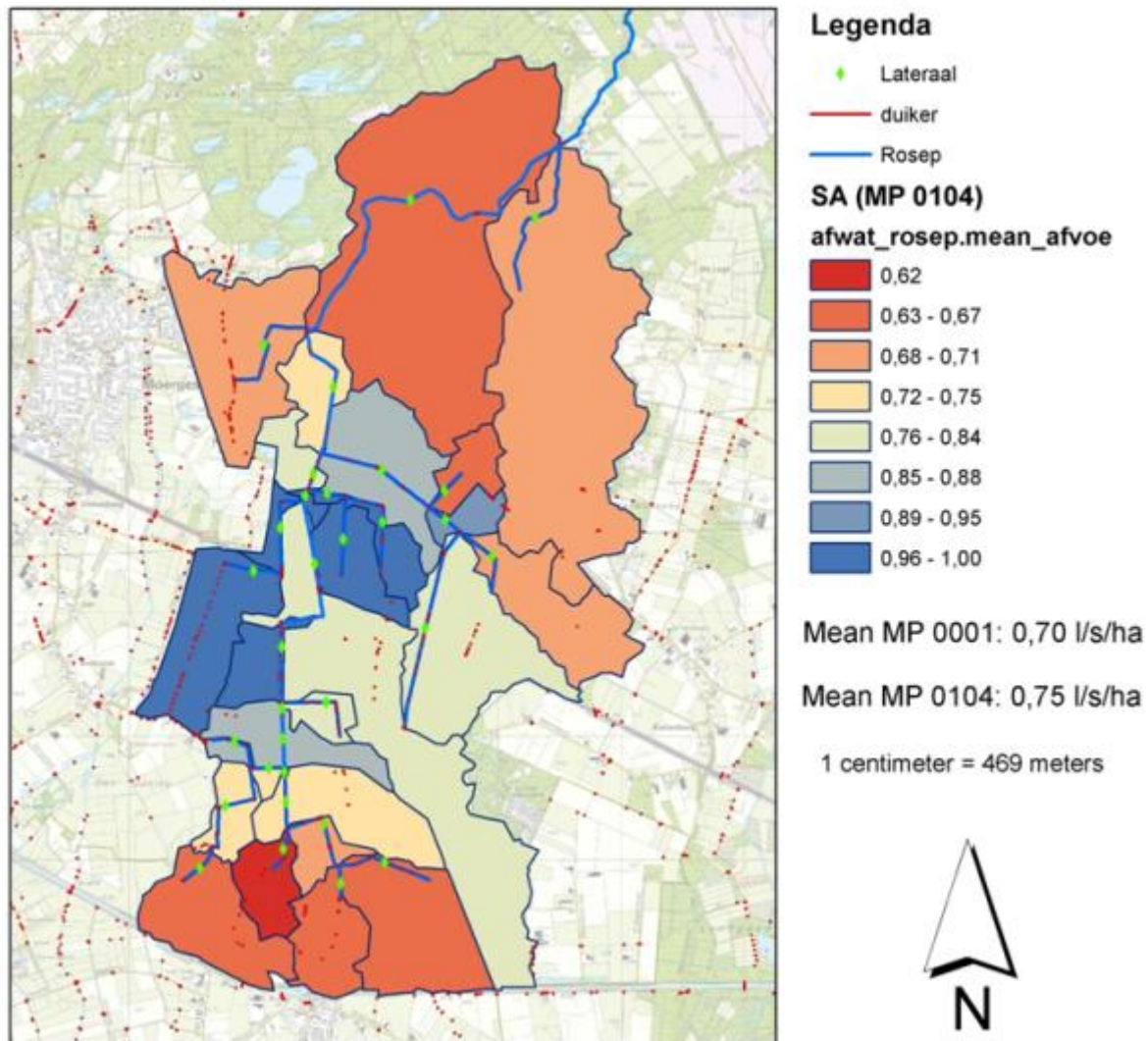
Figuur 8 Begroeiing in de Rosep



Figuur 9 Vergelijking ruwheidweerstand B&B 25 met B&B 15 over het beekhersteltraject tussen de Zandstraat en de Kampina

2.3 Afvoer scenario's

Conform de specifieke afvoerenkaart (Figuur 10) heeft de Rosep ter hoogte van meetpunt Rosepdreef een maatgevende afvoer van 1.73 m³/s.



Figuur 10 Afwateringseenheden en specifieke afvoeren Rosep

De afvoergegevens ten behoeve van de modellering zijn afgeleid uit meetgegevens van meetpunt Rosepdreef (zie Figuur 2). De afvoergegevens zijn gemeten over de periode 22-11-2005 tot 17-03-2010. Als er alleen een bovenstroomse waterstand is gemeten dan is gebruik gemaakt van Qh-relatie voor een open watergang. Als er ook een schotbalkenstuw is geplaatst dan is gebruik gemaakt van een afvoerformule voor een schotbalk. Gedurende de meetperioden is er geen hoogwater situatie opgetreden. Hoogwatergolven zijn overgenomen uit de WSA. De gemeten dataset telt 37823 uurwaarneming, dit komt overeen met 1575 dagen of 4.32 jaar. De hoogst gemeten afvoer binnen de meetreeks is 1.69 m³/s. Gezien de korte meetreeks en omdat dit in lijn is met de specifieke afvoeren is ervoor gekozen om 1.69 m³/s aan te houden als de maatgevende afvoer. Op basis hiervan is de voorjaarsafvoer (20% maatgevend) en de 50%`s afvoer bepaald. De zomerafvoer is uit de meetreeks afgeleid door het gemiddelde te bepalen over de maanden juni, juli & augustus. De gemiddelde zomerafvoer is 0.08 m³/s, dit komt overeen met 5% van de maatgevende afvoer. Voor de afvoeren met een herhalingstijd van 10, 25 en 100 jaar is uitgegaan van de WSA (WB_WSA 2010)

De volledig afvoergolven zijn bovenstrooms van de zandstraat direct op het modelgezet met door middel van de debietslateraal (zie Figuur 2). De pieken van de niet stationaire afvoeren (maatgevend en groter) zijn met 20% verhoogd. Er is 10% extra gerekend in verband met de een mogelijke toename van de afvoeren uit landinrichting de Hilver. Tevens is de afvoer met 10% opgehoogd omdat de afvoer meetpunt Rosepdreef op het model is gezet ter hoogte van de Zandstraat. In Figuur 12 zijn de verschillende afvoergolven weergegeven voor een 9 100 maatgevende situatie. De overige afvoergolven zijn weergegeven in Bijlage 1 Afvoergolven.

De doorgerekende afvoer scenario's zijn weergegeven in Tabel 1.

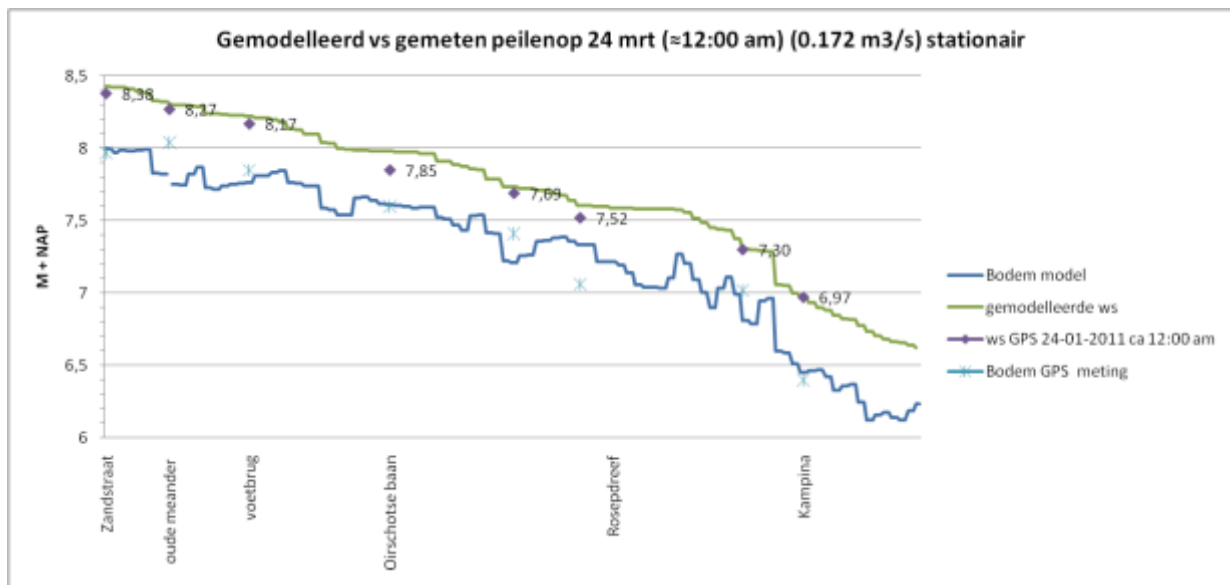
Tabel 1 afvoer scenario's

	Afvoer M ³ /s	% MA	Overschrijdings frequentie ¹	Periode
T = 100 (WSA)	3,02	179	1 / 100 jr	oktober - november 1998
T = 25 (WSA)	2,56	152	1 / 25 jr	December 1993 - januari 1994
T = 10 (WSA)	2,02	120	10 / jr	dec-65
Maatgevend	1,69	100	1 / jr	feb-09
50% afvoer	0,84	50	20 / jr	stationair
Voorjaarsafvoer	0,34	20	100 / jr	stationair
Zomerafvoer	0,08	5	300 / jr	stationair

2.4 Verificatie

Validatie van modelresultaten bleek problematisch. Twijfels zijn gerezen met betrekking tot de meetdata van meetpunt Rosepdreef. Ter hoogte van de Zandstraat is daarom een extra meetpunt geïnstalleerd dat de waterstand met intervallen van 1 uur registreert. Op 8 maart 2011 is een doorgaande waterpassing uitgevoerd ter controle van de NAP referentiebouten op de stuw Rosepdreef. De afwijking van de referentiebouten is zeer beperkt. Op 24 maart zijn ter controle aanvullende bodem en waterstands meting verricht op verschillende punten van het beekherstel traject. De gemeten afvoer van 24 maart zijn vervolgens stationair doorgerekend. De berekende en gemeten peilen zijn vervolgens vergeleken. De vergelijking is weergegeven in Figuur 11. De goede overeenkomst van de peilen hebben doen besluiten het model als voldoende valide te beschouwen.

¹ Conform Cultuurtechnisch Vadamecum, 1988

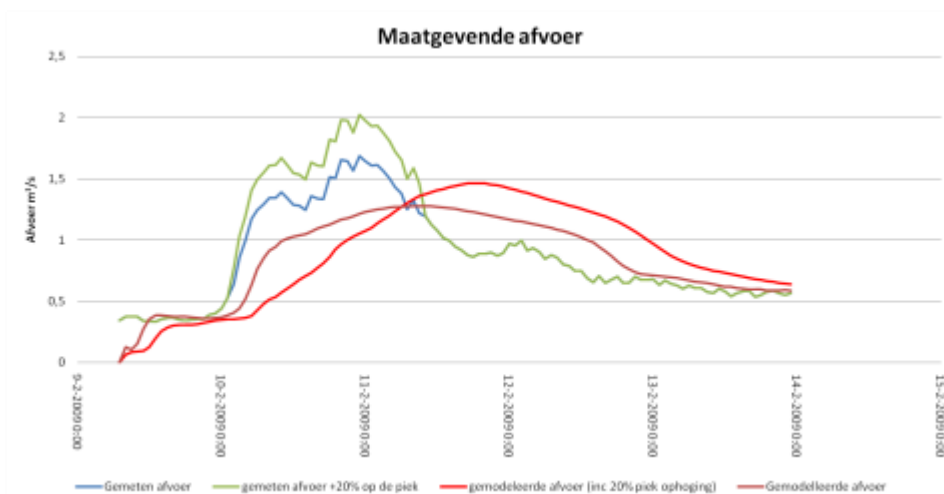


Figuur 11 Vergelijking van gemodelleerde met gemeten peilen op 24 maart

2.5 Modelresultaten huidige situatie

Met het model zijn de stroomsnelheden, afvoeren en waterstanden in de huidige situatie vastgelegd. Deze vastlegging wordt gebruikt om het effect van beekherstel te vergelijken met de huidige situatie. Dit is gedaan voor zeven afvoersituaties (zie ook par. 2.3 Afvoer scenario's):

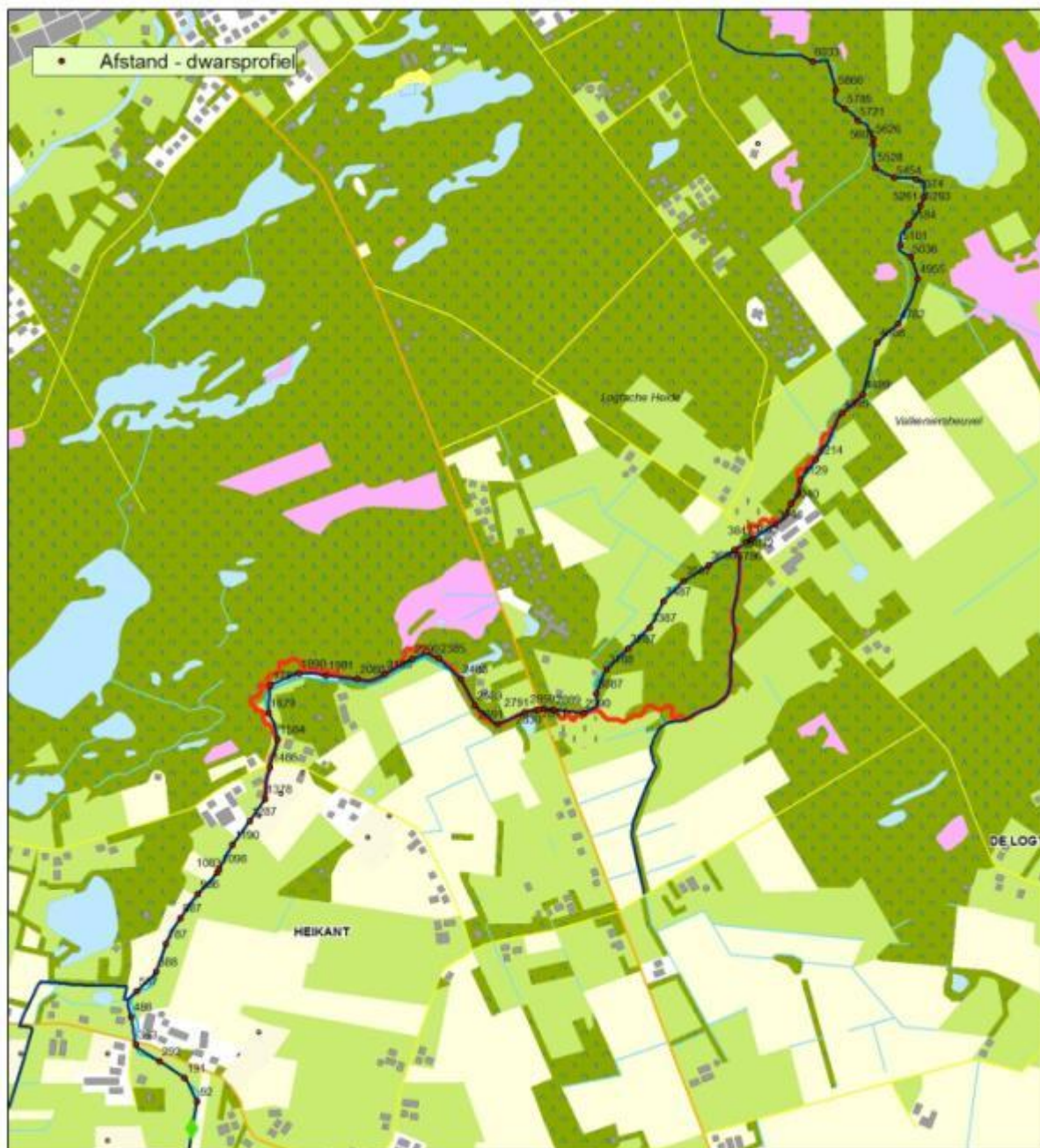
- hoogwatergolf T =100 jaar
- hoogwatergolf T =25 jaar
- hoogwatergolf T =10 jaar
- Maatgevendeafvoer T =1 jaar
- 50%^s afvoer
- voorjaarssituatie (stationair)
- zomersituatie (stationair).



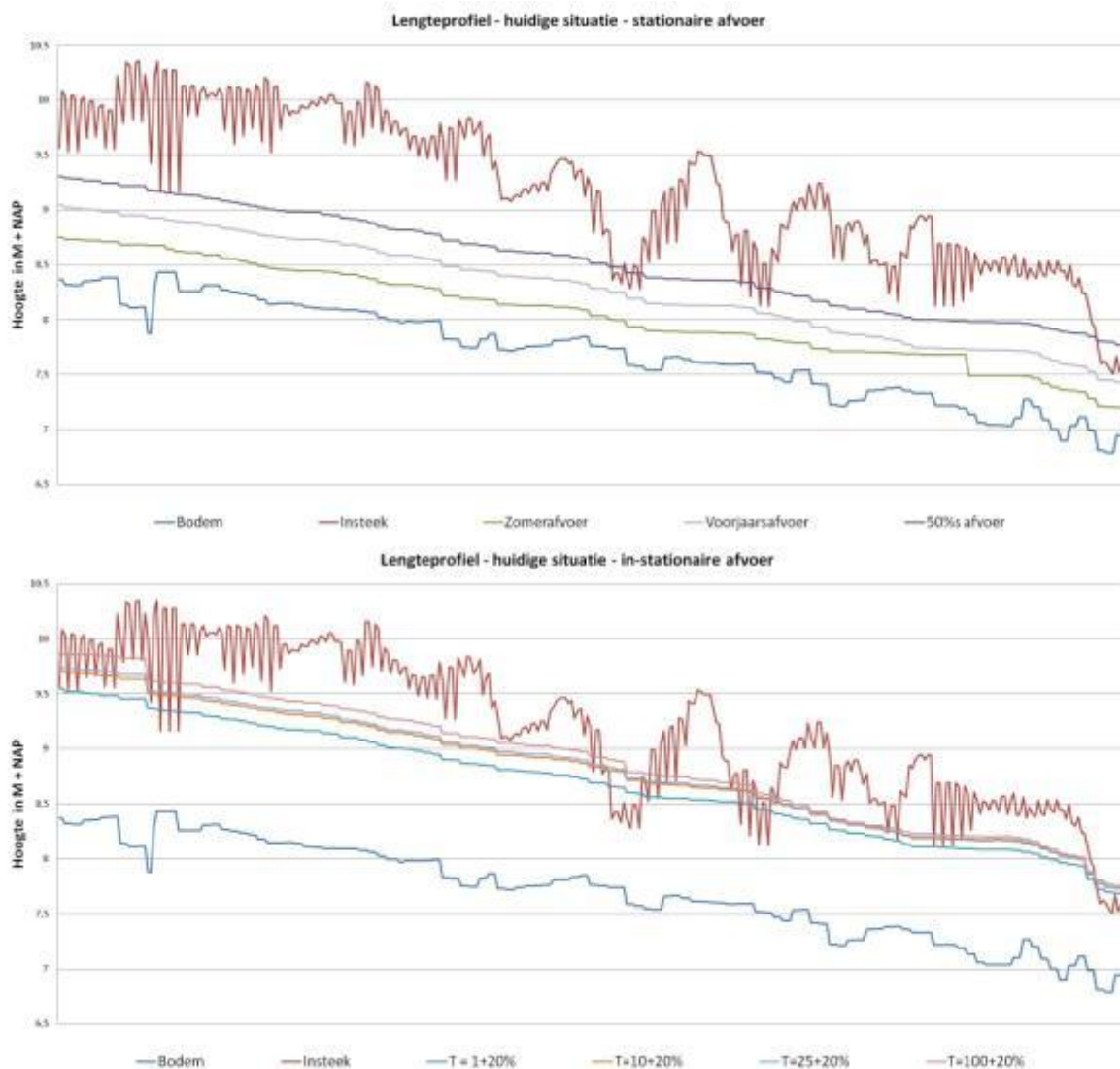
Figuur 12 Gemeten en gemodelleerde maatgevende afvoer golven ter hoogte van stuw Rosepdreef

2.5.1 Lengteprofiel huidige situatie

In Figuur 13 zijn de locaties van de dwarsprofielen weergegeven. De dwarsprofielen zijn gelabeld met de afstand vanaf de debietslateraal. Deze afstand is tevens weergegeven in het lengteprofiel (Figuur 14) . Het lengteprofiel heeft een afstand van ca 6 kilometer.



Figuur 13 Locaties dwarsprofielen met afstanden conform lengteprofiel



Figuur 14 lengteprofielen stationaire afvoer (boven), in-stationaire afvoer (beneden)

De in Figuur 14 weergegeven peilen hoger dan het niveau van de insteek treden op bij afvoeren groter dan de voorjaarsafvoer. Dit zijn niet per definitie inundaties. In de inundatiekaarten worden peilen hoger dan de insteek wel afgebeeld als inundaties. Dit kunnen inundaties zijn die modelmatig wel optreden maar in de werkelijkheid niet voorkomen. Mogelijke redenen die hieraan ten grondslag liggen zijn:

- Kades en of andere kerende constructies (zoals wegen) die niet in het model zijn opgenomen voorkomen dat inundaties optreden.
- Afwijking in het hoogte grid
- De insteek kan relatief laag zijn geknipt (voor een toelichting zie: 2.2.4 Dwarsprofielen en 2d Grid)

De inundaties die optreden vanaf 4400 meter in het lengteprofiel zijn onderdeel van het natuurlijk overstromings regime de kampina.

3 ONTWERP DWARSPROFIELEN EN BEEKHERSTEL

3.1 inleiding

Het concept ontwerp (zie Bijlage 2 Ontwerp dwarsprofielen en beekherstel) is tot stand gekomen tijdens enkele werksessies met de projectleiders en specialisten van zowel adviesbureau en waterschap. Gesprekken en veldbezoeken hebben plaatsgevonden met vertegenwoordigers van de terreinbeherende instanties en landgoed de Rosephoeve. Tijdens de veldbezoeken is nadrukkelijk gekeken naar de morfologie van het landschap. Deze veldbezoeken vormen de basis voor de nieuwe loop. Het ontwerp van de dwarsprofielen is tot stand gekomen op basis van ervaring van de betrokkenen. De uitgangspunten voor het ontwerp zijn opgesomd in paragraaf 3.2.1

3.2 hydraulisch ontwerp beekherstel

3.2.1 randvoorwaarde

- Beekherstel wordt toegepast op het traject tussen de zandstraat en de kampina (Figuur 1).
- Er wordt gestreefd naar het herstel van de oorspronkelijke loop en een optimalisatie van de profielvorm zonder dat er substantiële wijzigingen optreden in de waterstanden.
- De bodemhoogte van het herstellende traject moet aansluiten op de bodemhoogtes van de bovenstroomse en benedenstroomse trajecten.

3.2.2 kenmerken

Tabel 2 kenmerken huidige en ontwerpsituatie Rosep

parameter	huidig	ontwerp	Eenheid
Zomerafvoer	0,08	0,08	m ³
Voorjaarsafvoer	0,34	0,34	m ³
50% _s afvoer	0,84	0,84	m ³
Maatgevendaafvoer	1,69	1,69	m ³
Ruwheid geul afvoer < MA	20	20	B&B
Ruwheid geul afvoer ≥ MA	25	25	B&B
Ruwheid overstromingsvlakte	25	25	Chézy
Trajectlengte	2789	3569	meter
Verhang	0,36	0,28	m/km
Verval	1	1	meter

3.2.2 Voorden



Figuur 15 Locatie van de voorde

Vanuit zowel beheer en onderhoud (waterschap) als landgoed de Rosephoeve is aangegeven behoefte te hebben aan een oversteekplaats voor materieel. Na overleg is gekozen voor de locaties zoals aangegeven in Figuur 15. De voorden zijn gedimensioneerd op een voorjaars situatie (20% MA). Het ontwerp heeft plaats gevonden door middel van iteratieve modellering in het Sobek model van de Rosep. Details met betrekking tot de dimensies zijn opgenomen in Bijlage 5 Details van de voorde, De voorden zijn gedimensioneerd conform de volgende randvoorwaarde:

- Minimale waterhoogte over de voorde is 25 cm
- Maximale waterhoogte over de voorde is 50 cm
- De maximale stroomsnelheid over de voorde is 0.5 m/s
- Talud helling is 1:8

In een voorjaars situatie (20% MA) voldoet het ontwerp van de voorde aan de randvoorwaarde. Bij een zomerafvoer (8% MA) neemt de waterdiepte af tot 18 cm.

3.3 Modelleren beekherstel

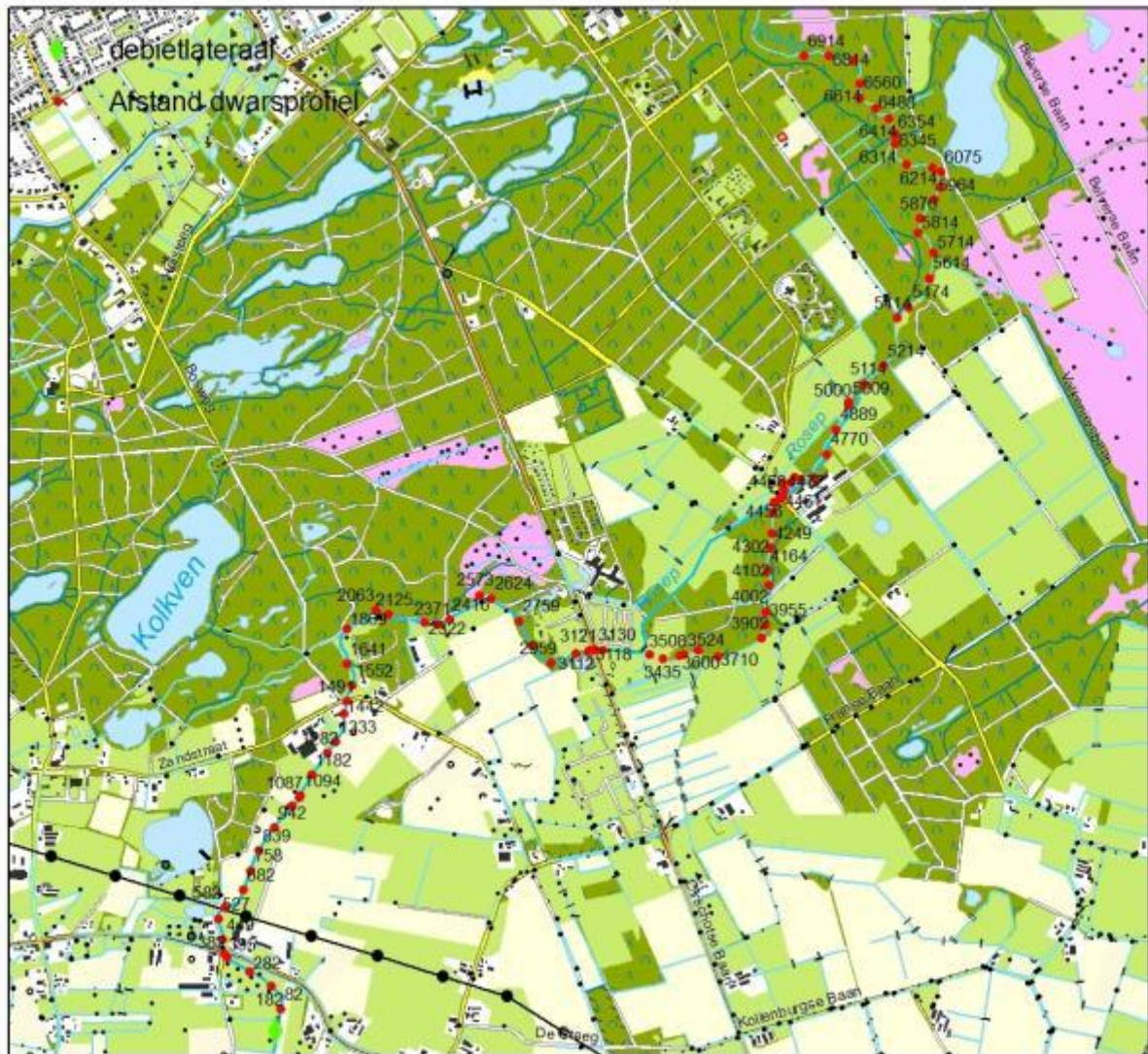
Om het beekherstel op te nemen in het hydraulisch model zijn de volgende modelaanpassingen uitgevoerd:

- Vervangen van de profielen zoals aangegeven in Bijlage 2 Ontwerp dwarsprofielen en beekherstel
- Het volledig strijken van stuw Rosepdreef
- Dempen van de watergang tussen camping de Rosep (Oirschotsebaan) en de Rosepdreef
- Het verbinden van de thans “dode arm” met de Rosep .
- Het aansluiten van oude meanders op het traject Zandstraat – Rosepdreef.
- Vervangen van de duiker op het bostraject Oirschotsebaan – Rosepdreef voor een brug dan wel niet opstuwende overkluizing.

3.4 Modellerings beekherstel

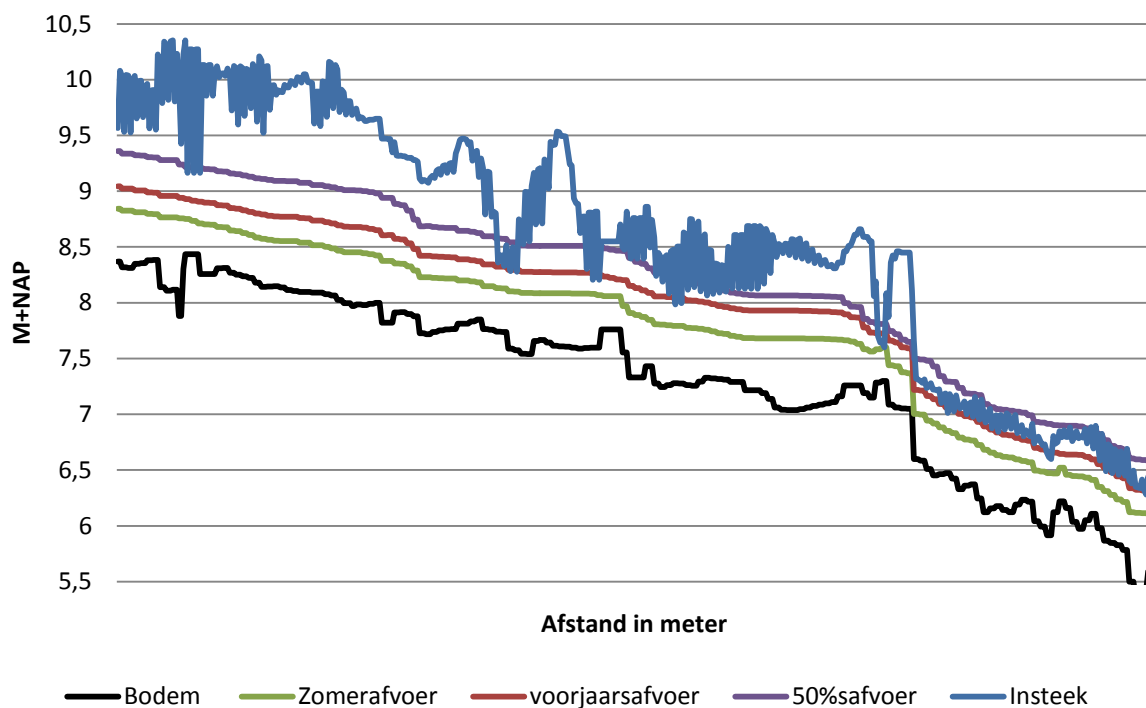
Lengteprofiel huidige situatie

In Figuur 16 zijn de locaties van de dwarsprofielen weergegeven. De dwarsprofielen zijn gelabeld met de afstand vanaf de debietslateraal. Deze afstand is tevens weergegeven in het lengteprofiel (Figuur 17). Het lengteprofiel heeft een afstand van ca 6 kilometer.

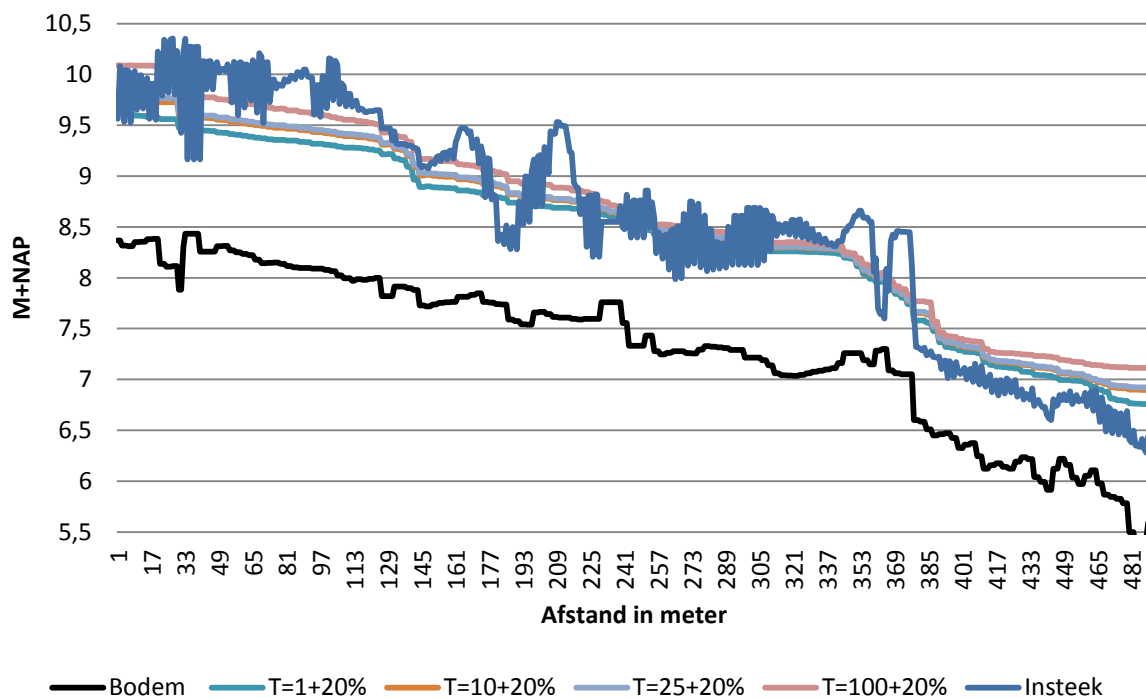


Figuur 16 Locaties dwarsprofielen met afstanden conform lengteprofiel

Lengteprofiel stationaire afvoeren



Lengteprofiel in-stationaire afvoeren



Figuur 17 lengteprofielen stationaire afvoer (boven), in-stationaire afvoer (beneden)

Tabel 3 Vergelijking peilen² huidig vs ontwerp

Situatie	Huidig	ontwerp	Huidig	ontwerp
Profiel	prof_ES3-DP-4894	prof_ES3-DP-4894	prof_ES3-DP-6251	prof_ES3-DP-6251
Locatie	Zandstraat	Zandstraat	Oirschotsebaan	Oirschotsebaan
Bodem	8,00	8,00	7,61	7,61
Insteek	9,69	9,69	9,50	9,50
Zomerafvoer	8,32	8,45	7,89	8,08
Voorjaarsafvoer	8,59	8,68	8,13	8,27
50% afvoer	8,83	9,01	8,36	8,51
T = 1+20%	9,01	9,28	8,53	8,69
T=10+20%	9,15	9,39	8,65	8,76
T=25+20%	9,17	9,41	8,67	8,78
T=100+20%	9,27	9,55	8,72	8,89
Situatie	Huidig	ontwerp	Huidig	ontwerp
Profiel	prof_ES3-DP-7257	prof_ES3-DP-7257	prof_ES3-DP-8098	prof_ES3-DP-8098
Locatie	Rosepdreef	Rosepdreef	de Kampina	de Kampina
Bodem	7,04	7,04	6,59	6,59
Insteek	8,44	8,44	7,28	7,28
Zomerafvoer	7,49	7,68	6,93	7,00
Voorjaarsafvoer	7,72	7,93	7,23	7,21
50% afvoer	7,98	8,06	7,63	7,49
T = 1+20%	8,08	8,26	7,61	7,58
T=10+20%	8,17	8,30	7,66	7,65
T=25+20%	8,18	8,30	7,67	7,67
T=100+20%	8,20	8,34	7,69	7,77

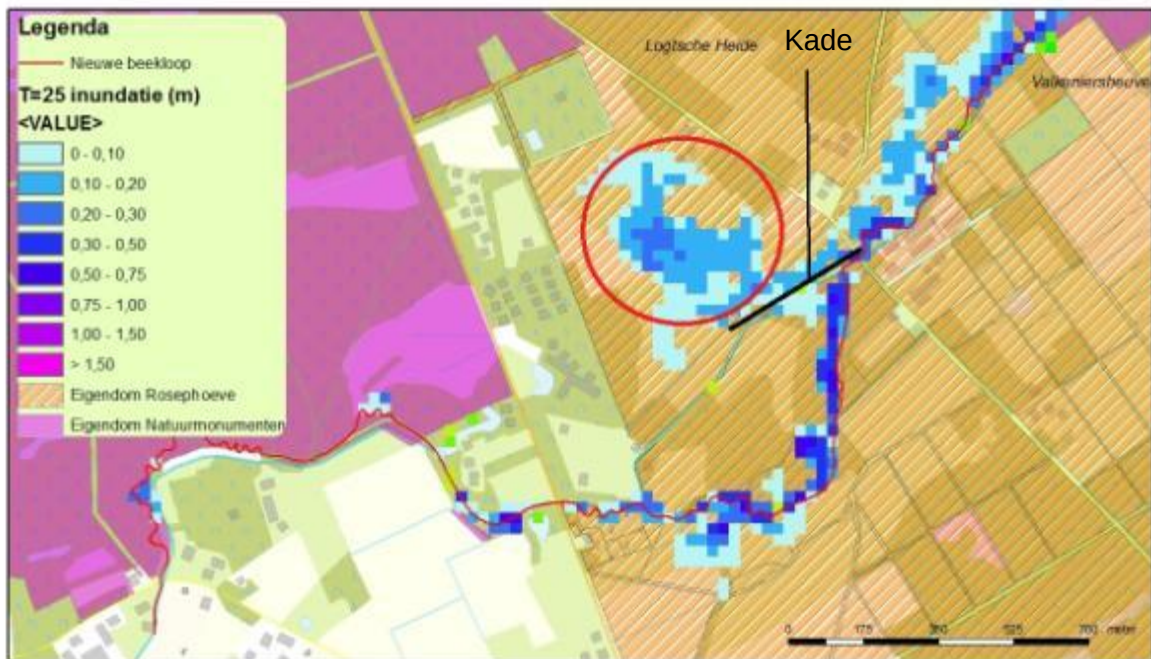
Inundaties:

Inundaties bij een herhalingstijd van T= 1, 10, 25 en 100 zijn weergegeven in Bijlage 4 Inundatie

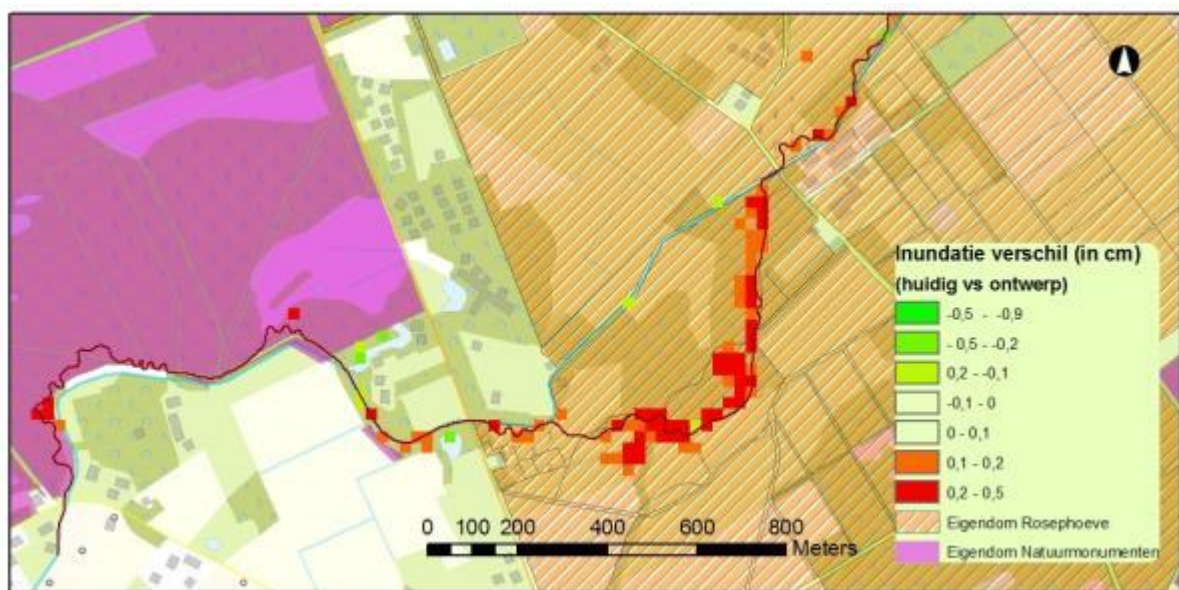
Inundatie toets Landbouw T=25

In Figuur 18 zijn de inundaties weergegeven zoals die optreden met een herhalingstijd van eens in de 25 jaar. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de rood omcirkelde inundaties waarschijnlijk niet optreden omdat op het inundatietraject een kade is gelegen welke niet in het model is opgenomen. Inundaties komen op beperkte schaal voor op agrarische landgebruik zuidelijk van de Rosep. De percelen in het roodomcirkelde gebied zijn voorzien van onderbemaling. In Figuur 19 zijn de verschillen in inundatie diepte weergegeven ten op zichten van de huidige situatie.

² Toename van meer dan 15 centimeter zijn **vet** gedrukt



Figuur 18 T=25 Inundatie toets Landbouw



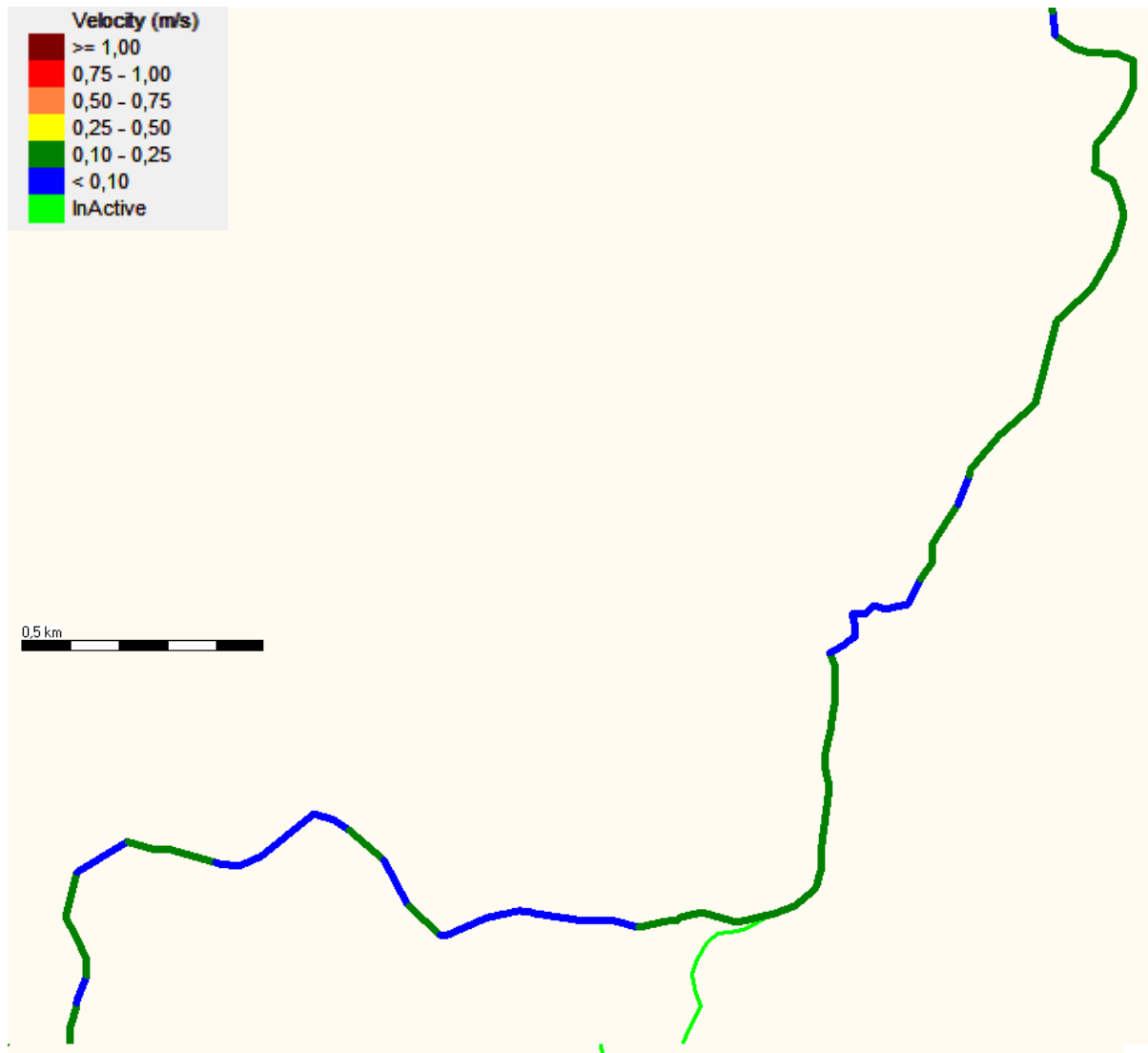
Figuur 19 T=25 Inundatie toets Landbouw verschil tov huidige situatie

T=100

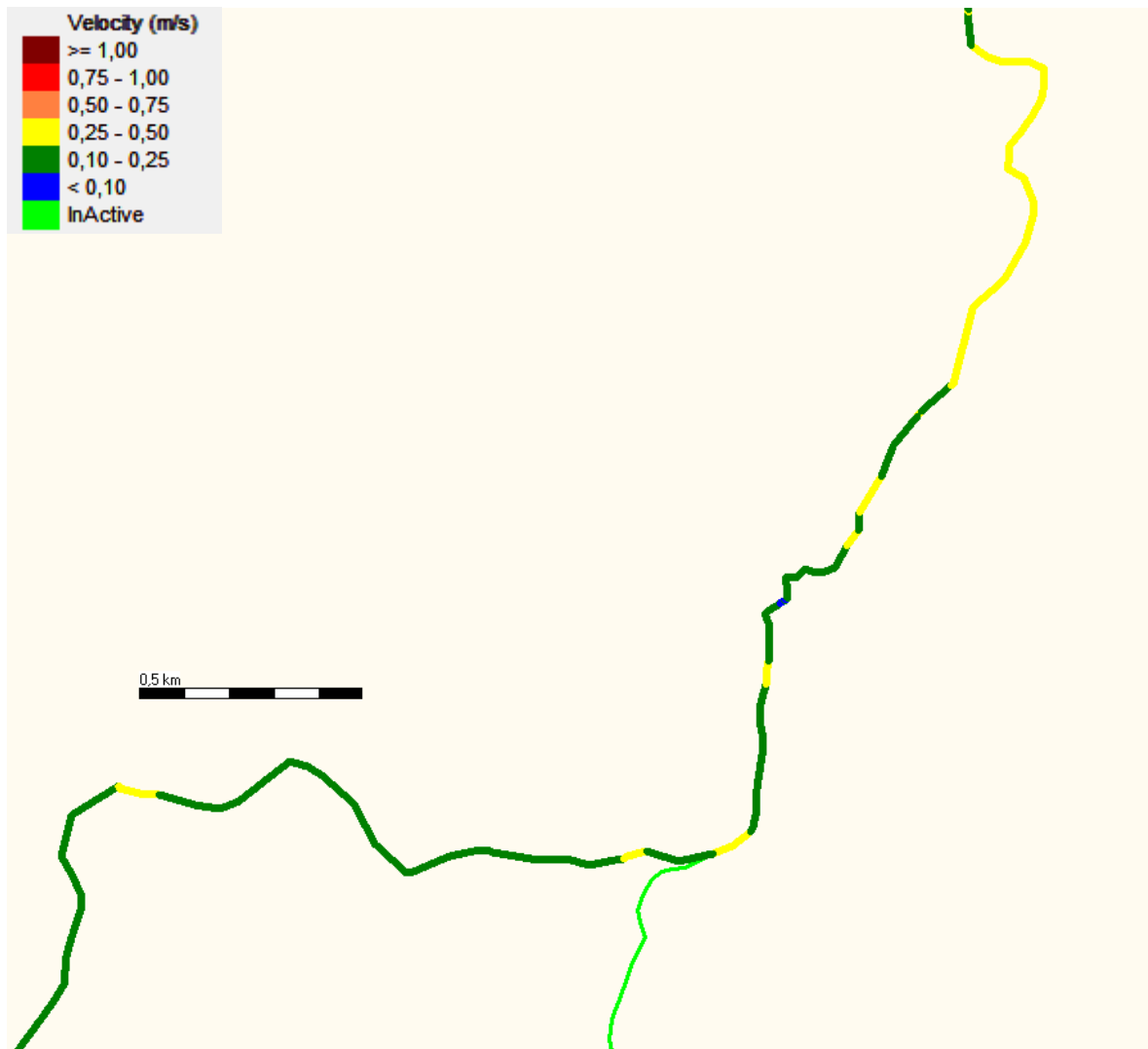
Er heeft een analyse plaatsgevonden van de bebouwingvlakken waar inundatie optreedt. Deze analyse is GIS-technisch uitgevoerd door de bebouwingsvlakken (TOP10NL) over de inundaties te projecteren. Binnen het projectgebied vinden geen inundaties plaats van gebouwwlakken. De analyse van inundaties bij een herhalingstijd van eens per 100 jaar is weergegeven in Figuur 20 en Bijlage 8 T=100 inundatie analyse gebouwwlakken.

Stroomsnelheden

De stroomsnelheden bij een zomerafvoer situatie varieert tussen de 0 tot 0,25 meter per seconden (zie Figuur 19). In een voorjaarsafvoer situatie varieert de stroomsnelheid tussen de 0 en 0,25 – 0,50 meter per seconde. De stroomsnelheid is niet overal even hoog (0,25 ms is wenselijk) daartegen bevat het beekherstel traject voldoende variatie in stroomsnelheid (zie Figuur 20).



Figuur 21 Stroomsnelheden bij zomerafvoer



Figuur 22 Stroomsnelheden bij voorjaarsafvoer

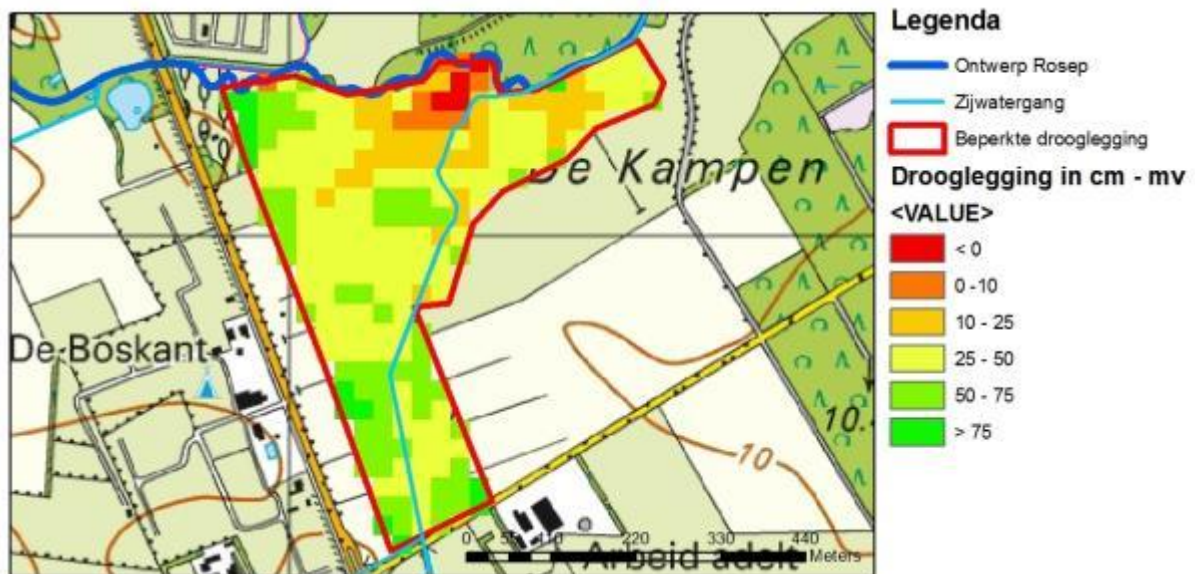
3.5 Droogleggingen

Droogleggingen van in agrarisch gebruik zijnde percelen zijn geanalyseerd bij een stationaire 50% maatgevende afvoersituatie. De 50% maatgevende afvoer is een afvoer die slechts 7 dagen per jaar optreedt. Hierdoor zullen peilen behorende bij deze afvoer relatief kort optreden. De 50% maatgevende afvoer komt overeen met 0,84 m³/s. Als landbouwkundige “stress-test” is een dergelijke afvoer extreem te noemen.

De 50% maatgevende afvoer is bepaald op basis van de meetreeks Rosepdreef over de periode 22-11-2005 tot 17-03-2010. De gemeten dataset telt 37823 uurwaarneming, dit komt overeen met 1575 dagen of 4.3 jaar. In deze meetreeks heeft er op 29 dagen een overschrijding van 0,80 m³/s plaats gevonden (zie Tabel 10). Dit komt neer op gemiddeld 7 dagen per jaar. De meeste overschrijdingen van de 50% MA afvoer treden op in de maanden februari, november en december een analyse van perioden en tijdsduur van de 50% afvoer is bijgevoegd in Bijlage 7 Droogleggings analyse.

Ter vergelijking is de gemiddelde afvoer 0,27 m³/s (periode 22-11-2005 tot 17-03-2010) van de maand maart doorgerekend. Hierbij is een drooglegging van circa 50 cm op de insteek van toepassing.

De droogleggingen zijn verkregen door middel van interpolatie (inverse distance weighted) van de maximale stationaire peilen. De waarde van de drooglegging tov. NAP zijn van de maaiveldhoogte uit het modelgrid afgetrokken. De oppervlakte met beperkte droogleggingen zijn bepaald door de droogleggingen te categoriseren conform de legenda in Figuur 23. Het aantal cellen binnen een bepaald categorie is vermenigvuldigd met het oppervlak van een cel (625 m²). De droogleggingen van de huidige en ontwerp situatie zijn weergegeven in Bijlage 7 Droogleggings analyse van het traject Oirschotsbaan – Rosepdreef is weergegeven in Figuur 23 en Tabel 4 .



Figuur 23 Drooglegging traject Oirschotsbaan - Rosepdreef

In de analyse wordt aangenomen dat de grondwaterpeilen in de nabijheid van de beek overeenkomen met de oppervlaktewaterpeilen in de beek. Tevens wordt aangenomen dat geen er opbolling van de grondwaterstand plaatsvindt.

Tabel 4 Oppervlakte per droogleggings categorie

Drooglegging (cm – mv)	Oppervlak (m2)
< 0	2500
0 - 10	5625
10 – 25	22500
25 – 50	75000
50 – 75	36250
75 – 100	7500

De toetsing van de landbouwkundige droogleggingen is uitgevoerd op basis van een stationaire afvoer van 50%MA oftewel 0,84 m3/s.

3.6 Toetsing eindontwerp

Tabel 5 Toeting ontwerp beekherstel

Variable	Doel	Realisatie
Hzomer	$\geq \text{ref}$	Hzomer max 0,19 boven ref
Hvoorjaar	$\geq \text{ref}$	Hvoorjaar max 0,02 beneden ref
H T=25	$\leq \text{ref}$	H25 max 0,11 boven ref
verhang	$\geq 0,1 \text{ m/km}$	0,28 m/km
V zomer	0,1	0,05 - 0,27
V voorjaar	0,1	0,092 - 0,43
Sinuositeit	1,2	1,18
waterdiepte zomer	0,25 m	0,3 - 0,64
waterdiepte voorjaar	0,4 m	0,42 - 0,89
Peilfluctuatie	Hvoorjaar - Hzomer = $< 1 \text{ m}$	0,19 - 0,27

De Rosep is geclassificeerd als een beek van het type R4. Type R4 komt overeen met Permanente langzaamstromende bovenloop op zand³ De randvoorwaarde aan dit beektype zijn te vinden op de wikibeekeerherstel⁴. De waarden welke zijn bepaald ten behoeve van de toetsing van het ontwerp beekherstel zijn dicht gelegen bij of vallen binnen de marges van de randvoorwaarden.



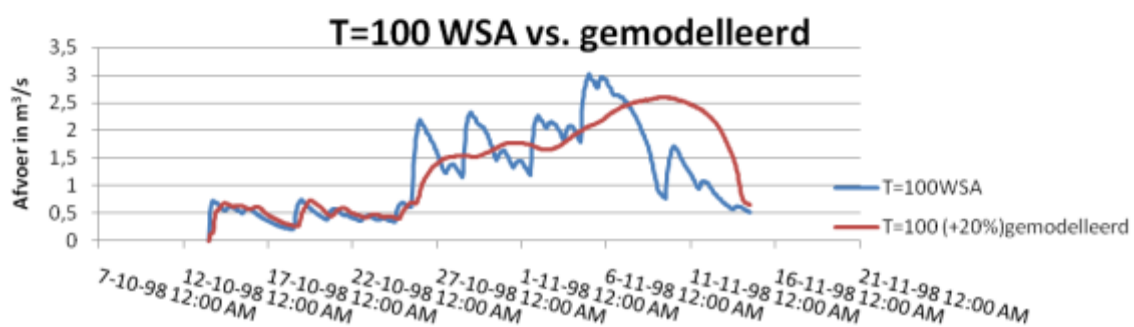
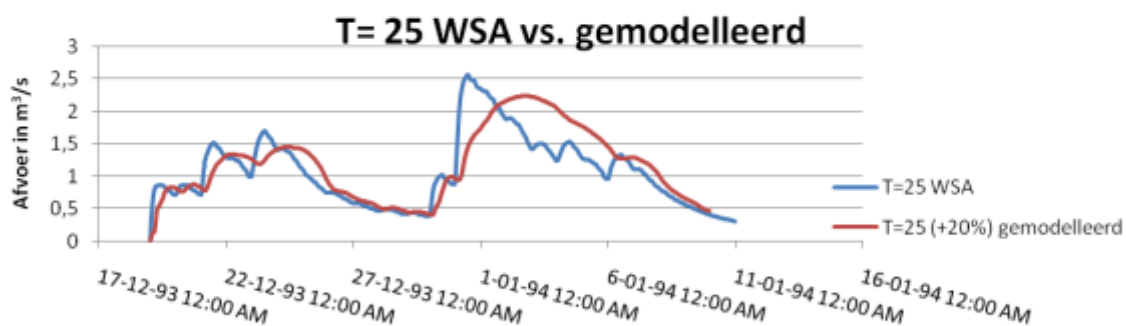
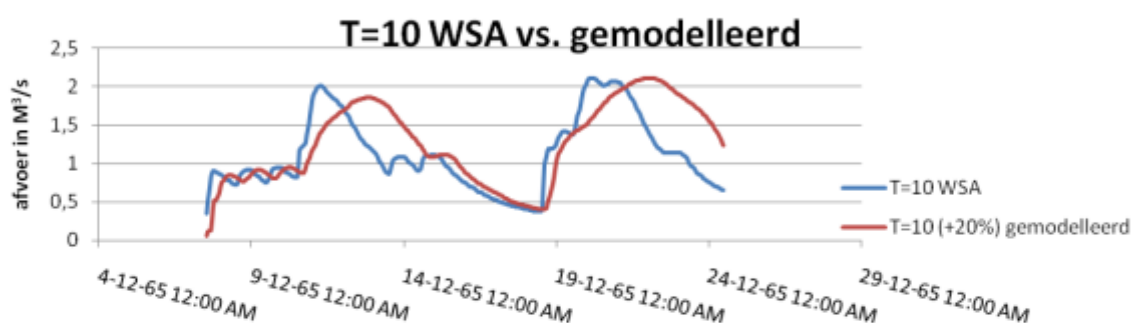
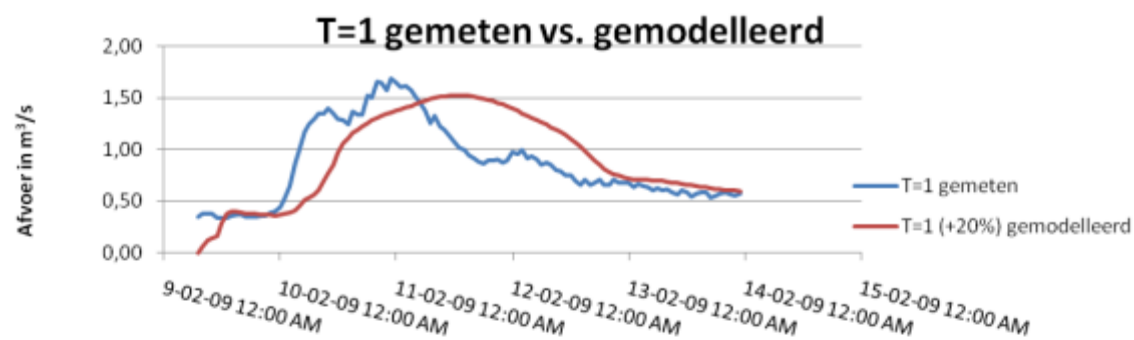
Figuur 24 De Rosep bovenstrooms vanaf de Rosepdreef

³ Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). 2005. *Overzicht Natuurlijke Watertypen*. Utrecht.

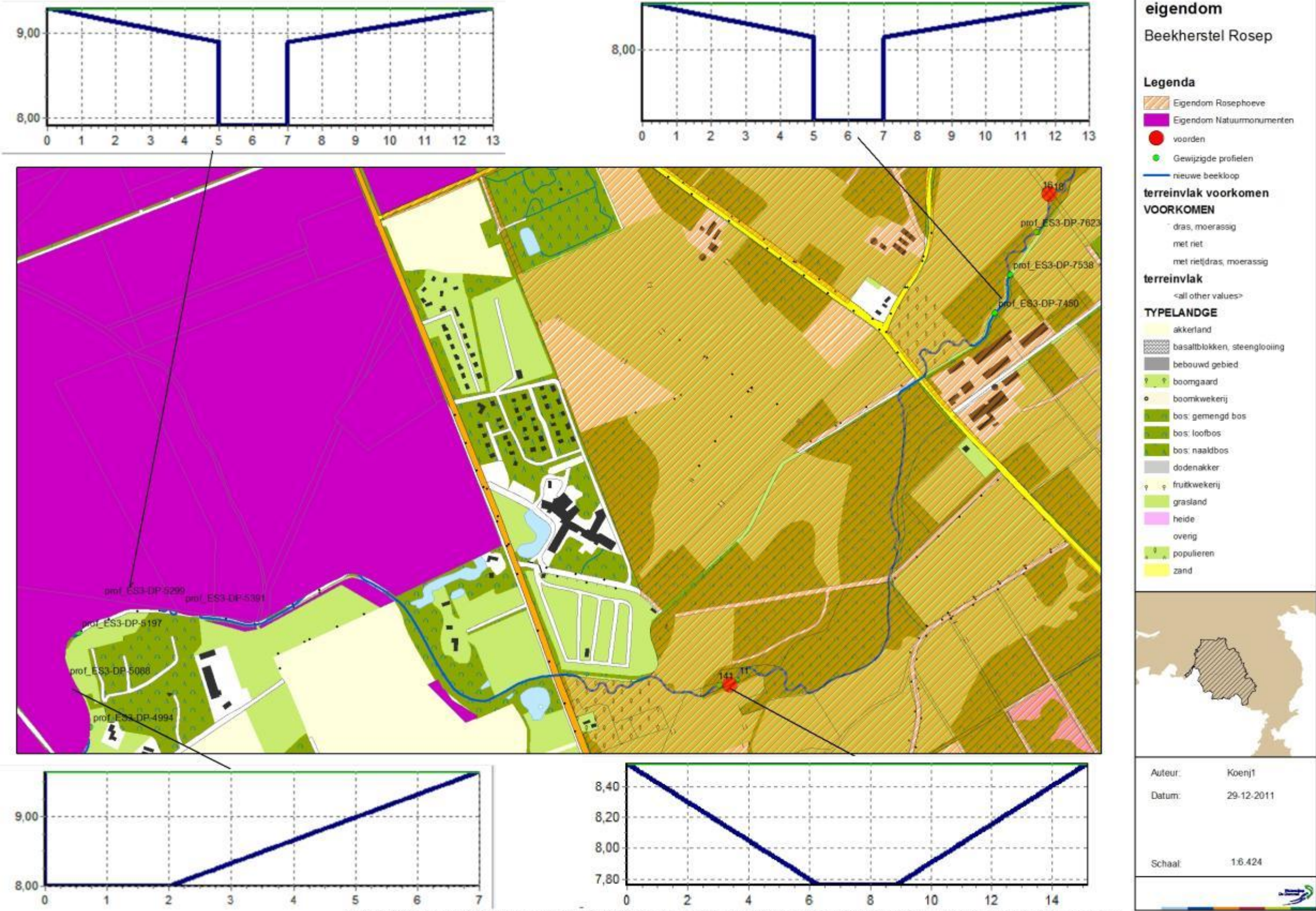
⁴ http://www.wikibeekeerherstel.nl/index.php?title=Staalkaart_beektype_R4

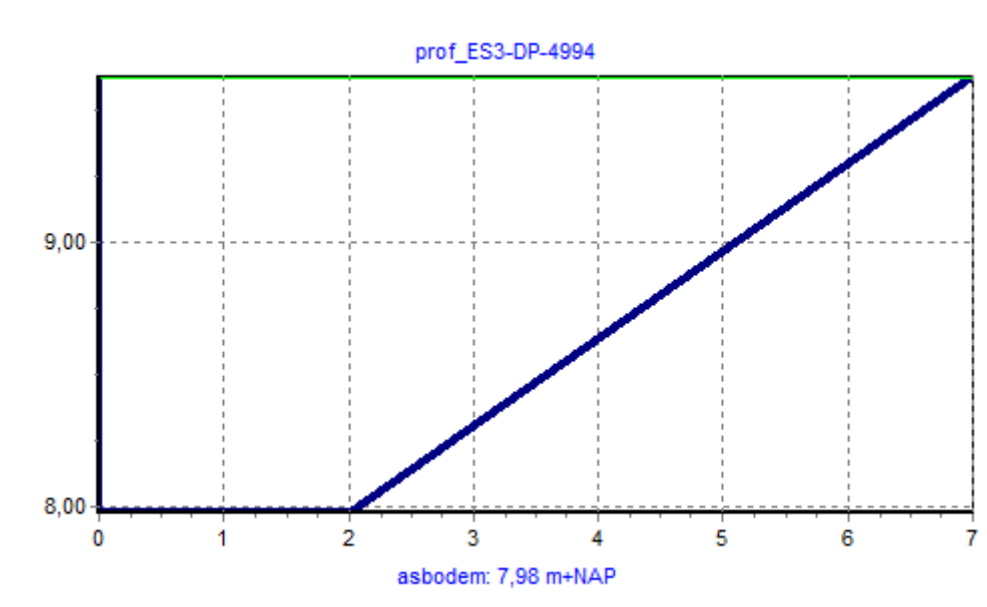
Bijlage1 Afvoer golven

Huidige situatie



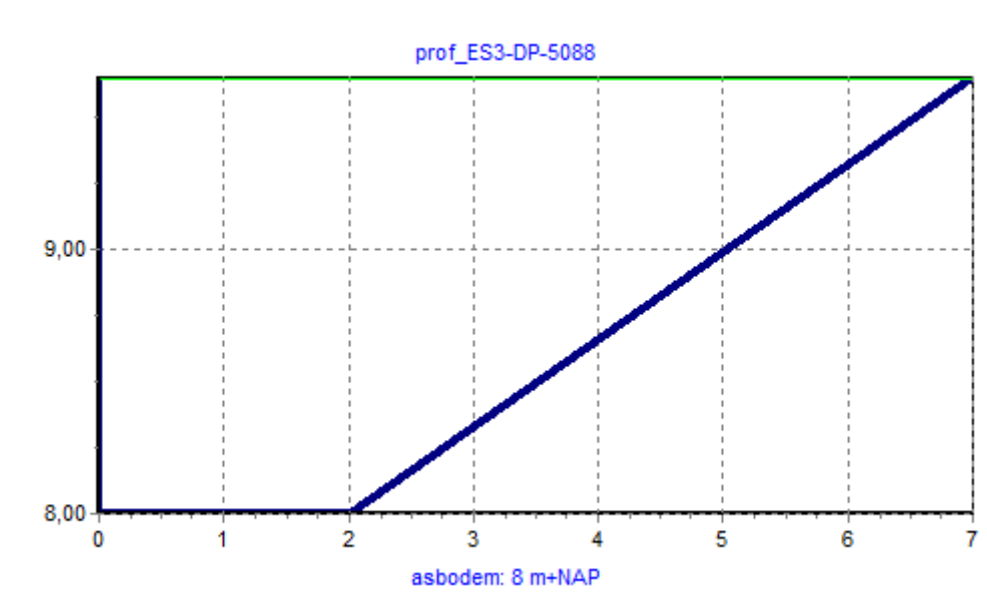
Bijlage 2 Ontwerp dwarsprofielen en beekherstel





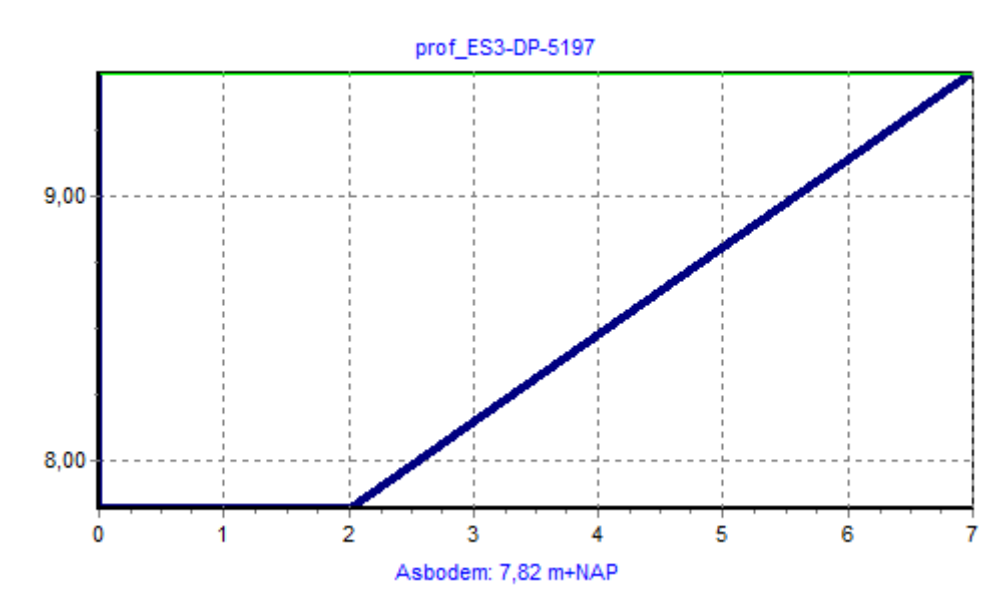
yz coördinaten van profiel waarin $z = 0 =$ asbodem

y(m)	z (m)
0	1,65
0,001	0
2	0
7	1,65



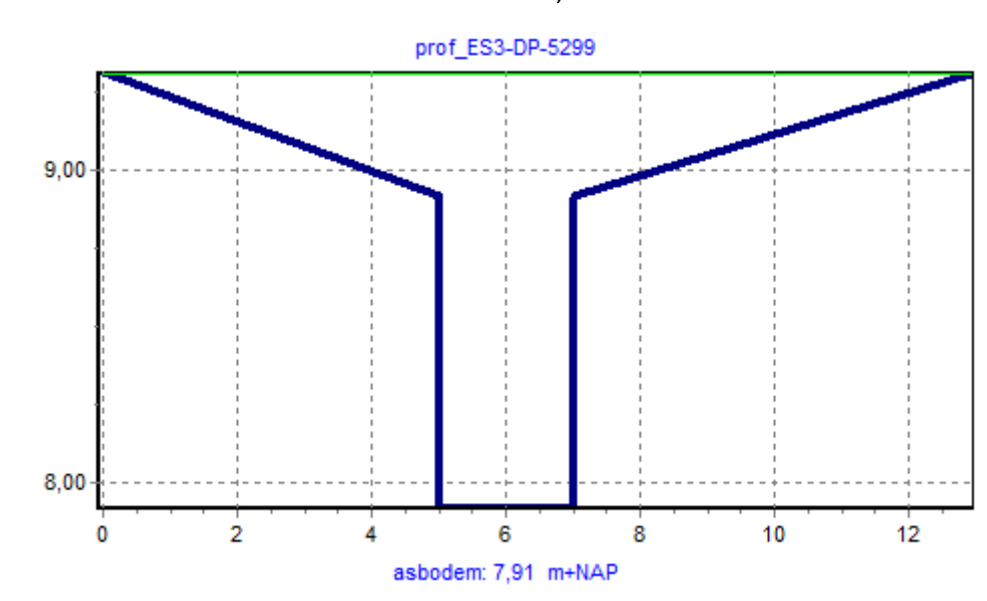
yz coördinaten van de profiel waarin $z = 0 =$ asbodem

y(m)	z (m)
0	1,65
0,001	0
2	0
7	1,65



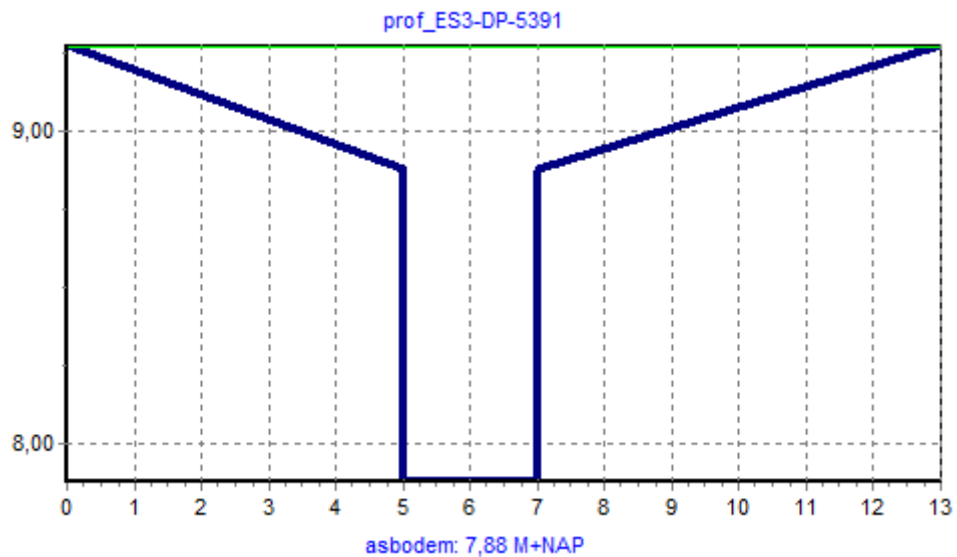
yz coördinaten van profiel waarin $z = 0$ = asbodem

y(m)	z (m)
0	1,65
0,001	0
2	0
7	1,65



xy coördinaten van de profiel waarin $z = 0$ = asbodem

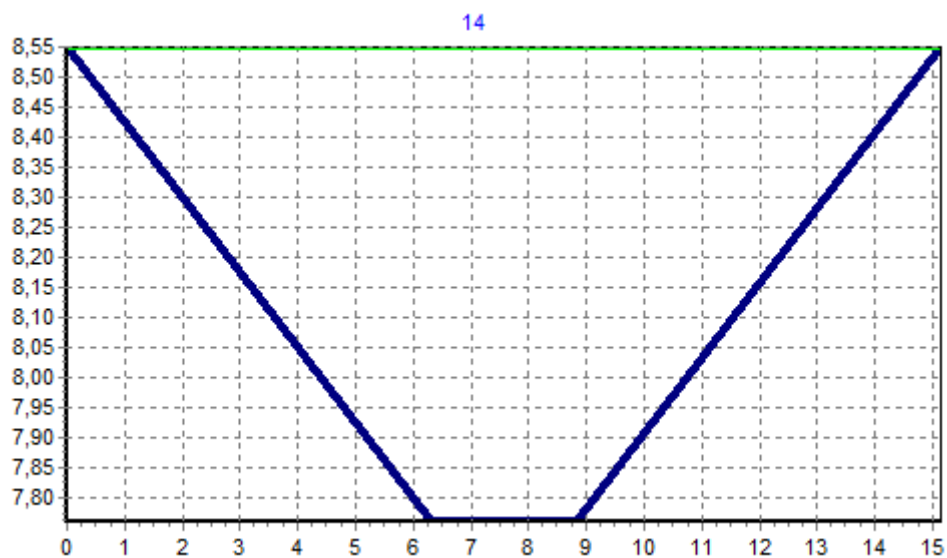
xy(m)	z (m)
0	1,4
5	1
5,01	0
7	0
7,01	1
13	1,4



yz coördinaten van profiel waarin $z = 0 =$ asbodem

xy(m)	z (m)
0	1,4
5	1
5,01	0
7	0
7,01	1
13	1,4

Voorde 1

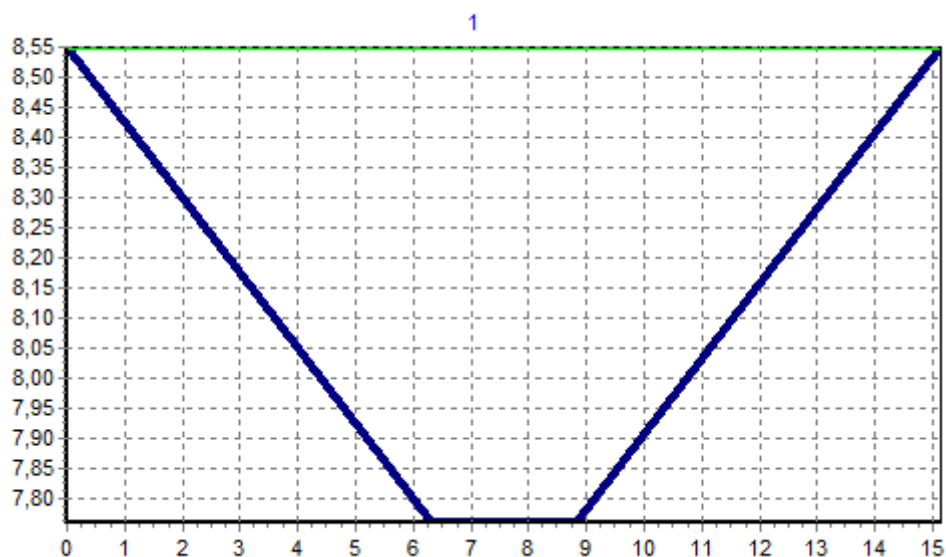


Voor locatie zie Figuur 25

yz coördinaten van profiel

xy(m)	z (m)
0	8,55
6,32	7,76
8,82	7,76
15,14	8,55

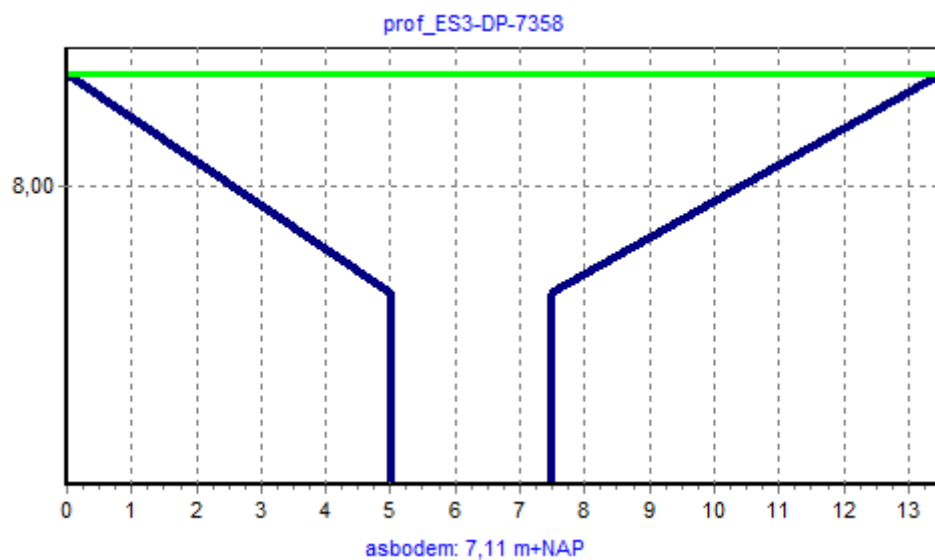
Voorde 1



Voor locatie zie Figuur 25

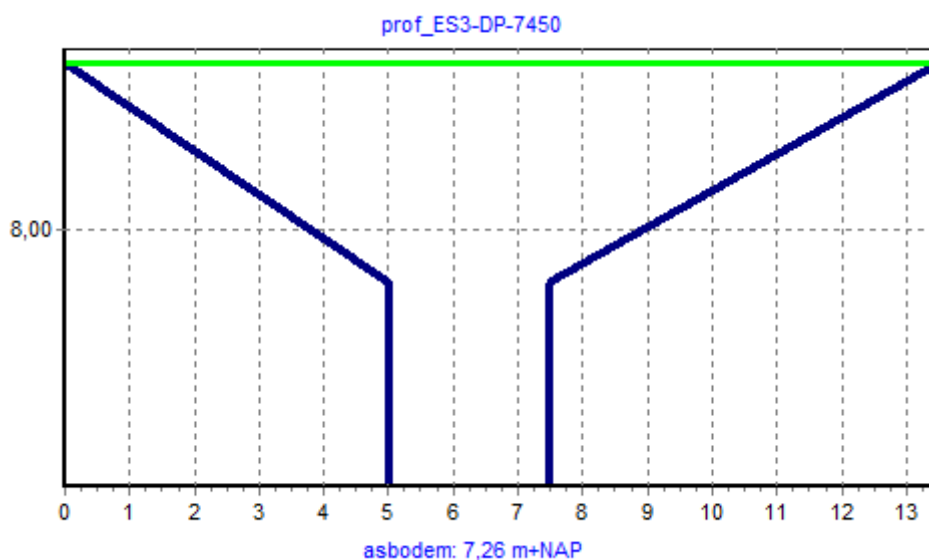
yz coördinaten van profiel

xy(m)	z (m)
0	8,55
6,32	7,76
8,82	7,76
15,14	8,55



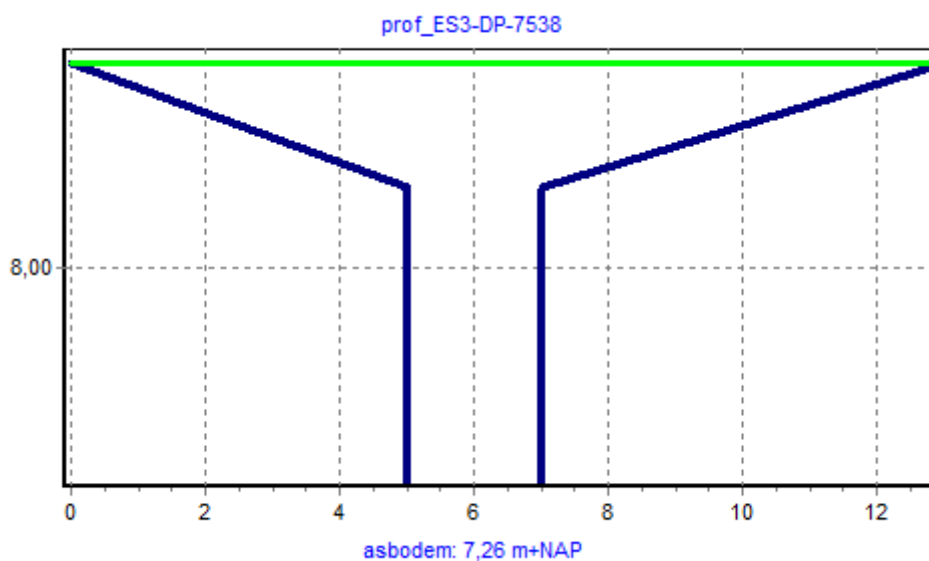
yz coördinaten van de profiel waarin z= 0 = asbodem

xy(m)	z (m)
0	1,2
5	0,6
5,01	0
7,5	0
7,5	0,6
13,5	1,2



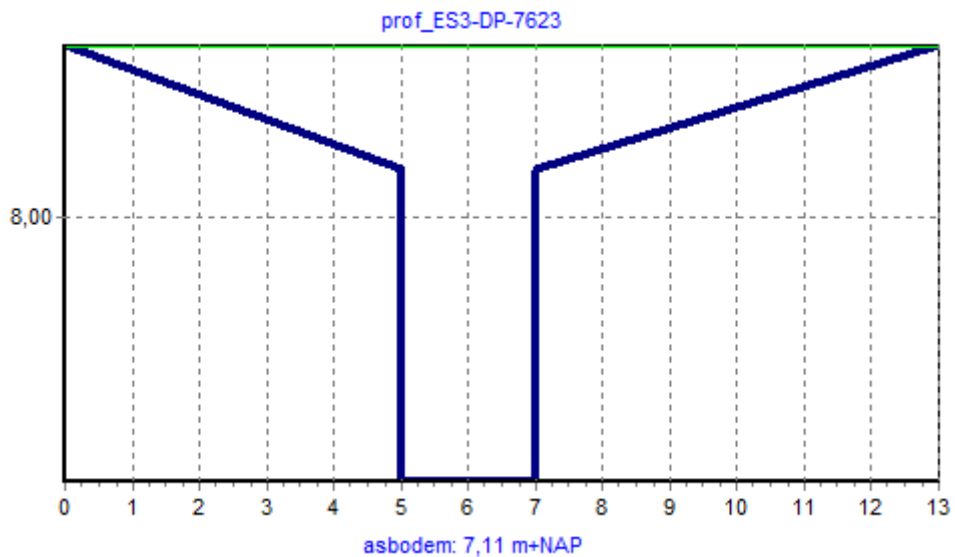
yz coördinaten van de profiel waarin $z = 0 =$ asbodem

xy(m)	z (m)
0	1,2
5	0,6
5,01	0
7,5	0
7,5	0,6
13,5	1,2



yz coördinaten van profiel waarin $z = 0 =$ asbodem

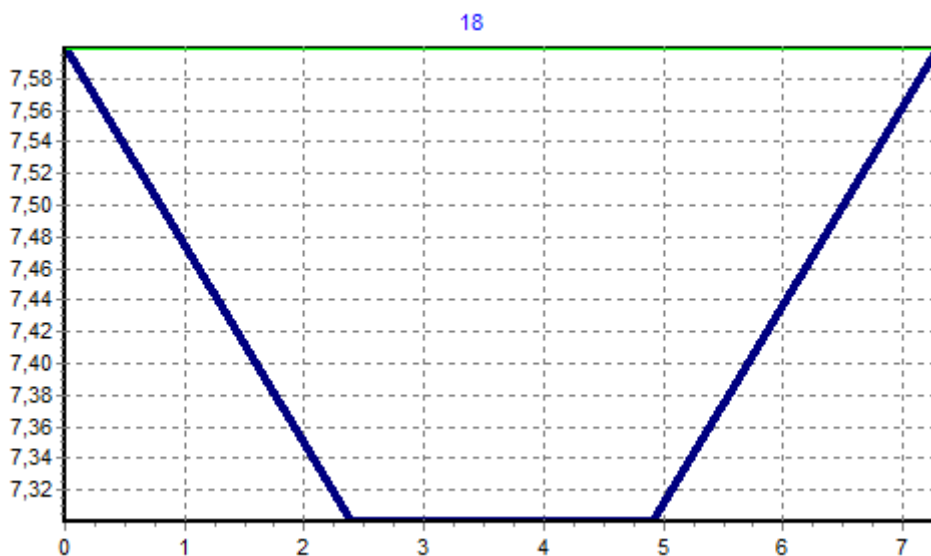
xy(m)	z (m)
0	1,2
5	0,6
5,01	0
7,5	0
7,5	0,6
13,5	1,2



yz coördinaten van profiel waarin $z = 0 = \text{asbodem}$

$xy(m)$	$z(m)$
0	1,2
5	0,6
5,01	0
7,5	0
7,5	0,6
13,5	1,2

Voorde 2



Voor locatie zie Figuur 25

yz coördinaten van profiel

$xy(m)$	$z(m)$
0	7,6
2,4	7,3
4,9	7,3
7,3	7,6

Voorde 2

16

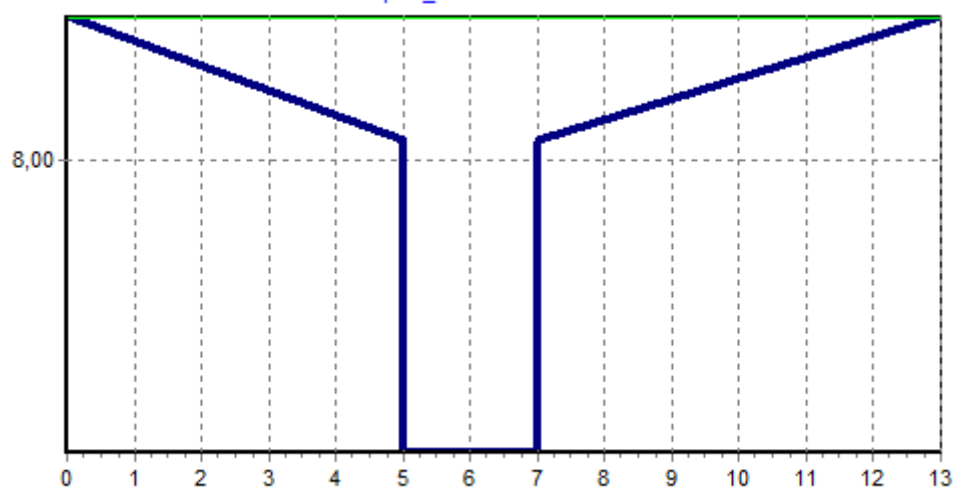


Voor locatie zie Figuur 25

yz coördinaten van profiel

xy(m)	z (m)
0	7,6
2,4	7,3
4,9	7,3
7,3	7,6

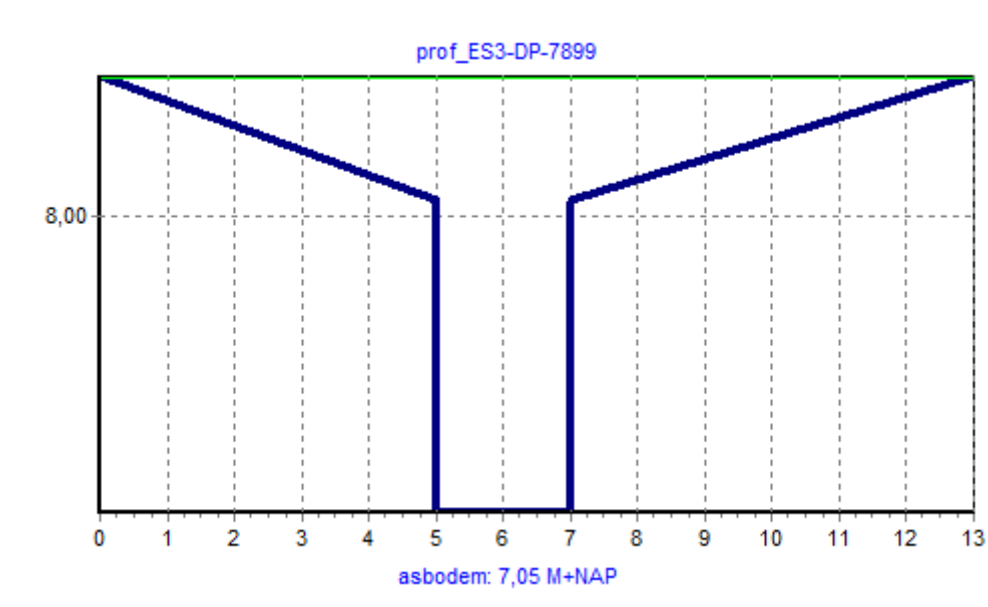
prof_ES3-DP-7805



asbodem: 7,06 m+NAP

yz coördinaten van de profiel waarin y= 0 = asbodem

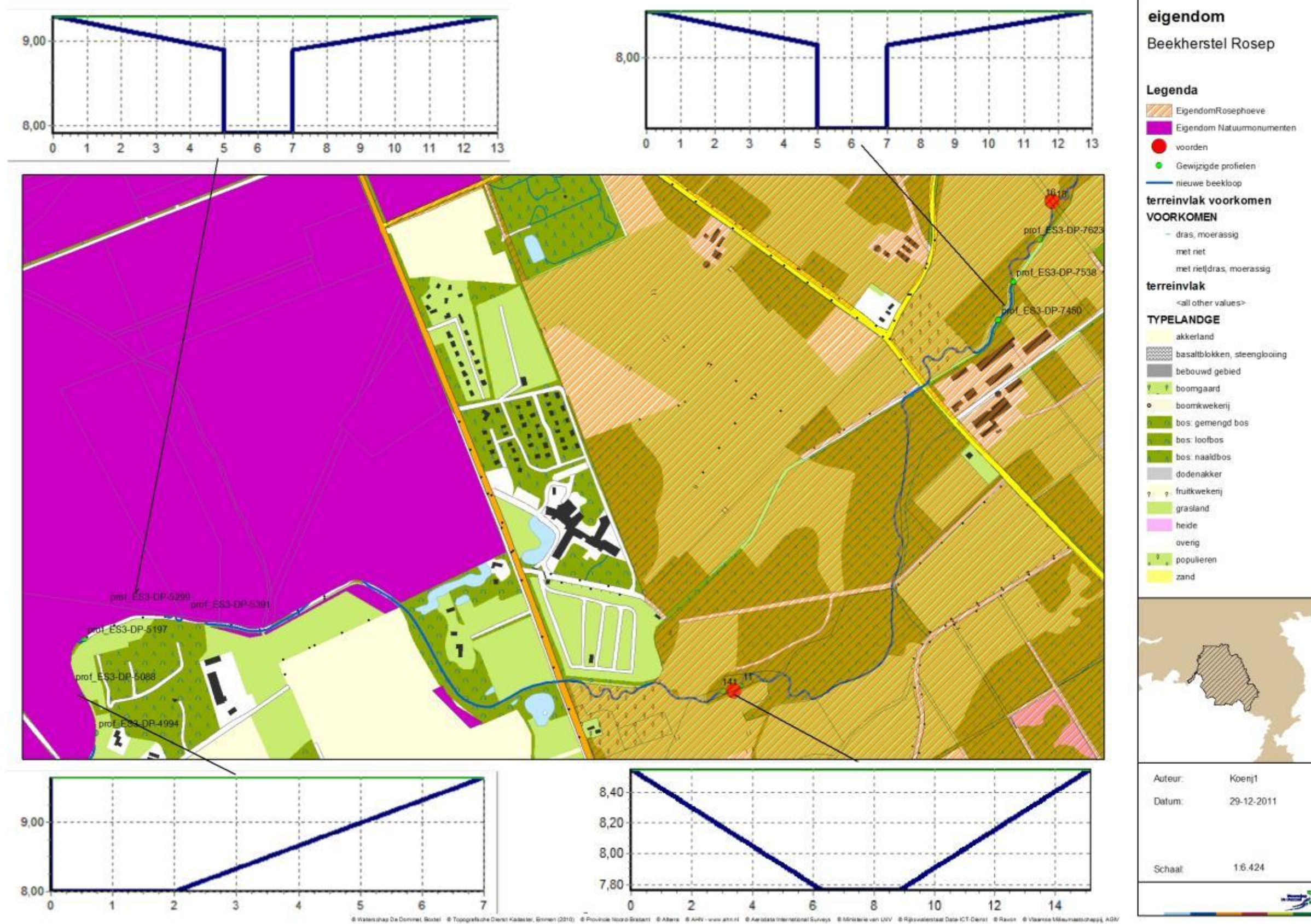
xy(m)	z (m)
0	1,4
5	1
5,01	0
7	0
7,01	1
13	1,4



yz coördinaten van de profiel waarin y= 0 = asbodem

xy(m)	z (m)
0	1,4
5	1
5,01	0
7	0
7,01	1
13	1,4

Bijlage 3 Eigendomssituatie

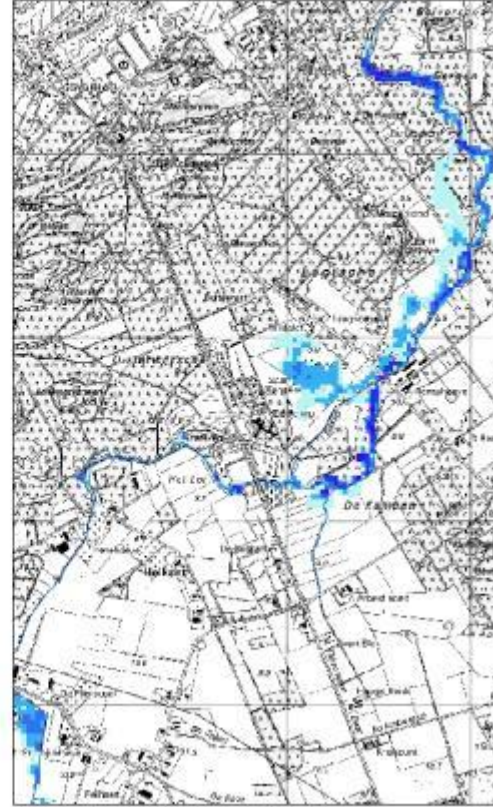


Bijlage 4 Inundatie

Herhalingstijd: T=1



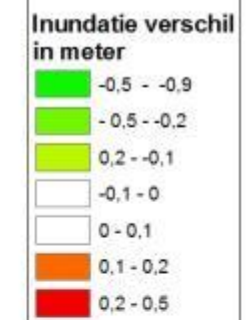
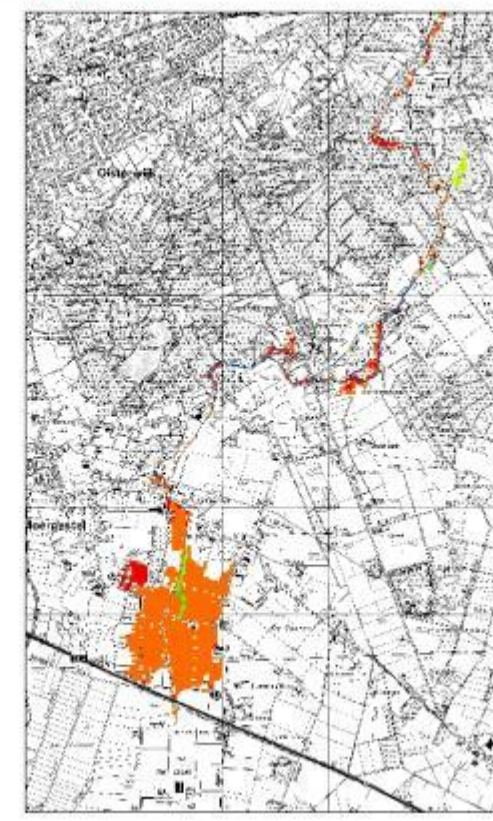
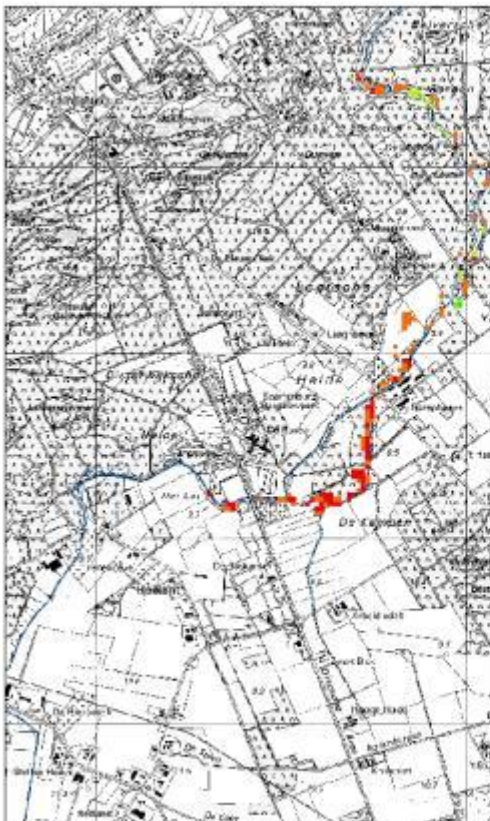
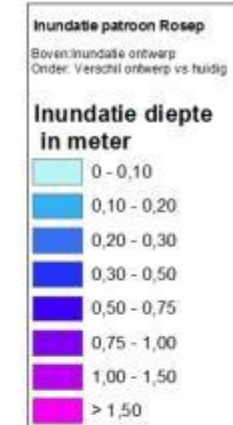
T=10



T=25



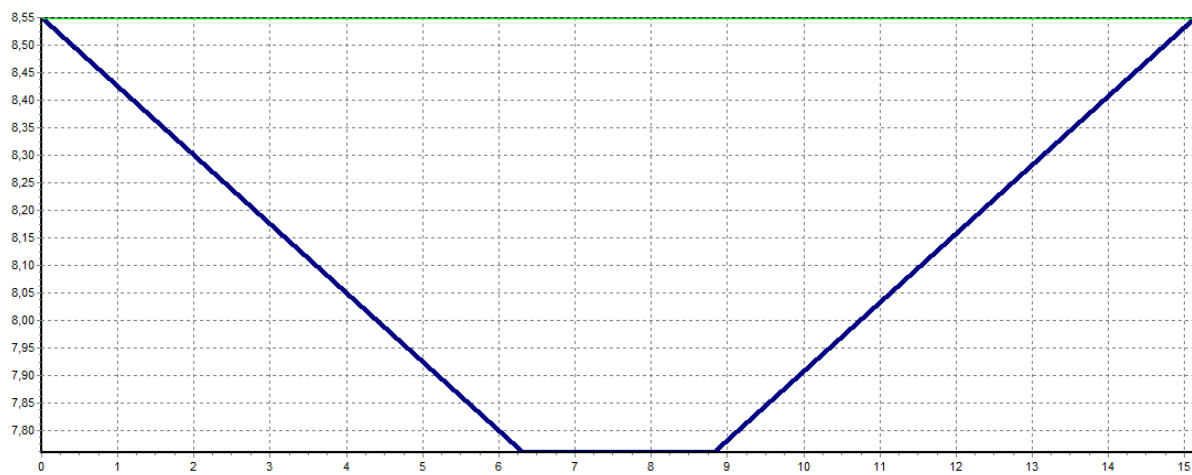
T=100



Bijlage 5 Details van de voorde



Figuur 25 Locatie van de voorde



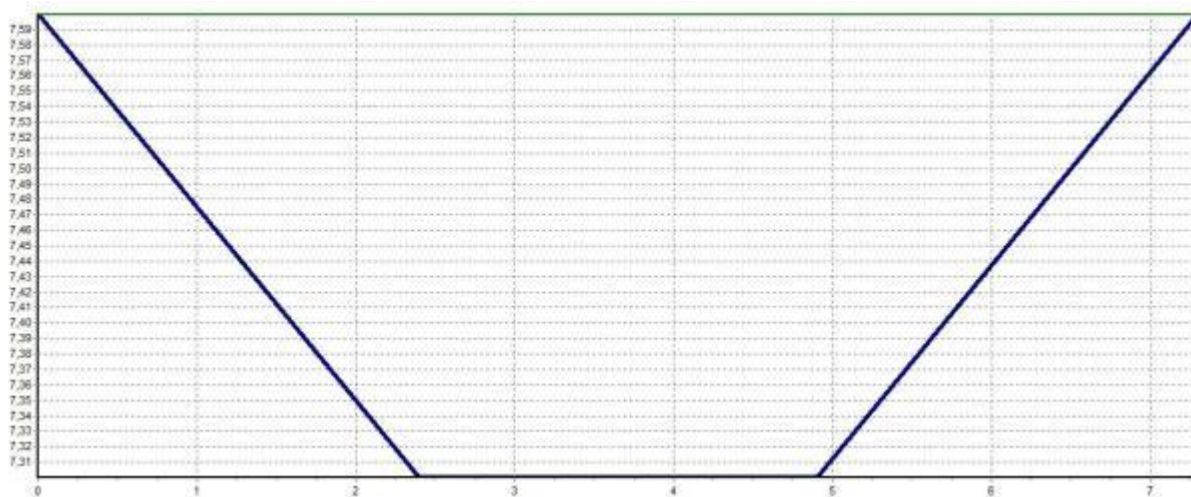
Figuur 26 Dwarsdoorsnede van voorde nr 1

Tabel 6 YZ dimensies voorde nr 1

y	z
0	8,55
6,32	7,76
8,82	7,76
15,14	8,55

Tabel 7 Kenmerken voorde nr1

Parameter	Waarde	Eenheid
Bodembreedte	2,50	m 1
Bodemhoogte (aanvankelijk)	7,33	m + NAP
Hoogte voorde	7,76	M + NAP
horizontale afstand talud	6,32	m1
Maaiveldhoogte	8,55	m + Nap
Nat oppervlak	6,97	m2
Opstuwing (bij voorjaarsafvoer)	4,00	cm 1
Stroomsnelheid (bij voorjaarsafvoer)	0,12	m/s
talud	1,00	8
totale breedte	15,14	m1
Waterdiepte (bij voorjaarsafvoer)	0,44	m1
waterhoogte (bij voorjaarsafvoer)	8,20	M + NAP



Figuur 27 Dwarsprofiel voorde nr 2

Tabel 8 YZ dimensies voorde nr 2

y	z
0	7,6
2,4	7,3
4,9	7,3
7,3	7,6

Tabel 9 Kenmerken voorde nr2

Parameter	Waarde	Eenheid
bodembreedte	3,00	m
bodemhoogte (aanvankelijk)	7,05	m + Nap
Bodemhoogte (voorde)	7,30	M + NAP
horizontale afstand talud	2,40	m
maaiveld hoogte	7,60	m + Nap
nat oppervlak	4,26	
opstuwing (bij voorjaarsafvoer)	0,00	cm
Stroomsnelheid (bij voorjaarsafvoer)	0,50	m/s
talud	1,00	8
totale breedte	7,80	m
Opstuwing (bij voorjaarsafvoer)	0,00	cm 1
Stroomsnelheid (bij voorjaarsafvoer)	0,21	m/s
Waterdiepte (bij voorjaarsafvoer)	0,42	m1
waterhoogte (bij voorjaarsafvoer)	7,72	M + NAP

Bijlage 6 Opbouw van het 2D grid

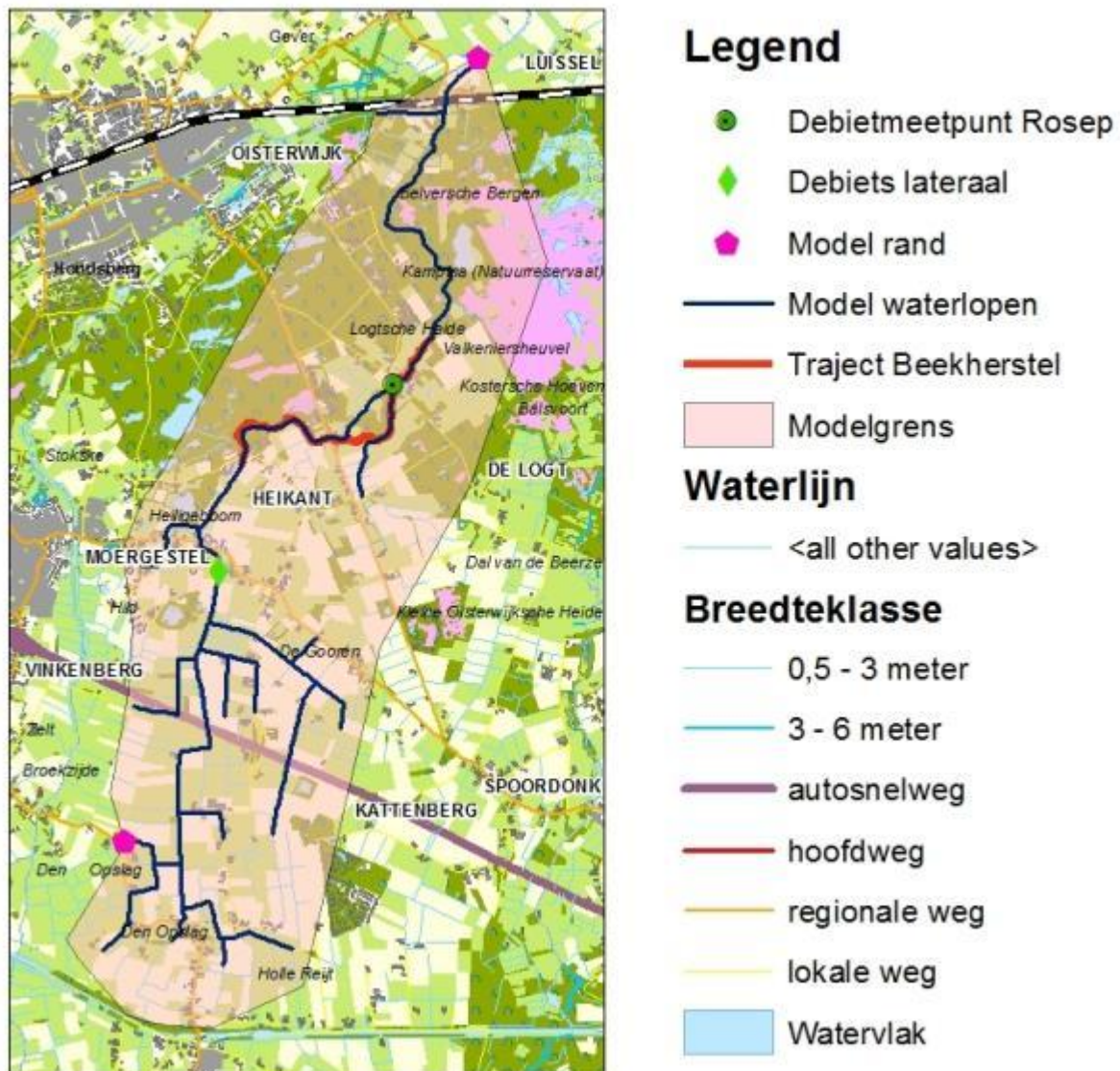
Bronbestanden

Er liggen 3 bronbestanden ten grondslag aan de opbouw van het laatste 2d grid;

1. AHN 25*25m (dd. 01-01-1999)
2. Gerichte veldopname september 2010 (n=885)
3. Maaiveldhoogte uit de ingemeten profielmeetpunten (n=553)

Begrenzing

De begrenzing van het 2d grid is vastgelegd door een buffer te trekken van 500 meter rondom de watergangen zoals deze in het sobekmodel zijn opgenomen. (zie Figuur 28).



Figuur 28 Model

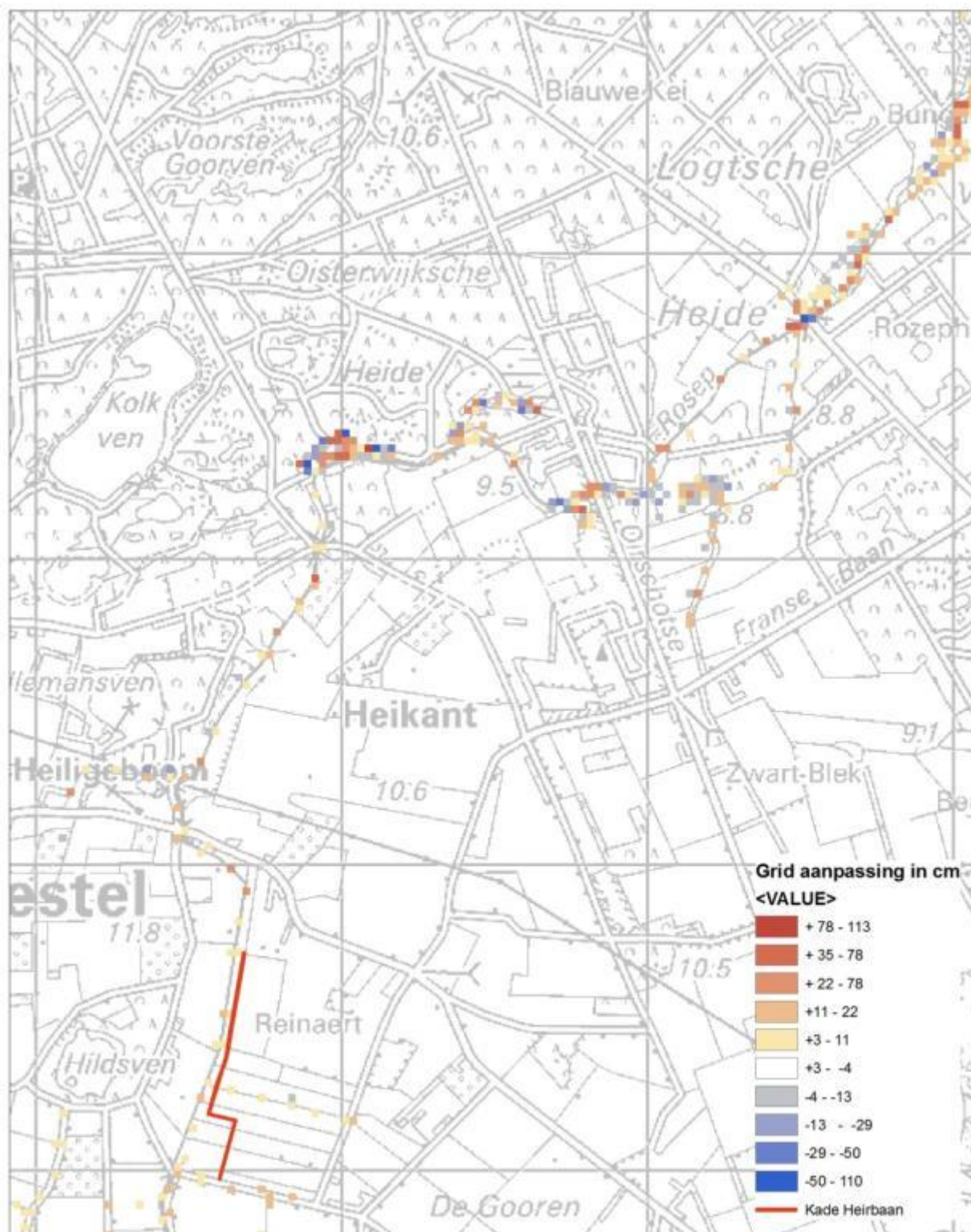
Methoden

Met behulp van de begrenzing is een uitsnede gemaakt van het AHN 25 * 25. Deze gridcellen zijn vervolgens omgezet naar punt bestanden. Aan dit punt bestand zijn toegevoegd de gerichte veld opname (zie Figuur 29) en de linker en rechtermaaiveldhoogte uit het ingemeten profielmeetpunten bestand.



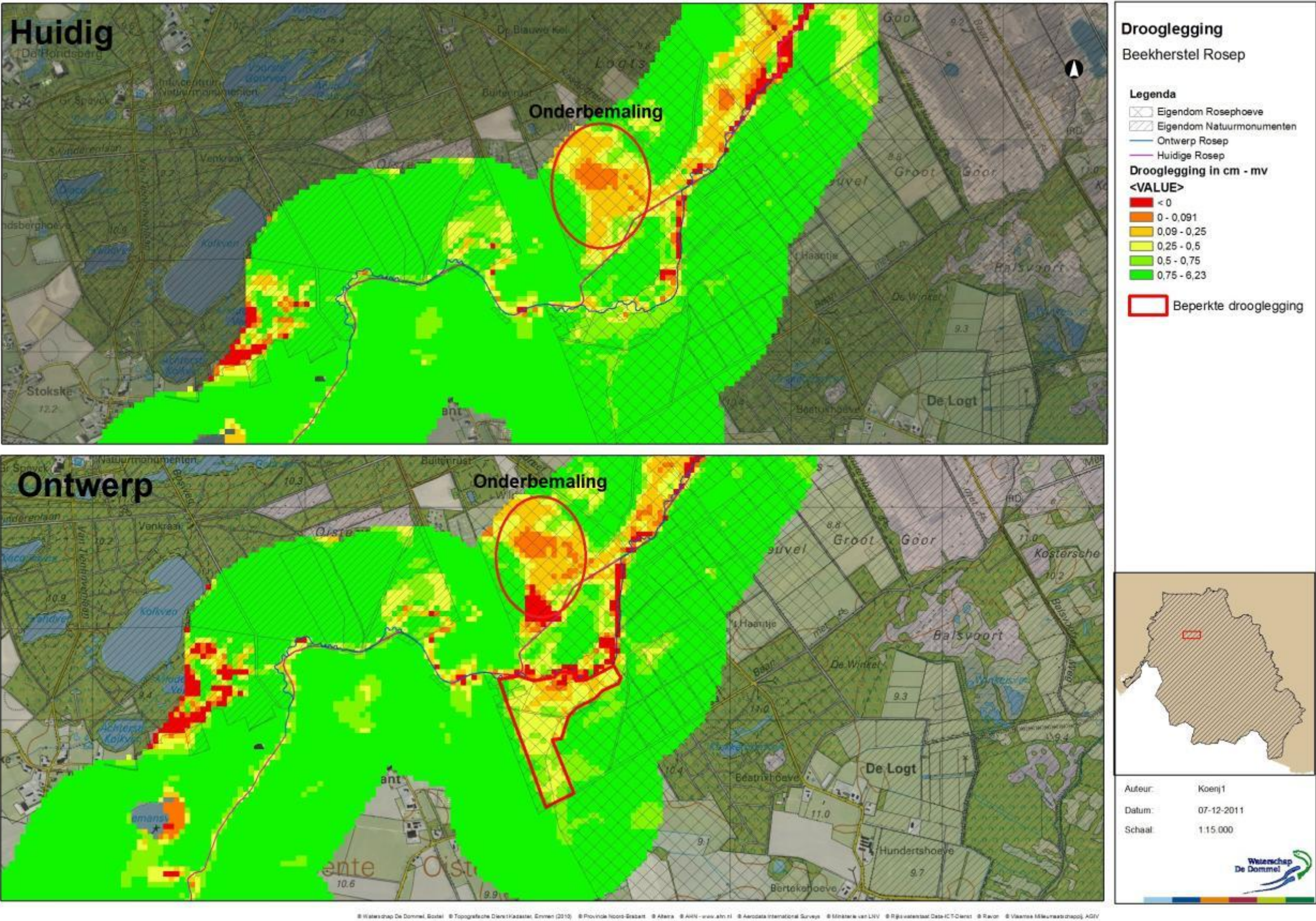
Figuur 29 Gerichte opname

Het totale hoogtepunten bestand is vervolgens omgezet naar een hoogtegrid waarbij er voor gekozen is de gemiddeld hoogte van de punten toe te kennen aan de gridcel. Aanvullen is een grid gemaakt voor de ontwerp scenario's, waarbij de kade aan de Heirbaan in Moergestel is opgenomen met een hoogte van 10.2 M + NAP. De grid aanpassingen zijn weergegeven in Figuur 30.



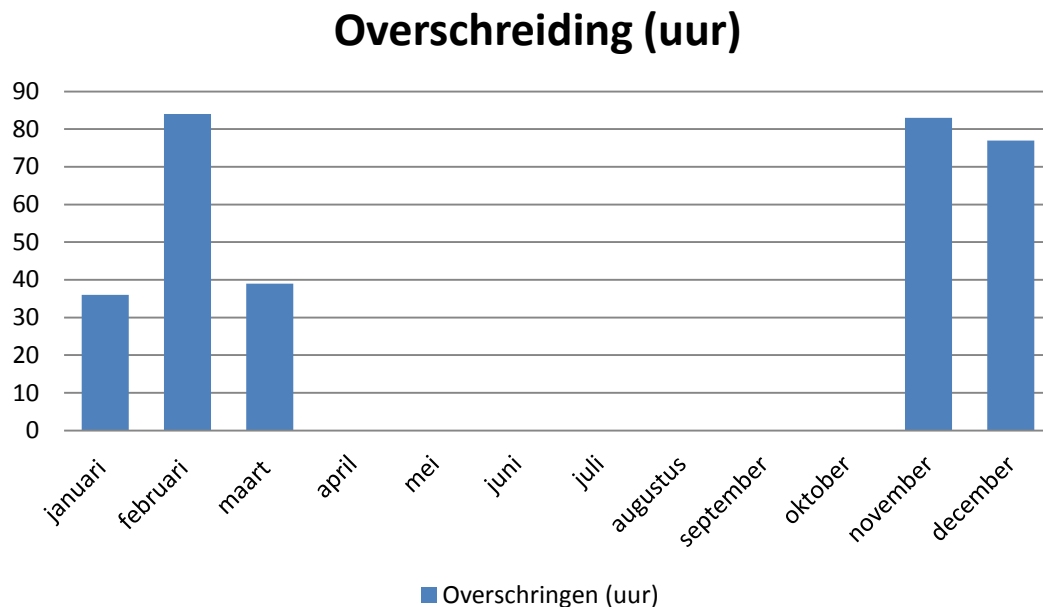
Figuur 30 Grid aanpassing

Bijlage 7 Droogleggings analyse



Periode en duur beperkte drooglegging

Analyse heeft plaatsgevonden om het oppervlak, perioden en tijdsduur te bepalen. De toetsing van de landbouwkundige droogleggingen is uitgevoerd op basis van een stationaire afvoer van 50%MA oftewel 0,84 m³/s. De frequentie van de 50% MA afvoer is bepaald op basis van de meetreeks Rosepdreef in de periode 22-11-2005 tot 17-03-2010. De gemeten dataset telt 37823 uurwaarneming, dit komt overeen met 1575 dagen of 4.3 jaar. In deze meetreeks heeft er op 29 dagen een overschrijding van 0,80 m³/s plaats gevonden (zie Tabel 10). Dit komt neer op gemiddeld 7 dagen per jaar. De meeste overschrijdingen van de 50% MA afvoer treden op in de maanden februari, november en december (zie Figuur 31).

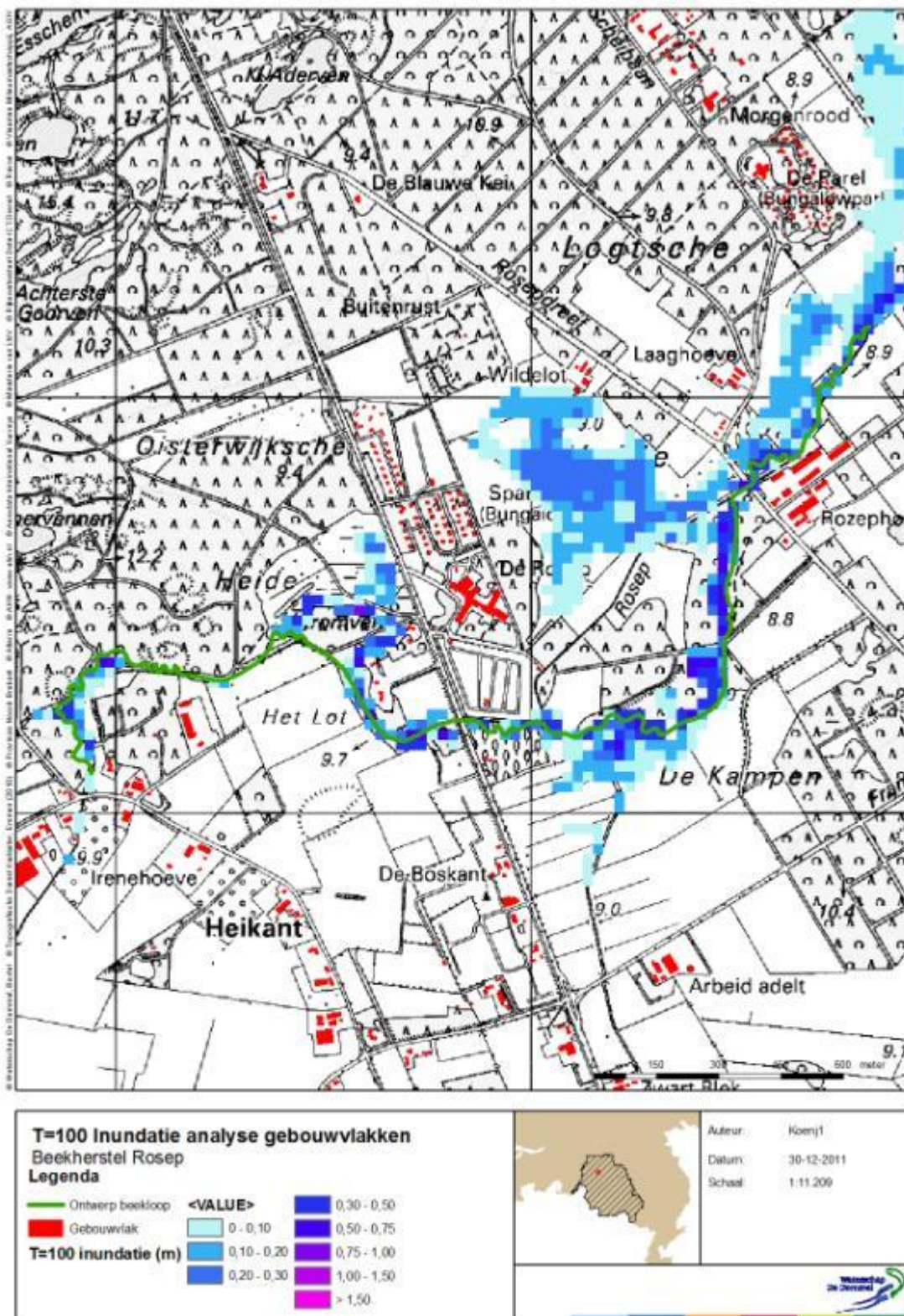


Figuur 31 Overschrijding van 0,80 m³/s in uren per maand

Tabel 10 dagen met het aantal overschrijdingen van 0.8 m3/s op uurbasis

dag	aantal overschrijdingen
25-11-2005	14
26-11-2005	24
27-11-2005	16
28-5-2006	3
3-12-2007	7
4-12-2007	1
9-12-2007	3
6-2-2008	1
23-1-2009	15
24-1-2009	17
10-2-2009	21
11-2-2009	24
12-2-2009	10
17-2-2009	20
18-2-2009	8
25-3-2009	10
26-3-2009	7
28-3-2009	5
29-3-2009	17
23-11-2009	4
24-11-2009	24
25-11-2009	1
25-12-2009	5
26-12-2009	24
27-12-2009	3
30-12-2009	10
31-12-2009	24
1-1-2010	1
29-1-2010	3

Bijlage 8 T=100 inundatie analyse gebouwwlakken



NB Gebouwwlakken (in rood) zijn afgebeeld boven de inundaties

Bijlage 9 Kunstwerken



Duikers

- Duiker / overkluizing ter hoogte van de Zandstraat (ES – 4907_7285)
- Duiker / overkluizing ter hoogte van de traject Oirschotsebaan – Rosepdreef (culv_ES-16.1-985_7073)
- Duiker / overkluizing ter hoogte van de Rosepdreef (culv_ES3-7257_7287)

UNIEK_ID	BOB_BEN	BOB_BOV	BODEMH_BEN	BODEMH_BOV
culv_ES-16.1-985_7073	7,38	7,45	7,31	7,27
culv_ES3-4907_7285	7,99	7,97	7,97	7,93
culv_ES3-7257_7287	7,22	7,24	7,13	7,10
	DOORSTR_LE	S_DIAM_BRE	S_DIAM_HOO	CAT_VORM_O
	4,06	0,90	99,00	rond
	6,72	4,00	1,70	rechthoekig
	9,13	4,25	1,00	rechthoekig

Toelichting op attributen:

BOB_BEN: Binnen Onderkant Buis Benedenstreams

BOB_BOV: Binnen Onderkant Buis Bovenstreams

BODEMH_BEN: Bodemhoogte watergang benedenstreams

BODEMH_BOV: Bodemhoogte watergang bovenstreams

DOORSTR_LE: Doorstroamlengte

S_DIAM_BRE: Diameter breedte

S_DIAM_HOO: Diameter hoogte

CAT_VORM_O: Vorm opening

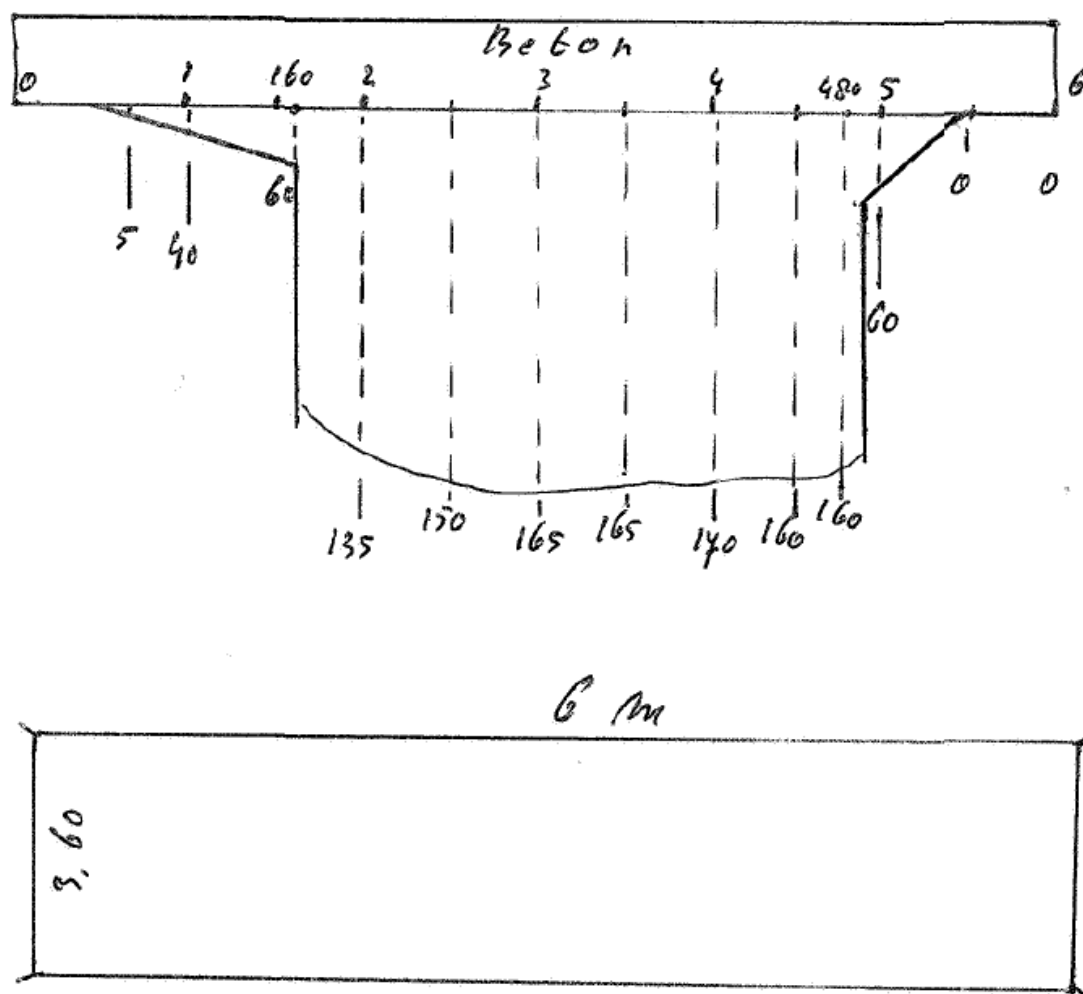
Brug

- Brug ter hoogte van de Oirschotsebaan

UNIEK_ID	S_BODEMHOO	DOORSTR_BR	DOORSTR_LE	S_H_ONDERK
brid_ES3-6258_372	7,68	4,00	8,56	8,76



Schets



Stuw (te vervallen)

- Stuw ter hoogte van de Rosepdreef

Parameter	Waarde	eenheid
STUW_ID	ES3-7247	
UNIEK_ID	weir_ES3-7247_789	
STUW_ID_LE	ES3-7247	
Type	schotbalk	
Omschrijving	Rosepdreef Kalkoenenboer	
Dagmaat	4,2	meter
Stuwbereik min	7,04	M + NAP
Stuwbereik max	8,34	M + NAP
Drempelhoogte	7,04	M + NAP